Treibhausgasemissionen im Transportsektor
Leitfaden zur ISO 14083

Anwendung und Beispiele

Für Mensch & Umwelt

DSLV Bundesverband Spedition und Logistik

Umwelt Bundesamt

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Mit Unterstützung von:
DSLV Bundesverband Spedition und Logistik e.V.
Unter den Linden 24 | Friedrichstraße 155 – 156
10117 Berlin
Tel.: +49 30 4050 228 - 0
info@dslv.spediteure.de
Internet: www.dslv.org

Autorinnen und Autoren:
Dr.-Ing. Kirsten Biemann, Wolfram Knörr
ifeu-Institut, Heidelberg

Dr.-Ing. Kerstin Dobers, Jan-Philipp Jarmer
Fraunhofer IML, Dortmund

Projektnummer
183053

Abschlussdatum
März 2024

Redaktion:
Fachgebiet I 2.1 Umwelt und Verkehr
Nadja Richter

Satz, Layout und Grafik:
www.suwadesign.de

Publikationen als pdf:
www.umweltbundesamt.de/
publikationen

ISSN 2363-832XEps

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

Danksagung
Bei der Erarbeitung des vorliegenden Leitfadens haben sich einige Personen mit ihrer langjährigen Expertise zur Bewertung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor eingebracht und wertvolles Feedback im Rahmen eines Reviews gegeben.

Die Autorinnen und Autoren danken an dieser Stelle unter anderem herzlich:
Noelle Froehlich (DHL Group), Patric Pütz (DHL Group), Andrea Schön (Smart Freight Centre) und Adrian Wojnowski (Smart Freight Centre).

Treibhausgasemissionen im Transportsektor

Leitfaden zur ISO 14083

Anwendung und Beispiele

Vorwort des DSLV Bundesverband Spedition und Logistik

Langfristprognosen gehen davon aus, dass die globalen Verkehrsströme in den kommenden Jahren weiter anwachsen. Bis zum Erreichen einer echten Verkehrswende in Europa werden die verkehrsinduzierten THG-Emissionen trotz der erheblichen Anstrengungen des Logistiksektors, seine Prozesse weiter zu optimieren, Ladungen zu bündeln und Transporte zu vermeiden, voraussichtlich ansteigen.

Die aktuelle Novelle der Richtlinie (EU) 2022/2464 zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Corporate Sustainabilty Reporting Directive – CSRD) wird zahlreiche Unternehmen verpflichten, regelmäßig über ihre Nachhaltigkeitsanstrengungen zu berichten. Dies schließt auch die Lieferketten und – bis zu einem noch zu definierenden Umfang – Logistikdienstleister ein.

Mit einer einheitlichen Methodik können THG-Emissionen gemessen, quantifiziert und überwacht werden – eine Voraussetzung, um Prozesse zu optimieren und Maßnahmen zur Einsparung und Vermeidung von Emissionen einzuleiten. Der Standard ISO 14083 zur Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen beschreibt eine Methodik, mit deren Hilfe Speditionshäuser und Logistikunternehmen THG-Emissionen globaler und regionaler Lieferketten mit allen Verkehrsträgern berechnen und bewerten können. Dadurch können Nachhaltigkeitserfolge auch unternehmensübergreifend vergleichbar veröffentlicht werden.

Der weltweit einheitliche Standard ersetzt die bis dahin geltende Europäische Norm EN 16258, an deren Erarbeitung der DSLV Bundesverband Spedition und Logistik seinerzeit bereits beteiligt war.

Dieser Leitfaden führt durch die spezifischen Anforderungen der ISO 14083 und soll Hinweise zur Implementierung, zu Datenerhebungsmethoden und zur Berechnung bis hin zur Interpretation der Ergebnisse und zur Kommunikation liefern. Zielgruppen sind Logistikdienstleister und Speditionen, Unternehmen des Personenverkehrs, Nachhaltigkeitsexpertinnen und -experten sowie Kundinnen und Kunden von Transport- und Logistikdienstleistungen.

Frank Huster

Hauptgeschäftsführer
DSLV Bundesverband Spedition und Logistik

DSLV | Bundesverband Spedition und Logistik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des DSLV Bundesverband Spedition und Logistik 4

Glossar der wichtigsten Begriffe 6

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 8

1 **Einleitung** 10
- 1.1 Übersicht 11
- 1.2 Begriffe und Grundlagen 12
- 1.3 Leitfaden zum Leitfaden – wo findet sich was 14

2 **Grundlegendes Vorgehen** 16
- 2.1 Grundlagen der Bilanzierung und Systemgrenzen 16
- 2.2 Datenqualität und Datenkategorien 19
- 2.3 Einführung in die schrittweise THG-Emissionsberechnung 20

3 **Transportkettenelemente und Aktivitätsdaten** 22
- 3.1 Unterteilung der Transportkette in Transportkettenelemente 22
- 3.2 Berechnung der Transport- und Hub-Aktivität der Transportkettenelemente 22
- 3.3 Fallbeispiele Teil 1 24

4 **Einstieg in die Berechnung und Datenerhebung** 28
- 4.1 Festlegen der Transport- und Hub-Vorgangskategorie 28
- 4.2 Berechnen der THG-Emissionsintensitäten 30
- 4.3 Fallbeispiele Teil 2 43

5 **Berechnung von THG-Emissionen einer Transportkette** 48
- 5.1 Von THG-Emissionsintensität zu THG-Emissionen der TCEs und TC 48
- 5.2 Fallbeispiele Teil 3 48

6 **Berichterstattung nach ISO 14083** 52
- 6.1 Kurzberichte 52
- 6.2 Zusätzliche Informationen als Bestandteil der Berichterstattung 54
- 6.3 Fallbeispiele Teil 4 57

Quellenverzeichnis 61

Anhang 62
- A.1 Wichtige Umrechnungsfaktoren 62
- A.2 TOC-Merkmale der verschiedenen Verkehrsmittel 62
- A.3 THG-Emissionsfaktoren üblicher Energieträger 63
- A.4 THG-Emissionsfaktoren üblicher Kältemittel 65
- A.5 THG-Emissionsintensitäten (Transporte/Hubs) und ihre Quellen 67

Glossar

Begriff deutsch / englisch	Erläuterung / Verweis
gesamte THG-Emissionen / total GHG emissions	fasst die THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung und dem Betrieb zusammen, siehe Abschnitt 1.2; ersetzt Begriff in EN 16258: Well-to-Wheel (WTW) Formelzeichen G_T
Greenhouse Gas (GHG) Protocol Scope 1/2/3	unterstützt bei der Berechnung von Treibhausgasen und umfasst drei Perspektiven, sogenannte „Scopes“, die unterschiedliche Emissionen berücksichtigen, siehe Abschnitt 1.1
Hub-Aktivität / hub activity	quantifiziert den Durchsatz eines Hubs, wird in der Regel in Tonnen (t) oder Anzahl der Passagiere (Pax) angegeben, siehe Abschnitt 3.2 Formelzeichen H
Hub-Vorgang / hub operation (HO)	beschreibt den Transfer von Fracht (z. B. in einem Logistikstandort) oder von Personen (z. B. in einem Personenterminal), s. Abschnitt 3.2
Hub-Vorgangskategorie / hub operation category (HOC)	fasst Hub-Vorgänge (HO) mit ähnlichen Eigenschaften zusammen, siehe Abschnitt 3.2
kürzeste realisierbare Distanz / shortest feasible distance (SFD)	beschreibt die kürzeste geeignete Strecke unter Berücksichtigung der Infrastrukturoptionen für einen bestimmten Fahrzeugtyp, siehe Abschnitt 3.2.1
Orthodrome bzw. Luftlinie / great circle distance (GCD)	beschreibt die kürzeste Distanz zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche entlang der Erdkugel, siehe Abschnitt 3.2.1; ersetzt Begriff in EN 16258: Großkreisdistanz
Primärdaten / primary data	ergeben sich aus einer direkten Messung oder können anhand von direkten Messwerten berechnet werden, siehe Abschnitte 2.2 und 4.2.3; ersetzt Begriff in EN 16258: individuelle Messwerte / spezifische Werte eines Transportdienstleisters / Flottenwerte eines Transportdienstleisters
Sekundärdaten / secondary data	erfüllen die Anforderungen an Primärdaten nicht und umfassen modellierte Daten und Vorgabewerte, siehe Abschnitte 2.2 und 4.2.3
THG verursachende Aktivität / GHG activity	umfasst die Aktivitäten, die THG-Emissionen verursachen wie z. B. Energieverbrauch, Methanschlupf, Kältemittelverluste, s. Abschnitt 1.2
THG-Emissionen aus dem Betrieb / operation GHG emissions	bezieht sich auf die Freisetzung von Treibhausgasen aufgrund des Betriebs von Fahrzeugen oder Standorten, siehe Abschnitt 1.2; ersetzt Begriff in EN 16258: Tank-to-Wheel (TTW) Formelzeichen G_{VO} bzw. G_{HEO}
THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung / energy provision GHG emissions	bezieht sich auf die Freisetzung von Treibhausgasen bei der Produktion, Lagerung, Verarbeitung und Verteilung von Energieträgern (inkl. Strom) für die Nutzung in Transportketten, siehe Abschnitt 1.2; ersetzt Begriff in EN 16258: Well-to-Tank (WTT) Formelzeichen G_{VEP} bzw. G_{HEEP}
THG-Emissionsfaktor / GHG emission factor	ermöglicht die Umrechnung der THG verursachenden Aktivität (d. h. Energieverbräuche (Kraftstoff, Strom) und Kältemittelleckagen) in THG-Emissionen, siehe Abschnitt 4.2.1 Formelzeichen $\varepsilon_{THG\ -\ verursachende\ Aktivität}$
THG-Emissionsintensität / GHG emission intensity	beschreibt die THG-Emissionen, die sich auf entsprechende Transport- bzw. Hub-Aktivitäten beziehen, siehe Abschnitt 4.2 Formelzeichen g

Transportaktivität / transport activity	quantifiziert die Fracht bzw. den Personentransport z. B. einer Transportkette oder eines Transportkettenelements, wird in der Regel in Tonnenkilometern (tkm) oder Personenkilometern (Pkm) gemessen, siehe Abschnitt 3.2 Formelzeichen *T*
Transportkette / transport chain (TC)	beschreibt die Beförderung von Fracht oder Personen von einem Ausgangs- zu einem Bestimmungsort und wird durch die Abfolge von Transportkettenelementen (TCEs) konkretisiert, siehe Abschnitt 3.1
Transportkettenelement / transport chain element (TCE)	beschreibt einen Abschnitt einer Transportkette, innerhalb dessen Fracht oder Personen von einem Fahrzeug auf einem Teilstreckenabschnitt der Transportkette befördert werden oder einen Hub durchlaufen, siehe Abschnitt 3.1; ersetzt Begriff in EN 16258: Teilstrecke
Transportvorgang / transport operation (TO)	repräsentiert die Nutzung eines Fahrzeugs für die Beförderung von Fracht und/oder Personen, siehe Abschnitt 3.2
Transportvorgangs-kategorie / transport operation category (TOC)	fasst Transportvorgänge (TO) mit ähnlichen Eigenschaften über einen bestimmten Zeitraum zusammen, siehe Abschnitt 3.2; ersetzt Begriff in EN 16258: Fahrzeugeinsatzsystem

Abbildungen

Abbildung 1
Zusammenhang der Normen **11**
Abbildung 2
Beispiel einer Frachttransportkette mit möglichen Transport- und Hub-Vorgangskategorien **13**
Abbildung 3
Schritte zur THG-Emissionsberechnung für eine Transportkette **20**
Abbildung 4
Welche Schritte werden in welchen Kapiteln erläutert? **21**
Abbildung 5
Darstellung der Schritte 1 und 2: Transportkettenelemente **25**
Abbildung 6
Sammel- und Auslieferтour **34**
Abbildung 7
Darstellung der Schritte 3 und 4: Zuordnung von TOC und TO zur zu bewertenden Transportkette **44**
Abbildung 8
Darstellung der Schritte 5 und 6: THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten der Transportkettenelemente und Transportkette **50**

Tabellen

Tabelle 1
In die THG-Emissionsberechnung aufzunehmende (ja), aus ihr auszuschließende (nein) und optionale Hub-Vorgänge 18
Tabelle 2
THG-Emissionen durch an Hubs stattfindende Vorgänge, die den Transporten zugeordnet werden sollten 19
Tabelle 3
Distanzen und Distanzanpassungsfaktoren 24
Tabelle 4
HOC-Merkmale 30
Tabelle 5
Passagieräquivalente von RoPax-Fähren und Zügen 33
Tabelle 6
Allokation Sammel- und Ausliefertour 35
Tabelle 7
Primärdaten zum Warenumschlag in Hub 1 bzw. Hub 2 37
Tabelle 8
Herkunft von Verbrauchsdaten 39
Tabelle 9
Daten für Fallbeispiel B 46
Tabelle 10
Elemente des Kurzberichts auf Ebene der Transport- oder Hub-Dienstleistungen 53
Tabelle 11
Elemente des Kurzberichts auf Organisationsebene 53
Tabelle 12
Berichterstattung bei Verwendung von Sekundärdaten 54
Tabelle 13
Dokumentation der Emissionsfaktoren von Kraftstoffen und Strom 56
Tabelle 14
Kurzbericht zum Fallbeispiel A 57
Tabelle 15
Berichterstattung für die Verwendung von Sekundärdaten im Fallbeispiel 1 für TCE 1, 3 und 5 58
Tabelle 16
Kurzbericht zum Fallbeispiel B 60
Tabelle 17
THG-Emissionsfaktoren europäischer Energieträger 64
Tabelle 18
Fokus Heizen an Hubs: THG-Emissionsfaktoren europäischer Energieträger 65
Tabelle 19
Beispielhafte Emissionsfaktoren für Kältemittel (in g CO_2e je g Kältemitteltyp) 66

1 Einleitung

Einleitung

Treibhausgas-(THG-)Emissionen wie beispielsweise Kohlendioxid oder Methan werden in Transportketten für Passagiere und Fracht durch Transportaktivitäten, Prozesse an einzelnen Standorten oder Dienstleistungen verursacht. Die Quantifizierung dieser Emissionen mit entsprechender Einordnung in den aktuellen Nachhaltigkeitsdiskurs spielt eine elementare Rolle. Bereits 2012 wurde dazu die europäische Norm EN 16258 veröffentlicht. Da es bei der Anwendung dieser Norm aber immer noch Interpretationsspielraum gab und die Norm nur auf europäischer Ebene Anwendung fand, formierten sich mit der Zeit Arbeitsgruppen, die insbesondere eine internationale Vereinheitlichung anstrebten. In diesem Zusammenhang ist für Frachttransporte der Global Logistics Emissions Council (GLEC) hervorzuheben, der durch das Smart Freight Centre (SFC) geführt wird und mit dem GLEC Framework (Smart Freight Centre 2023) einen Industrieleitfaden zur Quantifizierung von THG-Emissionen anbietet. Die Berücksichtigung von Standortprozessen wird unter anderem vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML untersucht und im „Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting for Logistics Hubs“ (Dobers und Jarmer 2023) näher beschrieben.

Diese und weitere Aktivitäten führten dazu, dass seit 2019 eine internationale Norm unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse erarbeitet wurde. Im März 2023 wurde die Norm ISO 14083 „Greenhouse gases – Quantification and reporting of green-house gas emissions arising from transport chain operations“ veröffentlicht, die eine internationale Vereinheitlichung der Berechnung und Berichterstattung von Emissionen aus (globalen) Transportketten bietet. Die EN ISO 14083 ersetzt die EN 16258:2012 und umfasst neben Transportvorgängen auch Prozesse und die damit verbundenen THG-Emissionen an Standorten (Hubs), die den Transfer von Passagieren oder Fracht ermöglichen. Zudem wurde die Norm im Rahmen der DIN EN ISO 14083 „Treibhausgase – Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen“ in die deutsche Sprache übersetzt.

Die neue ISO 14083 kann dabei für alle Anwendungsfälle eingesetzt werden, bei denen die THG-Emissionen von Transporten und Hubs quantifiziert werden. Sie deckt sowohl den Personen- als auch den Güterverkehr mit allen Verkehrsmitteln ab und kann sowohl für einzelne Fahrzeuge/Transporte als auch für Fahrzeugflotten/Gruppen von Transportvorgängen sowie für einzelne oder mehrere Hubs genutzt werden. Mögliche Anwendungen für die Norm beinhalten unter anderem Geschäftsberichte von Unternehmen, THG-Bilanzierungstools für Transporte und Hubs, Informationsweitergabe der THG-Emissionen von Transporten und Umschlag/Personentransfer (entweder an bestimmte Personengruppen oder für die breite Öffentlichkeit) und viele weitere Einsatzzwecke. Damit ist die Norm sowohl für Unternehmen aus der Transportbranche (z. B. Verkehrsverbünde, Verlader, Spediteure) als auch für Unternehmen

mit einem anderen Geschäftsfeld, bei denen Transporte in der THG-Berichterstattung eine Rolle spielen, und viele weitere Anwendungen interessant.

Dieser Leitfaden soll eine Hilfestellung im Hinblick auf die einheitliche Berechnung und Berichterstattung von THG-Emissionen entlang von Transportketten geben. Es werden Anforderungen und Berechnungsmöglichkeiten dargelegt, die sich aus der ISO 14083 ergeben, und neue Begriffe und Abkürzungen erläutert. Kontinuierliche Beispiele illustrieren die Anwendung der Norm und adressieren Herausforderungen, die bei der Anwendung der Norm auftreten können.

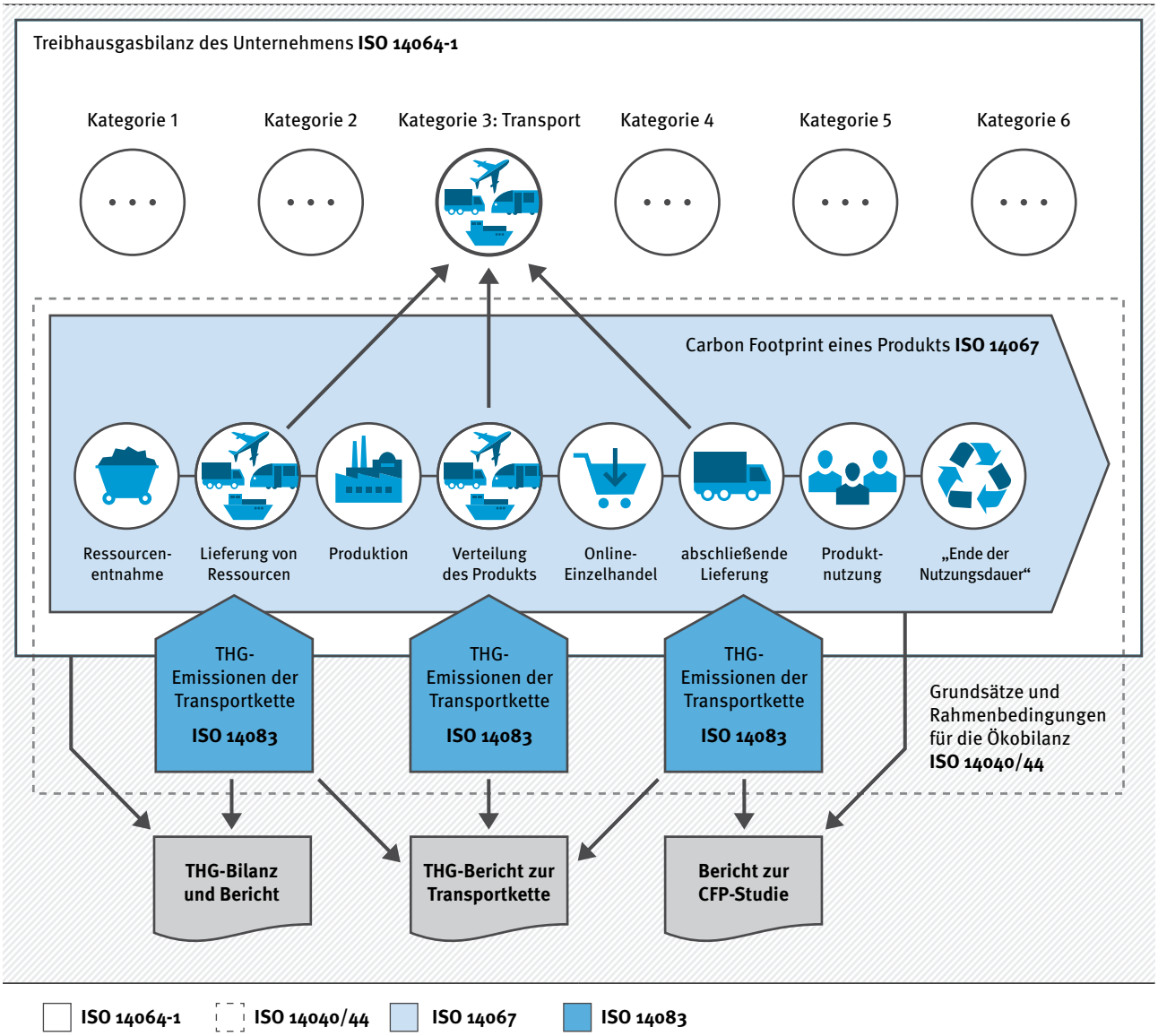
1.1 Übersicht

1.1.1 In welchem Zusammenhang mit anderen Normen und Verordnungen steht die ISO 14083?

Die ISO 14083 steht nicht für sich allein, sondern ordnet sich in eine Reihe von weiteren internationalen Standards zur Quantifizierung von Umweltwirkungen bzw. THG-Emissionen ein und spezifiziert allgemeine Grundsätze zur THG-Emissionsberechnung des Personen- und Frachttransportes. Somit können Ergebnisse der ISO 14083 als Ausgangspunkt für viele weitere Analysen genutzt werden, z. B. Corporate Carbon Footprint (siehe ISO 14064), Product Carbon Footprint (siehe ISO 14067) oder Ökobilanz (siehe ISO

Abbildung 1

Zusammenhang der Normen



Quelle: Ausschnitt aus DIN EN ISO 14083 Bild 3

14040/44). Die Abbildung 1 zeigt Verbindungspunkte zwischen der ISO 14083 und anderen internationalen Normen anhand des Beispiels einer Frachttransportkette. Darüber hinaus berücksichtigt die ISO 14083 die Anforderungen des Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) mit seinen Standards zur Unternehmensbilanz (World Resource Institute und World Business Council for Sustainable Development 2011) und zu Scope-3-Prozessen (Ranganathan et al. 2004).

Ferner wird für Anfang 2024 die Veröffentlichung der neuen europäischen Norm DIN EN 17837 „Ökologischer Fußabdruck der Paketzustellung: Methodik zur Berechnung und Deklaration von THG-Emissionen und Luftschadstoffen von Paketlogistik-Lieferdiensten“ erwartet . Diese konkretisiert einige Anforderungen der ISO 14083 mit Fokus auf den Paket-Sektor. Um den internationalen Standardisierungsarbeiten zu entsprechen, wird daher empfohlen, ISO-14083-konforme THG-Emissionsberechnungen und Berichterstattungen umzusetzen. Denn auch auf Ebene der Europäischen Kommission wurde bereits ein Vorschlag für eine Verordnung über die Erfassung der Treibhausgasemissionen von Verkehrsdiensten unterbreitet (Europäische Kommission 2023). Diese sieht die Verwendung der Norm EN ISO 14083 als Referenzmethode für die Berechnung der THG-Emissionen von Verkehrsdiensten vor und soll zukünftig mit einer zentralen EU-Datenbank für THG-Emissionsfaktoren, die bei der THG-Emissionsberechnungen essenziell sind, begleitet werden.

1.1.2 Wie ist die ISO 14083 aufgebaut?

Die große Vielfalt an Möglichkeiten, Passagiere und Fracht zu befördern, macht es erforderlich, klare Rechenregeln und einheitliche Vorgaben zu den Systemgrenzen für die THG-Emissionsberechnung festzulegen. Die ISO 14083 definiert daher, welche Prozesse, die THG-Emissionen in die Atmosphäre freisetzen, in die Berechnung miteinbezogen werden müssen. Diese Emissionen fallen unter den normativen Geltungsbereich. Darüber hinaus beschreibt die ISO optionale Prozesse, die abgedeckt werden können. Diese Emissionen fallen unter den informativen Geltungsbereich. Zudem werden Prozesse, die nicht einbezogen werden dürfen, explizit ausgeschlossen.

Im Hauptteil der ISO 14083 werden zunächst allgemeine Inhalte und Informationen zur Berechnung von THG-Emissionen (Abschnitte 1 bis 5) und daran anschließend spezifische Themen zur Datensammlung, Allokation und Berichterstattung im Kontext des Personen- und Frachttransports (Abschnitte 6 bis 13) erläutert. Der Hauptteil wird durch die Anhänge ergänzt. Die Anhänge A bis J decken den normativen Geltungsbereich ab und beschreiben Details zu den Transportmodi und Standorten, sofern sie Teil einer Transportkette sind, sowie zu Kältemittelverlusten und THG-Emissionsfaktoren.

Zum informativen Geltungsbereich gehören die Anhänge K bis R, die – neben weiteren Anleitungen zu ausgewählten Themen wie der Modellierung von THG-Emissionen in Transportketten – optional zu berücksichtigende Themen wie Transportverpackungen einordnen oder auf Beispielfaktoren für gewisse Beförderungs- bzw. Logistikdienstleistungen verweisen.

Die deutsche Fassung DIN EN ISO 14083 hat zudem einen informativen Anhang S, der die wesentlichen technischen Unterschiede zwischen der EN 16258 und der ISO 14083, z. B. bezüglich Betrachtungsraum und Begriffen, tabellarisch zusammenfasst. Das Glossar der wichtigsten Begriffe am Anfang dieses Leitfadens gibt Teile des Anhangs S wieder.

1.2 Begriffe und Grundlagen

THG-Emissionen aus Transportprozessen stammen aus verschiedenen Quellen. Deswegen führt die ISO 14083 entsprechende Begriffe zur Differenzierung von THG-Emissionen ein, da die bislang gängigen Begriffe wie Well-to-Tank (WTT), Tank-to-Wheel (TTW) und Well-to-Wheel (WTW) bereits in anderen Standards verwendet werden und insbesondere für Hub-spezifische Prozesse nicht passend sind. Der neue Begriff **THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung** bezieht sich auf die Freisetzung von Treibhausgasen bei der Produktion, Lagerung, Verarbeitung und Verteilung von Energieträgern (inkl. Strom) für die Nutzung in Transportketten. Er ersetzt die Begriffe indirekte oder WTT-Emissionen. **THG-Emissionen aus dem Betrieb** hingegen beziehen sich auf die Freisetzung von Treibhausgasen aufgrund des Betriebs von Fahrzeugen oder Standorten und rücken an die Stelle der ehemals direkten oder TTW-Emissionen. Sie werden durch die Verbrennung oder Leckagen von Kraftstoffen und das Austreten von Kältemitteln verursacht. THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung und dem Betrieb werden zu den **gesamten THG-Emissionen** zusammengefasst. Darüber hinaus verwendet die Norm auch den Begriff **THG-Emissionen aus dem Verpackungslebenszyklus**.

