

Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258

Begriffe, Methoden, Beispiele

2. aktualisierte Auflage (Stand: März 2013)

Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik

Herausgeber:

DSLVL Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V.

Weberstraße 77
53113 Bonn

info@dslv.spediteure.de
www.dslv.org

Autoren:

Dipl.-Ing. Martin Schmied,
INFRAS – Forschung und Beratung,
Mühlemattstrasse 45, 3007 Bern, Schweiz, E-Mail: Martin.Schmied@infras.ch

Dipl.-Wirtschafts-Ing. Wolfram Knörr,
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH,
Wilckens Straße 3, 69120 Heidelberg, Deutschland, E-Mail: Wolfram.Knoerr@ifeu.de

Redaktionelle Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Christa Friedl, Wissenschaftsjournalistin,
Huelser Straße 487, 47803 Krefeld, E-Mail: Christa.Friedl@web.de

Layout und Umsetzung:

GDE | Kommunikation gestalten. www.gde.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 ausgeschlossen.

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

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	5
Vorwort des Deutschen Speditions- und Logistikverbands e.V. (DSLVL)	5
Vorwort des Umweltbundesamtes (UBA)	7
2. Leitfaden zum Leitfaden	8
Warum dieser Leitfaden?	8
Die neue Norm EN 16258	8
Wo finden Sie was?	9
EN 16258 als Grundlage	10
Nutzen für den Leser	11
Die wichtigsten Umrechnungsfaktoren im Überblick	12
3. Klimaschutz und Klimabilanzen in der Logistik	14
Der anthropogene Treibhauseffekt	14
Logistik im Fokus der Klimapolitik	14
Aussagekraft von standardisierten Berechnungen	15
4. Bevor es losgeht – die wichtigsten Grundlagen	17
Direkte und indirekte Emissionen	17
Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen	18
Ladungsgewicht	19
5. Standards und Normen – welcher Rahmen existiert?	20
Klimabilanzen für Unternehmen (Corporate Carbon Footprint)	20
Was genau berechnet wird: Scope 1, Scope 2, Scope 3	21
Klimabilanzen für Produkte (Product Carbon Footprint)	22
Klimabilanzen für einzelne Transporte – EN 16258	22
Prinzipielle Vorgehensweise nach EN 16258	24
Die französische CO ₂ -Verordnung Nr. 2011-1336	25
6. Der Weg zu standardisierten Verbrauchswerten und Emissionen	27
Ermittlung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen	27
Berücksichtigung von beigemischttem Biodiesel	29
Vorgehensweise bei temperaturgeführten Transporten	31

7. Allokation: Verbrauch und Emissionen der Einzelsendung	33
Sonderfall Sammel- und Verteilerverkehr	35
Sonderfall Fracht in Passagiertransporten	37
8. Berechnungsmethoden für Transporte – zwei Wege, ein Ziel	38
Verbrauchsbasierte Methode	38
Entfernungsbasierte Methode	38
EN 16258: zwei Methoden, aber vier Ansätze	39
9. Messung des Energieverbrauchs – aber wie?	41
EN 16258: drei Möglichkeiten zur Messung	41
10. Ohne gemessene Verbrauchsdaten schnell ans Ziel	43
Wie wird gerechnet?	43
Lkw-Verkehr	45
Bahnverkehr	47
See- und Binnenschifffahrt	48
Luftverkehr	50
11. Entfernungsbasierte Berechnungen für Lkw im Detail	52
Ermittlung des Dieserverbrauchs für Lkw	52
Bestimmung der mittleren Beladung	54
Allokation und Berechnung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen	55
12. Berechnungen für Gebäude, Lager und Umschlag	56
GHG Protocol statt EN 16258	56
Strom und Wärmebereich	56
Kältemittelverluste	59
Energieverbrauch durch zusätzliches Equipment	60
Allokation	60
13. Ergebnisse – und nun?	62
Wie gut ist mein Ergebnis?	62
EN 16258: Ergebnisse und Rechenweg kommunizieren	62
Klimaschutzmaßnahmen umsetzen	63
14. Informationen, die weiterhelfen	65
Umrechnungshilfen	65
Länderspezifische Emissionsfaktoren für Strom	66
Literatur	67

1. Vorwort

Vorwort des

Deutschen Speditions- und Logistikverbands e.V. (DSLTV)

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 DSLV 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 Klimaschutzziele 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 (THG-Emissionen) 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.

THG-Emissionen – und hier vor allem CO₂-Emissionen – haben sich 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 THG-Emissionen ist zwar bereits seit langem grundsätzlich möglich, erfolgte bislang aber überwiegend auf Grundlage uneinheitlicher Annahmen, die sich in verschiedenen Verfahren und Standards niederschlugen. Je globaler und diversifizierter eine expeditionelle Dienstleistung aufgestellt ist, desto schwieriger ist die Erhebung von Treibhausgasemissionen. Angesichts der tendenziell steigenden Nachfrage nach belastbaren Aussagen über die vom Güterverkehrssektor verursachten THG-Emissionen, haben standardisierte Messverfahren eine hohe Bedeutung. Verfügbare CO₂-Berechnungstools zeigen jedoch den Zielkonflikt zwischen „Ge-

nauigkeit“ 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. In Deutschland sind gesetzliche Regelungen zur Messung von THG-Emissionen im Güterverkehr derzeit nicht absehbar, in Frankreich wird der Ausweis der Emissionen bald verpflichtend. Der externe Druck auf Spedition und Logistikdienstleister sowie auf beauftragte Carrier wächst somit.

Verschiedene Methoden zur CO₂-Emissionsmessung wurden inzwischen für Transport- und Logistikunternehmen in einer Europäischen Norm, der EN 16258, zusammengefasst. Sie enthält unter anderem standardisierte Verfahren zur Emissionsberechnung bei der Beförderung von Einzelsendungen und Teilladungen sowie Wege zur Ermittlung von Subunternehmerdaten.

Die vorliegende zweite Auflage des DSLV-Leitfadens Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik berücksichtigt die endgültige Fassung der EN 16258 und erwähnt besondere Allokationsbedingungen bei Sammelguttransporten. Schließlich werden Elemente der französischen Gesetzgebung berücksichtigt.

Dieser Leitfaden wurde mit Forschungsmitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit erstellt. Ein besonderer Dank gilt den Autoren.

Mathias Krage

Präsident des

Deutschen Speditions- und Logistikverbands e.V. (DSLV)

Januar 2013

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 2010 um rund 22 Prozent 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 (CO₂). Der Güterverkehrssektor muss einen stärkeren Beitrag zur CO₂-Emissionsminderung leisten als bisher. Eine grundlegende Voraussetzung, um in einem Logistikunternehmen Initiativen zur Emissionsminderung zu entwickeln, ist, die betrieblichen CO₂-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 (UBA)

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, Kohlendioxid- (CO₂-) Werte 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 verursachen. 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.

Schwer vergleichbar sind oft auch Berechnungen im Flugverkehr, wenn Fracht und Passagiere in demselben Flugzeug transportiert werden, da die genaue Aufteilung der ermittelten Emissionen häufig keiner einheitlichen Methodik folgt.

Die neue Norm EN 16258

Um mehr **Genauigkeit, Transparenz und Einheitlichkeit** bei der Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen in der Logistikbranche zu erreichen, wurde in den letzten Jahren ein neuer Standard vom Europäischen Komitee für Normung (CEN; französisch Comité Européen de Normalisation) erarbeitet. Der vorliegende Leitfaden stellt die Inhalte, vorgeschlagenen Rechenmethoden und Anforderungen der neuen Norm „**Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen**“ vor. Er zeigt also ganz konkret auf, wie Fuhrunternehmer, Spediteure oder Logistikunternehmen Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in Übereinstimmung mit der neuen Norm ermitteln können.

Wer sich noch nie mit Emissionsbilanzen von Transporten beschäftigt hat, wird erkennen, dass deren Erstellung kompliziert und aufwändig sein kann. Der Leitfaden hilft, die Berechnungen so einfach wie möglich und den Aufwand so gering wie nötig zu halten. Am einfachsten umsetzen können die neue Norm klein- und mittelständische Unternehmen. Sie haben meist exakt den Dieselverbrauch ihrer Lkw vorliegen und können mit wenig Aufwand die damit verbundenen Treibhausgasemissionen berechnen. Wie und nach welchen **Formeln** das geschehen sollte und welche **Hintergrundinformationen** dafür benötigt werden, erläutert dieser Leitfaden.

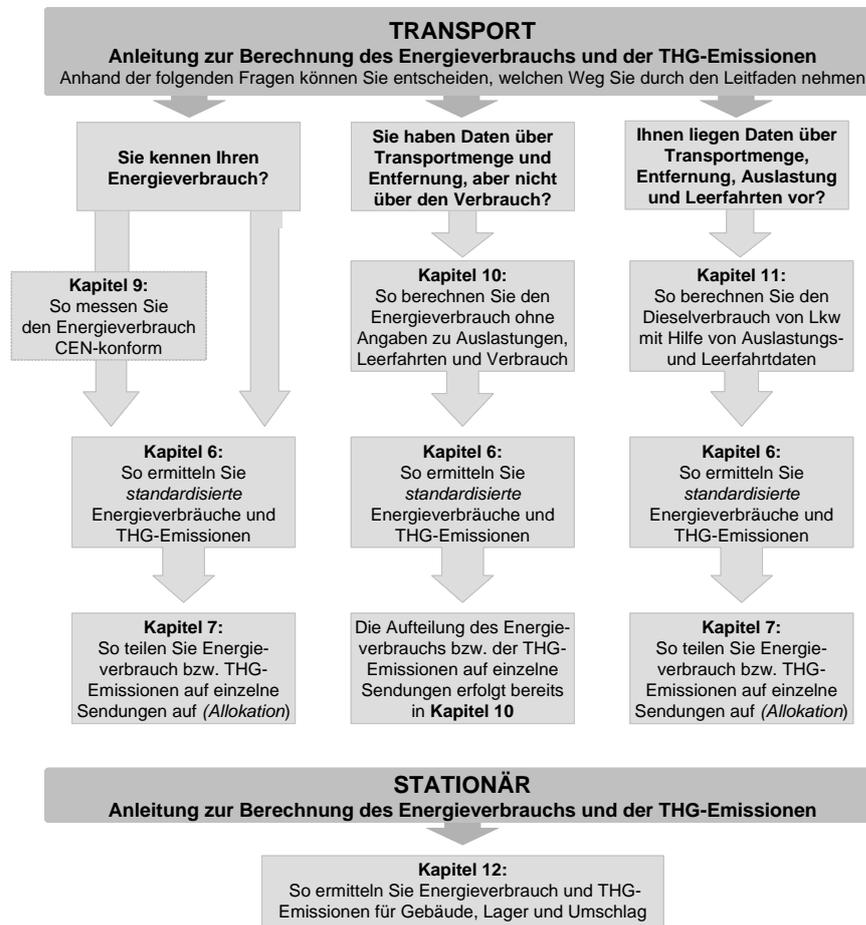
Wo finden Sie was?

