



Andre Kranke | Martin Schmied | Andrea Dorothea Schön

CO₂-Berechnung in der Logistik

Datenquellen, Formeln, Standards

verkehrs 
RUNDSCHAU

VOGEL 
VERLAG HEINRICH VOGEL

Andre Kranke | Martin Schmied | Andrea Dorothea Schön

CO₂-Berechnung in der Logistik

Datenquellen, Formeln, Standards

1. Auflage 2011

verkehrs 
RUNDSCHAU

VOGEL 
VERLAG HEINRICH VOGEL

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Autoren	11
Vorwort des Deutschen Speditions- und Logistikverbands (DSLW)	13
Vorwort des Umweltbundesamtes	15
1 Rahmenbedingungen für die CO₂-Ermittlung in der Logistik	17
1.1 Klima und Treibhausgase	17
1.1.1 Zeichen und Folgen des Klimawandels	17
1.1.2 Ursachen für den Klimawandel	19
1.1.3 Verursacher von Treibhausgasemissionen	23
1.1.4 THG-Emissionen des Verkehrs in Deutschland	25
1.1.5 Anerkannte Datenquellen	26
1.2 Klimakonferenzen und THG-Reduzierungsziele	27
1.2.1 Vereinbarungen von Cancun und Kopenhagen	28
1.2.2 Klimaschutzziele in Deutschland	29
1.3 Dokumentation von THG-Emissionen	30
1.3.1 Regionen und Länder	30
1.3.2 Unternehmen	36
1.3.3 Produkte und Dienstleistungen	42
1.4 Bilanzierung von Scope-3-Emissionen	47
1.4.1 Praktische Probleme der Bilanzierung	48
1.4.2 Relevanz der THG-Emissionen externer Logistikdienstleister	49
1.4.3 Analyse der Transporte	50
1.4.4 Auswahl der Emissionsfaktoren	53
1.4.5 Allokation – Zuordnung der Emissionen zur Sendung	55
1.4.6 Interpretation der CO ₂ -Berechnungen	59
2 Berechnung der CO₂- und Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen)	61
2.1 Grundlagen für alle Berechnungen	61
2.1.1 Grundformel	61
2.1.2 CO ₂ -Formel für alle Verkehrsmittel	62
2.1.3 Berücksichtigung der Energieproduktion	64
2.1.4 Einbeziehung weiterer TGH-Emissionen (CO ₂ -Äquivalente)	66
2.1.5 Standardisierter Energieverbrauch und Ergebnisdarstellung	68

2.2	Praktische Hinweise für die Nutzung der Formeln	71
2.2.1	Einheiten der Umrechnungsfaktoren	71
2.2.2	Genauigkeit der Berechnungen	72
2.2.3	Ladungsgewichte	72
2.2.4	Transportentfernungen	73
3	Umrechnungsfaktoren für Energieträger und Betriebsstoffe	75
3.1	Grundprinzipien	75
3.2	Kraft- und Betriebsstoffe für Motoren	79
3.2.1	Allgemeine Vorbemerkungen	79
3.2.2	Kraftstoffe fossilen Ursprungs	82
3.2.3	Biokraftstoffe	87
3.3	Elektrischer Strom	95
3.3.1	Allgemeine Vorbemerkungen	95
3.3.2	Bahnstrom	97
3.3.3	Strom aus dem öffentlichen Netz	99
3.3.4	Ökostrom	101
3.3.5	Eigenstromerzeugung	105
3.4	Wärmeerzeugung	106
3.4.1	Allgemeine Vorbemerkungen	106
3.4.2	Umrechnungsfaktoren	107
3.5	Kältemittel	111
3.5.1	Allgemeine Vorbemerkungen	111
3.5.2	Umrechnungsfaktoren	112
3.6	Zusammenfassung	115
4	Spezifischer Energieverbrauch in der Logistik	117
4.1	Grundsätzliche Überlegungen	117
4.1.1	Der schnelle und der exakte Weg	117
4.1.2	Darstellung von THG-Emissionen und Energieverbräuchen	119
4.1.3	Allgemeine Einflussgrößen	120
4.1.4	Gemessene Werte versus Default-Werte	122
4.2	Lkw-Verkehre	126
4.2.1	Allgemeine Einflussfaktoren	127
4.2.2	Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse	130
4.2.3	Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen	132

