

TEXTE

19/2025

Abschlussbericht

Der UBA-CO₂-Rechner für Privatpersonen

Hintergrundinformationen zur Version 5.0

von:

Angelika Paar, Fabian Bergk, Kirsten Biemann, Dr. Monika Dittrich, Birte Ewers, Sonja Limberger,
Laura Lütkes, Nils Rettenmaier
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg

Stephan Schunkert, Dr. Maria Zeitz, Paula Pitz
KlimAktiv gGmbH, Tübingen

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 19/2025

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 37 301 0
FB001633

Abschlussbericht

Der UBA-CO₂-Rechner für Privatpersonen

Hintergrundinformationen zur Version 5.0

von

Angelika Paar, Fabian Bergk, Kirsten Biemann, Dr. Monika
Dittrich, Birte Ewers, Sonja Limberger, Laura Lütkes, Nils
Rettenmaier

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
gGmbH, Heidelberg

Stephan Schunkert, Dr. Maria Zeitz, Paula Pitz
KlimAktiv gGmbH, Tübingen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

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

Erstellt durch:

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

und

KlimAktiv gemeinnützige Gesellschaft zur Förderung des Klimaschutzes mbH
Nauklerstraße 60
72047 Tübingen

Abschlussdatum:

August 2024

Redaktion:

Fachgebiet III 1.1: Übergreifende Aspekte des produktbezogenen Umweltschutzes,
Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm
Dr. Michael Bilharz

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7565>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Februar 2025

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

Kurzbeschreibung: Der UBA-CO₂-Rechner für Privatpersonen

Das Umweltbundesamt stellt mit dem UBA-CO₂-Rechner seit 2008 einen Fußabdruckrechner zur Verfügung, welcher die CO₂-Bilanzierung von in Deutschland lebenden Personen ermöglicht. Das Onlinetool wird von Bürgerinnen und Bürgern, von Medien, im Rahmen von wissenschaftlichen Studien und Bildungsveranstaltungen, aber auch zur Bestimmung von Zahlungen zur freiwilligen Kompensation intensiv genutzt. Der UBA-CO₂-Rechner wird stetig in Bezug auf die Berechnungsmethodik, die verwendeten Datenquellen sowie die technische Applikation weiterentwickelt und hat sich in Deutschland als ein Standard zur Berechnung des persönlichen CO₂-Fußabdrucks etabliert.

In diesem Bericht werden der Aufbau, die Berechnungs- und Datengrundlagen erläutert. Ziel ist es, interessierte Anwenderinnen und Anwender in die Lage zu versetzen, die Inhalte und berechneten Werte besser nachvollziehen und die relevanten Annahmen und Stellschrauben des Rechners besser erfassen zu können.

Nach einer Einführung in den CO₂-Rechner und dessen Aufbau bzw. dessen Bestandteile (Kapitel 2) wird der übergeordnete methodische Aufbau mit Systemgrenzen und Bilanzierungsansatz erläutert (Kapitel 3). Die verschiedenen Details der Hauptanwendung *Meine CO₂-Bilanz* werden im Kapitel 4 ausführlich beschrieben.

Abstract: The UBA Carbon Calculator for citizens

Since 2008, the Federal Environment Agency has been providing a carbon footprint calculator, the UBA Carbon Calculator, which enables people living in Germany to calculate their carbon footprint. The online tool is used intensively by citizens, the media, as part of scientific studies and educational events, but also to determine payments for voluntary compensation. The UBA Carbon Calculator is constantly being further developed in terms of the calculation methodology, the data sources used and the technical application and has established itself in Germany as a standard for calculating personal carbon footprints.

This report explains the structure, calculation method and data basis. The aim is to enable interested users to better understand the content and calculated values and to better grasp the relevant assumptions and adjustments of the calculator.

After an introduction to the Carbon Calculator and its structure and components (Chapter 2), the overarching methodological structure with system boundaries and balancing approach is explained (Chapter 3). The various details of the main application *My carbon balance* are described in detail in Chapter 4.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	7
1 Einführung in den CO ₂ -Rechner.....	8
2 Aufbau des CO ₂ -Rechners	9
2.1 Mein CO ₂ -Schnellcheck	9
2.2 Meine CO ₂ -Bilanz	9
2.2.1 Deutscher Durchschnitt	10
2.2.2 Vermeidung bei anderen	11
2.2.3 Speichern der Berechnung.....	12
2.3 Meine Klimapolitik	12
3 Bilanzielle und methodische Grundlagen.....	13
4 <i>Meine CO₂-Bilanz</i> im Detail.....	15
4.1 Ermittlung der (sektoralen) Durchschnittstonnagen	15
4.1.1 Wohnen	17
4.1.2 Mobilität	18
4.1.3 Sonstiger Konsum	20
4.1.4 Ernährung.....	21
4.1.5 Öffentliche Emissionen	22
4.2 Ermittlung der persönlichen CO ₂ -Bilanz.....	22
4.2.1 Wohnen	22
4.2.2 Strom.....	24
4.2.3 Mobilität	25
4.2.4 Ernährung.....	27
4.2.5 Sonstiger Konsum	30
4.2.6 Öffentliche Emissionen	33
4.3 CO ₂ -Vermeidungsleistungen	33
5 Quellenverzeichnis	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hierarchieebenen der Nutzer*inneneingaben im Bereich Sonstiger Konsum.....	33
--------------	---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Endnachfrage nach Forschung und Entwicklung: Ausgaben und Treibhausgasemissionen (2018, 2019, 2020)	16
Tabelle 2:	Produktgruppen, die im Rechner detailliert eingegeben werden können.....	31

1 Einführung in den CO₂-Rechner

Der UBA-CO₂-Rechner richtet sich in erster Linie an in Deutschland lebende Erwachsene. Erreicht werden sollen alle Bevölkerungsschichten unabhängig von sozialem Hintergrund, Wohnort, Familiensituation, Einkommen, Berufstätigkeit oder Bildungsstand. Beim Aufbau und der Gestaltung des Rechners wurde darauf geachtet, dass die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks auch ohne weiterführendes Hintergrundwissen machbar ist. Trotzdem sind einzelne Fachtermini Teil des Fragenkatalogs. Diese werden über Hilfe- und Hintergrundtexte erläutert. Anleitungen in leichter Sprache sowie in Deutscher Gebärdensprache unterstützen die Barrierefreiheit. Ebenso ist der Rechner weitestgehend mittels unterstützender Software für sehbehinderte Menschen nutzbar. Der CO₂-Rechner ist auch in englischer Sprache verfügbar.

Folgende Fragen werden in diesen Hintergrundinformationen zum UBA-CO₂-Rechner beantwortet:

- ▶ Welche verschiedenen Rechnerangebote werden im UBA-CO₂-Rechner angeboten und wie unterscheiden sie sich voneinander (siehe Kapitel 2)?
- ▶ Welchen methodischen Grundlagen folgt der UBA-CO₂-Rechner (siehe Kapitel 3)?
- ▶ Wie ist *Meine CO₂-Bilanz*, als das umfangreichste Bilanzierungsinstrument in der sogenannten CO₂-Rechner-Familie, methodisch aufgebaut (siehe Kapitel 4)?

2 Aufbau des CO₂-Rechners

Der UBA-CO₂-Rechner bietet derzeit vier unterschiedliche Rechner an:

- ▶ Mein CO₂-Schnellcheck
- ▶ Meine CO₂-Bilanz
- ▶ Meine Klimapolitik
- ▶ CO₂-Rechner für Veranstaltungen.

Da der CO₂-Rechner für Veranstaltungen in der Systemgrenze und in den Methoden deutlich von den anderen drei Rechnern abweicht, die sich auf CO₂-Bilanzen von Privatpersonen beziehen, wird er hier nicht weiter beschrieben.

2.1 Mein CO₂-Schnellcheck

Der CO₂-Schnellcheck erlaubt es, die eigenen CO₂e-Emissionen in nur 2 Minuten abzuschätzen. Er umfasst eine Auswahl der Fragestellungen mit größter Relevanz für die individuelle CO₂-Bilanz aus den Bereichen Haus/Wohnen, Mobilität und Ernährung sowie eine zusätzliche Eingabe des Haushaltseinkommens. Dies ermöglicht eine grobe Schätzung der individuellen CO₂-Bilanz anhand von Big Points, die spontan und ohne großen Aufwand eingegeben werden können. Voreingestellte Default-Angaben reproduzieren den deutschen Durchschnitt. Trotz weniger Eingaben können individuelle Ergebnisse mit sehr großer Spanne erzeugt werden: von ca. 3 t bis zu über 20 t pro Person, wobei nach oben keine Begrenzung existiert, da beliebig viele Flugstunden eingegeben werden können.

Der Schnellcheck weist die geschätzten Emissionen in den Bereichen Wohnen, Strom, Mobilität, Ernährung, sonstiger Konsum und öffentliche Emissionen tabellarisch aus und stellt sie dem deutschen Durchschnitt gegenüber. Im Anschluss können sich die User*innen entscheiden, eine ausführliche CO₂-Bilanz zu machen oder in die Klimapolitik zu springen. Das Modul *Meine CO₂-Bilanz* ist dann mit den Eingaben aus dem Schnellcheck vorkonfiguriert, so dass keine doppelte Eingabe notwendig ist. Eine nachträgliche Veränderung der Eingaben ist jedoch immer möglich. Falls das Modul *Meine CO₂-Bilanz* aufgerufen wird, ohne dass der Schnellcheck zuvor gemacht wurde, so entsprechen die Vorbelegungen den deutschen Durchschnittsemissionen.

2.2 Meine CO₂-Bilanz

Meine CO₂-Bilanz ergibt sich durch direkte Änderungen der Default-Einstellungen und der Eingabe von individuellen Aktivitäten in den jeweiligen Sektoren. Die Sektoren sind als separate Reiter dargestellt: Wohnen, Strom, Mobilität, Ernährung, Sonstiger Konsum. Die Reihenfolge der Bearbeitung ist beliebig, jedoch gibt es Wechselwirkungen zwischen den Sektoren. Zudem werden im Ergebnis öffentliche Emissionen angezeigt. Diese sind nicht individuell steuerbar, sondern diese Emissionen werden gleichmäßig auf die ganze Bevölkerung verteilt. Zudem werden in der Ergebnisdarstellung die Mobilitätsemissionen detaillierter ausgewiesen (aufgeteilt in Fahrten & Reisen, Flugreisen und Schiffsreisen).

Meine CO₂-Bilanz zielt auf Vollständigkeit ab: Statt den Fußabdruck von Null an zu berechnen, entwickelt sich mit jeder Eingabe der individuelle CO₂-Austoß, ausgehend vom Deutschen Durchschnitt (gegebenenfalls bereits vorkonfiguriert durch den Schnellcheck). Der Vorteil ist eine hohe Abdeckung auch von Emissionsquellen, derer sich die Anwenderinnen und Anwender vielleicht weniger bewusst sind. Teilbetrachtungen von Aktivitäten wie z. B. Flugreisen

ermöglichen es den Nutzenden, Einzelaktivitäten besser in Bezug auf den gesamten CO₂-Fußabdruck einzuordnen.

Die eingesetzten Algorithmen für die Berechnung fallen in zwei grundsätzlich verschiedene Kategorien:

- ▶ Bottom-Up-Berechnungen anhand von konkreten Aktivitäten
- ▶ Top-Down-Berechnungen über Skalierungen von durchschnittlichen CO₂e-Emissionen im Sektor oder für Produktkategorien.

Im ersten Fall kommen Emissionsfaktoren zum Einsatz. Im zweiten Fall handelt es sich um relative Skalierungsfaktoren, die auf die sektorale oder produktbezogene Durchschnittstonnagen angewandt werden. Einige wenige Operationalisierungen (bspw. Emissionen für Anlageninvestitionen¹ in den Bereichen Gebäude und Fahrzeuge) folgen einer etwas komplexeren Logik mit einer Kombination aus Bottom-Up- und Top-Down-Aspekten.

Einzelaktivitäten werden in Form von konkreten Verbräuchen oder Leistungen eingegeben. In den Bereichen Heizung und Strom bieten zusätzliche Schätzmodule die Möglichkeit, sich anhand von Fragebögen einem ungefähren Verbrauch anzunähern. Im Sektor Mobilität werden für den Bereich Flugreisen jeweils zwei alternative Eingabemethoden angeboten (pauschal oder detailliert). Es kann jeweils nur eine Eingabemethode verwendet werden. Die detaillierte Flugberechnung integriert an dieser Stelle den KlimAktiv-Flugrechner mit Zugang zu umfassenden Datenbanken für Flughafenkoordinaten und Flugzeugtypen in den Rechner. Softwaretechnisch handelt es sich hier um ein eigenes Modul, welches sich nahtlos in die Bilanz einfügt.

Der CO₂-Ausstoß wird sowohl für jede individuelle Aktivität als auch in Summe für jeden Sektor separat ausgewiesen. Die CO₂-Bilanz beschränkt sich nicht ausschließlich auf die Berechnung des CO₂-Ausstoßes bzw. des CO₂-Fußabdrucks. Ergänzend werden im Sinne des Handabdrucks (CO₂-Vermeidung bei anderen) auch Vermeidungsleistungen berücksichtigt (siehe Kapitel 4.3). Die CO₂-Bilanz berücksichtigt demnach analog zur finanziellen Bilanz sowohl „Ausgaben“ als auch „Einnahmen“ und stellt so Emissionen und vermiedene Emissionen nebeneinander (ohne diese zu verrechnen), um ein ganzheitlicheres Bild wiederzugeben.

2.2.1 Deutscher Durchschnitt

Das Konzept des Deutschen Durchschnitts als Vergleichsgröße zieht sich durch alle Bereiche des CO₂-Rechners und begleitet den individuellen CO₂-Ausstoß zur besseren Einordnung. Die Ermittlung und Datengrundlage der sektoralen Durchschnittstonnagen, welche ihrerseits in Summe den Deutschen Durchschnitt bilden, werden in Kapitel 4.1 genau erläutert.