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 die neue Norm „**Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen**“ (**EN 16258**) im Überblick vor. Diese Norm ist Grundlage bei allen Ausführungen und Beispielsrechnungen in diesem Leitfaden, insoweit sie Transportdienstleistungen betreffen.
- In **Kapitel 6** beginnt die Praxis. Fuhrunternehmen oder Speditionen, die ihren eigenen Kraftstoff- und Stromverbrauch kennen bzw. selbst errechnen, erhalten hier feste **Umrechnungsfaktoren und Rechenformeln**, mit denen konform mit dem Standard EN 16258 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für eine bestimmte Transportstrecke ermittelt werden können. Dieses Kapitel ist damit insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen Startpunkt für die normkonforme Berechnung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen, da sie meist den Energieverbrauch der von Ihnen eingesetzten Verkehrsmittel genau kennen.
- **Kapitel 7** beschäftigt sich mit der normkonformen **Allokation**: Wie werden ermittelte Verbräuche und Emissionen auf Einzelsendungen verteilt?
- **Kapitel 8** beschreibt die verschiedenen, nach der Norm EN 16258 zulässigen **Methoden zur Ermittlung des Energieverbrauches** (Messung und Berechnung).
- **Kapitel 9** zeigt, welche verschiedenen Möglichkeiten es für die **Messung des Energieverbrauchs** gibt und welche von der neuen Norm vorgegeben sind.
- Liegen keine gemessenen Werte zu Energieverbrauch und Auslastung der Verkehrsmittel vor, kann mit Hilfe des **entfernungsbasierten Ansatzes** gerechnet werden. **Kapitel 10** erläutert wie das geht - unterteilt nach Lkw, Bahn, Schiff und Flugzeug.
- **Kapitel 11** beschreibt **entfernungsbasierte Berechnungen** nochmals speziell für **Lkw im Detail**.
- Nicht nur Fahrzeuge, sondern auch Gebäude, **Lager und Umschlag** verbrauchen Energie und erzeugen Treibhausgasemissionen. 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:

EN 16258 als Grundlage

- Grundlage für diesen Leitfaden ist die neue europäische Norm EN 16258. Enthält die Norm klare Vorgaben, werden diese bei den Berechnungen in diesem Leitfaden übernommen. Lässt die Norm Wahlmöglichkeiten, werden diese dargestellt und Empfehlungen ausgesprochen. Wichtig aber ist: Die Norm fokussiert in der bisherigen Form ausschließlich auf Transporte. Die Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen durch Gebäude, Lager und Umschlag werden in der vorliegenden Version des Standards noch nicht geregelt. Die in Kapitel 12 vorgestellten Berechnungswege für diese Bereiche entsprechen aber im Grundsatz den Regelungen der Norm, auch wenn sie dort nicht explizit geregelt sind. Die Ergebnisse können – so die Norm EN 16258 – gerne berechnet werden, müssen aber getrennt von den „normkonform“ berechneten Ergebnissen für die Transporte ausgewiesen werden. Die dabei verwendeten Methoden sollen nachvollziehbar beschrieben werden.
- Die Angaben, Umrechnungsfaktoren und Rechenbeispiele dieses Leitfadens gelten im Prinzip für **Deutschland und Europa**. Interkontinentale Transporte mit Flugzeug und Schiff können aber ebenfalls nach den Vorgaben dieses Leitfadens berechnet werden – die Angaben haben weltweite Gültigkeit.

- Jedes Kapitel enthält im Praxisteil ein oder mehrere einfache **Rechenbeispiele**, die die Vorgaben der Norm EN 16258 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 Treibhausgasemissionen entsprechend der neuen Norm EN 16258 zuverlässig und realitätsnah ermittelt werden können. Zum anderen liefert er **Standardwerte 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. Diese Standardwerte werden auch als Vorgabe- oder Defaultwerte bezeichnet und entsprechen den Anforderungen der neuen Norm.

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 und gleichzeitig normkonformes 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. Nicht umsonst fordert die neue Norm EN 16258, den Rechenweg und vor allem die verwendeten Vorgabe- und Default-Werte transparent darzustellen.**

Die wichtigsten Umrechnungsfaktoren im Überblick

Faktoren zum Umrechnen von Energieverbrauchsdaten in die **standardisierte Energieverbrauchseinheit MJ** und in **Treibhausgasemissionen (für Kraftstoffe basierend auf den Angaben in der Norm EN 16258)**:

	Energieverbrauch			Treibhausgasemissionen (als CO ₂ e = CO ₂ -Äquivalente)		
	Einheit	Direkt (TTW)	Gesamt (WTW)	Einheit	Direkt (TTW)	Gesamt (WTW)
Diesel (ohne Biodiesel)	MJ/l	35,9	42,7	kg/l	2,67	3,24
Diesel Deutschland	MJ/l	35,7	44,4	kg/l	2,49	3,15
Kerosin	MJ/kg	44,1	52,5	kg/kg	3,18	3,88
Schweröl für Schiffe	MJ/kg	40,5	44,1	kg/kg	3,15	3,41
Bahnstrom Deutschland	MJ/kWh	3,6	11,1	kg/kWh	0,000	0,574
Strom Deutschland	MJ/kWh	3,6	9,7	kg/kWh	0,000	0,583
Fernwärme Deutschland	MJ/kWh _{th}	3,6	4,1	kg/kWh _{th}	0,000	0,249
Erdgas – Heizwert	MJ/kWh	3,6	4,1	kg/kWh	0,202	0,242
Erdgas – Brennwert	MJ/kWh	3,2	3,7	kg/kWh	0,182	0,218
Heizöl	MJ/kg	35,8	41,7	kg/kg	2,67	3,09

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

Verkehrsmittel/ Fahrzeuge	Energie	Einheit	Volumen- gut	Durchschnitts- gut	Massen- gut
Lkw < 7,5 t	Diesel	l/tkm	0,140	0,078	0,063
Lkw 7,5 – 12 t	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 (GMS)	Diesel	l/tkm	x	x	0,0088
Frachtflugzeug	Kerosin	kg/tkm	0,148	x	x
Belly-Fracht	Kerosin	kg/tkm	0,258	x	x

Mit Hilfe der oben stehenden Tabellen berechnete **Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer** (in Übereinstimmung mit EN 16258; Verwendung Diesel Deutschland):

Verkehrsmittel/ Fahrzeug	Energie	Einheit	Volumen- gut	Durchschnitts- gut	Massen- gut
Lkw < 7,5 t	Diesel	g CO ₂ e/tkm	441	246	198
Lkw 7,5 – 12 t	Diesel	g CO ₂ e/tkm	340	192	158
Lkw 12 – 24 t	Diesel	g CO ₂ e/tkm	198	113	91
Last-/Sattelzug 24 – 40 t	Diesel	g CO ₂ e/tkm	120	72	63
Zug mit Elektrotraktion	Bahnstrom	g CO ₂ e/tkm	24	18	16
Zug mit Dieseltraktion	Diesel	g CO ₂ e/tkm	35	28	25
Containerschiff	Schweröl	g CO ₂ e/tkm	30	17	13
Massengutfrachter	Schweröl	g CO ₂ e/tkm	x	x	6
Binnenschiff	Diesel	g CO ₂ e/tkm	x	x	28
Frachtflugzeug	Kerosin	g CO ₂ e/tkm	574	x	x
Belly-Fracht	Kerosin	g CO ₂ e/tkm	1.001	x	x

3. Klimaschutz und Klimabilanzen in der Logistik

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 (CO₂), 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.

Logistik im Fokus der Klimapolitik

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.

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.

Aussagekraft von standardisierten Berechnungen

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 (CO₂)- 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 Europäische Norm **EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“**, die vom Deutschen Institut für Normung im Frühjahr 2013 in Deutsch als **DIN EN 16258** veröffentlicht wird, soll zu einer Vereinheitlichung der Rechenmethodik führen. Deshalb greift der vorliegende Leitfaden die neue Norm 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 CO₂-Werte pro transportierter Tonne und Kilometer versprechen auf den ersten Blick klimafreundliche Transporte. Vor einem solchen simplen Vorgehen muss gewarnt werden: **Vergleiche von standardisierten CO₂-Kennwerten unterschiedlicher Dienstleister sind nur dann möglich, wenn es sich um Transporte mit definierten und gleichen Randgrößen handelt!**

CO₂-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 CO₂-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 und normkonform berechnete CO₂- 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 losgeht – 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 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, der Straßenbau und die Instandhaltung des Verkehrsnetzes verbrauchen Energie und verursachen Treibhausgase – die **indirekten Emissionen**.

Eine wichtige Rolle bei der Bilanzierung von Logistikdienstleistungen spielen die bei der **Herstellung der Kraftstoffe entstehenden** indirekten Emissionen. 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 die **neue Norm EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“** sieht vor, dass **indirekte Energieverbräuche und Emissionen der Energieprozesse berücksichtigt werden müssen**. Die Norm spricht dabei von Well-to-Tank- und Well-to-Wheel-Emissionen (siehe Kasten). Daher werden in diesem Leitfaden sowohl für die direkten Emissionen als auch für die Gesamtemissionen die Berechnungswege aufgezeigt. Gleiches gilt für den Energieverbrauch. Dagegen sind laut Standard EN 16258 indirekter Energieverbrauch und indirekte Emissionen, die aus Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung von Fahrzeugen oder Verkehrsinfrastrukturen resultieren, für die Berechnung explizit nicht zu berücksichtigen.

Definitionen von Energieverbrauch und Emissionen nach EN 16258

- **Well-to-Tank** (Energieprozesse): 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 Hochspannungsleitungen.
- **Tank-to-Wheel** (Fahrzeugprozesse): Erfassung aller direkten Emissionen des Fahrzeugbetriebes. Beim Verbrauch wird vom Endenergieverbrauch gesprochen.
- **Well-to-Wheel** (Fahrzeug- und Energieprozesse): 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 von der Norm EN 16258 gefordert – ist es daher, neben den Treibhausgasemissionen den **Energieverbrauch** für die Transportdienstleistung in einer vergleichbaren Energieeinheit auszuweisen. Im vorliegenden Leitfaden werden daher alle Energieverbräuche in die einheitliche Energieeinheit Megajoule umgerechnet.

Kohlendioxid (CO₂) ist das Treibhausgas mit den weitreichendsten Auswirkungen. CO₂ und Treibhausgas (THG) werden daher oftmals synonym verwendet. Neben Kohlendioxid sind laut Kyoto-Protokoll aber noch fünf **weitere Treibhausgase** relevant: Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆). 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 CO₂-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 **CO₂-Äquivalente** aus. Für die CO₂-Äquivalente ist das Global Warming Potential (GWP) ausschlaggebend (siehe Tabelle 1): Je größer das GWP, umso stärker trägt das Gas zur Erderwärmung bei. Ein Kilogramm des Kältemittels R 404A beispielsweise verursacht CO₂-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 CO₂-Emissionen und Äquivalenten nur gering – die Differenz liegt bei 1 bis 2%. 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 ₂	1
Methan	CH ₄	25
Distickstoffoxid (Lachgas)	N ₂ O	298
Kältemittel R134A	CH ₂ FCF ₃	1.430
Kältemittel R404A	R143a(52%)+R125(44%)+R134a(4%)	3.922

Quellen: IPCC 2007; eigene Berechnungen.

Ladungsgewicht

Energieverbrauch und Emissionen hängen vom Gesamtgewicht der Ladung ab (Bruttogewicht). Werden Waren auf Paletten oder in verpackter Form transportiert, muss das Gewicht von Ladehilfen wie Paletten und Verpackungen bei der Ermittlung von Energieverbrauch und Emissionen mit berücksichtigt werden. Für Emissionsberechnungen sollte daher immer bekannt sein, wie das Gut transportiert wurde bzw. wie schwer die Ladehilfen und die Transportverpackungen waren. Bei der anschließenden Aufteilung von Energieverbrauch und Emissionen auf einzelne Sendungen müssen nach der Norm EN 16258 die Gewichte von Ladehilfen allerdings nur dann berücksichtigt werden, wenn sie fester Teil der Ladung sind (z. B. bei vom Kunden auf Paletten verladener Fracht).

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. Sollen 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

	Unternehmensklimabilanzen (Corporate Carbon Footprinting)	Produktklimabilanzen (Product Carbon Footprinting)	Bilanzen von Transportdienstleistungen
Normen und Standards	ISO 14064-1 sowie GHG Protocol ¹⁾	PAS 2050; GHG Protocol ²⁾ ; ISO-Norm (Entwicklung), (ISO 14040ff.)	Norm EN 16258
Systemgrenzen	Aktivitäten des eigenen Unternehmens verpflichtend; Einbezug von Subunternehmen freiwillig	Gesamte Wertschöpfungskette, unabhängig ob eigene oder Fremdprozesse	Gesamte Transportkette, unabhängig ob eigene Fahrzeuge oder Fahrzeuge von Subdienstleistern
Umweltkenngößen	alle Treibhausgase (als CO ₂ -Äquivalente)	alle Treibhausgase (als CO ₂ -Äquivalente)	alle Treibhausgase (als CO ₂ -Äquivalente) + Energieverbrauch
Emissionen durch Herstellung von Energieträgern (z. B. Diesel)	Herstellung von selbst verbrauchten Strom: ja Andere Energieträger: freiwillig	müssen berücksichtigt werden	müssen berücksichtigt werden
Zulässige Methoden zur Allokation der Emissionen auf Einzelsendung	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.)

1) Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf den "Corporate Accounting and Reporting Standard" des GHG Protocol.

2) „Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard“. Quelle: eigene Darstellung.

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 muss. Beide Standards haben gemeinsam, dass nicht nur CO₂-Emissionen, sondern die CO₂-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 eindeutige Aussagen, 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 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 ISO 14064-1 oder „Corporate Accounting and Reporting Standard“ des GHG Protocol erstellen, müssen Scope 1 und 2 berechnen, während es ihnen 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.

Das GHG Protocol hat auch erkannt, dass das Weglassen der Scope-3-emissionen bei Unternehmensklimabilanzen teilweise ein sehr unvollständiges Bild ergibt. Aktuell hat das GHG Protocol als Ergänzung den „**Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard**“ veröffentlicht, der Anforderungen an die Bilanzierung dieser Emissionen definiert. Wer diese Ergänzung des GHG Protocol anwendet, muss auch über einen großen Teil seiner Scope-3-Emissionen berichten. Dazu gehören auch die Transporte der Subdienstleister.

