



Das ist grün.

Macht bewusst.
Für das Klima.
CO₂Kompass.

Nr. 23

Die Klimawirkung Ihrer Reise einfach vergleichen: Der CO₂Kompass der Deutschen Bahn

Version 1.0

Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Einführung	3
Vergleich der Klimawirkung verschiedener Verkehrsmittel.....	4
Bezugsgrößen für den Vergleich	4
Welche Aussagen lässt ein Vergleich zu?.....	5
Daten und Annahmen zur Emissionsberechnung	6
Berechnungsmethodik	6
Bahn.....	7
PKW	7
Flug	7
Energieverbrauch und Emissionsfaktoren der Energiebereitstellung	8
Kraftstoffe.....	8
Strom	8
Literaturverzeichnis.....	10
Kontakt	11

Einführung

Klimafreundliches Reisen, um einen eigenen Beitrag zum Schutz des Klimas zu leisten, gewinnt immer mehr an Bedeutung. Der CO₂Kompass ist der neue Service der DB, um die Klimawirkung einer Bahnreise in Deutschland einfach und schnell zu berechnen und mit einer PKW- oder Flugreise zu vergleichen. Als Start- und Endpunkte der Reise können Bahnhöfe und S-Bahn-Stationen gewählt werden.

Der CO₂Kompass löst den bisherigen UmweltMobilCheck (UMC) der Deutschen Bahn ab und fokussiert sich auf die Darstellung der CO₂e-Emissionen. Zukünftig sind Erweiterung der Anwendung geplant und die Detailtiefe wird je nach Datenverfügbarkeit kontinuierlich angepasst. Die CO₂e-Daten werden regelmäßig aktualisiert. Somit wird eine aktuelle und objektive Grundlage geschaffen, die bei der Wahl des klimafreundlichsten Verkehrsmittels unterstützt.

Die Emissionsdaten stammen unter anderem aus der hierfür führenden Quelle TREMOD (Transport Emission Model). Diese Modellrechnung wurde vom Umweltbundesamt (UBA) beauftragt und vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) Heidelberg entwickelt. Datenbasis für die TREMOD-Berechnungen bildet unter anderem das von dem unabhängigen Forschungs- und Beratungsbüro INFRAS regelmäßig herausgegebene Handbuch für Emissionsfaktoren. Die Daten für die Bahnverkehre innerhalb Deutschlands liefert die Deutsche Bahn.

Erstellt wurde der CO₂Kompass vom DB-eigenen Dienstleister DB System.

Vergleich der Klimawirkung verschiedener Verkehrsmittel

Das grundsätzliche Vorgehen, das in diesem Kapitel beschrieben wird, basiert auf Vorarbeiten, die in der Veröffentlichung [ifeu 2000] beschrieben sind. Im Jahr 2023 wurde die Norm ISO 14083:2023-03 „Treibhausgase - Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen“ veröffentlicht. Da sie den neuen Berechnungsstandard für die Bilanzierung der Klimawirkung darstellt, orientiert sich der CO₂Kompass methodisch an dieser Norm. Aufgrund der verfügbaren Datenlage wird sie jedoch vorerst nicht vollumfänglich umgesetzt.

Im CO₂Kompass wird die Menge der Treibhausgasemissionen betrachtet, die bei der Fahrt und der Energiebereitstellung entsteht und als Kohlendioxidäquivalent quantifiziert, um die Klimawirkung zu beschreiben. Nicht quantifiziert werden im CO₂Kompass Emissionen, die bei Herstellung, Unterhalt und Entsorgung von Fahrzeugen und Infrastruktur anfallen.

Der von Menschen verursachte Treibhauseffekt wird überwiegend durch die Emission von Kohlendioxid (CO₂) verursacht, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird. Daneben tragen auch andere Komponenten, vor allem Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O) zum Treibhauseffekt bei. Diese werden unter Berücksichtigung ihrer Klimawirksamkeit entsprechend der Empfehlung von [IPCC 2007] als CO₂e (CO₂-Äquivalente) zusammengefasst. Der Parameter CO₂e wird dabei dem Emissionsmodell TREMOD [ifeu 2020] entnommen. Das Modell berücksichtigt zudem eine höhere Klimawirksamkeit des Flugverkehrs in großen Höhen. Damit erhöht sich der CO₂e-Wert (im Gegensatz zum CO₂) im Flugverkehr mit der Entfernung überproportional.

