

# Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik

Begriffe | Methoden | Beispiele



# Impressum

---

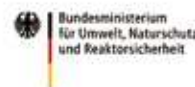
## Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik (April 2011)

Autoren: Dipl.-Ing. **Martin Schmied**  
Öko-Institut e.V.,  
Schicklerstraße 5-7, 10179 Berlin  
(E-Mail: M.Schmied@oeko.de)  
und  
Dipl.-Wirtschafts-Ing. **Wolfram Knörr**  
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH,  
Wilckens Straße 3, 69120 Heidelberg  
(E-Mail: Wolfram.Knoerr@ifeu.de)

Redaktionelle Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. **Christa Friedl**  
Wissenschaftsjournalistin  
Huelser Straße 487, 47803 Krefeld  
(E-Mail: Christa.Friedl@web.de)

Herausgeber: **DSLVL Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V.**  
Weberstraße 77, 53113 Bonn  
www.dslv.org, www.spediteure.de  
Kontakt: Dipl.-Volkswirt Frank Huster  
Tel.: +49 (0) 228-91440-0  
(E-Mail: FHuster@dslv.spediteure.de)

Herstellung: The Office Cross Media GmbH  
Medien Design und Produktion  
Pferdmengesstraße 30, 50968 Köln  
www.theoffice.de



Das diesem Leitfaden zugrunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Die in diesem Leitfaden bereitgestellten Informationen wurden sorgfältig recherchiert, geprüft und verarbeitet. Jedoch kann keine Garantie dafür übernommen werden, dass alle Angaben zu jeder Zeit vollständig, richtig und in letzter Aktualität dargestellt sind. Der DSLV weist ausdrücklich darauf hin, dass dieser Leitfaden nur allgemeine Informationen enthält und auf keinen Fall die rechtliche oder sonstige Beratung für Maßnahmen im Einzelfall ersetzt, die auf der Grundlage der in diesem Leitfaden enthaltenen Fachinformationen ergriffen werden. Soweit es sich nicht um vorsätzliche oder grob fahrlässige falsche Informationen handelt, ist eine Haftung des DSLV und der Autoren ausgeschlossen.

Die Inhalte dieses Leitfadens sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Mikroverfilmungen, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

---

---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Vorwort des DSLV und des UBA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Leitfaden zum Leitfaden</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Klimaschutz und Klimabilanzen in der Logistik</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Bevor es los geht – die wichtigsten Grundlagen</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Standards und Normen – welcher Rahmen existiert?</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Der Weg zu standardisierten Verbrauchswerten und Emissionen</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Allokation: Verbrauch und Emissionen der Einzelsendung</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Berechnungsmethoden für Transporte – zwei Wege, ein Ziel</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>Messung des Energieverbrauchs – aber wie?</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>Ohne Verbrauchsdaten schnell ans Ziel</b>	<b>30</b>
<b>11</b>	<b>Entfernungsbasierte Berechnungen im Detail</b>	<b>37</b>
<b>12</b>	<b>Berechnungen für Gebäude, Lager und Umschlag</b>	<b>40</b>
<b>13</b>	<b>Ergebnisse – und nun?</b>	<b>44</b>
<b>14</b>	<b>Informationen, die weiterhelfen</b>	<b>46</b>

In hoch entwickelten, arbeitsteiligen und international eingebundenen Volkswirtschaften sind Verkehre nicht unbegrenzt vermeidbar. Insbesondere der Güterverkehr ist kein Selbstzweck, sondern Grundlage für die globale Versorgung von Industrie, Handel und Bevölkerung. Spediteure üben hier zentrale Organisations- und Entscheidungsfunktionen aus. Doch können die vom Verkehr ausgehenden Umweltbelastungen nicht bestritten werden, aus ihnen entsteht eine Verantwortung für sämtliche Akteure der Logistik für den Erhalt der natürlichen Umwelt. Der DSLVL unterstützt daher auch grundsätzlich das vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung im Aktionsplan Güterverkehr und Logistik festgelegte Ziel, die Vereinbarkeit von Verkehrswachstum mit Umwelt- und Klimaschutzzielen zu fördern.

Die von der Europäischen Kommission in ihrem Weißbuch für den Verkehr festgelegten Treibhausgasreduktionsziele von bis zu 60% scheinen aus heutiger Sicht allerdings mehr als ambitioniert. Es dürfte abzusehen sein, dass angesichts des prognostizierten Verkehrswachstums allein eine Verlagerung von Güterverkehren von der Straße auf alternative Verkehrsträger ebenso so wenig Wirkung zeigen wird wie ein steigender Einsatz von Biokraftstoffen. Zu begrenzt ist das Potenzial beider Maßnahmen. Es ist vielmehr die Kombination mehrerer Maßnahmen, gemeinsam umzusetzen von Staat und Wirtschaft, die zur Senkung von Treibhausgasemissionen führen wird. Eine leistungsfähige Infrastruktur, neue Antriebstechnologien für sämtliche Verkehrsträger und die kritische Überprüfung bestehender logistischer Versorgungsstrukturen und Lieferketten werden darüber hinaus dazu beitragen, uns dem Ziel einer möglichst emissionsarmen Güterlogistik zu nähern. Bereits organisatorische und technische Einzelmaßnahmen, selbst wenn sie zunächst ökonomisch motiviert waren, bergen oftmals beträchtliches ökologisches Rationalisierungspotential mit positiven Auswirkungen auf die Umwelt. Die Umsetzung energiesparender Maßnahmen wirken sich dann nicht nur kostensenkend, sondern auch positiv auf die Klimabilanz eines Unternehmens aus.

Treibhausgasemissionen – und hier vor allem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Emissionen – haben sich offensichtlich als Messgröße für den Grad der Umsetzung „grüner“ Logistikaktivitäten etabliert, auch wenn hiermit nur Teilaspekte der „Grünen Logistik“ berücksichtigt werden. Doch erfüllt die reine Messung von Emissionen keinen Selbstzweck. Generell ist – wie in jeder anderen Branche – die Berechnung von Treibhausgasemissionen in Güterverkehr und Logistik eine Erkenntnishilfe und Grundlage, um Emissionen zu senken. Erst wenn das tatsächliche Ausmaß der selbst verursachten Emissionen festgestellt werden kann, ist es daraus anschließend möglich, Reduzierungs-, bzw. Vermeidungsstrategien abzuleiten. Wichtig ist es, zunächst ein realisierbares „Optimum“ als vielmehr ein „Maximum“ anzustreben.

Die Berechnung der von Speditions-, Logistik- und Transportbetrieben verursachten Treibhausgasemissionen ist zwar heute bereits grundsätzlich möglich, erfolgt aber überwiegend auf Grundlage uneinheitlicher Annahmen, die sich in verschiedenen Verfahren und Standards niederschlagen. Je globaler und diversifizierter eine speditionelle Dienstleistung aufgestellt ist, desto schwieriger wird die Erhebung von Treibhausgasemissionen. Angesichts der wohl steigenden Nachfrage nach belastbaren Aussagen über die vom Güterverkehrssektor verursachten THG-Emissionen, haben standardisierte Messverfahren eine hohe Bedeutung. Derzeit verfügbare CO<sub>2</sub>-Berechnungstools zeigen jedoch den Zielkonflikt zwischen „Genauigkeit“ einerseits und „einfacher Berechnung“ sowie „Transparenz“ auf der anderen Seite. Die Heterogenität der am Markt angebotenen logistischen Dienstleistungen zeigt sehr deutlich, dass die Anzahl und die Kombinationsmöglichkeiten zu Grunde zu legenden Prämissen sehr hoch ist, um Treibhausgasemissionen genau abbilden zu können.

Verschiedene Methoden zur CO<sub>2</sub>-Emissionsmessung sollen nun für Transport- und Logistikunternehmen in einer Europäischen Norm, der EN 16258, an deren Erarbeitung der DSLVL aktiv beteiligt ist, zusammengefasst werden. Sie enthält unter anderem standardisierte Verfahren zur Emissionsberechnung bei der Beförderung von Einzelsendungen und Teilladungen sowie Wege zur Ermittlung von Subunternehmerdaten. Die Europäische Norm wird im Dezember 2012 verfügbar sein.

Damit Speditionen heute schon starten können und bereits in die Lage versetzt werden, Treibhausgasemissionen zu berechnen oder berechnen zu lassen, hat sich der DSLVL entschlossen, den vorliegenden, mit Forschungsmitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit erstellten Leitfaden herauszugeben, der bestehende und zukünftige Verfahren zur Treibhausgasemissionsberechnung erläutert.

Mathias Krage  
Präsident des Deutschen Speditions- und Logistikverbands e.V. (DSLVL)

## Vorwort des Umweltbundesamtes (UBA)

---

Güterverkehr ist unverzichtbar für die Versorgung der Unternehmen mit Rohstoffen und Vorprodukten sowie der Konsumenten mit Ge- und Verbrauchsgütern. Er ist eine wichtige Voraussetzung für eine arbeitsteilige Produktion und ein breites Warenangebot. Je enger die Handelsverflechtungen zwischen Regionen sind und je weiter diese Regionen voneinander entfernt liegen, desto mehr Güterverkehr findet statt.

Der gesamte in Deutschland erbrachte Güterverkehrsaufwand – als Produkt von Transportaufkommen und Transportweite – ist zwischen den Jahren 2000 und 2009 um rund 17% gestiegen und wird voraussichtlich auch in den kommenden Jahrzehnten weiter zunehmen. So geht das Bundesverkehrsministerium (BMVBS) in einer Prognose bis 2025 von einem Wachstum der Güterverkehrsleistung auf der Straße um 79 Prozent gegenüber 2004 aus. Ein Nachteil dieser Entwicklung ist, dass dadurch die negativen Umweltwirkungen des Güterverkehrs zunehmen – allem voran der Ausstoß des klimaschädlichen Kohlendioxids (CO<sub>2</sub>). Der Güterverkehrssektor muss einen stärkeren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung leisten als bisher. Eine grundlegende Voraussetzung, um in einem Logistikunternehmen Initiativen zur Emissionsminderung zu entwickeln, ist, die betrieblichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Umfang und Ursprung zu kennen. So wird sichtbar, wo und wie der Energieverbrauch und somit auch die Emissionen am effizientesten reduziert werden können. Das bringt nicht nur eine direkte Kostenersparnis, sondern außerdem einen Wettbewerbsvorteil, wenn das ökologische Engagement an die Kunden kommuniziert wird.

Um Speditions- und Logistikunternehmen bei ihren Klimaschutzbemühungen zu unterstützen, haben BMU und UBA ein Forschungsvorhaben zum Emissionsmonitoring in der Logistikkette angestoßen, dessen Ergebnisse in diesen Leitfaden eingeflossen sind.

Denn nur was man kennt, kann man auch beeinflussen.

Jochen Flasbarth  
Präsident des Umweltbundesamtes

## 2 Leitfaden zum Leitfaden

### Warum dieser Leitfaden?

Die Berechnung von Treibhausgasemissionen ist nichts grundlegend Neues. Schon seit einigen Jahren ermitteln viele Betriebe, darunter auch Unternehmen aus der Speditions- und Logistikbranche, Kohlendioxidwerte für Produkte und Dienstleistungen. Allerdings: Die angewandten Rechenmethoden sind unterschiedlich, die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist oft zweifelhaft, eine Bewertung der Resultate nicht immer einfach.

Einige Beispiele:

Biokraftstoffe werden oftmals so bewertet, als ob sie keinerlei Treibhausgasemissionen verursachten. Diese Annahme ist falsch, denn Anbau, Ernte und Transport der für die Herstellung von Kraftstoffen verwendeten Pflanzen verbrauchen Energie und erzeugen in der Folge ebenso Emissionen wie die eigentliche Herstellung der Biokraftstoffe.

Einige Unternehmen lassen bei der Emissionsermittlung Leerfahrtenanteile der eingesetzten Fahrzeuge unberücksichtigt. Als Folge daraus bilden die ermittelten Werte nur einen Teil der Realität ab.

Ungenau sind oft auch Berechnungen im Flugverkehr, wenn Fracht und Passagiere in demselben Flugzeug transportiert werden, da die Methodik für die genaue Aufteilung der ermittelten Emissionen unbekannt ist.

Dieser Leitfaden will zu mehr **Genauigkeit, Transparenz und Einheitlichkeit** für die Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen in der Logistikbranche beitragen. Das heißt konkret: Wer seine Kraftstoff- und Energieverbräuche und die von ihm verursachten Emissionen berechnet, muss sich darüber im Klaren sein, welche Werte er verwendet, für welche Fahrzeuge und Strecken gerechnet wird, welche Umrechnungsfaktoren die richtigen sind und wie Verbrauch und Emissionen auf eine einzelne Sendung verteilt werden müssen.

Wer sich noch nie mit Emissionsbilanzen beschäftigt hat, wird erkennen, dass die Erstellung kompliziert und aufwändig, allerdings nicht unmöglich ist. Wie und nach welchen **Formeln** das geschehen sollte und welche **Hintergrundinformationen** dafür benötigt werden, soll dieser Leitfaden erläutern.

### Wo finden Sie was?

Der Aufbau des Leitfadens wird mit Hilfe eines Wegweisers zu Hintergrundinformationen und Berechnungshilfen erläutert:

- Unternehmen, die ihre Kraftstoffverbräuche und Treibhausgasemissionen berechnen wollen, müssen grundsätzliche Zusammenhänge, Begriffe und Standards kennen. Das notwendige **Basiswissen zu Klimaschutz und Klimabilanzen** enthalten die **Kapitel 3, 4 und 5**.
- **Kapitel 5** stellt außerdem den aktuellen **CEN-Normentwurf „Methode zur Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen“ (prEN 16258:2011)** vor. Dieser Standard wird erstmals europaweit zu einer Vereinheitlichung der Rechenmethodik führen und ist Grundlage bei allen Ausführungen und Beispielsrechnungen in diesem Leitfaden.
- In **Kapitel 6** beginnt die Praxis. Speditionen, die ihren eigenen Kraftstoff- und Stromverbrauch kennen bzw. selbst errechnen, erhalten hier feste **Umrechnungsfaktoren und Rechenformeln**, mit denen standardisiert Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für eine bestimmte Transportstrecke ermittelt werden können.
- **Kapitel 7** beschäftigt sich mit der **Allokation**: Wie werden ermittelte Verbräuche und Emissionen auf Einzelsendungen verteilt?
- **Kapitel 8** beschreibt die verschiedenen, im Normentwurf zulässigen **Methoden zur Ermittlung des Energieverbrauches** (Messung und Berechnung).
- **Kapitel 9** zeigt, welche verschiedenen Möglichkeiten es für die **Messung des Energieverbrauches** gibt und welche vom CEN-Normentwurf vorgegeben sind.
- Liegen keine Daten zu Fahrzeugverbrauch und Auslastung vor, kann mit Hilfe des **entfernungs-basierten Ansatzes** gerechnet werden. **Kapitel 10** erläutert wie das geht unterteilt nach Lkw, Bahn, Schiff und Flugzeug.



- **Kapitel 11** beschreibt **entfernungsbasierte Berechnungen** für Lkw im Detail.
- Nicht nur Fahrzeuge, sondern auch **Gebäude, Lager und Umschlag** verbrauchen Energie und erzeugen Emissionen. Berechnungshilfen liefert **Kapitel 12**.
- Zuletzt beschreibt **Kapitel 13**, wie **Ergebnisse richtig bewertet und kommuniziert** werden.

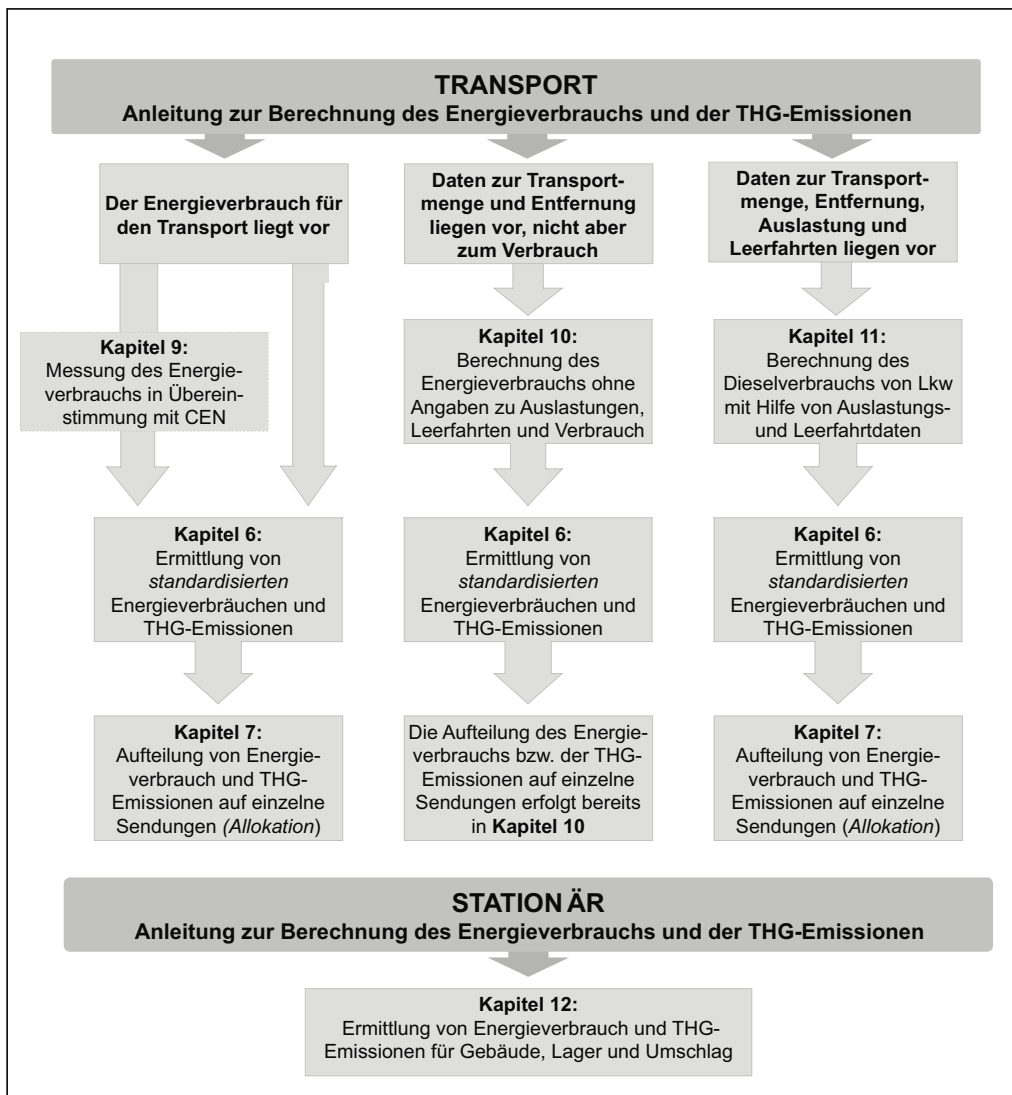


Abbildung 1: Wegweiser durch den Leitfaden

---

Außerdem ist wichtig zu wissen:

---

## CEN-Normentwurf als Grundlage

**Grundlage** für diesen Leitfaden ist der erste offizielle **CEN-Normentwurf prEN 16258:2011** (März 2011). Auch wenn einige Punkte bei Erstellung dieses Leitfadens noch nicht endgültig waren, bietet der bereits vorliegende Entwurf erstmals einen praktikablen Rechenweg, der zu realitätsnahen Ergebnissen führt. Er ermöglicht schon heute verlässliche Berechnungen, denn es gilt als sicher, dass die Methodik an sich nicht mehr verändert wird. Dagegen sind die Umrechnungsfaktoren für Energieverbräuche und Emissionen derzeit noch in der Diskussion. Emissionsfaktoren für einzelne Verkehrsmittel werden bewusst in der Norm, die Ende 2012 erscheinen wird, nicht genannt, vielmehr wird auf mögliche, zuverlässige Quellen verwiesen. Diese Quellen sind ebenfalls Basis für die im Leitfaden verwendeten Faktoren.

Die Angaben, Umrechnungsfaktoren und Rechenbeispiele gelten im Prinzip für **Deutschland und Europa**. Internationale Transporte mit Flugzeug und Bahn können nach den Vorgaben dieses Leitfadens berechnet werden.