Klimabilanzen für Produkte (Product Carbon Footprint)

Klimabilanzen für Produkte 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 Herstellung und Transport der Rohstoffe und Vorprodukte über Herstellung und Distribution der Produkte bis hin zu deren Nutzung und Entsorgung.

Die **Emissionen des Transportanteils an den Gesamtemissionen eines Produktes** haben 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 „**Product Life Cycle 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 bei der neuen Norm EN 16258 für die Berechnung von Transportdienstleistungen nicht vorgesehen.

Klimabilanzen für einzelne Transporte – EN 16258

Für die **Bilanzierung von Transporten selbst oder von einzelnen Sendungen** gab es bislang noch keine spezifischen Standards. Die neue Norm **EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“** beschreibt erstmals Methodik, Systemgrenzen, Allokation sowie Datenquellen, die von Speditionen zielgerecht angewendet werden können. Wie jede Europäische Norm (EN) oder DIN-Norm hat sie keinen rechtlich verbindlichen Charakter. Ihre Anwendung ist freiwillig.

Der vorliegende Leitfaden nimmt für die Berechnung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Transporten auf die neue Norm EN 16258 Bezug und hält sich an die dort vorgeschlagene Vorgehensweise zur Berechnung. Lediglich die Beschreibung der Berechnungsmethode für Gebäude, Lager und Umschlag in Kapitel 12 bezieht sich auf das GHG Protocol als Standard, da die neue Norm hierzu keine Regelungen enthält.

Die Inhalte der Norm EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei 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 Treibhausgasemissionen werden als CO₂-Äquivalente berechnet. Zusätzlich muss der Energieverbrauch standardisiert in MJ errechnet und ausgewiesen werden.
- Es ist nicht zulässig, nur den Energieverbrauch und die direkten Emissionen des Fahrzeuges (Tank-to-Wheel) auszuweisen, vielmehr müssen auch die durch die Bereitstellung der Energieträger wie Diesel entstehenden Energieverbräuche sowie Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden (Well-to-Tank). Hierzu enthält die Norm entsprechende Umrechnungsfaktoren (siehe Kapitel 6). Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Fahrzeuge oder der Verkehrsinfrastruktur bleiben durch die Norm hingegen unberücksichtigt.
- 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 Produkt aus Gewicht und Entfernung durchzuführen (z. B. Tonnenkilometer). Wo das nicht möglich ist, sind statt dem Gewicht auch andere physikalische Einheiten (z. B. Palettenstellplätze, Lademeter, Anzahl Containerstellplätze) möglich. Zur Allokation können auch die physikalischen Einheiten allein ohne Entfernung verwendet werden. Monetäre Größen sind jedoch zur Allokation 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 (siehe Kapitel 4). Zusätzlich müssen neben den Ergebnissen auch Informationen über die methodische Vorgehensweise publiziert werden. Insbesondere die verwendeten Größen bei der Allokation und die Verwendung von nicht selbst gemessenen Werten aus Datenbanken (als Vorgabe- bzw. „Default-Werte“ bezeichnet) müssen angegeben werden.
- Die Norm selbst schreibt keine externe Zertifizierung oder Verifizierung der Berechnung vor.

Prinzipielle Vorgehensweise nach EN 16258

Die Norm EN 16258 beschreibt im Detail die Vorgehensweise, wie der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen für Transportdienstleistungen berechnet werden müssen. Dabei ist eine **Transportdienstleistung** laut Norm 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 **Teilstrecke** wird in der englischen Fassung der Norm auch als „**Leg**“ bezeichnet. Für jede Teilstrecke müssen Energieverbrauch und Emissionen für die betrachtete Sendung ermittelt werden. Abschließend werden die Teilergebnisse zum Gesamtergebnis aufsummiert.

Die Ermittlung des Energieverbrauchs und der Emissionen für eine Teilstrecke erfolgt über das so genannte **Fahrzeugeinsatz-System (Vehicle Operation System = VOS)**. Als VOS bezeichnet die Norm 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 eines Fahrzeugtyps oder auf einer Route bzw. Strecke oder gar um alle Fahrzeugumläufe in einem Netz handeln, in dem der betrachtete Transportabschnitt liegt oder liegen würde (bei zukünftigen Transporten). 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. Norm EN 16258 somit in **drei Schritten** erfolgen:

-
- **Schritt 1:**
Aufteilung der Transportdienstleistung in einzelne Teilstrecken ohne Verkehrsmittelwechsel (Legs)
-
- **Schritt 2:**
Berechnung des Energieverbrauchs und der Emissionen pro Teilstrecke (Leg):
 - Festlegen des Fahrzeugeinsatz-Systems (VOS) für diese Teilstrecke (konkreter Fahrzeugumlauf, Routen oder Fahrzeugtyp bzw. für gesamtes Netz; einschließlich Leerfahrten)
 - quantitative Bestimmung des gesamten Energieverbrauchs für dieses Fahrzeugeinsatz-System (z. B. Dieserverbrauch in Liter)
 - Umrechnung des ermittelten Energieverbrauchs in standardisierten Energieverbrauch (MJ) und Treibhausgasemissionen (kg CO₂-Äquivalente) für dieses Fahrzeugeinsatz-System
 - Allokation von standardisiertem Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf die Transportdienstleistung
-
- **Schritt 3:**
Aufsummierung der Ergebnisse aller Teilstrecken (Legs) der Transportdienstleistung.
-

Die französische CO₂-Verordnung Nr. 2011-1336

Auslöser für die europäische Norm EN 16258 war unter anderem, dass Frankreich beabsichtigte, Transportunternehmen gesetzlich dazu zu verpflichten, die von ihnen verursachten transportbedingten CO₂-Emissionen auszuweisen. Allerdings war unklar, nach welcher Methode die Emissionen ermittelt werden sollten. Deshalb stellte Frankreich im Jahr 2008 einen Normungsantrag beim European Committee for Standardisation (CEN). In der Zwischenzeit wurde die französische Verordnung Nr. 2011-1336 zur „Information über die Menge der Kohlendioxidemissionen einer Beförderungsleistung“ veröffentlicht. Sie schreibt vor, dass ab dem 1. Oktober 2013 CO₂-Werte von kommerziell durchgeführten Personen- und Gütertransporten, die einen Start- oder Zielpunkt in Frankreich haben, gegenüber dem Kunden einer Transportdienstleistung ausgewiesen werden müssen. Methodisch entspricht die Verordnung grundsätzlich dem europäischen Standard. Es gibt aber auch deutliche Unterschiede zur Norm (siehe Tabelle 4).

So müssen nach der französischen Verordnung ausschließlich CO₂-Emissionen ermittelt und dem Kunden ausgewiesen werden. Die CO₂-Umrechnungsfaktoren pro Liter oder kg Kraftstoff müssen einem Erlass des französischen Verkehrsministeriums entnommen werden. Diese Umrechnungsfaktoren basieren auf französischen Quellen und entsprechen nicht denen der Norm EN 16258, wie sie in Kapitel 6 vorgestellt werden. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist: Der französische Erlass schreibt vor, welche Default-Werte für den spezifischen Energieverbrauch pro Fahrzeug-, Bahn oder Schiffskilometer zu verwenden sind. Die europäische Norm EN 16258 hat sich bewusst gegen die Vorgabe strikter Werte entschieden. Insbesondere beim Güterverkehr gibt es zu viele betriebliche Situationen, die mit solchen Werten kaum berechnet werden können.

Aufgrund der vielen Unterschiede kann der vorliegende Leitfaden nicht auf die Berechnungen entsprechend der französischen Verordnung Nr. 2011-1336 eingehen. Vielmehr zeigt der **Leitfaden** auf, wie der **Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen konform mit der europäischen Norm EN 16258** berechnet werden können. Der erste Schritt, die normkonforme Umrechnung des ermittelten Kraftstoff- oder Stromverbrauchs in **standardisierte Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen** – wird dabei in **Kapitel 6** dargestellt. 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 **Kapitel 9** werden verschiedene normkonforme **Möglichkeiten der Messung des Energieverbrauchs** aufgezeigt. In den **Kapiteln 10 und 11** wird detailliert dargestellt, wie man vorgeht, wenn keine Messwerte vorliegen und deshalb Default-Werte verwendet werden müssen.

Tabelle 4:

EN 16258 und französische Verordnung Nr. 2011-1336 im Vergleich

	Norm EN 16258	Französische Verordnung Nr. 2011-1336
Auskunftspflicht	<ul style="list-style-type: none"> ■ nicht verpflichtend, freiwillig ■ Kunde von Transportdienstleistungen kann die Anwendung aber einfordern 	<ul style="list-style-type: none"> ■ verpflichtend für kommerziell angebotene Transporte, deren Start- und/ oder Zielpunkt in Frankreich liegt (ab 1. Oktober 2013)
Verkehrsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ■ alle Verkehrsmittel des Personen- und Güterverkehrs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ alle Verkehrsmittel des Personen- und Güterverkehrs
Kenngößen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) ■ Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂-Emissionen ■ Well-to-Wheel; Tank-to-Wheel freiwillig
Systemgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> ■ nur Transporte, keine Umschlagsprozesse oder Büros ■ inkl. Transport von Subdienstleistern ■ keine Herstellung, Unterhalt und Entsorgung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen ■ keine Kältemittelverluste 	<ul style="list-style-type: none"> ■ nur Transporte, keine Umschlagsprozesse oder Büros ■ inkl. Transport von Subdienstleistern ■ keine Herstellung, Unterhalt und Entsorgung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen ■ keine Kältemittelverluste
Quellen für Inputdaten (Reihenfolge entspricht Präferenz)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabewerte (Default-Werte) ■ Flottenwert des Transportdienstleister (Durchschnitt der Flotte) ■ Spezifischer Werte des Transportdienstleisters (Durchschnitt für Fahrzeug oder Routentyp) ■ konkrete Messung für die betrachtete Transportdienstleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Werte entsprechend Erlass des Verkehrsministeriums (Vorgabewerte) (Stufe 1) ■ Flottendurchschnittswerte (Stufe 2) ■ Durchschnittswerte z. B. für Routentyp, Kunden, Transportmittel (Stufe 3) ■ konkret für Beförderungsleistung gemessene Werte (Stufe 4)
Datenquelle für Vergabewerte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgabe für Energie- und THG-Emissionsfaktoren (z. B. g CO₂e/l) ■ sonst frei wählbar (z. B. l/100 km), Auswahl muss begründet werden ■ Norm enthält mögliche Quellen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ausschließlich Werte entsprechend des Erlasses des Verkehrsministeriums
Allokationsparameter	<ul style="list-style-type: none"> ■ Empfehlung: Tonnenkilometer ■ andere Allokationsgrößen zulässig ■ Leerfahrten sind anteilig zu berücksichtigen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ bei Fahrten ohne Ladungswechsel: Masse, Volumen, Fläche, Lademeter oder Frachtstück ■ sonst Produkt aus diesen Größen mit der Entfernung ■ Leerfahrten sind zu berücksichtigen, wobei genaues Verfahren nicht festgelegt ist
Deklaration	<ul style="list-style-type: none"> ■ TTW- und WTW-Energieverbrauch und -THG-Emissionen ■ Quellen für Default-Werte und Allokationsparameter ■ Abweichungen von Empfehlungen ■ keine Angaben zum Zeitpunkt der Bereitstellung der Informationen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ WTW-CO₂-Emissionen; Angabe von TTW-CO₂-Emissionen ist freiwillig ■ Erklärung der angewendeten Berechnungsmethode sowie der verwendeten Energiequellen ■ Information müssen zum vereinbarten Datum oder andernfalls binnen zwei Monaten ab Ende der Leistungserbringung zur Verfügung gestellt werden
Zertifizierung/ Konformitätsprüfung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zertifizierung kann freiwillig erfolgen (durch akkreditierten Zertifizierer) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nachweis der Konformität muss durch eine zugelassene Stelle erfolgen

Quelle: eigene Darstellung.

6. Der Weg zu standardisierten Verbrauchswerten und Emissionen

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 EN 16258 müssen beide Größen sowohl für den Betrieb des Fahrzeuges (Tank-to-Wheel) als auch insgesamt für Betrieb und 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

Wird 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 deren einzelne Energieverbräuche addiert werden können. Dies ist allerdings nur auf Basis einer gemeinsamen physikalischen Einheit möglich. Liter, Kilogramm und Kilowattstunden müssen daher nach der Norm EN 16258 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 (siehe Tabelle 5).

$$E_T = F \times e_T \quad \text{bzw.} \quad E_W = F \times e_W$$

E_T = Tank-to-Wheel-Energieverbrauch in MJ

E_W = Well-to-Wheel-Energieverbrauch in MJ

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

e_T = Tank-to-Wheel-Energiefaktor von gemessenen Werten in MJ/l, MJ/kg oder MJ/kWh

e_W = Well-to-Wheel-Energiefaktor von gemessenen Werten in MJ/l, MJ/kg oder MJ/kWh

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 5).