Zu beachten ist, dass hier genau genommen keine Person abgebildet wird, welche in Hinsicht auf ihre Charakteristiken als statistisch durchschnittlich anzusehen wäre. Vielmehr werden alle Emissionen, die innerhalb der Systemgrenze anfallen (siehe Kapitel 3), auf die Bevölkerung in Form einer durchschnittlichen Pro-Kopf-Tonnage verteilt. Die einzelnen sektoralen Durchschnitte dienen gleichzeitig als Rahmen und Richtschnur für die Festlegung der Default-Konfiguration des Rechners. Ein Update der Durchschnittstonnagen zieht eine Neujustierung der voreingestellten Werte nach sich. Allerdings müssen hier teilweise pragmatische Entscheidungen getroffen werden, die dem oben genannten subtilen statistischen Unterschied zwischen durchschnittlicher Person und durchschnittlichem Fußabdruck Rechnung tragen. Ein Beispiel ist der Durchschnittswert fürs Heizen im Hinblick auf Wohnform, Brennstoff und

¹ Anlageinvestitionen umfassen dauerhafte Investitionen wie z. B. Maschinen, Fahrzeuge, Gebäude oder Abfall- und Abwasserentsorgungsanlagen (Nutzungsdauer > 1 Jahr).

Verbrauch, wo sich keine durchschnittliche Person ableiten lässt. Nicht in allen Bereichen wird zudem ein Durchschnittswert veranschlagt. So sind beispielsweise Kreuzfahrten oder auch Haustiere immer eine zusätzliche Aktivität und werden mit einem Startwert von Null initialisiert.

2.2.2 Vermeidung bei anderen

Die *Vermeidung bei anderen* gibt an, wie die einzelne Person dazu beiträgt, den CO₂-Ausstoß in Deutschland bzw. weltweit auch jenseits des eigenen CO₂-Fußabdrucks zu reduzieren (siehe 4.3). Beispielsweise wird der Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Energien als Vermeidung bei anderen gewertet, wenn Strom aus erneuerbaren Energien oder einer Kraftwärmekopplungsanlage (KWK) in das öffentliche Netz eingespeist wird. Investitionen in grüne Geldanlagen oder Spenden für Klimaschutzprojekte werden hier auch berücksichtigt. Die Erweiterung der Fußabdruck-Perspektive um den Handabdruck bringt deutliche Vorteile mit sich:

- ▶ **Erweiterter Blick auf die persönlichen Big Points:** Große individuelle Handlungshebel außerhalb des methodisch bedingten engen Fokus auf den eigenen CO₂-Fußabdruck werden durch die Perspektive des Handabdrucks sichtbar. Das ist gerade dann hilfreich und wichtig, wenn man beim Bemühen, den eigenen CO₂-Fußabdruck deutlich zu reduzieren, an externe oder eigene Grenzen stößt. Der Handabdruck weist darauf hin, dass es auch dann noch viele Möglichkeiten zur CO₂-Einsparung (bei anderen) gibt, wenn eine weitere Reduktion des eigenen Fußabdruckes nicht möglich erscheint (z. B. wegen fehlendem Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln oder eingeschränkten Handlungsmöglichkeiten als Mieter*in).
- ▶ **Motivierende Wachstumsperspektive:** Der initiierten CO₂-Vermeidung bei anderen sind prinzipiell nach oben keine Grenzen gesetzt. Ihre Höhe kann weit über die im eigenen CO₂-Fußabdruck abgebildeten CO₂e-Emissionen hinausgehen. Der CO₂-Handabdruck wird individuell beeinflusst von Motivation, kommunikativen Fähigkeiten, zeitlichen und finanziellen Ressourcen, Erfindungsreichtum und anderen persönlichen, aber auch gesellschaftlichen Rahmenbedingungen.
- ▶ **Zielerreichung Klimaneutralität:** Das weltweit verankerte politische Ziel der Klimaneutralität beinhaltet im Sinne der sogenannten „Netto-Null“, dass es keinen weiteren Anstieg an Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre gibt. Das bedeutet, dass emittierte Treibhausgase durch natürliche oder technische Senken wieder vollständig aus der Atmosphäre entfernt werden. Die Höhe der aus Klimaschutzsicht tolerierbaren CO₂e-Emissionen wird demnach von der Kapazität natürlicher und technischer CO₂-Senken begrenzt. Nach aktuellem Stand liegt die Zielgröße für einen global verallgemeinerbaren klimaneutralen Lebensstil bei unter 1 t CO₂e pro Person und Jahr (Dittrich et al. 2024). Diese Zielgröße sorgt regelmäßig bei Nutzenden des Rechners für Frustrationen, da es unter heutigen Bedingungen nicht möglich ist, diesen Zielwert zu erreichen. Allein die nicht beeinflussbaren Öffentlichen Emissionen liegen über dem Wert von einer Tonne. Der Handabdruck verweist hingegen darauf, dass es neben der „Ausgabenseite“ auch eine „Einnahmenseite“ im Sinne von negativen Emissionen gibt.
- ▶ **Entschärfung des Konflikts „Individuum versus System“:** Im Zusammenhang mit dem CO₂-Rechner wird häufig die Frage diskutiert, ob Einzelne überhaupt etwas bewirken könnten und ob nicht viel mehr „der“ Staat oder „die“ Unternehmen in der Verantwortung stünden. Abgesehen von der Bedeutung von Pionieren des Wandels und erfolgreichen Praxisbeispielen für gesellschaftliche Transformationen in Politik und Wirtschaft wird dabei

häufig übersehen, dass auch staatliches oder unternehmerisches Handeln durch Einzelne gestaltet wird. Diese Gestaltungsmöglichkeiten können im methodisch gut abgrenzbaren Rahmen des individuellen CO₂-Fußabdrucks nicht erfasst werden, wohl aber im Konzept des Handabdrucks. Auf diese Weise können die fließenden Übergänge zwischen Alltags- und Systemfragen sichtbar gemacht und der vordergründig klar erscheinende Gegensatz zwischen „Individuum versus System“ produktiv aufgelöst bzw. entschärft werden. Das Konzept des Handabdrucks ermöglicht es, Einzelne auch jenseits ihrer Rollen als Verbraucher*innen in ihren Rollen z. B. als Mitarbeiter*innen oder als Bürger*innen sichtbar zu machen.

2.2.3 Speichern der Berechnung

Im letzten Modul *Meine Berechnung speichern* erhalten Nutzende die Möglichkeit, die Eingaben in den CO₂-Rechner anonymisiert zu speichern. Hierfür wird die Wahl getroffen zwischen den Optionen „*Meine Berechnung ist abgeschlossen*“ oder „*...noch in Bearbeitung*“. In beiden Fällen wird ein Link generiert, welcher als Bookmark im Zeitraum von 18 Monaten abrufbar ist.

Der Speicherung ist ein Fragebogen zu soziodemografischen Informationen der nutzenden Person vorangestellt. Ziel ist eine wissenschaftliche Auswertung der CO₂-Bilanzen unter Berücksichtigung individueller Lebenssituationen. Die Teilnahme ist freiwillig und die Daten werden nur berücksichtigt, sofern eine Beantwortung des Fragebogens stattgefunden hat.

2.3 Meine Klimapolitik

Das Tool *Meine Klimapolitik* rundet den CO₂-Rechner ab, indem es die individuelle Bilanz entlang politischer Einstellungen in die Zukunft projiziert. Thematisch folgt der Aufbau des Szenarios der Struktur der CO₂-Bilanz (gleiche sektorale Aufteilung des Fußabdrucks mit Eingabemöglichkeiten auf separaten Reitern). Die Ergebnisse je Sektor werden mit fünf verschiedenen Zeitbezügen ausgegeben: Heute, 2030, 2035, 2040 und 2045. Der Fußabdruck mit Zeitbezug „Heute“ wird aus *Meine CO₂-Bilanz* automatisch übernommen.

Bereits ohne die zusätzliche Eingabe von politischen Präferenzen zeigt das Szenario eine Reduktion des eigenen Fußabdrucks in der Zukunft. Hier fließen Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Emissionen in Deutschland ein. Den politischen Präferenzen liegen folgende Szenarien zugrunde:

- ▶ Projektionsbericht der Bundesregierung aus dem Jahr 2021, das MMS-Szenario (Repenning, Julia et al. 2022)
- ▶ Projektionsbericht der Bundesregierung aus dem Jahr 2023, das MMS-Szenario (Harthan und Förster 2023) (dabei handelt es sich um das Trend-Szenario, welches der Default-Einstellung entspricht)
- ▶ Projektionsbericht der Bundesregierung aus dem Jahr 2023, das MWMS-Szenario (ebenda) sowie
- ▶ das UBA-Szenario Green-Supreme aus der RESCUE-Szenarienfamilie (Purr et al. 2019).

Die Zuweisung zu einem Szenario erfolgt sektoral über den Fragebogen. Über ein Punktesystem und eine Mittelwertsberechnung werden die Nutzenden einem Szenariopfad zugewiesen. Die Zuweisung erfolgt über den gesamten Zeitverlauf.

3 Bilanzielle und methodische Grundlagen

In der CO₂-Bilanz bezieht sich der aktuelle CO₂-Ausstoß einer Durchschnittsperson je Sektor auf die Aktivitäten der in Deutschland lebenden Verbraucher*innen (verbrauchsorientierte Perspektive, Inländerkonzept). Emissionen entlang der Wertschöpfungskette werden soweit möglich über die Landesgrenzen hinaus miteinbezogen. Import und Export von Waren werden verrechnet, soweit die dem CO₂-Rechner zugrunde liegenden THG-Emissionsmodelle dies abbilden. Die ausgewiesenen Emissionen beinhalten grundsätzlich auch weitere klimawirksame Gase wie Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄). Genaugenommen handelt es sich demnach nicht nur um CO₂-, sondern um Treibhausgasemissionen, die im CO₂-Rechner in CO₂-Äquivalente (CO₂e) berechnet und ausgewiesen werden. Beim Flugverkehr werden zudem weitere Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt, um der erhöhten Klimawirksamkeit von Emissionen in höheren Luftschichten Rechnung zu tragen.

Die Datengrundlage unterliegt verschiedenen Beschränkungen, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

- ▶ Importware wird nach dem jeweils vorangehenden Importland bewertet. Für Überseeware, welche z. B. via Rotterdam nach Europa eingeführt wird, werden die Niederlande als Herkunftsland verzeichnet. Für Landesgrenzen überschreitende Verkehrsaktivitäten findet eine Umrechnung vom Inlandsprinzip (TREMOD) auf das Inländerprinzip statt, um den Teil des Verkehrs innerhalb Deutschlands auszuschließen, welcher durch Nichtansässige entsteht. Außerdem werden für Emissionen aus den Bereichen Verkehr und Gebäude jeweils nur solche dem Sektor Mobilität bzw. Wohnen zugewiesen, die durch die private Nutzung verursacht werden. Emissionen aus geschäftlichen Tätigkeiten finden sich dann v. a. im Sektor Sonstiger Konsum wieder.
- ▶ Die gesteckte Systemgrenze (Einbeziehung von Äquivalenten und Verbraucher-Ansatz) führt zu in der Regel abweichenden Werten gegenüber reinen Quellenbilanzen (territorialer Ansatz). Während sich für Gesamtdeutschland die Pro-Kopf-Werte zwischen dem territorialen und dem verbrauchsorientierten Ansatz in der Vergangenheit nur wenig unterschieden haben, ist dies bei kommunalen Bilanzen häufig in hohem Maße der Fall, insbesondere dann, wenn sich keine fossilen Kraftwerke oder keine Großindustrie innerhalb der Gemarkungsgrenze befinden.

Emissionsfaktoren im Rechner

Um Treibhausgasemissionen pro Kopf berechnen zu können, sind Emissionsfaktoren notwendig, die mit Aktivitätsdaten (z. B. gefahrene Kilometer, verbrauchte Liter Heizöl, Anzahl der gekauften T-Shirts) kombiniert werden. Es wird in der Regel auf Emissionsfaktoren aus externen Quellen zurückgegriffen. Die verwendeten Emissionsfaktoren werden fortlaufend aktualisiert. Insbesondere Faktoren für Strom und Mobilität unterliegen einem jährlichen Aktualisierungszyklus und beziehen sich immer auf die neusten verfügbaren Daten.

Die verwendeten Emissionsfaktoren im CO₂-Rechner folgen methodisch diesen Grundsätzen:

- ▶ Die Emissionsfaktoren sind in CO₂-Äquivalenten angegeben. Das bedeutet, dass alle eingangs erwähnten Treibhausgase entsprechend ihres Treibhausgaspotenzials bilanziert werden. Somit wird berücksichtigt, dass beispielsweise Methan oder Lachgas einen deutlich größeren Beitrag auf die globale Erwärmung haben. Es wird darauf geachtet, dass die verwendeten Quellen bei der Umrechnung in CO₂-Äquivalente aktuelle Methoden (mind. nach dem fünften Sachstandsbericht des IPCC (Myhre et al. 2013)) verwenden.

- ▶ Die verwendeten Emissionsfaktoren umfassen sowohl die direkten Emissionen wie auch die Vorkette. Somit sind neben den Emissionen, die direkt bei der Verbrennung von Energieträgern entstehen, auch jene Emissionen enthalten, die für die Produktion, die Aufbereitung oder den Transport des Energieträgers anfallen.
- ▶ Insofern heißt der UBA-CO₂-Rechner zwar CO₂-Rechner, jedoch werden in allen Elementen alle Treibhausgasemissionen im Sinne von Äquivalenten (CO₂e) berechnet und ausgewiesen. Relevante Quellen für Emissionsfaktoren sind in der jeweils aktuellen Fassung:
 - UBA Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2022 (Lauf et al. 2023)
 - Emissionsfaktor des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) aus der jährlichen Stromkennzeichnung für den Strommix (Datenerhebung 2022 - Bundesmix 2022 (2023)) sowie Informationen über Netzverluste aus der aktuellsten Fassung von GEMIS
 - GEMIS (aktuelle Fassung 5.1)
 - Spezifische Emissionsfaktoren für Kraftstoffe und verschiedene Fahrzeuge in Personenkilometer oder Kilometer aus TREMOD (ifeu 2023).

Technische Rahmenbedingungen

Der Rechner wurde mit Hilfe von Open Source Komponenten realisiert und wird ausschließlich online und SSL-verschlüsselt zur Verfügung gestellt: CO₂-Rechner (<https://uba.co2-rechner.de>).

Technische Voraussetzungen für die Bereitstellung des CO₂-Rechners seitens KlimAktiv:

- ▶ aktuelle PHP-Version
- ▶ aktuelle Apache-Installation (o.ä.)
- ▶ aktuelle MySQL-Datenbank.