Bezugsgrößen für den Vergleich

Jede Fahrt mit motorisierten Verkehrsmitteln dient dazu, Personen oder Güter mit einem akzeptablen Zeit-, Kraft- und Kostenaufwand von einem Ort zu einem anderen zu bewegen. Ein Vergleich der Klimawirkung muss daher primär an der Erfüllung der Transportaufgabe, zum Beispiel also der Bewegung einer Person von A nach B gemessen werden. Im Personenverkehr wird daher üblicherweise die Umweltwirkung betrachtet, die je Person für die zurückgelegte Strecke entsteht. Bei Treibhausgasemissionen ist das etwa die Einheit „Gramm Treibhausgas je Person und (gleicher) Reise“. Diese Bezugsgrößen eignen sich für den Vergleich konkreter Reisen auf bestimmten Relationen. Der CO₂Kompass wendet diese Bezugsgrößen an.

Soll ein Vergleich der Klimawirkung von Verkehrsmitteln unabhängig von konkreten Relationen bestimmt werden, wird üblicherweise der Bezug auf die Kapazität des Verkehrsmittels und einen zurückgelegten Kilometer gewählt. Beim Personenverkehr ist dies beispielsweise die Einheit „Gramm Treibhausgas je Platz und Kilometer“.

Der Bezug von Klimawirkungen auf die Kapazität und den zurückgelegten Kilometer eignet sich vor allem für Potenzialbetrachtungen, jedoch nicht zur Bewertung bestimmter Transportaufgaben. Denn neben dem technischen Potenzial eines Verkehrsmittels haben vor allem

- die Entfernung und die dabei benutzten Verkehrsmittel (einschließlich Zubringer) und
- die Auslastung der benutzten Fahrzeuge

einen entscheidenden Einfluss auf den Umfang von Umweltwirkungen einer Reise oder eines Transportvorgangs.

Welche Aussagen lässt ein Vergleich zu?

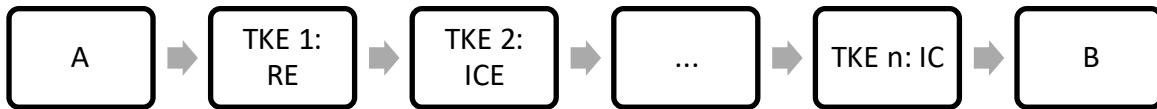
Der wichtigste Aspekt, der bei einem Verkehrsmittelvergleich beachtet werden muss, ist der Unterschied zwischen Individualverkehr und öffentlichem Verkehr: Öffentliche Verkehrsmittel fahren innerhalb einer Fahrplanperiode im Gegensatz zum eigenen Pkw regelmäßig und unabhängig davon, ob sie benutzt werden oder nicht. Daher gilt:

Jede individuelle Entscheidung, mit einem öffentlichen Verkehrsmittel, statt mit dem eigenen Pkw zu fahren, vermeidet die gesamten direkten Umweltbelastungen und Treibhausgasemissionen, die durch die Fahrt mit dem Pkw entstehen würden.

Daten und Annahmen zur Emissionsberechnung

Berechnungsmethodik

Die Gesamtemissionen eines allgemeinen Transportvorganges bzw. einer Reisekette von Start A zu Ziel B berechnen sich nach EN ISO 14083:2023 als Summe der Emissionen aller Transportkettenelemente (TKE). Die Transportkette muss also in separate TKE zerlegt werden, beispielsweise nach genutzten Fahrzeugen:



Die gesamte Emission aus dem Fahrzeugeinsatz berechnet sich also als

$$Emission_{gesamt} [gCO_2e] = \sum_{i=1}^n Emission_{TKE\ i,WTW} [gCO_2e].$$

Dabei wird $Emission_{TKE\ i,WTW}$ aus Emissionen am Fahrzeug und aus der Vorkette der Energiebereitstellung (bspw. zur Energieerzeugung) zusammengesetzt:

$$Emission_{TKE\ i,WTW} = Emission_{TKE\ i,WTT} + Emission_{TKE\ i,TTW}$$

mit

$$\begin{aligned} Emission_{TKE\ i,WTT} [gCO_2e] \\ = Strecke[km] * \frac{Energieverbrauch_{volle\ Auslastung} [\frac{Wh}{Platz * km}]}{Auslastung [\frac{Personen}{Platz}]} \\ * Emissionsfaktor_{WTT} [gCO_2e / Wh] \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} Emission_{TKE\ i,TTW} [gCO_2e] \\ = Strecke[km] * \frac{Energieverbrauch_{volle\ Auslastung} [\frac{Wh}{Platz * km}]}{Auslastung [\frac{Personen}{Platz}]} \\ * Emissionsfaktor_{TTW} [gCO_2e / Wh] \end{aligned}$$

Dabei bedeutet:

WTW: Well-to-Wheel (Gesamt),

TTW: Tank-to-Wheel (am Fahrzeug) und

WTT: Well-to-Tank (Vorkette der Energieerzeugung).

Die genutzten Berechnungsparameter sind generell verkehrsmittelspezifisch.

Bahn

Die zurückgelegte Strecke ergibt sich aus einem Schienenrouting. Energieverbrauch und Emissionsfaktor werden anhand des jeweiligen Verkehrsmittels und der Antriebsart selektiert. Der CO₂Kompass setzt für die Berechnung eine durchschnittliche Auslastung an, die verkehrsmittelspezifisch ist.

Die Auslastungswerte wurden je Zuggattungen für das Jahr 2019 auf Grundlage des Reisenden-Erfassungssystems der DB AG ermittelt:

ICE 59 %
EC/IC 49 %
RE/RB/IRE 25 %
S-Bahn 29 %

PKW

Da die Vielzahl verschiedener PKW-Modelle sehr unterschiedliche Emissionswerte liefert, wird zur Berechnung ein Beispiel-PKW (Mittelklasse, Diesel, Schadstoffklasse Euro 5) herangezogen. Auch die Fahrgeschwindigkeit und Fahrweise besitzt großen Einfluss auf den Energieverbrauch und damit die Menge anfallender Emissionen. Unterschiede zwischen Stadtverkehr, außerstädtischem Verkehr und Autobahnen werden in TREMOD mittels verschiedener Emissionsfaktoren und Energieverbräuche abgebildet und in der Berechnung berücksichtigt. Neben der Gesamtstrecke ermittelt das genutzte Routing den Anteil der verschiedenen Straßenkategorien. Die Auslastung wird mit 1,4 Personen je Fahrzeug angesetzt.

Flug

Die Emissionen einer Flugverbindung berechnet der CO₂Kompass anhand der Summe der Emissionen des Fluges sowie der Emissionen der Anreise vom Startbahnhof zum Startflughafen und der Abreise vom Zielflughafen zum Zielbahnhof mit einem PKW.

Die Emissionen des Fluges berücksichtigen eine Strecke, die der Großkreisdistanz (GKD) zwischen Start- und Zielflughafen entspricht. Diese wird nach ISO 14083 mit einem Distanzanpassungsfaktor (DAF) von $\frac{GKD+95 \text{ km}}{GKD}$ für Umwege und Warteschleifen multipliziert, d. h., *Flugstrecke* = *GKD* + 95 km. Anhand dieser Strecke werden Flügen distanzklassenabhängige Emissionsfaktoren zugeordnet, die so die erhöhte Klimawirkung des Ausstoßes von CO₂ in hohen Atmosphärenschichten abbilden.

Auch Emissionen, die durch Rollverkehre am Boden entstehen, werden durch die Emissionsfaktoren berücksichtigt. Ebenfalls anhand der Distanzklasse werden der Energieverbrauch und die typische Auslastung des Fluges angesetzt. Die Auslastung von Passagierflugzeugen in Europa liegt zwischen 71% (nationale Verbindungen) und 83% (internationale Verbindungen) [DESTATIS 2019]. Daher wird für Flugdistanzen zwischen 125 und 375 km eine Auslastung von 71% angenommen, für Flugdistanzen zwischen 500 und 625 km werden 77% Auslastung angesetzt und für Flugdistanzen größer als 750 km 83%.