$G_T = F \times g_T$ bzw. $G_W = F \times g_W$	
G_T	= Tank-to-Wheel-THG-Emissionen in kg CO ₂ -Äquivalente (CO ₂ e)
G_W	= Well-to-Wheel-THG-Emissionen in kg CO ₂ -Äquivalente (CO ₂ e)
F	= Gemessener Energieverbrauch (z. B. l, kg oder kWh)
g_T	= Tank-to-Wheel-THG-Emissionsfaktor von gemessenen Werten in kg CO ₂ e/l, kg CO ₂ e/kg oder kg CO ₂ e/kWh
g_W	= Well-to-Wheel-THG-Emissionsfaktor von gemessenen Werten in kg CO ₂ e/l, kg CO ₂ e/kg oder kg CO ₂ e/kWh

Die neue Norm EN 16258 enthält die für die oben vorgestellten Berechnungen notwendigen Umrechnungsfaktoren. Sie sind in Tabelle 5 aufgeführt. Im vorliegenden Leitfaden werden alle Beispielrechnungen mit Hilfe dieser Umrechnungsfaktoren durchgeführt. Von diesen Faktoren darf nach der Norm nur abgewichen werden, wenn z. B. Lieferanten entsprechende Werte zur Verfügung stellen, die in Übereinstimmung mit der EU-Richtlinie 2009/30/EC erhoben wurden.

Tabelle 5:
Faktoren für die Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen (berechnet als CO₂-Äquivalente) nach EN 16258

	Normierter Energieverbrauch				Treibhausgasemissionen (berechnet als CO ₂ -Äquivalente)			
	Tank-to-Wheel (e _T)		Well-to-Wheel (e _W)		Tank-to-Wheel (g _T)		Well-to-Wheel (g _W)	
	MJ/kg	MJ/l	MJ/kg	MJ/l	kgCO ₂ e/kg	kgCO ₂ e/l	kgCO ₂ e/kg	kgCO ₂ e/l
Benzin	43,2	32,2	50,5	37,7	3,25	2,42	3,86	2,88
Ethanol	26,8	21,3	65,7	52,1	0,00	0,00	1,56	1,24
Benzin E5 ¹⁾	42,4	31,7	51,4	38,4	3,08	2,30	3,74	2,80
Benzin E10 ²⁾	41,5	31,1	52,2	39,1	2,90	2,18	3,62	2,72
Diesel	43,1	35,9	51,3	42,7	3,21	2,67	3,90	3,24
Biodiesel	36,8	32,8	76,9	68,5	0,00	0,00	2,16	1,92
Diesel D7 ³⁾	42,7	35,7	53,2	44,5	2,97	2,48	3,76	3,15
Diesel Deutschland ⁴⁾	42,6	35,7	53,1	44,4	2,98	2,49	3,77	3,15
Erdgas (CNG)	45,1	k.A.	50,5	k.A.	2,68	k.A.	3,07	k.A.
Flüssiggas (LPG)	46,0	25,3	51,5	28,3	3,10	1,70	3,46	1,90
Kerosin ⁵⁾	44,1	35,3	52,5	42,0	3,18	2,54	3,88	3,10
Schweröl (HFO) ⁶⁾	40,5	39,3	44,1	42,7	3,15	3,05	3,41	3,31
Marine Diesel Oil (MDO)	43,0	38,7	51,2	46,1	3,24	2,92	3,92	3,53
Marine Gas Oil (MGO)	43,0	38,3	51,2	45,5	3,24	2,88	3,92	3,49

¹⁾ 5 Vol.-% Ethanol. – ²⁾ 10 Vol.-% Ethanol. – ³⁾ 7 Vol.-% Biodiesel. – ⁴⁾ 6,2 % Beimischung von Biodiesel bezogen auf den Energieinhalt (2011) – entspricht 6,75 Vol.-% Biodiesel. – ⁵⁾ Ohne Berücksichtigung einer möglicherweise höheren Klimawirksamkeit des Luftverkehrs in Reiseflughöhe. – ⁶⁾ HFO = Heavy Fuel Oil (Schweröl für Schiffe).

Quellen: EN 16258, eigene Berechnungen.

Rechenbeispiel 1:

Berechnung von TTW- und WTW-Energieverbrauch und der TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen auf Basis von gemessenen Dieserverbräuchen

Für eine Fahrt von München nach Berlin benötigt ein Lkw 186 l Diesel. In diesem Beispiel erfolgen die Berechnungen mit den Umrechnungsfaktoren des in Deutschland typischen Diesels (6,2 % Biodieselanteil bezogen auf Energieinhalt) gemäß der Norm EN 16258.

- **TTW-Energieverbrauch:**
 $E_T = F \times e_T = 186 \text{ l} \times 35,7 \text{ MJ/l} = 6.640 \text{ MJ}$
- **WTW-Energieverbrauch:**
 $E_W = F \times e_W = 186 \text{ l} \times 44,4 \text{ MJ/l} = 8.258 \text{ MJ}$
- **TTW-Treibhausgasemissionen:**
 $G_T = F \times g_T = 186 \text{ l} \times 2,49 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 463 \text{ kg CO}_2\text{e}$
- **WTW-Treibhausgasemissionen:**
 $G_W = F \times g_W = 186 \text{ l} \times 3,15 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 586 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Berücksichtigung von beigemischt Biodiesel

In vielen EU-Ländern wird Biodiesel konventionellem Diesel beigemischt. Grundlage ist die EU-Richtlinie 2009/30/EG. Wer in Deutschland Diesel tankt, erhält ohne spezielle Kennzeichnung an der Tankstelle so genannten D7-Diesel, der bis zu 7 Vol.-% Biodiesel enthält. Tabelle 6 zeigt in Übereinstimmung mit der Norm EN 16258 für verschiedene **Beimischungsquoten** die notwendigen **Umrechnungsfaktoren**. Auf nationaler Ebene wird der Beimischungsanteil meist aber bezogen auf den Energieinhalt angegeben (z. B. 2011 lag die energiebezogene Biodieselbeimischung in Deutschland bei rund 6,2%). Aufgrund der geringeren Energiedichte von Biodiesel ist der Volumenanteil etwas höher (bei rund 6,75 Vol.-%).

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. Diese Vorgehensweise entspricht dem Standard EN 16258.

Tabelle 6:
Beimischungsanteil
von Biodiesel bezogen
auf Volumen (Liter)
sowie die sich daraus
ergebenden Energie-
und THG-Umrech-
nungsfaktoren

Biodieselanteil bezogen auf Volumen (Liter)	Biodieselanteil bezogen auf Energieinhalt	TTW-Energie-Umrechnungsfaktor (e _T)	WTW-Energie-Umrechnungsfaktor (e _w)	TTW-THG-Umrechnungsfaktor (g _T)	WTW-THG-Umrechnungsfaktor (g _w)
in %	in %	MJ/Liter	MJ/Liter	kg CO ₂ e/Liter	kg CO ₂ e/Liter
1,0%	0,91%	35,9	43,0	2,64	3,23
2,0%	1,83%	35,8	43,2	2,62	3,21
3,0%	2,75%	35,8	43,5	2,59	3,20
4,0%	3,67%	35,8	43,7	2,56	3,19
5,0%	4,59%	35,7	44,0	2,54	3,17
6,0%	5,51%	35,7	44,2	2,51	3,16
6,75%¹⁾	6,20%	35,7	44,4	2,49	3,15
7,0%	6,43%	35,7	44,5	2,48	3,15
8,0%	7,36%	35,7	44,8	2,46	3,13
9,0%	8,29%	35,6	45,0	2,43	3,12
10,0%	9,22%	35,6	45,3	2,40	3,11
20,0%	18,59%	35,3	47,9	2,27	2,98

1) Wert für Deutschland im Jahr 2011. Quelle: EN 16258, eigene Berechnungen.

Für Strom enthält die Norm EN 16258 keine Umrechnungsfaktoren, da diese vom Mix der Erzeugungsanlagen des genutzten Stroms abhängen. Ein hoher Anteil an Kohlestrom verursacht hohe Treibhausgasemissionen, ein hoher Anteil regenerativer Strom niedrige. Der Standard empfiehlt, wenn möglich, die Werte des Lieferanten zu verwenden, und wenn diese nicht verfügbar sind, Durchschnittswerte für das genutzte Netz oder für das Land (z. B. Deutschland). Bei der Verwendung von Daten des Lieferanten ist allerdings Vorsicht geboten. Werte der Stromkennzeichnung können hierbei nicht verwendet werden, da sie sich nur auf CO₂ und nicht auf alle Treibhausgase beziehen und zudem nicht alle Prozessschritte von der Gewinnung der Energieträger über deren Umwandlung in den Kraftwerken bis hin zur Verteilung zum Endkunden berücksichtigen.

Strom wird heute noch überwiegend von öffentlichen Verkehrsunternehmen verwendet. Auch hier unterscheiden sich die Strommixe von Unternehmen zu Unternehmen und damit die Umrechnungsfaktoren. Die europäischen Bahnunternehmen haben für ihre Stromerzeugung allerdings spezifische Werte ermittelt, die die unterschiedlichen Kraftwerksparks berücksichtigen, so dass jedes Land seine eigenen Umrechnungsfaktoren hat. In diesem Leitfaden werden die Werte des Emissionsmodells EcoTransIT World (www.ecotransit.org) verwendet. Die entsprechenden TTW- und WTW-Umrechnungsfaktoren für den Energieverbrauch sowie die Umrechnungsfaktoren zur Bestimmung der TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen sind im Anhang dokumentiert (siehe Tabelle 21). Sie entsprechen den Anforderungen der Norm EN 16258.

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 (Umrechnungsfaktoren sind dem Anhang entnommen).

- Der **TTW-Energieverbrauch** berechnet sich wie folgt:
 $E_T = F \times e_T = 4.600 \text{ kWh} \times 3,6 \text{ MJ/kWh} = 16.560 \text{ MJ}$
- Der **WTW-Energieverbrauch** kann wie folgt ermittelt werden:
 $E_W = F \times e_W = 4.600 \text{ kWh} \times 11,1 \text{ MJ/kWh} = 51.060 \text{ MJ}$
- Die **TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen** berechnen sich dann wie folgt:
 $G_T = F \times g_T = 4.600 \text{ kWh} \times 0 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 0 \text{ kg CO}_2\text{e}$
 $G_W = F \times g_W = 4.600 \text{ kWh} \times 0,574 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 2.640 \text{ kg CO}_2\text{e}$

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 (Umrechnungsfaktoren sind dem Anhang entnommen):

- $E_W = F \times e_W = 4.600 \text{ kWh} \times 4,0 \text{ MJ/kWh} = 18.400 \text{ MJ}$
- $G_W = F \times g_W = 4.600 \text{ kWh} \times 0,004 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 18 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Vorgehensweise bei temperaturgeführten Transporten

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 aber auch mit **Kältemitteln** gefüllt. Früher wurde beispielsweise in Kühlaggregaten von Lkw häufig das Kältemittel R 22 eingesetzt, das heute durch die Fluorkohlenwasserstoffe R 404A, R 410A und R134a substituiert wurde. 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.

Die meisten Kältemittel sind stark klimawirksame Gase, wenn sie durch Leckagen oder Havarien in die Atmosphäre gelangen. Wer den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen seiner Transporte in Übereinstimmung mit der neuen Norm EN 16258 berechnet, muss diese Kältemittelverluste in der Bilanzierung nicht berücksichtigen. Werden deren Klimafolgen dennoch ermittelt, müssen die Ergebnisse getrennt zu den nach EN 16258 ermittelten energiebedingten Emissionen ausgewiesen werden.

Die Klimawirkung der durch Verluste und Leckagen in die Umwelt gelangten Kältemittel lassen sich jedoch, auch wenn von der Norm nicht gefordert, leicht über die nachgefüllte Menge der Kältemittel und über den GWP-Faktor der Chemikalie ermitteln. 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:

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

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 7.