4.2.4	Datenquellen für Kraftstoffverbräuche	145
4.2.5	Berechnung von standardisierten Energieverbrauchswerten und Treibhausgasemissionen	167
4.2.6	Entfernungsberechnung	168
4.2.7	Besonderheiten bei Lkw-Kühltransporten	169
4.2.8	Besonderheiten bei der Berechnung von Sammel- und Verteilerverkehren	175
4.3	Bahnverkehre	181
4.3.1	Allgemeine Einflussfaktoren	181
4.3.2	Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse	183
4.3.3	Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen	186
4.3.4	Berechnungsweg für Bahnen außerhalb Europas	193
4.3.5	Berechnung von standardisierten Energieverbrauchswerten und Treibhausgasemissionen	194
4.3.6	Entfernungsberechnung	197
4.4	Binnenschifffahrt	198
4.4.1	Allgemeine Einflussfaktoren	198
4.4.2	Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse	202
4.4.3	Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen	208
4.4.4	Berechnung von standardisierten Energieverbrauchswerten und Treibhausgasemissionen	211
4.4.5	Entfernungsberechnung	212
4.5	Seeschifffahrt	213
4.5.1	Allgemeine Einflussfaktoren	213
4.5.2	Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse für Massengutfrachter, Tanker und Containerschiffe	217
4.5.3	Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen für Massengutfrachter, Tanker und Containerschiffe	220
4.5.4	Berechnungsweg für RoRo-Schiffe (Fähren)	228
4.5.5	Berechnung von standardisierten Energieverbrauchswerten und Treibhausgasemissionen	230
4.5.6	Entfernungsberechnung	233
4.6	Luftfracht	235
4.6.1	Allgemeine Einflussfaktoren	235
4.6.2	Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse	241
4.3.3	Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen	244
4.6.4	Berechnung von standardisierten Energieverbrauchswerten und Treibhausgasemissionen	254
4.6.5	Entfernungsberechnung	258

4.7	Gebäude, Lager und Umschlagseinrichtungen	260
4.7.1	Allgemeine Einflussfaktoren	260
4.7.2	Strom und Wärme	263
4.7.3	Gabelstapler und sonstige Fahrzeuge	270
4.7.4	Kältemittel	274
4.7.5	Allokation von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf Einzelsendungen	276
5	Ausgewählte Berechnungsmethoden und Datenquellen	279
5.1	CEN-Normentwurf zur Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von Transportdienst- leistungen	279
5.1.1	Einsatzbereich	279
5.1.2	Berechnungsgrundsätze	280
5.1.3	Bedeutung für die Praxis	282
5.2	Transport Emission Model – TREMOD	283
5.2.1	Einsatzbereich	283
5.2.2	Berechnungsgrundsätze	284
5.2.3	Bedeutung für die Praxis	287
5.3	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA)	287
5.3.1	Einsatzbereich	287
5.3.2	Berechnungsgrundsätze	289
5.3.3	Bedeutung für die Praxis	290
5.4	EU-Richtlinien zur CO₂-Messung bei Kraftfahrzeugen	291
5.4.1	Einsatzbereich	291
5.4.2	Berechnungsgrundsätze	293
5.4.3	Bedeutung für die Praxis	294
5.5	EU-Richtlinien zum Emissionshandel	296
5.5.1	Einsatzbereich	296
5.5.2	Berechnungsmethode	296
5.5.3	Bedeutung für die Praxis	301
5.6	Energieausweis für Immobilien	302
5.6.1	Einsatzbereich	302
5.6.2	Berechnungsmethode	304
5.6.3	Bedeutung für die Praxis	306
5.7	VCI-Leitfaden CO₂-Emissionen in der Logistik	307
5.7.1	Einsatzbereich	307

5.7.2	Berechnungsgrundsätze	308
5.7.3	Bedeutung für die Praxis	309
6	Elektronische Berechnungstools	311
6.1	EcoTransit	311
6.1.1	Umfang und Verfügbarkeit	311
6.1.2	Eigentümer und Partner	312
6.1.3	Methoden und Datenquellen	312
6.1.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	316
6.2	NTM Calc	317
6.2.1	Umfang und Verfügbarkeit	317
6.2.2	Eigentümer und Partner	317
6.2.3	Methoden und Datenquellen	317
6.2.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	318
6.3	BearingPoint-Rechner	319
6.3.1	Umfang und Verfügbarkeit	319
6.3.2	Eigentümer und Partner	320
6.3.3	Methoden und Datenquellen	320
6.3.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	321
6.4	Map&Guide	321
6.4.1	Umfang und Verfügbarkeit	321
6.4.2	Eigentümer und Partner	322
6.4.3	Methoden und Datenquellen	322
6.4.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	323
6.5	CO₂-Tec	324
6.5.1	Umfang und Verfügbarkeit	324
6.5.2	Eigentümer und Partner	324
6.5.3	Methoden und Datenquellen	324
6.5.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	325
6.6	Eco-Calculator	326
6.6.1	Umfang und Verfügbarkeit	326
6.6.2	Eigentümer und Partner	326
6.6.3	Methoden und Datenquellen	326
6.6.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	327
6.7	CO₂-Rechner der Luftfahrtgesellschaften	328
6.7.1	Umfang und Verfügbarkeit	328
6.7.2	Eigentümer und Partner	328