Jedes Kapitel enthält im Praxisteil ein oder mehrere einfache **Rechenbeispiele**, die die Vorgaben des CEN-Normentwurfs umsetzen und verdeutlichen, wie vorzugehen ist. Zu beachten ist, dass in allen Beispielen mit gerundeten Zwischenergebnissen weiter gerechnet wird.

Dieser Leitfaden kann natürlich nicht alle in der Praxis denkbaren Transporte und Berechnungsfälle berücksichtigen – dies gilt insbesondere für die Verkehrsträger Bahn, Schiff und Flugzeug. Für die Beschreibung der detaillierten Vorgehensweise für diese Verkehrsmittel und spezielle Lkw-Transporte muss auf weiterführende Literatur verwiesen werden.

---

## Nutzen für den Leser

Zusammengefasst: Der Leitfaden bietet **zweierlei Nutzen**. Zum einen zeigt er durch **Rechenbeispiele** auf, wie Verbräuche und Emissionen nach dem neuen CEN-Normentwurf zuverlässig und realitätsnah ermittelt werden können. Zum anderen liefert er **Werte für die Berechnung**, z. B. Umrechnungsfaktoren für Kraftstoffe und Strom, spezifische Energieverbräuche, Daten für unterschiedliche Kraftstoffe und Verkehrsmittel, Faktoren für die Klimawirkung von Treibhausgasen und Kältemitteln. Der Leitfaden macht zudem durch Gegenüberstellung von Werten des CEN-Normentwurfs und bisher üblicherweise angewendeten Werten deutlich, worin die Unterschiede liegen.

Nicht zuletzt legt der Leitfaden großen Wert auf eine simple, aber oft vergessene Botschaft: Ein Ergebnis ist immer nur so gut wie die Datenquelle. Je mehr Werte für einen bestimmten Transport direkt gemessen werden, umso besser trifft das Ergebnis die Realität. Allerdings stehen in der Praxis tatsächliche Werte sehr häufig nicht zur Verfügung. Deshalb zeigt der Leitfaden Wege, wie auch mit Hilfe von Werten aus Datenbanken ein verwendbares Ergebnis entsteht.

Welche Methode auch immer genutzt wird: **Wesentlich ist, dass die gewählte Vorgehensweise für den Leser der abschließenden Resultate (intern oder Dritte) nachvollziehbar ist. Deshalb muss der Weg zum Ergebnis kommuniziert werden. Zahlenwerte können nur dann in eindeutige Aussagen umgemünzt werden, wenn klar ist, mit welcher Methode und unter welchen Randbedingungen sie ermittelt wurden. Nur dann ist eine Bewertung der Ergebnisse, ein Vergleich von Werten und die richtige Auswahl von Klimaschutzmaßnahmen möglich.**

Faktoren zum Umrechnen von Energieverbrauchsdaten in die **standardisierte Energieverbrauchseinheit MJ** und in **Treibhausgasemissionen**, wie sie im Leitfaden im weiteren Verlauf vorgestellt werden:

**Die wichtigsten Umrechnungsfaktoren im Überblick**

	Energieverbrauch			Treibhausgasemissionen (als CO <sub>2</sub> e = CO <sub>2</sub> -Äquivalente)		
	Einheit	Direkt (TTW)	Gesamt (WTW)	Einheit	Direkt (TTW)	Gesamt (WTW)
Diesel Deutschland	MJ/l	35,7	41,4	kg/l	2,50	2,94
Kerosin	MJ/kg	42,8	49,0	kg/kg	3,18	3,59
Schweröl für Schiffe	MJ/kg	40,4	45,5	kg/kg	3,15	3,39
Bahnstrom Deutschland	MJ/kWh	3,6	10,8	kg/kWh	0,000	0,574
Strom Deutschland	MJ/kWh	3,6	10,0	kg/kWh	0,000	0,589
Fernwärme Deutschland	MJ/kWh	3,6	4,1	kg/kWh	0,000	0,253
Erdgas – Heizwert	MJ/kWh	3,6	4,1	kg/kWh	0,202	0,249
Erdgas – Brennwert	MJ/kWh	3,2	3,7	kg/kWh	0,182	0,225
Heizöl	MJ/kg	35,8	42,0	kg/kg	2,67	3,15

**Durchschnittliche Verbrauchswerte pro Tonnenkilometer differenziert nach Verkehrsmitteln und Fahrzeugtypen:**

Verkehrsmittel/ Fahrzeuge	Energie	Einheit	Volumen- gut	Durch- schnittsgut	Massen- gut
Lkw < 7,5 t	Diesel	l/tkm	0,140	0,078	0,063
Lkw 7,5 – 12	Diesel	l/tkm	0,108	0,061	0,050
Lkw 12-24 t	Diesel	l/tkm	0,063	0,036	0,029
Last-/Sattelzug 24-40 t	Diesel	l/tkm	0,038	0,023	0,020
Zug mit Elektrotraktion	Bahnstrom	kWh/tkm	0,042	0,032	0,028
Zug mit Dieseltraktion	Diesel	l/tkm	0,011	0,009	0,008
Containerschiff	Schweröl	kg/tkm	0,0089	0,0051	0,0037
Massengutfrachter	Schweröl	kg/tkm	x	x	0,0017
Binnenschiff	Diesel	l/tkm	x	x	0,0114
Frachtflugzeug	Kerosin	kg/tkm	0,148	x	x
Belly-Fracht	Kerosin	kg/tkm	0,258	x	x

Mit Hilfe der oben stehenden Tabellen berechneten **Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer:**

Verkehrsmittel/ Fahrzeug	Energie	Einheit	Volumen- gut	Durch- schnittsgut	Massen- gut
Lkw < 7,5 t	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	412	229	185
Lkw 7,5 – 12	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	318	179	147
Lkw 12-24 t	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	185	106	85
Last-/Sattelzug 24-40 t	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	112	68	59
Zug mit Elektrotraktion	Bahnstrom	g CO <sub>2</sub> e/tkm	24	18	16
Zug mit Dieseltraktion	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	32	26	24
Containerschiff	Schweröl	g CO <sub>2</sub> e/tkm	30	17	13
Massengutfrachter	Schweröl	g CO <sub>2</sub> e/tkm	x	x	6
Binnenschiff	Diesel	g CO <sub>2</sub> e/tkm	x	x	34
Frachtflugzeug	Kerosin	g CO <sub>2</sub> e/tkm	531	x	x
Belly-Fracht	Kerosin	g CO <sub>2</sub> e/tkm	926	x	x

Wenn Politik, Medien und Umweltschutzorganisationen vor den Folgen des Klimawandels und der Erderwärmung warnen, ist der von Menschen verursachte (anthropogene) Treibhauseffekt gemeint und Ziel von Emissionssenkungs- oder -vermeidungsstrategien. Oft vergessen wird demgegenüber, dass es ohne einen – natürlichen – Treibhauseffekt kein Leben auf der Erde gäbe: Würden bestimmte Gase in der Lufthülle nicht einen Teil der Sonnenstrahlung in Wärme verwandeln, lägen die Durchschnittstemperaturen nicht bei plus 15°C, sondern bei minus 18°C. Klimawirksame Spurengase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Ozon, Lachgas und Methan sind also die Garanten dafür, dass die Erde überhaupt bewohnbar ist.

#### Der anthropogene Treibhauseffekt

Dennoch, im vergangenen Jahrhundert wurden u. a. durch den Betrieb von Kraftwerken durch industrielle Tätigkeiten, aber auch durch den Verkehr **immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre** emittiert. Bei der Verbrennung von Öl, Gas und Kohle, aber auch von Biomasse entsteht unvermeidlich Kohlendioxid, da sich der Kohlenstoff im Energieträger mit dem Luftsauerstoff verbindet. Dies ist eine unabänderliche chemische Gesetzmäßigkeit.

Die ökologischen Auswirkungen eines anhaltenden Klimawandels sind ebenso wie die sozialen Folgen dramatisch, die **wirtschaftlichen Folgekosten** beträchtlich. Dem Ende 2006 veröffentlichten Stern-Report zufolge, liegen die jährlichen Kosten für die Begrenzung des weltweiten Temperaturanstieges auf 2°C bei rund 1% des globalen Bruttoinlandproduktes. Noch teurer würde es, wenn die Staatengemeinschaft untätig bliebe. Dann könnte der Klimawandel zu jährlichen Verlusten von 5 bis 20% des globalen Bruttoinlandproduktes führen.

Da ein Anstieg der mittleren globalen Temperatur nicht mehr vermeidbar scheint, hat sich die Staatengemeinschaft zur Vermeidung schwerwiegender Klimafolgen darauf verständigt, den **weiteren Temperaturanstieg auf 2°C zu begrenzen** und die anthropogen verursachten **Treibhausgasemissionen bis 2050 weltweit um 50% zu reduzieren**. Ein überproportionaler Beitrag (bis 90%) wird von den Industriestaaten erwartet.

#### Logistik im Fokus der Klimapolitik

Die deutsche Bundesregierung hat sich zunächst verpflichtet, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 (gegenüber 1990) um 40% zu senken – ohne allerdings festzulegen, welcher Sektor welchen konkreten Beitrag leisten soll. Der Güterverkehr ist aber bereits im Fokus politischer Aktivitäten. Mehr und mehr verknüpft vor allem die europäische Politik die Gesetzgebung für den **(Güter-) Verkehr** mit der Umweltgesetzgebung. Vor allem bei den Diskussionen zur Internalisierung externer Kosten des Güterverkehrs spielen Umweltkosten eine große Rolle. Offen ist heute jedoch, ob sich Treibhausgasemissionen jemals als Messgröße für eine mögliche Anlastung in Form von Steuern oder Abgaben etablieren werden.

Unabhängig davon, alle Wirtschaftsbranchen diskutieren mittlerweile die Frage, wie sie ihren Ausstoß an Treibhausgasen mindern können. Diese Diskussion hat längst auch die **Logistikbranche** erreicht.

Es ist zu erwarten, dass auch Logistikprozesse Teil einer Klimaschutzstrategie der verladenden Wirtschaft werden – unabhängig davon, ob die Dienstleistung selbst oder von Sub-Unternehmen durchgeführt wird. Immer mehr Speditionen und Logistikunternehmen beschäftigen sich deshalb mit der Frage, wie Emissionen spürbar reduziert werden können – entweder, weil sie ihr Unternehmen als Vorreiter positionieren oder auf mögliche Anforderungen der verladenden Wirtschaft und der Politik vorbereitet sein wollen. Entscheidende Triebfeder für Transportdienstleister ist aber auch, die Abhängigkeit vom immer teurer werdenden Öl durch weitreichende Einsparungen so weit wie möglich zu verringern.

#### Standards und der CEN-Normentwurf prEN 16258:2011

Wer Klimaschutz wirkungsvoll betreiben möchte, muss zunächst die von ihm verursachten **Treibhausgasemissionen** möglichst präzise und verlässlich **erfassen**. Denn es gilt: „You cannot manage, what you cannot measure“.

Werden Höhe und Quellen der Treibhausgasemissionen ermittelt, die bei der Herstellung eines Produktes oder durch Dienstleistungen entstehen, spricht man von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)- bzw. **Treibhausgasbilanzen**.

Allerdings: Bisher gab es keine einheitlichen **Standards für die Berechnung** von Treibhausgasemissionen von Logistikdienstleistungen – mit der Folge, dass jedes Unternehmen dies auf unterschiedliche Art und Weise tut. Die zukünftige Europäische Norm **EN 16258 „Methode zur Berechnung**

---

**und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen“**, die Anfang 2011 als CEN-Entwurf **prEN 16258:2011** vorgelegt wurde, soll zu einer Vereinheitlichung der Rechenmethodik führen. Deshalb greift der vorliegende Leitfaden den Normentwurf auf und zeigt Wege, wie Treibhausgasemissionen für Transportprozesse standardisiert ermittelt werden können.

Eine standardisierte Berechnung ist zunächst notwendig, um sich von den erzeugten Emissionen überhaupt ein verlässliches Bild zu machen. Sie hilft zudem, finanzielle Mittel zielgerichtet dort einzusetzen, wo möglichst viel Energie und damit viel Emissionen eingespart werden können. Wer seine Emissionen über einen längeren Zeitraum nach der gleichen Methodik ermittelt, kann nicht zuletzt transparent und belastbar die Erfolge der eigenen Klimaschutzanstrengungen darstellen.

Viele Unternehmen der verladenden Wirtschaft gehen davon aus, dass eine standardisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen die Auswahl ihrer Logistikdienstleister erleichtert: Geringe CO<sub>2</sub>-Werte pro transportierter Tonne und Kilometer versprechen auf den ersten Blick klimafreundliche Transporte. Vor einem solchen simplen Vorgehen muss gewarnt werden: **Vergleiche von standardisierten CO<sub>2</sub>-Kennwerten unterschiedlicher Dienstleister sind nur dann möglich, wenn es sich um Transporte mit definierten Randgrößen handelt!**

**CO<sub>2</sub>-Kennwerte, auch wenn sie standardisiert berechnet werden, sind in der Regel als alleinige Parameter nicht aussagekräftig genug.** So lastet ein Paketdienstleister mit besonders schnellem Lieferservice seine Fahrzeuge womöglich schlechter aus als ein Konkurrent, der Sendungen sammelt und bündelt und erst nach mehreren Tagen zustellt. Selbst ein hochmoderner Fuhrpark kann die höheren Emissionen schwach ausgelasteter Fahrzeuge nicht kompensieren. Der schnelle Lieferant hat dann ggf. einen schlechteren CO<sub>2</sub>-Kennwert als die langsamere Konkurrenz – auch dann, wenn sich das Unternehmen ansonsten stark für Umwelt- und Klimaschutz engagiert.

Sinnvoller ist es, wenn Verlager ihre Logistikdienstleister daran messen, welche Fortschritte die Unternehmen generell im Klimaschutz erreicht haben. Standardisiert berechnete CO<sub>2</sub>- und Treibhausgas-Kennwerte können dabei wichtige Indizien sein. Sie können bei der objektiven Bewertung der Klimaschutzanstrengungen eines Logistikdienstleisters helfen.

**Eines ist noch wichtig festzuhalten: Die reine Messung von Treibhausgasemissionen erfüllt keinen Selbstzweck! In Einzelfällen ist es entscheidender, offenkundige Energiefresser und Ineffizienzen schnell zu beseitigen, ohne vorher exakte Emissionsmessungen durchgeführt zu haben! Lediglich Treibhausgasemissionen zu messen, ohne diese zu vermeiden, zumindest aber zu reduzieren, trägt nicht zum Klimaschutz bei.**

# 4 Bevor es los geht – die wichtigsten Grundlagen

Speditionelle und logistische Aktivitäten umfassen weit mehr als reine Transporte von A nach B. Güter müssen umgeschlagen, neu konsolidiert, zwischengelagert werden. Kraftstoffe, Strom, Wärme oder Kälte werden also nicht nur für den Transport benötigt, vielmehr entstehen Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Logistikkette und müssen in einer Treibhausgasbilanz berücksichtigt werden. Nur so entsteht ein vollständiges Bild. In der Regel entfällt auf Lagerung und Umschlag der kleinere Teil an Emissionen – im Einzelfall können sie aber von hoher Relevanz sein. Wesentlich für jede Berechnung ist die Frage, was genau bilanziert werden soll. Experten sprechen dabei von der **Festlegung der Systemgrenzen**.

## Direkte und indirekte Emissionen

Jeder Transport erzeugt unmittelbar Treibhausgasemissionen – die **direkten Emissionen**. Sie sind vom Fahrzeugtyp, von der Ladung, von der Entfernung und vom Kraftstoffverbrauch abhängig. Aber auch die Herstellung von Strom und Kraftstoffen, die Produktion von Fahrzeugen und Straßen und die Instandhaltung des Verkehrsnetzes verbrauchen Energie und verursachen Treibhausgase – die **indirekten Emissionen**.

Eine wichtige Rolle bei der Bilanzierung von Logistikdienstleistungen spielen die indirekten Emissionen durch die **Herstellung der Kraftstoffe**. Für Diesel müssen beispielsweise alle Emissionen – von der Gewinnung des Rohöls über dessen Transport zu den Raffinerien, die eigentliche Destillation des Diesels und dessen Transport zur Tankstelle – erfasst werden. Bei elektrisch betriebenen Verkehrsmitteln wie Bahnen wird stattdessen die Herstellung des benötigten Stroms bilanziert.

Auch der **CEN-Normentwurf „Methode zur Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen“ (prEN 16258:2011)** sieht vor, dass **indirekte Energieverbräuche und Emissionen der Energieprozesse berücksichtigt werden müssen**. Daher werden in diesem Leitfaden sowohl für die direkten Emissionen als auch für die Gesamtemissionen die Berechnungswege aufgezeigt. Gleiches gilt für den Energieverbrauch. Laut CEN-Standard sind indirekter Energieverbrauch und indirekte Emissionen, die durch die Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung von Fahrzeugen oder Verkehrsinfrastrukturen herrühren, für die Berechnung hingegen explizit nicht zu berücksichtigen.

### Definitionen von Energieverbrauch und Emissionen nach prEN 16258:2011

**Well-to-Tank** (Energievorkette): die systematische Erfassung von Energieverbrauch bzw. allen indirekten Emissionen der Kraftstoffbereitstellung von der Quelle bis zum Fahrzeugtank. Der Energieverbrauch umfasst auch Verluste bei der Herstellung der Energieträger z. B. in Kraftwerken oder in Hochspannungsleitungen.

**Tank-to-Wheel** (Fahrzeug): die systematische Erfassung aller direkten Emissionen des Fahrzeugbetriebes. Beim Verbrauch wird vom Endenergieverbrauch gesprochen.

**Well-to-Wheel** (Fahrzeug + Energievorkette): die Summe aus Well-to-Tank und Tank-to-Wheel, also aus direkten und indirekten Emissionen. Beim Verbrauch wird von Primärenergieverbrauch gesprochen, der neben dem Endenergieverbrauch alle Verluste aus der Vorkette mit einschließt.

## Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

Bei Logistikprozessen entstehen Emissionen in der Regel durch den Verbrauch von Kraftstoffen oder Strom. Sie lassen sich direkt mit festen Umrechnungsfaktoren aus dem Verbrauch errechnen. Sinnvoll – und vom Normentwurf prEN 16258:2011 gefordert – ist es daher, neben den Treibhausgasemissionen in einer vergleichbaren Energieeinheit den **Energieverbrauch** für die Transportdienstleistung auszuweisen. Im vorliegenden Leitfaden werden daher alle Energieverbräuche in die einheitliche Energieeinheit Megajoule umgerechnet.

**Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)** ist das Treibhausgas mit den weitreichendsten Auswirkungen. CO<sub>2</sub> und Treibhausgas (THG) werden daher oftmals synonym verwendet. Neben Kohlendioxid sind laut Kyoto-Protokoll aber noch fünf **weitere Treibhausgase** relevant: Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>). Die letztgenannten Spurengase entstehen oftmals nicht bei der Verbrennung von Öl, Gas oder Kraftstoffen, sondern bei industriellen Prozessen, oder sie gelangen direkt bei der Nutzung in die Umwelt (z. B. Fluorkohlenwasserstoffe als Kältemittel).

Viele Speditionen haben in der Vergangenheit oftmals ausschließlich die von ihnen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet. Die derzeit gültigen Standards und Normen fordern aber durchweg die **Ermittlung aller Treibhausgasemissionen**, denn manches Gas heizt bei gleicher Menge die Atmosphäre weitaus stärker auf als Kohlendioxid. Dieser Leitfaden weist daher die Gesamtmenge in Form so genannter **CO<sub>2</sub>-Äquivalente** aus. Für die CO<sub>2</sub>-Äquivalente ist das Global Warming Potential (GWP) ausschlaggebend: Je größer das GWP, umso stärker trägt das Gas zur Erderwärmung bei. Ein Kilogramm des Kältemittels R 404A beispielsweise verursacht CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen in Höhe von 3,9 t – das entspricht grob der Menge, die bei der Verbrennung von rund 1.300 l Diesel entsteht.

Bei Lkw-Transporten ist der Unterschied zwischen reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen und Äquivalenten nur gering – die Differenz liegt bei ca. 1%. Bei der Stromherstellung dagegen kann der Aufschlag je nach Erzeugung 4 bis über 10% betragen.

**Tabelle 1: Global Warming Potential (GWP) für ausgewählte Treibhausgase**

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP-Faktor (100 a)
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1
Methan	CH <sub>4</sub>	25
Distickstoffoxid (Lachgas)	N <sub>2</sub> O	298
Kältemittel R134A	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1.430
Kältemittel R404A	R143a(52%)+R125(44%)+R134a(4%)	3.922

Quellen: IPCC 2007; Berechnungen des Öko-Instituts.