Zur Berechnung der gesamten Treibhausgasemissionen (analog zu den WTW-Treibhausgasemissionen nach EN 16258) 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 7):

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

Kältemittel werden anders als Kraftstoffe bei der Verwendung nicht in Energie umgewandelt. Daher ist der TTW-Energieverbrauch Null. Energieverbrauch entsteht nur bei der Herstellung der Kältemittel. Legt man diesen Energieverbrauch auf die Transportleistung um, sind sie im Vergleich zum transportbedingten Energieverbrauch vernachlässigbar. Dies ist der Grund, warum für Kältemittel in diesem Leitfaden keine speziellen Energieumrechnungsfaktoren ausgewiesen werden.

Tabelle 7:
Treibhausgasemissionsfaktoren ausgewählter Kältemittel

	Direkter Emissionsfaktor (analog zu TTW) kg CO ₂ e/kg	Gesamt-Emissionsfaktor (analog zu WTW) kg CO ₂ 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

Quellen: IPCC 2007; Ecoinvent 2009; eigene Berechnungen.

7. Allokation: Verbrauch und Emissionen der Einzelsendung

Für den Auftraggeber speditioneller Transportdienstleistungen ist vielfach nicht die Klimawirkung einer ganzen Ladung, sondern die seiner 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. Die neue Norm EN 16258 enthält grundlegende Regeln sowie konkrete Empfehlungen für diesen Allokation genannten Schritt. Zu den Grundregeln gehören:

- 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 ist 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 oder auf einer Fähre), 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 geändert werden.

Konkret empfiehlt die Norm EN 16258, das **Produkt aus Sendungsgewicht** und tatsächlich zurückgelegter **Entfernung** – also die Transportleistung gemessen in Tonnenkilometern – als Allokationsparameter zu verwenden. Da dies nicht immer für alle Transporte möglich ist, lässt die Norm auch andere Allokationsparameter zu. Alternativ kann beispielsweise 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. Liegen keine Angaben zur Entfernung vor, können aber auch das Gewicht oder die Anzahl der Sendungen als Verteilungsschlüssel verwendet werden. Dies ist oft bei Kurier-, Express- und Paketdiensten der Fall, da hier eine Ermittlung der Transportentfernung pro Einzelsendung kaum möglich ist. Die Norm lässt aber auch eine Allokation von Energieverbrauch und Emissionen allein über die Entfernung zu. Die Nutzer der Norm haben somit eine große Auswahl an möglichen Allokationsparametern. Grundsätzlich gilt aber: Die gewählte **Allokationsgröße muss** zusammen mit dem Ergebnis **kommuniziert werden**. Dies gilt insbesondere dann, wenn von dem in der Norm empfohlenen Allokationsparameter Tonnenkilometer abgewichen wird. Da der gewählte Parameter das Ergebnis stark beeinflusst (siehe nächstes Rechenbeispiel), müssen Anwender der Norm (z. B. die verladende Wirtschaft) die Allokationsgröße exakt vorgeben, um vergleichbare Rechenergebnisse zu bekommen.

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 / 354,1 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** ($55,35\% \times 25,7 \text{ l}$), bei der **Allokation über die Paletten-Kilometer** von **10,2 l** ($39,68\% \times 25,7 \text{ l}$). Das Beispiel zeigt anschaulich, dass die gewählte Allokationsmethode das Ergebnis stark beeinflusst!

Sonderfall Sammel- und Verteilerverkehr

Die Norm EN 16258 formuliert für Sammel- und Verteilerverkehre spezielle Empfehlungen für die Allokation. Wie bei anderen Touren auch müssen in einem ersten Schritt Kraftstoffverbrauch, TTW- und WTW-Energieverbräuche bzw. TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen für die gesamte Tour ermittelt werden und diese in einem zweiten Schritt auf die Einzelsendungen aufgeteilt werden. Wird für die Allokation die Entfernung verwendet (z. B. zur Berechnung der Tonnenkilometer), schreibt die Norm aber vor, dass nicht die realen Transportentfernungen der einzelnen Güter, sondern die **direkten Distanzen** vom Start- bzw. Endpunkt (z. B. Terminal) zu den Auf- und Abladepunkten verwendet werden müssen (siehe Rechenbeispiel 4). So lassen sich Energieverbrauch und Emissionen gerechter auf die einzelnen Sendungen aufteilen, unabhängig davon, wann und in welcher Reihenfolge die Einzelsendungen im Verlauf der Tour auf- bzw. abgeladen werden.

Die Norm EN 16258 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. 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.

Wie generell bei Güterverkehren sollte auch für Sammel- und Verteilerverkehre das Produkt aus Entfernung und Gewicht zur Allokation verwendet werden. Laut Norm dürfen für Sammel- und Verteilerverkehre für Sammel- und Verteilerverkehre statt dem Gewicht auch andere Parameter (z. B. Anzahl der Sendungen, Anzahl Stopps) in Kombination mit der Entfernung herangezogen werden. Diese Parameter können zudem auch allein oder kombiniert (z. B. Gewicht und Anzahl Stopps) zum Einsatz kommen – also auch ohne Entfernung (siehe Rechenbeispiel 4). Allerdings müssen die verwendeten Allokationsparameter grundsätzlich in der Deklaration angegeben werden. Sobald zur Allokation bei Sammel- und Verteilerverkehren die Distanzen herangezogen werden, müssen dies die direkten bzw. kürzesten Entfernungen sein.

Rechenbeispiel 4:

Allokation bei Sammel- und Verteilerverkehren mit dem Lkw

Ein Lkw braucht bei einer Sammel- und Verteilertour 8 l Diesel. Der Dieserverbrauch, der auf die Ladung entfällt, die beim zweiten Stopp aufgeladen wird (1,5 t), berechnet sich dabei nach der Empfehlung der EN 16258 mit Hilfe des Produktes aus Luftlinien-Entfernung und Sendungsgewicht wie folgt:

- Fiktive Transportleistung aller Sendungen:
 $(3 \times 4,1 + 1,5 \times 7,9 + (2+3) \times 10,3 + 3 \times 11,5 + 2 \times 8,2 + 3,5 \times 4,3) \text{ tkm} = 141,6 \text{ tkm}$
- 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 Verteilerfahrt

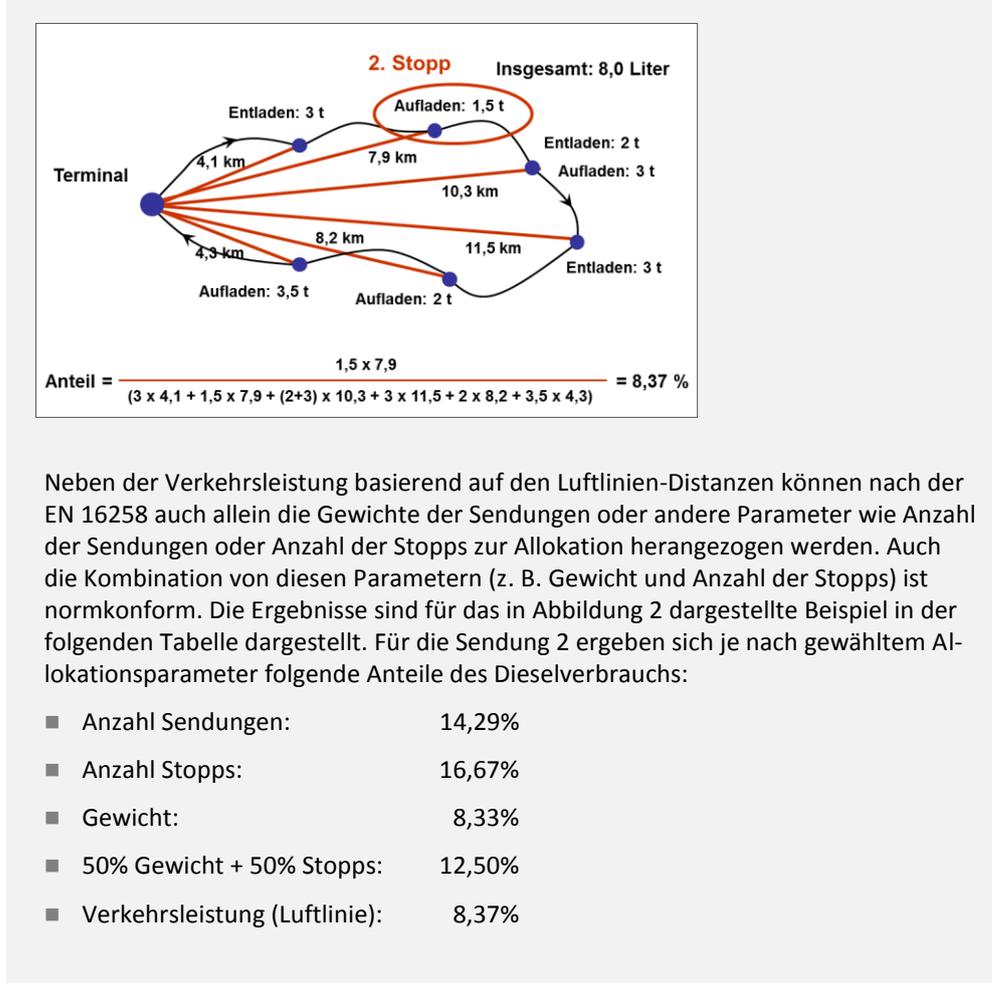


Tabelle 8:
Beispiel für eine Allokation einer Sammel- und Verteilerfahrt

	Stopp Zustellung/ Abholung	Entfer- nungen (Luftlinie)	Sendungs- gewicht	Verkehrs- leistung (Luftlinie)	Allokation basierend auf ...				
					Sendungen	Stopps	Gewicht	50% Gewicht + 50% Stopps	Verkehrs- leistung ¹⁾
		km	t	tkm	%	%	%	%	%
1	Entladen	4,1	3,0	12,30	14,29	16,67	16,67	16,67	8,69
2	Aufladen	7,9	1,5	11,85	14,29	16,67	8,33	12,50	8,37
3	Entladen	10,3	2,0	20,6	14,29	16,67	11,11	13,89	14,55
	Aufladen	10,3	3,0	30,90	14,29	8,33	16,67	12,50	21,82
4	Entladen	11,5	3,0	34,50	14,29	8,33	16,67	12,50	24,36
5	Aufladen	8,2	2,0	16,40	14,29	16,67	11,11	13,89	11,58
6	Aufladen	4,3	3,5	15,05	14,29	16,67	19,44	18,06	10,63
Insgesamt			18,0	141,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1) Basierend auf Luftlinien-Entfernungen. **Quellen:** Prof. Lohre/FH Heilbronn; eigene Berechnungen.

Sonderfall Fracht in Passagiertransporten

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. Gemäß Norm EN 16258 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 inkl. Gepäck berechnet.

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**.

8. Berechnungsmethoden für Transporte – zwei Wege, ein Ziel

Energieverbrauch und Treibhausgase von Transporten lassen sich grundsätzlich nach zwei Ansätzen ermitteln: nach der verbrauchsbasierten oder der entfernungsbasierten Methode.

Verbrauchsbasierte Methode

Bei der **verbrauchsbasierten 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. Die Norm EN 16258 empfiehlt, die verbrauchsbasierte Methode zu verwenden, da sie präzisere Ergebnisse liefert als die entfernungsbasierte Methode.

Die Norm unterteilt die verbrauchsbasierte 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.

Relevanter ist der **zweite Fall**, in dem für den betrachteten Fahrzeugumlauf (als Fahrzeugeinsatz-System bezeichnet) **fahrzeug- 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 die betrachtete Transportdienstleistung 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.

Die verschiedenen Wege zur Messung des Energieverbrauchs beschreibt Kapitel 9.

Entfernungsbasierte Methode

Die verbrauchsbasierte Methode, die auf Messungen des Energieverbrauchs der eingesetzten Transportmittel beruht, 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, REMOVE oder aus frei zugänglichen Rechenools 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 in den genannten Datenbanken unterschiedliche Verbrauchswerte und Emissionsfaktoren für leere und voll beladene Lkw. Die Werte aus Datenbanken werden auch als Default- und Vorgabewerte bezeichnet.

Wie mit Hilfe der entfernungsbasierten Methode Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für alle Verkehrsmittel berechnet werden können, zeigt Kapitel 10. Kapitel 11 stellt für den Lkw-Verkehr vor, wie für den betrachteten Transport noch genauer Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen mit Hilfe von Default- bzw. Vorgabewerten berechnet werden können.