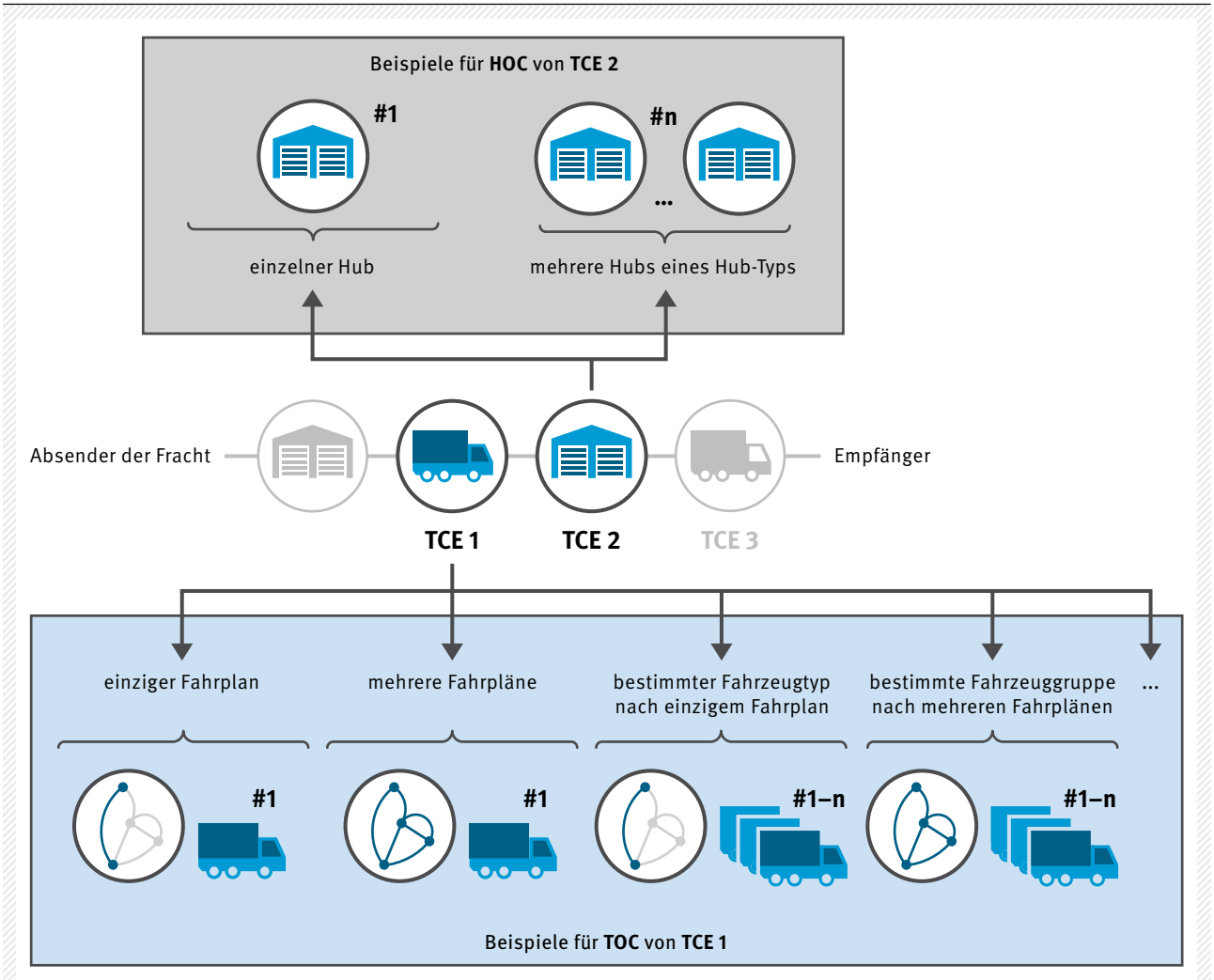
Dazu zählen alle THG-Emissionen, die während des Lebenszyklus von (Transport-)Verpackungen entstehen, die z. B. an Standorten beim (Um-)Verpacken von Fracht verwendet werden und optional berücksichtigt werden können.

Um diese Begriffe und Emissionen in den Transport-Kontext zu setzen, definiert die ISO eine **Transportkette** als eine Abfolge von Elementen, die in Zusammenhang mit der Beförderung von Passagieren und Fracht von einem Ursprungsort zu einem Bestimmungsort stehen. Die Elemente einer Transportkette, innerhalb derer Passagiere oder Fracht von einem Fahrzeug befördert werden oder einen Standort (Hub) durchlaufen, werden als **Transportkettenelemente (TCEs)** bezeichnet. Unter dem Begriff **Fahrzeug** fasst die ISO 14083 sämtliche Mittel zum Transport zusammen. Dieser wird im vorliegenden Dokument als Überbegriff für alle Verkehrsträger verwendet.

Um Transportvorgänge bzw. Transportkettenelemente, die ähnliche Merkmale aufweisen, zusammenzufassen, werden sogenannte **Transportvorgangskategorien (TOCs)** genutzt (siehe ISO 14083 Abschnitt 3.1.29). Dazu zählen z. B. die Berücksichtigung unterschiedlicher Fahrzeuge bzw. Passagiere oder Frachtarten und unterschiedliche Granularitätsstufen. So kann eine TOC für ein Fahrzeug auf einer bestimmen Route, aber auch für eine Gruppe von Fahrzeugen in einem Netzwerk gebildet werden. Werden von einem Fahrzeug gleichzeitig z. B. Personen und Fracht transportiert, kann die zugehörige TOC mehrere TCEs mit unterschiedlichen THG-Emissionsintensitäten enthalten (siehe ISO 14083 Abschnitt 6.3).

Abbildung 2

Beispiel einer Frachttransportkette mit möglichen Transport- und Hub-Vorgangskategorien



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von DIN EN ISO 14083 Bild 6 und 7

Ein ähnlicher Begriff wird für Transportkettenelemente verwendet, die Standortprozesse beschreiben. **Hub-Vorgangskategorien (HOCs)** sind definiert als eine Gruppe von Hub-Vorgängen, die ähnliche Merkmale aufweisen (siehe ISO 14083 Abschnitt 3.1.12), wie Prozesse, Frachttyp oder Umgebungstemperatur/Temperaturregelung. Dazu zählen beispielsweise die Temperaturregelung von Waren und die Klimatisierung für Passagiere. Eine HOC muss jeden Hub-Vorgang vollständig einschließen, sodass in der Regel ein Hub oder mehrere Hubs als Ganzes betrachtet werden. Details zu Einzelfällen, in denen ein Hub mehreren HOCs zugeordnet werden kann, werden in Abschnitt 4.1.2 gegeben.

Um für diese Vorgangskategorien THG-Emissionen berechnen zu können, werden die relevanten Aktivitäten von Prozessen, die THG-Emissionen verursachen, analysiert und notwendige Daten gesammelt. Diese Daten werden **Daten zu THG verursachender Aktivität** genannt. Die Daten zu THG verursachenden Aktivitäten beziehen sich für Transporte und Standorte in der Regel auf die Nutzung von Kraftstoffen, sonstige Energieverbräuche, den Austritt von Kältemitteln sowie optional und im Falle von Standorten auf den Einsatz von Transportverpackungsmaterial. Die Bewertung soll alle relevanten Treibhausgase umfassen. Bei Transportketten sind die relevantesten Treibhausgase üblicherweise (fossiles) Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid/Lachgas (N_2O) und klimarelevante Kältemittel, z. B. R-452a, R-404A oder R-134a. Weitere Informationen können den Berichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen entnommen werden (IPCC 2023).

Alle erfassten THG-Emissionen werden in Kohlenstoffdioxidäquivalenten (CO_2e) ausgedrückt. Dabei kommt das sogenannte Treibhauspotenzial bzw. **Global Warming Potential (GWP)** ins Spiel. Das GWP spiegelt wider, wie viel ein Treibhausgas im Verhältnis zu Kohlenstoffdioxid über einen gewählten Zeithorizont (in der Regel 100 Jahre) zur globalen Erwärmung beiträgt. Diese Umrechnungsfaktoren werden kontinuierlich vom IPCC in Berichten veröffentlicht: Der neueste ist der sechste Sachstandsbericht (Smith et al. 2021).

Nachdem Daten zu THG verursachenden Aktivitäten gesammelt und **THG-Emissionen** unter Nutzung passender **THG-Emissionsfaktoren** berechnet worden sind, können THG-Emissionsintensitäten unter der Berücksichtigung von Transportaktivitäten oder Hub-Aktivitäten abgeleitet werden. Die **Transportaktivität** sollte entweder in Tonnenkilometern (tkm) oder in Personenkilometern (Pkm) ausgedrückt werden, sodass THG-Emissionsintensitäten für den Transport mithilfe der Menge der THG-Emissionen pro tkm oder Pkm berechnet werden können. Die THG-Emissionsintensitäten für Standorte werden mithilfe der **Hub-Aktivität** als Durchsatz in Tonnen oder Passagiertransfer beschrieben, sodass die THG-Emissionsintensitäten für Standorte pro Tonne oder Passagier berechnet werden können.

Diese Kennzahlen eignen sich sowohl für interne Zwecke, z. B. zur Festlegung von Emissionsintensitätszielen, als auch für den Informationsaustausch mit Kunden bzw. Verladern für ISO-konforme Transportkettenberechnungen.

Einen genauen Ablauf der Treibhausgasberechnung nach ISO 14083 und weitere Hinweise zu den zentralen Grundlagen geben die nächsten Abschnitte.

1.3 Leitfaden zum Leitfaden – wo findet sich was?

Der Leitfaden dient als Orientierungshilfe für die Anwendung der ISO 14083 und beginnt mit einigen Grundlagen zum vorgeschriebenen Vorgehen:

- Die wichtigsten Grundlagen fasst Abschnitt 2.1 zusammen: Was ist bei den Systemgrenzen zu beachten? Welche Prozesse müssen betrachtet werden, welche nicht? Da Hubs im Vergleich zur EN 16258 nun verpflichtend (normativ) zu betrachten sind: Was sind bei Hubs die Systemgrenzen?

- Was ist grundsätzlich hinsichtlich Datenqualität und Datenkategorien, die für die THG-Emissionsberechnung verwendet werden, zu beachten? Antworten werden in den Abschnitten 2.2 und 4.2.3 gegeben.

- In Abschnitt 2.3 wird die Vorgehensweise der THG-Emissionsberechnung gemäß ISO 14083 vorgestellt.

Die weitere Struktur des Leitfadens orientiert sich an den Schritten einer THG-Emissionsberechnung von Transportketten, die einzeln beschrieben und mit Beispielen erläutert werden.

- Kapitel 3 beschreibt, wie eine definierte Transportkette in Transportkettenelemente untergliedert und die Transport- bzw. Hub-Aktivität der Transportkette oder des TCE berechnet wird. In diesem Kapitel werden auch die Fallbeispiele (Teil 1) vorgestellt und die ersten Schritte einer THG-Emissionsbewertung exemplarisch angewendet.

- In Kapitel 4 wird der Blick auf die Datenerhebung und THG-Emissionsberechnung gerichtet: Es wird beschrieben, wie Transport- bzw. Hub-Vorgangskategorien (TOCs, HOCs) festgelegt werden (siehe Abschnitt 4.1).

- Wie die ermittelten Verbrauchsdaten in THG-Emissionen umgerechnet und darauf aufbauend THG-Emissionsintensitäten berechnet werden, ist in Abschnitt 4.2 erläutert Was sind THG-Emissionsfaktoren und wo findet man die passenden Werte (siehe Abschnitt 4.2.1)? Wie werden Emissionen mittels Allokation normkonform aufgeteilt und wann ist dies überhaupt erforderlich (siehe Abschnitt 4.2.2)? Und, etwas detaillierter als in Kapitel 2: Was genau sind Primärdaten, was Sekundärdaten und wann können Letztere zum Einsatz kommen (siehe Abschnitt 4.2.3)? Ein Exkurs zu Kältemitteltypen und potenziellen Verlusten findet sich in Abschnitt 4.2.4.

- Teil 2 der Fallbeispiele rundet Kapitel 4 ab: Es wird exemplarisch gezeigt, wie für die definierten Transportketten TOCs und HOCs gewählt, Daten zugeordnet und THG-Emissionen und die dazugehörigen Emissionsintensitäten berechnet werden.

- Kapitel 5 erläutert, wie die für die TOCs und HOCs ermittelten Zwischenergebnisse für die THG-Emissionsberechnung der gesamten Transportkette verwendet werden. Teil 3 der Fallbeispiele illustriert die Anwendung der erklärten Konzepte.

- Kapitel 6 stellt die Anforderungen an die Berichterstattung gemäß ISO 14083 dar. Beispiele für Berichte werden in den Fallbeispielen im Teil 4 aufgegriffen.

- Im Anhang werden schließlich relevante THG-Emissionsfaktoren, die bei der THG-Emissionsberechnung genutzt werden, zur Verfügung gestellt bzw. es wird auf Quellen für weitere Faktoren verwiesen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich die verwendeten Abkürzungen in der Regel auf die englischen Begriffe der ISO 14083 beziehen und diese auch von der DIN EN ISO 14083 so verwendet werden. Beispielsweise steht TCE für Transportkettenelement (englisch: transport chain element) oder TOC für Transportvorgangskategorie (englisch: transport operation category). Deswegen enthält das Glossar am Anfang des Leitfadens jeweils die deutschen und englischen Fachbegriffe sowie die Abkürzungen und eine kurze Erklärung bzw. einen Verweis auf das entsprechende Kapitel.

Fallbeispiele in diesem Leitfaden

Der Leitfaden bietet zwei zentrale Fallbeispiele, für die die Berechnung der THG-Emissionen Schritt für Schritt beschrieben werden und die in den Kapiteln jeweils aufgegriffen und fortgesetzt werden. Für ausgewählte Fragestellungen ergänzen weitere Beispiele die Ausführungen, um Details gesondert hervorzuheben.

2 Grundlegendes Vorgehen

Grundlegendes Vorgehen

Ein zentraler Grundsatz jeder Treibhausgasbilanzierung ist neben der Transparenz vor allem die Anwendung einer einheitlichen und möglichst konsistenten Methodik basierend auf korrekten Daten. Dabei sollte im Zweifelsfall immer ein konservativer Ansatz gewählt und, im Falle von mehreren Bilanzierungsmöglichkeiten, immer eine einheitliche Vorgehensweise innerhalb einer Berechnung und Berichterstattung gewählt werden, die klar und transparent dargelegt ist. Wichtig ist auch die korrekte Auswahl des Berichtszeitraums. Hier sind laut ISO 14083 Zeiträume von bis zu einem Jahr zulässig, um mögliche kurzzeitige oder saisonale Schwankungen ausgleichen zu können. In bestimmten Fällen sind auch kürzere Zeiträume anzusetzen, zum Beispiel wenn ein Bus zur Passagierbeförderung in einem touristischen Gebiet nur einen Teil des Jahres eingesetzt wird. Zentral ist auch die Vollständigkeit der Berechnung: Es dürfen keine Treibhausgase oder treibhausgasverursachenden Prozesse weggelassen werden, und falls eine Aufteilung der Gesamtemissionen auf verschiedene Passagier- oder Frachtgruppen erfolgt, muss die Gesamtsumme der einzelnen THG-Emissionen immer gleich der berechneten Gesamtsumme sein.

2.1 Grundlagen der Bilanzierung und Systemgrenzen

Die ISO 14083 schreibt vor, welche Prozesse in einer Berechnung enthalten sein müssen, enthalten sein können und welche nicht eingerechnet werden dürfen. Natürlich ist es optional, weitere nicht enthaltene Prozesse ergänzend quantitativ zu erheben und zu berichten, allerdings geschieht dies dann außerhalb der ISO-14083-konformen Berechnung und muss separat ausgewiesen werden.

2.1.1 Welche Prozesse müssen betrachtet werden?

Enthaltene Prozesse

Eingeschlossen sind alle Transportvorgänge mittels Luft-, Seilbahn-, Binnenschiff-, Rohrleitungs-, Schienen-, Straßen- und Seetransport sowie alle Hub-Vorgänge innerhalb der Transportkette. Dabei sind alle Teile einer Transportkette einzubeziehen, bei denen durch die Nutzung von Energieträgern oder Kältemitteln THG-Emissionen entstehen. Alle THG verursachenden Aktivitäten durch Ladungs- und Leerfahrten (einschließlich Umwegen oder Abweichungen von der geplanten Route) sowie Start-/Stopp- und Leerlaufprozesse und der Betrieb aller benötigten Antriebe bzw. Hilfsaggregate sind zu berücksichtigen.

Damit müssen insbesondere enthalten sein:

- THG-Emissionen aus dem Fahrzeug- oder Hub-Betrieb durch Kraftstoffverbrennung oder -leckagen und Verluste von Kältemitteln
- THG-Emissionen aus der Bereitstellung aller verwendeten Energieträger inkl. Strom über ihren gesamten Lebensweg (inkl. Energieinfrastruktur)

Neben den enthaltenen Prozessen ermöglicht die ISO 14083, optional auch die (Um-) Verpackungsprozesse,

die Lagerung von Fracht, die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie sowie die Emissionen aus schwarzem Kohlenstoff (Black Carbon) einzubeziehen.

Wichtig ist, dass bei der Quantifizierung keine Prozesse oder Emissionen weggelassen werden dürfen, es sei denn, dies ist klar anhand eines Abschneidekriteriums innerhalb der Berichterstattung angegeben. Dazu muss eine Begründung vorgelegt werden, warum ein Abschneidekriterium notwendig und zulässig ist. Beispielsweise kann aufgezeigt werden, dass das Berechnungsergebnis dadurch nicht relevant verändert wird. Ein Abschneidekriterium kann sich auf einen bestimmten Prozentsatz an Transport- oder Hub-Aktivität oder Energieverbrauch der Transportkette oder auf einen bestimmten Prozentsatz der THG-Emissionen beziehen. Dabei macht die ISO 14083 keine Vorgaben für die Höhe eines solchen Prozentsatzes. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass das Abschneidekriterium und dessen Höhe so gewählt ist, dass bei einem Vergleich zwischen zwei ähnlichen Transportketten die Aussage nicht verändert wird.

Ein Beispiel für die Anwendung eines solchen Abschneidekriteriums stellt die Berücksichtigung der Infrastruktur bei den THG-Emissionen der Energiebereitstellung dar. So zeigt es sich, dass bei fossilen Kraftstoffen die Infrastruktur für weniger als ein Prozent der gesamten THG-Emissionen (also der Summe aus THG-Emissionen im Betrieb und THG-Emissionen der Energiebereitstellung) verantwortlich ist (John Beath et al. 2014). Damit kann dieses eine Prozent der THG-Emissionen als Abschneidekriterium verwendet werden, falls die verwendeten Daten für die THG-Emissionsfaktoren der fossilen Kraftstoffe die Infrastruktur nicht berücksichtigen.

Nicht enthaltene Prozesse

Wichtig ist, dass die ISO 14083 der Quantifizierung der realen THG-Emissionen der berichtenden Stelle über einen bestimmten Zeitraum dient. Damit ist es verboten, Ergebnisse von Maßnahmen zum Emissionshandel oder von Offsetting einzurechnen.

Zudem sind folgende Prozesse nach ISO 14083 nicht Teil der Quantifizierung:

- Herstellung, Wartung und Entsorgung von Fahrzeugen sowie Verkehrs- und Hub-Infrastruktur
- Herstellung der Kältemittel
- Prozesse auf der administrativen (übergeordneten) Ebene der Transportdienstleister
- Abfälle
- Unternehmen mit Standort in einem Hub (z. B. Einzelhandel und Gastgewerbe), die nicht zum Betrieb des Hubs benötigt werden

2.1.2 Hub-spezifische Systemgrenzen

Hubs stellen eigene Transportkettenelemente dar. Da diese in der bisherigen EN 16258 nicht enthalten waren, sollen sie nachfolgend nochmals detaillierter vorgestellt werden. Die Grenze für die Bewertung der THG-Emissionen von Hubs beginnt, wenn

- die Sendung vom eingehenden Transportmittel entladen wird bzw.
- der Passagier vom eingehenden Transportmittel aussteigt oder seine Reise am Hub beginnt.

Sie endet, wenn

- die Sendung entweder an den Empfänger übergeben oder auf das ausgehende Transportmittel umgeladen wird bzw.
- der Passagier das nächste Transportmittel besteigt oder seine Reise am Hub beendet.

Die Systemgrenzen der ISO beziehen sich auf Umschlagprozesse (Fracht) bzw. Transferprozesse (Passagiere), die Energie benötigen oder Kältemittel freisetzen. Vergleichbare Lager- und (Um-)Verpackungsprozesse für Fracht sind optional; eine genaue Definition, ab bzw. bis zu welcher Verweildauer der Fracht ein Standort als Umschlag- oder als Lagerstandort gilt, wird in der Norm nicht vorgegeben, da dies stark von der jeweiligen Branche abhängt. Auch kommt es häufig vor, dass an einem Standort ein Teil der Fracht direkt umgeschlagen wird, während ein anderer Teil der Fracht (zwischen)gelagert wird, sodass in diesem Fall ggf. eine Aufteilung der jeweiligen Emissionen erforderlich sein könnte. Wie ein Hub eingegrenzt werden kann und wie damit zusammenhängende HOCs definiert werden können, wird in Abschnitt 4.1.2 erläutert.

Zur detaillierteren Eingrenzung der THG-Emissionsberechnung dient nachfolgende Zusammenstellung der aufzunehmenden und auszuschließenden Vorgänge für Hubs. Dabei werden jeweilige mögliche Verursacher von THG-Emissionen beschrieben und mit Beispielen erläutert. Ob sie normativ in den Systemgrenzen von Hubs liegen („ja“), ausgegrenzt sind („nein“) oder als optionaler Aspekt („optional“) betrachtet werden, ist in der rechten Spalte ausgeführt.

Tabelle 1

In die THG-Emissionsberechnung aufzunehmende (ja), aus ihr auszuschließende (nein) und optionale Hub-Vorgänge

Beschreibung	Beispiele	ja / nein / optional
Fahrzeuge und anderes Equipment für Transport, Bewegen und Handling von Gütern bzw. Passagieren	Flurförderzeuge, Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF), Förderbänder, Shuttle-Systeme, Kräne, Reach Stacker, Rolltreppen, Fahrstühle, Vorfeldbusse, Shuttle-Boote	ja
Fahrzeuge und Equipment für insb. das Rangieren von Fahrzeugen/Schiffen, Anhängern, Containern auf dem Hub-Gelände (siehe Notiz 1)	Umsetzer, Schubboote, Lotsen-/Schleppboote, Rangierloks, Flugzeugschlepper (im sog. Aircraft dispatch towing procedure, Aircraft pushback oder tow tractor)	ja
Beförderung von Mitarbeitenden an Roll-on-roll-off-Terminals, die die selbstfahrenden, umzuschlagenden Fahrzeuge lenken	Shuttle-Fahrzeuge	ja
Antriebsenergie der selbstfahrenden Fahrzeuge, die für das Verladen (d. h. Fahren auf das bzw. von dem Verkehrsmittel*) verbraucht wird	Autos, Sattelzugmaschinen, Lkw	nein
Technische Gebäudeausstattung des Hubs	Beleuchtung, Heizung, Klimaanlage	ja
Abfertigung von Gepäck, das Passagiere mitführen, ist Teil eines Personentransfers	Check-in Schalter, Gepäckbänder, Cargo Schlepper	ja
Abfertigung von vorausgesendetem Gepäck ist Teil eines Frachtumschlags (siehe Notiz 2)		ja
Informations- und-Kommunikationstechnologie-(IKT-)Dienstleistungen durch Hub-Infrastruktur	Serverräume, Rechenzentren Cloud Services	ja
IKT-Dienstleistungen, die von externen Serveranbietern eingekauft werden		optional
Pendeln zum/vom Hub der am Hub Beschäftigten	Pendelverkehre	nein
Beförderung von Crew-Mitgliedern der Fahrzeuge/Schiffe des eingehenden oder ausgehenden Transports	Fahrer*innen, Lok-Führer*innen, Zugbegleiter*innen	nein
Einkaufszentren, gastronomische Einrichtungen, Hotels, die sich am Hub befinden	Einkaufszentren, Restaurants	nein
Equipment zur Lagerung von Gütern	Regalbediengerät, Hochregallager, Kleinteilelager	nein

* z. B. Autozug, Fähre, Schiff

Notiz 1: Dies bezieht sich auf Prozesse inner- und außerhalb von Gebäuden. Sollte ein Fahrzeug oder Equipment zwischen zwei Terminals eingesetzt werden, wie es beispielsweise an einem Seehafen denkbar ist, so ist der Energieverbrauch einem der Terminals oder beiden anteilig zuzuordnen. Die Zuordnungsregel muss jedoch konsistent angewendet werden.

Notiz 2: Während Gepäck, das Passagiere mitführen, eindeutig dem Personentransport zugeordnet werden kann, ist jenes Gepäck, das mittels eines Logistikdienstleisters unabhängig von der tatsächlichen Reise (und dem Reiseverlauf) einer Person erfolgt, Gepäckversand und damit Gütertransport.

Zusätzlich zu den zuvor genannten THG verursachenden Vorgängen sind weitere Vorgänge, die geographisch gesehen in Hubs geschehen, in der THG-Emissionsberechnung gemäß ISO 14083 zu berücksichtigen (siehe Tabelle 2). Die ISO empfiehlt aber, diese THG-Emissionen nicht den Hubs zuzuordnen, sondern sie im Rahmen der Transportkettenelemente für Transporte zu berücksichtigen.

Die ISO empfiehlt, die mit diesen Verbräuchen zusammenhängenden THG-Emissionen den vor- oder nachgelagerten Transport-TCEs zuzuordnen. Sollte die berichtende Organisation sie dem Hub zuordnen, so muss dies jedoch konsistent angewendet werden.

Tabelle 2

THG-Emissionen durch an Hubs stattfindende Vorgänge, die den Transporten zugeordnet werden sollten

Beschreibung	Beispiele
Energiebedarf von Fahrzeugen/Schiffen, die sich vorübergehend im Hub aufhalten	Hilfs-/Hauptmotoren, Bodenstromaggregat, Landstrom
Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge des eingehenden oder ausgehenden Transports auf dem Hub-Gelände, inkl. Tanken von Kraftstoffen oder Aufladen von elektrisch angetriebenen Transportmitteln am Hub und Nachfüllen der Kältemittel der Fahrzeuge, Aufbauten, Kühlcontainer	Fahrzeuge, Schiffe, Flugzeuge, Züge

Es werden hierzu in Zukunft eindeutigere Vorgaben zu erarbeiten sein, um Lücken in der Transportkettenerfassung zu vermeiden bzw. weitere Konsistenz in der Emissionsberechnung entlang der Transportkette zu schaffen. Hierzu könnten in Zukunft sowohl das GHG Protocol als auch Incoterms[1] die Basis für Zuordnungsregeln bilden.

2.2 Datenqualität und Datenkategorien

Wichtige Grundlage einer jeden THG-Emissionsberechnung ist die Auswahl bzw. Erhebung von passenden und qualitativ hochwertigen Daten. Unabhängig davon, für welchen Schritt der Berechnung eine Quantifizierung erfolgen soll, ist es wichtig, dass jeweils Daten verwendet werden, die repräsentativ für die betrachteten Transportketten(-elemente) sind und sowohl geographisch als auch zeitlich und technologisch möglichst gut passen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Nach ISO 14083 gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Datentypen, die in den Berechnungen eingesetzt werden: **Primärdaten**, die sich direkt aus einer Messung ergeben (oder anhand von Messwerten berechnet sind), und **Sekundärdaten**. Bei den sekundären Daten wird wiederum unterschieden zwischen modellierten Daten und Vorgabewerten (Default-Daten). Grundsätzlich schreibt die ISO 14083 die Verwendung von spezifischen, für die Transportkette ermittelten Primärdaten vor. Nur wenn solche Primärdaten nicht verfügbar sind, dürfen, unter Vorlage einer Begründung, auch Sekundärdaten verwendet werden. Dabei ist modellierten Daten der Vorzug gegenüber der Nutzung von Vorgabewerten zu geben.

Im Bericht muss ausgewiesen werden, welche Datentypen wofür und warum genutzt worden sind. Da viele Transportdienstleistungsanbieter keine (vollständige) operative oder finanzielle Kontrolle über die gesamte Transportkette haben, ist die Nutzung von reinen Primärdaten in der Realität oft nur eingeschränkt möglich, und viele Berechnungen werden auf einer Mischung von verschiedenen Datentypen basieren.