Für die Berechnungen von Energieverbrauch und Emissionen ist das Gesamtgewicht der Ladung ausschlaggebend (Bruttogewicht). Werden Waren auf Paletten oder in verpackter Form transportiert, muss das Gewicht von Ladehilfen wie Paletten und Verpackungen mit berücksichtigt werden. Für Emissionsberechnungen sollte daher immer bekannt sein, wie das Gut transportiert wurde bzw. wie schwer die Ladehilfe und die Transportverpackung war.

### Ladungsgewicht

Transporte werden oftmals auf Basis des so genannten **frachtpflichtigen Gewichtes** abgerechnet – eine Art Volumengewicht, das den benötigten Frachtraum von Gütern zu Grunde legt. Da oft unterschiedliche Berechnungsgrundlagen verwendet werden, kann nicht ohne weiteres von frachtpflichtigem Gewicht auf das **Realgewicht** umgerechnet werden. Für die exakte Berechnung des Energieverbrauchs und der Emissionen werden aber grundsätzlich Realgewichte benötigt, um zu korrekten Ergebnissen zu kommen.

# 5 Standards und Normen – welcher Rahmen existiert?

Bei der Berechnung von durch logistische Aktivitäten verursachten Treibhausgasemissionen ist eine Reihe von Standards und Normen zu berücksichtigen. Die Auswahl des Standards hängt vom **Ziel der Berechnung** ab. Soll für das **gesamte Unternehmen** die Treibhausgasemissionen als absolute Größe ermittelt werden, spricht man vom so genannten **Corporate Carbon Footprinting**. Für diese Unternehmensbilanzen gelten andere Anforderungen und Standards als für die Bilanzierung einzelner Transporte. Die Emissionen einzelner Transporte können wichtig sein als Teil der Klimabilanz für ein **einzelnes Produkt** – also dem **Product Carbon Footprinting**. Daneben können aber auch **Klimabilanzen für ausgewählte Transportdienstleistungen** als solche erstellt werden.

**Tabelle 2: Vergleich aktueller Normen und Standards**

	<b>Unternehmensklimabilanzen (Corporate Carbon Footprinting)</b>	<b>Produktklimabilanzen (Product Carbon Footprinting)</b>	<b>Bilanzen von Transportdienstleistungen</b>
<b>Normen und Standards</b>	ISO 14064-1 sowie GHG Protocol	PAS 2050; GHG Protocol (Entwurf); ISO-Norm (Entwicklung), (ISO 14040ff.)	CEN-Normentwurf prEN 16258:2011
<b>Systemgrenzen</b>	Aktivitäten des eigenen Unternehmens verpflichtend; Einbezug von Subunternehmern, freiwillig	Gesamte Wertschöpfungskette, unabhängig ob eigene oder Fremdprozesse	Gesamte Transportkette, unabhängig ob eigene Fahrzeuge oder Fahrzeuge von Subdienstleistern
<b>Umweltkenngrößen</b>	alle Treibhausgase (als CO <sub>2</sub> -Äquivalente)	alle Treibhausgase (als CO <sub>2</sub> -Äquivalente)	alle Treibhausgase (als CO <sub>2</sub> -Äquivalente) + Energieverbrauch
<b>Emissionen durch Herstellung von Energieträgern (z. B. Diesel)</b>	Herstellung von selbst verbrauchten Strom: ja Andere Energieträger: freiwillig	müssen berücksichtigt werden	müssen berücksichtigt werden
<b>Zulässige Methoden zur Allokation der Emissionen auf Einzelsendung</b>	keine Vorgaben	möglichst physische Größen (z. B. Gewicht), aber auch monetäre Größen zulässig	nur physische Größen (bevorzugt Gewicht; aber auch Anzahl Paletten, Lademeter, TEU etc.)

Quelle: Öko-Institut

## Klimabilanzen für Unternehmen (Corporate Carbon Footprint)

Für die Erstellung der **Klimabilanz eines gesamten Speditionsunternehmens** sind zunächst einmal die Emissionen der durchgeführten Transporte relevant. Dabei ist es nicht maßgeblich, dass die Emissionen eines jeden Transports bekannt sind, in der Regel ist die Gesamtemission sämtlicher Transporte ausreichend. Ist also der gesamte Kraftstoffverbrauch der Lkw-Flotte bekannt, können daraus direkt die Gesamtemissionen aller Transporte berechnet werden (siehe Kapitel 6). Die Aufteilung der Emissionen eines Fahrzeuges auf jede Einzelsendung, was auch als Allokation bezeichnet wird, ist im Rahmen von Unternehmensklimabilanzen nicht notwendig.

Die **methodischen Grundlagen** werden durch die ISO-Norm 14064-1 oder den „Corporate Accounting and Reporting Standard“ des Greenhouse Gas Protocol festgelegt, die sich inhaltlich in weiten Teilen ähneln. Das GHG Protocol ist ein von vielen Unternehmen verwendeter Standard, der – anders als die ISO 14064-1 – nicht durch einen externen Gutachter verifiziert werden kann. Beiden Standards ist gemeinsam, dass nicht nur CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern die CO<sub>2</sub>-Äquivalente berechnet werden (siehe Kapitel 4).

## Was genau berechnet wird: Scope 1, Scope 2, Scope 3

Beide genannten **Standards zur Erstellung von Unternehmensklimabilanzen** fordern eine klare **Festlegung der Systemgrenzen**, also eine eindeutige Festlegung, welche Unternehmensteile in die Bilanz einbezogen werden. Sie unterscheiden dabei zwischen direkten Emissionen, die durch die Verbrennung der Kraftstoffe der eigenen Fahrzeuge bzw. von Gas oder Heizöl im Unternehmen oder durch die Freisetzung klimawirksamer Stoffe durch das Unternehmen selbst entstehen (**Scope 1**), und den indirekten Emissionen. Indirekte Emissionen entstehen durch die Bereitstellung von Kraftstoffen, Strom, Fern- und Prozesswärme (**Scope 2**), aber auch durch Dienstleistungen



von Subunternehmen, durch Bezug und Entsorgung von Produkten, durch die Herstellung von Kraftstoffen oder durch Dienstreisen oder Arbeitswege der Mitarbeiter (**Scope 3**).

**Tabelle 3: Zuordnung einzelner umweltrelevanter Bereiche zu Scope 1 bis 3 des GHG Protocol**

	Scope 1	Scope 2	Scope 3
Energieverbrauch eigener Lkw, Pkw, Loks, Schiffe, Flugzeuge	X		
Flüssig-/Erdgas sowie Heizölverbrauch eigener Büros/Lager	X		
Kältemittelverluste eigener Büros, Lager und Lkw	X		
Stromverbrauch eigener Büros/Lager/Umschlagsanlagen		X	
Fernwärmeverbrauch eigener Büros/Lager		X	
Dienstreisen, Arbeitswege der Mitarbeiter			X
Transporte durch Subdienstleister (Lkw, Bahn, Schiff, Flugzeug)			X
Lager und Umschlagsanlagen von Dritten			X
Herstellungsaufwand von Energieträgern (z. B. Diesel)			X
Herstellungsaufwand von Produkten (z. B. Papierherstellung)			X

Quelle: eigene Darstellung

Unternehmen, die Bilanzen nach GHG Protocol erheben, müssen Scope 1 und 2 berechnen, während es ihnen derzeit freigestellt ist, die Scope-3-Emissionen auszuweisen. Insbesondere die Transporte, die nicht vom Unternehmen selbst, sondern von beauftragten Frachtführern oder Subunternehmen durchgeführt wurden, fallen unter **Scope 3** – bei zahlreichen Speditionen ein wesentlicher Anteil. Das Ausklammern dieser Emissionen ergäbe ein sehr unvollständiges Bild. Ebenfalls unter Scope 3 fallen die Treibhausgasemissionen, die bei der Gewinnung des Rohöls, der Herstellung des Diesels in der Raffinerie sowie allen Versorgungstransporten, z. B. zu Tankstellen, anfallen.

**Klimabilanzen für Produkte** hingegen basieren auf der Berechnung der Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung. Werden zwei Produkte oder Dienstleistungen miteinander verglichen, muss der **gleiche Nutzen** sichergestellt sein. Beim Vergleich von zwei unterschiedlichen Lampen werden also nicht die Leuchtkörper verglichen, sondern vielmehr das Erbringen einer bestimmten Lichtleistung über eine bestimmte Zeit. Der Lebenszyklus eines Produkts schließt dabei die gesamte Wertschöpfungskette ein und reicht von der Herstellung und Transport der Rohstoffe und Vorprodukte über Herstellung und Distribution der Produkte bis hin zu deren Nutzung und Entsorgung.

Die **Emissionen des Transportanteils am betrachteten Produkt** haben bei der Erstellung eines Produkts der betrachteten Dienstleistung bei Produkt-Bilanzen in der Regel zwar eher eine untergeordnete Bedeutung, im Gegensatz zu Unternehmensklimabilanzen müssen aber die Emissionen, die beim Transport entstehen, berechnet und auf die Einzelsendung (das beförderte Produkt) aufgeteilt werden (**Allokation**).

Der Entwurf des „Product Accounting and Reporting Standard“ des GHG Protocol empfiehlt, dass Allokationen möglichst über physische Einheiten erfolgen (z. B. über Gewicht oder die Anzahl der Paletten). Liegen keine entsprechenden Daten vor, kann die Allokation auch über monetäre Größen erfolgen. Die Allokation über monetäre Größen ist bei Transporten bisher unüblich und auch beim neuen CEN-Normentwurf für die Berechnung von Transportdienstleistungen nicht vorgesehen.

Für die **Bilanzierung von Transporten selbst oder von einzelnen Sendungen** gab es bislang noch keine spezifischen Standards. Die sich in Erarbeitung befindliche Europäische Norm „**Methodik zur Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen**“ wird erstmals Methodik, Systemgrenzen, Allokation sowie Datenquellen beschreiben, die von Speditionen zielgerecht angewendet werden können. Im April wurde der **Entwurf prEN 16258:2011** vom Deutschen Institut für Normung (DIN) veröffentlicht. Die end-

**Klimabilanzen für Produkte  
(Product Carbon Footprint)**

**Klimabilanzen für einzelne  
Transporte –  
prEN 16258:2011**

---

gültige Fassung wird voraussichtlich im Dezember 2012 erscheinen. Wie jede Europäische Norm (EN) oder DIN-Norm hat sie keinen rechtlich verbindlichen Charakter. Ihre Anwendung ist freiwillig.

Der vorliegende Leitfaden nimmt auf den CEN-Entwurf Bezug und hält sich an die dort vorgeschlagene Vorgehensweise zur Berechnung. Falls vom Normentwurf abgewichen wird, wird explizit darauf hingewiesen.

**Entwurf der Europäischen Norm (prEN) 16258:2011  
„Methode zur Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und  
Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen“**

Die Norm macht Vorgaben zur methodischen Vorgehensweise bei der Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen bei Personen- und Güterverkehr. Zusätzlich enthält die Norm Vorgaben zur Deklaration, also in welcher Form die Werte an Dritte zu kommunizieren sind.

Die Norm macht nur Vorgaben zu den Transporten selbst, nicht aber zu stationären Einrichtungen wie Umschlag oder Lager (siehe Kapitel 12).

Die Emissionen werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente berechnet. Zusätzlich muss der Energieverbrauch errechnet und ausgewiesen werden.

Es ist nicht zulässig, nur den Energieverbrauch und die direkten Emissionen des Fahrzeuges auszuweisen, vielmehr müssen auch die durch die Bereitstellung der Energieträger wie Diesel entstehenden Energieverbräuche sowie Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden. Hierzu enthält die Norm entsprechende Umrechnungsfaktoren (siehe Kapitel 6).

Die Norm schreibt vor, dass die Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen für jede Teilstrecke, auf der das betrachtete Gut transportiert wird, getrennt erfolgen muss. Jede Teilstrecke muss so berechnet werden, dass auch anteilig Leerfahrten berücksichtigt werden.

Die Norm empfiehlt, die Allokation über das Gewicht durchzuführen. Wo das nicht möglich ist, sind auch andere physische Einheiten (z. B. Palettenstellplätze, Lademeter, Anzahl Containerstellplätze) möglich. Monetäre Größen zur Allokation sind nicht zulässig. Welche Größe bei der Allokation verwendet wird, muss zusammen mit dem Ergebnis angegeben werden (siehe Kapitel 7).

Für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen müssen für die betrachtete Transportdienstleistung vier Größen ausgewiesen werden: Tank-to-Wheel- und Well-to-Wheel-Energieverbräuche sowie Tank-to-Wheel- und Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen. Zusätzlich müssen neben den Ergebnissen auch Informationen über die methodische Vorgehensweise publiziert werden. Insbesondere die verwendeten Allokationsregeln und die Verwendung von nicht selbst gemessenen Werten aus Datenbanken („Default-Werte“) müssen angegeben werden.

Die Norm selbst schreibt keine externe Zertifizierung oder Verifizierung der Berechnung vor.

---

**Prinzipielle  
Vorgehensweise nach  
prEN 16258:2011**

Der CEN-Normentwurf beschreibt im Detail die Vorgehensweise, wie der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen für **Transportdienstleistungen** berechnet werden müssen. Dabei ist eine Transportdienstleistung laut Normentwurf der Transport eines Gutes vom Versender zu einem beliebigen Empfänger. Zur Berechnung muss dieser Transport in Teilstrecken zerlegt werden, die das betrachtete Gut auf einem definierten Fahrzeug zurücklegt – also ohne Fahrzeugwechsel. Diese **Transportabschnitte** werden im Normentwurf als „**Leg**“ bezeichnet. Für jeden Teilabschnitt muss dann ermittelt werden, wie hoch Energieverbrauch und Emissionen der betrachteten Sendung sind und abschließend zum Gesamtergebnis aufsummiert werden.

Die Ermittlung des Energieverbrauchs und der Emissionen für die Transportabschnitte erfolgt über das so genannte **Fahrzeugeinsatz-System (VOS)**. Als VOS bezeichnet der Normentwurf den Umlauf eines Fahrzeuges, bei dem ggf. in einem Teilabschnitt auch das betrachtete Gut mittransportiert

---

wird. Das VOS muss aber nicht zwangsläufig ein konkreter Fahrzeugumlauf sein. Es kann sich auch um sämtliche Fahrzeugumläufe auf einer Linie oder Strecke oder gar um alle Fahrzeugumläufe in einem Netz handeln, in dem der betrachtete Transportabschnitt liegt. Letztendlich muss der Energieverbrauch für das gesamte VOS ermittelt und schließlich auf den betrachteten Transportabschnitt und auf die Einzelsendung verteilt werden. Es sind also zunächst Energieverbrauch und Emissionen für größere Netze zu ermitteln, um für diese Netze durchschnittliche Kennwerte zu berechnen (z. B. Treibhausgasemission pro Tonnenkilometer), die dann für die Einzelsendung zur Anwendung kommen. Dies ist heute bereits ein in der Praxis übliches Verfahren.

Die Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen für eine Transportdienstleistung (Sendung) muss gem. Normentwurf somit in **drei Schritten** erfolgen:

**Schritt 1:** Aufteilung der Transportdienstleistung in einzelne Abschnitte ohne Verkehrsmittelwechsel (Legs)

**Schritt 2:** Berechnung des Energieverbrauchs und der Emissionen pro Leg:

- Festlegen des Fahrzeugeinsatz-Systems (VOS) für diese Teilstrecke (konkreter Fahrzeugumlauf, Linie oder Route bzw. für gesamtes Netz; einschließlich Leerfahrten)
- quantitative Bestimmung des gesamten Energieverbrauchs für dieses Fahrzeugeinsatz-System (z. B. Dieselverbrauch in Liter)
- Umrechnung des ermittelten Energieverbrauchs in standardisierten Energieverbrauch (MJ) und Treibhausgasemissionen (kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente) für dieses Fahrzeugeinsatz-System
- Allokation von standardisiertem Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf die Transportdienstleistung

**Schritt 3:** Aufsummierung der Ergebnisse aller Legs der Transportdienstleistung

Wie in Übereinstimmung mit dem CEN-Normentwurf **standardisierte Energieverbräuche und die Treibhausgasemissionen** berechnet werden, zeigt **Kapitel 6**. Die **Allokation**, d.h. das Aufteilen dieser Werte auf eine einzelne Transportdienstleistung wird in **Kapitel 7** erläutert. Die grundsätzliche **Vorgehensweise zur Ermittlung des Energieverbrauchs für Fahrzeugeinsatz-Systeme** wird in **Kapitel 8** beschrieben. In den Folgekapiteln wird die Vorgehensweise detailliert ausgeführt.

Unternehmen, die ihren eigenen Verbrauch von Diesel, Kerosin, Schiffsdiesel oder Strom durch Messungen exakt bestimmen können oder selbst berechnen, können leicht mit Hilfe fester Umrechnungsfaktoren standardisiert Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für eine bestimmte Transportstrecke ermitteln. Laut prEN 16258:2011 müssen beide Größen sowohl für den Betrieb des Fahrzeuges (Tank-to-Wheel) als auch für die Energiebereitstellung (Well-to-Wheel) ausgewiesen werden. Wie der Energieverbrauch und die Emissionen dann auf die Einzelsendung verteilt werden kann, beschreibt Kapitel 7.

### Ermittlung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen

Werden der Dieserverbrauch von Lkw oder Schiffen, der Stromverbrauch von Elektro-Loks oder der Kerosinverbrauch von Flugzeugen gemessen, liegen unmittelbar Daten zum Endenergieverbrauch und damit zu den **Tank-to-Wheel-Energieverbräuchen** vor. Werden aber in einer Transportkette verschiedene Verkehrsmittel eingesetzt, sollten idealerweise die Energieverbräuche jedes einzelnen Verkehrsmittels addiert werden können. Dies ist allerdings nur auf Basis einer gemeinsamen physikalischen Einheit möglich. Liter, Kilogramm und Kilowattstunden müssen daher laut CEN-Normentwurf unter Verwendung fester Faktoren in Megajoule (MJ) umgerechnet werden.

Auch die **Well-to-Wheel-Energieverbräuche** werden mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors ermittelt, der zudem die Verluste in Kraftwerken, Raffinerien und Stromleitungen berücksichtigt. Der WTW-Umrechnungsfaktor ist somit größer als der TTW-Umrechnungsfaktor.

$$EN_{TTW} = FC \times F_{EN_{TTW}} \text{ bzw. } EN_{WTW} = FC \times F_{EN_{WTW}}$$

$EN_{TTW}$  = Tank-to-Wheel-Energieverbrauch in MJ

$EN_{WTW}$  = Well-to-Wheel-Energieverbrauch in MJ

FC: = Gemessener Energieverbrauch (z. B. l, kg oder kWh)

$F_{EN_{TTW}}$  = Tank-to-Wheel-Energieumrechnungsfaktor von gemessenen Werten in MJ

$F_{EN_{WTW}}$  = Well-to-Wheel-Energieumrechnungsfaktor von gemessenen Werten in MJ

Die **Treibhausgasemissionen für Tank-to-Wheel und für Well-to-Wheel** berechnen sich analog zum Energieverbrauch. Für beide Größen wird der gemessene Energieverbrauch mit einem spezifischen Umrechnungsfaktor multipliziert (siehe Tabelle 4).

$$EM_{TTW} = FC \times F_{EM_{TTW}} \text{ bzw. } EM_{WTW} = FC \times F_{EM_{WTW}}$$

$EM_{TTW}$  = Tank-to-Wheel-THG-Emissionen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e)

$EM_{WTW}$  = Well-to-Wheel-THG-Emissionen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e)

FC: = Gemessener Energieverbrauch (z. B. l, kg oder kWh)

$F_{EM_{TTW}}$  = Tank-to-Wheel-THG-Umrechnungsfaktor von gemessenen Werten in kg CO<sub>2</sub>e

$F_{EM_{WTW}}$  = Well-to-Wheel-THG-Umrechnungsfaktor von gemessenen Werten in kg CO<sub>2</sub>e

prEN 16258:2011 enthält bereits die notwendigen Umrechnungsfaktoren – der eine oder andere Wert könnte sich während der aktuellen Diskussion über die Norm noch leicht verändern. Daher zeigt Tabelle 4 zum Vergleich auch Kennzahlen, die bisher in Deutschland und auch in anderen EU-Ländern üblicherweise verwendet werden. Im vorliegenden Leitfaden werden alle Beispielsrechnungen mit Hilfe dieser Umrechnungsfaktoren durchgeführt, da die im CEN-Normentwurf enthaltenen Werte so in der Praxis noch nicht angewandt werden. Zudem ist wahrscheinlich, dass sie in die endgültige Norm übernommen werden.