Der CO₂-Rechner verwendet essenzielle Cookies für die korrekte Verarbeitung der Berechnungsergebnisse. Außerdem werden Tracking-Cookies des Analytics-Dienstes Matomo für die Auswertung der Nutzerzugriffe verwendet, sofern Nutzende diesem nicht widersprechen. Der Rechner erhebt an keiner Stelle Daten, welche eine Identifikation der Nutzerinnen und Nutzer ermöglichen. Auch werden IP-Adressen nicht gespeichert.

4 Meine CO₂-Bilanz im Detail

Im Folgenden wird detaillierter auf die Methoden eingegangen, die in *Meine CO₂-Bilanz* angewandt werden.

4.1 Ermittlung der (sektoralen) Durchschnittstonnagen

Der CO₂-Rechner ist mit Werten für Aktivitäten vorbelegt, welche – wie in Kapitel 2.2 dargelegt – den durchschnittlichen CO₂-Fußabdruck einer in Deutschland lebenden Person abbilden. Diese Vorgehensweise hat diverse Vorteile:

- ▶ Durchschnittswerte können als Orientierungshilfe beim Ausfüllen des Rechners genutzt werden.
- ▶ Durch eine Vorbelegung kann einer verfälschten Bilanz entgegengewirkt werden, da keine Lücken entstehen.
- ▶ Durchschnittswerte können von Nutzenden zur besseren Einordnung der eigenen Bilanz herangezogen werden.

Für die Berechnung des gesamten durchschnittlichen CO₂-Fußabdrucks wird ein Input-Output-Modell des ifeu² verwendet (im Folgenden kurz DeuRess-Modell). Es dient einerseits der Ermittlung der Durchschnittsemissionen einzelner Bereiche (Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen) und Teilemissionen (z. B. Sockelemissionen Mobilität, Wohnen) im CO₂-Rechner wie auch zum Abgleich jener Durchschnittsemissionen, die über Bottom-up-Verfahren ermittelt werden (siehe folgende Kapitel).

Im Kern des DeuRess-Modells für Deutschland steht eine hoch aufgelöste Input-Output-Tabelle mit 182 Gütergruppen in gemischt physischen und monetären Einheiten. Input-Output-Tabellen beschreiben, welche Vorleistungen durchschnittlich zur Produktion von Gütern einer Gütergruppe verwendet werden und wie hoch die Endnachfrage, d. h. der Konsum, die Investitionen und die Exporte dieser Güter, sind. Mit Hilfe des Leontief-Verfahrens können dann Koeffizienten ermittelt werden, die beschreiben, welche Vorleistungen zur Produktion einer Einheit eines Gutes benötigt werden. Die Treibhausgasemissionen werden mit einem Satellitenkonto³ berechnet. Treibhausgasemissionen im Inland werden dabei mit Hilfe der Input-Output-Tabelle den Konsum- und Investitionsgütern zugerechnet. Für die Importe aus dem Ausland wird angenommen, dass bei deren Produktion Treibhausgase in gleicher Höhe entstanden sind wie für die im Inland produzierten Güter.

Als Basis werden die Input-Output-Tabellen von Destatis („Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung: Input-Output-Rechnung 2018, Fachserie 18 Reihe 2“, 2020) mit 72 Sektoren verwendet. Mit Hilfe von zusätzlichen Informationen u. a. zum internationalen Güterhandel, zur Energiebilanz und zur Produktion der inländischen Wirtschaft werden diese weiter aufgegliedert und teilweise in physische Einheiten umgerechnet. Die Methodik dafür ist eng angelehnt an die Methodik des Eurostat EU-RME-Modells (Schoer et al. 2023) und des RME-Modells für Deutschland (Ewers et al. 2023), mit welchen Rohstofffußabdrücke ermittelt werden. Für die Zuordnung der Treibhausgasemissionen zu den Gütern, bei deren Produktion

² Das Input-Output-Modell wurde für das Projekt DeuRess II (Lutter et al. 2023) erstellt und um THG-Emissionen erweitert.

³ Dabei handelt es sich um Systeme, die Verknüpfungen zwischen Informationen aus den Input-Output-Tabellen mit weiteren themenspezifischen Statistiken herstellen.

die Emissionen entstehen, werden Daten von Destatis nach 64 Sektoren verwendet (Destatis 2022a). Die weitere Aufgliederung nach 182 Sektoren geschieht mit internen Daten.

Als Ergebnis können die Emissionen der inländischen Endnachfrage nach 182 Gütergruppen ermittelt werden. Dabei werden auch Emissionen berücksichtigt, die im Ausland bei der Herstellung der importierten Güter anfallen. Die Endnachfrage setzt sich zusammen aus Konsum, Investitionen und Vorratsveränderungen.

Dies sei am Beispiel der Treibhausgasemissionen der Gütergruppe „Forschung und Entwicklung“ veranschaulicht. Für die inländische Endnachfrage (NACE Rev. 2 Code 72) ergeben sich zuordenbare Treibhausgasemissionen in Höhe von 8,75 Mio. t CO₂e für das Jahr 2020. Durch die Verknüpfung mit dem monetären Wert (110,5 Mrd. Euro für 2020) kann der Koeffizient ermittelt werden. Es ergeben sich durchschnittliche Treibhausgasemissionen von 79,3 kg pro 1.000 € Konsum- und Investitionsausgaben für das Jahr 2020. Für das Jahr 2019 lag der Koeffizient bei 74,2 kg pro 1.000 € (siehe Tabelle 1).

Für die Interpretation sind einige Hinweise wichtig zu beachten:

- Es handelt sich um einen durchschnittlichen Wert. Forschung, die umfassende Laborausstattung benötigt oder auf energieintensiven Verfahren beruht, hat einen deutlich höheren THG-Fußabdruck als Forschung, für die nur ein Schreibtisch und ein PC benötigt wird.
- Bei den monetären Werten handelt es sich um Netto-Werte, d. h. ohne gesetzliche Mehrwertsteuer.
- Gemäß der Logik der Input-Output-Analyse sind Vorleistungen, die für diese Gütergruppe erbracht werden, in diesem Koeffizienten auch enthalten. Werden von Forschungsinstitutionen beispielsweise Tagungen veranstaltet, so werden die Emissionen, die dafür in den Sektoren Beherbergung und Gastronomie anfallen, als Vorleistung der Gütergruppe „Forschung und Entwicklung“ zugewiesen.

Analog dazu verhält es sich auch mit Emissionen durch Dienstreisen, die als Vorleistung aus den Sektoren Landverkehr, Schifffahrt, Reisedienstleistungen, Flugverkehr etc. dem Sektor „Forschung und Entwicklung“ zugewiesen werden.

Tabelle 1: Endnachfrage nach Forschung und Entwicklung: Ausgaben und Treibhausgasemissionen (2018, 2019, 2020)

Deutschland	2018	2019	2020
Ausgaben (in Mio. €)	106.406	110.606	110.525
Treibhausgasemissionen (in Mio. t CO ₂ e)	8,72	8,20	8,75
Emissionskoeffizient (t CO ₂ e pro 1.000 €)	0,082	0,074	0,079

Quelle: Eigene Berechnungen mit dem DeuRess-Modell (Ewers et al. 2023); monetäre Angaben von (Destatis 2022b)

Aktualität der Durchschnittsemissionen in Meine CO₂-Bilanz

Die Aktualisierung von mehr als 100 Faktoren und Eingangsdatensätzen erfolgt jedes Jahr zum Jahreswechsel. Damit wird gewährleistet, dass der Rechner den Stand des Wissens über die aktuelle Situation in Deutschland abbildet. Das bedeutet, dass Daten und Faktoren genutzt werden, die einen Zustand in einem der vorangehenden Jahre möglichst gut abbilden, denn verlässlichen Daten liegen meist mit einer gewissen Zeitverzögerung vor. Daher gibt es im CO₂-Rechner einen Zeitverzug. Der Zeitverzug unterscheidet sich hinsichtlich der Bereiche und wird im Folgenden dargestellt:

Minus 2 Jahre im Vergleich zum Veröffentlichungsjahr: Energieverbrauch im Bereich Wohnen, Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme, TREMOD-Daten

Minus 3 Jahre im Vergleich zum Veröffentlichungsjahr: DeuRess-Daten

Das Veröffentlichungsjahr beschreibt dabei das Jahr, in dem die Daten online sind.

Beispiel: Aktualisierung der Daten startet im September 2023, die Daten werden um den Jahreswechsel 2023/2024 im Rechner veröffentlicht (Veröffentlichungsjahr $t = 2024$), die Daten beziehen sich auf das Jahr 2022 (t minus 2)

Für die Darstellung der Durchschnitts-Pro-Kopf-Emissionen werden die Gesamtdeutschen Emissionen durch die Bevölkerungszahl dividiert. Hierfür wird jeweils der Wert für die Bevölkerungszahl des Jahres genutzt, aus dem die Gesamtemissionen stammen.

4.1.1 Wohnen

Heizen und Stromverbrauch

Zur Berechnung der durchschnittlichen CO₂e-Emissionen im Bereich Wohnen werden Daten zum Endenergieverbrauch aus den jährlich erscheinenden Auswertungstabellen der AG Energiebilanzen genutzt. Dieser Endenergieverbrauch wird nach Anwendungszwecken differenziert (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme und -kälte, Klimatechnik, mechanische Energie, Beleuchtung und Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)). Hierfür wird die Anwendungsbilanz herangezogen, die ebenfalls in regelmäßigen Abständen durch das Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (RWI) im Auftrag der AG Energiebilanzen erstellt wird. Die Emissionsfaktoren werden jährlich aktualisiert (siehe Abschnitt 3).

Sockelemissionen Wohnen

Seit 2020 bzw. seit 2023 werden nach weiteren methodischen Optimierungen folgende Emissionen im Bereich Wohnen ausgewiesen, die aus DeuRess abgeleitet werden:

- ▶ Emissionen aus der Wohnungsvermietung
- ▶ Emissionen aus Aus- und Umbauleistungen
- ▶ Emissionen aus den Anlageinvestitionen, die dem Wohnungsbau zuzuordnen sind. Die Zuordnung der Emissionen zu Wohn- und Nichtwohngebäuden erfolgt anhand der Bauinvestitionsdaten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR).
- ▶ Emissionen des Bereichs Elektrische Ausrüstungen
- ▶ Anteilig Emissionen der Kategorie Zement, Kalk, Gips (RME092)
- ▶ Anteilig Emissionen der Erzeugnisse aus Zement, Kalk, Gips (RME093).

4.1.2 Mobilität

Im Bereich Mobilität wird für die sektoralen Durchschnittstonnagen die Emissionsmenge des **privaten Inländerverkehrs** erfasst, die durch die Bevölkerungsanzahl dividiert wird. Zentrale Datenquelle ist das am ifeu entwickelte Emissionsmodell TREMOD in der jeweils aktuellen Version. TREMOD wird jährlich aktualisiert. Die Berechnung der Klimawirkung des Verkehrs erfolgt auch hier inklusive der energetischen Vorketten.

Für die Berechnung des privaten Inländerverkehrs aus den TREMOD-Ergebnissen sind dabei noch weitere, verkehrsträgerspezifische Bearbeitungsschritte notwendig.

Motorisierter Individualverkehr (MIV):

In TREMOD ist im MIV (Pkw, motorisierte Zweiräder, Wohnmobile) der gesamte Inlandsverkehr – dienstlich und privat – abgebildet. Für die Verwendung der Ergebnisse sind daher Faktoren⁴ zur Umrechnung der Emissionen von Inland in Inländer⁵ sowie das Herausrechnen der dienstlichen Wege erforderlich:

- ▶ Aufbauend auf der letzten umfassenden Untersuchung zum Vergleich von Inlands- und Inländerfahrleistung in Deutschland, der Fahrleistungserhebung 2014, beträgt die Differenz zwischen den Fahrleistungen beim Pkw 0,2 %. Aufgrund von Erhebungs- und Definitionsunschärfen wird diese geringe Abweichung als nicht signifikant für eine belastbare Unterscheidung zwischen Inlands- und Inländerfahrleistung gesehen. Daraus folgend wird im MIV die **Inländerfahrleistung gleich der Inlandsfahrleistung** gesetzt.
- ▶ Für die Differenzierung zwischen privaten und geschäftlichen Emissionen wird die **MIV-Fahrleistung** entsprechend aufgeteilt. Basis dafür ist die aktuelle Version der Erhebung „Mobilität in Deutschland“ (kurz MiD) (Nobis und Kuhnimhof 2019). Diese basiert auf im Jahr 2017 erhobenen Wegetagebüchern. Nach der Erhebung werden 23,4 % der täglichen Fahrleistung (Anzahl Wege von MIV-Fahrern mal deren durchschnittliche Weglänge) mit dem Zweck „dienstlich“⁶ getätigt. Folglich ist der Anteil privater Fahrleistung 76,6 %. Da keine jährlichen Aktualisierungen der Fahrleistungsanteile nach Wegezwecken vorliegen, wird der für 2017 ermittelte Wert einheitlich für alle Bezugsjahre des CO₂-Rechners angesetzt.

Öffentlicher Verkehr (ÖV):

Im öffentlichen Verkehr (Schienenfern- und Nahverkehr, Busse (Liniennah- und Fernbusse, Reisebusse), Straßen-, Stadt- und U-Bahnen) ist analog zum MIV in TREMOD der private und dienstliche Inlandsverkehr abgebildet. Die Ableitung des privaten Inländerverkehrs erfolgt dabei im Wesentlichen analog zum MIV, jedoch ist hier die Bezugsgröße die Verkehrs- und nicht die Fahrleistung, da eine Differenzierung der Besetzungsgrade nach Wegezweck im ÖV nicht erfasst wird. D. h. konkret:

- ▶ Die ÖV-Inländerverkehrsleistung wird gleich der ÖV-Inlandsverkehrsleistung gesetzt.
- ▶ Aus der MiD 2017 (ebenda) wird ein Anteil der ÖV-Verkehrsleistung mit dem Wegezweck „dienstlich“ von 15,9 % abgeleitet. Folglich ist der Anteil privater Verkehrsleistung 84,1 %.

⁴ Dabei ist zunächst vorgesehen, diese Faktoren konstant zu lassen, d. h. diese nicht jährlich zu aktualisieren. Dies ergibt sich insbesondere aus der eingeschränkten Verfügbarkeit der wesentlichen Datengrundlagen. So wurde beispielsweise die Fahrleistungserhebung das letzte Mal 2014, davor 2002 durchgeführt. Aufgrund des hohen Aufwands ist auch in Zukunft nicht mit häufigeren Aktualisierungsintervallen zu rechnen.