EN 16258: zwei Methoden, aber vier Ansätze

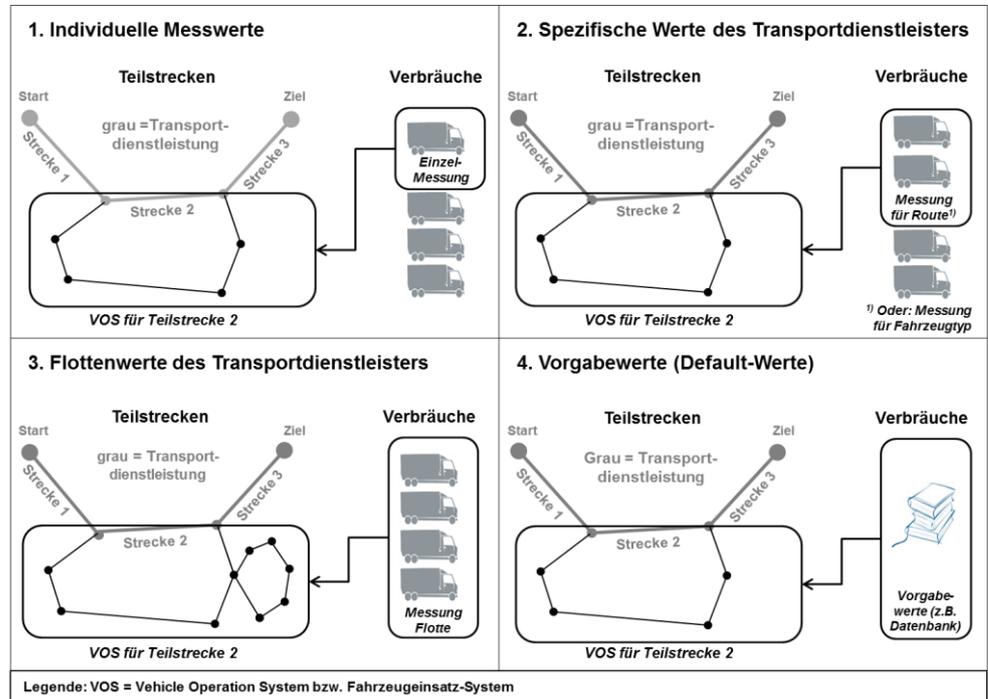
Die Norm EN 16258 lässt **vier Ansätze zur Bestimmung von Verbrauchsdaten** zu, wobei die ersten drei Fälle der verbrauchsbasierten Methode, der vierte Fall der entfernungsbasierten Methode entsprechen (siehe Abbildung 3):

- Verwendung **individueller Messwerte** für den konkreten Transport,
- Verwendung von **fahrzeug- oder routentypischen Kennwerten** (z. B. gemittelt für ein Jahr), die in der Norm als „**spezifische Werte des Transportdienstleisters**“ bezeichnet werden,
- Verwendung von **Flottendurchschnittswerten** (z. B. gemittelt für ein Jahr), die in der Norm als „**Flottenwerte des Transportdienstleisters**“ bezeichnet werden
- 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 was vorgegebene Vorgabewerte aus Datenbanken sind. Bei Vorgabe- bzw. Default-Werten muss nach der Norm EN 16258 zudem immer die Quelle angegeben werden.

Egal welche Datenquellen verwendet werden, nach der Norm EN 16258 müssen zur besseren Vergleichbarkeit die gemessenen oder berechneten Energieverbräuche 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 die Norm für alle Energieträger feste Umrechnungsfaktoren an oder beschreibt die Methode, wie diese Faktoren ermittelt werden müssen. Diese Umrechnungsfaktoren werden in Kapitel 6 vorgestellt.

Abbildung 3:
Vier Ansätze zur Bestimmung von Verbrauchsdaten nach der Norm EN 16258



9. Messung des Energieverbrauchs – aber wie?

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 der Norm EN 16258 erhoben werden.

Die Norm gibt vor, dass der **gesamte Fahrzeugumlauf** für den Transport der einzelnen Sendung betrachtet werden muss. Dieser Fahrzeugumlauf wird als Fahrzeugeinsatz-System (Vehicle Operation 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 Fahrzeugeinsatz-System gehört bei einer Fahrt mit einer Komplettladung von A nach B auch die **Leerfahrt** von B nach A. Für **Containerschiffe** ist das Fahrzeugeinsatz-System 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 Fahrzeugeinsatz-System. Leerfahrten müssen anteilig auf alle Sendungen aufgeteilt werden.

EN 16258: drei Möglichkeiten zur Messung

Die Norm EN 16258 lässt für die Messung des Energieverbrauchs drei Fälle zu, wobei folgende Rangfolge empfohlen wird:

- **(1) Verwendung von individuellen 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 Energiedaten erheben können.
- **(2) Verwendung von spezifischen Werten des Transportdienstleisters (fahrzeug- oder routentypische Kennwerte):** In diesem Fall misst das Logistikunternehmen beispielsweise auf Jahresbasis den Dieselverbrauch 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. Statt routentypischer Mittelwerte können hierbei auch fahrzeugtypische Mittelwerte verwendet werden (z. B. der Durchschnitt aller 40-Tonnen-Lkw oder aller B747-400F-Flugzeuge).
- **(3) Verwendung von Flottenwerten des Transportdienstleisters:** Dieser Fall ähnelt dem zweiten Fall – allerdings werden hier Durchschnittswerte für eine ganze Flotte des Logistikdienstleisters verwendet und nicht speziell für einen Fahrzeug- oder Routentyp. 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 EN 16258**

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 = $(1 \text{ t} / 2.400 \text{ t}) \times 6.500 \text{ l} = 2,7 \text{ l}$

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 gemessene 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 nach der Norm EN 16258 Vorgabe- bzw. Default-Werte verwendet werden – sowohl für den Energieverbrauch, als auch für Auslastung und Leerfahrten. Allerdings müssen die Quellen der Vorgabewerte benannt und deren Auswahl begründet werden. Oft werden in diesen Fällen die Energieverbräuche mit Hilfe des **entfernungsbasierten Ansatzes** ermittelt, wobei spezifische Energieverbrauchswerte pro Tonnenkilometer verwendet werden. Auch in diesem Kapitel des Leitfadens kommen diese spezifischen Werte zum Einsatz.

Hierbei ist zu beachten: Spezifische Energieverbrauchswerte pro Tonnenkilometer berücksichtigen bereits die Auslastung und Leerfahrten der Fahrzeuge und verknüpfen die Energieverbrauchsberechnung mit dem Allokationsschritt (siehe Kapitel 7) – statt zwei getrennter Rechenschritte ist also nur eine Berechnung nötig. Die Verwendung dieser spezifischen Werte bedeutet aber auch, dass die **Allokationsgröße** ebenfalls festgelegt wird. Bei Energieverbrauchswerten pro Tonnenkilometer erfolgt die Allokation über das Gewicht, bei Energieverbrauchswerten pro TEU-km über den 20-Fuß-Standard-Container (TEU – Twenty-foot equivalent unit). Beide Varianten werden in diesem Kapitel verwendet.

Während die Werte für Energieverbräuche verschiedener Verkehrsmittel aus Datenbanken entnommen werden können, müssen für **Auslastung** 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 Erzen, Kohle oder Mineralölprodukten, bei denen das Transportgewicht der begrenzende Faktor für die Auslastung ist, sind Ladungsfahrten massenbezogen 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 die spezifischen Energieverbrauchswerte pro Tonnenkilometer für die drei Güterarten **Massengut, Volumengut und Durchschnittsgut** ausgewiesen. Dies gilt auch für Container-Transporte.

Wie wird gerechnet?

In den folgenden Abschnitten werden für jedes Verkehrsmittel Energieverbrauchswerte pro Tonnenkilometer für Volumen-, Durchschnitts- und Massengüter in Tabellenform zur Verfügung gestellt. Alle diese Werte stellen Vorgabewerte dar und basieren auf den Quellen, die in der Norm EN 16258 benannt werden. Sie sind damit alle normkonform. 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, die in den folgenden Abschnitten spezifisch für jedes Verkehrsmittel angegeben sind.

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs für die betrachtete Sendung muss der spezifische Verbrauchswert pro Tonnenkilometer (tkm) 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:

$$F = W \times D \times E$$

F = Energieverbrauch in l, kg oder kWh

W = reales Frachtgewicht in t oder TEU

D = reale Transportentfernung in km

E = spezifischer Energieverbrauch (in l, kg oder kWh) je tkm oder TEU-km

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

- Bestimmung der **Gutart** (Massen-, Durchschnitts-, Volumengut);
- Identifikation der verwendeten **Fahrzeuge** nach Art und Größe;
- Auswahl der spezifischen **Verbrauchswerte** pro tkm bzw. TEU-km passend zur Gutart und zur Fahrzeugart bzw. zum 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 9) 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 der in der Norm EN 16258 enthaltenen und in Kapitel 6 vorgestellten Umrechnungsfaktoren ermittelt.

Tabelle 9:
Containergewicht
für verschiedene Gut-
arten

Gutart	Containergewicht In Tonnen/TEU	Frachtgewicht In Tonnen/TEU	Gesamtgewicht In Tonnen/TEU
Volumengut	1,90	6,00	7,90
Durchschnittsgut	1,95	10,50	12,45
Massengut	2,00	14,50	16,50

Quelle: EcoTransIT 2010.

Lkw-Verkehr

Für Lkw-Transporte kommen verschiedene Fahrzeuggrößen zum Einsatz. In Anlehnung an das internetbasierte Emissionsberechnungstool EcoTransIT (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.

Tabelle 10:
Annahmen für vier Lkw-Klassen

	Zusätzliche Leerfahrten ¹⁾	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
Frachtverkehr		Frachtgewicht in t pro Lkw			
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
Containerverkehr		Anzahl TEU pro Lkw			
Volumengut	+10%	-	-	1 TEU	2 TEU
Durchschnittsgut	+10%	-	-	1 TEU	2 TEU
Massengut	+10%	-	-	-	1 TEU

1) 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 gebundenem 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 (siehe Tabelle 11):

Tabelle 11:
Korrekturfaktoren für den Verbrauch auf Innerortsstraßen

Lkw-Typ	Korrektur-Faktor
Lkw < 7,5 t zGG	0,9
Lkw 7,5 – 12 t zGG	1,0
Lkw 12 – 24 t zGG	1,3
Last-/ Sattelzug 24 – 40 t zGG	1,4

Lesebeispiel: Der Energieverbrauch auf Innerortsstraßen ist bei Sattelzügen 1,4-mal höher als auf Autobahnen.

Quellen: HBEFA 3.1; TREMOD 2010; eigene Berechnungen.

Tabelle 12 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 12:
Spezifischer Energieverbrauch E pro tkm bzw. TEU-km für den Lkw-Verkehr

	Mittleres Längsneigungsprofil			Ebene		
	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut
Frachtverkehr	Dieserverbrauch in Liter/tkm					
Lkw < 7,5 t	0,140	0,078	0,063	0,139	0,077	0,062
Lkw 7,5 – 12 t	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
Containerverkehr	Dieserverbrauch in Liter/TEU-km					
Lkw < 7,5 t	x	x	x	x	x	x
Lkw 7,5 – 12 t	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.

Quellen: 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:

$$F [\text{Liter}] = W [\text{t}] \times D [\text{km}] \times E [\text{l/tkm}] = 8 \text{ t} \times 634 \text{ km} \times 0,038 \text{ l/tkm} = 193 \text{ l}$$

Bahnverkehr

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 13 enthält spezifische Energiekennwerte E pro tkm oder TEU-km, von denen der passende Wert ausgewählt und in die Formel zur Berechnung des Energieverbrauchs F eingesetzt werden muss.

Tabelle 13:
Spezifischer Energieverbrauch E pro tkm bzw. TEU-km für Güterzüge mit Elektro- und Dieseltraktion

	Elektrotraktion			Dieseltraktion		
	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut	Volumen-gut	Durchschnitts-gut	Massen-gut
Frachtverkehr	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
Containerverkehr	in kWh/TEU-km			in Liter/TEU-km		
Zug 500 t (Kurzzug)	0,507	0,622	0,726	0,137	0,169	0,197
Zug 1.000 t (Mittlerer Zug)	0,330	0,405	0,472	0,089	0,110	0,128
Zug 1.500 t (Langzug)	0,256	0,315	0,367	0,070	0,085	0,100
Zug 2.000 t (Langzug)	0,214	0,264	0,307	0,058	0,072	0,083

Quellen: EcoTransIT 2010; eigene Berechnungen.

Rechenbeispiel 8:

Energieverbrauch eines Bahn-Transports

Ein 20-Fuß-Container mit 11 t Gesamtgewicht (Durchschnittsgut, siehe Tabelle 13) 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:

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

See- und Binnenschifffahrt

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 große Binnenschiffe 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 14; für Binnenschiffe: siehe Tabelle 15). Es wird generell eine 4%-ige Geschwindigkeitsreduktion gegenüber der so genannten Design-Geschwindigkeit angenommen.

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).