**Tabelle 4: Kennzahlen für die Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen (berechnet als CO<sub>2</sub>-Äquivalente) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch**

		CEN-Entwurf prEN 16258:2011 <sup>1)</sup>		Daten typisch für Deutschland und EU (verwendet im Leitfaden) <sup>1)</sup>	
		<i>Tank-to-Wheel</i>	<i>Well-to-Wheel</i>	<i>Tank-to-Wheel</i>	<i>Well-to-Wheel</i>
<b>Energieverbrauch</b>	<b>Einheit</b>				
Diesel konventionell	MJ/l	36	43	35,9	41,1
Biodiesel	MJ/l	k.A.	k.A.	32,7	46,2
Diesel Deutschland <sup>2)</sup>	MJ/l	k.A.	k.A.	35,7	41,4
Erdgas	MJ/kg	k.A.	k.A.	45,3	51,8
Flüssiggas	MJ/l	k.A.	k.A.	25,1	28,9
Kerosin	MJ/kg	44	51	42,8	49,0
RFO/Heizöl schwer <sup>4)</sup>	MJ/kg	40	44	40,4	45,5
Bahnstrom Deutschland	MJ/kWh	3,6	k.A.	3,6	10,8
Bahnstrom Schweden	MJ/kWh	3,6	k.A.	3,6	3,8
<b>Treibhausgase</b>					
Diesel konventionell	kg CO <sub>2</sub> e/l	2,7	2,9	2,68	3,01
Biodiesel	kg CO <sub>2</sub> e/l	0,0	1,9	0,00	2,06
Diesel Deutschland <sup>2)</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/l	k.A.	k.A.	2,50	2,94
Erdgas	kg CO <sub>2</sub> e/kg	k.A.	k.A.	2,53	3,13
Flüssiggas	kg CO <sub>2</sub> e/l	k.A.	k.A.	1,61	1,90
Kerosin <sup>3)</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	3,3	3,5	3,18	3,59
RFO/Heizöl schwer <sup>4)</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	3,1	3,5	3,15	3,39
Bahnstrom Deutschland	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	k.A.	0,000	0,574
Bahnstrom Schweden	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	k.A.	0,000	0,004

<sup>1)</sup> Die Umrechnungsfaktoren im CEN-Normentwurf sind noch in der Diskussion. Daher werden in diesem Leitfaden die Umrechnungsfaktoren verwendet, die in Deutschland und der EU typischerweise verwendet werden. „k.A.“ = keine Angabe im CEN-Normentwurf. – <sup>2)</sup> 6,2% Beimischung von Biodiesel (Bezugsjahr: 2010). – <sup>3)</sup> Ohne Berücksichtigung einer möglicherweise höheren Klimawirksamkeit des Luftverkehrs in Reiseflughäfen. – <sup>4)</sup> RFO = Residual Fuel Oil (Schweröl für Schiffe).

**Quellen:** CEN-Entwurf prEN 16258:2011; AG Energiebilanzen (TTW Energie), GEMIS 4.7 (WTW Energie; Erdgas/Flüssiggas: TTW Energie); TREMOD 2010 (TTW CO<sub>2</sub>e); Umweltbundesamt (WTW CO<sub>2</sub>e); eigene Berechnungen.

### **Rechenbeispiel 1:**

#### **Berechnung von TTW- und WTW-Energieverbrauch und der TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen auf Basis von gemessenen Dieselverbräuchen**

Für eine Fahrt von München nach Berlin benötigt ein Lkw 186 l Diesel. In diesem Beispiel erfolgen die Berechnungen sowohl mit den Umrechnungsfaktoren des CEN-Normentwurfes als auch mit den Umrechnungsfaktoren des in Deutschland typischen Diesels (6,2% Beimischung von Biodiesel).

#### **TTW-Energieverbrauch:**

- CEN-Normentwurf:  $EN_{TTW} = FC \times F_{EN\_TTW} = 186 \text{ l} \times 36,0 \text{ MJ/l} = 6.696 \text{ MJ}$
- Leitfaden:  $EN_{TTW} = FC \times F_{EN\_TTW} = 186 \text{ l} \times 35,7 \text{ MJ/l} = 6.640 \text{ MJ}$

#### **WTW-Energieverbrauch:**

- CEN-Normentwurf:  $EN_{WTW} = FC \times F_{EN\_WTW} = 186 \text{ l} \times 43,0 \text{ MJ/l} = 7.998 \text{ MJ}$
- Leitfaden:  $EN_{WTW} = FC \times F_{EN\_WTW} = 186 \text{ l} \times 41,4 \text{ MJ/l} = 7.700 \text{ MJ}$

#### **TTW-Treibhausgasemissionen:**

- CEN-Normentwurf:  $EM_{TTW} = FC \times F_{EM\_TTW} = 186 \text{ l} \times 2,7 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 502 \text{ kg CO}_2\text{e}$
- Leitfaden:  $EM_{TTW} = FC \times F_{EM\_TTW} = 186 \text{ l} \times 2,50 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 465 \text{ kg CO}_2\text{e}$

#### **WTW-Treibhausgasemissionen:**

- CEN-Normentwurf:  $EM_{WTW} = FC \times F_{EM\_WTW} = 186 \text{ l} \times 2,9 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 539 \text{ kg CO}_2\text{e}$
- Leitfaden:  $EM_{WTW} = FC \times F_{EM\_WTW} = 186 \text{ l} \times 2,94 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 547 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Für die Umrechnung von kWh in MJ enthält der CEN-Normentwurf nur Umrechnungsfaktoren für Tank-to-Wheel. Die europäischen Bahnunternehmen haben für ihre Stromerzeugung allerdings spezifische Werte ermittelt, die die unterschiedlichen Kraftwerksparks berücksichtigen, so dass jedes EU-Land seine eigenen Umrechnungsfaktoren hat. In diesem Leitfaden werden die Werte des im Auftrag der europäischen Bahnen erstellten Emissionsmodells EcoTransIT World ([www.ecotransit.org](http://www.ecotransit.org)) verwendet. Die entsprechenden WTW-Umrechnungsfaktoren für den Energieverbrauch sowie die Umrechnungsfaktoren zur Bestimmung der TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen für Deutschland und Schweden zeigt Tabelle 4. Für andere europäischen Länder sind die entsprechenden Faktoren im Anhang dokumentiert.

### **Rechenbeispiel 2:**

#### **Berechnung der TTW- und WTW-Energieverbräuche auf Basis des Stromverbrauchs**

Ein elektrischer Güterzug benötigt für eine Fahrt von München nach Berlin rund 4.600 kWh Strom.

Der **TTW-Energieverbrauch** berechnet sich wie folgt:

$$EN_{TTW} = FC \times F_{EN\_TTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 3,6 \text{ MJ/kWh} = 16.560 \text{ MJ}$$

Der **WTW-Energieverbrauch** kann wie folgt ermittelt werden:

$$EN_{WTW} = FC \times F_{EN\_WTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 10,8 \text{ MJ/kWh} = 49.680 \text{ MJ}$$

Die **TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen** berechnen sich dann wie folgt:

$$EM_{TTW} = FC \times F_{EM\_TTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 0 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 0 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

$$EM_{WTW} = FC \times F_{EM\_WTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 0,574 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 2.640 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Würde der gleiche Energieverbrauch für einen Güterzug in **Schweden** gemessen, wäre der WTW-Energieverbrauch und die WTW-Treibhausgasemissionen aufgrund der Bahnstromerzeugung ausschließlich aus Wasserkraft deutlich niedriger:

$$EN_{WTW} = FC \times F_{EN\_WTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 3,8 \text{ MJ/kWh} = 17.480 \text{ MJ}$$

$$EM_{WTW} = FC \times F_{EM\_WTW} = 4.600 \text{ kWh} \times 0,004 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 18 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

In vielen EU-Ländern wird Biodiesel konventionellem Diesel beigemischt. Grundlage ist die EU-Richtlinie 2009/30/EG. Das deutsche Biokraftstoffquotengesetz schreibt vor, dass im Zeitraum von 2010 bis 2014 die Mindestbeimischungsquote für Dieselmotorkraftstoff – bezogen auf den Energieinhalt – 4,4% betragen muss. 2010 lag in Deutschland der Beimischungsanteil von Biodiesel bereits bei 6,2%. Tabelle 5 zeigt für verschiedene **Beimischungsquoten** die notwendigen **Umrechnungsfaktoren**. Da der Energieinhalt von Biodiesel geringer ist als der von konventionellem Diesel, muss bezogen auf einen Liter Kraftstoff prozentual eine etwas größere Menge Biodiesel beigemischt werden.

Nach EU-Vorgaben sollen beigemischte Biokraftstoffe die Well-to-Wheel-Treibhausgase reduzieren – bis 2016 um mindestens 35%, ab 2017 um 50%, ab 2018 um 60%. Die Werte in den Tabellen 5 und 6 berücksichtigen die Minderung der Emissionen von derzeit 35% – das hat den Vorteil, dass die Herstellungspfade und Ausgangsstoffe für die Biokraftstoffe nicht bekannt sein müssen.

**Tabelle 5: Beimischungsanteil von Biodiesel (energetisch und volumetrisch) sowie die sich daraus ergebenden Energie- und THG-Umrechnungsfaktoren**

Biodieselanteil bezogen auf Energieinhalt	Biodieselanteil bezogen auf Volumen (Liter)	TTW-Energie-Umrechnungsfaktor	WTW-Energie-Umrechnungsfaktor	TTW-THG-Umrechnungsfaktor	WTW-THG-Umrechnungsfaktor
in %	in %	MJ/Liter	MJ/Liter	kg CO <sub>2</sub> e/Liter	kg CO <sub>2</sub> e/Liter
1,0	1,09	35,8	41,2	2,65	3,00
2,0	2,19	35,8	41,2	2,62	2,99
3,0	3,28	35,8	41,3	2,60	2,97
4,0	4,37	35,7	41,3	2,57	2,96
5,0	5,45	35,7	41,4	2,54	2,95
6,0	6,54	35,7	41,4	2,51	2,94
6,2	6,75	35,7	41,4	2,50	2,94
7,0	7,62	35,6	41,5	2,48	2,93
8,0	8,70	35,6	41,5	2,45	2,92
9,0	9,78	35,6	41,6	2,42	2,91
10,0	10,85	35,5	41,6	2,39	2,90
20,0	21,50	35,2	42,2	2,11	2,80

**Quellen:** AG Energiebilanzen (TTW Energie), GEMIS 4.7 (WTW Energie); TREMOD 2010 (TTW CO<sub>2</sub>e); Umweltbundesamt (WTW CO<sub>2</sub>e); Berechnungen des Öko-Instituts.

Viele Waren und Güter müssen beim Transport gekühlt, einige auch warm gehalten werden. Das erfordert **zusätzliche Energie**. Werden Kühlaggregate über den Dieseltank des Lkw betrieben, ist der zusätzliche Verbrauch bereits im Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs enthalten und fließt direkt in die Treibhausgasberechnung ein. Werden Aggregate separat mit Energie versorgt, muss der zusätzliche Verbrauch getrennt erfasst werden. TTW- und WTW-Energieverbrauch bzw. TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen können dann nach der oben beschriebenen Vorgehensweise berechnet werden.

Kühlaggregate sind mit **Kältemittel** gefüllt. Die meisten Kältemittel sind stark klimawirksame Gase, wenn sie durch Leckagen oder Havarien in die Atmosphäre gelangen. Wie viel davon in die Umwelt gelangt, kann über die nachgefüllte Menge und über den GWP-Faktor der Chemikalie ermittelt werden:

$$\text{Direkte THG-Emissionen} = \text{Nachfüllmenge Kältemittel} \times \text{GWP-Faktor}$$

Für 0,5 kg frei gesetztes Kältemittel R 134a gilt dann beispielsweise:

$$0,5 \text{ kg R 134a} \times 1.430 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 715 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$$

Die **GWP-Faktoren für gängige Kältemittel** zeigt Tabelle 6.

Zur Berechnung der gesamten Treibhausgasemissionen (analog zu den WTW-Treibhausgasemissionen nach dem CEN-Normentwurf) müssen zusätzlich die Emissionen aus der Herstellung der Kältemittel berücksichtigt werden. Die Berechnung der gesamten Emissionen erfolgt analog mit Hilfe des Gesamt-Emissionsfaktors (siehe Tabelle 6):

$$0,5 \text{ kg R134a} \times 1.533 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 766,5 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$$

**Tabelle 6: Emissionsfaktoren ausgewählter Kältemittel**

	Direkter Emissionsfaktor (analog zu TTW)	Gesamt-Emissionsfaktor (analog zu WTW)
	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/kg
Kältemittel R22	1.810	1.886
Kältemittel R134A	1.430	1.533
Kältemittel R404A	3.922	4.025
Kältemittel R410A	2.088	2.177
<b>Quellen:</b> IPCC 2007; Ecoinvent 2009; Berechnungen des Öko-Instituts.		

Das früher in Kühlaggregaten von Lkw häufig eingesetzte Kältemittel R 22 wird heute in Neufahrzeugen durch die Fluorkohlenwasserstoffe R 404A, R 410A und R134a ersetzt. R 404A und R 410A werden in Kühlaggregaten für größere Fahrzeuge für den Tiefkühl- und den Frischdienst eingesetzt, R 134a in Aggregaten für kleinere Fahrzeuge im Frischdienst. Bei Kühlcontainern auf Containerschiffen werden R22, R134a und R404A eingesetzt.

Vorgaben für die Berechnung temperaturgeführter Transporte sind in prEN 16258:2011 allerdings nicht enthalten. Die hier vorgeschlagene Vorgehensweise orientiert sich an den Empfehlungen des GHG Protocol für den stationären Bereich (siehe auch Kapitel 12). Die Allokation der ermittelten Treibhausgasemissionen auf die Einzelsendung kann analog zur Allokation der energiebedingten Treibhausgasemissionen erfolgen, wie sie in Kapitel 7 beschrieben wird.



Für den Auftraggeber speditioneller Dienstleistungen ist vielfach nicht die Klimawirkung einer ganzen Ladung, sondern die der von ihm aufgegebenen Einzelsendung von Interesse. Eine Herausforderung insbesondere für den speditionellen Sammelgutverkehr und für weitflächige Stückgutnetze. Je nach Ausgestaltung der Lieferkette müssen nicht nur Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen eines Lkw, sondern auch die Werte eines Zuges, eines Flugzeugs und / oder eines Schiffes auf das einzelne Gut verteilt werden. Das kann über verschiedene **Verteilungsschlüssel** (Anzahl der Sendungen, Gewicht der Sendungen etc.) erfolgen. Sämtliche Standards geben bestimmte Grundregeln für diese Allokation vor:

- Der gesamte Energieverbrauch und sämtliche Treibhausgasemissionen eines Fahrzeuges müssen den beförderten Gütern zugeordnet werden. Das bedeutet, dass auch **Leerfahrten anteilig** den beförderten Gütern **zugerechnet** werden müssen.
- **Grenzallokationen sind nicht zulässig.** Die Verteilung von Energieverbrauch und Emissionen für einen bestimmten Streckenabschnitt muss **immer bezogen auf alle geladenen Güter** erfolgen. Wird also eine Sendung zusätzlich geladen, verteilen sich alle Lasten anteilig auch auf dieses Gut. Es wäre unzulässig, nur den geringen Mehrverbrauch an Energie dieser letzten Sendung zuzuordnen. Dieses Vorgehen würde dazu führen, dass die zuerst geladenen Güter die höchsten Umweltauswirkungen zugewiesen bekämen.
- Werden **Passagiere und Güter gleichzeitig transportiert** (z. B. in einem Passagierflugzeug), müssen Energieverbrauch und Emissionen auf Passagiere und Fracht aufgeteilt werden.
- Der gewählte **Verteilungsschlüssel** für die Allokation darf für ein bestimmtes Fahrzeug oder im Zeitverlauf des Transports nicht variiert werden.

Der vorliegende Leitfaden empfiehlt, dass die Allokation entsprechend den Vorgaben des CEN-Normentwurfes erfolgen soll. Der **bevorzugte Allokationsparameter** ist demnach das **Produkt aus Sendungsgewicht** und tatsächlich zurückgelegter **Entfernung** – also die Transportleistung gemessen in Tonnenkilometern. Alternativ kann das Produkt aus Entfernung und anderen Größen wie Volumen, Lademeter, Palettenanzahl, Anzahl von Standardcontainer (TEU = Twenty-foot equivalent unit) verwendet werden, wenn diese Größen der maßgebende begrenzende Faktor des Transportes sind. In bestimmten Fällen genügt das Gewicht oder die Anzahl der Sendungen als Verteilungsschlüssel – beispielsweise bei Kurier-, Express- und Paketdiensten, da hier eine Ermittlung der Transportentfernung pro Einzelsendung kaum möglich ist. Grundsätzlich gilt: Die gewählte **Allokationsgröße muss** zusammen mit dem Ergebnis **kommuniziert werden**.

### **Rechenbeispiel 3:**

#### **Allokation des Energieverbrauchs auf die Einzelsendung**

Ein Spediteur transportiert mit einem 12-t-Lkw acht Paletten mit Holzbriketts von seinem Lager in Bad Homburg zu zwei Kunden in Darmstadt und Bensheim. Anschließend fährt er leer zum Lager zurück. Insgesamt verbraucht der Lkw 25,7 l. Es werden zwei Sendungen transportiert

- vier Paletten Hartholzbriketts von Bad Homburg nach Darmstadt (50 km)
- vier Paletten Rindenbriketts von Bad Homburg über Darmstadt nach Bensheim (50 + 26 km)
  
- Gewichte der Sendungen:
  - Hartholzbriketts:  
960 kg/Palette + 20 kg Palettengewicht = 980 kg Gesamtgewicht/Palette
  - Rindenbriketts:  
500 kg/Palette + 20 kg Palettengewicht = 520 kg Gesamtgewicht/Palette

#### **Fall 1: Allokation mit Produkt aus Gewicht und Entfernung (Transportleistung)**

- Hartholzbriketts: 50 km x 3,92 t = 196,0 tkm
- Rindenbriketts: 76 km x 2,08 t = 158,1 tkm
- Insgesamt: 196,0 tkm + 158,1 tkm = 354,1 tkm

Prozentualer Anteil **Hartholzbriketts**: 196,0 tkm / 341,6 tkm = **55,35%**

#### **Fall 2: Aufteilung nach Produkt aus Palettenanzahl und Entfernung**

- Hartholzbriketts: 50 km x 4 Paletten = 200 Paletten-km
- Rindenbriketts: 76 km x 4 Paletten = 304 Paletten-km
- Insgesamt: 200 Paletten-km + 304 Paletten-km = 504 Paletten-km

Prozentualer Anteil **Hartholzbriketts**: 200 Paletten-km / 504 Paletten-km = **39,68%**

Damit entfällt auf die **Hartholzbriketts** bei der **gewichtsbasierten Allokation** ein Dieselverbrauch von **14,2 l** (55,35% x 25,7 l), bei der **Allokation über die Paletten-Kilometer** von **10,2 l** (39,68% x 25,7 l). Das Beispiel zeigt anschaulich, dass die gewählte Allokationsmethode das Ergebnis stark beeinflusst!

### **Sonderfall Sammel- und Verteilerverkehr**

Der CEN-Normentwurf formuliert für Sammel- und Verteilerverkehre spezielle Empfehlungen für die Allokation. Hier müssen zunächst Kraftstoffverbrauch, TTW- und WTW-Energieverbräuche bzw. TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen für die gesamte Tour ermittelt werden. Als **Allokationsparameter** empfiehlt der CEN-Normentwurf aber nicht die realen Transportentfernungen der einzelnen Güter, sondern die **direkten Distanzen** vom Stadt- bzw. Endpunkt (z. B. Terminal) zu den Auf- und Abladepunkten (siehe Rechenbeispiel 4). Das erlaubt eine gerechtere Aufteilung des Energieverbrauchs und der Emissionen auf die Einzelsendung, da dieses Verfahren unabhängig davon ist, ob die Tour im oder gegen den Uhrzeigersinn gefahren wird oder ob ein Gut zu Anfang oder am Ende auf- bzw. abgeladen wird.