Grundsätzlich macht allein die Angabe, inwiefern Primärdaten oder Sekundärdaten verwendet worden sind, noch keine Einschätzung der Datenqualität möglich. Obwohl weitere Angaben zur Datenqualität

1 Internationale Handelsklauseln

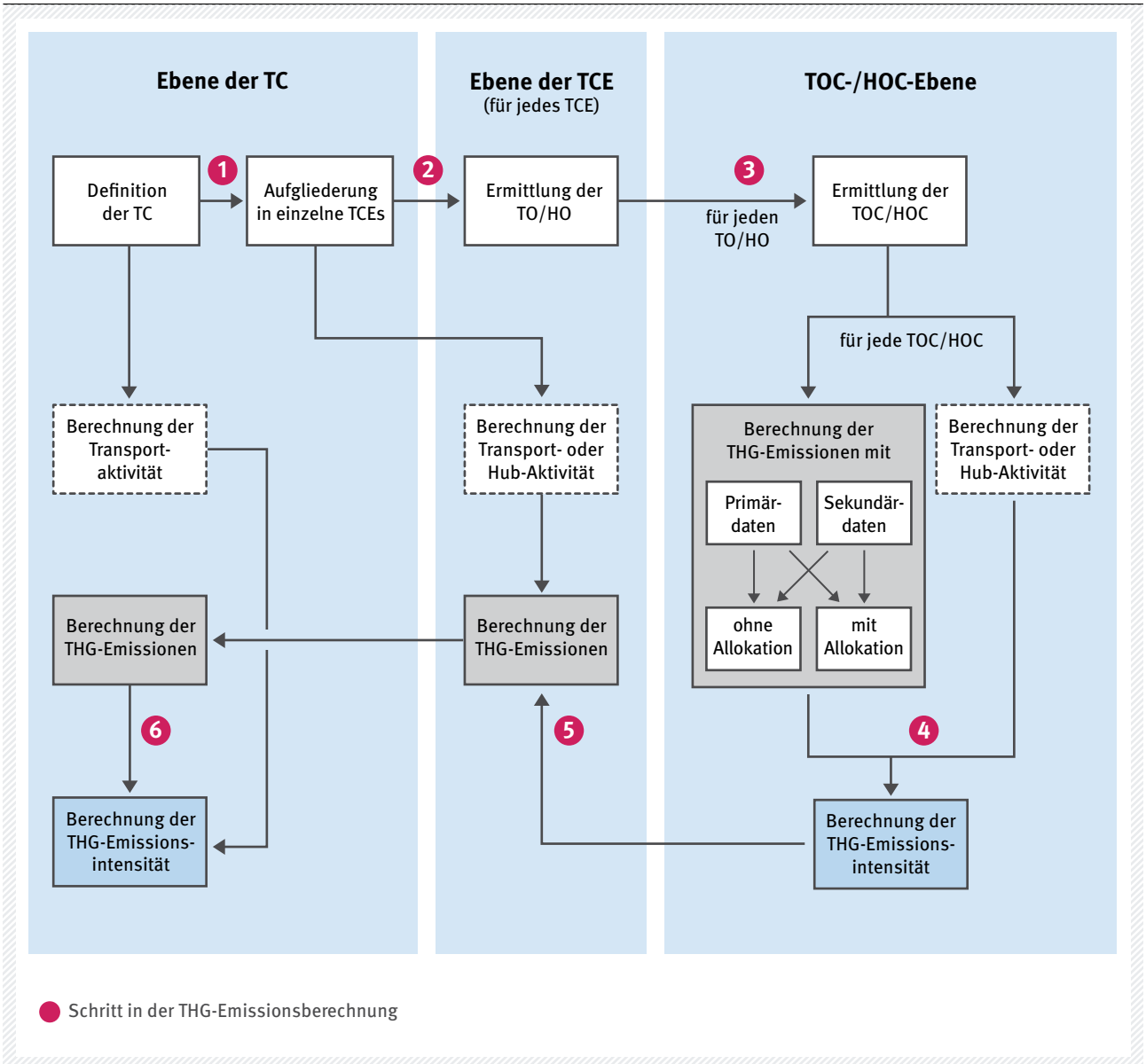
wünschenswert wären, macht die ISO 14083 dazu keine Vorgaben. Ein mögliches Qualitätskriterium könnte die Granularität der verwendeten TOC oder HOC sein: Je spezifischer z. B. die Transporte nach Einsatzzweck/Route und verwendeten Fahrzeugen (z. B. gleiche Fahrzeuge/Fahrzeugtypen, Zusammenfassung einer Gruppe ähnlicher Fahrzeugtypen in bestimmten Regionen und Routen) zusammengefasst werden, desto spezifischer ist die Bewertung und damit wahrscheinlich höher ist die Datenqualität. Nach Einschätzung der Autorinnen und Autoren können sekundäre Daten, die aus einer spezifischen Modellierung (welche wiederum hochwertige Primärdaten als Inputdaten nutzt) stammen, vergleichbare Qualitäten für die THG-Emissionsberechnung hervorbringen wie primäre Daten (d. h. Messdaten) – vorausgesetzt, dass alle die THG verursachenden Aktivitäten betreffenden Parameter ausreichend berücksichtigt werden.

2.3 Einführung in die schrittweise THG-Emissionsberechnung

Jede Treibhausgasberechnung nach ISO 14083 muss in sechs Schritten erfolgen, dabei unterscheiden sich die konkreten Vorgehensweisen in den einzelnen Schritten je nach betrachtetem Fall. Das grundsätzliche Ablaufschema ist dabei wie folgt:

Abbildung 3

Schritte zur THG-Emissionsberechnung für eine Transportkette



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML, basierend auf DIN EN ISO 14083

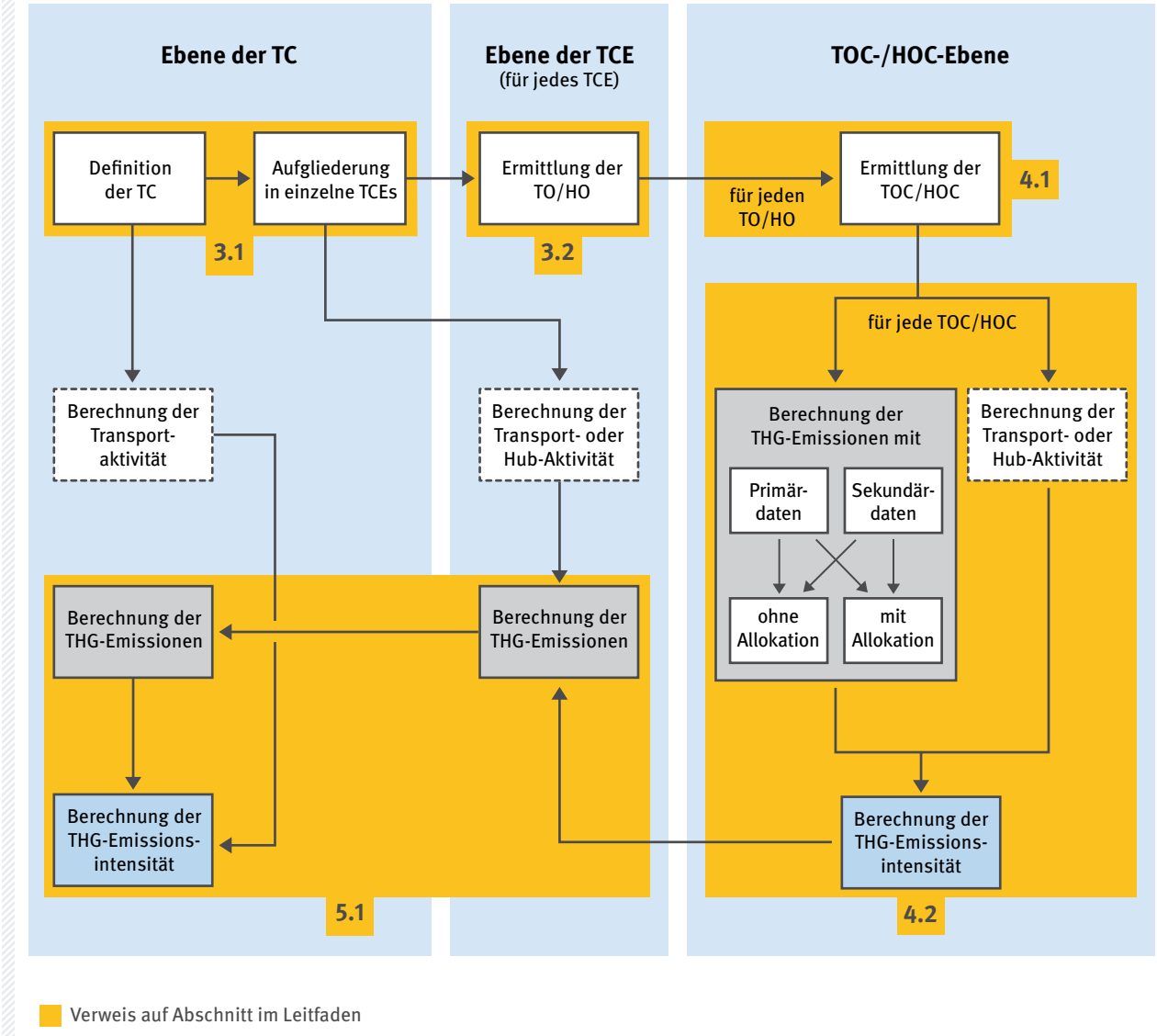
- Schritt 1: Definition der Transportkette und Unterteilung in einzelne Transportkettenelemente
- Schritt 2: Bestimmung der zugehörigen Transport-/Hub-Vorgänge
- Schritt 3: Bündelung der Transport-/Hub-Vorgänge zu Transport-/Hub-Vorgangskategorien
- Schritt 4: Berechnung der THG-Emissionsintensitäten auf TOC-/HOC-Ebene anhand der Transport-/Hub-Aktivität und der THG-Emissionen der TOCs/HOCs
- Schritt 5: Berechnung der THG-Emissionen der TCEs anhand der Transport-/Hub-Aktivität der TCEs und der THG-Emissionsintensität der zugehörigen TOCs/HOCs
- Schritt 6: Berechnung der THG-Emissionsintensität einer Transportkette aus der Summe der THG-Emissionen der einzelnen TCEs und der Transportaktivität auf Transportkettenebene

Die Visualisierung dieses Ablaufschemas zeigt Abbildung 3.

In den nachfolgenden Kapiteln wird jeweils auf die einzelnen Berechnungsschritte näher eingegangen, dabei werden die Schritte 1 und 2 in Kapitel 3, die Schritte 3 und 4 in Kapitel 4 und die Schritte 5 und 6 in Kapitel 5 näher beschrieben und anhand zweier Fallbeispiele anschaulich erklärt.

Abbildung 4

Welche Schritte werden in welchen Abschnitten erläutert?



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML, basierend auf DIN EN ISO 14083

3 Transportketten-elemente und Aktivitätsdaten

3.1 Unterteilung der Transportkette in Transportkettenelemente

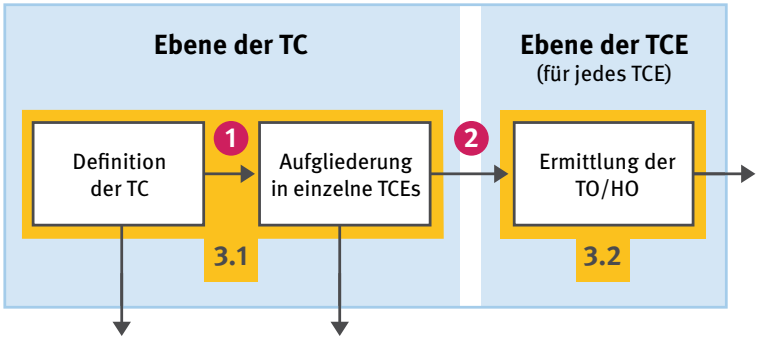
Zu Beginn der THG-Emissionsberechnung wird die relevante Transportkette definiert, wobei die in Abschnitt 2.1 aufgeführten Anforderungen zu Systemgrenzen zu beachten sind. Eine Transportkette beschreibt die Beförderung von Fracht oder Personen von einem Ausgangs- zu einem Bestimmungsort. Sie lässt sich in eine Abfolge einzelner Transportkettenelemente (TCEs) unterteilen, die jeweils einen Abschnitt der Transportkette beschreiben (z. B. einen Gütertransport mit einem bestimmten Fahrzeugtyp auf einem Teilstreckenabschnitt der gesamten Transportkette). Die ISO 14083 lässt dabei offen, ob die Transportkette mit einem Hub-TCE beginnt (z. B. einem Fertigwarenausgangslager) und/oder endet. Dies liegt im Ermessen der berichtenden Organisation.

3.2 Berechnung der Transport- und Hub-Aktivität der Transportkettenelemente

Zu jedem Transportkettenelement gehört jeweils eine zugehörige Transport- oder Hub-Aktivität. Diese beschreibt und quantifiziert den zugehörigen Transport- oder Hub-Vorgang für eine bestimmte Anzahl Passagiere oder Menge Fracht.

3.2.1 Transportaktivität und Transportaktivitätsdistanz

Zunächst wird für die einzelnen Transportkettenelemente die zugehörige **Transportaktivität** bestimmt.



Diese bezieht sich auf eine gewisse Anzahl beförderter Passagiere/Menge Fracht über eine bestimmte Distanz.

Bei Personentransporten wird die Transportaktivität in Personenkilometern (Pkm) angegeben und wie folgt berechnet:

Passagiere x Transportaktivitätsdistanz

Bei Gütertransporten bestimmt sich die Transportaktivität aus der Menge der transportierten Fracht (als tatsächliche Frachtmasse inklusive ursprünglicher Verpackung, aber ohne zusätzliche durch den Spediteur eingesetzte Transportverpackung wie z. B. Paletten[2] oder Container) und der Distanz. Sie wird üblicherweise in Tonnenkilometern (tkm) angegeben und wie folgt berechnet:

Frachtmasse x Transportaktivitätsdistanz

2 Falls verschiedene Ladungsstücke auf einer Palette durch den Verlader konsolidiert und verpackt werden (zum Beispiel durch Schrumpffolie), dann gilt dies als ein Packstück und damit die Palette als Ladungsbestandteil.

Dabei kann in bestimmten Fällen die Frachtmasse auch die Masse der leeren Container oder Paletten sein, wenn der Zweck des Transportes deren Beförderung ist. Zudem können in begründeten Fällen auch andere Einheiten wie z. B. TEU oder Anzahl von Sendungen (bei Post- und Paketvorgängen) zum Einsatz kommen.

Zur Bestimmung der Transportaktivität wird jeweils die zugehörige **Transportaktivitätsdistanz** benötigt, also die von der Fracht bzw. den Passagieren zurückgelegte Distanz.

Dabei sind nach ISO 14083 grundsätzlich zwei Distanzarten zulässig: die **Luftlinie** (in der ISO Orthodrome genannt, englisch great circle distance, GCD) und die **kürzeste realisierbare Distanz** (englisch shortest feasible distance, SFD).

Die Luftlinie (GCD) ist dabei die kürzeste Distanz zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche entlang der Erdkugel. Die kürzeste realisierbare Distanz (SFD) ist die kürzeste geeignete Strecke unter Berücksichtigung der Infrastrukturoptionen für einen bestimmten Fahrzeugtyp. Dabei können kleinere Umwege zum Beispiel zur Vermeidung von Staus in Stadtzentren oder zur Vermeidung bestimmter Straßentypen bei besonders großen Fahrzeugen bereits eingeschlossen werden.

Um eine Vergleichbarkeit der Werte zwischen verschiedenen Anbietern von Transportdienstleistungen zu ermöglichen, ist die Verwendung einer einheitlichen Distanz wichtig. Grundsätzlich müssen alle Transporte entweder mit der GCD oder mit der SFD berechnet werden. Flugzeugtransporte sollten immer mit der Luftlinie gerechnet werden. Bei Straße, Schiene, Seilbahnen, Rohrleitungen und Wasser sollte entweder mit der kürzesten realisierbaren Distanz oder mit der Luftlinie gerechnet werden, wobei die verwendete Distanzart klar anzugeben ist und Mischungen nicht erlaubt sind. In der Praxis relevanter ist bei allen Transporten außer Flugtransporten vermutlich die Nutzung der SFD, da diese deutlich näher an der realen Distanz liegt.

Um korrekte und möglichst realitätsnahe Berechnungsergebnisse zu erhalten, müssen die Distanz, die der THG-Emissionsintensität zugrunde liegt, und die Distanz, die der Berechnung der Transportaktivitätsdistanz zugrunde liegt, immer gleich sein.

Liegt nur die tatsächlich gefahrene Distanz vor, wird zur Ermittlung der Transportaktivitätsdistanz ein Distanzanpassungsfaktor benötigt. Dieser beschreibt das Verhältnis zwischen tatsächlicher Distanz und Transportdistanz. Bei einem Distanzanpassungsfaktor von 1,05 bedeutet dies, dass die tatsächliche Distanz 5 Prozent länger als die kürzeste realisierbare Distanz ist[3].

In den Anhängen der ISO 14083 werden für jedes Verkehrsmittel die Distanzart und mögliche Distanzanpassungsfaktoren aufgeführt. Dabei kann beim Schienenverkehr, bei Binnenschiffen, bei Rohrleitungstransporten und bei Seilbahnen davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Distanz der kürzesten realisierbaren Distanz entspricht, da hier aufgrund des vorgegebenen Transportwegenetzes (z. B. von Schieneninfrastruktur oder Wasserstraßennetz) kaum Abweichungen möglich sind. Gängige Distanzanpassungsfaktoren für Luft-, Straßen- oder Seetransporte zeigt Tabelle 3.

Auch im Fall von Sammel- und Ausliefertouren muss entweder die GCD oder die SFD als Distanz zwischen dem jeweiligen Be- und Entladepunkt verwendet werden. In diesem Fall ist die Distanz nicht an eine reale Route angelehnt, sondern stellt lediglich eine fiktive Distanz zwischen Be- und Entladepunkt dar, mittels derer die Gesamtemissionen der Tour auf die einzelnen Sendungen anhand der damit errechneten Tonnenkilometer umgelegt werden.

Das Beispiel 5 in Abschnitt 4.2.2 illustriert die THG-Emissionsberechnung einer Sammel- und Ausliefertour. Die Nutzung eines Distanzanpassungsfaktors bei einem Straßentransport wird in Fallbeispiel A gezeigt.

3.2.2 Hub-Aktivität

Zur Berechnung der THG-Emissionsintensität von Hubs wird die Hub-Aktivität benötigt. Diese ist die Menge an Fracht oder die Anzahl an Passagieren, die einen Hub verlässt. Für den Güterumschlag ist die maßgebende Einheit „Tonne“, wobei in begründeten

3 Dies ist in zweierlei Hinsicht wichtig für eine vergleichbare THG-Emissionsberechnung: Bei der Berechnung der THG-Emissionen basierend auf realen Distanzen darf die zurückgelegte Distanz nicht unterschätzt werden (denn in den THG-Emissionen müssen auch Umwege etc. enthalten sein). Bei der Ermittlung der THG-Emissionsintensität wiederum darf die Transportaktivitätsdistanz nicht überschätzt werden, um einen fairen Vergleich zu ermöglichen.

Tabelle 3

Distanzen und Distanzanpassungsfaktoren

Verkehrsträger	Beispiele	Distanzanpassungsfaktor	Tatsächliche Distanz
Lufttransport	GCD		GCD + 95 km
Straßentransport	SFD	1,05	SFD + 5 %
Seetransport	SFD	1,15	SFD + 15 %

Quelle: ISO 14083

Fällen, wie auch bei der Transportaktivität, alternative Einheiten wie z. B. TEU oder Anzahl von Sendungen (bei Post- und Paketvorgängen) zum Einsatz kommen dürfen.

3.3 Fallbeispiele Teil 1

Im Leitfaden soll der schrittweise Berechnungsablauf anhand von zwei (stark vereinfachten) fiktiven Fallbeispielen illustriert werden. Nachfolgend werden beide Fallbeispiele kurz vorgestellt und die ersten beiden Schritte durchlaufen.

Die Berechnungen in den Fallbeispielen stellen fiktive Fälle dar, deren Quantifizierung auf der Basis möglichst realistischer Randbedingungen aufbaut. Dennoch sind die damit berechneten THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten lediglich exemplarisch zu sehen und dienen der Veranschaulichung der Rechenabläufe. Das Vorgehen erhebt zudem nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Um typische Besonderheiten und Fragestellungen bei der THG-Emissionsberechnung von Transportketten parallel zu den schlankgehaltenen Fallbeispielen anzusprechen, werden die Fallbeispiele um Einzelbeispiele ergänzt, die wiederum nicht immer den von der ISO geforderten Detaillierungsgrad (z. B. Differenzierung von THG-Emissionen durch Betrieb und Energiebereitstellung) abbilden.

Fallbeispiel A: Transportdienstleistung im Güterverkehr

Ein Unternehmen möchte für eine bestimmte Transportdienstleitung im Güterverkehr die THG-Emissionen ermitteln und berichten.

Bei der Transportdienstleistung handelt es sich um den Transport eines containerisierten Durchschnittsgutes bei Umgebungstemperatur, das von einem Punkt A zu einem Punkt B in Deutschland transportiert werden soll. Als Transportmittel kommt dabei im Vor- und Nachlauf jeweils ein moderner Sattelzug mit Dieselantrieb im Kombinierten Verkehr[4] (KV) zum Einsatz. Die Hauptstrecke wird per Schiene mit einem elektrisch betriebenen Güter-Ganzzug mit Containern (TEU) zurückgelegt.

Das Unternehmen hat dabei weder die finanzielle noch die operative Kontrolle über die durchgeführten Transporte und daher auch keine Primärdaten für die THG verursachenden Aktivitäten vorliegen. Es kennt jedoch die Strecke und die Frachtmasse (inklusive ursprünglich mitgelieferter Verpackung), die bei 10 t liegt, und erfragt bei den durchführenden Unternehmen weitere Daten zur Charakterisierung der Transportvorgänge. Da die Transportdienstleistung die Nutzung verschiedener Verkehrsmittel umfasst, müssen auch jeweils die Hub-Vorgänge an einem KV-Terminal, d. h. Umladen des Containers auf den Zug und umgekehrt, berücksichtigt werden.

4 Beim Kombinierten Verkehr werden Güter mittels verschiedener Verkehrsmittel befördert, ohne dass dabei der Ladungsträger (in diesem Fall ein Container) gewechselt wird. Obwohl Sattelzüge normalerweise maximal 40 t wiegen dürfen, sind im Kombinierten Verkehr Gesamtgewichte von bis zu 44 t zulässig.

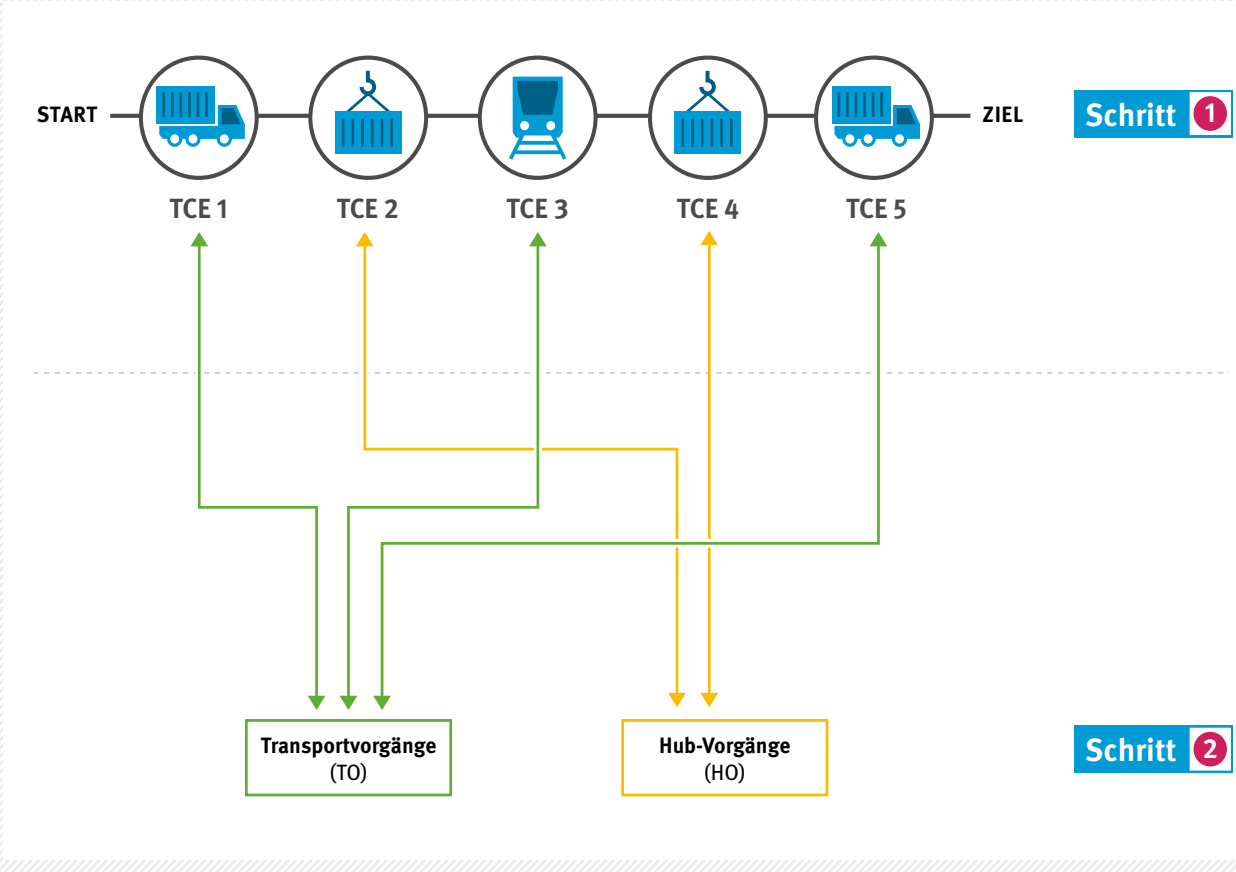
Schritt 1: Unterteilung der Transportkette in einzelne Transportkettenelemente (TCEs)
Im ersten Schritt wird die Transportkette, nachdem sie definiert wurde, in die einzelnen Transportkettenelemente unterteilt. Diese sind:

- TCE 1: Straßentransport
- TCE 2: Umschlag an KV-Terminal A
- TCE 3: Transport mit Zug
- TCE 4: Umschlag an KV-Terminal B
- TCE 5: Straßentransport

Zur Visualisierung der Transportkette und ihrer Transportkettenelemente dient Abbildung 5.

Abbildung 5

Darstellung der Schritte 1 und 2: Transportkettenelemente



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML

Schritt 2: Ermittlung des TO/HO für jedes TCE

Im zweiten Schritt wird nun für jedes Transportkettenelement der relevante Transport- bzw. Hub-Vorgang ermittelt und die zugehörige Transport- oder Hub-Aktivität berechnet.

Die beiden Straßentransporte in TCE 1 und TCE 5 werden jeweils mit einem Diesel-Sattelzug im Kombinierten Verkehr durchgeführt. Für diese werden die jeweiligen Transportaktivitätsdistanzen benötigt. Für den Vorlauf (TCE 1) ermittelt das Unternehmen eine kürzeste realisierbare Distanz (SFD) unter Berücksichtigung des Verkehrswegenetzes von 50 km und für den Nachlauf (TCE 5) eine SFD von 100 km. Da die Fahrzeugverbräuche für tatsächlich zurückgelegte Strecken ermittelt wurden, wird für die Berechnung der THG-Emissionen der Sattelzüge im Schritt 3 ein Distanzanpassungsfaktor verwendet. Das Unternehmen nutzt dafür den in der ISO empfohlenen Aufschlag von 5 % auf die SFD.

Der Schienengütertransport erfolgt mit einem elektrisch betriebenen Güterzug. Eine Anfrage beim Eisenbahnunternehmen ergibt, dass der Güterzug zwischen dem Auf- und Abladen des betrachteten Containers eine Strecke von 500 km zurücklegt. Da bei einem Zug die tatsächliche Distanz üblicherweise nicht von der kürzesten realisierbaren Distanz abweicht, muss hier kein Distanzanpassungsfaktor verwendet werden. Als Masse zählt hier nur die Frachtmasse von 10 t im Container, da das Containereigengewicht von 2,25 t zwar den Energieverbrauch des Transportes beeinflusst, aber nicht zur Frachtmasse gezählt wird.

Damit ergeben sich folgende Transport-/Hub-Aktivitäten:

- Transportaktivität für TCE 1: 50 km x 10 t = 500 tkm (SFD) bzw. 525 tkm (tatsächliche Distanz)
- Hub-Aktivität für TCE 2: 10 t
- Transportaktivität für TCE 3: 500 km x 10 t = 5.000 tkm (SFD)
- Hub-Aktivität für TCE 4: 10 t
- Transportaktivität für TCE 5: 100 km x 10 t = 1.000 tkm (SFD) bzw. 1.050 tkm (tatsächliche Distanz)

Fallbeispiel B: Personentransporte einer Organisation

Im zweiten Fallbeispiel wird eine Berechnung nach ISO 14083 für eine Organisation durchgeführt, die für die von ihr durchgeführten Personentransporte die THG-Emissionen in einem bestimmten Kalenderjahr bestimmen möchte.