Tabelle 14:
Spezifischer Energieverbrauch E (schweres Heizöl, HFO) pro tkm bzw. TEU-km verschiedener Schiffsklassen

	Energieverbrauch bezogen auf Tonnenkilometer			Energieverbrauch bezogen auf TEU-Kilometer		
	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut
Containerschiffsverkehr	in kg/tkm			in kg/TEU-km		
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)¹⁾	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
Massengut/Tanker	in kg/tkm			in kg/TEU-km		
Asien (80.000 - 200.000 dwt²⁾)	X	x	0,0014	x	x	x
Transpazifik (35.000-200.000 dwt²⁾)	X	x	0,0017	x	x	x
Übrige Linien (ab 35.000 dwt²⁾)	X	x	0,0020	x	x	x

1) Auch Panama-Schiffsklasse (2.000 – 4.700 TEU). – 2) dwt = dead weight tonnage = Tragfähigkeit eines Schiffes bei mittlerem Sommertiefgang.

Quellen: EcoTransIT 2010; eigene Berechnungen.

Tabelle 15:
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		
	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut	Volumengut	Durchschnittsgut	Massengut
Massengut-/Tankschiff	in Liter/tkm			in Liter/TEU-km		
Durchschnitt Deutschland ¹⁾	x	x	0,0114	x	x	x
Europaschiff (1.300 t ²⁾)	x	x	0,0116	x	x	x
Großmotorschiff (2.300 t ²⁾)	x	x	0,0088	x	x	x
Jowi-Klasse (5.200 t ²⁾)	x	x	0,0050	x	x	x
Containerschiff³⁾	in Liter/tkm			in Liter/TEU-km		
Elbeschubverband (140 TEU)	0,0214	0,0122	0,0089	0,128	0,128	0,128
Koppelverband (240 TEU)	0,0166	0,0095	0,0069	0,100	0,100	0,100
Jowi-Klasse (430 TEU)	0,0096	0,0055	0,0040	0,058	0,058	0,058

1) Durchschnitt über alle Schiffsgrößen. – 2) Maximale Zuladung. – 3) Durchschnittliche Auslastung der Stellplatzkapazität (beladene TEU): 60%.

Quellen: TREMOD 2010; Contargo 2011; PLANCO 2007; eigene Berechnungen.

Rechenbeispiel 9:

Energieverbrauch eines Seetransports

5 Tonnen eines Volumengutes werden mit einem Containerschiff von Singapur nach Rotterdam transportiert (Handelslinie: Asien).

Ermittlung der Parameter für die Berechnung:

- Schiffstyp: Containerschiff
- Handelslinie: Asien
- Gutart: Volumengut
- Transportgewicht: 5 Tonnen
- Transportentfernung: 15.420 km (ermittelt mit EcoTransIT)

Berechnung Energieverbrauch:

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

$$5 \text{ t} \times 15.420 \text{ km} \times 0,0076 \text{ kg/tkm} = 586 \text{ kg HFO}$$

Luftverkehr

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 16 Werte für unterschiedliche Flugzeugtypen und verschiedene **Entfernungen**. Liegt die reale Flugstrecke zwischen den ausgewiesenen Werten, muss linear interpoliert werden.

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 der Norm EN 16258 werden dabei Passagiere (einschließlich Gepäck) mit 100 kg pro Kopf angesetzt. Die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Kerosinverbräuche berücksichtigen für Bellyfracht diese Allokationsmethode. Für die Fracht wurde angenommen, dass das Flugzeug bei Mittelstreckenflügen (bis 3.700 km) 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 wurde in der Norm EN 16258 übernommen.

Tabelle 16:
Spezifischer Energieverbrauch E von ausgewählten Flugzeugtypen in kg Kerosin pro tkm in Abhängigkeit von der Flugstrecke (nur Volumengüter)

Mittelstrecke ¹⁾			Langstrecke ¹⁾		
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 ²⁾

1) 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. – 2)

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: 8.820 km (Großkreis) + 95 km = 8.915 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:

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

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

11. Entfernungsbasierte Berechnungen für Lkw im Detail

Falls keine gemessenen Verbrauchsdaten für den Transport vorliegen, dafür aber konkrete Informationen zum Transport und vor allem zur Auslastung und zum Leerfahrtenanteil der Fahrzeuge, sollte die Berechnung diese Werte nutzen. Zwar lässt die neue Norm EN 16258 Vorgabe- bzw. Default-Werte für Verbrauch, Auslastung oder Leerfahrtenanteil z. B. aus Datenbanken zu (siehe auch Kapitel 10) – gleichzeitig aber gibt sie vor, wo immer möglich, eigene gemessene Werte einzusetzen. Wie **gemessene Auslastungsdaten und Leerfahrtenanteile** berücksichtigt werden können, wird im Folgenden speziell für den **Lkw-Verkehr** vorgestellt. Diese **detailliertere Vorgehensweise** basiert weiterhin auf Verbrauchswerten aus Datenbanken („Default-Werten“).

Ermittlung des Dieserverbrauchs für Lkw

Die in Kapitel 10 vorgestellten spezifischen Dieserverbrauchswerte für Lkw beziehen sich auf einen Tonnenkilometer. Dabei wird der Kraftstoffverbrauch für den gesamten Lkw über die Tonnenkilometer und damit über das Gewicht und die zurückgelegte Entfernung 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 (in der Norm EN 16258 als Fahrzeug-einsatz-System bezeichnet);
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 der Norm EN 16258 (siehe hierzu Kapitel 6).

Diese Schritte müssen für alle Teilstrecken, 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 (Fahrzeugkilometer),
- verwendete Lkw-Größe je Transportabschnitt,
- maximale Beladung (Nutzlastkapazität) des Lkw (z. B. 26 t oder 34 Palettenstellplätze 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 vom Lkw zurückgelegten Entfernung **nach folgender Formel**. Zur Bestimmung der zurückgelegten Lkw-Kilometer ist darauf zu achten, dass alle Fahrten, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Sendung stehen, einbezogen werden.

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

- F** = 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:

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

- 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)

Tabelle 17 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 11** (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 17:
Parameter A, B und C für in Deutschland und Europa typische Lkw

Parameter	mittleres Neigungsprofil		Ebene		
	A	B	A	B	C
	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

Quellen: HBEFA 3.1; TREMOD 2010; eigene Berechnungen

Da der Dieserverbrauch eines Lkw von seinem Gesamtgewicht 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 – unabhängig von der verwendeten Allokationsgröße. 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. Bei der Allokation sind hingegen nur die Ladehilfsmittel zu berücksichtigen, die auch Teil der Ladung sind (siehe Kapitel 7).

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 aller Teilstrecken 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 Nutzlast und Länge der Teilstrecke multipliziert, die einzelnen Teilstrecken aufaddiert und durch die Gesamtstrecke dividiert wird:

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

- **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.

Allokation und Berechnung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

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. Die Norm EN 16258 schlägt konkret vor, dass zur Allokation das Produkt aus Gewicht und Entfernung verwendet wird (sprich: Tonnenkilometer). Alternativ lässt die Norm aber auch andere Größen zu, wenn diese stärker die begrenzende Größe des Transportes sind (z. B. Anzahl Palettenstellplätze, Lademeter). Auch hier schlägt die Norm vor, das Produkt aus dem Allokationsparameter und der Entfernung (z. B. Produkt aus Palettenanzahl und Entfernung oder Lademeter und Entfernung) zur Allokation zu verwenden. Falls dies nicht möglich ist, kann die Allokationsgröße auch allein ohne Entfernung oder sogar nur die Entfernung zur Aufteilung der Emissionen auf die Sendungen herangezogen werden.

Nach erfolgreicher Allokation des Dieserverbrauchs 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 17, Werte für Ebene):

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

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

Berechnung des Gesamtverbrauchs:

$$F \text{ [l]} = D \text{ [km]} \times E \text{ [l/100km]} / 100 = 146 \text{ km} \times 17,57 \text{ l/100 km} / 100 = 25,7 \text{ l}$$

12. Berechnungen für Gebäude, Lager und Umschlag

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

- **Stromverbrauch** der Umschlageneinrichtungen, 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.

GHG Protocol statt EN 16258

Der stationäre Bereich wird in der Norm EN 16258 derzeit nicht berücksichtigt. Zukünftige Ausgaben des Standards sollen aber den Umschlag von Waren einschließen. Bis dahin können die Treibhausgasemissionen dieser in der Norm nicht erfassten Bereiche bilanziert werden, müssen aber getrennt von den „normkonform“ berechneten Ergebnissen für die Transporte dargestellt werden. Die dazu verwendeten Methoden sollen möglichst transparent beschrieben werden. Eine gute methodische Grundlage bietet der „**Corporate Accounting and Reporting Standard**“ des **Greenhouse Gas Protocol** (siehe Kapitel 5).

Laut GHG Protocol müssen nur die **direkten Treibhausgasemissionen** verpflichtend berechnet werden. Um aber kompatibel zu den Vorgaben der Norm EN 16258 für Transporte zu sein, sollten zusätzlich auch die **indirekten Emissionen** (d. h. auch die bei Herstellung von Energieträgern oder Produkten wie Kältemitteln entstehenden Treibhausgase) berücksichtigt werden. Im Folgenden wird daher das Vorgehen zur Berechnung des Endenergieverbrauchs bzw. der direkten Emissionen (bei Transporten als Tank-to-Wheel bezeichnet) ebenso wie die Berechnung des Gesamtenergieverbrauches bzw. der Gesamtemissionen (bei Transporten als Well-to-Wheel bezeichnet) vorgestellt. Der Bau der Gebäude, Lager und Umschlageneinrichtungen 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 verbrauchs-basierten Methode der Norm EN 16258. 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 Umschlageneinrichtungen 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:

Energieverbrauch:

$$E_{\text{direkt bzw. gesamt}} = F \times e_{\text{direkt bzw. gesamt}}$$

$E_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= Endenergieverbrauch (direkt) bzw. Primärenergieverbrauch (gesamt) in MJ
F	= gemessener Energieverbrauch z. B. in kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Erdgas, Liter Flüssiggas oder Liter Heizöl
$e_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= Energieumrechnungsfaktor für Endenergieverbrauch (direkt) bzw. Primärenergieverbrauch (gesamt) in MJ pro kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Erdgas, Liter Flüssiggas oder Liter Heizöl

Treibhausgasemissionen:

$$G_{\text{direkt bzw. gesamt}} = F \times g_{\text{direkt bzw. gesamt}}$$

$G_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= direkte bzw. Gesamtemissionen in kg
F	= gemessener Energieverbrauch z. B. in kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Erdgas, Liter Flüssiggas oder Liter Heizöl
$g_{\text{direkt bzw. gesamt}}$	= THG-Umrechnungsfaktor für direkte und Gesamt-Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ -Äquivalente pro kWh Strom, kWh Fernwärme, kWh Erdgas, Liter Flüssiggas oder Liter Heizöl

Die notwendigen **Umrechnungsfaktoren** zeigt Tabelle 18. Bei Strom und Fernwärme hängen die Faktoren vom Kraftwerksmix des jeweiligen Landes ab, die Tabelle zeigt beispielhaft die Strom-Werte für Deutschland und die Europäische Union (Werte für einzelne EU-Länder 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 von der Norm EN 16258 für Transporte gefordert wird. Die CO₂-Emissionsfaktoren der Energieversorger im Rahmen der Stromkennzeichnung können nicht verwendet werden, da sie indirekte Emissionen nur teilweise berücksichtigen und zudem nur für CO₂ berechnet werden.

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.

Tabelle 18:

Faktoren für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des stationären Bereichs

	Energie-Umrechnungsfaktoren			THG-Umrechnungsfaktoren		
	Einheit	Direkter Energieverbrauch (e_{direkt})	Gesamtenergieverbrauch (e_{gesamt})	Einheit	Direkte Emissionen (g_{direkt})	Gesamtemissionen (g_{gesamt})
Strom Deutschland	MJ/kWh	3.6	9.7	kg CO ₂ e/kWh	0.000	0.583
Ökostrom Deutschland ¹⁾	MJ/kWh	3.6	6.7	kg CO ₂ e/kWh	0.000	0.292
EU-27	MJ/kWh	3.6	10.2	kg CO ₂ e/kWh	0.000	0.424
Strom Photovoltaik	MJ/kWh	3.6	3.7	kg CO ₂ e/kWh	0.000	0.000
Fernwärme Deutschland	MJ/kWh _{th}	3.6	4.1	kg CO ₂ e/kWh _{th}	0.000	0.249
Erdgas – Heizwert	MJ/kWh	3.6	4.1	kg CO ₂ e/kWh	0.202	0.242
Erdgas – Brennwert	MJ/kWh	3.2	3.7	kg CO ₂ e/kWh	0.182	0.218
Heizöl	MJ/l	35.8	41.7	kg CO ₂ e/kg	2.67	3.09
Flüssiggas	MJ/l	25.3	28.3	kg CO ₂ e/l	1.70	1.90

1) 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 der Norm EN 16258).