Die Norm lässt zur Bestimmung der kürzesten Entfernungen zwei Möglichkeiten zu: entweder die **Luftlinie** zwischen Terminal und Auf- bzw. Abladepunkt oder die **kürzeste realisierbare Distanz** auf den vorhandenen Verkehrswegen zwischen Terminal und Auf- bzw. Abladepunkt. In der Praxis sind die Unterschiede zwischen den beiden Varianten klein. Wie generell bei Güterverkehren sollte auch für Sammel- und Verteilerverkehre das Produkt aus Distanz und Gewicht zur Allokation verwendet werden. Wichtig: Die kürzesten Entfernungen dürfen nur zur Allokation herangezogen werden; der Kraftstoffverbrauch muss aber entlang der real gefahrenen Strecke für die gesamte Tour ermittelt werden.

#### Rechenbeispiel 4:

##### Allokation bei Sammel- und Verteilerverkehren mit dem Lkw

Ein Lkw braucht bei einer Sammel- und Verteilertour 8 l Diesel. Der Dieselverbrauch, der auf die Ladung entfällt, die beim zweiten Stopp aufgeladen wird (1,5 t), berechnet sich dabei mit dem Produkt aus Entfernung und Sendungsgewicht wie folgt:

- Fiktive Transportleistung aller Sendungen:  
 $(3 \times 4,1 + 1,5 \times 7,9 + 5 \times 10,3 + 3 \times 11,5 + 2 \times 8,2 + 3,5 \times 4,3)$  tkm = 141,6 tkm
- Transportleistung Sendung:  $1,5 \text{ t} \times 7,9 \text{ km} = 11,85 \text{ tkm}$
- Anteil Sendung an allen Sendungen:  $11,85 \text{ tkm} : 141,6 \text{ tkm} = 8,37\%$

Somit entfallen auf die **betrachtete Sendung** (2. Stopp) **0,67 Liter** ( $8,37\% \times 8 \text{ l}$ ).

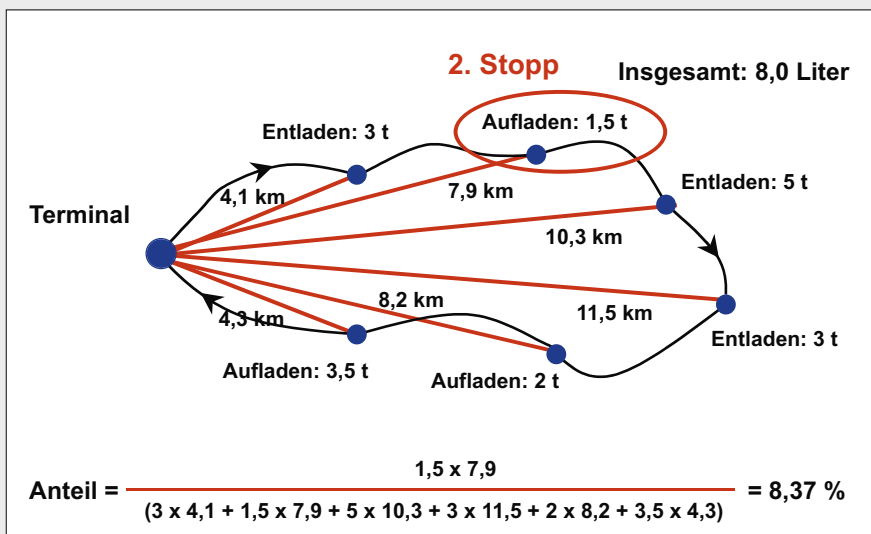


Abbildung 2: Beispiel für eine Allokation einer Sammel- und Verteilertour

Fracht wird mitunter zusammen mit Passagieren befördert – beispielsweise im Luftverkehr (Belly-Fracht) oder auf Fähren, die Pkw und Lkw transportieren. Belly-Fracht hat in der Praxis eine hohe Relevanz. Gem. CEN-Normentwurf muss die Aufteilung zwischen Passagieren und Fracht auf Basis der Gewichtsanteile erfolgen. Liegt das Gewicht von Passagieren und Gepäck nicht vor, werden Passagiere pauschal mit 100 Kilogramm pro Fluggast und Gepäck berechnet.

#### Sonderfall Fracht in Passagiertransporten

#### Rechenbeispiel 5:

##### Allokation von Fracht in Passagierflugzeugen

Von Frankfurt nach New York benötigt eine Boeing 747-400 insgesamt 67.800 kg Kerosin. An Bord sind 350 Passagiere und 9 t Fracht. Die Flugentfernung beträgt 6.300 km.

Die **Allokation des Kerosinsverbrauchs auf 1 t Fracht**:

- Transportleistung Passage + Fracht =  $(350 \times 0,1 \text{ t} + 9 \text{ t}) \times 6.300 \text{ km} = 277.200 \text{ tkm}$
- Transportleistung 1 t Fracht =  $1 \text{ t} \times 6.300 \text{ km} = 6.300 \text{ tkm}$
- Prozentualer Anteil von 1 t Fracht =  $6.300 \text{ tkm} : 277.200 \text{ tkm} = 2,27\%$
- Kerosinverbrauch für 1 t Fracht =  $2,27\% \times 67.800 \text{ kg} = 1.539 \text{ kg}$

Somit entfällt auf **1 t Belly-Fracht** in der Passagiermaschine ein Kerosinverbrauch in Höhe von **1.539 kg**.

Energieverbrauch und Treibhausgase von Transporten lassen sich grundsätzlich nach zwei Ansätzen ermitteln: nach der verbrauchs-basierten oder der entfernungs-basierten Methode.

### Verbrauchs-basierte Methode

Bei der **verbrauchs-basierten Methode** werden die Treibhausgasemissionen mit Hilfe des gemessenen Energieverbrauchs und der energiespezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Der Energieverbrauch muss zur Vergleichbarkeit mit Hilfe von fest definierten Faktoren in eine einheitliche Energieeinheit (in der Regel Megajoule) umgerechnet werden. prEN 16258:2011 empfiehlt, die verbrauchs-basierte Methode zu verwenden, da sie präzisere Ergebnisse liefert als die entfernungs-basierte Methode.

Der CEN-Normentwurf unterscheidet die verbrauchs-basierte Variante in **drei unterschiedliche Fälle**. Beim **ersten Fall** liegt für einen **konkreten Transport** der gemessene Energieverbrauch vor – in der Realität ist das aber nur in Ausnahmen der Fall.

Relevant ist der **zweite Fall**, in dem für den betrachteten Fahrzeugumlauf **linien- oder routenspezifische Durchschnittswerte** vorliegen. Diese Werte wurden dann nicht für den konkreten Transport gemessen, sondern beispielsweise über ein Jahr gemittelt.

Liegen auch diese Werte nicht vor, können im **dritten Fall Flottendurchschnittswerte** verwendet werden, die für das betrachtete Gut typisch sind. Dabei ist zu beachten, dass keine Flottenwerte eingerechnet werden, die eine völlig andere Fahrzeuggröße abdecken – z. B. den Flottendurchschnitt von 40-t-Lkw, wenn es sich in Wirklichkeit um Verteilerfahrten handelt. In allen drei Fällen müssen die Leerfahrten in die Berechnung einbezogen werden.

**Welche Wege es zur Messung des Energieverbrauchs gibt, beschreibt Kapitel 9.**

### Entfernungs-basierte Methode

Die verbrauchs-basierte Methode ist allerdings kaum praktikabel, wenn ein Großteil der Transporte mit Fahrzeugen beauftragter Subunternehmer durchgeführt wird. Eine vollständige Erfassung deren Kraftstoffverbräuche ist nicht realistisch. Für diese Fälle eignet sich die **entfernungs-basierte Methode**. Sie benötigt neben dem Gewicht der Sendung Angaben zu zurückgelegten Entfernungen oder Angaben zu den Tonnenkilometern (Gewicht mal Entfernung). Diese Größen werden dann mit Verbrauchs- und Emissionsfaktoren pro Fahrzeugkilometer oder pro Tonnenkilometer verknüpft, um zu ermitteln, wie viel Energie verbraucht und wie viele Treibhausgase erzeugt wurden.

Die Faktoren können aus offiziellen Datenbanken wie HBEFA, TREMOD, TREMOVE oder aus frei zugänglichen Rechentools wie EcoTransIT World entnommen werden. Jahresfahrleistungen, Transportleistungen und Auslastungen müssen dagegen spezifisch ermittelt werden. Berechnungen sind umso exakter, je genauer die Verbrauchs- und Emissionsfaktoren auf den betrachteten Transport abgestimmt sind. Ein leerer Lkw verbraucht beispielsweise weniger Kraftstoff als ein voll beladenes Fahrzeug. Daher finden sich für leere und voll beladene Lkw unterschiedliche Verbrauchswerte und Emissionsfaktoren in den genannten Datenbanken.

**Wie mit Hilfe der entfernungs-basierten Methode Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für alle Verkehrsmittel berechnet werden können, zeigt Kapitel 10. Kapitel 11 stellt für den Lkw-Verkehr vor, wie spezifisch für den betrachteten Transport Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen berechnet werden können.**

### prEN 16258:2011: zwei Methoden, aber vier Ansätze

prEN 16258:2011 lässt **vier Ansätze zur Bestimmung von Verbrauchsdaten** zu, wobei die ersten drei Fälle der verbrauchs-basierten Methode, der vierte Fall der entfernungs-basierten Methode entsprechen:

- Verwendung **spezifischer Messwerte** für den konkreten Transport,
- Verwendung von **fahrzeug- oder routentypischen Kennwerten** (z. B. gemittelt für ein Jahr),
- Verwendung von **Flottendurchschnittswerten** (z. B. gemittelt für ein Jahr),
- Verwendung von feststehenden Vorgabewerten aus Datenbanken („**Default-Werte**“).

---

Für alle Methoden gilt: Die Daten sind nur so gut wie die Quelle, aus der sie stammen. Daher muss zusätzlich zu den Ergebnissen stets deutlich gemacht werden, welche Größen gemessen wurden und welches vorgegebene Default-Werte aus Datenbanken sind. Bei Default-Werten muss zudem die Quelle angegeben werden.

Egal welche Datenquellen verwendet werden, es müssen nach dem CEN-Normentwurf die gemessenen oder berechneten Energieverbräuche zur besseren Vergleichbarkeit in die einheitliche Energieeinheit MJ umgerechnet werden. Zudem müssen aus dem Energieverbrauch mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren die Treibhausgasemissionen ermittelt werden. Für beide Umrechnungsschritte – Standardisierung der Energieverbräuche und Berechnung der Treibhausgasemissionen – bietet der CEN-Normentwurf für alle Energieträger feste Umrechnungsfaktoren an oder beschreibt die Methode, wie diese Faktoren ermittelt werden müssen.

In den vorangegangenen Unterkapiteln wurde aufgezeigt, wie Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel standardisiert auf Basis von Energieverbrauchsdaten berechnet werden können und wie man diese Größen auf die Einzelsendung verteilt. Wer Energieverbrauchswerte misst, muss sicherstellen, dass sie in Übereinstimmung mit prEN 16258:2011 erhoben werden.

Der CEN-Normentwurf gibt vor, dass der **gesamte Fahrzeugumlauf**, bei dem die einzelne Sendung transportiert wird, betrachtet werden muss. Dieser Fahrzeugumlauf wird als Fahrzeug-Einsatzsystem (Vehicles Operations System, **VOS**) bezeichnet. Dies stellt sicher, dass auch Leerfahrten zur Bereitstellung der Fahrzeuge oder Leerfahrten zurück zum Standort in die Berechnung mit eingehen.

Dabei ist **zu beachten**: Zum Fahrzeug-Einsatzsystem gehört bei einer Fahrt mit einer Komplettladung von A nach B auch die **Leerfahrt** von B nach A zurück – vorausgesetzt, dass die Leerfahrt nicht in Verbindung mit einem nachfolgenden Transport steht und folglich diesem zugerechnet werden müsste. Für **Containerschiffe** ist das Fahrzeug-Einsatzsystem der gesamte Loop vom Abgangshafen zum Empfangshafen und wieder zurück, auch wenn der betrachtete Container nur eine Teilstrecke transportiert wird. Bei **Sammel- und Verteilerverkehr** gehört die gesamte Tour zum Fahrzeug-Einsatzsystem.

Die zukünftige Norm lässt für die Messung des Energieverbrauchs drei Fälle zu, wobei folgende Rangfolge empfohlen wird:

prEN 16258:2011:  
Drei Möglichkeiten zur  
Messung

**(1) Verwendung von spezifischen Messwerten für den konkreten Transport:** In diesem Fall wird exakt für den Umlauf, bei dem die Sendung mittransportiert wurde, der Kraftstoffverbrauch ermittelt. Eine solche detaillierte Betrachtung ist bislang in der Praxis eher unwahrscheinlich, da Speditionen und Logistikdienstleister nur selten für alle genutzten Verkehrsmittel separate Energie-daten erheben können.

**(2) Verwendung von fahrzeug- oder routentypischen Kennwerten:** In diesem Fall misst das Logistikunternehmen beispielsweise auf Jahresbasis den Dieserverbrauch der von ihm eingesetzten Fahrzeuge, Schiffe oder Flugzeuge speziell für die Route auf der die betrachtete Sendung mittransportiert wird und verteilt diese Werte anschließend auf die betrachtete Einzelsendung. Verwendet wird also ein durchschnittlicher Energieverbrauch pro Tonnenkilometer oder pro TEU-Kilometer z. B. gemittelt über ein Jahr. Dieses Vorgehen dürfte in Zukunft bedeutend werden, da es relativ leicht in der Praxis umsetzbar ist.

**(3) Verwendung von Flottendurchschnittswerten:** Dieser Fall ähnelt dem zweiten Fall – allerdings werden hier Durchschnittswerte für eine ganze Flotte des Logistikdienstleisters verwendet und nicht speziell für eine Linie, Route oder Tour. Um diese Werte für eine einzelne Sendung anwenden zu können, muss aber sichergestellt sein, dass die Fahrzeuge für den betrachteten Transport typisch sind. Diese Vorgehensweise ist heute bei vielen Speditionen üblich – allerdings liefert diese Methode die unschärfsten Ergebnisse, da sie keine Spezifika des einzelnen Transports erfasst.

---

**Rechenbeispiel 6:****Messung des Energieverbrauchs nach dem CEN-Normentwurf**

Ein dieselbetriebener Zug transportiert Kies über eine Entfernung von 520 km und fährt leer zum Ausgangspunkt zurück.

**Fall 1: Dieserverbrauch für konkreten Zugumlauf und Allokation auf 1 t Kies:**

- Beladung: 2.400 t Kies
- Dieserverbrauch: 6.000 l

Anteil Dieserverbrauch pro t Kies =  $(1 \text{ t} / 2.400 \text{ t}) \times 6.000 \text{ l} = 2,7 \text{ l}$

**Fall 2: Dieserverbrauch auf Jahresbasis für konkreten Zugumlauf und Allokation auf 1 t Kies:**

- Zugumläufe pro Jahr: 100
- Beladung:  $100 \times 2.400 \text{ t Kies} = 240.000 \text{ t Kies}$
- Dieserverbrauch: 576.000 l

Anteil Dieserverbrauch pro t Kies =  $(1 \text{ t} / (2.400 \text{ t} \times 100)) \times 576.000 \text{ l} = 2,4 \text{ l}$

**Fall 3: Dieserverbrauch auf Jahresbasis für Gesamtnetz und Allokation auf 1 t Kies:**

- Gesamttransportleistung aller Massenguttransporte des Unternehmens:  
4,73 Mrd. tkm
- Transportleistung für 1 t Kies über 520 km: 520 tkm
- Dieserverbrauch: 23,04 Mill. l

Anteil Dieserverbrauch pro t Kies =  $(520 \text{ tkm} / 4.730 \text{ Mill. tkm}) \times 23,04 \text{ Mill. l} = 2,5 \text{ l}$

Dieses Beispiel zeigt, dass die Art der Energieverbrauchsmessung Einfluss auf das Ergebnis hat. In diesem Beispiel ist der Verbrauch für den konkreten Zugumlauf am höchsten. Dies ist aber leicht erklärbar: Bei einem einzelnen Umlauf können Sondereffekte auftreten, z. B. zusätzliche Stopps eines Güterzuges, um Personenzüge passieren zu lassen. Solche Sondereffekte werden bei Jahreswerten herausgemittelt.

In der Praxis wird derzeit oft analog zum Fall 3 ein Durchschnittswert pro Tonnenkilometer errechnet, der dann zur Berechnung einzelner Sendungen herangezogen wird.

# 10 Ohne Verbrauchsdaten schnell ans Ziel

Werden Subdienstleister mit Transporten beauftragt, liegen in aller Regel weder Verbrauchsangaben für deren Fahrzeuge und Fahrzeugumläufe noch Angaben zur Auslastung der Transporte oder Anteile der Leerfahrten vor. In diesem Fall können Energieverbräuche mit Hilfe des **entfernungsbasierten Ansatzes** ermittelt werden. Der folgende Rechenweg ist gleich mit dem Allokationsschritt verknüpft – statt zwei getrennten Rechenschritten ist also nur eine Berechnung nötig. Als **Allokationsparameter** dient in diesem Kapitel einerseits das Gewicht, andererseits der 20-Fuß-Standard-Container (TEU – Twenty-foot equivalent unit).

Während die Werte für Energieverbräuche verschiedener Verkehrsmittel aus Datenbanken entnommen werden können, müssen für Auslastungen und Leerfahrten Festlegungen getroffen werden. Das Dilemma besteht darin, dass Auslastung und Leerfahrten einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Beide Größen hängen aber in der Regel von der Art des Transportgutes ab: Bei schweren Massengütern wie Erze, Kohle oder Mineralölprodukte, bei denen das Transportgewicht der begrenzende Faktor für die Auslastung ist, sind Ladungsfahrten nahezu zu 100% ausgelastet. Gleichzeitig handelt es sich oft um unpaarige Transporte mit hohen Leerfahrtenanteilen. Bei Volumengütern und Stückgut liegt dagegen die massenbezogene Auslastung bei 30 bis 40%, dafür ist der Leerfahrtenanteil kleiner. Um diese Einflüsse berücksichtigen zu können, werden in diesem Kapitel Energieverbrauchswerte für die drei Güterarten **Massengut**, **Volumengut** und **Durchschnittsgut** ausgewiesen. Zudem werden Container-Transporte separat behandelt.

## Wie wird gerechnet?

In den folgenden Abschnitten werden für jedes Verkehrsmittel Energieverbrauchswerte pro Tonnenkilometer für Volumen, Durchschnitts- und Volumengüter in Tabellenform zur Verfügung gestellt. Da die Energiewerte von den Verkehrsmitteln und deren Größe abhängen, werden diese differenziert nach Lkw-, Zug-, Schiffs- oder Flugzeuggrößen ausgewiesen. Die spezifischen Verbrauchswerte pro Tonnenkilometer enthalten auch Festlegungen zu Auslastungen und zu Leerfahrtenanteilen.

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs für die betrachtete Sendung muss der spezifische Verbrauchswert pro Tonnenkilometer mit dem Gewicht der Sendung und der zurückgelegten Transportentfernung multipliziert werden. Bei Containern sind die spezifischen Verbrauchswerte pro TEU-Kilometer in den Tabellen angegeben. Für diese Fälle müssen diese Werte mit der Entfernung und der Anzahl der TEU ausmultipliziert werden. Die folgende Formel fasst dies zusammen:

$$FC = W * D * E$$

<b>FC</b>	=	<b>Energieverbrauch in l, kg oder kWh</b>
<b>W</b>	=	<b>reales Frachtgewicht in t oder TEU</b>
<b>D</b>	=	<b>reale Transportentfernung in km</b>
<b>E</b>	=	<b>spezifischer Energieverbrauch (in l, kg oder kWh) je tkm oder TEU-km</b>

Um den Energieverbrauch exakt zu ermitteln, sind folgende Schritte notwendig:

- Bestimmung der **Gutart** (Schwer-, Durchschnitts-, Volumengut);
- Identifikation der verwendeten **Fahrzeuge** nach Art und Größe;
- Auswahl der spezifischen **Verbrauchswerte** pro Tonnen-km bzw. TEU-km passend zur Gutart und zur Fahrzeugart bzw. Fahrzeugtyp;
- Ermittlung der **realen Transportentfernung** für die einzelne Sendung. Bei landgebundenen Verkehren (Straße, Schiene, Binnenschifffahrt) ist das die tatsächlich zurückgelegte Strecke; bei Flugverkehr und Seeschifffahrt gelten spezielle Berechnungsvorschriften, da die tatsächliche Distanz meist von der Idealroute abweicht;
- Ermittlung des **realen Sendungsgewichts** (einschließlich Verpackung oder Transporthilfen wie Paletten sowie ggf. Containergewichte, siehe Tabelle 7) bzw. Anzahl der TEU;
- **Berechnung des Energieverbrauchs** für die Sendung durch Multiplizieren des Sendungsgewichts mit den Transportentfernungen und den spezifischen Verbrauchswerten pro tkm bzw. TEU-km.