⁵ Inländerprinzip heißt: Verkehre der Deutschen im Inland und Ausland werden einbezogen, Verkehre von nicht Gebietsansässigen im Inland jedoch nicht.

⁶ Einschließlich regelmäßig beruflicher Wege und imputierter Wege, gewichtet.

Luftverkehr:

Im Luftverkehr werden in der Statistik sowohl der gewerbliche als auch der private Inländer-Personenverkehr erfasst. Aus den Daten der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV) lassen sich dabei die jeweiligen Reisendenzahlen, differenziert nach Abgehend/Ankommend, Privat/ Geschäftlich und Inland/ Europa/ Übersee ableiten (Airport Travel Survey 2018 des Flughafenverbands ADV 2018). Analog zum bodengebundenen Verkehr werden im CO₂-Rechner nur die privaten Inländerverkehre im Bereich Mobilität erfasst, Emissionen gewerblicher Flugreisen werden im Konsumsektor den Produkten zugerechnet.

Basis für die jährlichen CO₂-Durchschnittstonnagen im privaten Inländer-Flugverkehr sind die jährlich vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Gesamtverkehrsleistungen von und nach deutschen Flughäfen, differenziert nach Inlandsflügen, Flügen ins europäische Ausland sowie nach Übersee. Diese werden anhand der ATV 2018 zwischen In- und Ausländern sowie privaten und gewerblichen Wegezwecken differenziert.

- Für den Inlandsluftverkehr wird angenommen, dass dieser komplett von Inländern erbracht wird. Der Anteil der Privatreisen an den Gesamtreisen beträgt dabei nach der ATV 2018 24,6%.
- Für den Verkehr der Inländer ins Ausland liegen aus der ATV 2018 differenzierte Reisendenzahlen für Reisen nach und von Europa und Übersee vor. Mittels der aus Destatis gegebenen Gesamtverkehrsleistung nach diesen Zielkategorien können, nach Herausrechnen des Transitverkehrs, die jeweiligen Verkehrsleistungen privater Flugreisen der Inländer bestimmt werden.

Die so differenzierten privaten Inländer-Verkehrsleistungen werden mit aus TREMOD jahresscharf abgeleiteten Emissionsfaktoren multipliziert (Annahme bei internationalem Flugverkehr: Europa entspricht Flugdistanz bis 2000 km, Übersee ab 2.000 km). In den Emissionsfaktoren sind sowohl die Vorketten der Kerosinbereitstellung als auch direkte Emissionen des gesamten Flugs (inkl. Start- und Landephase) erfasst. Für die Reisefluganteile in großer Flughöhe (> 9 km) wird dabei zur Berücksichtigung nicht-CO₂-bedingter Treibhausgaswirkungen ein Emission Weighting Factor (EWF) von drei auf die direkten CO₂e-Emissionen angewandt.

Passagierschifffahrt:

Die Emissionen der Passagier- und Freizeitschifffahrt werden getrennt nach Hochseekreuzfahrten und der restlichen Schifffahrt erfasst. Alle Fahrten mit Kreuzfahrtschiffen (Hochsee- und Flusskreuzfahrtschiffen), Bäderschiffen und sonstigen Freizeitschiffen werden als private Mobilität gezählt.

Für die *Hochseekreuzfahrt* werden die spezifischen Emissionen aus der seit 2019 vorliegenden und jährlich aktualisierten Datenbank der EU-MRV⁷ verwendet, die für jedes Schiff, welches einen europäischen Hafen anläuft, umfangreiche Angaben zu THG-Emissionen macht (European Maritime Safety Agency 2024). In den Daten werden u. a. die THG-Emissionen pro Passagierseemeile pro Schiff angegeben. Aus den Daten wurde ein Mittelwert gebildet und die Daten von Tank-to-Wheel (TTW) auf Well-to-Wheel (WTW) umgerechnet. Die Verkehrsmengen sind für das Jahr 2017 in der UBA-Studie zu Emissionen aus dem Reiseverkehr ermittelt worden und werden mit der relativen Entwicklung der Passagierzahlen des CLIA Passenger Reports fortgeschrieben. Das Verkehrsmengenwachstum überkompensiert dabei die Effizienzverbesserungen, so dass im Resultat die Emissionen der Hochseekreuzfahrtschiffe 2019

⁷ Monitoring, reporting and verification (MRV): Ab Januar 2018 müssen große Schiffe (größer 5.000 Bruttoreaumzahl), die in Häfen des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) Güter oder Passagiere be- oder entladen, ihre damit verbundenen CO₂e-Emissionen und andere relevante Informationen überwachen und melden (Verordnung (EU) 2015/757).

gegenüber 2018 deutlich angestiegen sind. Für die sonstigen Schiffe werden die WTW-Emissionen der Inländer aus der UBA-Studie zu Emissionen aus dem Reiseverkehr (Schulz et al. 2020) übernommen⁸. Da hier keine aktuelleren Daten zur Nutzung vorliegen, werden diese über die Zeit konstant fortgeschrieben.

Socketmissionen Mobilität

Zusätzlich werden seit 2020 Emissionen im Bereich Mobilität ausgewiesen, die im DeuRess-Modell der Herstellung von Fahrzeugen und Kfz-Teilen sowie dem Kfz-Handel und der Reparatur zugeordnet sind. Im Jahr 2023 wurden im Zuge der methodischen Überarbeitung des Sektors Sonstiger Konsum (siehe Kapitel 4.2.5) die Emissionen der Reisedienstleistungsbranche extrahiert und den Socketmissionen Mobilität zugeordnet.

4.1.3 Sonstiger Konsum

Das Modell zur Berechnung des Energie- und CO₂-Gehalts von Gütern und Dienstleistungen basiert auf der um Umweltfaktoren erweiterten Input-Output-Analyse (siehe Kapitel 4.1). In die Durchschnittswerte des Sonstigen Konsums fließen Emissionen der folgenden Produkt- und Dienstleistungsgruppen ein:

- ▶ Produkte
 - Textilien, Bekleidung, Lederwaren
 - Chemisch pharmazeutische Erzeugnisse, Gummi- und Kunststoffwaren
 - Glas, Keramik, Steine und Erden (anteilig)
 - Elektronische und optische Erzeugnisse
 - Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, usw.
 - sonstige Waren
- ▶ Verkehr im Konsum-Sektor (ohne private Mobilität)
 - Kraftfahrzeuge und -teile (anteilig)
 - Kfz-Reparaturen (anteilig)
- ▶ Sonstige Dienstleistungen
 - Gastgewerbeleistungen (anteilig)
 - Dienstleistungen des Gesundheitswesens, der Heime u. ä.
 - Finanzdienstleistungen, Dienstleistungen der Banken
 - Übrige Dienstleistungen.

Die Emissionen im Sonstigen Konsum umfassen zudem die Emissionen aus den Anlageinvestitionen und der Vorratsveränderung. Anlageinvestitionen sind Investitionen in Anlagen und Güter mit einer Nutzungsdauer größer einem Jahr wie z. B. Maschinen, Fahrzeuge, Gebäude oder Abfall- und Abwasserentsorgungsanlagen. Vorratsveränderungen bilden Änderungen in den Lagerbeständen bestimmter (Vor-)Produkte und Handelswaren ab. Die

⁸ Die Methodik zur Ermittlung der Emissionen ist im Endbericht auf S. 56ff (Emissionsfaktoren) und S. 95ff (Mengengerüst) dargestellt.

durch Anlageninvestitionen verursachten Emissionen betragen im Jahr 2021 beispielsweise rund 153 Mio. Tonnen CO₂e. Ein kleiner Teil dieser Emissionen fließt in den Sektor Wohnen (Wohnungsbau, siehe Kapitel 4.1.1), durch Tiefbau verursachte Emissionen sind dem Bereich „Öffentliche Emissionen“ zugeteilt. Der Großteil der durch Anlageinvestitionen verursachten Emissionen verbleibt jedoch im Sektor Sonstiger Konsum, davon ausgehend, dass Maschinen, Geräte, Nichtwohngebäude etc. für die Produktion von Konsumgütern gebaut und beschafft werden. Eine weitere Aufteilung auf die einzelnen Güter und Dienstleistungen ist datentechnisch zurzeit nicht möglich.

4.1.4 Ernährung

Die Datengrundlagen für die Bestimmung der Emissionen im Bereich Ernährung stammen ebenfalls aus dem ifeu-DeuReSS-Modell. In den CO₂e-Durchschnittswerten für die Kategorie „Ernährung“ sind folgende Gruppen enthalten:

- ▶ Fleisch- und Fischprodukte
- ▶ Milch und Molkereiprodukte
- ▶ Getreide, Stärkemehl
- ▶ Getränke
- ▶ Öle und Fette
- ▶ Verarbeitetes Obst, Gemüse
- ▶ Andere Feldfrüchte
- ▶ Soja, Ölsaaten
- ▶ Getreide, inkl. Reis
- ▶ Obst
- ▶ Tabakerzeugnisse
- ▶ Hülsenfrüchte
- ▶ Wurzelgemüse
- ▶ Eier
- ▶ Anteilig die Beherbergung und Gastronomie
- ▶ Andere Lebensmittel.

Nicht enthalten sind Emissionen aus der Haustierfutterproduktion. Diese befinden sich in der Kategorie „Sonstiger Konsum“.

Exkurs Emissionen aus der Landnutzung (LU), der Landnutzungsänderung (LUC) und Forstwirtschaft (F)

Emissionen aus LULUCF sind im CO₂-Rechner nicht enthalten, weder bezogen auf nationale Emissionen aus der Landwirtschaft noch auf Importe aus dem Ausland. Auf nationaler Ebene sind Emissionen aus der Landnutzungsänderung relevant, die z. B. durch die Entwässerung von Mooren entstehen. Auf internationaler Ebene sind alle Emissionen relevant, die durch die Umnutzung tropischer Regenwälder entstehen (insbesondere bei den Produkten Soja, Palmöl, aber auch bei einzelnen Metallen). Allerdings werden im Gegenzug auch nicht die Emissionssenkungen eingerechnet, die durch Aufforstung etc. erreicht werden.

4.1.5 Öffentliche Emissionen

Die Höhe der öffentlichen Emissionen ergeben sich aus folgenden Untergruppen aus dem DeuRess-Modell (siehe Kapitel 4.1):

- ▶ Staatskonsum
- ▶ Eigenverbrauch öffentlicher Organisationen
- ▶ Wasser, Abwasser, Abfallbeseitigung privater Haushalte
- ▶ Bildung und Gesundheit (seit 2023)
- ▶ Anlageninvestitionen der Tiefbaumaßnahmen (seit 2020).

Im Tiefbau sind folgende Wirtschaftszweige enthalten (vgl. Klassifikation der Wirtschaftszweige nach Destatis):

- ▶ Bau von Straßen und Bahnverkehrsstrecken (für Güter- wie Personenverkehr)
- ▶ Brücken- und Tunnelbau
- ▶ Leitungstiefbau und Kläranlagenbau
- ▶ Sonstiger Tiefbau (z. B. Wasserbau).

Dazu zählen jeweils Neubau, Instandsetzung, An- und Umbau, die Errichtung von vorgefertigten Bauwerken auf dem Baugelände sowie provisorischer Bauten.

4.2 Ermittlung der persönlichen CO₂-Bilanz

4.2.1 Wohnen

Heizung:

Die Emissionen aus dem Bereich „Heizung“ haben einen signifikanten Anteil am gesamten persönlichen CO₂-Fußabdruck. Die Eingabe erfolgt als Jahresverbrauch des gesamten Haushalts. Die hieraus resultierenden CO₂e-Emissionen werden vom CO₂-Rechner automatisch durch die Anzahl der Personen im Haushalt geteilt und entsprechend „pro Person“ angezeigt. Die Jahresverbräuche müssen je nach Energieträger in kWh, Liter, kg, Ster oder Schüttraummeter (Srm) eingegeben werden. Lediglich für die Eingabe in kWh gibt es eine Vorbelegung. Da viele Haushalte mehr als eine Wärmequelle verwenden (z. B. zusätzlich Solarthermie oder Pelletofen), erlaubt der CO₂-Rechner die Eingabe von bis zu zwei zusätzlichen Sekundärheizungen.

Schätzung Heizenergieverbrauch

Ist der Jahresheizverbrauch des Haushalts bei der Eingabe nicht bekannt, so kann das Schätzmodul verwendet werden. Anhand von neun Multiple-Choice-Angaben sowie den zuvor getroffenen Angaben zur Haushaltsgröße, Haustyp und Baustandard wird ein Jahresverbrauch geschätzt. Die hier hinterlegten Faktoren stellen eine relative Skalierung des durchschnittlichen Heizbedarfs dar, welcher sich im ersten Schritt aus dem spezifischen Heizbedarf für die jeweilige Gebäudeklasse in kWh/m² und für die individuell angegebene Haushaltsgröße (zur Abschätzung des Warmwasserverbrauchs) und Wohnfläche (zur Abschätzung des Heizbedarfs) ergibt.

Operationalisierung der Sockelemissionen:

Mit den Optimierungen im Jahr 2020 und 2023 wurden Emissionen aus dem Sonstigen Konsum, die dem Bereich Wohnen zugeordnet werden konnten, in den Bereich Wohnen verschoben (siehe Kapitel 4.1.1).

Mit der Operationalisierung dieser sogenannten Sockelemissionen werden einerseits das Baujahr bzw. der bauliche Stand des Gebäudes bewertet, andererseits wird die Wohnfläche pro Kopf als eine den Fußabdruck beeinflussende Größe definiert. So wird in Zahlen deutlich, dass kompakte Bauformen (z. B. MFH) mit geringem Flächenverbrauch sowie kompakte Wohnformen mit geringer Wohnfläche pro Kopf weniger Baumaterialien verbrauchen und somit geringere Emissionen bei der Erstellung verursachen.