Quellen: GEMIS 4.8; EN 16258; eigene Berechnungen.

Rechenbeispiel 12:

Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen eines Lagers

In einem deutschen Lager (Fläche 100.000 m²) werden 5,28 Mill. kWh Strom pro Jahr benötigt.

- Endenergieverbrauch: $5,28 \text{ Mill. kWh} \times 3,6 \text{ MJ/kWh} = 19,008 \text{ Mill. MJ} = 19,008 \text{ TJ}$
- Primärenergieverbrauch: $5,28 \text{ Mill. kWh} \times 9,7 \text{ MJ/kWh} = 51,216 \text{ Mill. MJ} = 51,216 \text{ TJ}$
- Direkte THG-Emissionen: $5,28 \text{ Mill. kWh} \times 0,0 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 0 \text{ t CO}_2\text{e}$
- Gesamt THG-Emissionen: $5,28 \text{ Mill. kWh} \times 0,583 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 3.078 \text{ t CO}_2\text{e}$

Kältemittelverluste

In Kühl- und Tiefkühlslagern wird – bezogen auf das gekühlte Volumen – überwiegend Ammoniak als Kältemittel eingesetzt, das nahezu keine klimaschädigende Wirkung hat. In kleineren Lagern bis 50.000 m² dagegen werden fluorhaltige Kältemittel wie R134a oder R404A oder das – für Neuanlagen mittlerweile verbotene – chlorhaltige R22 verwendet. **Chlor- und fluorierte Kältemittel sind hochwirksame 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 CO₂-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 19. Die Treibhausgasemissionen der Kältemittelverluste berechnen sich somit nach folgender Formel:

Treibhausgasemissionen:
 $G_{\text{direkt bzw. gesamt}} = KV \times g_{\text{direkt bzw. gesamt}}$

$G_{\text{direkt bzw. gesamt}}$ = direkte bzw. Gesamtemissionen in kg
KV = Kältemittelverluste in kg
 $g_{\text{direkt bzw. gesamt}}$ = THG-Umrechnungsfaktor für direkte und Gesamt-Treibhausgasemissionen in kg CO₂ pro kg Kältemittel

Tabelle 19:
Kennzahlen für Berechnung der Treibhausgasemissionen für Kältemittelverluste

	Direkter Emissionsfaktor (g_{direkt})	Gesamt-Emissionsfaktor (g_{gesamt})
	kg CO ₂ e/kg	kg CO ₂ 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
Kältemittel R717 (Ammoniak)	3	5

Quellen: IPCC 2007; Ecoinvent 2009; eigene Berechnungen.

Rechenbeispiel 13:**Berechnung der Treibhausgasemissionen durch Kältemittelverluste**

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

- Direkte THG-Emissionen: $150 \text{ kg} \times 2.088 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 313,2 \text{ t CO}_2\text{e}$
- Gesamt THG-Emissionen: $150 \text{ kg} \times 2.177 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 326,6 \text{ t CO}_2\text{e}$

Energieverbrauch durch zusätzliches Equipment

Auch **Umsetzfahrzeuge** für Wechselbrücken oder **Gabelstapler** brauchen Diesel, Flüssiggas oder Strom. Dieser Anteil kann relevant sein, daher sollten sie analog der in der Norm EN 16258 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 die Anzahl der Betriebsstunden und der Normverbrauch pro Stunde herangezogen werden. Werden Gabelstapler über Ladestationen im Lager geladen, ist deren Energieverbrauch bereits über das Lager erfasst.

Allokation

Das GHG Protocol enthält keine Angaben, wie der für Lager oder Umschlagseinrichtungen ermittelte Energieverbrauch 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 Tiefkühleinrichtungen 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 Umschlagseinrichtungen 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**.

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 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 Palette x 21 Tage = 21 Paletten-Tage
Anteil: $21 \text{ Paletten-Tage} / 1.956.400 \text{ Paletten-Tage} = 0,00107\%$
- **Paprika:** 1 Palette x 150 Tage = 150 Paletten-Tage
Anteil: $150 \text{ Paletten-Tage} / 1.956.400 \text{ Paletten-Tage} = 0,00767\%$

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 rund 500 bis 1.000 g CO₂-Äquivalente pro Tonnenkilometer die höchsten Emissionen; Schiffe mit rund 5 bis 30 g CO₂-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 nächsten Bilanz durch gemessene Werte ersetzt werden.

EN 16258: Ergebnisse und Rechenweg kommunizieren

Ein Wert allein ist wenig aussagekräftig. Beispielsweise sagt die Menge an Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer nichts über die gesamte Umweltperformance eines Unternehmens aus. Zum Verständnis der Werte muss zudem bekannt sein, wie sie berechnet wurden. Laut EN 16258 müssen Bilanzierer in einer **Deklaration** 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 (Vorgabe- oder Default-Werte)?

Zwar können nach der Norm EN 16258 Kurzdeklarationen verfasst werden, in der nur die Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen angegeben werden müssen. Diese Kurzdeklaration muss aber auch einen Verweis enthalten, wo die anderen Rechenergebnisse und die weiterführenden Informationen zum Rechenweg zu finden sind. 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. Die Norm EN 16258 schlägt zudem vor, dass bei Transportketten die verwendeten Quellen für jede Teilstrecke angegeben werden – denn die Datenquellen können sich ja von Abschnitt zu Abschnitt ändern. Tabelle 20 zeigt eine Möglichkeit, die Art der verwendeten Quellen übersichtlich

darzustellen. Nach der Norm wäre ausreichend, die Art der verwendeten Quellen mit Kreuzen in der Tabelle anzugeben. Sinnvoller ist aber, die Quellen namentlich direkt in der Tabelle zu benennen, da die Norm dies für Vorgabewerte eh vorschreibt.

Tabelle 20:

Mögliche Vorlage zur Deklaration der Datenquellen pro Teilstrecke

Mögliche Kategorien	Default value	Flottenwert des Transportdienstleisters	Spezifischer Wert des Transportdienstleisters	Individueller Messwert
Ladung (z.B. Gewicht, TEU)				
Transportentfernung Ladung				
Kraftstoffverbrauch ¹⁾				
Spezifischer Kraftstoffverbrauch ¹⁾				
Fahrleistungen der Fahrzeuge ¹⁾				
Auslastungsgrad der Fahrzeuge ¹⁾				
Nutzlasten der Fahrzeug ¹⁾				
Leerfahrten ¹⁾				

1) Bezieht sich auf das gesamte Fahrzeugeinsatz-System (VOS).

Quellen: Anhang D der Norm EN 16258; eigene Darstellung.

Wenn von Empfehlungen der Norm abgewichen wird, muss dies in einer Deklaration 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 (siehe Kapitel 6) und spezifische Werte des Kraftstoff-Lieferanten verwendet werden. Wichtig in diesem Zusammenhang ist zudem: Die Norm EN 16258 macht nur Vorgaben zu Berechnung von Transporten. Werden freiwillig der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der Gebäude, Lager oder des Umschlags berechnet, müssen diese getrennt zu den für die Transporte normkonform ermittelten Werten ausgewiesen werden (siehe auch Kapitel 12).

Eine **Zertifizierung** der Berechnungen sieht die Norm übrigens nicht vor. Unternehmen können ihre Berechnung freiwillig zertifizieren lassen, müssen dann aber die Regelungen der DIN EN 45011 (zukünftig die DIN EN ISO/IEC 17065) einhalten, die Zertifizierung darf also nur durch akkreditierte Zertifizierer erfolgen.

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 einzuschätzen 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, den Einsatz effizienter Fahrzeuggrößen oder 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 CO₂-Kompensation

Von Klima- oder CO₂-Kompensation (Off-Setting) spricht man dann, wenn ein Unternehmen seine (nicht vermeidbaren) Treibhausgasemissionen durch Klimaschutzprojekte außerhalb des Unternehmens senkt. Wird die emittierte Menge damit ausgeglichen, sprechen viele von Klima- oder CO₂-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, sollte der Ausstoß 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
- www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3660.pdf

14. Informationen, die weiterhelfen

Umrechnungshilfen

Tabelle 21:
Dezimalfaktoren

Bezeichnung	Faktor	Wert
Kilo (k)	10^3	1.000
Mega (M)	10^6	1.000.000
Giga (G)	10^9	1.000.000.000
Tera (T)	10^{12}	1.000.000.000.000
Peta (P)	10^{15}	1.000.000.000.000.000

Tabelle 22:
Energieumrechnungen
(bezogen auf
Endenergie)

	MJ	kWh	Liter Diesel	kg Diesel
1 MJ	1	0,2778	0,0279	0,0233
1 kWh	3,6	1	0,1004	0,0835
1 Liter Diesel	35,9	10,0	1	0,832
1 kg Diesel	43,1	12,0	1,202	1

Anmerkung: Diesel konventionell ohne Biodiesel-Beimischung.

Länderspezifische Emissionsfaktoren für Strom

Tabelle 23:
Faktoren für die Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen für Bahnstrom und Strom aus dem nationalen Netz

Land	Bahnstrom		Strom aus öffentlichem Netz ¹⁾	
	Energie	CO ₂ e	Energie	CO ₂ e
Tank-to-Wheel	MJ/kWh	kg/kWh	MJ/kWh	kg/kWh
Alle Länder	3,6	0,000	3,6	0,000
Well-to-Wheel	MJ/kWh	kg/kWh	MJ/kWh	kg/kWh
Europa (EU-27)	10,8	0,468	10,2	0,424
Belgien	13,9	0,393	12,4	0,219
Bulgarien	12,3	0,660	10,5	0,538
Dänemark	6,4	0,433	10,9	0,471
Deutschland	11,1	0,574	9,7	0,583
Estland	13,8	1,208	9,7	1,012
Finnland	10,2	0,480	10,3	0,295
Frankreich	13,6	0,077	13,5	0,072
Griechenland	16,0	1,004	9,1	0,801
Großbritannien	10,7	0,621	9,5	0,488
Irland	11,9	0,779	7,5	0,526
Italien	9,9	0,749	8,4	0,463
Lettland	5,1	0,160	5,8	0,181
Litauen	11,9	0,108	7,4	0,390
Niederlande	9,1	0,497	9,2	0,460
Österreich	4,7	0,119	6,8	0,210
Polen	12,8	1,085	10,6	1,005
Portugal	9,1	0,544	7,8	0,399
Rumänien	9,7	0,556	8,9	0,495
Schweden	4,0	0,004	8,7	0,058
Slowakei	12,4	0,199	10,5	0,370
Slowenien	11,7	0,686	9,4	0,405
Spanien	9,5	0,425	8,3	0,363
Tschechien	11,5	0,661	11,2	0,681
Ungarn	15,0	0,637	13,1	0,481

1) Inkl. Verluste des Stromnetzes.

Quellen: EcoTransIT 2010; GEMIS 4.8; eigene Berechnungen.

Literatur

Im Leitfaden zitierte Literatur sowie weiterführende Literatur:

- **Norm EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“:** in Deutsch kostenpflichtig erhältlich beim Beuth Verlag (www.beuth.de), in Englisch beim BSI Shop (<http://shop.bsigroup.com/>)
- **Verordnung Nr. 2011-1336 vom 24. Oktober 2011 zur Information über die Menge der Kohlendioxidemissionen einer Beförderungsleistung** (décret no 2011-1336 du 24 octobre 2011 relatif à l'information sur la quantité de dioxyde de carbone émise à l'occasion d'une prestation de transport): Kostenloser Download unter: <http://legifrance.gouv.fr>
- **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
- **CO₂-Berechnung in der Logistik:** Kranke, A.; Schmied, M.; Schön, A.: CO₂-Berechnung in der Logistik: Datenquellen, Formeln, Standards. Heinrich Vogel Verlag: 2011.
- **Ecoinvent 2009:** Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Hrsg.): Ecolnvent. 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: http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf
- **GEMIS 4.8:** Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). PC-Rechenmodell zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Energiesystemen; entwickelt vom Öko-Institut und vom Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS). Das PC-Programm kann kostenlos heruntergeladen werden unter: www.iinas.org/gemis-de.html
- **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
- **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
- **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
- **Memorandum Product Carbon Footprint:** 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
- **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
- **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
- **UBA/DEHSt 2008:** Leitfaden zur freiwilligen Kompensation von Treibhausgasemissionen. Publikation der Deutschen Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt; Berlin: 2008. Kostenloser Download unter: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3660.pdf>
- **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