Aus den so ermittelten Energieverbrauchswerten werden die TTW- und WTW-Energieverbräuche und TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt (siehe Kapitel 6).

**Tabelle 7: Containergewicht für verschiedene Gutarten**

Gutart	Containergewicht	Frachtgewicht	Gesamtgewicht
	Tonnen/TEU	Tonnen/TEU	Tonnen/TEU
Volumengut	1,9	6,0	7,90
Durchschnittsgut	1,95	10,5	12,45
Massengut	2,0	14,5	16,50

**Quelle:** EcoTransIT 2010.

Für Lkw-Transporte kommen verschiedene Fahrzeuggrößen zum Einsatz. In Anlehnung an das internetbasierte Emissionsberechnungstool EcoTransIT ([www.ecotransit.org](http://www.ecotransit.org)) werden hier Verbrauchswerte für vier Lkw-Größenklassen angeboten, die das in Deutschland und den meisten europäischen Ländern zugelassene Spektrum abdecken. Zwar wurden beim Lkw-Verkehr die Abgasemissionen in den vergangenen Jahren drastisch gesenkt – der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch ist seit Einführung von Euro 3 hingegen nahezu gleich geblieben. Daher unterscheiden sich aktuell die Verbrauchswerte pro Tonnenkilometer nicht nach verschiedenen technischen Abgasstandards oder dem Fahrzeugalter. Nur bei sehr alten Lkw liegen die Verbrauchswerte höher als in diesem Kapitel ausgewiesen.

**Lkw-Verkehr**

**Tabelle 8: Annahmen für vier Lkw-Klassen**

	Zusätzliche Leerfahrten <sup>1)</sup>	Lkw < 7,5 t zGG	Lkw 7,5 - 12 t zGG	Lkw 12-24 t zGG	Last-/Sattelzug 24-40 t zGG
Maximale Zuladung		3,5 t	6,0 t	12,0 t	26,0 t
<b>Frachtverkehr</b>		<b>– Frachtgewicht in t pro Lkw –</b>			
Volumengut	+10%	1,05 t	1,8 t	3,6 t	7,8 t
Durchschnittsgut	+20%	2,1 t	3,6 t	7,2 t	15,6 t
Massengut	+60%	3,5 t	6,0 t	12,0 t	26,0 t
<b>Containerverkehr</b>		<b>– Anzahl TEU pro Lkw –</b>			
Volumengut	+10%	-	-	1 TEU	2 TEU
Durchschnittsgut	+10%	-	-	1 TEU	2 TEU
Massengut	+10%	-	-	-	1 TEU

<sup>1)</sup> Zusätzliche Leerfahrten: Streckenanteil, der zusätzlich als Leerfahrt durchgeführt wird, bezogen auf die Lastfahrt.

**Quelle:** EcoTransIT 2010.

Beim **Streckenprofil** haben Gefälle und Steigungen großen Einfluss auf den Verbrauch – umso mehr, je schwerer Fahrzeug und Ladung sind. Daher werden an dieser Stelle Verbrauchskennzahlen für das mittlere Längsneigungsprofil in Deutschland und für Fahrten in der Ebene angegeben. Straßengüterverkehr findet häufig auf Autobahnen statt. Basis der Berechnung ist daher der mittlere Kraftstoffverbrauch auf **Autobahnen**. Hierbei werden gemittelte Anteile an freiem und gebundenen Verkehr sowie Staus berücksichtigt. Der Kraftstoffverbrauch auf **Außerortsstraßen** ist dem auf Autobahnen vergleichbar. Wenn größere Anteile der Strecke **innerorts** zurückgelegt werden, können die folgenden Korrekturfaktoren verwendet werden:

**Tabelle 9: Korrekturfaktoren für den Verbrauch auf Innerortsstraßen**

Lkw-Typ	Korrektur-Faktor
Lkw < 7,5 t zGG	0,9
Lkw 7,5 – 12 t zGG	1
Lkw 12 - 24 t zGG	1,3
Last-/ Sattelzug 24 - 40 t zGG	1,4
<b>Quellen:</b> HBEFA 3.1; TREMOD 2010; eigene Berechnungen.	

Tabelle 10 enthält Verbrauchskennzahlen pro Tonnenkilometer für den spezifischen Energieverbrauch für Lkw und Containerverkehr. Bei Volumengütern entfällt ein höherer Kraftstoffverbrauch auf einen Tonnenkilometer als bei Massengütern.

**Tabelle 10: Spezifischer Energieverbrauch E pro tkm bzw. TEU-km für den Lkw-Verkehr**

	Mittleres Längsneigungsprofil			Ebene		
	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut
<b>Frachtverkehr</b>	– Dieselverbrauch in Liter/tkm –					
Lkw < 7,5 t	0,140	0,078	0,063	0,139	0,077	0,062
Lkw 7,5 – 12	0,108	0,061	0,050	0,105	0,059	0,048
Lkw 12-24 t	0,063	0,036	0,029	0,060	0,034	0,027
Last-/Sattelzug 24-40 t	0,038	0,023	0,020	0,033	0,020	0,016
<b>Containerverkehr</b>	– Dieselverbrauch in Liter/TEU-km –					
Lkw < 7,5 t	x	x	x	x	x	x
Lkw 7,5 – 12	x	x	x	x	x	x
Lkw 12-24 t	0,24	0,26	x	0,22	0,24	x
Last-/Sattelzug 24-40 t	0,17	0,19	0,34	0,14	0,16	0,29
x = Container-Transport für diese Lkw-Größe bzw. bei diesem Containergewicht nicht möglich.						
<b>Quellen:</b> HBEFA 3.1; TREMOD 2010; eigene Berechnungen.						

**Rechenbeispiel 7:**

**Energieverbrauch eines Lkw-Transports**

Ein 40 t-Sattelzug transportiert 8 t Dämmmaterial von Ludwigshafen nach Berlin.

**Ermittlung der Parameter für die Berechnung:**

- Lkw-Klasse: Last-/Sattelzug 24-40t
- Gutart: Volumengut
- Transportgewicht: 8 t
- Transportentfernung: 634 km
- Straßenkategorie: Autobahn hügelig

**Berechnung Energieverbrauch:**

$$FC \text{ [Liter]} = W \text{ [t]} \times D \text{ [km]} \times E \text{ [l/tkm]} =$$

$$8 \text{ t} \times 634 \text{ km} \times 0,038 \text{ l/tkm} = 193 \text{ l}$$

Der Energieverbrauch von Güterzügen ist stark von Länge und Gesamtgewicht des Zuges abhängig: je länger und schwerer, desto weniger Energie entfällt auf die einzelne transportierte Tonne. Daher müssen für die Berechnung verschiedene Zugklassen mit unterschiedlichem Bruttogewicht festgelegt werden. Näherungsweise kann auch ein Zug mit mittlerem Bruttogewicht von 1.000 t verwendet werden. Tabelle 11 enthält spezifische Energiekennwerte E pro tkm oder TEU-km, von denen der passende Wert ausgewählt und in die Formel zur Berechnung des Energieverbrauchs FC eingesetzt werden muss.

**Tabelle 11: Spezifischer Energieverbrauch E pro tkm bzw. TEU-km für Güterzüge mit Elektro- und Dieseltraktion**

	Elektrotraktion			Dieseltraktion		
	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut
<b>Frachtverkehr</b>	– in kWh/tkm –			– in Liter/tkm –		
Zug 500 t (Kurzzug)	0,064	0,049	0,043	0,017	0,013	0,012
Zug 1.000 t (Mittlerer Zug)	0,042	0,032	0,028	0,011	0,009	0,008
Zug 1.500 t (Langzug)	0,032	0,025	0,022	0,009	0,007	0,006
Zug 2.000 t (Langzug)	0,027	0,021	0,018	0,007	0,006	0,005
<b>Containerverkehr</b>	– in kWh/TEU-km –			– in Liter/TEU-km –		
Zug 500 t (Kurzzug)	0,507	0,622	0,726	0,138	0,169	0,198
Zug 1.000 t (Mittlerer Zug)	0,330	0,405	0,472	0,090	0,110	0,129
Zug 1.500 t (Langzug)	0,256	0,315	0,367	0,070	0,086	0,100
Zug 2.000 t (Langzug)	0,214	0,264	0,307	0,058	0,072	0,084
x = Container-Transport für diese Lkw-Größe bzw. bei diesem Containergewicht nicht möglich.						
<b>Quellen:</b> EcoTransIT 2010; eigene Berechnungen.						

**Rechenbeispiel 8:**

**Energieverbrauch eines Bahn-Transports**

Ein 20-Fuß-Container mit 11 t Gesamtgewicht (Durchschnittsgut, siehe Tabelle 7) wird mit der Bahn von Hamburg nach Dresden transportiert. Das Zuggewicht ist nicht bekannt, die Strecke ist elektrifiziert.

**Ermittlung der Parameter für die Berechnung:**

- Zugart: Zug 1000 t, elektrisch
- Gutart: Durchschnitt
- Transportmenge: 1 TEU
- Transportentfernung: 463 km (ermittelt mit EcoTransIT)

**Berechnung Energieverbrauch:**

$$FC \text{ [kWh]} = W \text{ [TEU]} \times D \text{ [km]} \times E \text{ [kWh/TEU-km]} = 1 \text{ TEU} \times 463 \text{ km} \times 0,405 \text{ kWh/TEU-km} = 188 \text{ kWh}$$

Güterverkehr mit Schiffen dient vor allem dem Transport von Massengütern und Containern. Es gibt Schiffe sehr unterschiedlicher Größe und für verschiedene Einsatzzwecke, die maximale Größe kann je nach Route beschränkt sein. So können in Deutschland Binnenschiffe der Klasse V und größer nur auf Rhein und Elbe eingesetzt werden. Bei der Seeschifffahrt gibt es je nach Route typische Schiffsgrößen. Auch hier gibt es oft Höchstgrenzen, etwa bei Passagen durch den Panamakanal.

Tendenziell gelten bei Schiffen für den **Energieverbrauch** die gleichen physikalischen Regeln wie bei anderen Verkehrsträgern: je größer Schiff und Ladekapazität, desto geringer ist der spezifische Energieverbrauch je Ladeinheit. Bei Schiffen ist mehr noch als bei anderen Verkehrsträgern die **Geschwindigkeit** entscheidend für den Energieverbrauch. Dieser Leitfaden nennt Energiekennzahlen für Durchschnittsflotten differenziert nach Handelswegen, die sich aus unterschiedlichen Schiffstypen zusammensetzen (siehe Tabelle 12; für Binnenschiffe: siehe Tabelle 20). Es wird generell eine 4%-ige Geschwindigkeitsreduktion gegenüber der so genannten Design-Geschwindigkeit angenommen.

**Tabelle 12: Spezifischer Energieverbrauch E (schweres Heizöl, RFO) pro tkm bzw. TEU-km verschiedener Schiffsklassen**

	Energieverbrauch bezogen auf Tonnenkilometer			Energieverbrauch bezogen auf TEU-Kilometer		
	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut
	– in kg/tkm –			– in kg/TEU-km –		
<b>Containerschiffsverkehr</b>						
Durchschnitt aller Handelslinien	0,0089	0,0051	0,0037	0,053	0,053	0,053
Asien (4.700 - 7.000+ TEU)	0,0076	0,0044	0,0032	0,046	0,046	0,046
Transpazifik (1.000 - 7.000+ TEU)	0,0087	0,0050	0,0036	0,052	0,052	0,052
Transatlantik (2.000 - 4.700 TEU) <sup>1)</sup>	0,0089	0,0051	0,0037	0,053	0,053	0,053
Übrige Linien (1.000 - 4.700 TEU)	0,0096	0,0055	0,0040	0,058	0,058	0,058
Intrakontinental (500 - 2.000 TEU)	0,0123	0,0070	0,0051	0,074	0,074	0,074
<b>Massengut/Tanker</b>						
Asien (80.000 - 200.000 dwt <sup>2)</sup> )	x	x	0,0014	x	x	x
Transpazifik (35.000-200.000 dwt <sup>2)</sup> )	x	x	0,0017	x	x	x
Übrige Linien (ab 35.000 dwt <sup>2)</sup> )	x	x	0,0020	x	x	x
<sup>1)</sup> Auch Panama-Schiffsklasse (2.000 – 4.700 TEU). – <sup>2)</sup> dwt = dead weight tonnage = Tragfähigkeit eines Schiffes bei mittlerem Sommertiefgang. <b>Quellen:</b> EcoTransIT 2010; eigene Berechnungen.						

**Tabelle 13: Spezifischer Energieverbrauch E (Diesel) pro tkm bzw. TEU-km verschiedener Binnenschiffsklassen (Durchschnitt Berg, Tal- und Kanalfahrt)**

	Energieverbrauch bezogen auf Tonnenkilometer			Energieverbrauch bezogen auf TEU-Kilometer		
	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut
	– in Liter/tkm –			– in Liter/TEU-km –		
<b>Containerschiff</b>						
Europaschiff (100 TEU)	0,0344	0,0197	0,0143	0,207	0,207	0,207
Klasse ≥ V (200-1500 TEU)	0,0206	0,0118	0,0085	0,124	0,124	0,124
<b>Massengut, Tanker</b>						
Durchschnitt <sup>1)</sup>	x	x	0,0114	x	x	x
Jowi-Klasse (5.200 t <sup>1)</sup> )	x	x	0,0047	x	x	x
<sup>1)</sup> Durchschnitt über alle Schiffsgröße für Deutschland. – <sup>2)</sup> Maximale Zuladung. <b>Quellen:</b> EcoTransIT 2010; TREMOD 2010; PLANCO 2007; Verkehrsrundschau 2010; eigene Berechnungen.						

Die Transportentfernungen entsprechen bei der Binnenschifffahrt der Länge der Wasserwege, die befahren werden. Bei der Seeschifffahrt werden die ausgewiesenen Schiffsrouten verwendet. Falls die Länge der Routen nicht bekannt ist, können sie z. B. mit dem Internet-Tool EcoTransIT ermittelt werden ([www.ecotransit.org](http://www.ecotransit.org)).

**Rechenbeispiel 9:**

**Energieverbrauch eines Seetransports**

5 Tonnen eines Volumengutes werden mit einem Containerschiff von Singapur nach Bremen transportiert (Handellinie: Suez).

**Ermittlung der Parameter für die Berechnung:**

- Schiffstyp: Suez - Containerschiff
- Gutart: Volumengut
- Transportgewicht: 5 Tonnen
- Transportentfernung: 15.815 km (ermittelt mit EcoTransIT)

**Berechnung Energieverbrauch:**

$$FC \text{ [kg]} = W \text{ [TEU]} \times D \text{ [km]} \times E \text{ [kg/TEU]}$$

$$= 5 \text{ t} \times 15.815 \text{ km} \times 0,0076 \text{ kg/tkm} = 601 \text{ kg HFO}$$

Mit dem Flugzeug werden überwiegend eilige, verderbliche oder sehr hochwertige Produkte – in der Regel Volumengüter – über weite Entfernungen transportiert. Der Kerosinverbrauch hängt vom **Flugzeugtyp** ab. Spezifisch für den Flugverkehr ist, dass der Verbrauch aufgrund des hohen Energieaufwands für die Startphase zudem entfernungsabhängig ist. Daher zeigt Tabelle 14 Werte für unterschiedliche Flugzeugtypen und verschiedene **Entfernungen**. Liegt die reale Flugstrecke zwischen den ausgewiesenen Werten, muss linear interpoliert werden.

**Luftverkehr**

Luftfracht wird in reinen Frachtflugzeugen, aber auch im Frachtraum von Passagiermaschinen transportiert. Im zweiten Fall spricht man auch von Beifracht oder Bellyfracht. Bei **Bellyfracht** muss der Energieverbrauch zwischen Passagieren und Fracht aufgeteilt werden, laut prEN 16258:2011 werden dabei Passagiere (einschließlich Gepäck) mit 100 kg pro Kopf angesetzt. Die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Kerosinverbräuche berücksichtigen für Bellyfracht bereits diese Allokationsmethode. Für die Fracht wurde angenommen, dass bei Mittelstreckenflügen (bis 3.700 km) das Flugzeug massenbezogen zu 60%, bei Langstreckenflügen (ab 3.700 km) zu 65% ausgelastet ist. Die Passagierauslastung, die in die Allokation zwischen Fracht und Passagieren einfließt, liegt bei Mittelstreckenflügen bei 70% und bei Langstreckenflügen bei 80% bezogen auf das Sitzplatzangebot.

Der **Gesamtkerosinverbrauch**, der auf eine einzelne Luftfrachtsendung entfällt, ergibt sich durch Multiplizieren des spezifischen Kerosinverbrauchs mit dem Gewicht der Sendung und der Flugentfernung. Entfernungen im Luftverkehr werden oftmals auf Basis der Großkreisentfernung berechnet, quasi die Luftlinie als kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten. Allerdings weichen reale Flugrouten oft von dieser Idealverbindung ab. Hinzu kommen betriebs- oder wetterbedingte Umwege. Die EU schlägt daher in der Monitoring-Richtlinie zum Luftverkehrs-Emissionshandel vor, bei jedem Flug einen pauschalen Zuschlag von 95 km dazu zu addieren. Dieser Ansatz wird im Entwurf der CEN-Norm übernommen.

**Tabelle 14: Spezifischer Energieverbrauch E von ausgewählten Flugzeugtypen in kg Kerosin pro tkm in Abhängigkeit der Flugstrecke (nur Volumengüter)**

Mittelstrecke <sup>1)</sup>			Langstrecke <sup>1)</sup>		
Entfernung	Belly-Fracht (z. B. B757-200)	Frachter (z. B. B767-300F)	Entfernung	Belly-Fracht (z. B. B747-400)	Frachter (z. B. B747-400F)
km	kg/tkm	kg/tkm	km	kg/tkm	kg/tkm
1.500	0,290	0,190	3.700	0,257	0,148
2.000	0,273	0,180	4.000	0,255	0,148
2.500	0,264	0,174	6.000	0,254	0,147
3.000	0,258	0,171	8.000	0,259	0,150
3.700	0,254	0,168	10.000	0,267	x <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Maximale Nutzlast bzw. Sitzplätze: B757-200: 4 t, 200 Passagiere; B747-400: 14 t, 416 Passagiere; B67-300 F: 53,7 t; B747-400F: 112,6 t. – <sup>2)</sup> Reichweite überschritten.  
**Quellen:** EcoTransIT 2010; eigene Berechnungen.

**Rechenbeispiel 10:**

**Energieverbrauch eines Flugzeug-Transports**

Ein in einer Kiste verpacktes medizinisches Gerät (0,05 t) wird als Beifracht in einem Passagierflugzeug von Shanghai nach Frankfurt transportiert.

**Ermittlung der Parameter für die Berechnung:**

- Gutart: nicht relevant
- Transportart: Belly-Fracht
- Transportgewicht (inkl. Verpackung): 50 kg, 0,05 t
- Transportentfernung: 8820 km (Großkreis) + 95 km = 8915 km
- Distanzklasse: Langstrecke

**Interpolation des Kerosinverbrauchs für Flugstrecke:**

$$0,259 \text{ kg/tkm} + (0,267 - 0,259) \text{ kg/tkm} \times 915 \text{ km} : 2.000 \text{ km} = 0,263 \text{ kg/tkm}$$

**Berechnung Energieverbrauch:**

$$\text{FC [kg]} = \text{W [t]} \times \text{D [km]} \times \text{E [kg/tkm]} =$$

$$0,05 \text{ t} \times 8.915 \text{ km} \times 0,263 \text{ kg/tkm} = 117 \text{ kg Kerosin}$$

## Entfernungsbasierte Berechnungen im Detail

Falls keine gemessenen Verbrauchsdaten für den Transport vorliegen, dafür aber konkrete Informationen zum Transport und vor allem zur Auslastung der Fahrzeuge, sollte die Berechnung diese Werte nutzen. Zwar lässt prEN 16258:2011 „Default-Werte“ für Verbrauch, Auslastung oder Leerfahrtenanteil z. B. aus Datenbanken zu – gleichzeitig aber gibt er vor, wo immer möglich, eigene gemessene Werte einzusetzen. Wie **gemessene Auslastungsdaten und Leerfahrtenanteile** berücksichtigt werden können, wird im Folgenden für den **Lkw-Verkehr** vorgestellt. Diese **detailliertere Vorgehensweise** basiert weiterhin auf Verbrauchswerten aus Datenbanken („Default-Werten“).