Grundlage der Operationalisierung ist die Studie des BBSR über *Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung* aus dem Jahr 2019 (Mahler et al. 2019). In dieser Studie wurde der kumulierte Energieaufwand (KEA) von Mehrfamilienhäusern über den Lebenszyklus (inkl. Sanierung) ausgewertet. Zudem wurde der Anteil der CO₂e-Emissionen für den Konstruktionsteil von Gebäuden ausgewiesen und ins Verhältnis zum KEA bzw. zu den CO₂e-Emissionen des gesamten Betriebs gesetzt. Die Zuordnung der Emissionen für die weiteren Gebäudetypen, die im CO₂-Rechner hinterlegt sind (Reihenhaus und Einfamilienhaus) erfolgt anhand typischer A/V-Verhältnisse dieser Gebäude (Verhältnis von Außenhülle zu Volumen)⁹.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren entstehen für die durchschnittliche Wohnfläche in Deutschland in den jeweiligen Gebäudetypen Sockelemissionen. Diese werden in einem letzten Schritt entsprechend der Wohnfläche pro Kopf gewichtet. Die Faktoren folgen den nachstehenden Logiken:

- ▶ Gebäude mit Baujahr vor 1978 sind i.d.R. älter als 50 Jahre, daher werden keine Bau-Emissionen zugeordnet. Mit abnehmendem Alter der Gebäude wird ein zunehmender Anteil an Bau-Emissionen angerechnet, entsprechend der Weiterentwicklung der energetischen Standards und des höheren Materialaufwands.
- ▶ Energetisch vollsanierte Gebäude mit Baujahr 1949 bis 2001 umfassen eine sehr große Baujahrsgruppe, z. T. sind die Gebäude bereits älter als 50 Jahre. Etwa 40 % der Gebäude aus dieser Baualtersklasse sind nach 1979 gebaut worden, weshalb dieser Gruppe 40 % der Emissionen aus Konstruktion zugeordnet werden.
- ▶ Gebäude mit Baujahr bis 1994 wurden i.d.R. einmal saniert (z. B. Fenstertausch, Dach erneuert etc.) und erhalten 50 % der Sanierungsemissionen zugeordnet. Gebäude mit

⁹ https://www.delta-q.de/wp-content/uploads/2021/12/kennwerte_kompaktheit.pdf

Baujahr 1995-2001 werden deutlich seltener saniert und erhalten daher für kleinere Modernisierungsmaßnahmen 25 % der Sanierungsemissionen zugeordnet.

- Bei neueren Gebäuden wird angenommen, dass noch keine Sanierung stattgefunden hat.
- Energetisch vollsanierte Gebäude erhalten 100 % der Sanierungsemissionen, teilsanierter Altbau 75 %.

Die Auflistung macht deutlich, dass es sich bei den Sockelemissionen für die Gebäudeerstellung nur um sehr grobe Schätzwerte handelt. Die realen Emissionen aus der Erstellung des vom Nutzenden bewohnten Gebäudes können davon deutlich abweichen.

4.2.2 Strom

Die Berechnung der Emissionen im Bereich Strom erfolgt über die Eingabe des jährlichen Verbrauchs in kWh mit einem voreingestellten Default-Wert für einen 2-Personenhaushalt. Die resultierenden Emissionen werden durch die Anzahl der Haushaltsmitglieder geteilt. Der Emissionsfaktor für den Graustrommix beinhaltet sowohl direkte Emissionen nach § 42 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) zur Stromkennzeichnung als auch indirekte Emissionen aus den vorgelagerten Emissionen der Vorkette, Transport sowie Netzverluste basierend auf einer eigenen Berechnung von KlimAktiv. Netzverluste ergeben sich beim Wechseln der Spannungsebenen zwischen Erzeuger und Verbraucher (von Hoch- über Mittel- zu Niederspannung).

Für die Bewertung von Ökostrom werden zwar keine direkten Emissionen, jedoch indirekte Vorketten-Emissionen berechnet. Diese entstehen durch den Transport von Materialien sowie den Bau und Betrieb der Anlagen und Netze, auch wenn bei der eigentlichen Stromerzeugung aus Wind, PV oder Wasserkraft keine Emissionen frei werden. Im CO₂-Rechner wird nicht weiter zwischen verschiedenen Qualitätsstandards von Ökostrom unterschieden, es wird aber darauf hingewiesen, dass Ökostromtarife mit zertifiziertem Zubau in Deutschland zu bevorzugen sind.

Schätzung Stromverbrauch

Ist der Jahresverbrauch an Strom des Haushalts bei der Eingabe nicht bekannt, so kann auch hier das Schätzmodul verwendet werden. Anders als im Bereich Heizung handelt es sich hier um eine Abschätzung des absoluten Bedarfs, nicht um eine relative Skalierung. Die Fragen zielen hauptsächlich darauf, den Strombedarf anhand der elektronischen Ausstattung des Haushaltes zu berechnen. Der zusätzlich veranschlagte kWh-Bedarf je Gerät variiert zusätzlich über die Anzahl der Personen im Haushalt, um die Intensität der Nutzung zu skalieren. Der Zusammenhang verläuft je Gerät jedoch nicht linear, sondern geht für große Haushaltsgrößen in eine Sättigung über, um dem Effekt der gemeinsamen Nutzung Rechnung zu tragen.

Eigene Anlagen und Einspeisung:

Zusätzlich zum Strombezug aus dem Netz können bis zu zwei Anlagen für eigene Stromerzeugung angelegt werden. Die Auswahl der Erzeugungsarten umfasst Photovoltaik, Wind, Wasser und KWK. Die jährliche Erzeugungsmenge ermöglicht die Berechnung der hierbei entstehenden indirekten Emissionen, welche dem eigenen CO₂-Austoß zugerechnet werden, unabhängig davon, ob der erzeugte Strom selbst verwendet oder eingespeist wird. Für Einspeisungen wird eine Vermeidung bei anderen berechnet (siehe auch 4.3). Diese ergibt sich aus dem Mix der fossilen Stromerzeugung, welche durch die Nutzung erneuerbarer Energien verdrängt wird. Da Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft und Kraft-Wärme-Kopplungen unterschiedliche fossile Kraftwerke verdrängen, werden sie jeweils mit einem eigenen Vermeidungsfaktor belegt (Lauf et al. 2023).

4.2.3 Mobilität

Fahrten & Reisen:

Fahrleistungen können entweder detailliert je Fahrtenblock oder pauschal je Verkehrsmittel für das ganze Jahr erfasst werden. Individuell angelegte Fahrzeuge mit einem spezifischen Antrieb und Kraftstoffverbrauch können hierfür ebenso ausgewählt werden wie allgemeine Transportmittel mit durchschnittlichem Verbrauch und Belegungszahlen. Für individuelle detailliert erfasste Fahrten mit dem eigenen Fahrzeug kann die Belegung über *Anzahl der Personen im Fahrzeug* selbst eingegeben werden.

Herstellemissionen für Fahrzeuge:

Entsprechend der Anlageinvestitionen im Bereich Gebäude wurden auch die Emissionen aus Anlageinvestitionen im Bereich Fahrzeuge 2020 erstmals aus dem Sonstigen Konsum ausgekoppelt und eigens operationalisiert. Für die Bewertung herangezogen werden:

- Die Art des Fahrzeugs (zur Abschätzung der Emissionen aus der Fahrzeugherstellung)
- Das Alter des Fahrzeugs (für die gestaffelte Abschreibung der Emissionen über bis zu 29 Jahre).

Im Gegensatz zu vorigen Versionen, in denen die Umweltökonomische Gesamtrechnung die Basis für den CO₂e-Sockel je Fahrzeug lieferte, werden ab Version 4.3 die durchschnittlichen Herstellungsemissionen von Pkw aus der Veröffentlichung UBA Texte 13/2024 *Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr* genutzt (Biemann et al. 2024). Anstatt für jede Antriebsart dieselben Herstellungsemissionen anzunehmen, unterscheidet der CO₂-Rechner ab Version 4.3 zwischen Verbrenner, Plug-in-Hybrid und batteriebetriebenem Elektroauto (BEV). Für die Verbrenner wird nicht weiter zwischen den verschiedenen Arten differenziert, sondern ein Durchschnittswert der Herstellungsemissionen aus Benzin-, Diesel- und Gas-Verbrenner gebildet. Jedoch gibt es weiterhin die Möglichkeit, für den Verbrenner die eigene Angabe je nach Fahrzeugklasse zu spezifizieren. Aus Gründen des Nutzerkomforts bietet der Rechner nur drei verschiedene Fahrzeugklassen an, anstatt der gesetzlichen zwölf: Kleinwagen, Mittelklasse und größere Autos. Hierfür werden die Herstellungsemissionen proportional zum Durchschnittsgewicht in dieser Kategorie skaliert. Für die BEV wird nicht nach dem Gewicht der Fahrzeugklasse unterschieden, sondern allein nach der Kapazität des verwendeten Akkus. Dabei wird unter Bezugnahme auf die oben genannte Quelle (ebenda) ein Emissionsfaktor von 84 kg/kWh Akkuleistung angesetzt.

Die Herstellemissionen werden nicht einmalig im Jahr des Kaufs angerechnet, sondern anteilig über die gesamte Nutzungszeit aufgeteilt. Hierzu werden die Emissionen über eine maximale Nutzungsdauer degressiv abgeschrieben. Diese Abschreibung orientiert sich am graduellen Werteverlust von Personenkraftwagen.

Die Basis für einen CO₂e-Sockel für die Fahrzeugwartung liefert das Modell DeuRess mit folgenden Posten:

- Kfz-Handel, Reparaturen
- RME171 – Reisedienstleistungen.

Diese werden gleichmäßig auf den Gesamtbestand der Kraftfahrzeuge in Deutschland (nach Kraftfahrtbundesamt) auf jedes Fahrzeug umgelegt.

Flugreisen:

Für die Eingabe von Flugreisen besteht ebenfalls die Möglichkeit der pauschalen sowie der detaillierten Erfassung. Der detaillierten Erfassung liegt das Softwaremodul des KlimAktiv-Flugrechners zugrunde. Die Werte für die pauschale Erfassung leiten sich wiederum aus exemplarischen Eingaben in das Flugmodul für repräsentative Flugstrecken und zusätzlichen Annahmen ab, weshalb die detaillierte Erfassung im Folgenden zuerst erläutert wird.

Eine der wichtigsten Datengrundlagen bei der Berechnung von Flugemissionen sind Angaben zum Treibstoffverbrauch. Hierfür nutzt der UBA-CO₂-Rechner die Datenbasis von Eurocontrol („Small emitters tool (SET) 2023“, 2023), welche eine umfassende Datenbank zu Treibstoffverbräuchen für 465 verschiedene Flugzeugtypen bereithält. Von großem Vorteil ist hierbei, dass die Parameter zur Berechnung der Treibstoffverbräuche aus realen Treibstoffverbräuchen aus dem innereuropäischen Flugverkehr abgeleitet sind und jährlich aktualisiert werden. Zudem ist eine Klassifizierung der Triebwerkstypen in „J“ = Jet und „T“ = Turboprop vorhanden, womit hier auch bezüglich der Berechnung der Nicht-CO₂-Emissionen unterschieden werden kann.

Eine reduzierte Liste der relevantesten Flugzeugtypen wurde für die detaillierten Berechnungen ausgewählt und kann bei der Eingabe individueller Flugstrecken aus einem Drop-down-Menü selektiert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Mehrheit der Anwenderinnen und Anwender diese Information nicht bekannt sein dürfte, weshalb eine Definition robuster Defaults in den drei Distanzklassen kurz, mittel und lang notwendig ist. Diese werden in Abhängigkeit der errechneten Distanz automatisch verwendet, wenn als Flugzeugtyp „Unbekannt“ eingegeben wird. Der jeweilige Default-Typ entspricht hierbei nicht einem konkreten realen Flugzeugtyp, sondern basiert auf einem gewichteten Mix der Verbräuche exemplarischer Typen, welche auf diesen Distanzen zum Einsatz kommen. Die Gewichtung orientiert sich an Häufigkeitsverteilungen, wie sie die Onlineplattform [FlightAware](#) live veröffentlicht. Weiterhin fließt die Anzahl der Sitzplätze je Flugzeugtyp in die Gewichtung ein. Das Ergebnis liegt jeweils entsprechend der Parameter der Eurocontrol Datenbank in der Form eines Sockelbetrages sowie einer linearen Treibstoff-Rate je Nautischer Meile vor.

Die Eingabe im Rechner erfolgt in Form eines Start- und Zielpunktes (und gegebenenfalls einer Zwischenlandung) entweder als Name der Stadt oder als 3-stelligem IATA-Code für Flughäfen. Die Koordinaten der Flughäfen sind in der KlimAktiv-Flughafendatenbank hinterlegt. Als Flugentfernung wird die aus den Koordinaten resultierende Großkreisdistanz zuzüglich eines pauschalen Umwegs (= 50 km) angenommen. Jedem Flughafen ist zudem eine Region zugeordnet, was je Flugstrecke die Bildung eines Regionenpaares erlaubt. Abhängig vom Regionenpaar können Passagierauslastung und beigeladene Fracht mit spezifischen Auslastungsfaktoren abgeschätzt werden. Die Emissionen des gesamten Flugzeuges ergeben sich aus dem für die jeweilige Distanz errechneten Treibstoffverbrauch multipliziert mit dem Emissionsfaktor von Kerosin (inklusive Vorkette).

Um zusätzlich die hohen Nicht-CO₂-Emissionen (z. B. durch Stickoxide, Wasserdampf, Partikel) des Flugverkehrs zu berücksichtigen, werden die direkten Emissionen für Jettriebwerke ab Kilometer 401 (entspricht ca. dem Anteil der Strecke in einer Flughöhe von > 9 km) jeweils verdreifacht. Dieser Nicht-CO₂-Faktor (ehemals auch *Radiative Forcing Index* genannt) wird in laufenden Forschungsarbeiten des Umweltbundesamtes untersucht und kann im Zuge aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse weiter angepasst werden.

Eine Umlegung der Emissionen des Flugzeuges auf eine pro-Kopf-Tonnage der Passagiere erfolgt über die bereits erwähnten spezifischen Load Factors (LF) je Regionenpaar sowie über die Anzahl der Sitze aus der spezifischen Bestuhlung je Flugzeugtyp (siehe Formel 1).

Formel 1: Pro-Kopf-Emissionen Luftverkehr

$$kg\ CO_2e/Person = \frac{kg\ CO_2\ e_{\text{ganzes Flugzeug (inkl. Nicht-CO}_2\text{-Effekte)}} * LF_{\text{Beiladung}}}{LF_{\text{Auslastung}} * \text{Sitzplätze}}$$

Folgende Faktoren werden je individueller Eingabe außerdem berücksichtigt:

- Einfache Strecke = 1 / Hin- und Rückflug = 2
- Flugklasse (Economy, Business, First).