6.7.3	Methoden und Datenquellen	328
6.7.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	329
6.8	CO₂-Rechner der Seereeder	330
6.8.1	Umfang und Verfügbarkeit	330
6.8.2	Eigentümer und Partner	330
6.8.3	Methoden und Datenquellen	330
6.8.4	Qualität und Bedeutung des Berechnungstools	330
6.9	Rechnervergleich	332
Literaturverzeichnis	333

Vorwort der Autoren

„Was du nicht messen kannst, kannst du nicht lenken“ – diese im Management vieler Unternehmen verbreitete Philosophie des US-Ökonomen Peter Drucker (*1909 † 2005) gilt nicht nur für das Finanz- und Qualitätswesen, sondern auch für den Klimaschutz. Nur wenn sich Kohlendioxid- und Treibhausgasemissionen eindeutig quantifizieren lassen, können Reduzierungsziele und -maßnahmen festgelegt, kontrolliert und bei Bedarf korrigiert werden. Während die Weltgemeinschaft für die Ermittlung von CO₂- und Treibhausgasemissionen von Ländern und Regionen schon vor einigen Jahren eindeutige Berechnungsverfahren festgelegt hat, existieren auf Unternehmens- und Produktebene nur sehr viel gröbere Vorgaben. Dieser Mangel an Standards zeigte sich in den vergangenen Jahren insbesondere im Bereich der Logistik mit ihren vielfältigen Transport-, Lager- und Umschlagprozessen. Jedes Unternehmen stellte Berechnungen auf Basis eigener Methoden an.

Dieses Buch will an dieser Stelle Abhilfe schaffen und liefert deshalb detailliert nachvollziehbare Berechnungsmethoden zur Ermittlung der CO₂- und Treibhausgasemissionen der Verkehrsträger Lkw, Bahn, Flugzeug, See- und Binnenschiff sowie bei Lager und Umschlag. Die Auswirkungen einer Logistikkette auf das Weltklima können mit den Formeln und Basisdaten dieses Buches wissenschaftlich korrekt ermittelt werden. Dadurch lässt sich die Rolle der Logistik in den Klimabilanzen einzelner Unternehmen und Produkte klar bestimmen. Die Methoden dieses Buches berücksichtigen die vorliegenden internationalen Vorschriften und Standards sowie insbesondere den Anfang 2011 vorgestellten Entwurf der DIN- und CEN-Norm prEN 16258:2011 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güterverkehr und Personenverkehr)“. Das Buch erläutert die Vorgaben des europäischen Normentwurfes und füllt zusätzlich jene Lücken, die geschlossen werden müssen, um Emissionsberechnungen in der Praxis durchführen zu können.

Manchem Leser mögen die vorgestellten Methoden beim ersten Durchblättern des Buches kompliziert und vielleicht sogar zu wissenschaftlich erscheinen. Dennoch richtet sich dieses Buch in erster Linie an die Praktiker in den Unternehmen. Das Buch folgt dem Prinzip „vom Einfachen zum Komplizierten“ und erlaubt damit sowohl schnelle erste Berechnungen als auch die detailliertere und damit genauere Ermittlung von klimarelevanten Emissionen durch Logistikprozesse. Auch wenn Logistikverantwortliche, Umweltbeauftragte und Führungskräfte in Industrie, Handel und Dienstleistung solche Berechnungen nicht selbst durchführen, sollten sie wissen, auf Basis welcher Parameter und Festlegungen die CO₂- und Treibhausgaswerte in ihren Klimabilanzen zustande kommen. Dieses Buch liefert die dafür notwendigen Hintergrundinformationen, die in diesem Umfang im deutschsprachigen Raum für die Logistik bisher nicht vorlagen.

Das Grundprinzip für die Ermittlung von Klimagasen in der Logistik erläutert das Kapitel 2. Hier kann der Leser sehr schnell erfassen, wie Berechnungen zu erfolgen haben und worauf in erster Linie zu achten ist. Dieses Kapitel sollten jene Leser als Einstieg wählen, die schnell erste Berechnungen durchführen möchten. Fortgeschrittene Leser wissen, dass der Schlüssel zur Ermittlung von möglichst genauen und in der Fachöffentlichkeit anerkannten CO₂- und Treibhausgasemissionswerten in der genauen Festlegung und Herleitung von Umrechnungsfaktoren und spezifischen Energieverbräuchen liegt. Hier bieten die Kapitel 3 und 4 einen detaillierten Einblick in die gängigen Methoden. Außerdem liefern diese beiden Buchabschnitte eine Reihe von Umrechnungsfaktoren und spezifischen Energieverbrauchsdaten. Diese ermöglichen es, konkrete Berechnungen auch dann anzustellen, wenn eigene Messungen nicht möglich sind.