In diesem Fall handelt es sich um ein Omnibusunternehmen, das im Nahlinienverkehr tätig ist und eine eigene Fahrzeugflotte unterhält. Diese Flotte besteht aus insgesamt 21 Bussen, davon sind 2 Fahrzeuge Gelenkbusse mit Elektroantrieb, 14 Fahrzeuge Gelenkbusse mit Dieselantrieb und 5 Standardbusse mit Dieselantrieb. Die Dieselbusse sind unterschiedlich alt und haben daher teilweise unterschiedliche Emissionsklassen. Die Elektrobusse werden ausschließlich auf dem Betriebshof des Unternehmens geladen. Als Datengrundlage liegen dem Unternehmen die jährlichen Fahrleistungen der Busse vor, zudem hat es Primärdaten für die Kraftstoff- bzw. Stromverbräuche ausgewertet. Auch die Auslastung der Busse beruht auf Primärdaten, allerdings nutzt das Unternehmen Daten aus punktuell erfolgten Fahrgastzählungen, die für ausgewählte Linien und Zeiten erhoben wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Daten möglichst verschiedene Wochentage bzw. Uhrzeiten abdecken, sodass eine möglichst verlässliche durchschnittliche Auslastung der Busse vorliegt. Das Unternehmen möchte nun einen Jahresbericht über die von ihm durchgeführten Personentransporte erstellen.

Schritt 1: Unterteilung der Transportkette(n) in einzelne Transportkettenelemente (TCEs)
In diesem Fallbeispiel wird die Summe aller vom Omnibusunternehmen durchgeführten Transportketten, d. h. die Nutzung aller Busse zum Passagiertransport angesetzt. Dabei wird für jeden einzelnen Bus des Unternehmens ein eigenes Transportkettenelement definiert, das dessen innerhalb eines Jahres geleistete Transportleistung umfasst.

Zur Übersichtlichkeit werden hier gleichartige TCEs zusammengefasst:

- TCEs 1 bis 12: Bus Nr. 1 bis Nr. 12 (Gelenkbusse, Diesel, angeschafft zwischen 2015 und 2018)
- TCEs 13 und 14: Bus Nr. 13 und Nr. 14 (Gelenkbusse, Diesel, angeschafft 2022)
- TCEs 15 und 16: Bus Nr. 15 und Nr. 16 (Gelenkbusse, Elektro)
- TCEs 17 bis 20: Bus Nr. 17 bis Nr. 20 (Standardbus, Diesel, angeschafft 2017)
- TCEs 21: Bus Nr. 21 (Standardbus, Diesel, angeschafft 2013)

Schritt 2: Ermittlung des TO/HO für jedes TCE
Nun werden für jedes TCE der dazugehörige TO und die Transportaktivität (in Personenkilometern) ermittelt. Dabei kann die Organisation auf Primärdaten für die einzelnen Busse zurückgreifen.

Zur Ermittlung der TO werden für die in verschiedenen Jahren angeschafften Busse jeweils deren Eigenschaften ermittelt. Insbesondere zeigt sich dabei, dass die Dieselbusse teilweise unterschiedliche Emissionsklassen haben.

Auch hier sind gleichartige TO gemeinsam aufgelistet:

- TO der TCEs 1 bis 12: Gelenkbusse, Diesel, Euro 6a-c
- TO der TCEs 13 und 14: Gelenkbusse, Diesel, Euro 6d
- TO der TCEs 15 und 16: Gelenkbusse, Elektro
- TO der TCEs 17 bis 20: Standardbus, Diesel, Euro 6a-c
- TCE 21: Standardbus, Diesel, Euro 5

Da die Primärdaten für die zurückgelegten Strecken nicht auf auf den realen Kilometerzahlen der Busse, sondern auf den jeweils geplanten Strecken basieren, entspricht die Distanz jeweils der kürzesten realisierbaren Distanz. Dabei achtet die Organisation darauf, dass sie nicht die geplanten, sondern die real durchgeführten Fahrpläne verwendet. Somit sind Umwege oder andere Fahrten, die nicht mit der realisierten Transportdienstleistung zusammenhängen, zwar im Kraftstoffverbrauch enthalten, aber sie zählen nicht zur Transportaktivität. Zur Berechnung der Transportaktivität werden zusätzlich die Kapazitäten der Busse (Plätze) und die mittlere Auslastung von 18 Prozent benötigt. Zur Vereinfachung wird hier auf eine Auflistung aller einzelnen Transportaktivitäten verzichtet und lediglich beispielhaft für ein einzelnes TCE die Berechnung kurz skizziert.

- Transportaktivität von TCE 1: 55.0000 km/a x 90 Plätze x 0,18 = 819.000 Pkm/a

Analog können auch die Transportaktivitäten der anderen TCEs berechnet werden.

4 Einstieg in die Berechnung und Datenerhebung

4.1 Festlegen der Transport- und Hub-Vorgangskategorien

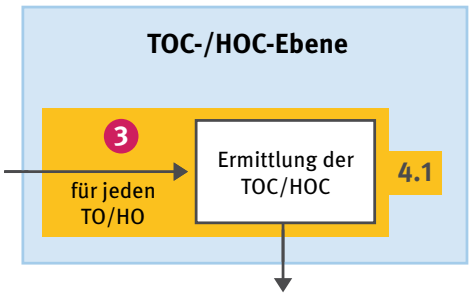
Um Berechnungen und Datenerhebungen zu vereinfachen, ist es sinnvoll, vergleichbare Transport- oder Hub-Vorgänge zu sogenannten **Transport-/Hub-Vorgangskategorien** (TOCs/HOCs) zusammenzufassen. Dabei werden Vorgänge mit ähnlichen Merkmalen (z. B. bezüglich Fahrzeugtyp, Fahrzeuganzahl, Route, Frachttyp) über einen festgelegten Zeitraum (von bis zu einem Jahr) zusammengefasst.

Jedes Transportkettenelement mit seiner zugehörigen Transport- oder Hub-Aktivität wird dann einer Transport- bzw. Hub-Vorgangskategorie zugeordnet, um die Datenerhebung und Quantifizierung zu erleichtern.

Dabei erfolgt die Bestimmung der Transport-/Hub-Aktivität einer TOC oder HOC analog derjenigen bei einem einzelnen Transportkettenelement.

4.1.1 Transportvorgangskategorie

Jeder einzelne Transportvorgang (und damit auch die einzelnen Transportkettenelemente) muss immer im Kontext des gesamten Systems betrachtet werden. Transportvorgangskategorien (TOCs) dienen also dazu, Transportvorgänge mit ähnlichen Eigenschaften über einen bestimmten Zeitraum (von bis zu einem Kalenderjahr) zusammenzufassen.



Die TOCs werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Anzahl und Art der Fahrzeuge sowie spezielle Fahrzeugmerkmale
- Art der Fracht und notwendige Bedingungen beim Transport (z. B. Kühlung)
- Zeitraum

Die einzelnen TOCs können dabei eine unterschiedliche Granularität aufweisen. So kann eine TOC gelten für

- ein bestimmtes Fahrzeuge auf einer bestimmten Route,
- ein bestimmtes Fahrzeug auf unterschiedlichen Routen,
- einen bestimmten Fahrzeugtyp auf einer bestimmten Route,
- einen bestimmten Fahrzeugtyp auf unterschiedlichen Routen,
- eine Gruppe von Fahrzeugen auf einer bestimmten Route,
- eine Gruppe von Fahrzeugen auf unterschiedlichen Routen.

Dabei ist es durchaus möglich, dass auch Fahrzeuge mit verschiedenen Antriebsarten oder Kraftstoffen in derselben TOC zusammengefasst werden.

Ein einzelner Transportvorgang darf allerdings nicht in mehrere TOCs unterteilt werden, selbst wenn damit zwei verschiedene Transportkettenelemente (z. B. ein Güter- und ein Personentransport) verbunden sind.

Transportvorgangskategorien werden in verschiedene grundlegende Typen unterteilt, bei denen sich die Berechnungsweise jeweils unterscheidet. Allgemein wird unterteilt in

- reine Passagier-TOCs (allgemein oder in verschiedene Passagierklassen untergliedert),
- reine Fracht-TOCs (allgemein oder nach verschiedenen Temperaturniveaus unterschieden),
- gemischte Fracht- und Passagier-TOCs sowie
- weitere TOCs.

Je nach Art einer TOC kann eine Allokation (siehe Abschnitt 4.2.2) notwendig werden.

Wichtig ist, dass eine TOC immer den gesamten Fahrzeugumlauf (also Fahrten mit verschiedenen Beladungsgraden inklusive Leerfahrten sowie Hin- und Rückfahrten) einschließen sollte, damit die THG-Emissionen bei asymmetrischen Transportvorgängen ausgeglichen werden.

Zur Erleichterung der Einteilung in sinnvolle TOCs gibt die ISO 14083 in den verkehrsträgerspezifischen Anhängen jeweils eine Übersicht über die möglichen Merkmale, anhand derer die Einteilung vorgenommen werden kann. Neben diesen allgemeineren Vorgaben können auch zusätzliche spezifische Faktoren einbezogen werden wie z. B. die Topographie, die Art des Verkehrsweges, die Fahrzeuggröße, weitere Angaben zum Fahrzeug oder den Emissionsklassen. Weitere Informationen zu den verschiedenen Verkehrsträgern und ihren TOC-Merkmalen finden sich im Anhang A.2.

4.1.2 Hub-Vorgangskategorie

Hubs können einerseits **komplette Standorte** umfassen, wie beispielsweise Distributionszentren, Terminals des Kombinierten Verkehrs oder eine U-Bahn-Station. Andererseits können sie selbstständige Einrichtungen innerhalb **einer größeren Infrastruktur des Personen- oder Gütertransports** sein, wie es beispielsweise bei Flughäfen, See-/Fährhäfen oder größeren Bahnhöfen der Fall ist. Hier sind häufig mehrere Hubs (z. B. Terminals für Flüssiggüter und containerisierte Fracht) an einem Standort angesiedelt, die von verschiedenen Unternehmen betrieben werden, und der relevante Hub (oder die unterschiedlichen Hubs) sollte als eigenständige Einheit zu anderen Dienstleistungen und Einrichtungen abgegrenzt werden.[5] So können beispielsweise an einem Seehafen einzelne Terminals jeweils separate Hubs (z. B. Containerhafen, Roll-on-roll-off-Terminal, Flüssiggutterminal) sein, ebenso wie ein Flughafen sowohl Hubs zum Personentransfer (verschiedene Personenterminals, Regional- oder Fernbahnhof) als auch verschiedene Frachtterminals einzelner Logistikdienstleister zum Güterumschlag umfassen kann.

Grundsätzlich gilt, dass eine HOC jeden Hub-Vorgang vollständig einschließen muss. Wenn also eine THG verursachende Aktivität mehreren Prozessen dient (z. B. Flurförderzeuge bewegen unterschiedliche Frachtgruppen), müssen diese Prozesse und deren Verbräuche in einer HOC zusammengefasst werden. Wenn die Aktivitäten jeweils als Ganzes unterschiedlichen Prozessen dienen, können sie als separate HOCs eines Hubs definiert werden.

Sollte ein Hub mehrere unterschiedliche Hub-Vorgänge umfassen (z. B. Beleuchtung Kühllager, Beleuchtung Trockenlager, Kühlung, Flurförderzeuge), von denen

- ein Teil (z. B. Beleuchtung Kühllager, Beleuchtung Trockenlager, Kühlung) vollständig zwei unterschiedlichen Prozessen, z. B.
- – Lagerung gekühlter (Beleuchtung Kühllager, Kühlung) bzw.
- – Lagerung ungekühlter Ware (Beleuchtung Trockenlager) dient,
- ein Teil (z. B. Flurförderzeuge) jedoch beiden (Lagerung gekühlter und ungekühlter Ware),

so ist dieser Hub als eine HOC zu betrachten. Auch kann ein Hub z. B. saisonal unterschiedlichen

5 Dies weicht teilweise von dem üblichen Sprachgebrauch und der Verwendung des Begriffs „Hub“ ab. Demnach werden beispielsweise auch häufig See- und Binnenhäfen als Hubs bezeichnet.

Frachtgruppen dienen. In diesem Beispiel könnte der Hub mit seinen jeweiligen Hub-Vorgängen entsprechend diesen saisonalen Zeiträumen in zwei HOCs unterteilt werden.

Mit Blick auf die großen Infrastrukturen kann es ggf. sinnvoll sein, sich an den Unternehmensgrenzen zu orientieren. Wenn ein Hafen zwei Terminals für unterschiedliche Frachtgruppen umfasst, die beide vom selben Unternehmen betrieben werden, können diese folgendermaßen betrachtet werden: als

- zwei Hubs mit jeweils einer HOC,
- ein Hub mit zwei HOCs, wenn sämtliche Hub-Vorgänge vollständig nur einer HOC zugeordnet werden können,
- ein Hub mit einer HOC, für die mittels Allokation (siehe Abschnitt 4.2.2) zwei Emissionsintensitätswerte berechnet werden.

Sollten die Terminals in dem Hafen von zwei unterschiedlichen Unternehmen betrieben werden, ist es aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit bzw. der Sensibilität der Daten gegenüber Externen üblich, sie als zwei separate Hubs mit jeweils einer HOC zu betrachten.

Um relevante HOCs identifizieren zu können, führt der Anhang H der ISO 14083 Beispiele relevanter HOC-Merkmale auf.

So kann die Zusammenfassung von Hubs in einer HOC aufgrund verschiedener **Prozesse** (1) wie ausschließlicher oder kombinierter Frachtumschlag bzw. Passagiertransfer oder (2) wie kombinierte/r Frachtumschlag und -lagerung erfolgen. Zudem können die Merkmale weitergehend spezifiziert werden hinsichtlich der ein- und ausgehenden Verkehrsträger (z. B. Straße/Schiene, Straße/Wasser), Größe der Hubs (z. B. Haupt- und Regionalbahnhöfe), Alter oder Technologiegrad des Standortes (z. B. nicht-/elektrifizierte Prozesse, automatisierte/manuelle Prozesse). Neben den Prozessen führt die ISO auch den **Frachttyp** als HOC-Merkmal auf. Der Frachttyp geht in der Regel mit anderem Equipment und anderen Prozessen einher und stellt damit ein schnelles und universelles Unterscheidungskriterium dar. Und letztlich ist es sinnvoll, zwischen unterschiedlichen Temperaturanforderungen (in der ISO als „**Zustand**“ aufgeführt) der Güter zu unterscheiden. Die Prozesse können bei Umgebungstemperatur (z. B. über +8 °C) oder bei Temperaturregelung erfolgen, Letzteres umfasst sowohl beheizt (z. B. bei Flüssiggütern) als auch gekühlt (z. B. sensitiv (0 °C bis +2 °C), pharmazeutische Produkte (+2 °C bis +8 °C), tiefgekühlt (unterhalb von 0 °C oder im Falle von Lebensmitteln unterhalb von –18 °C)).

Darauf aufbauend können Hub-Vorgangskategorien mit einer sinnvollen Kombination der Einflussfaktoren auf die THG-Emissionen strukturiert werden.

4.2 Berechnen der THG-Emissionsintensitäten

Grundsätzlich werden für die Berechnung der THG-Emissionsintensitäten einer TOC oder HOC jeweils die THG-Emissionen und die zugehörige Transport- bzw. Hub-Aktivität benötigt.

Grundlage der Berechnung der THG-Emissionen stellen meistens Angaben zu den THG verursachenden Aktivitäten dar, d. h. es werden Daten zur Nutzung von Kraftstoffen und Strom, Leckagen und den Kältemittelverlusten benötigt.

Tabelle 4

HOC-Merkmale

Prozesse	Frachttyp	Zustand
ausschließlich Frachtumschlag ausschließlich Passagiertransfer kombinierter Passagier- und Frachttransfer Frachtumschlag und -lagerung	durchschnittlich/gemischt in Containern/Wechselbrücken auf Paletten Stückgut / lose Ladung trockenes Massengut flüssiges Massengut Fahrzeugtransport Sonstiges	bei Umgebungstemperatur bei Temperaturregelung

Quelle: DIN EN ISO 14083 Tabelle H.1

Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgt dann jeweils wie folgt:

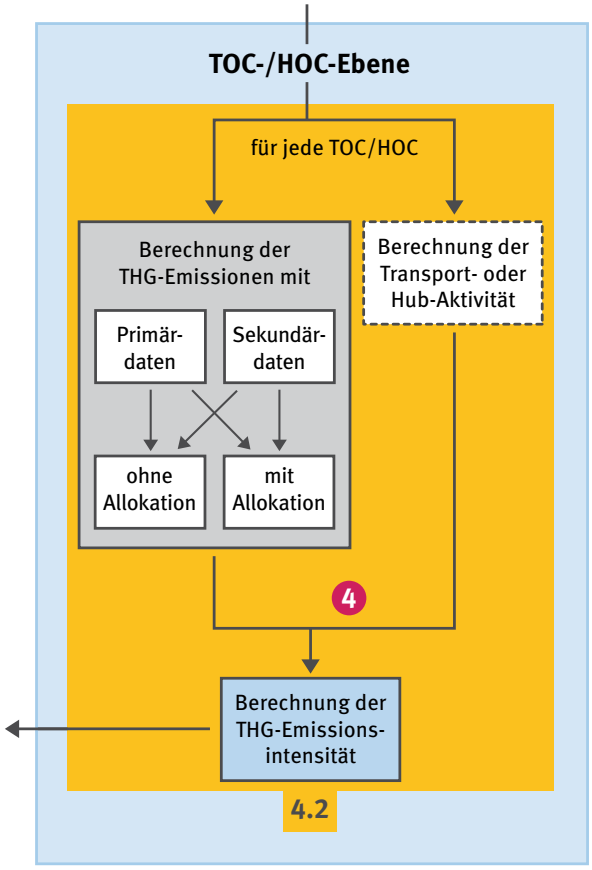
THG-Emissionen =
THG verursachende Aktivität x THG-Emissionsfaktor

Dabei wird für jede THG verursachende Aktivität der TOC bzw. HOC die Berechnung getrennt ausgeführt. Durch eine Aufsummierung der enthaltenen THG-Emissionen können im Anschluss auch die gesamten THG-Emissionen der TOCs bzw. HOCs ausgewiesen werden.

Im Anschluss wird aus den THG-Emissionen eine THG-Emissionsintensität abgeleitet:

$$\textit{THG-Emissionsintensität} = \frac{\textit{THG-Emissionen}}{\textit{Transport- bzw. Hub-Aktivität}}$$

Dabei werden in den Schritten 3 und 4 die THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten zunächst nur für die Ebene der TOC bzw. HOC berechnet.



4.2.1 THG-Emissionsfaktoren

Zur Umrechnung der Energieverbräuche (bzw. der Kraftstoff-/Stromverbräuche) und der Kältemittelleckagen in THG-Emissionen werden verlässliche THG-Emissionsfaktoren der verschiedenen Energieträger und der eingesetzten Kältemittel benötigt. Für Energieträger setzen sich diese aus den THG-Emissionen aus dem Betrieb und den THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung zusammen. Bei Kältemitteln beziehen sich die THG-Emissionsfaktoren lediglich auf die THG-Emissionen aus dem Betrieb (also Leckagen), d. h. ohne die Emissionen der Bereitstellung.

Eine zentrale Vorgabe in der ISO 14083 ist es, die verwendeten THG-Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Energieträger aufzulisten und deren Quelle anzugeben. Zudem müssen jeweils Kraftstofftyp, Heizwert, Dichte (bei allen flüssigen Kraftstoffen) und (falls verwendet) die energetische Beimischungsmenge an Biokraftstoffen spezifiziert werden. Wichtig ist dabei, dass sich die THG-Emissionen aus dem Betrieb nicht nur auf die (fossilen) Kohlendioxidemissionen beziehen, sondern auch THG-Emissionen anderer klimawirksamer Gase (Lachgas, Methan), die im Betrieb entstehen können, beinhalten müssen.

Bei Biokraftstoffen orientiert sich das Vorgehen in der ISO 14083 an der EU Richtlinie für erneuerbare Energien (European Parliament 2018). Demnach müssen hier der Anbau und die Gewinnung der Rohstoffe, die THG-Emissionen aus direkten Landnutzungsänderungen, die Verarbeitung sowie der Transport und die Verteilung in die THG-Emissionen der Energiebereitstellung eingerechnet werden. Das beim Anbau der Biomasse gebundene atmosphärische CO_2 wird nicht bilanziert, dementsprechend werden auch die bei der Verbrennung entstehenden CO_2-Emissionen nicht angerechnet, da beide sich ausgleichen. Andere THG-Emissionen (z. B. aus Lachgas oder Methan) treten jedoch auch bei der Verbrennung von Biokraftstoffen auf und müssen berücksichtigt werden.

Die ISO 14083 enthält auch Vorgaben zur Methodik der Ableitung von THG-Emissionsfaktoren von Kraftstoffen und Strom, die den gesamten Lebensweg der Energiebereitstellung abdecken müssen. Im Falle der Energiebereitstellung von Strom schreibt die ISO 14083 die Nutzung von standortbasierten Netzmixen vor. Die THG-Emissionsfaktoren für Strom sollten sich dabei auf standortbasierte Verbrauchsmixe beziehen; sie enthalten also im Gegensatz zu den Herstellungsmixen auch die Netto-Stromimporte aus benachbarten Ländern. Für Regionen oder Länder mit geringen

Netto-Stromimporten sind Erzeugungsmix und Verbrauchsmix sehr ähnlich; im Falle hoher Stromimporte können die THG-Emissionsfaktoren der Verbrauchsmixe entweder niedriger (wenn Strom aus Ländern mit geringeren THG-Emissionen importiert wird) oder höher (wenn Strom aus Ländern mit hohen THG-Emissionen importiert wird) sein als die der Erzeugermixe[6]. Zusätzlich (nicht alternativ) dürfen auch THG-Ergebnisse, die mithilfe eines marktbasierten Ansatzes[7] berechnet wurden, berichtet werden. Mögliche Quellen und Werte für ISO-14083-konforme THG-Emissionsfaktoren verschiedener Kraftstoffe, Energieträger und Kältemittel sind im Anhang A.5 enthalten.

Exkurs: Was ist bei selbst erzeugtem Strom an Hubs zu beachten?

Die Berechnung der THG-Emissionen eines Hubs erfolgt anhand der im Hub verwendeten Energieträger bzw. Kältemittel unabhängig davon, wozu diese genutzt werden. An manchen Hubs wird teilweise Strom selbst aus Energieträgern wie z. B. Diesel erzeugt. Während für den vom Hub bezogenen Strom der jeweilige standortbasierte Netzmix anzusetzen ist, wird z. B. beim Einsatz eines mit Diesel betriebenen Notstromaggregats die Dieselnutzung als Berechnungsgrundlage verwendet (dies geschieht in manchen Ländern aufgrund der instabilen Netzstromversorgung). Auch wenn die ISO 14083 dazu keine Vorgaben macht, lässt sich nach Einschätzung der Autorinnen und Autoren dieses Konzept auch auf innerhalb eines Hubs erzeugten erneuerbaren Strom übertragen, sofern die Errichtung, der Betrieb und die Entsorgung einer entsprechenden Anlage berücksichtigt sind. Wichtig ist dabei jedoch, dass der damit erzeugte Strom ausschließlich intern (d. h. für die Hub-Prozesse) genutzt und nicht anderen zur Verfügung gestellt (d. h. in das Stromnetz eingespeist bzw. anderweitig verkauft) wird. Auch bei den Hubs gilt ansonsten, dass immer der standortbasierte Mix zu nutzen ist – es darf jedoch eine parallele Rechnung mit marktbasiertem Mix erfolgen und zusätzlich ausgewiesen werden.

Beispiel 1: Berechnen der THG-Emissionen und -intensitäten an einem Personen-Bahnhof

Die betrachtete HOC ist ein einzelner Bahnhof, an dem jährlich 114.489.327 Reisende ihre Reise beginnen, beenden oder ihren Zug wechseln müssen. Der Betreiber des Bahnhofs hat folgende Verbräuche in diesem Zeitraum gemessen: Strom (2.121.094 kWh), Erdgasverbrauch (121.495 kWh) und Fernwärme (703.125 kWh).

Die für diese Berechnung relevanten Emissionsfaktoren sind im Anhang A.3 aufgelistet. Für die Umrechnung der Megajoule-Angaben in Kilowattstunden wird der Faktor 3,6 MJ/kWh verwendet.

THG-Emissionen der HOC für den Betrieb

- 121.495 kWh x 198,26 g CO_2e/kWh = 24.088 kg CO_2e

THG-Emissionen der HOC für die Energiebereitstellung

- 2.121.094 kWh x 493,96 g CO_2e/kWh + 121.495 kWh x 64,77 g CO_2e/kWh + 703.125 kWh x 382,02 g CO_2e/kWh = 1.324.218 kg CO_2e

THG-Emissionsintensität der HOC

- Betrieb: 24.088 kg CO_2e / 114.489.327 Pax = 0,21 g CO_2e/Pax
- Energiebereitstellung: 1.324.218 kg CO_2e / 114.489.327 Pax = 11,57 g CO_2e/Pax
- gesamt: 0,21 g CO_2e/Pax + 11,57 g CO_2e/Pax = 11,78 g CO_2e/Pax

4.2.2 Aufteilung der Emissionen mittels Allokation

Wann immer ein (Transport- oder Hub-)Prozess mehr als eine Funktion erfüllt und diese verschiedenen Funktionen untrennbar miteinander verbunden sind, müssen die THG verursachenden Aktivitäten bzw. die THG-Emissionen zwischen den verschiedenen Fracht- bzw. Passagiergruppen aufgeteilt werden. Diesen

6 In Deutschland waren in den letzten Jahren die Stromim- und -exporte relativ ausgeglichen.
7 Bei der marktbasierten Methode verwendet die berichtende Organisation die THG-Emissionen des von ihnen eingekauften Stroms auf der Grundlage der vom Stromerzeuger/-verkäufer übermittelten Werte. Dabei können verschiedene vertragliche Instrumente wie z. B. Strombezugsverträge, Herkunftsnachweise, Zertifikate für erneuerbaren Strom und Energieausweise zum Einsatz kommen. Weitere Vorgaben zur Berechnung der marktbasierten Mixe können ISO 14083 Anhang J.3 entnommen werden.

Tabelle 5

Passagieräquivalente von RoPax-Fähren und Zügen

Passagiertransporte	Passagieräquivalente	Frachttransporte	Passagieräquivalente
Passagier (mit Gepäck)	1,0	leichtes Nutzfahrzeug N1-I/II	1,3
Personenkraftwagen	1,3	leichtes Nutzfahrzeug N1-III	3,5
Bus	10,0	Solo-Lkw	10
kleines Wohnmobil	1,1	Last-/Sattelzug	18
mittleres Wohnmobil	2,3	Auflieger	14
Wohnwagen / großes Wohnmobil	3,5		
Motorrad	0,3		

Anmerkung: Die Angaben zu den Fahrzeugen enthalten noch nicht die Passagiere (z. B. im Bus), diese sind zusätzlich anzurechnen.
Anmerkung: Abweichungen von den hier angegebenen Standardwerten sind möglich, müssen aber begründet werden.

Quelle: in Anlehnung an DIN EN ISO 14083 Tabelle G.5

Vorgang nennt man „Allokation“. Sie muss immer dann durchgeführt werden, wenn die Primärdaten des jeweiligen Prozesses nicht separat für die Fracht- bzw. Passagiergruppen erfasst werden können, beispielsweise wenn wie im Luftverkehr oder bei Fähren dasselbe Verkehrsmittel gleichzeitig Passagiere und Fracht transportiert. Hier schreibt die ISO 14083 vor, dass die Allokation zwischen Fracht und Passagieren jeweils anhand der realen Masse zu erfolgen hat. Dabei wird bei den Passagieren auch das mitgeführte Gepäck und bei der Fracht die Umverpackung (allerdings ohne zusätzliche Frachtverpackungen wie Paletten oder Ähnliches, siehe Abschnitt 3.2.1) angesetzt. Da die genauen Massen oftmals nicht bekannt sind, kann hier auch mit Standardwerten gearbeitet werden. Zum Beispiel können beim gemeinsamen Transport von Fracht und Passagieren im Flugverkehr zur Vereinheitlichung unterschiedlicher Messgrößen 100 kg pro Passagier inklusive Gepäck angesetzt werden. Eine Alternative zur Allokation nach Masse kann die Nutzung von Passagieräquivalenten sein, wobei die verkehrsträgerspezifischen Anhänge der ISO Standardwerte für die Passagieräquivalente der Fracht vorschlagen, die zum Einsatz kommen können. Im Fall von Fährtransporten, bei denen auch Personenkraftwagen befördert werden, ist dies sogar das empfohlene Vorgehen.