Die in Kapitel 10 vorgestellten Dieserverbrauchswerte für Lkw je Tonnenkilometer beziehen sich auf einen Tonnenkilometer. Dabei wird der Kraftstoffverbrauch für den gesamten Lkw über die Tonnenkilometer und damit über das Gewicht auf die Einzelsendung verteilt. In der Detailmethode werden die Berechnung des Energieverbrauchs und die Allokation wieder getrennt, um verschiedene Auslastungen und Allokationsmethoden zu ermöglichen. Dafür sind **drei Schritte** notwendig:

1. Berechnung des Dieserverbrauchs der Lkw für den gesamten Fahrzeugumlauf (inkl. Leerfahrten), in dem die Einzelsendung transportiert wird
2. Allokation des Energieverbrauchs auf die Einzelsendung (zu den Prinzipien siehe Kapitel 7)
3. Berechnung von TTW- und WTW-Energieverbrauch sowie TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen nach dem CEN-Normentwurf (siehe hierzu Kapitel 6)

Diese Schritte müssen für alle Streckenabschnitte, bei denen die einzelne Sendung das Fahrzeug wechselt, wiederholt und zur Gesamtsumme aufsummiert werden. Für eine möglichst genaue Berechnung des Energieverbrauchs werden folgende Größen benötigt:

- Länge des gesamten Fahrzeugumlaufs (Entfernung),
- verwendete Lkw-Größe je Transportabschnitt,
- maximale Beladung (Nutzlastkapazität) des Lkw (z. B. 26 t oder 34 Palettenstelleplätze bei einem 40-t-Lkw),
- mittlere Beladung (Nutzlast) des Fahrzeugs für den gesamten Umlauf (z. B. 12 t Fracht oder 20 Paletten),
- Art der gefahrenen Strecke (Straßenkategorie, Längsneigungscharakteristik).

Der **Dieserverbrauch** des Fahrzeugumlaufs berechnet sich für einen Lkw aus dem durchschnittlichen Verbrauch in Litern je 100 km und der zurückgelegten Entfernung **nach folgender Formel**. Zur Bestimmung der zurückgelegten Entfernung ist darauf zu achten, dass alle Fahrten, die in unmittelbaren Zusammenhang mit der Sendung stehen, einbezogen werden.

$$FC [l] = D [km] \times E [l/100km] / 100$$

- FC: = Berechneter Dieserverbrauch in Liter  
 D = zurückgelegte Entfernung des gesamten Fahrzeugumlaufs in km (inkl. Leerfahrten)  
 E = Spezifischer Dieserverbrauch in Liter/100 km

Der **spezifische Energieverbrauch E** ist abhängig vom Lkw (im Wesentlichen von der Fahrzeuggröße) und dessen mittlerer Auslastung und berechnet sich wie folgt:

$$E [\text{Liter}/100 \text{ km}] = A [\text{Liter}/100 \text{ km}] + B [\text{Liter}/100 \text{ km}] \times N [t] / C [t]$$

- E = Spezifischer Dieserverbrauch in Liter/100 km  
 A = Verbrauch des leeren Fahrzeugs in Liter/100km  
 B = Differenz aus voll beladenem Fahrzeug minus Leerfahrzeug in l/100 km  
 N = Nutzlast in Tonnen  
 C = Nutzlastkapazität in Tonnen (maximale Zuladung)

### Ermittlung des Energieverbrauchs für Lkw

**Tabelle 15** zeigt für vier verschiedene Lkw-Größen repräsentative Werte für die Parameter A, B und C, die für Deutschland und für andere europäische Staaten typisch sind. Die Werte sind, analog zu Kapitel 10, die Verbrauchswerte für **Autobahnen** und **übrige Außerortsstraßen**. Der Verbrauch auf **Innerortsstraßen** kann daraus mit Hilfe der **Korrekturfaktoren** in **Tabelle 9** (Kapitel 10) berechnet werden. Auf eine Unterscheidung nach Abgasstandards (Euro-Klassen) wird verzichtet, da deren Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch seit Einführung von Euro 3 vernachlässigbar ist.

**Tabelle 15: Parameter A, B und C für in Deutschland und Europa typische Lkw**

Parameter	mittleres Neigungsprofil		Ebene		C
	A	B	A	B	
	l/100 km	l/100 km	l/100 km	l/100 km	Tonnen
Lkw < 7,5 t zGG	13,0	1,4	12,9	1,2	3,5 t
Lkw 7,5-12 t zGG	16,9	3,2	16,6	2,4	6,0 t
Lkw 12-24 t zGG	19,3	4,2	18,7	2,9	12,0 t
Last-/ Sattelzug 24-40 t zGG	22,7	14,4	21,5	8,2	26,0 t
<b>Quellen:</b> HBEFA 3.1; TREMOD 2010; eigene Berechnungen					

Da der Dieserverbrauch eines Lkw von seiner Auslastung abhängt, fließt in die oben dargestellte Formel die massenbezogene Auslastung ein (Formelbestandteil: N/C) – unabhängig davon, ob die Allokation des Verbrauchs auf eine Einzelsendung im nächsten Schritt über eine andere Allokationsgröße erfolgt (z. B. Volumen, Anzahl der Paletten, Lademeter). Das bedeutet, dass immer auch die **massenbezogene Auslastung** des Lkw benötigt wird, um die Detailberechnung durchzuführen. Zudem müssen in die Berechnung die **Realgewichte**, nicht die frachtpflichtigen Gewichte einfließen. Weiterhin ist zu beachten, dass in der Verbrauchsrechnung auch die **Gewichte von Ladehilfsmitteln** (z. B. Gewicht der Paletten) oder von Verpackungen berücksichtigt werden müssen.

Um die obige Formel exakt anwenden zu können, muss entweder der Fahrzeugumlauf getrennt für jede Teilstrecke berechnet werden, bei der sich die Nutzlast ändert. Alternativ wird eine durchschnittliche Nutzlast für den gesamten Fahrzeugumlauf ermittelt – in diesem Fall müssen die Entfernungen mit berücksichtigt werden.

## Bestimmung der mittleren Beladung

Die mittlere Beladung des Fahrzeugs für einen gesamten Fahrzeugumlauf wird für die Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs benötigt. Werden in einem Fahrzeugumlauf mehrere Sendungen transportiert, muss die Nutzlast jeder einzelnen Sendung addiert werden. Dies ist einfach, wenn ein konkreter Fahrzeugumlauf betrachtet wird, bei dem keine Be- und Entladevorgänge stattfinden **und** bei dem die Nutzlast für alle Sendungen bekannt ist.

Falls dies nicht der Fall ist, bieten sich die folgenden Vorgehensweisen an:

- **Fall 1:** Nutzlast, Entfernung und Gesamtstrecke sind für alle Teilstrecken in einem Fahrzeugumlauf bekannt.

Die mittlere Nutzlast wird berechnet, indem für jede Teilstrecke i Nutzlast und Länge der Teilstrecke multipliziert, die einzelnen Teilstrecken aufaddiert und durch die Gesamtstrecke dividiert wird:

$$\text{Mittlere Nutzlast} = \text{Summe (Nutzlast} \cdot \text{Länge Teilstrecke)} / \text{Gesamtstrecke}$$

- **Fall 2:** Keine oder unvollständige Informationen zum Fahrzeugumlauf

In diesem Fall können hilfsweise geschätzte Nutzlasten angesetzt werden. Dies kann z. B. ein Jahresdurchschnittswert des Unternehmens für vergleichbare Transportfälle sein. Wichtig ist dabei, dass die Leerfahrten berücksichtigt werden.



In einem weiteren Schritt muss die Allokation des Verbrauchs auf die Einzelsendung erfolgen. Da das Gewicht der Ladung bekannt ist, ist es naheliegend, für die Allokation ebenfalls das Gewicht der Einzelsendung zu verwenden. prEN 16258:2011 schlägt konkret vor, dass zur Allokation das Produkt aus Gewicht und Entfernung verwendet wird. Alternativ lässt der CEN-Normentwurf aber auch andere Größen zu, wenn diese stärker die begrenzende Größe des Transportes sind (z. B. Anzahl Palettenstellplätze, Lademeter). Auch hier sollte das Produkt aus dem Allokationsparameter und der Entfernung (z. B. Produkt aus Palettenanzahl und Entfernung oder Lademeter und Entfernung) zur Allokation verwendet werden.

Nach erfolgreicher Allokation des Dieselverbrauchs auf die Einzelsendung können dann TTW- und WTW-Energieverbrauch sowie TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen berechnet werden (siehe Kapitel 6).

#### **Rechenbeispiel 11:**

##### **Berechnung des Kraftstoffverbrauch mit realen Auslastungsdaten**

Ein 12-t-Lkw liefert auf einer Tour insgesamt acht Paletten mit Holzbriketts aus. Vier Paletten Hartholzbriketts (Gesamtgewicht 0,98 t/Palette) werden vom Lager in Bad Homburg nach Darmstadt geliefert (50 km). Vier weitere Paletten Rindenbriketts (0,52 t/Palette) werden vom Lager in Bad Homburg über Darmstadt nach Bensheim transportiert (50 km + 26 km). Von Bensheim fährt der Lkw leer zurück zum Lager (70 km). Die Strecke verläuft überwiegend auf Autobahnen ohne Steigung und Gefälle.

##### **Mittlere Nutzlast des Fahrzeugumlaufs**

Die mittlere Nutzlast des Fahrzeugumlaufs kann aus der Nutzlast je Teilstrecke und der Länge der Teilstrecken berechnet werden:

- Teilstrecke 1:  $4 \times 0,98 \text{ t} + 4 \times 0,52 \text{ t} = 6,00 \text{ t}$

- Teilstrecke 2:  $4 \times 0,52 \text{ t} = 2,08 \text{ t}$

- Teilstrecke 3: Leerfahrt = 0 t

Mittlere Nutzlast =  $(6,0 \text{ t} \times 50 \text{ km} + 2,08 \text{ t} \times 26 \text{ km}) / (50 \text{ km} + 26 \text{ km} + 70 \text{ km}) = 2,43 \text{ t}$

##### **Durchschnittlicher Verbrauch je 100 km (nach Tabelle 15):**

$$E \text{ [l/100 km]} = a + b \times N/C =$$

$$16,6 \text{ l/100 km} + 2,4 \text{ l/100 km} \times 2,43 \text{ t} / 6,0 \text{ t} = 17,57 \text{ l/100 km}$$

##### **Berechnung des Gesamtverbrauchs**

$$FC \text{ [l]} = D \text{ [km]} \times E \text{ [l/100km]} / 100 =$$

$$146 \text{ km} \times 17,57 \text{ l/100 km} / 100 = 25,7 \text{ l}$$

In der Logistik erzeugen nicht nur Fahrzeuge Emissionen. Auch Gebäude, Lager und Umschlageinrichtungen sind für einen Teil der Treibhausgase verantwortlich, in aller Regel durch

- **Stromverbrauch** der Umschlageinrichtungen, Terminals, Lager und Büros,
- **Wärmeenergieverbrauch** der Terminals, Lager und Büros,
- Verbrauch von Diesel, Flüssiggas oder Strom für zusätzliches Equipment wie **Umsetzfahrzeuge** oder **Gabelstapler**,
- **Kältemittelverluste** der Tiefkühl- und Kühllager.

Der stationäre Bereich wird im CEN-Normentwurf prEN 16258:2011 nicht berücksichtigt. Laut Greenhouse Gas Protocol müssen nur die **direkten Treibhausgasemissionen** verpflichtend berechnet werden. Um aber kompatibel zu den Vorgaben im CEN-Standard für Transporte zu sein, sollten zusätzlich auch die **indirekten Emissionen** (d. h. auch die bei Herstellung von Energieträgern oder Produkten wie Kältemittel entstehenden Treibhausgase) berücksichtigt werden. Im Folgenden wird daher das Vorgehen zur Berechnung des Endenergieverbrauchs bzw. der direkten Emissionen ebenso wie die Berechnung des Gesamtenergieverbrauches bzw. der Gesamtemissionen vorgestellt. Der Bau der Gebäude, Lager und Umschlageinrichtungen wird nicht betrachtet, er hat für die Gesamtemissionen eine untergeordnete Bedeutung.

#### Strom und Wärmebereich

Für den Strom und Wärmebereich sieht das GHG Protocol die so genannte **Emissionsfaktoren-basierte Methode** zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen vor – dieser Ansatz entspricht der verbrauchsbasierten Methode der prEN 16258:2011. Dafür müssen in einem ersten Schritt die Energieverbräuche ermittelt werden, die dann in einem zweiten Schritt analog zu den Transporten mit den entsprechenden Emissionsfaktoren multipliziert werden. Die Energieverbräuche werden für die einzelnen Gebäude, Terminals oder Umschlageinrichtungen mit Hilfe von Stromzähler, Heizölrechnungen oder Jahresabrechnungen des Energieversorgers ermittelt. Bei kWh-Angaben ist zu beachten, dass diese sich oft auf den Brennwert beziehen, viele Emissionsfaktoren sind aber auf den Heizwert bezogen (in Deutschland liegt der Heizwert im Durchschnitt bei 90% des Brennwertes). Wichtig ist, dass alle Energieverbraucher erfasst werden – also auch Sortier- und Förderanlagen, die oft erheblich zum Verbrauch beitragen. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen berechnen sich somit wie folgt:

<b>Energieverbrauch:</b>	
<b><math>EN_{\text{direkt bzw. gesamt}} = FC \times F_{EN_{\text{direkt bzw.}}}</math></b>	
$EN_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= Endenergieverbrauch bzw. Primärenergieverbrauch in MJ
FC	= gemessener Energieverbrauch (z. B. kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Gas oder Liter Heizöl)
$F_{EN_{\text{direkt bzw. gesamt}}}$	= Energieumrechnungsfaktor Endenergieverbrauch bzw. Primärenergieverbrauch in MJ pro kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Gas oder Liter Heizöl

<b>Treibhausgasemissionen:</b>	
<b><math>EM_{\text{direkt bzw. gesamt}} = FC \times F_{EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}}</math></b>	
$EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= direkte bzw. Gesamtemissionen in kg
FC	= gemessener Energieverbrauch (z. B. kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Gas oder Liter Heizöl)
$F_{EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}}$	= THG-Umrechnungsfaktor für direkte und Gesamt-Treibhausgasemissionen in kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Gas oder Liter Heizöl

Die notwendigen **Umrechnungsfaktoren** zeigt Tabelle 16. Bei Strom und Fernwärme hängen die Faktoren vom Kraftwerksmix des jeweiligen Landes ab, die Tabelle zeigt beispielhaft die Strom-Werte für drei ausgewählte Länder (weitere Werte siehe Anhang). Die Faktoren schließen alle Prozessschritte von der Gewinnung der Energieträger, deren Umwandlung im Kraftwerk bis zum Transport zum Endkunden ein. Damit entspricht die Vorgehensweise der, die vom CEN-Normentwurf für Transporte gefordert wird. Die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Energieversorger im Rahmen der Stromkennzeichnung können nicht verwendet werden, da sie indirekte Emissionen nur teilweise berücksichtigen und zudem nur für CO<sub>2</sub> berechnet werden.

**Tabelle 16: Kennzahlen für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des stationären Bereichs**

	Energie-Umrechnungsfaktoren			THG-Umrechnungsfaktoren		
	Einheit	Direkter Energieverbrauch	Gesamtenergieverbrauch	Einheit	Direkte Emissionen	Gesamtemissionen
Strom Deutschland	MJ/kWh	3,6	10,0	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	0,589
Ökostrom Deutschland <sup>1)</sup>	MJ/kWh	3,6	6,9	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	0,294
Strom Schweiz	MJ/kWh	3,6	8,6	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	0,052
Strom Polen	MJ/kWh	3,6	10,3	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	0,998
Strom Photovoltaik	MJ/kWh	3,6	3,6	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,000	0,000
Fernwärme Deutschland	MJ/kWh <sub>th</sub>	3,6	4,1	kg CO <sub>2</sub> e/kWh <sub>th</sub>	0,000	0,253
Erdgas – Heizwert	MJ/kWh	3,6	4,1	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,202	0,249
Erdgas – Brennwert	MJ/kWh	3,2	3,7	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,182	0,225
Heizöl	MJ/kg	35,8	42,0	kg CO <sub>2</sub> e/kg	2,67	3,15
Flüssiggas	MJ/l	25,1	28,9	kg CO <sub>2</sub> e/l	1,61	1,90

<sup>1)</sup> Der Wert bezieht sich auf ein zertifiziertes Ökostromprodukt, bei dem mindestens ein Drittel des regenerativ erzeugten Stroms aus Neuanlagen (nicht älter als 6 Jahre) und ein Drittel aus neueren Bestandsanlagen (nicht älter als 12 Jahre) stammt).

**Anmerkung:** Die ausgewiesenen Werte enthalten Stromverluste aufgrund der Verteilung des Stroms. Bei Fernwärme ist der Emissionswert auf den Verbrauch in kWh thermisch bezogen. Energieverbrauch und Emissionen durch den Bau, die Instandhaltung und Entsorgung der Infrastruktur sind nicht enthalten (in Übereinstimmung mit CEN-Normentwurf prEN 16258:2011).

**Quellen:** GEMIS 4.7; eigene Berechnungen.

Nutzt ein Logistikunternehmen Ökostrom aus regenerativen Energiequellen, darf dieser Strom nur dann emissionsmindernd in der Klimabilanz berücksichtigt werden, wenn er aus zusätzlichen Neuanlagen, z. B. neuen Windkraftanlagen, stammt. Dies ist in der Regel nur dann gewährleistet, wenn es sich um zertifizierten Strom handelt (z. B. Strom mit ok-power-Label). Wer Strom in Photovoltaik-Anlagen selbst erzeugt, darf ihn nur emissionsmindernd anrechnen, wenn ihn das Unternehmen selbst verbraucht. Wer lediglich Flächen für PV-Anlagen zur Verfügung stellt und den Strom ins öffentliche Netz einspeist, darf den Ökostrom nicht als Minderungsmaßnahme ausweisen.

### Rechenbeispiel 12:

#### Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen eines Lagers

In einem deutschen Lager (Fläche 100.000 m<sup>2</sup>) werden 5,28 Mill. kWh Strom pro Jahr benötigt.

- Endenergieverbrauch: 5,28 Mill. kWh x 3,6 MJ/kWh = 19,008 Mill. MJ = 19,008 TJ
- Primärenergieverbrauch: 5,28 Mill. kWh x 10,0 MJ/kWh = 53,275 Mill. MJ = 53,275 TJ
- Direkte THG-Emissionen: 5,28 Mill. kWh x 0,0 kg CO<sub>2</sub>e/kWh = 0 t CO<sub>2</sub>e
- Gesamt THG-Emissionen: 5,28 Mill. kWh x 0,596 kg CO<sub>2</sub>e/kWh = 3.146,9 t CO<sub>2</sub>e

## Kältemittelverluste

In Kühl- und Tiefkühlslagern wird – bezogen auf das gekühlte Volumen – überwiegend Ammoniak als Kältemittel eingesetzt, das keine klimaschädigende Wirkung hat. In kleineren Lagern bis 50.000 m<sup>2</sup> dagegen werden fluorhaltige Kältemittel wie R134a oder R404A oder das – für Neuanlagen mittlerweile verbotene – chlorhaltige R22 verwendet. Chlor- und fluorierte Kältemittel sind **hoch wirksame Treibhausgase**, die nicht in die Umwelt gelangen dürfen.

Für die Berechnung der Klimawirksamkeit von Kältemittelverlusten empfiehlt das GHG Protocol den „Lifecycle Stage Approach“. Dabei wird die **jährlich nachgefüllte Menge** mit dem spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Faktor der Chemikalie multipliziert. Sind diese Mengen nicht bekannt, können die Verluste auch über mittlere Leckageraten berechnet werden.