Wer bei der Diskussion um die „korrekt“ ermittelte CO₂- und Treibhausgasemission nicht abseits stehen möchte, muss aber nicht nur die Berechnungsverfahren im Detail kennen. Ebenso wichtig ist auch die Kenntnis relevanter multinationaler Vereinbarungen, EU-Verordnungen, Gesetze, Normen, Branchenstandards und Softwaretools. Die Kapitel 1, 5 und 6 benennen und erläutern die für Deutschland wichtigsten Rahmenbedingungen.

Bei aller Begeisterung für Formeln, Datenquellen und Standards sollte man nie aus dem Auge verlieren: Die Berechnung von CO₂- und Treibhausgasemissionen ist kein Selbstzweck, sondern Mittel zum Zweck. Aufwand und Nutzen der Emissionsermittlung sind regelmäßig zu hinterfragen. Denn nicht die Erstellung einer umfangreichen Klimabilanz, sondern die mittel- und langfristige Reduzierung von klimaschädlichen Emissionen muss im Vordergrund des unternehmerischen Handelns stehen. Und wie aus der Erfahrung mit Finanz- und Qualitätskennzahlen bekannt, kann es auch bei Umweltkennzahlen sinnvoll sein, sich auf wenige, aussagekräftige Messgrößen zu fokussieren, um das Unternehmen „klimafreundlich“ zu lenken. Es sollte der Grundsatz gelten: „Sei Dir der Komplexität der Dinge bewusst, handle aber so einfach und praxisnah wie möglich.“

Die Entstehung dieses Buches wäre ohne die Mithilfe vieler Partner und Freunde nicht möglich gewesen. Die Autoren bedanken sich bei allen Behörden, Unternehmen, Verbänden, Instituten und Einzelpersonen, die die Entstehung dieses Buches unterstützt haben. Hier bedanken wir uns insbesondere auch für die Unterstützung des Umweltbundesamts (UBA) und des Deutschen Speditions- und Logistikverbandes (DSLVL). Ein besonderer Dank gilt auch den Mitarbeitern des Berliner Öko-Institutes, der VerkehrsRundschau-Redaktion und Herrn Wolfram Knörr vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) sowie Herrn Ulf Sundermann, dem zuständigen Lektor des Verlag Heinrich Vogel.

Andre Kranke

Martin Schmied

Andrea Schön

Vorwort des Deutschen Speditions- und Logistikverbands (DSLVL)

Vom Verkehr ausgehende Umweltbelastungen können nicht bestritten werden, aus ihnen entsteht eine besondere Verantwortung für sämtliche Akteure der Logistik für den Erhalt der natürlichen Umwelt. Gleichzeitig muss die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Güterverkehrs als Voraussetzung für eine globale Versorgung von Industrie, Handel und Bevölkerung gefestigt werden. Der DSLVL begrüßt daher auch das vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Aktionsplan Güterverkehr und Logistik 2010 festgelegte Ziel, die Vereinbarkeit von Verkehrswachstum mit Umwelt- und Klimaschutzzielen zu fördern.

Bereits organisatorische und technische Einzelmaßnahmen, selbst wenn sie zunächst nur ökonomisch motiviert waren, bergen oftmals beträchtliches ökologisches Rationalisierungspotential mit positiven Auswirkungen auf die Umwelt. Die Umsetzung energiesparender Maßnahmen wirkt sich dann nicht nur kosten senkend, sondern auch positiv auf die Klimabilanz eines Unternehmens aus. Es dürfte jedoch abzusehen sein, dass Einzelmaßnahmen angesichts des prognostizierten Mengenwachstums für alle Verkehrsträger zu wenig Wirkung zeigen, um globale Umweltziele zu erreichen. Es ist vielmehr die Kombination mehrerer Maßnahmen, gemeinsam umzusetzen von Staat und Wirtschaft, die zur Senkung von Treibhausgasemissionen führen wird. Eine leistungsfähige Infrastruktur, neue Antriebstechnologien für sämtliche Verkehrsträger und die kritische Überprüfung bestehender logistischer Versorgungsstrukturen und Lieferketten werden dazu beitragen, uns dem Ziel einer möglichst emissionsarmen Güterlogistik zu nähern.