Folgende, in Tabelle 5 gezeigte Standardwerte für die Passagieräquivalente können bei RoPax-Fähren[8] und Zügen zum Einsatz kommen.

Beispiel 2: Allokation zwischen Fracht und Passagieren

In diesem Beispiel wird ein Autoreisezug betrachtet, der neben Personen auch Fahrzeuge transportiert. Da der Energieverbrauch des Zuges gleichermaßen zur Beförderung der Passagiere und der Pkw dient, müssen die THG verursachenden Aktivitäten bzw. die THG-Emissionen des Zuges auf die beiden Funktionen aufgeteilt werden.

Der hier betrachtete Autozug besteht aus jeweils 5 Waggons für den Personentransport (im Mittel gibt es in jedem Waggon 60 Sitzplätze) und 5 Waggons mit Autostellplätzen (doppelstöckige Waggons mit Platz für insgesamt 10 Pkw). Im Mittel sind auf jedem Auto-Waggon 6 Fahrzeuge geladen, wobei hier vereinfachend davon ausgegangen wird, dass der Zug ausschließlich Pkw transportiert. Die Passagierwaggons haben eine mittlere Auslastung von 50 %. Im Mittel befördert der Autozug also 30 Pkw und 150 Passagiere. Nun können die Pkw über die Nutzung der Passagieräquivalente (siehe Tabelle 5) von 1,3 in Passagiere umgerechnet werden. Da jeder beförderte Passagier einem Passagieräquivalent entspricht, befördert der gesamte Autozug also 189 Passagieräquivalente,

8 RoPax-Fähren transportieren gleichzeitig sowohl Fracht als auch Passagiere.

davon entfallen 150 Passagieräquivalente auf den Personentransport und 39 Passagieräquivalente auf den Pkw-Transport. Das Verhältnis von den Passagieräquivalenten des Personentransportes zu den gesamten Passagieräquivalenten ergibt dann den Allokationsschlüssel. In diesem Fall würden 21 % der gesamten THG-Emissionen des Zuges den Pkw und 79 % den Passagieren zugerechnet werden.

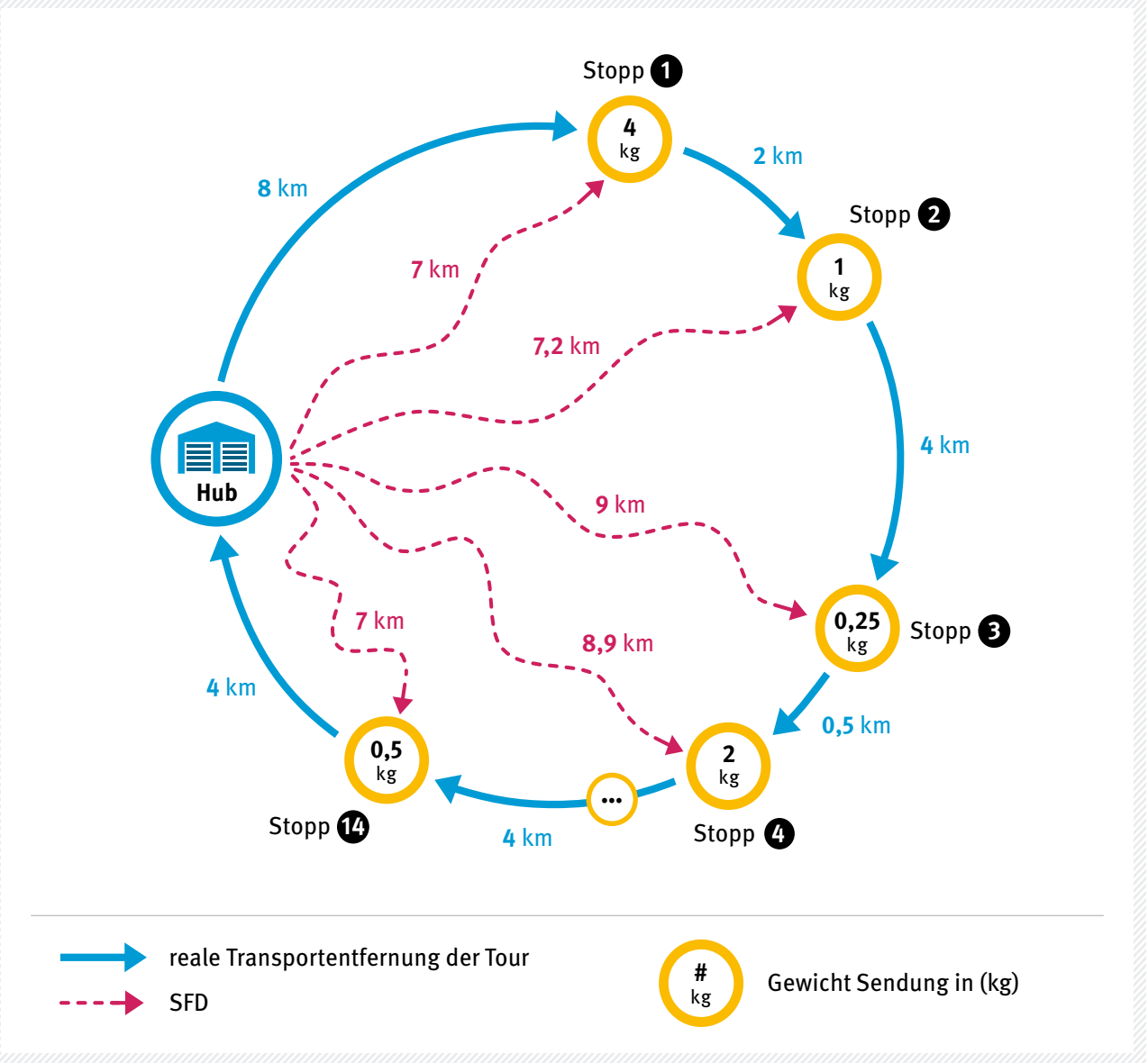
Beispiel 3: Berechnung einer Sammel-/Auslieferfertour

Sammel- und Auslieferfertouren sind Fahrten, bei denen Güter an verschiedenen Orten auf der Fahrstrecke eines Fahrzeuges eingesammelt bzw. ausgeliefert werden. Da es nicht sinnvoll ist, die THG-Emissionen einer Sammel- und Auslieferfertour anhand der tatsächlich zurückgelegten Strecken auf die Fracht umzulegen (so würde Fracht, die zu einem frühen Zeitpunkt der Tour zugestellt wird, deutlich besser abschneiden als Fracht, die lange im Fahrzeug verbleibt), erfolgt auch hier meistens eine Allokation. Zur Berechnung wird in diesem Beispiel die SFD zwischen dem jeweiligen Abhol- und Auslieferort einer Sendung genutzt. Alternativ wäre auch die Nutzung der GCD möglich.

Sind die jeweiligen Frachtmassen sowie die Abhol- und Auslieferorte bekannt, kann die Allokation anhand der Transportaktivitätsdaten der Einzelsendungen (bzw. der Summe der gesamten Transportaktivitäten der Tour) erfolgen.

Abbildung 6

Sammel- und Auslieferfertour



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML

Tabelle 6

Allokation Sammel- und Ausliefertour

	Tatsächlich zurückgelegte Distanz (kumuliert) (km)	Distanz Hub – Zielort (SFD) (km)	Gewicht der Sendung (kg)	Tonnenkilometer (SFD) (tkm) (1)	Allokationsschlüssel (2)
1	8	7	4	0,0280	7,7 %
2	10	7,2	1	0,0072	2,0 %
3	14	9	0,25	0,0023	0,5 %
4	14,5	8,9	2	0,0178	4,9 %
…	…	…	…	…	…
14	40	7	0,5	0,0035	1,0 %
Hub	44	-	-	-	
Tour	44	-	45,3	0,3632	100,0 %

Anmerkung: (1) Tonnenkilometer = SFD x Sendungsgewicht;
(2) Allokationsschlüssel = Tonnenkilometer des Stopps / Tonnenkilometer der Tour

Quelle: eigene Berechnung, ifeu/Fraunhofer IML

Eine beispielhafte Berechnung des Allokationsschlüssels pro Sendung wird in Tabelle 6 gezeigt.

Wichtig dabei ist: Liegen gemessene Primärdaten für den Kraftstoffverbrauch der gesamten Sammel- und Ausliefertour vor, wird die tatsächlich vom Fahrzeug zurückgelegte Distanz für die Berechnung der THG-Emissionen nicht benötigt. Nur wenn die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs der Tour unter Nutzung von THG-Emissionsintensitäten erfolgt, die anhand tatsächlicher Distanzen ermittelt worden sind, müssen auch die tatsächlichen Distanzen bekannt sein.

Sollten die Frachtmassen nicht bekannt sein, kann auch eine Allokation anhand der Stückzahl der Sendungen erfolgen; dieser (triviale) Rechenweg ist hier jedoch nicht ausgeführt.

Beispiel 4: Zuordnung von THG-Emissionen bei temperaturgeführtem Seetransport

Ein Containerschiff fährt von Hamburg nach Singapur (ca. 16.000 km) und hat 6.000 TEU geladen. Davon sind 950 TEU gekühlte Container. Diese Seefracht stellt die Transportvorgangskategorie (TOC) dar (Merkmale gemäß ISO Tabelle G.1: „Containerschiff, Mischung aus Umgebungstemperatur und Temperaturregelung, geplant“). Es sollen die THG-Emissionsintensitäten für ungekühlte und gekühlte Container für diese TOC ermittelt werden. Als THG verursachende Aktivitäten sind der Antrieb und die Kühlung der Kühlcontainer zu betrachten, beide verbrauchen Maritime Fuel Oil (MFO).

Bestenfalls wird der Verbrauch für die Kühlung separat gemessen. In diesem Beispiel ist jedoch unbekannt, wie viel des MFO-Verbrauchs durch die Kühlung verursacht wird. Es ist also ein Allokationsschlüssel für die Zuordnung eines Teilverbrauchs auf die Kühlung erforderlich. Hierfür werden Forschungsergebnisse der Universidad de los Andes zu Containerterminals herangezogen, wonach Kühlcontainer 17 % mehr THG-Emissionen als ungekühlte Container verursachen (Dobers et al. 2023b).

Wenn nun angenommen wird, dass von den insgesamt transportierten Containern (6.000 TEU) 950 TEU gekühlt sind, ergibt dies 6.162 TEU-Äquivalente. Mit diesem Schlüssel kann der gesamte MFO-Verbrauch von beispielsweise 88.090.000 MJ aufgeteilt werden: Hierfür wird zunächst ein Verbrauch pro TEU-Äquivalent berechnet (14.298 MJ/TEUeq), und anschließend wird dieser Wert mit den jeweiligen TEU-Äquivalenten der (un)gekühlten Container multipliziert. Im Ergebnis werden 72.199.059 MJ dem Transport ungekühlter Container und 15.890.941 MJ dem Transport gekühlter Container zugeordnet. Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgt anschließend, wie an anderer Stelle im Leitfaden erläutert.

- 950 TEU x 1,17 + 5.050 TEU x 1 = 6.162 TEUeq
- 88.090.000 MJ / 6.162 TEUeq = 14.297 MJ/TEUeq
- 14.297 MJ/TEUeq x 5.050 TEUeq (ungekühlt) = 72.199.059 MJ (ungekühlt)
- 14.297 MJ/TEUeq x 1.112 TEUeq (gekühlt) = 15.890.941 MJ (gekühlt)

Beispiel 5: Hub-Berechnung mit Allokation

Ein Unternehmen betreibt zwei Umschlagstandorte (A) und (B) in Deutschland und benötigt auf Anfrage seiner Kunden die THG-Emissionsintensitäten für den Warenumschlag. An beiden Standorten wird sowohl ungekühlte als auch gekühlte Ware umgeschlagen, beide Standorte haben eine vergleichbare Ausstattung und vergleichbare Prozessabläufe und werden daher zu einer Hub-Vorgangskategorie (HOC) zusammengefasst. Für diese HOC wird neben der ungekühlten Ware eine spezifische Gruppe – die Gruppe der gekühlten Ware – definiert. Für beide Warengruppen werden die THG-Emissionsintensitäten berechnet. Dies ist somit ein Beispiel für den Fall einer HOC von Fracht mit mehreren Temperaturbedingungen (siehe ISO 14083 Abschnitt 9.5.3).

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Primärdaten zum Energieverbrauch und zu Kältemittelleckagen aufgeführt. Die Kältemittelleckagen wurden durch die jährliche Nachfüllmenge gemessen. Zudem existieren separate Messstellen an den Kälteanlagen (KA), sodass der Kühlung 40.300 kWh (Hub A) bzw. 44.020 kWh (Hub B) zugeordnet werden können. Unbekannt ist jedoch die Strommenge, die für die Beleuchtung der Hallenbereiche, in denen nur gekühlte Ware gehandelt wird (z. B. Kühllager), und jener, in denen alle Waren gehandelt werden (z. B. Warenannahme, Versand), erforderlich ist. Um den jeweiligen Stromverbrauch abzuschätzen, wird zunächst angenommen, dass 32 % des Standortverbrauchs (130.000 kWh (Hub A) bzw. 142.000 kWh (Hub B) der Beleuchtung zugeordnet werden können (Dobers et al. 2023a), d. h. 41.600 kWh am Hub 1 und 45.440 kWh am Hub 2. Als Allokationsschlüssel kann der Anteil der gekühlten Fläche dienen: Die gekühlte Fläche macht ein Fünftel der Fläche der jeweiligen Hubs aus, sodass sich ein Stromverbrauch von 8.320 kWh (Hub A) bzw. 9.088 kWh (Hub B) für die Beleuchtung der gekühlten Flächen (BL) ergibt. (Anmerkung: Dies ist ein vereinfachtes Beispiel, in Realität existieren wahrscheinlich auch beleuchtete Bereiche mit nur ungekühlter Ware.)

Das Erdgas bzw. die Fernwärme wird für die Heizung der Hubs verwendet und daher nur den ungekühlten Waren zugeordnet. Alle anderen THG verursachende Aktivitäten (d. h. restlicher Stromverbrauch, Diesel und LNG) werden allen Waren zugeordnet.

Im ersten Schritt der Berechnung werden die Emissionen der jeweiligen bestimmten Gruppe und die Emissionen, die alle Waren/Gruppen betreffen, berechnet. Dafür werden die jeweiligen Mengen an Energieträgern bzw. Kältemitteln mit dem relevanten THG-Emissionsfaktor multipliziert.

Die für diese Berechnung relevanten Umrechnungs- und THG-Emissionsfaktoren sind in den Anhängen A.1, A.3 und A.4 aufgelistet.

Die THG-Emissionen der HOCs der jeweiligen Gruppen berechnen sich nun wie folgt:

Gruppe „gekühlt“

- für den Betrieb: 9 kg x 2.225,5 kg CO_2e/kg = 20.030 kg CO_2e
- für die Energiebereitstellung: 101.728 kWh x 493,96 g CO_2e/kWh = 50.250 kg CO_2e

Gruppe „ungekühlt“

- für den Betrieb: 52.000 kWh x 198,26 g CO_2e/kWh = 10.310 kg CO_2e
- für die Energiebereitstellung: 52.000 kWh x 64,77 g CO_2e/kWh + 37.000 kWh x 382,02 g CO_2e/kWh = 17.503 kg CO_2e

Gruppe „alle“

- für den Betrieb: 11.110 l x 2.639 g CO_2e/l + 5.500 kg x 2.467 g CO_2e/kg = 42.888 kg CO_2e
- für die Energiebereitstellung: 170.272 kWh x 493,96 g CO_2e/kWh + 11.110 l x 801 g CO_2e/l + 5.500 kg x 1.050 g CO_2e/kg = 98.782 kg CO_2e

Tabelle 7

Primärdaten zum Warenumschlag in Hub 1 bzw. Hub 2

THG verursachende Aktivität	Hub	Bestimmte Gruppen – gekühlt	Bestimmte Gruppen – ungekühlt	Alle (gekühlt und ungekühlt)	HOC
Strom [kWh/a]	A B	KA: 40.300 BL: 8.320 KA: 44.020 BL: 9.088 101.728		81.380 88.892	272.000
Erdgas [kWh/a]	A		52.000		52.000
Fernwärme [kWh/a]	B		37.000		37.000
Diesel [l/a]	A B			7.654 3.456	11.000
LNG [kg/a]	A B			3.200 2.300	5.000
Kältemittel R-410A [kg/a]	A B	5 4			9
Hub-Aktivität [Tonnen/a]	A B	**4.000** **2.000**	**70.000** **67.000**		**143.000**

Im nächsten Schritt werden die Emissionsintensitäten für gekühlte und ungekühlte Ware in der HOC berechnet.

THG-Emissionsintensität der HOC von gekühlter Ware

- für den Betrieb: 42.888 kg CO_2e / 143.000 t + 20.030 kg CO_2e / 6.000 t = 3,64 kg CO_2e/t
- für die Energiebereitstellung: 98.782 kg CO_2e / 143.000 t + 50.250 kg CO_2e / 6.000 t = 9,07 kg CO_2e/t

THG-Emissionsintensität der HOC von ungekühlter Ware

- für den Betrieb: 42.888 kg CO_2e / 143.000 t + 10.310 kg CO_2e / 137.000 t = 0,38 kg CO_2e/t
- für die Energiebereitstellung: 98.782 kg CO_2e / 143.000 t + 17.503 kg CO_2e / 137.000 t = 0,82 kg CO_2e/t

Die berechneten THG-Emissionsintensitäten (gekühlt: 12,70 kg CO_2e/t bzw. ungekühlt 1,19 kg CO_2e/t) können mit der kundenspezifischen Menge an gekühlter bzw. ungekühlter Ware multipliziert werden, sodass die Emissionen für den Warenumschlag des Kunden berichtet werden können.

Die Allokation kann je nach Anzahl der Hubs, die in einer HOC zusammengefasst sind, und nach Anzahl der unterschiedlichen Typen an Energieträgern und Kältemitteln sowie bestimmten Gruppen, nach denen unterschieden werden soll, durchaus eine komplexe Aufgabe sein. Daher ist eine Prüfung, ob alle Emissionen tatsächlich in den Emissionsintensitätswerten abgebildet sind, sinnvoll. Hierzu werden einerseits sämtliche THG-Emissionen summiert und andererseits die Emissionsintensitäten mit den jeweiligen HOC-Aktivitäten der Gruppen multipliziert. Beide Ergebnisse sollten dieselbe Menge an absoluten THG-Emissionen ergeben.

4.2.3 Datenerhebung und Detailgrad

Sowohl für die Bestimmung der Transport- und Hub-Aktivitäten als auch für die Ermittlung der THG verursachenden Aktivitäten muss eine

Datenerhebung durchgeführt werden. Dabei ist, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, die Nutzung von Primärdaten (Messdaten) dem Einsatz von Sekundärdaten (modellierte Daten bzw. Vorgabewerte) vorzuziehen.

Der Einsatz der verschiedenen Datentypen hängt dabei vor allem von der Verfügbarkeit von Primärdaten (bzw. dem Aufwand, solche Primärdaten selbst zu erheben) ab. In keinem Fall darf die Entscheidung über den gewählten Datentyp aber aufgrund eines dadurch niedrigeren THG-Emissionsergebnisses erfolgen (siehe ISO 14083 Abschnitt 7.2.2).

Gemessene Daten / Primärdaten

Messdaten oder Primärdaten werden vor allem bei der Quantifizierung der THG verursachenden Aktivitäten (z. B. Verbrauchsdaten und Kältemittelverluste) zum Einsatz kommen. Aber auch andere Werte können anhand von Primärdaten ermittelt werden, wie z. B. die Transport- und Hub-Aktivitätsdaten (z. B. anhand gemessener Fracht-/Passagiermengen und Distanzen). Zudem können auch THG-Emissionsfaktoren der verschiedenen Energieträger (inklusive Strom) oder von Kältemitteln und THG-Emissionen aus dem Betrieb auf Messdaten basieren (z. B. gemessene Methan- oder Lachgasemissionen aus der Kraftstoffverbrennung oder durch Schlupf).

Ein zentrales Einsatzfeld für Messdaten stellen vor allem die (üblicherweise relativ einfach) zu erhebenden Energieverbräuche der Transport- und Hub-Vorgänge dar. Die Erhebung kann z. B. erfolgen durch:

- Einsatz von Messschnittstellen (z. B. Auslesen eines Fahrzeugdiagnosesystems oder von Stromzählern an Hubs oder ausgewähltem Equipment (z. B. Kälteanlage))

- Auswertung von Energieabrechnungen (z. B. gelieferte Energieträger- oder Wärmemengen bei Hubs oder Tankprotokolle bzw. Strommengen bei Fahrzeugen)

Wichtig ist hierbei, dass eine Unterscheidung in die genutzten Energieträger (verschiedene Kraftstoffarten / Strom) vorgenommen wird, damit im Anschluss aus diesen Verbrauchsdaten unter Einsatz von geeigneten THG-Emissionsfaktoren die THG-Emissionen berechnet werden können. Kältemittelverluste können anhand der gemessenen Nachfüllmengen je Kältemitteltyp ermittelt und dokumentiert werden.

Dabei müssen die Messdaten nicht unbedingt von der berichtenden Organisation selbst erhoben werden, sie können auch durch eine Weitergabe von Daten eines Subunternehmens oder Zulieferers gespeist werden.

Die Qualität von Primärdaten bestimmt sich vor allem durch die Anwendungen der korrekten Messmethoden und einer (unabhängigen) Überprüfung der erhaltenen Daten.

Modellierte Daten / Sekundärdaten

Im Falle der Nutzung von Sekundärdaten sind vor allem modellierte Daten hervorzuheben, da sie oftmals einen hohen Grad an Detailgenauigkeit ermöglichen. Damit können modellierte Daten deutlich spezifischere Ergebnisse als die Nutzung von Vorgabewerten liefern. Viele der eingesetzten Modelle basieren ursprünglich auf gemessenen Daten, die für repräsentative Fahrzeuge und Einsatzsituationen ermittelt und später verallgemeinert wurden, um weitere Bereiche abzudecken.

Modellierte Daten können dabei ebenfalls die verschiedenen Datenbedarfe abdecken. So können unter anderem die Transportvorgänge anhand eines möglichst realitätsnahen Routings unter Berücksichtigung des Verkehrsnetzes und weiterer örtlicher und technischer Gegebenheiten (z. B. Einfahrverbote für Fahrzeuge oberhalb einer bestimmten Gewichtsklasse) modelliert werden, und damit (und unter Zuhilfenahme von Angaben zu Fracht/Passagieren) kann die Bestimmung der Transportaktivität erfolgen.

Durch eine Modellierung der Energieverbräuche der verschiedenen Energieträger (ergänzt um statistische Daten zu Biokraftstoffanteilen, sofern benötigt) und die Nutzung von THG-Emissionsfaktoren können THG-Emissionen für die einzelnen Transport- und Hub-Vorgänge ermittelt werden. Auch die THG-Emissionen aus dem Betrieb können unter Berücksichtigung der spezifischen Gegebenheiten und durch den Einsatz geeigneter Modelldaten (z. B. Emissionsdaten aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (INFRAS 2023)) modelliert werden.

Wichtig ist, dass das verwendete Modell und seine Datengrundlagen möglichst gut dokumentiert sind, um eine ausreichende Transparenz und Nachprüfbarkeit der Berechnungsergebnisse zu ermöglichen. Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Modell möglichst

alle relevanten Merkmale einbezieht, wie z. B. konkrete Fahrzeugmerkmale (Fahrzeugtyp, -konfiguration, -größe, -emissionsklasse, -alter), die verwendeten Kraftstofftypen, die Leerfahrtenanteile und Auslastungsgrade sowie die örtlichen Gegebenheiten (Topographie und Verkehrssituation).

Vorgabewerte (Default-Daten) / Sekundärdaten

Vorgabewerte kommen immer dann zum Einsatz, wenn weder Primärdaten noch modellierte Daten vorliegen. Sie werden dabei oft als Ergänzung zu den anderen beiden Datentypen eingesetzt, um Datenlücken zu füllen, und eignen sich auch dafür, Prozesse, die weniger relevant für das Gesamtergebnis der THG-Emissionsberechnung sind, mit wenig Aufwand zu bewerten.

Auch Vorgabewerte können von unterschiedlicher Datenqualität sein. Dabei können sowohl grobe Abschätzungen für Prozesse, bei denen es bisher gar keine Messdaten gibt, als auch Vorgabewerte, die anhand einer (großen) Menge an verschiedenen Messdaten ermittelt worden sind, zum Einsatz kommen. Je besser die Vorgabewerte zu den betrachteten TOCs und ihren wesentlichen Merkmalen passen, desto besser sind sie für die konkrete Anwendung geeignet.

Exkurs: Unterscheidung zwischen Primär- und Sekundärdaten

Für jede THG-Emissionsberechnung sind die verwendeten Eingangsdaten essenziell. Wie oben erläutert, müssen die jeweiligen Daten repräsentativ für das betrachtete Transportkettenelement sein und sowohl geographisch als auch zeitlich und technologisch möglichst gut passen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten. Die folgenden Ausführungen sind nicht direkt der ISO entnommen, sondern sind für diesen Leitfaden zur Veranschaulichung erstellt worden. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und können lediglich als Orientierungshilfe bei der Abgrenzung zwischen Primärdaten und Sekundärdaten dienen.

In Tabelle 8 wird anhand von Beispielen für Verbrauchsdaten (z. B. Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeuges, Stromverbrauch in einem Hub) veranschaulicht, welche Arten von Daten es geben kann und wie deren Herkunft und Nutzung aussieht. Im anschließenden Text wird ausgeführt, wie diese Verbrauchsdaten eingeordnet werden könnten.

Tabelle 8

Herkunft von Verbrauchsdaten

Datenfälle für THG verursachende Aktivitäten	Herkunft	Beispiele	Verwendung in THG-Emissionsberechnung
(1) Verbrauch (gesamt)	Messung	1.000 Liter Diesel	1:1
(2) Verbrauch (Teilmenge)	Messung	800 Liter Diesel	Extrapolieren, z. B. mit Transport-/ Hub-Aktivität, Zeit
(3) Aktivitätsbasierte **Verbrauchskennzahl** differenziert nach TOC-Merkmalen: Messung von (a) selben Prozessen, selbem Zeitraum * (b) selben Prozessen, anderem Zeitraum** (c) anderen Prozessen***, selbem Zeitraum (d) anderen Prozessen***, anderem Zeitraum**	anhand von Messwerten berechnet	x Liter Diesel /tkm x kWh Strom /t x Liter Diesel /t	Multiplikation mit Transport- bzw. Hub-Aktivität
(4) Aktivitätsbasierte **Verbrauchskennzahl** differenziert nach TOC-Merkmalen: Messung von i. d. R. anderen Prozessen*** und anderem Zeitraum**	anhand von Messwerten oder durch Modellierung berechnet	x Liter Diesel /km x Liter Diesel /tkm	Modellierung z. B. anhand von Auslastung und Transportaktivität

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Herkunft von Verbrauchsdaten

Datenfälle für THG verursachende Aktivitäten	Herkunft	Beispiele	Verwendung in THG-Emissionsberechnung
(5) Aktivitätsbasierte **THG-Emissionskennzahl** differenziert nach TOC-Merkmalen: Messung von i. d. R. anderen Prozessen*** und anderem Zeitraum**	anhand von Messwerten oder durch Modellierung berechnet	x g CO_2e/km x g CO_2e/tkm	Modellierung z. B. anhand von Auslastung und Transportaktivität
(6) THG-Emissionsintensität z. B. differenziert nach TOC-Merkmalen	Modellierung von Einsatzszenarien ****	x g CO_2e/tkm x g CO_2e/Pkm	Multiplikation mit Transport- bzw. Hubaktivität

* d. h. direkte Messung und vergleichbar mit (1) bzw. (2)
** z. B. Vorjahr, Durchschnittswert über mehrere Jahre
*** z. B. im eigenen oder in einem anderen Unternehmen
**** z. B. innerstädtischer Transport mit einem Bus-Typ A, mit einem Lkw-Typ B

Typische Beispiele für **Primärdaten** sind somit Fall (1) der gemessene Gesamtverbrauch eines Transport- oder Hub-Vorgangs oder Fall (2) der gemessene und anschließend extrapolierte Teilverbrauch eines Transport- oder Hub-Vorgangs in einem gewählten Betrachtungszeitraum von einem Jahr (z. B. es liegt der Verbrauch nur für 11 von 12 Monaten vor).