Für die pauschale Erfassung von Flugreisen werden lediglich die Kategorien „Flugreisen Europa“ und „Flugreisen Transkontinental“ unterschieden. Die Eingabe erfolgt als Flugzeit in Stunden, die mit durchschnittlichen Fluggeschwindigkeiten von etwa 700 km/h für Flugreisen in Europa und 800 km/h für transkontinentale Reisen in Entfernungen und damit CO₂e-Emissionen umgerechnet wird. Pauschale kg CO₂e/h Werte wurden aus exemplarischen Flügen (Europa-Europa und Europa-Nordamerika) abgeleitet.

Passagierschiffahrt:

Basierend auf den abgeleiteten CO₂e-Emissionen für Fluss- und Hochseekreuzfahrtschiffe werden weitere Annahmen und Berechnungsschritte eingefügt, um dem Format des CO₂-Rechners des Umweltbundesamtes zu entsprechen. In der Berechnungsmethodik wird direkt mit CO₂e-Emissionen je Passagierkilometer gerechnet (Hochseekreuzfahrt) bzw. sind die Ergebnisse auf diesen Bezug umlegbar (Flusskreuzfahrt). Die Einheit erscheint jedoch für die Zielgruppe des CO₂-Rechners nicht praktikabel, da die wenigsten Menschen die Gesamtkilometerzahl ihrer Kreuzfahrt kennen. Diese wird auch nicht direkt über den Reiseanbieter kommuniziert und lässt sich rückwirkend kaum ermitteln. Die Einheit in Tagen ist für die Reisenden leichter zu erfassen und vermutlich besser über die Erinnerung abrufbar. Hier wäre eine weitere Differenzierung in Seetage, Hafentage und An-/Abreisetage denkbar, da sich die Schiffsemissionen je nach Betriebsmodus stark unterscheiden. Dies würde jedoch weitere Annahmen in der Bilanzierungsmethode nötig machen und die Nutzenden müssten diese Differenzierung nachträglich recherchieren, was nicht praktikabel erscheint. Für den CO₂-Rechner wird deshalb die Einheit „CO₂e-Emissionen pro Passagier und Reisetag“ gewählt. Dafür wurden anhand von Statistiken die durchschnittliche Reisedauer und die beliebtesten Reiseziele ermittelt. Anhand von mehreren Beispielreisen wurden die Gesamtdistanzen abgeleitet und mit der Größe der CO₂e-Emissionen pro Passagierkilometer auf die Emissionen pro Reisetag umgerechnet. Die An- und Abreisetage sind darin berücksichtigt.

4.2.4 Ernährung

Die CO₂e-Emissionen der Ernährung ergeben sich im Wesentlichen aus zwei großen Faktoren: wie viel man verzehrt und was man verzehrt.

Wie viel man verzehrt

Der Gesamtumsatz bzw. -energiebedarf ergibt sich durch Addition von Grund- und Leistungsumsatz. Die Bestimmung des persönlichen Grundumsatzes wird mittels der Harris-Benedict-Formel (Harris und Benedict 1918) durch Geschlecht, Alter und Gewicht bestimmt. Die Variablen werden im Rechner von den Nutzenden eingegeben.

Zum Grundumsatz wird dann der Leistungsumsatz addiert, welcher mittels Formel 2 ermittelt wird. Die kcal-Werte werden entsprechend der sogenannten PAL-Faktoren „Tätigkeit“ und „Sport“ (engl. für **Physical Activity Level** = Grad der körperlichen Aktivität) in Anlehnung an Food and Agriculture Organization of the United Nations et al. (2004) gewichtet.

Formel 2: Berechnung des Leistungsumsatzes

$$\text{Leistungsumsatz} = (PAL_{\text{Gesamt}} - 1) \times \text{Grundumsatz}$$

$$PAL_{\text{Gesamt}} = PAL_{\text{Tätigkeit}} \times PAL_{\text{Sport}}$$

Der persönliche Gesamtenergiebedarf wird anschließend ins Verhältnis zum durchschnittlichen Energiebedarf (2.600 kcal/Tag) gesetzt und mit der Durchschnittstonnage multipliziert, um den persönlichen Basis-CO₂-Wert für die ernährungsbedingten CO₂e-Emissionen zu bestimmen.

Was man verzehrt

Die individuellen Gesamtemissionen der Ernährung für ein Jahr werden im Rechner aus der Betrachtung von vier Lebensmittelgruppen ermittelt:

- Fleisch, Wurst und Fisch
- Milch und Milchprodukte
- Hülsenfrüchte und Nüsse
- Obst und Gemüse.

Die spezifischen Emissionen pro kg **Fleisch, Wurst und Fisch** ergeben sich aus den Mengenströmen sowie den CO₂e-Emissionen, welche im ifeu-DeuReSS-Modell für ausgewählte Gütergruppen hinterlegt sind. Diese Durchschnittswerte werden auf die verzehrte Menge pro Person und Woche umgerechnet. Die von den Nutzenden festlegbaren Mengenangaben im CO₂-Rechner (0 g bis 2,6 kg Fleisch, Wurst und Fisch pro Woche) wurden ausgehend vom gemischten Warenkorb aus Fleisch- und Wurstprodukten sowie Fischprodukten basierend auf Daten des BMEL (BMEL 2022a, b) festgelegt. Der durchschnittliche wöchentliche Fleisch-, Wurst- und Fischprodukte-Konsum pro Person liegt demnach bei 1,3 kg.

Da die konsumierte Menge für Frauen und Männer insbesondere bei Fleisch- und Wurstprodukten sehr unterschiedlich ist, wird zusätzlich zum durchschnittlichen Konsum je eine Stufe für den durchschnittlichen Konsum von Frauen bzw. Männern zur Auswahl angeboten. Im Rechner kann in einer 10-stufigen Skala der persönliche Fleisch-, Wurst- und Fischprodukte-Konsum ausgewählt werden.

Milchprodukte, insbesondere Käse und Butter, verursachen – ähnlich wie Fleisch und Wurst – hohe Treibhausgasemissionen (v.a. durch die Methanemissionen der Wiederkäuer). Neben der Fleischmengenauswahl wurde deshalb auch eine Milchprodukte-Mengenauswahl mit 7 Stufen eingeführt (0 g bis 4,8 kg Milchprodukte pro Woche). Auch hier ergeben sich die spezifischen Emissionen pro kg Milchprodukt aus dem Verhältnis zwischen Gesamt-Treibhausgasemissionen

und der Milchproduktemenge in kg. Damit kann auch weiterhin eine vegane von einer vegetarischen Ernährungsweise abgegrenzt werden. Die Abfrage bezieht sich dabei auf die eingekaufte Gesamtmenge aller Milchprodukte pro Woche. Ausgangspunkt der Skalierung ist ein gemischter Milchprodukte-Warenkorb basierend auf BMEL (2022b), der einem Pro-Kopf-Durchschnittskonsum von 2,4 kg pro Woche entspricht (Stufe „Durchschnittlich“). Dieser setzt sich aus ca. zwei Dritteln Milch und Joghurt sowie ca. einem Drittel „weitere Milchprodukte“ (u. a. Sahne, Käse und Butter) zusammen.

Die CO₂e-Emissionen aus den Sammelkategorien „Andere Lebensmittel“ (z.B. Fertigprodukte) und „Gastronomie“ werden anteilig den Fleisch-, Wurst- und Fischprodukten sowie den Milchprodukten zugerechnet.

Bei der Bestimmung der Skalierungsfaktoren wurde für die Mengenauswahl unterhalb des durchschnittlichen Fleisch- bzw. Milchproduktekonsums ein Ausgleich der dann fehlenden Energie- und Nährstoffmenge aus tierischen Produkten vorgenommen, indem ernährungsphysiologisch äquivalente Mengen an **Hülsenfrüchten und Nüssen** mit ihren jeweiligen CO₂-Fußabdrücken angesetzt wurden. Die Berechnung des Skalierungsausgleiches erfolgt über die Konsummengen für Fleisch-/Wurst-/Fischprodukte, Milchprodukte, Nüsse (Schalenfrüchte) und Hülsenfrüchte basierend auf mit einem dort hinterlegten typischen Warenkorb für Fleisch-/Wurst-/Fisch- und Milchprodukte sowie Energie- und Nährstoffgehalten von Fleisch-/Wurst-/Fisch-, Milchprodukten, Nüssen und Hülsenfrüchten basierend auf Elmadfa et al. (2016).

Da die CO₂e-Emissionen für Nüsse/Schalenfrüchte im ifeu-DeuRess-Modell nicht separat differenziert werden können, wurde für diese Gütergruppe ein Emissionsfaktor für einen typischen „Nussmix“ basierend auf Reinhardt et al. (2020) abgeleitet.

Den größten Effekt auf die CO₂e-Emissionen in der Produktkategorie **Obst und Gemüse** hat die Herkunft. Die Skalierungsfaktoren zur Differenzierung der Produktauswahl werden auf Basis von produktspezifischen Lebenszyklusanalyse-Daten (Reinhardt et al. 2020) unter Verwendung eines typischen Gemüse- und Obstwarenkorb (BMEL 2022b) bestimmt. Als Basiswert (Stufe „Gemischt“) wird ein durchschnittlicher Warenkorb mit für Obst und Gemüse typischen Transport- und Produktionsaufwendungen angesetzt. Dieser wird durch Variation von Produktionsort, Produktionsbedingungen und Transportentfernungen regionaler und saisonaler (Richtung „Vorwiegend“) oder weniger regional und saisonal gestaltet (Richtung „Häufig Flugware“).

Umgang mit Bio-Produkten

Bio-Produkte zeigen oft keine Vorteile bei den Treibhausgasemissionen, insbesondere wenn die Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen, z. B. mittels des aLULUC-Ansatzes, mitberücksichtigt werden (Reinhardt et al. 2020). Aber auch ohne die LULUC-bedingten Emissionen weisen einige tierische Bio-Produkte einen etwas höheren CO₂-Fußabdruck auf als ihre konventionellen Pendanten. Dies liegt an verschiedenen gegenläufigen Effekten, welche in Summe zu (netto) Mehremissionen gegenüber dem konventionellen Pendant führen. Für die Futtermittelproduktion werden im ökologischen Landbau deutlich weniger Inputs (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel etc.) benötigt. Gleichzeitig sind die Flächenerträge geringer, was sich z. B. pro Einheit Futtermittel in höheren Aufwendungen beim Dieselmotortreibstoff widerspiegelt. Insbesondere für den Kraftfutteranteil müssen längere Fruchtfolgen eingehalten werden. Bei Wiederkäuern schlagen erhöhte Methanemissionen in den Bilanzen zu Buche, welche mit einem höheren Raufutteranteil in der Ernährung von Milchkühen und Rindern zu erklären sind (Schulz et al. 2013). Weiterhin sind eine geringere Milchleistung sowie eine längere Standzeit bis zum Erreichen des Schlachtgewichtes Gründe für einen höheren CO₂-Fußabdruck von tierischen Bio-Produkten. Bio-

Obst und -Gemüse dagegen sind oftmals (spezifisch) besser. Da aber die mit diesen Lebensmittelkategorien verbundenen THG-Emissionen im Ernährungs-Warenkorb eine eher untergeordnete Rolle spielen, da zwei Drittel durch tierische Produkte verursacht werden (siehe oben), läuft es am Ende auf ein Nullsummenspiel hinaus. Aus diesem Grund wurde die bisherige Abfrage zu Bio-Produkten gestrichen.

4.2.5 Sonstiger Konsum

Der „Sonstige Konsum“-Rechner wurde im Jahr 2023 vollständig überarbeitet. Der neue Rechner ermöglicht Nutzenden eine Abschätzung der Konsumemissionen über die Faktoren Haushaltseinkommen, Anzahl der Personen, die sich das Haushaltseinkommen teilen¹⁰, und typisches Kaufverhalten. Der neue Rechner ermöglicht es den Nutzenden darüber hinaus, auch einzelne Produktkategorien genauer zu bilanzieren und über Ausgaben pro Monat oder Anzahl gekaufter Produkte den CO₂-Fußabdruck zu berechnen. Zusätzlich werden die Anlageinvestitionen (der sogenannte „kollektive Konsumrucksack“) berechnet und ergänzt.

Abschätzung der Konsumemissionen

Wichtigste Stellgröße zur Abschätzung der Konsumemissionen sind die durchschnittlichen Konsumausgaben. Diese leiten sich vom Haushaltseinkommen und der Anzahl an Personen ab, auf die das Geld aufgeteilt wird. Die Grundlagen dafür liefert die laufende Wirtschaftsrechnung von Destatis¹¹ mit zwei Tabellen, die jeweils unterteilt in detaillierte Produkt- und Dienstleistungsgruppen vorliegen:

- Durchschnitts-Konsumausgaben, aufgeteilt nach monatlichem Haushaltsnettoeinkommen
- Durchschnitts-Konsumausgaben, aufgeteilt nach Anzahl an Haushaltsmitgliedern.

Mit diesen Tabellen werden Faktoren gebildet, die für alle Produktgruppen das Verhältnis zu den durchschnittlichen Ausgaben bewerten. Die CO₂e-Emissionen werden mit diesem Faktor skaliert. Als Durchschnittsperson wird mit einer Person aus einem zwei Personenhaushalt mit einer Einkommensklasse von „2.601 – 3.600 Euro“ gerechnet¹². Wird „Keine Angabe“ ausgewählt, wird die Person in die Einkommensklasse „2.601 – 3.600 Euro“ eingeteilt.

Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, das Ergebnis durch drei Verhaltensfragen zu beeinflussen. Diese Verhaltensfragen beziehen sich auf das Reparaturverhalten, das Leihverhalten und auf die Berücksichtigung von Qualität und Langlebigkeit. Dabei werden je nach Antwort 5 Prozentpunkte Auf- bzw. Abschlag vergeben. Diese werden als Produkt mit dem Ergebnis der CO₂e-Emissionen aller Produktkategorien (ohne Dienstleistungen) multipliziert.

Detailabfrage einzelner Produktgruppen

Da der Konsum mit rund einem Viertel einen großen Teil des Gesamtfußabdrucks ausmacht, wurde eine weitere Aufschlüsselung vorgenommen. Nutzende, die stark von den aus statistischen Daten abgeleiteten Ausgaben je Produktgruppe abweichen, haben hier die Möglichkeit, ihr Kaufverhalten detaillierter abzubilden. Folgende Produktgruppen können über die monatlichen Ausgaben oder über die Anzahl der gekauften Produkte genauer betrachtet werden:

¹⁰ Die Abfrage nach Personen im Haushalt im Rechner bezieht sich nicht auf die Personen, die in einem Haushalt leben, sondern auf die Personen, die das Geld teilen, um zum Beispiel Wohngemeinschaften mit getrennten Haushaltskassen mitzubetrachten.