Auch wenn hiermit nur Teilaspekte der „Grünen Logistik“ berücksichtigt werden, haben sich Treibhausgasemissionen inzwischen als die Messgröße für den Grad der Umsetzung „grüner“ Logistikaktivitäten etabliert. Generell ist – wie in jeder anderen Branche – die Berechnung von Treibhausgasemissionen in Güterverkehr und Logistik zunächst nur eine Erkenntnishilfe und Grundlage, um Emissionen zu senken. Denn erst wenn das tatsächliche Ausmaß der selbst verursachten Emissionen festgestellt wurde, können wirksame Reduzierungs- und Vermeidungsstrategien greifen. Die alleinige Berechnung von Treibhausgasemissionen erfüllt aber auch keinen Selbstzweck. Messen ohne zu reduzieren oder zu vermeiden trägt nicht zum Klimaschutz bei.

Für die meisten Güterverkehrsbetriebe, gleich welcher Größe, sind konkrete unternehmensbezogene CO₂-Berechnungen ein aufwändiges Unterfangen, das durch die Vielfalt der existierenden Rechenmethoden noch erschwert wird. Der DSLVL fördert deshalb auch die europäischen Normungsaktivitäten auf diesem Gebiet.

Vorwort des Deutschen Speditions- und Logistikverbands (DSLVL)

In seinem im April 2011 veröffentlichten Leitfaden hat der DSLVL bereits Grundlagen und Verfahren zur Berechnung von Treibhausgasemissionen auf Basis des Normentwurfs prEN 16258:2011 als Einstieg in die Thematik vorgestellt. Das hier vorliegende Buch wird dem Interessierten darüber hinaus gehende wertvolle Details und Hintergrundinformationen für eine praktische Umsetzung liefern.

Mathias Krage

Präsident des DSLVL Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V., Bonn/Berlin

Vorwort des Umweltbundesamtes

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 dieses Buch eingeflossen sind. Nützliche Hintergrundinformationen und detaillierte Ausführungen zur Berechnungsmethodik machen die Theorie der Emissionsminderung für Unternehmen greifbarer.

Denn nur was man kennt, kann man auch beeinflussen.

Jochen Flasbarth

Präsident des Umweltbundesamtes

4 Spezifischer Energieverbrauch in der Logistik

4.1 Grundsätzliche Überlegungen

Energie bewirkt auf unserem Planeten die verschiedensten Dinge: Mit ihr lassen sich beispielsweise mechanische Arbeiten verrichten, Wärme, Kälte und Licht erzeugen oder auch Informationen verarbeiten und versenden. Und nicht zuletzt benötigt jedes Lebewesen Energie, um bestehen zu können.

Energie ist auch für die Logistik die alles entscheidende Größe. Ohne Einsatz von Energie funktioniert kein logistischer Prozess. Keine Eisenbahn rollt, kein Lkw kann beladen werden, keine Sendungsinformation erreicht den Warenempfänger.

Gleichzeitig führt der Verbrauch von Energie – physikalisch besser formuliert: die Umwandlung von gespeicherter Energie in andere Energieformen – in vielen Fällen auch zur Freisetzung von Kohlendioxid und Treibhausgasen. Deshalb kommt der Bestimmung von Energieverbräuchen eine entscheidende Rolle zu, um die Auswirkungen logistischer Prozesse auf die Klimabilanz zu bestimmen.

4.1.1 Der schnelle und der exakte Weg

Das Kapitel 4 erläutert sehr detailliert, wie sich die Energieverbräuche (EV) der wichtigsten Verkehrsträger im Güterverkehr sowie bei Lager und Umschlag so exakt wie möglich ermitteln und einzelnen Sendungen zuordnen lassen. Die in Kapitel 4 vorgestellte Vorgehensweise wird immer dann benötigt, wenn keine konkret für den betrachteten Transport gemessenen Verbrauchswerte vorliegen. In diesen Fällen können Berechnungen mit so genannten Default-Werten durchgeführt werden, die ebenfalls auf Messungen basieren, aber für andere Transporte erhoben wurden. Sie können jedoch unter Berücksichtigung von wichtigen Einflussgrößen (z. B. Auslastung) auf den betrachteten Transport übertragen werden.

Eine Reihe von Basisdaten, Formeln und Beispielrechnungen findet sich dazu im jeweiligen Unterkapitel „Ermittlung des Energieeinsatzes mit Detailkenntnissen“. Um diese Berechnungen so genau wie möglich durchführen zu können, ist aber die Kenntnis einer ganzen Reihe von Fakten zu den eingesetzten technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen (Fahrzeugart, gewählter Transportweg, Auslastung etc.) unabdingbar. Liegen solche detaillierten Daten nicht vor, erlaubt das jeweilige Unterkapitel „Ermittlung des Energieeinsatzes ohne Detailkenntnisse“ eine etwas ungenauere, aber dennoch gültige und vor allem schnelle Ermittlung von Energieverbrauchsdaten.