Ein Unternehmen kann sich auch dazu entscheiden, z. B. den eigenen Kraftstoffverbrauch und die zugehörige Transportleistung zu messen und mittels eigener Kennzahlen abzubilden, indem es aktivitätsbasierte Verbrauchskennzahlen berechnet, z. B. in Liter Diesel pro Tonnenkilometer (tkm). Je nachdem, auf welchen Messzeitraum oder welches Fahrzeug (Transportvorgang) sich die Kennzahlen beziehen, sind sie direkte Messdaten des betrachteten Transportvorgangs, d. h. Fall (1), (2) und (3a) (siehe Tabelle 8), oder sie beziehen sich beispielsweise auf einen anderen Messzeitraum, ggf. auf andere Fahrzeuge wie in Fall (3c) oder (3d). Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Unternehmen Kennzahlen verwendet, die mit Messdaten des Vorjahres oder aus der gesamten Flotte berechnet worden sind. Das Unternehmen muss für die THG-Emissionsberechnung entscheiden, ob die Kennzahlen repräsentativ für das betrachtete Transportkettenelement sind.

Zwei typische Beispiele für **modellierte Daten** sind Fälle (4) und (5), wenn aktivitätsbasierte Verbrauchs- oder THG-Emissionskennzahlen in der THG-Emissionsberechnung verwendet werden, die einer allgemeinen Datenbank entnommen sind. Diese Kennzahlen sind beispielsweise in Liter Diesel pro Fahrzeugkilometer (ggf. differenziert nach leerem und voll ausgelastetem Fahrzeug) oder bereits in Gramm THG-Emissionen pro Fahrzeugkilometer umgerechnet angegeben. Die verwendeten Daten in den Fällen (4) und (5) basieren dabei zwar auf Messungen. Aber es sind Messungen anderer Transportvorgänge zu anderen Zeiträumen als die der betrachteten Transportkette(n), oder sie stammen von Messungen in Teststänsden für Motoren, in welchen Transportvorgänge reproduziert werden. Mittels einer für den Anwendungsfall passenden Fahrzeugauslastung und der Transportaktivität lässt sich der Gesamtverbrauch bzw. lassen sich die THG-Emissionen der TOCs modellieren. Dies kann je nach Detaillierungsgrad der Kennzahlen sehr differenziert erfolgen.

Die ISO 14083 definiert nicht eindeutig, an welcher Stelle genau Verbrauchsdaten als Sekundärdaten oder als Primärdaten einzuordnen sind, wie beispielsweise die Sub-Fälle in Fall (3). So kann „direkte Messung“ (siehe ISO 14083 Abschnitt 3.3.3) sehr eng ausgelegt bedeuten, dass sich die Daten auf dieselben Transportvorgänge im selbem Zeitraum wie das betrachtete TCE (Fall (3a)) beziehen müssen, um als Primärdaten bezeichnet werden zu dürfen, Daten derselben Transportvorgänge (z. B. selbes

Fahrzeug, selbe Tour) eines anderen Zeitraums (Fall (3b)) jedoch nicht. Dies wäre auch dann der Fall, wenn die Messdaten bei einem sehr steten Prozess und damit steten Verbrauch unabhängig von dem tatsächlichen Messzeitraum wären.

Default-Daten sind beispielsweise THG-Emissionsintensitätswerte, die durch Multiplikation mit der relevanten Transport- bzw. Hub-Aktivität in die THG-Emissionsberechnung eingehen, siehe insbesondere Fall (6). Diese Kennzahlen mögen grundsätzlich auf Basis von Messungen erarbeitet worden sein, haben aber außer passenden TOC-Merkmalen keinen direkten Bezug zum betrachteten Transport- oder Hub-Vorgang.

4.2.4 Exkurs: Kältemittelverluste in Transport und Umschlag

Die Aufgabe von temperaturgeführten Transporten ist es, während des Transports eine festgelegte Temperatur einzuhalten (siehe ISO 14083 Anhang I.1). Dafür kommen Klimaanlagen bzw. Kühlaggregate sowohl im Personentransport als auch im Güterverkehr zum Einsatz. Diese Kühlaggregate sind mit Kältemitteln gefüllt, verlieren während des Betriebs aber ggf. einen Anteil der Kältemittel. Da die meisten Kältemittel stark klimawirksame Gase sind, müssen sie in die THG-Emissionsbewertung von Transportketten einbezogen werden.

Der Verbrauch von Kältemitteln lässt sich in der Regel anhand der nachgefüllten Menge messen. Das Nachfüllen erfolgt in der Regel während der jährlichen Kontrolle an Hubs der Unternehmen oder externer Partner. Wenn Kältemittel in Fahrzeugen oder Ladeeinheiten (z. B. Kühlcontainern) nachgefüllt werden, ist die entsprechende Menge in die THG-Emissionsberechnung des Transport-TCE einzubeziehen und nicht in das TCE des Hubs, an dem die Nachfüllung erfolgt.

Die zu nutzenden Emissionsfaktoren für Kältemittel sollen die THG-Emissionen aus dem Betrieb abbilden und dürfen Produktions- und Lieferprozesse nicht mit einschließen (siehe ISO 14083 Abschnitt 5.2.4). Entsprechende THG-Emissionsfaktoren von Kältemitteln sind im Anhang zusammengestellt.

Kältemittelverluste im Transport

Können keine Primärdaten für die Nachfüllmenge an Kältemitteln erhoben werden, gibt die ISO 14083 im Anhang I einen Ansatz zur Mengenabschätzung vor. Sie nennt für Lkw, bei denen die Füllkapazität nicht bekannt ist, einen Wertebereich von 3 bis 8 kg Kältemittel und empfiehlt die Nutzung des Mittelwerts von 5,5 kg für mobile Frachteinheiten mit Temperaturregelung. Die jährliche Verlustrate kann zwischen 15 % und 50 % liegen. Es wird an dieser Stelle aber die Nutzung des höchsten Wertes für die Verlustrate (d. h. 50 %) empfohlen, um dem Prinzip einer konservativen Rechnung zu folgen. Spediteure geben eine jährliche Nachfüllrate von ca. 1 kg pro Kühlaggregat im Rahmen der Wartung für mobile Frachteinheiten mit Temperaturregelung an (Wagner vom Berg et al. 2023), was eher im unteren Wertebereich der Empfehlung der ISO liegt und einer Nachfüllmenge von 32,5 % entspricht.

Neben der Verlustmenge ist auch der jeweilig verwendete Kältemitteltyp aufgrund der sehr unterschiedlichen Emissionsfaktoren (siehe Anhang A.4) essenziell für die THG-Emissionsberechnung. Nach der im Jahr 2023 veröffentlichten NOW-Studie zu Kühlsystemen für den Straßengüterverkehr (vom Wagner Berg et al. 2023) sind aktuell häufig die Kältemittel R-404A, R-410A und R-452a im Einsatz. Zudem werden die neueren Kältemittel R-449A und R-454C genannt. Es wird erwartet, dass R-404A sukzessive durch R-452a ersetzt wird, da es weniger klimaschädlich ist und zudem R-404A seit 2020 nach der F-Gas-Verordnung (Verordnung (EU) Nr. 517/2014) in Neufahrzeugen verboten ist (vom Wagner Berg et al. 2023). Ist nicht bekannt, welches Kältemittel in den gekühlten Transporten verwendet wird, wird ein konservativer Ansatz empfohlen, d. h. bei älteren Fahrzeugen sollte R-404A und bei neueren Fahrzeugen R-452a angenommen werden.

Beispiel 8: Kältemittelverlust während des Transports

Im Fallbeispiel A sind alternativ die Transporte auch in einem Lkw mit Kühlaggregat denkbar. Für diesen ist die Leckage des verwendeten Kältemittels R-452a unbekannt und soll mittels der jährlichen Nachfüllmenge abgeschätzt werden. Dafür nimmt der

Spediteur die durchschnittliche Nachfüllmenge (32,5 %) eines mittelgroßen Kühlaggregats (5,5 kg) gemäß ISO 14083 Anhang I für den Lkw an, welcher in diesem Beispiel die TOC abbildet.

- 5,5 kg R-452a x 32,5 % = 1,7875 kg R-452a

Sollte der Spediteur die Nachfüllmenge während der regelmäßigen Wartungsarbeiten seiner Lkw dokumentieren, so kann er diese Primärdaten in der Kalkulation anstelle einer Abschätzung verwenden. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Wartungs- und damit Nachfüllzyklen ggf. nicht mit dem Berichtszeitraum der zu bewertenden TOC übereinstimmen. Zum Beispiel soll die Transportleistung in Tonnenkilometer für das Kalenderjahr 2023 berechnet werden, die Wartungsprotokolle decken jedoch den Zeitraum März bis Februar des Folgejahres ab. Die Umlegung auf das jeweilige Kalenderjahr kann durch die Berechnung eines monatlichen Durchschnittswertes zum Bilanzjahr zugeordnet werden.

- 04/2022 – 03/2023:
  1,700 kg Nachfüllmenge/12 Monate =
  0,1417 kg/Monat

  04/2023 – 03/2024:
  1,805 kg Nachfüllmenge/12 Monate =
  0,1504 kg/Monat

- 01/2023 – 12/2023:
  0,1417 kg/Monat x 3 Monate +
  0,1504 kg/Monat x 9 Monate = 1,7788 kg

Während die Daten aus der Abschätzung gemäß Anhang I der ISO als Sekundärdaten (Vorgabewerte) zu werten sind, stellen die Daten aus den Messungen des Spediteurs Primärdaten dar. Zwar konnte der Spediteur die Daten nicht 1:1 aus seiner Messung verwenden, er konnte die Nachfüllmenge aber auf der Grundlage direkter Messungen berechnen.

Die mit dem Kältemittelverlust verbundenen THG-Emissionen werden durch Multiplikation der Nachfüllmenge (unabhängig davon, ob dies Sekundär- oder Primärdaten sind) mit dem THG-Emissionsfaktor des Kältemittels (siehe Anhang A.4) berechnet, nachfolgend dargestellt anhand der Primärdaten.

- 1,7788 kg R-452a/a x 2.285 kg CO_2e/kg R-452a = 4.064 kg CO_2e/a

Um die absolute jährliche Leckage dem Transportkettenelement bzw. der TOC zuordnen zu können, müssen die THG-Emissionen noch mit der jährlichen Verkehrsleistung des Lkw (bzw. der TOC) verknüpft werden. In diesem Beispiel wird angenommen, dass die jährliche TOC-Aktivität des 40 t Sattelzuges 1.800.000 tkm beträgt.

- 4.064 kg CO_2e/a / 1.800.000 tkm/a = 2,26 g CO_2e/tkm

Diese THG-Emissionsintensität aufgrund von Kältemittelleckagen muss der THG-Emissionsintensität durch den Kraftstoffverbrauch der TOC hinzugerechnet werden.

Kältemittelverluste an Hubs

An Logistik-Hubs wurde einer Umfrage im Zeitraum 2021 bis 2023 zufolge von 66 % der ca. 850 teilnehmenden Standortbetreiber bestätigt, dass Kältemittel jährlich nachgefüllt werden: Am häufigsten wurden von den Betreibern die Kältemittel R-410A und 404A (je 19 %), R-717 (15 %), R-407C (8 %), R-134a (6 %) sowie R-448a und R-744 (je 5 %) genannt. Demnach kommen in Hubs mit mehr als 40.000 m² insbesondere R-717 (Ammoniak), R-744 (Kohlendioxid), R-404A, R-410A und R-1234yf zum Einsatz (Dobers und Jarmer 2023).

Sofern keine Primärdaten zu Kältemittelleckagen am Standort vorliegen, kann als Näherung eine durchschnittliche Nachfüllmenge von 0,5 g R-404A pro Tonne ungekühlte Fracht und 1,2 g R-404A pro Tonne gekühlte Fracht angenommen werden.[9]

9 Anmerkung: Die angegebenen Nachfüllmengen basieren auf einer kleinen Stichprobe an Logistikstandorten, die vollständige Datensätze zu Kältemitteltyp, Nachfüllmenge und Durchsatz am Standort zur Verfügung gestellt haben (Quelle: Projekt GILA). Hier ist weitergehende Forschung zur Ableitung repräsentativer Kennzahlen erforderlich. Um einen konservativen Ansatz zu verfolgen, wurde das Kältemittel mit dem höchsten Emissionsfaktor aus obiger Liste gewählt, d.h. R-404A.

Beispiel 9: Kältemittelverlust am Logistik-Hub
Im einem Tiefkühllager wird das Kältemittel R-410A eingesetzt, im Betrachtungszeitraum werden 15 kg dieses Kältemittels nachgefüllt. Zusätzlich verbraucht der Standort 2.000.000 kWh Strom im gleichen Zeitraum. Die THG-Emissionen des Hubs für den Betrieb (d. h. durch Kältemittelverluste) berechnen sich somit wie folgt:

- 15 kg x 2.225,5 kg CO_2e/kg = 33.383 kg CO_2e.

Die berechnete THG-Emissionsmenge durch Kältemittelverluste macht im Vergleich zu der des Stromverbrauchs (2.000.000 kWh x 493,96 g CO_2e/kWh = 987.920 kg CO_2e) einen Anteil von 3,3 % aus.

4.3 Fallbeispiele Teil 2

Im Abschnitt 3.3 wurden für die Fallbeispiele die ersten beiden Schritte durchlaufen und die Transportkette, die Transportkettenelemente sowie die zu ihnen zugehörigen Transport- und Hub-Aktivitäten ermittelt. Jetzt folgen die Schritte 3 und 4.

Fallbeispiel A: Transportdienstleistung im Güterverkehr (fortgesetzt von Seite 26)

Für die weitere Treibhausgasberechnung möchte das Unternehmen die THG-Emissionsintensitäten ermitteln.

Schritt 3: Zuordnung der TO/HO zu TOCs bzw. HOCs
In Schritt 3 werden die Eigenschaften der verschiedenen Transportkettenelemente näher untersucht und ähnliche Transport- bzw. Hub-Vorgänge in Transport- bzw. Hub-Vorgangskategorien zusammengefasst, um die Datensammlung zu erleichtern.

Das Unternehmen entscheidet sich dabei, TCE 1 und TCE 5 zu einer TOC A zusammenzufassen, da in beiden Fällen ein moderner Diesel-Sattelzug zum Einsatz kommt. Eine Nachfrage bei den durchführenden Transportunternehmen ergibt, dass im Vor- und Nachlauf jeweils ein Fahrzeug der Emissionsnorm Euro 6 a-c genutzt wird. Die Beladung des transportierten Containers ist mit 10 t bekannt. Da der Standardcontainer (TEU) ein Fassungsvermögen von etwa 20 t hat, entspricht dies einer mittleren Beladung von 50 %.

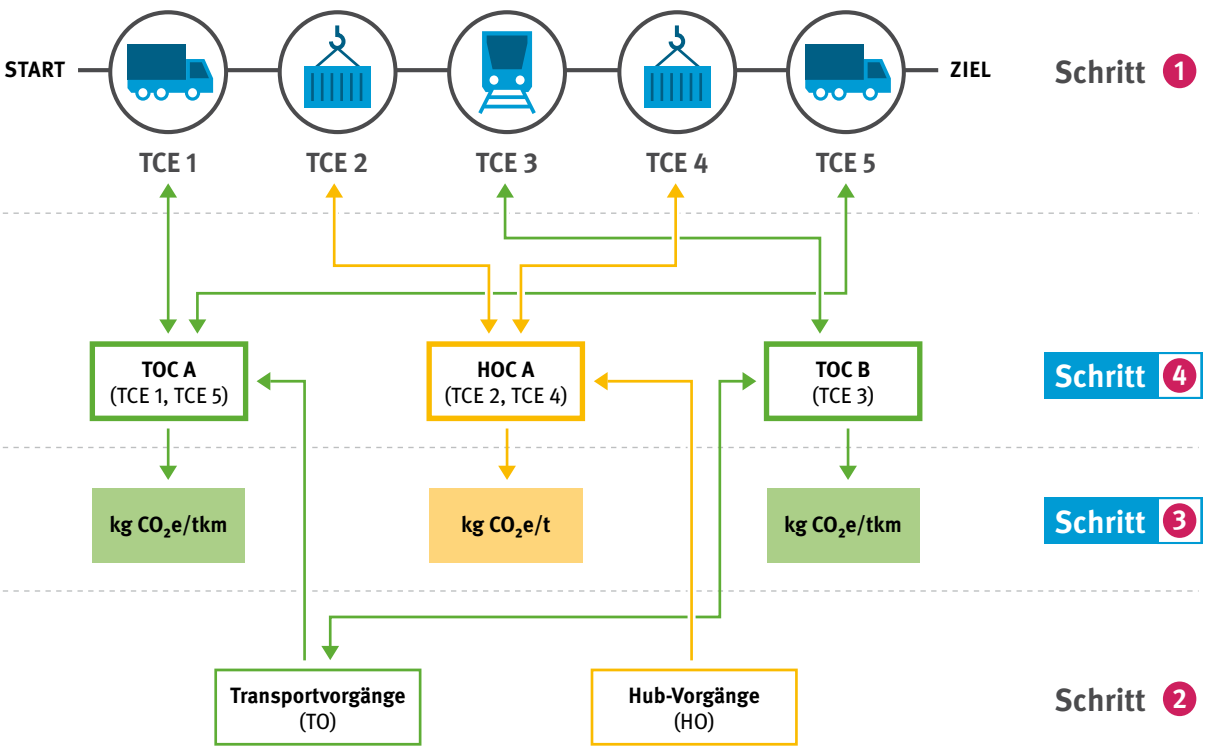
TCE 3 wird als eigener TOC B geführt und bezieht sich auf einen elektrisch betriebenen Containerzug mit einem Bruttogewicht von 1.000 t.

Auch die beiden Transportkettenelemente der Hubvorgänge werden zusammengefasst zu HOC A, da in beiden Fällen die Umladung an einem KV-Terminal erfolgt.

Eine grafische Darstellung der Transportkettenelemente und die Zuordnung zu den HOCs/TOCs zeigt die folgende Abbildung.

Abbildung 7

Darstellung der Schritte 3 und 4: Zuordnung von TOC und TO zur zu bewertenden Transportkette



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML

Schritt 4: Ermittlung der THG-Emissionsintensitäten der TOCs/HOCs

Für TOC A (Straße), TOC B (Schiene) und HOC A möchte das Unternehmen im Schritt 4 die THG-Emissionsintensitäten ermitteln. Dabei werden die verschiedenen THG verursachenden Aktivitäten jeweils getrennt voneinander angegeben und es wird eine Unterscheidung in die Energieträger vorgenommen. Da das transportierte Gut nicht gekühlt werden muss, müssen keine Kältemittelverluste bilanziert werden. Damit beschränken sich die THG verursachenden Aktivitäten auf die Nutzung von Energieträgern, und zwar Diesel für den Sattelzug und Strom für den Güterzug. Somit ist hier auch keine Allokation durchzuführen.

Da dem Unternehmen keine Primärdaten für HOC A vorliegen, entscheidet es sich, auf Vorgabewerte (Sekundärdaten) zurückzugreifen. Es entnimmt dem GLEC Framework (Smart Freight Centre 2023) den Vorgabewert von 10,7 kg CO_2e/Container Frachtumschlag. Zusammen mit einem Umrechnungsfaktor von 10 Tonnen pro Container ergibt sich der Faktor 1,07 kg CO_2e pro umgeschlagene Tonne, welcher für das Beispiel verwendet wird.

Für beide TOCs nutzt das Unternehmen modellierte Daten. Für TOC A kommt ein 40-t-Diesel-Sattelzug der Emissionsnorm Euro 6a-c 40 mit einer Beladung von 10 t zum Einsatz. Da das Unternehmen keine Informationen zum vollständigen Fahrzeugumlauf der Sattelzüge hat, nutzt es einen Vorgabewert für den durchschnittlichen Leerfahrtenanteil von 20 %. Für TOC B kommt ein elektrisch

betriebener Güterzug zum Einsatz. Für diesen Containerzug wird mit einer mittleren Beladung von 48 % und einem Leerfahrtenanteil von 20 % aus (EcoTransIT World 2023) gerechnet.

Der Ablauf der Berechnung ist hier nur in stark vereinfachter Form abgebildet. Als Ergebnis der Berechnung mit EcoTransIT World beträgt die THG-Emissionsintensität von TOC B (Güterzug) 14 g CO_2e/tkm (Energieträger: Strom). Für TOC A beträgt die THG-Emissionsintensität basierend auf der tatsächlichen Distanz 143 g CO_2e/tkm (gesamte THG-Emissionen, davon 103 g CO_2e/tkm aus dem Betrieb). Der Energieträger ist Diesel mit 6,3 % Biobeimischung. Mittels des Distanzanpassungsfaktors muss dieser Wert in eine THG-Emissionsintensität bezogen auf die SFD umgerechnet werden.

Diese THG-Emissionsintensitäten nutzt das Unternehmen, um die THG-Emissionen der TOCs wie folgt zu berechnen:

- THG-Emissionen TOC A: 143 g CO_2e/tkm x (525 tkm + 1.050 tkm) = 225,2 kg CO_2e (basierend auf der tatsächlichen Distanz)

- THG-Emissionen TOC B: 14 g CO_2e/tkm x 5.000 tkm = 70,0 kg CO_2e

Für die Umrechnung auf die THG-Emissionsintensität der TOCs wird nun jeweils die Transportaktivität basierend auf der kürzesten realisierbaren Distanz genutzt:

- THG-Emissionsintensität TOC A: 225,2 kg CO_2e / (500 tkm + 1.000 tkm) = 150 g CO_2e/tkm (davon 108 g CO_2e/tkm aus dem Betrieb)

- THG-Emissionsintensität TOC B: 70,0 kg CO_2e / 5.000 tkm = 14 g CO_2e/tkm (davon 0 g CO_2e/tkm aus dem Betrieb)

- THG-Emissionsintensität HOC A: 1.070 g CO_2e/t (davon 384 g CO_2e/t aus dem Betrieb (eigene Berechnung auf Basis von (Dobers et al. 2023b))

Die verwendeten THG-Emissionsfaktoren der Energieträger (inklusive Strom) sind im Anhang A.3 dokumentiert.

Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig die Angabe der verwendeten Distanz jeweils zum Verständnis der Ergebnisse ist.

Fallbeispiel B: Personentransporte einer Organisation (fortgesetzt von Seite 27)

Schritt 3: Zuordnung der TCEs zu TOCs bzw. HOCs

Das Omnibusunternehmen entscheidet sich, jeweils die Busse anhand ihrer Kraftstoffart und Größe zu TOCs zusammenzufassen. Diese TOCs decken sich auch annähernd mit bestimmten Buslinien, da die Busse üblicherweise immer auf denselben Linien unterwegs sind. So fahren z. B. die Elektrobusse eher auf den kürzeren, innerstädtischen Strecken (TOC B), während die Diesel-Standardbusse eher auf weniger genutzten Verbindungen fahren (TOC A). Allerdings sind teilweise auf einer Linie auch verschiedene Bustypen im Einsatz. So wird z. B. eine vielbefahrene Strecke morgens im Berufsverkehr von einem Gelenkbus (TOC A) bedient, während nachts auf derselben Strecke ein Standardbus (TOC C) eingesetzt wird.

Damit betrachtet das Unternehmen folgende TOCs:

- TOC A: 12 Gelenkbusse Diesel Euro 6 a-c + 2 Gelenkbusse Euro 6 d-e (entspricht den TCEs 1 bis 14)
- TOC B: 2 Gelenkbusse Elektro (entspricht den TCEs 15 und 16)
- TOC C: 4 Standardbusse Diesel Euro 6 a-c + 1 Standardbus Diesel Euro 5 (entspricht den TCEs 17 bis 21)

Da die Kraftstoffverbräuche der Busse mit derselben Antriebsart und derselben Größe sich zwischen den verschiedenen Emissionsklassen kaum unterscheiden, sind in den TOCs Busse mit verschiedenen Euro-Stufen zusammengefasst.

Schritt 4: Ermittlung der THG-Emissionsintensität der TOCs/HOCs
Alle dem Unternehmen vorliegenden Daten der Busse sind in Tabelle 9 gezeigt.

Tabelle 9

Daten für Fallbeispiel B

	Verbrauch Diesel (MJ/km)	Verbrauch Strom (MJ/km)	Jährliche Fahrleistung pro Bus	Kapazität pro Bus	Anzahl Busse
TOC A: Gelenkbus Diesel	14,1	–	55.000 km	90 Plätze	14
TOC B: Gelenkbus Elektro	–	7,5	50.000 km	90 Plätze	2
TOC C: Standardbus Diesel	10,7	–	52.000 km	60 Plätze	3

Anmerkung: Zu den Plätzen im Bus zählen sowohl Sitzplätze als auch Stehplätze.

Quelle: eigene Berechnung, ifeu/Fraunhofer IML

Für alle Busse wird mit der ermittelten einheitlichen mittleren Auslastung von 18 % gerechnet.

Unter Nutzung der THG-Emissionsfaktoren für Diesel bzw. Strom (siehe Anhang A.3) kann das Unternehmen die THG-Emissionen der TOCs und deren THG-Emissionsintensitäten berechnen.

Die gesamten THG-Emissionen einer TOC können in diesem Fallbeispiel dabei wie folgt berechnet werden:

THG-Emissionen = Verbrauch x Anzahl Fzg. x jährl. Fahrleistung x THG Emissionsfaktor

Damit werden jeweils folgende Werte pro TOC und Jahr ermittelt:

- TOC A: 1.018.387 kg CO_2e (davon 766.508 kg CO_2e aus dem Betrieb)
- TOC B: 46.125 kg CO_2e (davon 0 kg CO_2e aus dem Betrieb)

- TOC C: 260.952 kg CO_2e (davon 196.409 kg CO_2e aus dem Betrieb)

Im Anschluss werden die Transportaktivitäten der TOCs pro Jahr berechnet:

- TO der TOC A: 14 Fahrzeuge x 55.000 km/a x 90 Passagiere x 0,18 = 12.474.000 Pkm
- TO der TOC B: 2 Fahrzeuge x 50.000 km/a x 90 Passagiere x 0,18 = 1.620.000 Pkm
- TO der TOC C: 5 Fahrzeuge x 52.000 km/a x 60 Passagiere x 0,18 = 2.808.000 Pkm

Indem diese THG-Emissionen durch die dazugehörigen Transportaktivitäten der jeweiligen TOC geteilt werden, werden die THG-Emissionsintensitäten der TOCs bestimmt, die wie folgt sind:

- TOC A: 82 g CO_2e/Pkm (davon 61 g CO_2e/Pkm aus Betrieb)
- TOC B: 28 g CCO_2e/Pkm (davon 0 g CO_2e/Pkm aus Betrieb)
- TOC C: 93 g CO_2e/Pkm (davon 70 g CO_2e/Pkm aus Betrieb)

5 Berechnung von THG-Emissionen einer Transportkette

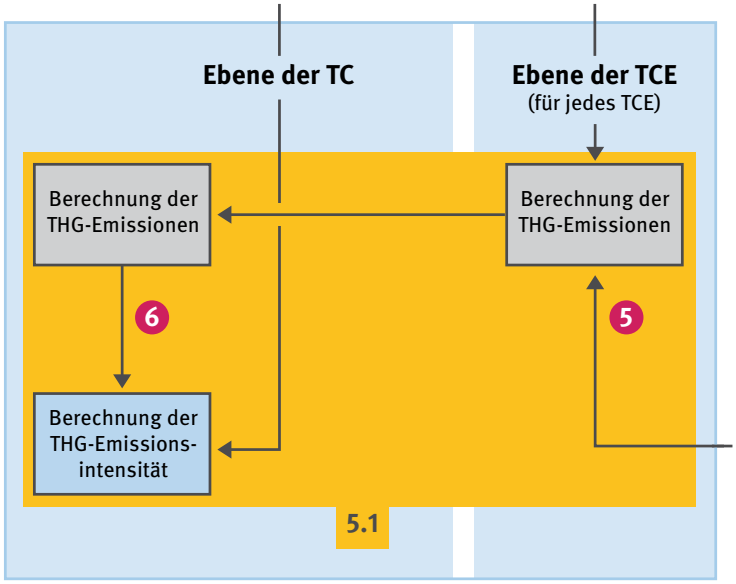
5.1 Von THG-Emissionsintensität zu THG-Emissionen der TCEs und TC

Um von der THG-Emissionsintensität der unterschiedlichen TOCs oder HOCs zu den THG-Emissionen der TCEs zu kommen, wird jeweils die Transport- bzw. Hub-Aktivität von jedem TCE mit der zugehörigen THG-Emissionsintensität der passenden TOC bzw. HOC multipliziert. Dabei ist darauf zu achten, dass – sofern nicht die Basiseinheit von Tonnen oder Tonnenkilometern verwendet wurde – eine einheitliche Einheit für die Transport- bzw. Hub-Aktivität bzw. einheitliche Umrechnungsfaktoren (siehe Anhang A.1) verwendet werden.