¹¹ https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/LWR/_inhalt.html

¹² Die Einteilung der Einkommensklassen orientiert sich an der Klassifizierung des Haushaltsnettoeinkommens nach Destatis.

Tabelle 2: Produktgruppen, die im Rechner detailliert eingegeben werden können

Produktgruppe	Ifeu-DeuRes-Modell	Art der Berechnung
Innenausstattung (Einrichtung, Möbel, Heimtextilien, Glaswaren, Gebrauchs- und Verbrauchsgüter für die Haushaltsführung wie zum Beispiel Waschmittel oder Reinigungsprodukte)	RME068 – Textilien RME088 – Glas RME082 – Detergenzien RME133 – Möbel RME139 – Sonstige Waren (2/3)	Monatliche Ausgaben
Freizeit und Kultur (Kulturelle Dienstleistungen wie Theater und Kino sowie Musikinstrumente, Sportartikel, Spielzeug etc.)	RME177 – Kulturelle Dienstleistungen RME135 – Musikinstrumente RME136 – Sportartikel RME137 – Spiele, Spielzeug RME139 – sonstige Waren (1/3)	Monatliche Ausgaben
Kleidung und Schuhe ¹³ (von Hosen bis Jacken, Taschen, Kostüme und Anzüge, Schuhe)	RME069 – Kleidung RME070 – Leder	Anzahl je Kleidungsstück multipliziert mit dem CO ₂ -Fußabdruck je Kleidungsstück
Elektronische Geräte (Informations- und Kommunikationsgeräte (Smartphone, TV-Geräte etc.) und Haushaltselektronik (Staubsauger, Kaffeemaschine etc.)	RME125 – Elektronische Erzeugnisse (Elektrogeräte)	Anzahl je Gerät multipliziert mit dem CO ₂ -Fußabdruck je Gerät
Beherbergung (nach Beherbergungstyp: von Campingplatz bis hin zu Hotels unterschiedlicher Kategorien)	RME155 – Beherbergung und Gastronomie (nur Anteil Beherbergung)	Anzahl der Übernachtungen je Beherbergungstyp multipliziert mit dem CO ₂ -Fußabdruck je Nacht
Streaming (Mediatheken, Streaming-Plattformen für Filme und Serien, Musik-Apps und Video-Calls)	RME159 – IT-Dienstleistungen	Anzahl der Stunden je Streaming-Dienst multipliziert mit dem CO ₂ -Fußabdruck des jeweiligen Dienstes
Haustiere (Hund, Katze, Pferd, Kaninchen, Ziervögel)		Anzahl an Haustieren multipliziert mit dem CO ₂ -Fußabdruck je Haustier

Der oben erwähnte Faktor, abgeleitet aus den Verhaltensfragen, wird auch auf die detailliert berechneten Emissionen der Produkte (ohne Dienstleistungen) angewandt. Produkte, die nicht in diesen Detailkategorien gelistet sind, werden mit dem Faktor nach Einkommen und Haushaltsgröße skaliert. Diese finden sich im CO₂-Rechner in der Kategorie „Sonstige (Vor-)Produkte & Dienstleistungen“.

¹³ Werden Secondhandwaren gekauft, werden die Herstellungsemissionen zu 100% der*dem Erstkäufer*in zugerechnet. Der*die Zweitkäufer*in bekommt lediglich Emissionen für Versand und Lagerung zugerechnet (0,6 kg CO₂e/ Stück).

Kollektiver Konsumrucksack

Beim kollektiven Konsumrucksack handelt es sich um Emissionen aus den Anlageinvestitionen (vgl. Abschnitt 4.1.3). Zur Skalierung dieser Emissionen wird angenommen, dass sich diese entsprechend dem individuellen Konsumverhalten im Vergleich zum durchschnittlichen Konsumverhalten verändern.

Formel 3: Berechnung des individuellen Konsumrucksacks

$$AI_{\text{individuell}} = AI_{\text{Durchschnitt}} * \frac{\text{zugeordnete Emissionen (individuell)}}{\text{zugeordnete Emissionen (Durchschnitt)}}$$

In Abbildung 1 werden die Hierarchie-Ebenen der Eingaben im Bereich Konsum grafisch dargestellt.

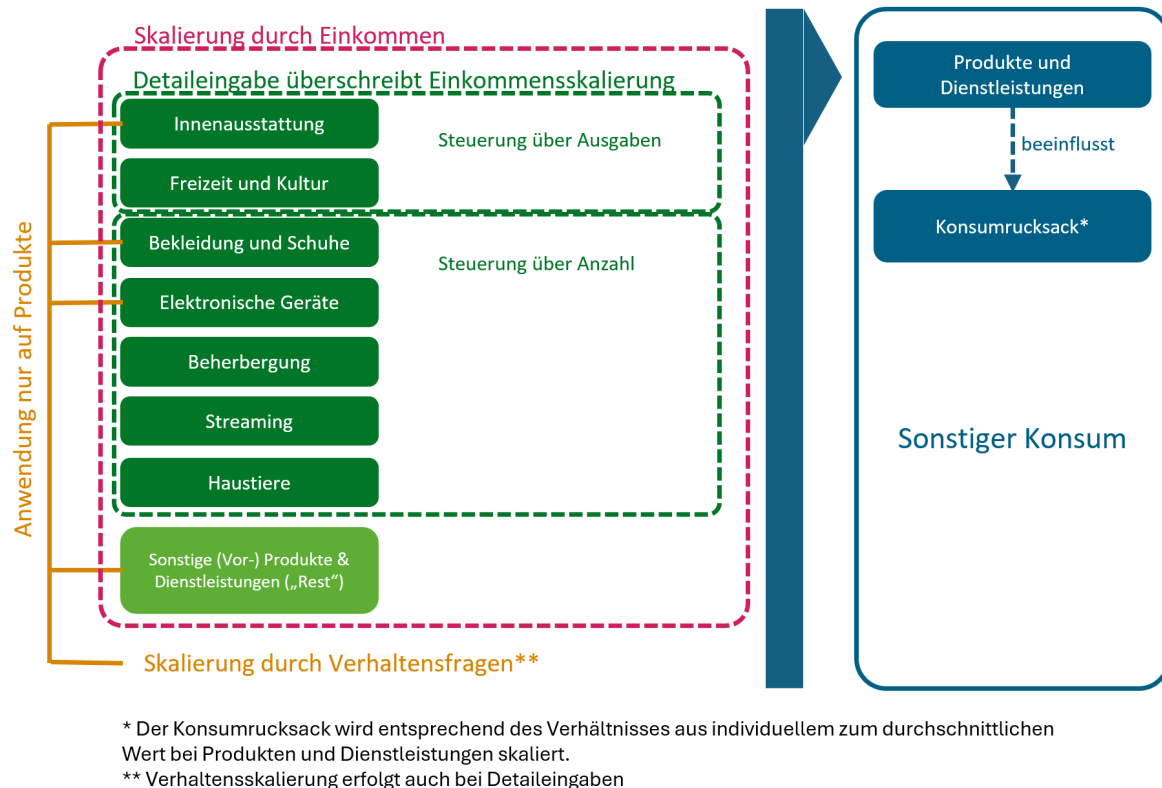
Die Betrachtung von Haustieren in der CO₂-Bilanz

Eine wichtige Freizeitbeschäftigung in Deutschland ist die Haltung von Haustieren. Eine Studie zur Ökobilanz von Haus- und Heimtieren in der Schweiz zeigt, dass Haustiere etwa 1,2 % bzw. 160 kg der THG-Emissionen der Durchschnittsperson in der Schweiz ausmachen (Annaheim et al. 2024). In die Analyse einbezogen wurden Pferde, Hunde, Katzen, Kaninchen, Ziervögel und -fische. Dabei wurden jeweils die Emissionen aus Tierfutter, Aufzucht und Anschaffungen, Pflege und aus notwendigen Autofahrten betrachtet. Teilweise kamen für einzelne Tierarten spezifische Emissionsbereiche hinzu (z. B. Strom für Aquarium). Die Spannweite der Emissionen pro Tier bewegt sich dabei zwischen 0,1 t CO₂e für 4 Ziervögel oder 50 Zierfische bis hin zu 3,1 t CO₂e für ein durchschnittliches Pferd (ebenda).

Die vorhandene Studie wurde genutzt, um den Faktor Haustiere im UBA-CO₂-Rechner zu implementieren. Hierfür wurden aus dem jeweiligen Gesamtergebnis für die Tiere prozentual alle Anteile herausgerechnet, die im CO₂-Rechner in anderen Bereichen bereits abgedeckt sind (z. B. Fahrten zum Gassi-Gehen mit dem Hund (abgedeckt durch Eingabe Mobilität); Stromverbrauch des Aquariums (abgedeckt durch Eingabe Stromverbrauch)). Bestehen bleibt ein Anteil von 1,01 % an den Emissionen der Durchschnittsperson. Der Wert von 1,01 % wurde herangezogen, um den Anteil der Haustiere der deutschen Durchschnittsperson zu bestimmen.

Der Besitz eines oder mehrerer Haustiere kann im CO₂-Rechner über ein einfaches Auswahlmennü eingegeben werden. Besitzt eine Person kein Haustier, so wird der Durchschnittswert vom Ausgangswert im Bereich „sonstiger Konsum“ abgezogen. Für jedes angegebene Tier werden entsprechend Emissionen im Bereich „sonstiger Konsum“ aufgeschlagen (auch hier wird der Durchschnittswert vorher abgezogen, um eine Doppelberechnung zu vermeiden). Für Pferd, Hund und Katze können je nach Tier weitere Parameter angegeben werden, die die Höhe der aufgeschlagenen Emissionen beeinflussen, darunter: Gewicht des Tieres, Ernährung des Tieres sowie Anzahl der Personen, die das Tier nutzen. Für Kaninchen, Ziervögel und -fische ist nur die Angabe der Anzahl der Tiere möglich. Die jeweiligen Werte entstammen der Studie von (Annaheim et al. 2024), wobei auch hier die Emissionsanteile für Mobilität, Wärmeverlust und Stromverbrauch bei jeder Tierart herausgerechnet wurden.

Abbildung 1: Berechnung der CO₂e-Emissionen im Sonstigen Konsum



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

4.2.6 Öffentliche Emissionen

Die Öffentlichen Emissionen stellen einen pauschalen Sockel in der persönlichen Bilanz dar, welcher nicht durch Eingaben der Nutzenden verändert werden kann. Öffentliche Emissionen entstehen z. B. durch Verwaltung, Organisation des Sozialwesens, Infrastruktur oder Bildung und werden allen Bürgern*Bürgerinnen mit einem gleichen Anteil automatisch zugerechnet. Neben den offiziellen Aufgaben des Staates werden hier zusätzlich Emissionen zur Wasserversorgung sowie Wasser- und Abfallentsorgung berücksichtigt, da diese Dienstleistungen allen Bürgern*Bürgerinnen zur Verfügung stehen. Der Einfluss des Einzelnen ist an dieser Stelle sehr gering und die persönliche Tonnage bleibt identisch mit dem Deutschen Durchschnitt. Für die genaue Herleitung der sektoralen Durchschnittstonnage siehe Kapitel 4.1.5.

4.3 CO₂-Vermeidungsleistungen

Viele individuelle Handlungsmöglichkeiten für wirksamen Klimaschutz können mit dem Konzept des persönlichen CO₂-Fußabdrucks nicht oder nur teilweise erfasst werden. Beispielsweise würde eine Person, die in einem Mehrfamilienhaus Wärmedämmmaßnahmen initiiert, damit tonnenweise CO₂ bei sich und allen anderen Bewohner*innen des Hauses einsparen. In ihrem persönlichen CO₂-Fußabdruck würde sich jedoch nicht der gesamte, sondern nur der pro Person eingesparte Heizverbrauch niederschlagen. Damit würde aber die Klimaschutzwirkung der Initiierung der Wärmedämmung um ein Vielfaches unterschätzt. Engagement am Arbeitsplatz oder im öffentlichen Raum schlägt sich gar nicht im eigenen CO₂-Fußabdruck nieder, obwohl auch hier die Klimaschutzwirkung durchaus in Größenordnungen

liegen kann, die (weit) über den eigenen CO₂-Fußabdruck hinausgehen (z. B. wenn man den Arbeitgeber motiviert, eine große Solaranlage auf das Dach des Betriebsgebäudes zu installieren, den Fuhrpark an eine Carsharingorganisation anzubinden oder ein Energiemanagementsystem einzuführen). Für die Bewertung von individuellen Klimaschutzmaßnahmen ist es daher wichtig, sowohl die „CO₂-Einsparung bei sich selbst“ (Fußabdruck) als auch die „CO₂-Einsparung bei anderen“ (Handabdruck) zu berücksichtigen, um tatsächlich alle relevanten individuellen Handlungshebel für mehr Klimaschutz im Blick zu haben.