Wir empfehlen – sofern praktikabel – die Energieverbräuche so exakt wie möglich zu bestimmen. Dies wird auch im Entwurf der CEN-Norm prEN 16258:2011

„Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“ (siehe Kapitel 5.1) gefordert. Das heißt, es sind die Energieverbräuche am besten am eingesetzten Fahrzeug selbst zu messen. Nur wenn dies aus wirtschaftlichen oder praktischen Gründen nicht möglich ist, sollte auf Default-Werte und damit externe Datenquellen zurückgegriffen werden. Es gilt: Je mehr Daten zum Logistikprozess ermittelt werden, desto genauer die Berechnungen des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Vor diesem Hintergrund sind auch allgemeine Vergleiche zum Energieverbrauch und zu Treibhausgasemissionen zu bewerten, wie sie in Tabelle 4.1-1 aufgeführt sind.

Transportmittel	Energieverbrauch (WTW) in MJ je tkm	THG-Emissionen (WTW) in g CO ₂ e je tkm
Lkw	0,95	67,2
E-Güterzug	0,35	18,5
Binnenschiff	0,24	16,6
Seeschiff	0,20	14,8
Flugzeug	7,35	538,5
Lkw (24–40 t zGG), Durchschnittsgut, Topografie hügelig, Deutschland [DSLVL-Leitfaden 2011] Mittlerer Zug (1.000 t, 500 m), Durchschnittsgut, Topografie hügelig, Deutschland Großmotorschiff (Kapazität 2.300 t, 208 TEU), Rhein, Berg- und Talfahrt, Container-Durchschnittsgut Containerschiff, Asienroute, vier Prozent Geschwindigkeitsreduzierung, Frachtgewicht je TEU 10,5 t Frachtflugzeug, Langstrecke (8.000 km) tkm = Frachtgewicht in Tonnen (t) mal Transportentfernung in Kilometern (km)		

Tab. 4.1-1: WTW-Vergleich durchschnittlicher Energieverbräuche und THG-Emissionen je km

Die Werte aus Tabelle 4.1-1 geben einen Überblick über den durchschnittlichen Energieverbrauch beziehungsweise die THG-Emissionen je Tonnenkilometer unterschiedlicher Verkehrsträger. Diese Werte können als erste Anhaltspunkte zu den THG-Emissionen eines Logistikprozesses verwendet werden. Einen generellen Umweltvergleich zwischen Verkehrsträgern beziehungsweise Transportketten erlauben sie in der Regel aber nicht. Hier sollte unbedingt mit den konkreteren Werten und Berechnungswegen der Kapitel 4.2 bis 4.7 gearbeitet werden.

Eine Veränderung einzelner Einflussgrößen kann sich extrem auf die Höhe des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen auswirken. So können andere Aus-

lastungen als jene, die den Werten der Tabelle 4.1-1 zugrunde liegen, zu ganz anderen spezifischen Energieverbräuchen und Emissionen pro Tonnenkilometer führen.

4.1.2 Darstellung von THG-Emissionen und Energieverbräuchen

Der Energieverbrauch wird in der Praxis je nach eingesetzter Energieform in verschiedenen Größen angegeben – zum Beispiel in Liter Diesel oder Kilowattstunden (kWh). Um Logistikketten berechnen zu können, bei denen unterschiedliche Energieträger zum Einsatz kommen (Strom, Wärme, Kraftstoff), ist es ratsam, als gemeinsame Größe die physikalische Energieeinheit Joule (J) zu verwenden. Bei THG-Berechnungen in der Logistik wird in der Regel die Einheit Megajoule (1 MJ= 10⁶ Joule = eine Million Joule) verwendet. Dies wird auch vom CEN-Normentwurf vorgeschrieben.

Beim CO₂- und THG-Vergleich von Logistikketten ist zu beachten, dass bei diesen Gegenüberstellungen nicht die direkten (auch als Tank-to-Wheel, (TTW), bezeichneten) Emissionen zu verwenden sind, sondern immer die Gesamtemissionen (Well-to-Wheel, (WTW)) gegenübergestellt werden müssen – also auch jene Energieverbräuche und Emissionen, die bei der Bereitstellung des Kraftstoffes anfallen (siehe Kapitel 3). Ansonsten sind Vergleiche beispielsweise zwischen einem dieselbetriebenen Lkw und einer Elektrolokomotive nicht möglich, da die direkten Emissionen (TTW) beim Stromantrieb gleich null sind. Ebenso kommt es auch zu falschen Aussagen, wenn Kraftstoffe mit Bioanteil eingesetzt werden.