Energieverbrauch und Emissionsfaktoren der Energiebereitstellung

Kraftstoffe

Bei Otto- und Dieselmotoren werden die Emissionsfaktoren für die Energiebereitstellungskette der Kraftstoffe ab Förderung des Rohöls bis zur Betankung der Fahrzeuge, einschließlich der Verdunstungsemissionen bei Umfüllvorgängen und der Transporte der Energieträger mit Fahrzeugen berücksichtigt. Die Werte stammen aus TREMOD [ifeu/INFRAS/LBST 2015] und aus der EN 16258, wobei sich beide Quellen auf europäische Joint Research Centre-Studien [JEC 2014] beziehen. Die Emissionsfaktoren für Biokraftstoffe stammen vom ifeu [ifeu 2020] und sind anteilig bereits in die konventionellen Kraftstoffe mit Beimischung eingerechnet.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren der Energiebereitstellungskette für Kraftstoffe (WTT), bezogen auf Endenergie

Kraftstoff	g CO₂e/ g Kraftstoff
Diesel	0,528
Kerosin	0,665

Quelle: ifeu 2020; ifeu/INFRAS/LBST 2015; EN 16258

Strom

Die Energiebereitstellungskette für Strom enthält die anteiligen Aufwendungen ab der Förderung von Kohle, Erdgas etc. bis zum Stromabnehmer der Fahrzeuge einschließlich Transport der Primärenergieträger bis Kraftwerk und den Umform- und Leitungsverlusten. Zur Bestimmung der mittleren Emissionsfaktoren wird die Stromerzeugung im Jahresdurchschnitt zugrunde gelegt. Für Verkehre in Deutschland werden die Unternehmensmixe der Eisenbahnverkehrsunternehmen (market based) des Jahres 2019 angesetzt, soweit diese vorliegen. Erneuerbare Energien werden gemäß Emissionsbilanz Umweltbundesamt [UBA 2018] berechnet. Insgesamt ergeben sich daraus für die betrachteten Energien folgende Emissionsfaktoren für Deutschland:

Tabelle 2: Emissionsfaktoren für die Bereitstellung von Elektrizität (WTT), bezogen auf Endenergie

Eisenbahnverkehrsunternehmen	g CO₂e/ Wh
DB Fernverkehr (100% Ökostrom, vorwiegend Wasserkraft)	0,003
DB Nahverkehr	0,559
S-Bahn Hamburg und Berlin (100% Ökostrom aus Wasserkraft)	0,003
Nicht-DB Bahnen ¹⁾	0,551
Ökostrom Deutschland	0,021
Bundesstrommix Deutschland 2018 ²⁾	0,551

¹⁾ Wie Bundesstrommix

²⁾ Umweltbundesamt

Quelle: eigene Berechnungen

Literaturverzeichnis

CEN 2012 / EN 16258 Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers) - EN 16258:2012; CEN/TC 320 - Transport - Logistics and services; 21.11.2012

DESTATIS 2019: Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen 2018; Statistisches Bundesamt; Fachserie 8, Reihe 6.1; Wiesbaden 2019

EN ISO 14083:2023 Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations

ifeu 2000: Wissenschaftlicher Grundlagenbericht zur „Mobilitäts-Bilanz“ und zum Softwaretool „Reisen und Umwelt in Deutschland“; im Auftrag der Deutschen Bahn AG und der Umweltstiftung WWF-Deutschland; Heidelberg, 08. November 2000

ifeu 2020: - TREMOD 6.03 – Transport Emission Model; im Auftrag des Umweltbundesamtes; Dessau/Heidelberg

ifeu/INFRAS/LBST 2015 Klimaschutzbeitrag des Verkehrs; im Auftrag des Umweltbundesamtes; in Bearbeitung

IPCC Aviation and the Global Atmosphere; Bericht vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); 2007; www.grida.no/climate/ipcc/aviation/index.htm

JEC 2014 JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration; <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>

UBA 2018 Emissionsbilanz erneuerbarer Energien
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-22_climatechange_23-2018_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2017_fin.pdf

Kontakt

dasistgruen@deutschebahn.com
www.deutschebahn.com/gruen

DB Regio AG
Umweltschutz und Audits
Europa-Allee 78-84
60486 Frankfurt a.M.