THG-Emissionen des TCE =
THG-Emissionsintensität TOC bzw. HOC x
Transport- bzw. Hub-Aktivität des TCE

Durch Aufsummieren aller THG-Emissionen der TCEs einer Transportkette werden die gesamten THG-Emissionen dieser Transportkette bestimmt. Diese können im Anschluss wieder zu einer THG-Emissionsintensität der Transportkette umgerechnet werden, indem die THG-Emissionen der Transportkette durch die Summe der Transportaktivität der Transportkette geteilt werden.

$$\text{THG-Emissionen der TC} = \frac{\sum \text{THG-Emissionen der TCEs}}{\sum \text{Transportaktivität der TCEs}}$$



Hub-Aktivitäten bleiben bei der Berechnung der Transportaktivität der Transportkette unberücksichtigt, ihre zugehörigen THG-Emissionen sind allerdings trotzdem in den THG-Emissionen der Transportkette und damit auch der THG-Emissionsintensität der Transportkette enthalten.

Die ISO 14083 bietet auch die Möglichkeit, die THG-Emissionen verschiedener Transportketten aufzusummieren, z. B. falls eine Organisation über alle ihre Transportprozesse berichten möchte.

5.2 Fallbeispiele Teil 3

Im vorigen Abschnitt 4.3 wurden für die Fallbeispiele die Schritte 3 und 4 durchlaufen und es wurde gezeigt, wie für die Transport- und Hub-Vorgangskategorien die zugehörigen THG-Emissionsintensitäten ermittelt wurden. Nun folgen die Schritte 5 und 6.

Fallbeispiel A: Transportdienstleistung im Güterverkehr (fortgesetzt von Seite 45)

Im vorigen Abschnitt 4.3 wurde gezeigt, wie für die Transportdienstleistung im Güterverkehr für die verschiedenen Transport- und Hub-Vorgangskategorien die zugehörigen THG-Emissionsintensitäten ermittelt wurden.

Schritt 5: Berechnung der THG-Emissionen der TCEs

Mithilfe dieser Angaben und den Transport-/Hub-Vorgängen aus Abschnitt 3.3. können nun in Schritt 5 die THG-Emissionen der einzelnen Transportkettenelemente nach obiger Formel berechnet werden.

- THG-Emissionen TCE 1: 0,150 kg CO_2e/tkm x 500 tkm = 75,0 kg CO_2e
- THG-Emissionen TCE 2: 1,07 kg CO_2e/t x 10 t = 10,7 kg CO_2e
- THG-Emissionen TCE 3: 0,014 kg CO_2e/tkm x 5.000 tkm = 71,9 kg CO_2e
- THG-Emissionen TCE 4: 1,07 kg CO_2e/t x 10 t = 10,7 kg CO_2e
- THG-Emissionen TCE 5: 0,150 kg CO_2e/tkm x 1.000 tkm = 150 kg CO_2e

Schritt 6: Berechnung der THG-Emissionen und der THG-Emissionsintensität der Transportkette

Im letzten Schritt summiert das Unternehmen nun alle THG-Emissionen der TCEs 1 bis 5 auf. Zudem ermittelt es die Transportaktivität der gesamten Transportkette, diese setzt sich zusammen aus der Summe der TO der TCEs 1, 3 und 5 und beträgt damit 6.500 tkm.

Um jetzt die THG-Emissionsintensität der Transportkette zu erhalten, werden die THG-Emissionen der Transportkette durch die Transportaktivität der Transportkette geteilt:

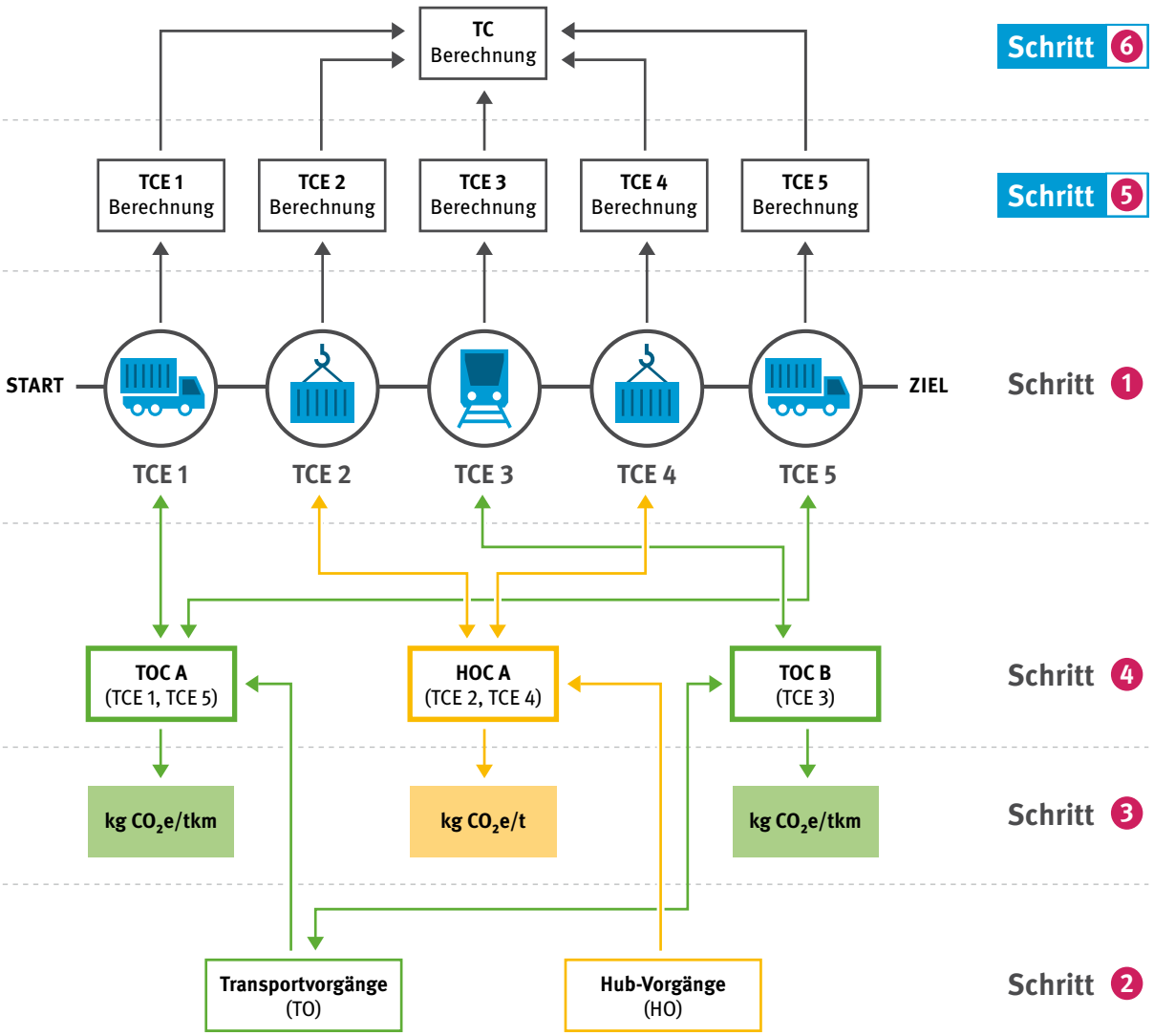
Damit sieht der Ablauf wie folgt aus:

- Summe der THG-Emissionen: (75,0 + 10,7 + 71,9 + 10,7 + 150) kg CO_2e = 318,3 kg CO_2e
- THG-Emissionsintensität der TC: 318,3 kg CO_2e / 6.500 tkm = 0,049 kg CO_2e/tkm

Wichtig ist dabei zu beachten, dass die finale THG-Emissionsintensität der ganzen Transportkette auch die THG-Emissionen der zwischengeschalteten Hubs enthält, auch wenn diese keinen Transportvorgang darstellen.

Abbildung 8

Darstellung der Schritte 5 und 6: THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten der Transportkettenelemente und Transportkette



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/Fraunhofer IML

Fallbeispiel B: Personentransporte einer Organisation (fortgesetzt von Seite 47)

Schritt 5: Berechnung der THG-Emissionen der TCEs

In diesem Fallbeispiel wird auf die Ausweisung der THG-Emissionen der einzelnen TCEs verzichtet (obwohl dies nach ISO notwendig ist), da sie nach den gleichen Regeln wie die TOCs berechnet werden.

Schritt 6: Berechnung der THG-Emissionen und der THG-Emissionsintensität der Transportkette(n)

Um die THG-Emissionen der Transportkette(n) (und damit auch die jährlichen THG-Emissionen der Organisation aus ihren Passagiertransporten per Bus) zu berechnen, können die THG-Emissionen von TOC A, TOC B und TOC C aufsummiert werden.

Die erhaltene Summe von 1.325.464 kg CO_2e (davon 962.917 kg CO_2e aus dem Betrieb) kann nun durch die Summe der Transportaktivitäten in Höhe von 16.902.000 Pkm geteilt werden, um die THG-Emissionsintensität der Personentransporte zu erhalten. Diese beträgt somit 78 g CO_2e/Pkm (davon 57 g CO_2e/Pkm aus dem Betrieb).

6 Berichterstattung nach ISO 14083

Die Berichterstattung ist ein integraler Bestandteil jeder THG-Emissionsberechnung nach ISO 14083. Daher enthält die ISO 14083 Vorgaben zum Rahmen der Berichterstattung und legt fest, welche weiteren Informationen berichtet werden müssen

Die einheitliche und transparente Berichterstattung ermöglicht einen Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen Partnern entlang einer Transportkette und unterstützt die Weiternutzung von Berechnungsergebnissen z. B. in anderen Berechnungen. Sie ermöglicht auch einen Vergleich zwischen verschiedenen Transportketten und Organisationen. Dabei ist jedoch essenziell, dass alle relevanten Rahmenbedingungen und Annahmen, die die Ergebnisse maßgeblich beeinflussen, eindeutig dokumentiert werden. Hierfür hat die ISO 14083 klare Anforderungen formuliert, die nachfolgend zusammenfassend vorgestellt werden.

Der Bericht kann aus zwei verschiedenen Perspektiven erfolgen: auf der Ebene der Transport- oder Hub-Dienstleistungen oder auf der Ebene der Organisation. Die berichtende Organisation kann ferner – unabhängig von der gewählten Berichtsebene – entscheiden, ob sie einen einzigen, alle erforderlichen Informationen umfassenden Bericht oder lediglich einen Kurzbericht erstellt, der aber durch zusätzliche Informationen an anderer Stelle (z. B. Verweis auf Internetseite) ergänzt wird. Nachfolgend wird daher auf die Mindestangaben (Kurzbericht) und die zusätzlichen Informationen näher eingegangen. Beide zusammen ergeben den ISO-konformen Bericht.

6.1 Kurzberichte

Kurzbericht auf Ebene der Transport- oder Hub-Dienstleistungen

Bei einem Bericht auf Ebene der Transport- oder Hub-Dienstleistungen beziehen sich die Informationen auf einzelne oder mehrere Transportkettenelemente. Sollte der Bericht mehrere Transportkettenelemente umfassen, können diese eine komplette Transportkette oder nur einen Teil dieser abbilden. In der nachfolgenden Tabelle sind alle Berichtselemente eines Kurzberichts zusammengefasst. Diese sind durch die zusätzlichen Informationen (siehe Abschnitt 6.2) zu ergänzen.

Kurzbericht auf Organisationsebene

Die Informationen eines Kurzberichts auf Organisationsebene beziehen sich entweder auf alle Transportketten oder auf einen Teil dieser, unabhängig davon, ob diese von der Organisation selbst betrieben oder einkauft werden. Der Bericht selbst kann nach Organisationsstrukturen unterteilt werden, beispielsweise Business Units, Regionen oder Tochtergesellschaften. Die ISO 14083 empfiehlt in diesem Fall, dass die Organisation mindestens einen Jahresbericht erstellt, der sich auf alle Vorgänge in zwölf aufeinanderfolgenden Monaten bezieht. Dieser Bericht kann durch Berichte über kürzere Zeiträume und/oder ausgewählte Fahrten und Vorgänge ergänzt werden.

Tabelle 10

Elemente des Kurzberichts auf Ebene der Transport- oder Hub-Dienstleistungen

Berichtselemente	Erläuterung
Identifizierung der erfassten Dienstleistungen	Angabe, welche Transportketten oder welche Transportkettenelemente in dem Bericht abgebildet werden, anhand einer erschöpfenden Liste der Dienstleistungen oder der Angabe des Erbringungszeitraums
Bezug zur ISO 14083	Verweis auf die DIN EN ISO 14083:2023 bzw. ISO 14083:2023
Gesamtergebnis zu THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten	Gesamtsumme, d. h. Summe über alle Transportkettenelemente (1) aus Betrieb und Energiebereitstellung ($G_{T,TC}$) bzw. $g_{T,TC}$ und (2) aus Betrieb ($G_{VO,TC}$ oder $G_{HEO,TC}$) bzw. ($g_{VO,TC}$ oder $g_{HEO,TC}$)*
Transportaktivität	Gesamtsumme, d. h. Summe über alle Transport-TCEs
Transportaktivitätsdistanz	Angabe der verwendeten Art (d. h. SFD oder GCD) (je Verkehrsträger)
Hub-Aktivität	Summe über alle Hub-TCEs
Teilergebnisse je Verkehrsträger und Hub	Für jeden Verkehrsträger und für Hub-Vorgänge (1) gesamte THG-Emissionen und Transportaktivität und/oder (2) THG-Emissionsintensitäten
Zusätzliche Informationen	Verweis auf die Stelle, wo die zusätzlichen Informationen veröffentlicht sind

Anmerkung: Die Abkürzungen/Formelzeichen sind im Glossar aufgeführt.
* Die THG-Emissionen aus dem Betrieb eines Fahrzeugs (G_{VO}) werden auch als TTW-Emissionen bezeichnet und können je nachdem, wer für den Betrieb verantwortlich und wer die THG-Emissionen berichten möchte, den Scope-1- oder Scope-3-Emissionen nach dem GHG Protocol zugeordnet werden.

Tabelle 11

Elemente des Kurzberichts auf Organisationsebene

Berichtselemente	Erläuterung
Identifizierung der erfassten Dienstleistungen	Angabe, welche Transportketten in dem Bericht abgebildet werden, ggf. Aufgliederung entsprechend der Organisationsstruktur
Bezug zur ISO 14083	Verweis auf die DIN EN ISO 14083:2023 bzw. ISO 14083:2023
Ergebnisse zu THG-Emissionen und THG-Emissionsintensitäten	Aus Betrieb und Energiebereitstellung (G_T) bzw. (g_T) (1) über alle Transportketten (2) über alle TCEs eines Verkehrsträgers und für Hub-Vorgänge Optional: ergänzt um entsprechende Werte zu THG-Emissionen aus dem Betrieb
Transportaktivitätsdistanz	Angabe der verwendeten Art (d. h. SFD oder GCD) (je Verkehrsträger)
Zusätzliche Informationen	Verweis auf die Stelle, wo die zusätzlichen Informationen veröffentlicht sind

6.2 Zusätzliche Informationen als Bestandteil der Berichterstattung

Die Kurzberichte stellen lediglich einen Bestandteil der vollständigen Berichterstattung gemäß ISO 14083 dar. Für eine vollständige Darstellung der Berechnungsergebnisse sind zusätzliche Informationen erforderlich, die leicht zugänglich, klar strukturiert und transparent hinsichtlich Datenbeschaffung und -berechnung sein sollen. Nachfolgend werden Leitfragen formuliert, anhand derer die berichterstattende Organisation entscheiden kann, ob und welche zusätzlichen Informationen sie veröffentlichen will bzw. muss, um ISO-14083-konform zu berichten.

Sind alle relevanten Prozesse in der Berechnung enthalten?

Grundsätzlich dürfen **keine der oben beschriebenen verpflichtend einzubeziehenden Prozesse**, Inputs oder Outputs ausgelassen werden. Sofern dies jedoch geschieht, müssen diese Entscheidung sowie die Gründe und Konsequenzen für die Weglassung in dem Bericht erläutert werden, ergänzt um ggf. verwendete **Abschneidekriterien** (siehe auch Abschnitt 2.1).
Bei der Berechnung von THG-Emissionen von Hub-Vorgängen steht die berichtende Organisation unter Umständen vor der Aufgabe, Energie, die von Fahrzeugen oder Schiffen verbraucht wird, die sich vorübergehend in einem Hub aufhalten, dem Transportvorgang zuzuordnen (siehe Tabelle 2). Sofern diese den Hub-Vorgängen zugeordnet werden, muss dies transparent berichtet werden.

Die ISO 14083 ermöglicht zudem, **optionale Prozesse** in die THG-Emissionsberechnung einzuschließen. Dies umfasst beispielsweise THG-Emissionen, die mit der Lagerung sowie dem (Um-)Verpacken von Gütern in Logistik-Hubs verbunden sind, oder solche, die durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie-(IKT)Equipment und von externen Datenservern entstehen. Sofern diese optionalen Aspekte mit berechnet worden sind, muss dies im Bericht deutlich angegeben werden. Die separate Ausweisung (Herausrechnen) der optionalen Bestandteile wird nicht gefordert.

An welcher Stelle wurden keine Primärdaten verwendet?

Nur wenn keine Primärdaten für einen Vorgang verfügbar sind, dürfen Sekundärdaten, d. h. modellierte Daten oder Vorgabewerte bei der THG-Emissionsberechnung zum Einsatz kommen. Die Verwendung von Sekundärdaten muss begründet und dokumentiert werden.

Wurden Daten modelliert oder Vorgabewerte verwendet?

Bei der Verwendung von Sekundärdaten schreibt die ISO 14083 die Verwendung einer tabellarischen Dokumentation zur Berichterstattung vor (siehe Tabelle 12). Die Tabelle beinhaltet Basis-Einflussparameter der Modellierung und darf bei Bedarf entsprechend um zusätzliche relevanten Eingangskenngrößen erweitert werden. Zu jedem verwendeten Modell muss die berichtende Organisation die untenstehende Tabelle ausfüllen und auf Anfrage zur Verfügung stellen.

Tabelle 12

Berichterstattung bei Verwendung von Sekundärdaten

Eingangskenngrößen der Modellierung und bei Verwendung abweichender Vorgabewerte für THG-Emissionsintensitäten

Modelltyp	
Energiebasierte Modellierung	ja/nein
Aktivitätsbasierte Modellierung	ja / nein

Parameter	Enthalten ja/nein	Zusätzliche Informationen Falls enthalten, vorwiegenden Eingabetyp angeben
Fahrzeugklasse/Fahrzeugflottenprofil	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Profil des Energieverbrauchs	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe

Fortsetzung nächste Seite

Parameter	Enthalten ja/nein	Zusätzliche Informationen Falls enthalten, vorwiegenden Eingabetyp angeben
Fahrzeugkonfiguration	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Karosserietyp/Masse des leeren Fahrzeugs	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Motortyp	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Motor-Emissionsklasse	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Vom Fahrzeug verwendete(r) Energieträger	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Anteil des Energieträgers	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Den Betrieb betreffend		
Frachttyp	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Anforderungen aufgrund der Fracht (z. B. Temperaturregelung, Gefahrgut)	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Verwendung spezieller Containertypen	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Auslastungsgrad oder durchschnittliche Ladung in Tonnen	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Dienstleistungsart (z. B. Lkw-Komplettladung/-Teilladung, Container-Komplettladung/-Teilladung)	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Umfang der Leerfahrten	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Merkmale der Fahrt		
Routenführung, einschließlich Stationen der Zwischenstopps	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Streckeneigenschaften	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Direkt/über Stationen/mehrere Sammlungen und Auslieferungen	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Fahrzyklus	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Straßentyp, Kanaltyp	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Innerstädtisch, gemischt, Fernstrecke	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Häufigkeit der Stopps	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Geschwindigkeitsprofil	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Topographie	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Geographisches Einsatzgebiet	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Strömungen, Strömungsgeschwindigkeit, Gegen-, Seiten- oder Rückenwind und Windgeschwindigkeit	ja / nein / nicht zutreffend	primär / modelliert / Vorgabe
Sonstiges		
...		

Quelle: DIN EN ISO 14083, Tabelle 3

Kommen Vorgabewerte zum Einsatz, muss deren Quelle berichtet werden. Sofern nicht die von der ISO 14083 in deren Anhang Q empfohlenen Quellen ausgewählt wurden (siehe Anhang A.5 im Leitfaden), ist die alternative Quellenauswahl zu begründen. Bei der Auswahl der Vorgabewerte soll die beste Übereinstimmung von Standardklassifizierung der THG-Emissionsintensität und den verkehrsträgerspezifischen Merkmalen einer TOC oder HOC erzielt werden. Sofern keine eindeutige Übereinstimmung möglich ist, müssen die ausgewählten Quellen dokumentiert werden, ebenso die Begründung der Auswahl.

Wie erfolgte gegebenenfalls eine Allokation von Emissionen?

Die Berichterstattung muss das gewählte Allokationsverfahren (z. B. flächenbezogener Allokationsschlüssel, siehe Beispiele in Abschnitt 4.2.2) transparent dokumentieren.

Welche Emissionsfaktoren wurden verwendet?

Die in der THG-Emissionsberechnung betrachteten Kraftstoffe müssen zusammen mit ihren THG-Emissionsfaktoren transparent dokumentiert werden. Die jeweilige Quelle muss ebenso aufgelistet werden.

Diese Anforderungen, die sich aus dem Anhang J.4 der ISO 14083 ergeben, können für berichtende Organisationen problematisch sein, sofern sie lizenzierte THG-Emissionsfaktoren verwenden, die gemäß Lizenzvertrag nicht veröffentlicht werden dürfen. Die Autorinnen und Autoren empfehlen in diesen Fällen, die Tabelle soweit wie möglich auszufüllen und ansonsten auf die externen „lizenzpflichtigen Daten“ zu verweisen. Durch die Angabe einer eindeutigen, d. h. reproduzierbaren Quelleninformation wird ermöglicht, dass diejenigen, die ebenfalls eine Lizenz besitzen, den THG-Emissionsfaktor reproduzieren können.

Tabelle 13

Dokumentation der Emissionsfaktoren von Kraftstoffen und Strom

Kraftstoff-typ	Spezifischer Heizwert [MJ/kg]	Dichte (1) [kg/l]	THG-Emissionen aus dem Betrieb [g CO_2e/MJ]	THG-Emissionen gesamt (2) [g CO_2e/MJ]	Biokraftstoff-beimischung [% Energiegehalt]	Quelle

(1) bei flüssigen Kraftstoffen; (2) aus dem Betrieb und der Energiebereitstellung

Mit Blick auf Biokraftstoffe empfiehlt die ISO 14083, die THG-Emissionen durch indirekte Landnutzungsänderungen (iLUC, englisch indirect land use change) separat im Bericht auszuweisen und die verwendeten Quellen nebst Annahmen transparent zu dokumentieren.

THG-Emissionsfaktoren aus der Energiebereitstellung müssen auch die Infrastruktur der Energiequelle beinhalten. Sollten die besten verfügbaren Datenquellen diese nicht enthalten, so ist das zu dokumentieren. Dies kann beispielsweise in der tabellarischen Dokumentation erfolgen.

Im Falle der Stromerzeugung räumt die ISO 14083 eine separate Quantifizierung der THG-Emissionen aus der Infrastruktur ein. Diese dürfen entsprechend getrennt dokumentiert und in den Bericht aufgenommen werden.

Sofern eine Organisation für ihren Stromverbrauch zusätzlich den eigenen Strommix nach dem marktbezogenen Ansatz verwendet hat, müssen die THG-Ergebnisse separat von den Berechnungen mit dem nationalen Strommix dokumentiert und berichtet werden. Sollen die THG-Emissionsergebnisse für die weitere Nutzung in Berechnungen zum Produkt Carbon Footprint gemäß ISO 14067 verwendet werden, so ist im Bericht zusätzlich der marktbasierte Strommix auszuweisen.

Die neueste Veröffentlichung zu Treibhauspotenzialen (GWP) der IPCC ist – zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des vorliegenden Leitfadens – der sechste Sachstandsbericht (Smith et al. 2021). Die verwendete Quelle muss transparent dokumentiert werden. Die Verwendung davon abweichender GWP (Zeithorizont von 100 Jahren, ohne Klima-Kohlenstoff-Rückkopplung) sollte erläutert werden.

Wurden alternative Einheiten der Transport- oder Hub-Aktivität verwendet?

Als Standardeinheit für Transport- und Hub-Aktivitäten für Fracht gibt die ISO 14083 Tonnen vor. Für manche Vorgänge, wie beispielsweise für Post- und Paketvorgänge und für containerisierte Fracht, räumt die Norm eine alternative Einheit ein. Die Wahl einer alternativen Einheit soll begründet und im Bericht dokumentiert werden. Beispiele für Umrechnungsfaktoren sind in Anhang A.1 aufgeführt.

Existieren nationale Vorgaben, die von der ISO 14083 abweichen?

Vorgaben von nationalen und internationalen gesetzgebenden Organen haben Vorrang vor der ISO 14083. Sollten diese die Verwendung einer bestimmten Quantifizierungsmethodik und/oder die Verwendung bestimmter THG-Emissionsfaktoren fordern, so ist die Methodik und sind die Quellen der THG-Emissionsfaktoren im Bericht eindeutig zu dokumentieren.

6.3 Fallbeispiele Teil 4

Fallbeispiel A: Transportdienstleistung im Güterverkehr (fortgesetzt von Seite 50)

Die Berichterstattung für das Fallbeispiel A erfolgt auf Ebene der Transportdienstleistung. Hierfür wird zunächst ein tabellarischer Kurzbericht erstellt. Anschließend werden die erforderlichen zusätzlichen Informationen zusammengestellt, die gemeinsam mit dem Kurzbericht oder separat veröffentlicht werden können.

Tabelle 14

Kurzbericht zum Fallbeispiel A

Berichtselemente	Erläuterung
Identifizierung der erfassten Dienstleistungen	Finale Transportkette
Bezug zur ISO 14083	Diese Berechnungsergebnisse wurden in Übereinstimmung mit ISO 14083:2023 ermittelt.
THG-Emissionen	gesamte THG-Emissionen der Transportkette: $G_{T,TC}$ = 318,3 kg CO_2e (davon 296,9 kg CO_2e aus Straße/Schiene und 21,4 kg CO_2e aus dem Hub) THG-Emissionen aus dem Betrieb der Transportkette: $G_{O,TC}$ =170 kg CO_2e (davon 162 kg CO_2e aus Straße und 8 kg CO_2e aus dem Hub)
THG-Emissionsintensitäten	gesamt aus Betrieb und Energiebereitstellung $g_{T,TC}$ = 0,049 kg CO_2e/tkm gesamt aus Betrieb$g_{O,TC}$ = 0,022 kg CO_2e/tkm
Transportaktivität der TC	6.500 tkm (Summe aller Transport-TCEs)
Transportaktivitätsdistanzen	Straße (TCE 1 und TCE 5): SFD Schiene (TCE 3): SFD
Hub-Aktivität	20 t (Summe über alle Hub-TCEs)
THG-Emissionsintensitäten nach Verkehrsträger*	Straße (TCE 1, TCE 5): 0,150 kg CO_2e/tkm Schiene (TCE 3): 0,014 kg CO_2e/tkm KV-Terminal (TCE 2, TCE 4): 1,07 kg CO_2e/t
Zusätzliche Informationen	nachfolgend

*Die ausgewiesenen TCE-Nummern sind nur für dieses Beispiel zur Veranschaulichung ergänzt und nicht grundsätzlich in der Berichterstattung erforderlich.

Zusätzliche Informationen:

- Sind alle relevanten Prozesse in der Berechnung enthalten?
  Ja, d. h. es ist keine weitere Dokumentation erforderlich.