Des Weiteren sind bei Vergleichen von Transportketten alle Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) zu berücksichtigen. Die ausschließliche Verwendung von reinen CO₂-Werten kann zu falschen Aussagen führen, insbesondere wenn Kühlverkehre oder Biokraftstoffe betrachtet werden. Hier kommt es durch Kühlmittelverluste beziehungsweise Düngemiteleinsetz zu Effekten, die sich nur mit der Wiedergabe der THG-Werte darstellen lassen. Der CEN-Normentwurf prEN 16258:2011 schreibt daher vor, bei Transporten immer den TTW- und WTW-Energieverbrauch sowie die TTW- und WTW-THG-Emissionen anzugeben. Die THG-Emissionen müssen dabei als sogenannte CO₂-Äquivalente ausgewiesen werden – hierzu werden die jeweiligen Emissionsmengen mit der Klimawirksamkeit des Treibhausgases (z.B. bei Methan mit dem Faktor 25) multipliziert (siehe Kapitel 1.1).

Die Berücksichtigung aller Treibhausgasemissionen und die Berechnung der THG-Emissionen sind wie oben beschrieben sinnvoll und notwendig. Trotzdem weist dieses Buch zusätzlich auch die TTW- und WTW-CO₂-Emissionen aus, da in vielen staatlichen Vorschriften und politischen Diskussionen derzeit vor allem noch die reinen CO₂-Emissionen im Vordergrund stehen. Die Standarddarstellung von Energieverbrauch und Emissionen ist auch in Kapitel 2.1.5 beschrieben.

Bsp.

Allokation bei Sammel- und Verteilerverkehren

Ein 12-Tonner verbraucht bei einer Verteilertour von 95 Kilometern 25 Liter Diesel. Auf der Tour vom Zentrallager werden fünf Abladepunkte angefahren. Die Luftlinie vom Zentrallager zur Abladestelle sowie das jeweilige Sendungsgewicht betragen:

- Sendung 1: 1,5 t, 10 km;
- Sendung 2: 1,4 t, 15 km;
- Sendung 3: 2 t, 20 km;
- Sendung 4: 1,0 t, 18 km;
- Sendung 5: 0,6 t, 12 km.

Gesucht ist der Allokations-Anteil am Kraftstoffverbrauch für die Sendung 2 (1,4 t, 15 km).

Gemäß [Formel 4.2.-15] ergibt sich der Allokationsanteil Sendung 2:

$$A_2 = \frac{15 \text{ km} \times 1,4 \text{ t}}{10 \text{ km} \times 1,5 \text{ t} + 15 \text{ km} \times 1,4 \text{ t} + 20 \text{ km} \times 2 \text{ t} + 18 \text{ km} \times 1 \text{ t} + 12 \text{ km} \times 0,6 \text{ t}} = 20,8\%$$

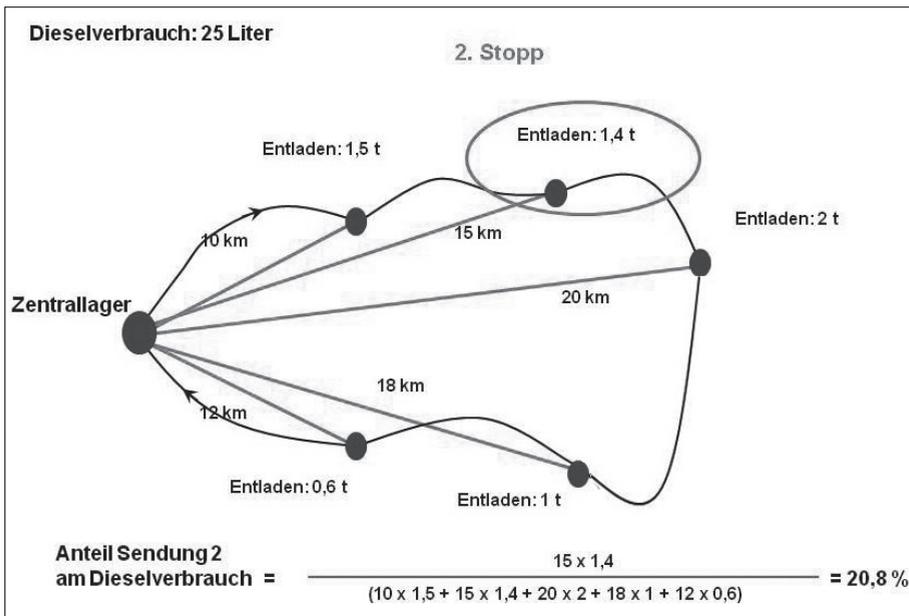


Abb. 4.2-1: Allokation bei Sammel- und Verteilerverkehren [eigene Darstellung]

4.2.4 Datenquellen für Kraftstoffverbräuche

Liegen keine eigenen Messergebnisse zum Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeugs vor (zum Beispiel beim Einsatz von Subunternehmen), dann sind möglichst anerkannte Datenquellen zum Kraftstoffverbrauch von Lastkraftwagen zu verwenden. Diese werden in der CEN-Norm auch als Default-Werte bezeichnet. Für den Bereich der Lkw-Verkehre existieren in Deutschland zwei verlässliche Datenquellen für solche Default-Werte: Die VerkehrsRundschau-Fahrzeugtest und das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA). Diese Werte beziehen sich auf in Europa typisch eingesetzte Lastkraftwagen und lassen sich deshalb auch für Lkw-Verkehre innerhalb Europas verwenden. Bei Lkw-Verkehren auf anderen Kontinenten kommen oftmals auch amerikanische oder asiatische Trucks zum Einsatz, die zum Teil andere, in der Regel etwas höhere Verbrauchswerte aufweisen.