Die für die Berechnung der einzelnen Kältemittel benötigten Umrechnungsfaktoren zeigt Tabelle 17. Die Treibhausgasemissionen der Kältemittelverluste berechnen sich somit nach folgender Formel:

$$EM_{\text{direkt bzw. gesamt}} = KV \times F_{EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}}$$

$EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}$  = Direkte bzw. Gesamtemissionen in kg  
 $MK$  = Kältemittelverluste in kg  
 $F_{EM_{\text{direkt bzw. gesamt}}}$  = THG-Umrechnungsfaktor für direkte und Gesamt-Treibhausgasemissionen in kg CO<sub>2</sub> pro kg Kältemittel

Tabelle 17: Kennzahlen für Berechnung der Treibhausgasemissionen für Kältemittelverluste

	Direkter Emissionsfaktor	Gesamt-Emissionsfaktor
	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/kg
Kältemittel R22	1.810	1.886
Kältemittel R134A	1.430	1.533
Kältemittel R404A	3.922	4.025
Kältemittel R407a	1.770	1.873
Kältemittel R410A	2.088	2.177

**Quellen:** IPCC 2007; Ecoinvent 2009; eigene Berechnungen.

### Rechenbeispiel 13:

#### Berechnung der Treibhausgasemissionen durch Kältemittelverluste

In einem Tiefkühlslager treten in einem Jahr Kältemittelverluste in Höhe von 150 kg R410A auf. Damit berechnen sich die Treibhausgasemissionen wie folgt:

- Direkte THG-Emissionen: 150 kg x 2.088 kg CO<sub>2</sub>e/kg = 313,2 t CO<sub>2</sub>e
- Gesamt THG-Emissionen: 150 kg x 2.177 kg CO<sub>2</sub>e/kg = 326,6 t CO<sub>2</sub>e

Auch **Umsetzfahrzeuge** für Wechselbrücken oder **Gabelstapler** brauchen Diesel, Flüssiggas oder Strom. Dieser Anteil kann relevant sein, daher sollten sie analog der im CEN-Normentwurf vorgeschriebenen Vorgehensweise in TTW- und WTW-Energieverbräuche bzw. TTW- bzw. WTW-Treibhausgasemissionen umgerechnet werden (siehe Kapitel 6). Liegen keine Energieverbräuche vor, können für Gabelstapler hilfsweise Anzahl der Betriebsstunden und Normverbrauch pro Stunde herangezogen werden. Werden Gabelstapler über Ladestationen im Lager geladen, ist deren Energieverbrauch bereits über das Lager erfasst.

## Energieverbrauch durch zusätzliches Equipment

Das GHG Protocol enthält keine Angaben, wie der für Lager oder Umschlagseinrichtungen ermittelte Stromverbrauch auf die Einzelsendung verteilt werden kann. Dieser Leitfaden empfiehlt, für die Allokation ausschließlich **physikalische Einheiten** (z. B. Gewicht, Palettenanzahl) zu verwenden. Da die stationären Bereiche fester Teil einer Logistikkette sind, sollten die **gleichen Allokationsparameter** wie für die Transporte dieser Kette verwendet werden. Andere Parameter sind dann sinnvoll, wenn der Energieverbrauch des stationären Bereiches durch eine andere Größe bestimmt wird. So hängt der Energieaufwand für Tiefkühlrichtungen auch vom Gewicht der Waren ab. Daher könnte hier die Allokation über das Gewicht der Tiefkühlware erfolgen, auch wenn für die Transporte eine andere Allokationsgröße verwendet wurde. Bei Umschlagrichtungen wird die Allokation in der Regel über die Anzahl der umgeschlagenen Sendungen durchgeführt. Grundsätzlich gilt für den stationären Bereich wie auch für Transporte, dass die **Parameter** für die Allokation **ausgewiesen sein müssen**.

## Allokation

Wenn Ware länger gelagert werden muss, entfällt auf diesen Teil ein höherer Energieverbrauch. Daher sollte bei Lagereinrichtungen **die Dauer der Einlagerung** in die Allokation mit einbezogen werden. So kann beispielsweise über die Anzahl der pro Jahr im Durchschnitt belegten Palettenstellplätze und die Dauer, wie lange eine Palette eingelagert ist, der Anteil des Energieverbrauchs berechnet werden, der auf die Palette entfällt.

### Rechenbeispiel 14:

#### Allokation des Energieverbrauchs auf eine Palette im Tiefkühlager

In einem Tiefkühlager sind über das Jahr betrachtet rund 80% der 6.700 Palettenstellplätze belegt. In dem Lager werden beispielsweise Rindfleisch im Schnitt 21 Tage, Paprika 150 Tage eingelagert. Pro Palette Rindfleisch bzw. pro Palette Paprika der Ware entfällt somit folgender Anteil des Jahresenergieverbrauchs:

- Paletten-Tage insgesamt:  
 $6.700 \text{ Paletten} \times 80\% \times 365 \text{ Tage} = 1.956.400 \text{ Paletten-Tage}$
- **Rindfleisch:**  $1 \text{ Palette} \times 21 \text{ Tage} = 21 \text{ Paletten-Tage}$   
**Anteil:**  $21 \text{ Paletten-Tage} / 1.956.400 \text{ Paletten-Tage} = \mathbf{0,00107\%}$
- **Paprika:**  $1 \text{ Palette} \times 150 \text{ Tage} = 150 \text{ Paletten-Tage}$   
**Anteil:**  $150 \text{ Paletten-Tage} / 1.956.400 \text{ Paletten-Tage} = \mathbf{0,00767\%}$

# 13 Ergebnisse – und nun?

Die Berechnung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen bildet die Basis für eine Klimaschutzstrategie eines Unternehmens. Deshalb endet mit der Berechnung der Werte nicht die Arbeit – sie beginnt damit.

## Wie gut ist mein Ergebnis?

Wer rechnet, kann Fehler machen. Daher müssen die Rechenergebnisse auf **Plausibilität** überprüft und wenn nötig korrigiert werden, bevor man sie veröffentlicht. Das gilt insbesondere für Emissions- und Verbrauchsberechnungen von Transportketten, bei denen verschiedene Verkehrsmittel zum Einsatz kommen. Grob gilt: Flugzeuge haben mit 500 bis 900 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Tonnenkilometer die höchsten Emissionen; Schiffe mit rund 5 bis 30 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Tonnenkilometer die niedrigsten. Liegen die ermittelten Werte deutlich darunter oder darüber, ist eine erneute **Kontrolle des Rechenwegs** unabdingbar.

Werden die Energieverbräuche nicht gemessen, sondern berechnet, gehen bestimmte **Annahmen**, z. B. für die Auslastung der Fahrzeuge, in die Berechnung ein. Annahmen sind nicht immer zutreffend, können aber ein Ergebnis erheblich beeinflussen. So genannte Sensitivitätsanalysen – dabei werden die angenommenen Werte systematisch variiert – zeigen auf, welche Eingangsgröße wirklich das Ergebnis maßgeblich bestimmt. Solche Analysen empfehlen sich, wenn eine Bilanz zum ersten Mal durchgeführt wird. Wenn deutlich wird, dass die Annahme-Werte das Resultat stark beeinflussen, sollten sie bei der nächste Bilanz durch gemessene Werte ersetzt werden.

## Richtig kommunizieren

Ein Wert allein ist wenig aussagekräftig. Beispielsweise sagt ein CO<sub>2</sub>-Wert pro Tonnenkilometer nichts über die gesamte Umweltperformance eines Unternehmens aus. Zum **Verständnis der Werte** muss zudem bekannt sein, wie sie berechnet wurden. Laut prEN 16258:2011 müssen Bilanzierer sowohl die Well-to-Wheel-Energieverbräuche und -Treibhausgasemissionen als auch die Tank-to-Wheel-Energieverbräuche und -Treibhausgasemissionen für die Transporte gemeinsam veröffentlichen. Darüber hinaus muss deutlich werden, aus **welchen Quellen** die Kenngrößen Entfernung, Auslastung, Leerfahrtenanteil oder Energieverbrauch stammen: Sind es spezifische Messwerte für den konkreten Transport? Oder vielmehr fahrzeug- oder routentypische Werte des Transportdienstleisters, eventuell gemittelt für ein Jahr? Wurden vielleicht nur Flottendurchschnittswerte des Transportdienstleisters genutzt oder gar feststehende Größen aus Datenbanken („Default-Werte“)?

Dies soll vor allem Transparenz schaffen, um erkennen zu können, ob die Resultate auf Messungen oder auf Default-Werten basieren. Werden Default-Werte verwendet, muss kommuniziert werden, aus welchen Quellen sie stammen und warum gerade diese Quellen verwendet wurden. Bisher regelt der CEN-Normentwurf nicht konkret, wie bei Transportketten die verwendeten Quellen anzugeben sind – denn die Datenquellen können sich ja von Abschnitt zu Abschnitt ändern. Wenn von Empfehlungen der Norm abgewichen wird, muss dies deutlich gemacht werden. Das gilt insbesondere für die verwendete Allokationsmethode oder auch dann, wenn von den Faktoren zur Umrechnung des ermittelten Energieverbrauchs in standardisierte Energieeinheiten (z. B. MJ) und in Treibhausgasemissionen (in kg) abgewichen wird.

## Klimaschutzmaßnahmen umsetzen

Wer richtig gerechnet hat, verfügt über eine solide Basis, um im eigenen Unternehmen Maßnahmen zur Minderung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen einzuleiten. Berechnungen auf Basis des Leitfadens ermöglichen, die Wirkung von Maßnahmen richtig einschätzen und genau dort anzusetzen, wo Energieverbrauch und Emissionen möglichst kosteneffizient reduziert werden können. Klimaschutz ist nicht kostenlos: Viele Einsparmaßnahmen führen zu Beginn zu Kosten, die sich aber über die Energieeinsparungen in den Folgejahren amortisieren. Wer Klimaschutz nur nach seinen Anfangsinvestitionen bewertet, kommt zu einer falschen Prioritätensetzung. Klimaschutz ist eine Langfristinvestition – in eine nachhaltige Wirtschaftsweise und damit in die Zukunft des einzelnen Unternehmens.

Eine zielgerichtete Klimaschutzstrategie setzt im eigenen Unternehmen an. Vorrang haben Maßnahmen zur **Vermeidung**, zumindest aber zur **Reduktion von Treibhausgasen**, beispielsweise durch eine Optimierung von Routen, Minderung von Leerfahrten, die effiziente Fahrzeuggröße, eine sparsame Energieversorgung von Lager und Umschlag. An zweiter Stelle steht der Einsatz von **regenerativen Energien**, also von zertifiziertem Ökostrom oder nachwachsenden Rohstoffen zur Wärmeerzeugung. Ein zusätzlicher Beitrag zum Klimaschutz ist die **Kompensation von Treibhausgasemissionen** (siehe Kasten). Sie ist aber nur glaubwürdig, wenn zuvor durch geeignete Minderungsmaßnahmen die Emissionen deutlich gesenkt wurden.

---

## Klima- oder CO<sub>2</sub>-Kompensation

Von Klima- oder CO<sub>2</sub>-Kompensation (Off-Setting) spricht man dann, wenn ein Unternehmen seine (nicht vermeidbaren) Treibhausgasmissionen durch Klimaschutzprojekte außerhalb des Unternehmens senkt. Wird die emittierte Menge damit ausgeglichen, sprechen viele von Klima- oder CO<sub>2</sub>-Neutralität. Diese Begriffe sind allerdings nur bedingt korrekt, da Klimabilanzen meist nicht alle Emissionen der Vorkette erfassen. Wer den Weg der Kompensation beschreitet, sollte unbedingt folgende Rangfolge einhalten:

- Wo immer möglich, sollten die Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen sowie durch den Einsatz regenerativer Energie vermieden oder reduziert werden.
- Die unvermeidbaren Emissionen werden dann vollständig durch geeignete Klimaschutzprojekte z. B. in Schwellen- und Entwicklungsländern kompensiert.

Nicht immer und nicht überall ist Kompensation praktizierter Klimaschutz. Geeignet sind **Kompensationsprojekte nach dem Gold Standard**, der vom WWF und anderen Umweltverbänden entwickelt wurde. Dieser Standard stellt sicher, dass die Aktivitäten tatsächlich zu einer Einsparung von Treibhausgasemissionen führen sowie zusätzlich zur ökonomischen Entwicklung der Länder beitragen. Daher schließt der Gold Standard derzeit beispielsweise Aufforstungsprojekte aus, da nicht garantiert werden kann, dass die Bäume über viele Jahre geschützt bleiben.

Weitere Informationen zur freiwilligen Kompensation und zum Gold Standard finden Sie im „Positionspapier Kompensation“ des Öko-Instituts und im „Leitfaden zur freiwilligen Kompensation von Treibhausgasemissionen“ des Umweltbundesamts:

[www.oeko.de/oekodoc/1011/2010-071-de.pdf](http://www.oeko.de/oekodoc/1011/2010-071-de.pdf)

[www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/3660.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/3660.htm)

# 14 Informationen, die weiterhelfen

## Umrechnungshilfen

Tabelle 18: Dezimalfaktoren

Bezeichnung	Faktor	Wert
Kilo (k)	10 <sup>3</sup>	1.000
Mega (M)	10 <sup>6</sup>	1.000.000
Giga (G)	10 <sup>9</sup>	1.000.000.000
Tera (T)	10 <sup>12</sup>	1.000.000.000.000
Peta (P)	10 <sup>15</sup>	1.000.000.000.000.000

Tabelle 19: Energieumrechnungen (Endenergie)

	MJ	kWh	Liter Diesel	kg Diesel
1 MJ	1	0,2778	0,0279	0,0233
1 kWh	3,6	1	0,0077	0,0065
1 Liter Diesel	35,9	129,2	1	0,835
1 kg Diesel	43,0	154,8	1,198	1

**Anmerkung:** Diesel konventionell ohne Biodiesel-Beimischung – Endenergiebezogen.

## Länderspezifische Emissionsfaktoren für Strom

Tabelle 20: Kennzahlen für die Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen für Bahnstrom und Strom aus dem nationalen Netz

Land	Bahnstrom		Strom aus öffentlichem Stromnetz der Länder <sup>1)</sup>	
	Energie	CO <sub>2</sub> e-Emissionen	Energie	CO <sub>2</sub> e-Emissionen
<b>Tank-to-Wheel</b>				
Alle	3,6	0,000	3,6	0,000
<b>Well-to-Wheel</b>				
Belgien	13,5	0,393	11,7	0,223
Dänemark	6,2	0,433	9,5	0,433
Deutschland	10,8	0,574	10,3	0,589
Finnland	9,9	0,480	11,0	0,194
Frankreich	13,2	0,077	12,5	0,081
Italien	9,6	0,749	8,3	0,450
Niederlande	8,8	0,497	8,1	0,412
Norwegen	5,0	0,006	4,4	0,025
Österreich	4,5	0,119	5,9	0,186
Polen	12,5	1,085	10,3	0,998
Portugal	8,9	0,544	9,6	0,497
Rumänien	9,4	0,556	9,1	0,551
Schweden	3,8	0,004	9,1	0,068
Schweiz	6,4	0,005	8,6	0,052
Slowakei	12,1	0,199	9,7	0,448
Spanien	9,2	0,425	9,9	0,346
Tschechien	11,2	0,661	11,1	0,596
Ungarn	14,5	0,637	11,5	0,601

<sup>1)</sup> Inkl. Verluste des Stromnetzes.  
**Quellen:** EcoTransIT 2010; GEMIS 4.7; eigene Berechnungen.



---

Im Leitfaden zitierte Literatur sowie weiterführende Literatur:

---

## Literatur

**CEN-Normentwurf prEN 16258:2011 „Methode zur Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen“:** kostenpflichtig erhältlich beim Beuth Verlag ([www.beuth.de](http://www.beuth.de)) oder kostenlos in Abschnitten zur Kommentierung einsehbar unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de); Informationen zur Norm finden Sie auch beim Deutschen Institut für Normung unter [www.nadl.din.de](http://www.nadl.din.de)

**AG Energiebilanzen:** Methodische Grundlagen zur Erstellung der offiziellen Energiebilanzen für Deutschland durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Mehr Informationen unter: [www.ag-energiebilanzen.de/](http://www.ag-energiebilanzen.de/)

**BMU/BDI-Leitfaden Produktbezogene Klimaschutzstrategien:** Produktbezogene Klimaschutzstrategien: Product Carbon Footprint verstehen und nutzen. Gemeinsamer Leitfaden des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Bundesverband der Deutschen Industrie: Kostenloser Download unter: [www.bdi.eu/download\\_content/KlimaUndUmwelt/PCF-Leitfaden\\_100810\\_Online.pdf](http://www.bdi.eu/download_content/KlimaUndUmwelt/PCF-Leitfaden_100810_Online.pdf)

**CO<sub>2</sub>-Berechnung in der Logistik:** Kranke, A.; Schmied, M.; Schön, A.: CO<sub>2</sub>-Berechnung in der Logistik: Datenquellen, Formeln, Standards. Heinrich Vogel Verlag: 2011

**Ecoinvent 2009:** Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Hrsg.): Ecoinvent. Ökobilanzdatenbank, Version 2.1. 2009

**EcoTransIT 2010:** Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports – Environmental Methodology and Data. IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE / RMCON. Im Auftrag von DB Schenker und UIC (International Union of Railways). Berlin – Hannover – Heidelberg 2010. Kostenloser Download des Methodenberichtes unter: [www.ecotransit.org/download/ecotransit\\_background\\_report.pdf](http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf)

**GEMIS 4.7:** Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). PC-Rechenmodell zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Energiesystemen; entwickelt vom Öko-Institut. Das PC-Programm kann kostenlos heruntergeladen werden unter: [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

**GHG Protocol:** Corporate Accounting and Reporting Standards (Corporate Standard). World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Kostenloser Download unter: [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)

**HBefa 3.1:** Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Februar 2010. INFRAS Bern u. a. im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, der Schweiz und Österreich sowie weiterer Länder. Mehr Informationen unter: [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)

**IPCC 2007:** Intergovernmental panel on climate change (IPCC), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. 2007. Kostenloser Download unter: [www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm](http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm)

**Memorandum Product Carbon:** Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt und Öko-Institut. Kostenloser Download unter: [www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/memorandum\\_pcf\\_lang\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/memorandum_pcf_lang_bf.pdf)

**PAS 2050:** PAS 2050 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. 2008. Kostenloser Download unter: [www.bsigroup.com/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050](http://www.bsigroup.com/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050)

**PLANCO 2007:** Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße. Studie der PLANCO Consulting GmbH im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Essen: 2007.

---

**Positionspapier Klimakompensation:** Harthan, R.; Brohmann, B.; Fritsche, U.R.; Grießhammer, R.; Seebach, D.; Positionspapier des Öko-Institutes. Berlin, Darmstadt, Freiburg: 2010.  
Kostenloser Download unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/1011/2010-071-de.pdf>

**TREMODO 2010:** Fortschreibung und Erweiterung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMODO, Version 5). Endbericht des IFEU-Institutes Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamtes. Heidelberg, März 2010.  
Kostenloser Download unter: [www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/IFEU\(2010\)\\_TREMODO\\_%20Endbericht\\_FKZ%203707%20100326.pdf](http://www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/IFEU(2010)_TREMODO_%20Endbericht_FKZ%203707%20100326.pdf)

**UBA 2009:** Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger: Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Publikation des Umweltbundesamtes; CLIMATE CHANGE | 12/2009; Dessau: 2009. Kostenloser Download unter: [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3761.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3761.pdf)

**UBA/DEHSt 2008:** Leitfaden zur freiwilligen Kompensation von Treibhausgasemissionen. Publikation der Deutschen Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt; Berlin: 2008.  
Kostenloser Download unter: [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3660.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3660.pdf)

**Verkehrsrundschau 2010:** Kranke, A.: Rechnen trotz Mangel an Basisdaten. Serie CO<sub>2</sub>-Berechnung: Binnenschifffahrt. Verkehrsrundschau 44/2009, S. 44-46

**2009/30/EG:** Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union L140/88, 5.6.2009.

**2009/339/EG:** Entscheidung der Kommission vom 16. April 2009 zur Änderung der Entscheidung 2007/589/EG zwecks Einbeziehung von Leitlinien für die Überwachung und Berichterstattung betreffend Emissionen und Tonnenkilometerdaten aus Luftverkehrstätigkeiten (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2009) 2887). Amtsblatt der Europäischen Union L 103/10, 23.04.2009