- An welcher Stelle wurden keine Primärdaten, sondern Sekundärdaten verwendet?
  In der THG-Emissionsberechnung wurden für die einzelnen TCE unterschiedliche Datenkategorien verwendet, d. h. modellierte Daten für die Transporte TCE 1, TCE 3 und TCE 5, Vorgabewerte für den Umschlag in TCE 2 und TCE 4. Die Dokumentation des Modells erfolgt in Tabelle 15. Für den Umschlag am KV-Terminal wurde ein Vorgabewert nach GLEC Framework Version 3 verwendet.

- Eine Allokation war im Fallbeispiel nicht erforderlich und muss daher nicht dokumentiert werden.

- Welche THG-Emissionsfaktoren wurden verwendet?
  Es wurden THG-Emissionsfaktoren für Diesel und Strom bei der THG-Emissionsberechnung verwendet. An dieser Stelle sei auf den Anhang A.3 des Leitfadens verwiesen. Für den Umschlag am KV-Terminal wurde ein Vorgabewert nach GLEC Framework Version 3 verwendet.

Tabelle 15

Berichterstattung für die Verwendung von Sekundärdaten im Fallbeispiel A für die TCEs 1, 3 und 5

Eingangskenngrößen der Modellierung bzw. bei Verwendung abweichender Vorgabewerte für THG-Emissionsintensitäten

Modelltyp	
Energiebasierte Modellierung	ja/nein
Aktivitätsbasierte Modellierung	ja / nein

Parameter	Enthalten ja/nein	Zusätzliche Informationen Falls enthalten, vorwiegenden Eingabetyp angeben
Die Fahrzeugflotte betreffend		
Fahrzeugklasse/Fahrzeugflottenprofil	ja (für Straße)	modelliert
Profil des Energieverbrauchs	ja	modelliert
Fahrzeugkonfiguration	ja (für Straße)	modelliert
Karosserietyp/Masse des leeren Fahrzeugs	ja (für Straße)	modelliert
Motortyp	ja (für Straße)	primär
Motor-Emissionsklasse	ja (Straße)	primär
Vom Fahrzeug verwendete(r) Energieträger	ja	primär
Anteil des Energieträgers	ja	primär

Fortsetzung nächste Seite

Parameter	Enthalten ja/nein	Zusätzliche Informationen Falls enthalten, vorwiegenden Eingabetyp angeben
Den Betrieb betreffend		
Frachttyp	ja	primär
Anforderungen aufgrund der Fracht (z. B. Temperaturregelung, Gefahrgut)	nicht zutreffend (Umgebungs-temperatur)	primär
Verwendung spezieller Container-typen	ja	primär
Auslastungsgrad oder durchschnitt-liche Ladung in Tonnen	ja	primär (Straße) / modelliert (Schiene)
Dienstleistungsart (z. B. Lkw-Kom-plettladung/-Teilladung, Container-Komplettladung/Teilladung)	ja	primär
Umfang der Leerfahrten	ja	Vorgabe
Merkmale der Fahrt		
Routenführung, einschließlich Stationen der Zwischenstopps	ja	primär
Streckeneigenschaften	ja	modelliert
Direkt/über Stationen/mehrere Sammlungen und Auslieferungen	ja (direkt)	primär
Fahrzyklus	ja (Straße)	modelliert
Straßentyp, Kanaltyp	ja (Straßentyp) / nicht zutreffend (Kanaltyp)	modelliert
Innerstädtisch, gemischt, Fernstrecke	ja (Straße)	modelliert
Häufigkeit der Stopps	nein	
Geschwindigkeitsprofil	ja (Straße)	modelliert
Topographie	ja (Straße)	modelliert
Geographisches Einsatzgebiet	ja	primär
Strömungen, Strömungsgeschwindig-keit, Gegen-, Seiten- oder Rücken-wind und Windgeschwindigkeit	nein	
Sonstiges		
KV-Terminal	ja	Vorgabe

Fallbeispiel B: Personentransporte einer Organisation (fortgesetzt von Seite 51)

Die Berichterstattung für das Fallbeispiel B erfolgt auf Ebene der Organisation. Hierfür wird zunächst ein tabellarischer Kurzbericht erstellt. Anschließend werden die erforderlichen zusätzlichen Informationen zusammengestellt, die gemeinsam mit dem Kurzbericht oder separat veröffentlicht werden können.

Tabelle 16

Kurzbericht zum Fallbeispiel B

Berichtselemente	Erläuterung
Identifizierung der erfassten Dienstleistungen	alle Transportketten der Organisation (Personentransporte mit Bussen) innerhalb eines Kalenderjahres
Bezug zur ISO 14083	Diese Berechnungsergebnisse wurden in Übereinstimmung mit ISO 14083:2023 ermittelt.
THG-Emissionen	gesamte THG-Emissionen der Transportkette: $G_{T,TC}$ = 1.371.631 kg CO_2e (davon 1.279.339 kg CO_2e aus Diesel und 92.292 kg CO_2e aus Strom) THG-Emissionen aus dem Betrieb der Transportkette: $G_{O,TC}$ =962.917 kg CO_2e (alles aus Diesel)
THG-Emissionsintensitäten	gesamt aus Betrieb und Energiebereitstellung $g_{T,TC}$ = 0,080 kg CO_2e/Pkm gesamt aus Betrieb $g_{O,TC}$ = 0,056 kg CO_2e/Pkm
Transportaktivität	17.064.000 Pkm (Summe aller Transport-TCEs)
Transportaktivitätsdistanzen	SFD
Hub-Aktivität	17.064.000 Pkm (Summe aller Transport-TCEs)
Zusätzliche Informationen	nachfolgend

Zusätzliche Informationen

- Sind alle relevanten Prozesse in der Berechnung enthalten?
  Ja, d. h. es ist keine weitere Dokumentation erforderlich.

- An welcher Stelle wurden keine Primärdaten, sondern Sekundärdaten verwendet?
  Für die Busflotte der Organisation lagen Primärdaten sowohl für die Transportaktivität als auch für die THG verursachenden Aktivitäten vor. Somit mussten keine Sekundärdaten eingesetzt werden.

- Eine Allokation war im Fallbeispiel nicht erforderlich und muss daher nicht dokumentiert werden.

- Welche THG-Emissionsfaktoren wurden verwendet?
  Es wurden THG-Emissionsfaktoren für Diesel und Strom bei der THG-Emissionsberechnung verwendet. An dieser Stelle sei auf den Anhang A.3 des Leitfadens verwiesen.

Quellenverzeichnis

ADEME (2023): Bilans GES: Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre. https://bilans-ges.ademe.fr (14.12.2023).

DIN ISO 14083 (2023): Treibhausgase - Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen (ISO 14083:2023); Deutsche Fassung EN ISO 14083:2023. https://dx.doi.org/10.31030/3447231.

Dobers, K.; Jarmer, J.-P. (2023): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistis Hubs. DOI: 10.24406/publica-2261.

Dobers, K.; Perotti, S.; Jarmer, J.-P.; Fossa, A.; Romano, S. (2023a): Sustainability and GHG performance at logistics hubs. webinar. https://www.etp-logistics.eu/sustainability-and-ghg-performance-at-logistics-hubs/ (12.10.2023).

Dobers, K.; Perotti, S.; Wilmsmeier, G.; Mauer, G.; Jarmer, J.-P.; Spaggiari, L.; Hering, M.; Romano, S.; Skalski, M. (2023b): Sustainable logistics hubs: greenhouse gas emissions as one sustainability key performance indicator. In: Transportation Research Procedia. Vol. 72, S. 1153–1160. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.572.

Dobers, K.; Zimmermann, T.; Jarmer, J.-P. (2023c): REff Assessment Tool. In: REff Tool®, the GHG assessment Tool for logistics sites. Dortmund. https://reff.iml.fhg.de/. (14.12.2023).

EcoTransIT World (2023): Environmental Methodology and Data - Update 2023. https://www.ecotransit.org/wp-content/uploads/20230612_Methodology_Report_Update_2023.pdf (06.12.2023).

EN 16258 (2012): Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers).

Energy Conservation Centre Japan (2023): Act on the Rational Use of Energy. The Energy Conservation Centre Japan. https: //www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/overview/laws/index.html. (14.12.2023).

Europäische Kommission (2023): Europäische Kommission COM/2023/441 final Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Erfassung der Treibhausgasemissionen von Verkehrsdiensten 11.07.2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52023PC0441 (14.12.2023).

European Parliament (2018): Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance.). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001 (14.12.2023).

Fuel EU maritime (2021): Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0562 (17.01.2024).

INFRAS (2023): Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (Software, Version 4.2). https://www.hbefa.net.

IPCC (2023): Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. DOI: 10.1017/9781009157896.

John Beath; Nyx Black; Marjorie Boone; Guy Roberts; Brandy Rutledge; Amgad Elgowainy; Michael Wang; Jarod Kelly (2014): Contribution of Infrastructure to Oil and Gas Production and Processing Carbon Footprint. https://greet.anl.gov/files/oil-gas-prod-infra (06.12.2023).

Myhre, G.; Shindell, S.; Bréon, F. M.; Collins, W.; Fuglestvedt, J.; Huang, J.; Koch, D.; Lamarque, J.-F.; Lee, D.; Mendoza, B.; Nakajima, T.; Robock, A.; Stephens, G.; Takemura, T.; Zhang, H. (2013): 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; New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (06.12.2023).

Ranganathan, J.; Corbier, L.; Bhatia, P.; Schmitz, S.; Gage, P.; Oren, K. (2004): The Greenhouse Gas Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). World Resources Institute, Business Council for Sustainable Development, USA. https://www.wri.org/research/greenhouse-gas-protocol-0 (27.04.2023).

Smart Freight Centre (2019): Global Logistics Emissions Council (GLEC) Framework for Logistics Emissions Calculation and Reporting. Version 2.0.

Smart Freight Centre (2023): Global Logistics Emissions Council Framework. For Logistics Emission Accounting and Reporting. Version 3.0.

Smith, C.; Nicholls, Z. R. J.; Armour, K.; Collins, W.; Forster, P.; Meinshausen, M.; Palmer, M. D.; Watanabe, M. (2021): The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07.pdf (06.12.2023).

UK Government (2022): Greenhouse gas reporting: conversion factors 2021. https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021. (14.12.2023).

vom Wagner Berg, B.; Arens, U.; Kühne, U., Stenau, J. P. (2023): NOW-Studie: Klimafreundliche Kühlsysteme für den Straßengüterverkehr. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2023/07/NOW-Studie_Klimafreundliche-Kuehlsysteme-fuer-den-Strassengueterverkehr.pdf (14.12.2023).

World Resource Institute; World Business Council for Sustainable Development (2011): Greenhouse gas protocol. Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard : supplement to the GHG protocol corporate accounting and reporting standard. Washington DC, Geneva. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf (19.01.2024).

A Anhang

A.1. Wichtige Umrechnungsfaktoren

- 1 kWh = 3,6 MJ

Startwert, sofern keine spezifischen Werte verfügbar:

- 1 TEU = 10 t (Smart Freight Centre 2023)
- 1 Palette = 300 kg (Dobers und Jarmer 2023)
- Tabelle 3: Distanzen und Distanzanpassungsfaktoren
- Tabelle 5: Passagieräquivalente von RoPax-Fähren und Zügen

A.2 TOC-Merkmale der verschiedenen Verkehrsmittel

TOC-Merkmale im Luftverkehr gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle A.1

- Streckenlänge: „kurz (z. B. < 1.500 km)“ ODER „lang (> 1.500 km)“
- Flugzeugkonfiguration: „Passagierflugzeug ohne Fracht“ ODER „Ausgewiesenes Frachtflugzeug“ ODER „Passagierflugzeug mit Beifracht“

TOC-Merkmale bei Fracht auf Binnenschiffen gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle C.1

- Frachttyp: „trockenes Massengut“ ODER „flüssiges Massengut“ ODER „Container“ ODER „massebegrenzte, allgemeine Fracht“ ODER „volumenbegrenzte, allgemeine Fracht“
- Größenkategorie des Schiffs: „< 50 m“ ODER „50 m bis 80 m“ ODER „80 m bis 110 m“ ODER „110 m bis 135 m“ ODER „> 135 m“
- Schiffskonfiguration: „einzelnes Schiff“ ODER „Schubverband“
- Bedingungen: „bei Umgebungstemperatur“ ODER „mit Temperaturregelung“
- Art der Wasserstraße: „Kanal“ ODER „Fluss“ ODER „Binnensee“

TOC-Merkmale bei Passagieren auf Binnenschiffen gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle C.2

- Betriebsart des Schiffs: „Flusskreuzfahrt“ ODER „RoPax-Flussfähren“ ODER „Wasserbus“ ODER „Wassertaxi“
- Größenkategorie des Schiffs: variiert nach Schiffstyp
- Bedingungen: „nur Transport“ ODER „Transport und andere Dienstleistungen (Restaurant, Beherbergung usw.)“
- Art der Wasserstraße: „Kanal“ ODER „Fluss“ ODER „Binnensee“

TOC-Merkmale im Schienengüterverkehr gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle E.1

- Vorgangsart: „Frachttransport im Fernverkehr: Ganzzug“ ODER „Frachttransport im Fernverkehr: Einzelwagen“ ODER „Frachttransport im Fernverkehr: Wagen für Kombinierten Verkehr“ ODER „Frachttransport im Nahverkehr (Zubringerverkehr)“
- Frachttyp: „durchschnitt/gemischt“ ODER „in Containern/Wechselbrücken“ ODER „trockenes Massengut“ ODER „flüssiges Massengut“ ODER „Fahrzeugtransport“ ODER „Sattelanhänger“ ODER „Sonstiges“
- Bedingungen: „bei Umgebungstemperatur“ ODER „mit Temperaturregelung“
- Antrieb: „Elektromotor: festes Stromversorgungssystem“ ODER „Elektromotor: Energiespeicherung im Zug (Batterie)“ ODER „Elektromotor: Energiespeicherung im Zug (Brennstoffzelle)“ ODER „Verbrennungsmotor“ ODER „Sonstige“

TOC-Merkmale im Schienenpersonenverkehr gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle E.2

- Betriebsart des Zuges: „Personenzüge im Fernverkehr“ ODER „Personenzüge im regionalen Nahverkehr“ ODER „städtischer Passagiertransport: Vorortzüge“ ODER „städtischer Passagiertransport: Tram (Straßenbahn)“ ODER „städtischer Passagiertransport: U-Bahn (Metro)“

- Fahrgastkomfort: „Nachtzüge (langsame Züge)“ ODER „Fahrzeugzüge (langsame Züge)“ ODER „Luxuszüge (langsame Züge)“ ODER „Hochgeschwindigkeitszüge“ ODER „Sonstiges“
- Antrieb: „Elektromotor: festes Stromversorgungssystem“ ODER „Elektromotor: Energiespeicherung im Zug (Batterie)“ ODER „Elektromotor: Energiespeicherung im Zug (Brennstoffzelle)“ ODER „Verbrennungsmotor“ ODER „Sonstige“

TOC-Merkmale im Straßengüterverkehr gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle F.1

- Frachttyp: „trockenes Massengut“ ODER „flüssiges Massengut“ ODER „Container“ ODER „Paletten“ ODER „massebegrenzte allgemeine Fracht (Schwergut)“ ODER „volumenbegrenzte allgemeine Fracht (Leichtgut)“ ODER „Fahrzeugtransport“
- Bedingungen: „bei Umgebungstemperatur“ ODER „mit Temperaturregelung“
- Art der Fracht: „Punkt-zu-Punkt (Fernverkehr)“ ODER „Pickup und Delivery“
- Vertragstyp: „Gemeinschaftstransport“ ODER „spezieller Vertrag (Charter)“

TOC-Merkmale im Straßenpersonenverkehr gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle F.2

- Transportmittel: „gemeinsam genutzte öffentliche Verkehrsmittel (z. B. Bus)“ ODER „geteilter Individualverkehr (z. B. Taxi)“ ODER „privat genutzte Verkehrsmittel (z. B. eigenes Fahrzeug)“
- Art der Fahrt: „Stadtverkehr“ ODER „Randzonenverkehr“ ODER „Regionalverkehr“ ODER „Fernverkehr“ ODER „spezielle Linien (z. B. Schulbus)“
- Passagierauslastungsgrad: „diskrete Anzahl von Personen (1, 2, 3 usw.)“ ODER „durchschnittlicher Belegungsgrad“

TOC-Merkmale bei Fracht auf Seeschiffen gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle G.1

- Schiffstyp: „Massengutfrachter“ ODER „Chemikalientankschiff“ ODER „Stückgutfrachter“ ODER „Ro-ro-(Roll-on-roll-off-)Fracht” ODER „Flüssiggastankschiff“ ODER „Öltankschiff” ODER „sonstige Flüssigkeitstankschiffe” ODER „Containerschiff” ODER „Fahrzeugtransportschiff”
- Zustand der Fracht: „bei Umgebungstemperatur“ ODER „mit Temperaturregelung“ ODER „Mischung aus Umgebungstemperatur und Temperaturregelung“
- Art der Dienstleistung: „geplant (nach Start- und Zielpaaren)“ ODER „Tramp“

TOC-Merkmale bei Passagieren auf Seeschiffen gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle G.2

- Schiffstyp: „Passagierfähre“ ODER „Kreuzfahrtschiff“
- Schiffsgröße: variiert nach Schiffstyp (weitere Infos in DIN EN ISO 14083 Tabelle G.4)
- Art der Dienstleistung: „geplant (nach Start- und Zielpaaren)“ ODER „gechartert“

TOC-Merkmale bei Kombination von Passagieren und Fracht auf Seeschiffen gemäß DIN EN ISO 14083 Tabelle G.3

- Schiffstyp: „RoPax-Fähre (Mischung von Roll-on-roll-off-Fracht und Passagieren)“
- Schiffsgröße: variiert nach Schiffstyp (weitere Infos in DIN EN ISO 14083 Tabelle G.4)
- Art der Dienstleistung: „geplant (nach Start- und Zielpaaren)“ ODER „gechartert“

A.3 THG-Emissionsfaktoren üblicher Energieträger

Im Rahmen der Arbeiten an diesem Leitfaden konnten keine eigenen Analysen für THG-Emissionsfaktoren von Energieträgern durchgeführt werden. Die im informativen Anhang der ISO 14083 enthaltenen beispielhaften Faktoren gelten jedoch nach neueren Erkenntnissen zu erhöhten Methanemissionen aus der Erdöl- bzw. Erdgasgewinnung als überholt. Deshalb wurden hier die THG-Emissionsfaktoren der gängigsten europäischen Energieträger basierend auf den Arbeiten für das Bewertungstool EcoTransIT World zusammengestellt (EcoTransIT World 2023). Diese Faktoren wurden auch für die Berechnungen in den Fallbeispielen genutzt.

Tabelle 17

THG-Emissionsfaktoren europäischer Energieträger

Energieträger	Unterer Heizwert [MJ/kg]	Dichte [kg/l]	THG-Emissionen Betrieb [g CO_2e/MJ]*	THG-Emissionen Energiebereit-stellung [g CO_2e/MJ]	THG-Emissionen gesamt [g CO_2e/MJ]
Benzin	42,5	0,743	74,96 (davon 74,82 aus CO_2)	24,01	98,97
Ethanol (40 % Mais, 35 % Zucker-rübe, 25 % Weizen)	27,0	0,780	0,14 (davon 0 aus CO_2)	47,90	48,03
Diesel	42,8	0,832	75,26 (davon 74,10 aus CO_2)	22,56	97,82
Diesel mit 6,3 % Biodiesel	42,4	0,836	70,6	23,22	93,8
Biodiesel (50 % Raps, 40 % Alt-speisefett, 10 % Soja)	37,0	0,892	1,16 (davon 0 aus CO_2)	34,22	35,38
HVO (50 % Raps, 50 % Altspeisefett)	44,0	0,770	1,16 (davon 0 aus CO_2)	28,56	29,72
CNG (Lkw mit Ottomotor)	49,2	-	56,08 (davon 55,14 aus CO_2)	21,04	77,12
Bio-CNG (40 % Mais, 40 % Gülle, 20 % Bioabfall) (Lkw mit Ottomotor)	50,0	-	0,93 (davon 0 aus CO_2)	24,72	25,65
LNG (Lkw mit Ottomotor)	49,1		57,35 (davon 56,42 aus CO_2)	25,77	83,12
LNG-Seeschiff (Ottomotor, Zweistoff, mittlere Geschwindigkeit)	49,1	-	74,10 (davon 56,42 aus CO_2)	25,77	99,87
Kerosin	43,0	0,800	74,15 (davon 73,49 aus CO_2)	20,00	94,13
HFO (2,7 % S-Gehalt)	41,2	0,970	77,06 (davon 75,73 aus CO_2)	16,89	93,95
VLSFO (0,5 % S-Gehalt)	41,3	0,975	78,87 (davon 77,54 aus CO_2)	20,84	99,85
ULSFO (0,1 % S-Gehalt)	41,1	0,939	78,87 (davon 77,54 aus CO_2)	20,43	99,30
Verbrauchsmix DE 2021 (Mittelspannung)	-	-	0	123	123
Verbrauchsmix DE 2021 (am Zug-Pantograph)	-	-	0	131	131

* In dieser Spalte sind jeweils zusätzlich die reinen CO_2-Emissionen aus dem Betrieb angegeben, da diese nur vom Energieträger und nicht von dessen Nutzung abhängig sind.

Quelle: eigene Berechnungen, ifeu-Institut für EcoTransIT World und THG-Emissionen Energiebereitstellung aus ecoinvent 3.9.1 für Benzin, Diesel, Kerosin und HFO

Anmerkungen zur Tabelle:

- Die THG-Emissionen aus dem Betrieb setzen sich aus den CO_2-Emissionen aus dem Betrieb und den Nicht-CO_2-THG-Emissionen aus dem Betrieb zusammen. Da die Nicht-CO_2-THG-Emissionen nicht nur vom Kraftstofftyp, sondern auch vom Einsatzzweck abhängen, sind hier als Information die (fossilen) CO_2-Emissionen zusätzlich getrennt ausgewiesen.

- Zur Berechnung der Nicht-CO_2-THG-Emissionen aus dem Betrieb wurde eine bestimmte Fahrzeugkonfiguration ausgewählt, dies sind ein Benzin-LNF (Leichtes Nutzfahrzeug) N1-III Euro 6ab, ein Diesel-Sattelzug 40 t Euro 6a-c, ein CNG- bzw. LNG-Sattelzug 40 t Euro 6a-c (mit Ottomotor), ein Flugzeug bei Kerosin und ein Seeschiff bei HFO/USLFO/VLSFO.

- Die hohen Nicht-CO2-THG-Emissionen des LNG-Seeschiffes resultieren aus dem relativ hohen Methanschlupf des eingesetzten Ottomotors. Sie betragen bei mittlerer Geschwindigkeit 3,1 Masse-Prozent des eingesetzten Kraftstoffes (Fuel EU maritime 2021).

Tabelle 18

Fokus Heizen an Hubs: THG-Emissionsfaktoren europäischer Energieträger

Energieträger	Unterer Heizwert [MJ/kg]	Dichte [kg/l]	THG-Emissionen Betrieb [g CO_2e/MJ]	THG-Emissionen Energiebereitstellung [g CO_2e/MJ]	THG-Emissionen gesamt [g CO_2e/MJ]
Prozessdampf (1) (4 atm, 140 °C)	2,74	0	110,42	24,01	110,42
Fernwärme (2)	-	0	106,12	47,90	106,12
Erdgas in Anlage mit <100 kW	keine Angabe	55,07	17,99	22,56	73,06
Biogas in Anlage mit <100 kW	keine Angabe	0,19	13,73	23,22	13,92
Leichtes Heizöl in 100-kW-Boiler	keine Angabe	78,93	22,33	34,22	101,26
Holzpellets in 300-kW-Anlage	keine Angabe	1,02	11,34	28,56	12,36
Holzhackschnitzel in 50-kW-Anlage	18,3	1,53	4,48	21,04	6,01

(1) market for heat, from steam, in chemical industry (RER);
(2) eigene Berechnung, Fraunhofer IML auf Basis von District heating (46 % natural gas, 54 % hard coal) (Europe without Switzerland)

Quelle: ecoinvent 3.9.1 cut-off, IPCC 2021

A.4 THG-Emissionsfaktoren üblicher Kältemittel

Die ISO 14083 empfiehlt, die aktuellen, von der IPCC veröffentlichten GWP-Werte mit Zeithorizont von 100 Jahren zu verwenden. Dies ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Leitfadens der 6. Sachstandsbericht (Smith et al. 2021), der jedoch noch nicht flächendeckend in Tools und Berichten angewendet wird. Aus diesem Grund sind in nachfolgender Tabelle die GWP-Werte aus dem aktuellen, sechsten (AR6) und dem vorherigen, fünften (AR5) Sachstandsbericht aufgeführt. Die GWP-Werte von Mischungen sind mit den angegebenen Anteilen entsprechend berechnet.

Tabelle 19

Beispielhafte Emissionsfaktoren für Kältemittel (in g CO_2e je g Kältemitteltyp)

Kältemitteltyp	Erläuterung	IPCC 2013 AR5	IPCC 2021 AR6
R-717	NH_3, Ammoniak	-	-
R-600a	C_4H_{10}, Isobutan	3,0	0,01
R-1234yf	$C_3H_2F_4$ // $CF_3CF{=}CH_2$, 2,3,3,3-Tetrafluorpropen	1,0	0,5
R-744	CO_2, Kohlenstoffdioxid	1,0	1,0
R-1234ze(E)	$C_3H_2F_4$ // trans-$CF_3CH{=}CHF$, (E)-1,3,3,3,-Tetrafluorpropen	1,0	1,4
R-32	CH_2F_2, Difluormethan	677,0	711,0
R-448a	Mischung, eigene Berechnung: 26 % R-32, 26 % R-125, 20 % R-1234yf, 21 % R-134a, 7 % R-1234ze(E)	1.273,5	1.478,8
R-449A	Mischung, eigene Berechnung: 25,7 % R-134a, 25,3 % R-1234yf, 24,7 % R-125, 24,3 % R-32	1.281,9	1.489,9
R-134a	CH_2FCF_3, 1,1,1,2-Tetrafluorethan	1.300,0	1.530,0
R-407C	Mischung, eigene Berechnung: 23 % R-32, 25 % R-125, 52 % R-134a	1.624,2	1.894,1
R-22	$CHClF_2$, Chlorodifluormethan	1.760,0	1.960,0
R-410A	Mischung, eigene Berechnung: 50 % R-32, 50 % R-125	1.923,5	2.225,5
R-407A	Mischung, eigene Berechnung: 20 % R-32, 40 % R-125, 40 % R-134a	1.923,4	2.250,2
R-542a	Mischung, eigene Berechnung: 11 % R-32, 59 % R-125, 30 % R-1234yf	1.945,1	2.285,0
R-404A	Mischung, eigene Berechnung: 44 % R-125, 4 % R-134a, 52 % R-143a	3.942,8	4.728,0
R-507	Mischung, eigene Berechnung: 50 % R-125, 50 % R-143a	3.985,0	4.775,0
R-507A	Mischung, eigene Berechnung: 50 % R-125, 50 % R-143a	3.985,0	4.775,0
R-115	$CClF_2CF_3$, Chloropentafluorethan	7.670,0	9.600,0

Weitere Emissionsfaktoren können dem Leitfaden für Logistikstandorte (Dobers und Jarmer 2023) entnommen werden.

Quelle: eigene Berechnungen, Fraunhofer IML basierend auf (Myhre et al. 2013) und (Smith et al. 2021)

A.5 THG-Emissionsintensitäten (Transporte/Hubs) und ihre Quellen

Die ISO 14083 verweist auf eine Quellenauswahl für Vorgabewerte für THG-Emissionsintensitäten in Anhang Q. Die Reihenfolge stellt keine Präferenz dar.

- GLEC-Framework Version 2.0 (Smart Freight Centre 2019)
  Anmerkung: Seit September 2023 ist eine aktualisierte Version 3 publiziert (Smart Freight Centre 2023).
- REff Tool® THG-Bewertungstool für Logistikstandorte (Dobers et al. 2023c)
- Frankreich: Datenbank Base Caron® (ADEME 2023)
- Japan: (Energy Conservation Centre Japan 2023)
- Vereinigtes Königreich (UK Government 2022)

▸ **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

www.facebook.com/umweltbundesamt.de
www.twitter.com/umweltbundesamt
www.youtube.com/user/umweltbundesamt
www.instagram.com/umweltbundesamt/