Im UBA-CO₂-Rechner werden in drei Fällen **„Vermeidungen bei anderen“** quantifiziert und ausgewiesen, um auf den großen Handlungshebel „Handabdruck“ zumindest ansatzweise hinzuweisen:

- ▶ **Einspeisung von selbst erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien:** Im Bereich Strom können Eigenstromanlagen eingetragen werden. Die Einspeisung von selbst erzeugtem Strom in das öffentliche Netz führt zu einer Vermeidung bei anderen. Hierbei wird die eigene Stromerzeugung, die keine direkten Emissionen verursacht, mit dem fossilen Elektrizitätsmix verglichen, der durch den eingespeisten Strom verdrängt wird. Aus dem Emissionsfaktor des verdrängten fossilen Stroms wird die Vermeidung bei anderen berechnet. Die Vorkettenemissionen der Stromerzeugung verbleiben bei den Haltern der Anlage.
- ▶ **Spenden für Klimaschutzprojekte (Klimabeiträge):** Im Rahmen der freiwilligen CO₂-Kompensation kann man durch Spenden eine quantifizierte Menge an CO₂-Einsparung durch die geförderten Klimaschutzprojekte erreichen (auch „Klimabeitrag“ genannt). Diese Minderungen können kausal dem Handabdruck der Spender*innen zugeordnet werden, da ohne die Spende die Maßnahme nicht hätte realisiert werden können. Im UBA-CO₂-Rechner werden freiwillige Kompensationszahlungen an zwei Stellen abgefragt: Bei der Eingabe von Flugreisen kann angegeben werden, ob hierfür eine CO₂-Kompensation gezahlt wurde. Fluglinien bieten diese Option häufig beim Kauf eines Tickets direkt an. Im Rechner wird, falls man die Frage bejaht, die Höhe der durch die Flugreise(n) verursachten Emissionen als „Vermeidung bei anderen“ gutgeschrieben. Im Sonstigen Konsum kann – unabhängig vom Anlass der Spende – die gesamte Menge an CO₂-Kompensation in Tonnen eingetragen werden, z. B. wenn man einen Klimabeitrag in Höhe des persönlichen CO₂-Fußabdrucks gespendet hat.
- ▶ **Klimafreundliche Geldanlagen:** Im Sonstigen Konsum kann die Höhe der klimafreundlichen Geldanlagen eingetragen werden. Hierbei wird vom Rechner für jeden klimafreundlich angelegten Euro eine „Vermeidung bei anderen“ gutgeschrieben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich in diesem Fall um einen eher groben Schätzwert handelt, da die Spannbreite bei klimafreundlichen Geldanlagen und damit auch hinsichtlich der Klimaschutzwirkungen sehr groß ist. Während man bei Direktinvestitionen in erneuerbare Energien oder energetische Sanierungen von einer sehr hohen, gut quantifizierbaren Wirkung ausgehen kann, ist diese z. B. im Falle von Beteiligungen an Best-of-class-Fonds als eher gering und nicht quantifizierbar anzusehen.

Die Vermeidungsleistungen werden in den jeweiligen Sektoren quantifiziert. Sie werden im UBA-CO₂-Rechner immer getrennt ausgewiesen und nicht intern mit den THG-Emissionen des persönlichen Fußabdrucks verrechnet. Beispielsweise erscheinen die Emissionen einer Flugreise immer auch in der Ergebnisdarstellung der eigenen Bilanz unter „Emissionen aus Mobilität“, unabhängig davon, ob der Flug kompensiert wurde oder nicht. Im Falle der Kompensation werden die THG-Emissionen allerdings zusätzlich mit negativem Vorzeichen als Vermeidungsleistung bei anderen ausgewiesen. Dies entspricht zum einen dem Wesen einer

Bilanz, Einnahmen und Ausgaben getrennt zu erfassen. Zum anderen gibt es einen wichtigen methodischen Unterschied zwischen Fußabdruck und Handabdruck, der eine entsprechende interne Verrechnung verbietet. Während das Konzept des Fußabdrucks alle THG-Emissionen z. B. eines Landes überschneidungsfrei einzelnen Verbraucher*innen zuordnet, ist dies beim Handabdruck nicht der Fall. „Vermeidungsleistungen bei anderen“ können nicht eindeutig einzelnen Akteuren zugeordnet und somit von verschiedenen Akteuren gleichzeitig reklamiert werden (siehe folgende Textbox). Dies führt aber dazu, dass die Summe aller „Vermeidungsleistungen bei anderen“ größer als die realen THG-Emissionen sein kann. Mit anderen Worten: Beim Konzept des Fußabdrucks wird Doppelzählung explizit vermieden¹⁴, während das Konzept des Handabdrucks notwendigerweise Doppelzählungen enthält. Dies stellt auch kein Problem dar, solange man sich dieser Doppelzählung bewusst ist und die Werte getrennt ausweist.

Warum nicht mehr Vermeidungsleistungen in *Meine CO₂-Bilanz* berechnet werden können

Im Gegensatz zum persönlichen CO₂-Fußabdruck ist die zahlenmäßige Ausweisung von CO₂-Vermeidungsleistungen aus drei Gründe nur sehr eingeschränkt möglich:

- ▶ **Große Vielfalt an Handlungsmöglichkeiten:** Im Prinzip kann jede CO₂-Sparmaßnahme, die den eigenen Fußabdruck reduziert, auch eine Maßnahme des Handabdrucks werden, wenn jemand andere Menschen berät und überzeugt, diese umzusetzen. Dies abzufragen, würde die Zahl der Abfragen im CO₂-Rechner vervielfachen.
- ▶ **Indirekte und komplexe Kausalitäten:** Wenn Herr X seine Nachbarin Frau Y motiviert, eine PV-Anlage auf ihr Dach zu installieren, könnte Herr X sich die CO₂-Einsparung durch die PV-Anlage als „Vermeidungsleistung bei anderen“ anrechnen. Allerdings ist unklar: War die Beratung durch Herrn X der einzige oder der hauptsächliche Grund für die Installation? Welchen Anteil hatte die Energieberatung, der Bericht im Fernsehen oder die Zeitungsanzeige auf die Entscheidung von Frau Y? Die „Vermeidungsleistung bei anderen“ müsste auf diese Akteure aufgeteilt werden. Eine solche anteilige Zurechnung lässt sich nicht sinnvoll durchführen. Dies gilt noch weniger bei komplexeren Klimaschutzmaßnahmen, wie beispielsweise der Verabschiedung von Gesetzen. Die Wirkung dieser Handabdruck-Beiträge kann in Summe sehr hoch und für den Klimaschutz besonders wichtig sein, auch wenn sich der Beitrag nicht einzelnen Akteuren zuordnen lässt.
- ▶ **Unklare Klimaschutzwirkung:** Während sich am Beispiel der PV-Anlage die Klimaschutzwirkung gut quantifizieren lässt, ist dies in vielen anderen Fällen (v. a. im Rahmen von Klimaschutzkommunikation und Engagement) nur selten bzw. nur mit großem Zeitverzug möglich. Wie viele Menschen werden durch eine Infobroschüre erreicht? Was setzen diese Menschen davon um? Was bewirkt eine Unterschriftenaktion? Was eine Demonstration? Die Klimaschutzwirkung ist dabei sowohl in der Art als auch in der Höhe unklar und kann dementsprechend nicht quantifiziert werden.

¹⁴ Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass der methodische Ausschluss von Doppelzählung beim CO₂-Fußabdruck eine andere, kommunikative Schwierigkeit mit sich bringt: Die vollständige Zuweisung der THG-Emissionen auf die Verbraucher*innen verleitet zu der Fehlannahme, dass der CO₂-Rechner auch die vollständige Verantwortung für diese THG-Emissionen den Verbraucher*innen anlasten würde. Der CO₂-Rechner trifft allerdings an keiner Stelle eine Aussage über die spezifischen Veränderbarkeiten von oder Verantwortlichkeiten für die einzelnen Emissionen. Nichtsdestotrotz ist dies für die Arbeit mit dem CO₂-Rechner eine große kommunikative Herausforderung, dieser methodisch angelegten Fehlinterpretation im Sinne einer Individualisierung von Verantwortung entgegenzutreten.

5 Quellenverzeichnis

Airport Travel Survey 2018 des Flughafenverbands ADV (2018): IFAK Institut, Berlin.

Annaheim, J.; Jungbluth, N.; Meili, C. (2024): Ökobilanz von Haus- und Heimtieren, Überarbeiteter und ergänzter Bericht. ESU-services GmbH, Schaffhausen. <https://esu-services.ch/fileadmin/download/annaheim-2019-%C3%96kobilanz-Haustiere.pdf> (09.08.2024).

Biemann, K.; Helms, H.; Münter, D.; Liebich, A.; Pelzeter, J.; Kämper, C.; Müller, J. (2024): Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr. UBA-Texte Endbericht, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg, Berlin. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/13_2024_texte_analyse_der_umweltbilanz_von_kraftfahrzeugen_0.pdf (07.08.2024).

BMEL (2022a): Durchschnittlicher Verzehr ausgewählter Lebensmittelgruppen nach Geschlecht und Altersgruppe. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

BMEL (2022b): Verbrauch von Nahrungsmitteln je Kopf. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

Datenerhebung 2022 - Bundesmix 2022 (2023): bdew - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. https://wp.bdew.de/media/documents/230807_Bundesdeutscher_Strommix_2022.pdf (17.06.2024).

Destatis (2022a): Umweltökonomische Gesamtrechnung, Anthropogene Luftemissionen, Berichtszeitraum 2000 - 2020. Destatis. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/energiefluesse-emissionen/Publikationen/Downloads/anthropogene-luftemissionen-5851103207004.pdf?__blob=publicationFile (09.08.2024).

Destatis (2022b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung: Input-Output-Rechnung 2020, Fachserie 18 Reihe 2.

Dittrich, M.; Liebich, A.; Ewers, B.; Kahtan, A.; Wingenbach, C.; Limberger, S.; Brischke, L.-A.; Weiß, D.; Mohnen, L.; Maixner, L.; Keppner, B.; Leuser, L.; Knörzer, U.; Polanía Giese, J. C.; Schoer, K.; Müller, J. (2024): Die Grenzen des Konsums: Nachhaltiger Konsum unter der Berücksichtigung von planetaren Grenzen und globalen Wachstumsdynamiken. Endbericht, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Elmadfa, I.; Aign, W.; Muskat, E.; Fritzsche, D. (2016): Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. Gräfe und Unzer (GU) Verlag, München.

European Maritime Safety Agency (2024): THETIS-MRV.

Ewers, B.; Dittrich, M.; Schoer, K. (2023): Calculating Germany's Raw Material Footprint – Method and Results: ifeu paper 01/2023. ifeu-paper 01/2023, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/RME_Model_Germany_ifeu_paper.pdf (09.08.2024).

Food and Agriculture Organization of the United Nations; United Nations University; World Health Organization (Hrsg.) (2004): Human energy requirements: report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation: Rome, 17-24 October 2001. FAO, food and nutrition technical report series Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

Harris, J. A.; Benedict, F. G. (1918): A Biometric Study of Human Basal Metabolism. In: Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 4, No. 12, S. 370–373.

Harthan, R. O.; Förster, H. et al (2023): Projektionsbericht 2023 für Deutschland.

ifeu (2022): Kontinuierlich aktualisierte interne ifeu-Datenbank. IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg.

ifeu (2023): TREMOD – Transport Emission Model. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg.

Lauf, T.; Memmler, M.; Schneider, S. (2023): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2022. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Rosslau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/20231219_49_2023_cc_e_missionsbilanz_erneuerbarer_energien_2022_bf.pdf (06.08.2024).

Lutter, S.; Kreimel, J.; Giljum, S.; Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Schoer, K. (2023): Ressourcennutzung in Deutschland - Weiterentwicklung des deutschen Ressourcenberichts, Datengrundlagen. UBA Texte Forschungsbericht, Wirtschaftsuniversität Wien, Institute for Ecological Economics, Wien und Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Dessau-Rosslau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/117_2023_texte_ressourcennutzung_in_deutschland.pdf (09.08.2024).

Mahler, B.; Idler, S.; Gantner, J. (2019): Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. Endbericht, Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Fraunhofer IBP, Stuttgart.
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.html?__blob=publicationFile&v=3 (09.08.2024).

Myhre, G.; Shindell, D.; Bréon, F.-M.; Collins, W.; Fuglestad, J.; Huang, J.; Koch, D.; Lamarque, J.-F.; Lee, D.; Mendoza, B.; Nakajima, T.; Robock, A.; Stephens, G.; Zhang, H.; Aamaas, B.; Boucher, O.; Dalsøren, S. B.; Daniel, J. S.; Forster, P.; Granier, C.; Haigh, J.; Hodnebrog, Ø.; Kaplan, J. O.; Marston, G.; Nielsen, C. J.; O'Neill, B. C.; Peters, G. P.; Pongratz, J.; Ramaswamy, V.; Roth, R.; Rotstayn, L.; Smith, S. J.; Stevenson, D.; Vernier, J.-P.; Wild, O.; Young, P.; Jacob, D.; Ravishankara, A. R.; Shine, K. (2013): Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2019): Mobilität in Deutschland - MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360. Ergebnisbericht, infas, DLR, IVT und infas 360, Bonn, Berlin. https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (09.08.2024).

Purr, K.; Günther, J.; Lehmann, H.; Nuss, P. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/rescue> (05.07.2023).

Reinhardt, G.; Gärtner, S.; Wagner, T. (2020): Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. ifeu Publikation ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, Deutschland.

Repenning, J.; Harthan, R. O.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Braungardt, S.; Bürger, V.; Emele, L.; Götz, W. K.; Hennenberg, K.; Jörß, W.; Ludig, S.; Matthes, F. C.; Mendelevitch, R.; Moosmann, L.; Nissen, C.; Rausch, L.; Scheffler, M.; Schumacher, K.; Wiegmann, K.; Wissner, N.; Zerrahn, A.; Brugger, H.; Fleiter, T.; Rehfeldt, M.; Rohde, C.; Schlomann, B.; Yu, S.; Steinbach, J.; Deurer, J.; Osterburg, B.; Rösemann, C.; Gensior, A.; Rock, J.; Stümer, W.; Rüter, S.; Fuß, R.; Tiemeyer, B.; Laggner, A.; Adam, S. (2022): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Endbericht, Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI, IREES GmbH, Thünen-Institut, Berlin, Karlsruhe, Braunschweig.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_uba_website.pdf (09.08.2024).

Schoer, K.; Dittrich, M.; Kovanda, M.; Weinzettel, J.; Ewers, B.; Limberger, S.; Moll, S.; Baptista, N.; Bouwmeester, M. (2023): Documentation of the EU-RME-Model. Eurostat, Luxembourg.

Schulz, A.; Kuhnimhof, T.; Nobis, C.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Bergk, F.; Kämper, C.; Knörr, W.; Kräck, J.; Jödden, C.; Sauer, A.; Führer, M.; Frick, R. (2020): Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs.

Abschlussbericht, DLR - Institut für Verkehrsforschung, KIT - Institut für Verkehrswesen, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Kantar TNS, INFRAS, Berlin, Karlsruhe, Heidelberg, München, Bern.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-20_texte_141-2020_emissionen-reiseverkehr_0.pdf (09.08.2024).

Schulz, F.; Warnecke, S.; Paulsen, H. M.; Rahmann, G. (2013): Unterschiede der Fütterung ökologischer und konventioneller Betriebe und deren Einfluss auf die Methan-Emission aus der Verdauung von Milchkühen. In: Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. S. 189–205.

Small emitters tool (SET) 2023 (2023): Tool to estimate the fuel burn and associated CO₂ emissions for an entire flight considering the characteristics of the air traffic covered by the EU emissions trading scheme (EU ETS). Eurocontrol.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung: Input-Output-Rechnung 2018, Fachserie 18 Reihe 2 (2020).