VerkehrsRundschau-Fahrzeugtests

Reale Verbrauchsdaten vom Van/Transporter bis zum schweren Lastkraftwagen liefern die Fahrzeugtests der VerkehrsRundschau-Redaktion, die seit über zehn Jahren nach einem anerkannten, vergleichbaren Verfahren unter Realbedingungen stattfinden. Die VerkehrsRundschau-Redaktion praktiziert dabei das einzige unabhängige Lkw-Testverfahren in Deutschland, das mit einem Referenz-Lkw die Verbrauchsdaten kontrolliert. Das heißt, dass bei jedem Fahrtstest zusätzlich ein geeichter Lkw mitfährt, um vor allem Verbrauchsabweichungen durch Wind, Temperatur und Witterung berücksichtigen zu können.

In der Testdatenbank der VerkehrsRundschau (www.verkehrsrundschau.de) finden sich über 300 Fahrzeugtests mit Verbrauchsdaten zu den einzelnen Fahrzeugmodellen. Jedes Jahr werden aus diesen Tests Durchschnittswerte für einzelne Fahrzeugklassen gebildet und veröffentlicht (*siehe Tabelle 4.2-3*). Die VerkehrsRundschau-Verbrauchsdaten liegen derzeit für Euro 3 sowie Euro-4/-5-Fahrzeuge vor. Sie beziehen sich auf eine normierte Teststrecke im Großraum München, die typische, reale Fahrzeugeinsätze simuliert. Bei Tests von Fernverkehrsfahrzeugen besteht die Strecke hauptsächlich aus Autobahnanteilen mit einigen Steigungen in hügliger Topografie.

Bei Vans und Transportern verfügt die Teststrecke über einen hohen Anteil im innerstädtischen Bereich. Die Fahrgeschwindigkeiten betragen bei den Lkw 85 km/h auf der Autobahn und 65 km/h auf der Landstraße (+5 km/h Schwungspitzen bergab). Bei Vans und Transportern beträgt die Fahrgeschwindigkeit 130 km/h auf der Autobahn, 100 km/h auf Landstraßen und 50 km/h in der Stadt. Die Lkw-Aufbauten und -Aufleger bestehen aus Planen oder Koffern.

Die meisten getesteten Fahrzeuge werden von einem Dieselmotor angetrieben. Die Verbrauchsergebnisse beziehen sich auf herkömmliche Dieselmotorkraftstoffe an deutschen Tankstellen (derzeit mit Biodieselanteil 6,2 Prozent). Bei Euro-5-Fahrzeugen mit SCR-Abgastechnik kommt zum Diesel noch der Verbrauch von Harnstoff (AdBlue) hinzu. Diesen beziffert die VerkehrsRundschau derzeit je nach Fahrzeugtyp mit zwei bis sechs Prozent vom Dieserverbrauch. Da die THG-Wirksamkeit des Harnstoffverbrauchs aber recht gering ist (siehe Kapitel 3.2-2), spielt der Verbrauch dieses Betriebsstoffes nur eine untergeordnete Rolle.

In der VerkehrsRundschau-Tabelle finden sich auch Ergebnisse von Tests mit Erdgasfahrzeugen (CNG). Der Energieverbrauch dieser Fahrzeuge wird in Kilogramm je 100 km angegeben. Aufgrund der saubereren Verbrennung verursachen vergleichbare schwere Lkw knapp 30 Prozent weniger Treibhausgase (Well-to-Wheel), wenn sie mit Erdgas (CNG) statt Diesel (mit Biodieselanteil von 6,2 Prozent) fahren. Bei Transportern und Vans fällt der Vorteil von Erdgas hingegen nur gering aus.

In der Datentabelle finden sich außerdem erste Verbrauchswerte von vollelektrischen Transportern. Diese Daten basieren jedoch noch nicht auf einem umfangreichen VerkehrsRundschau-Fahrzeugtest, sondern auf Erfahrungswerten aus Pilotprojekten sowie Herstellerangaben. Der Verbrauch wird in Kilowattstunden Strom pro 100 km angegeben.

Hybrid-Lkw – also dieselmotriebene Fahrzeuge mit zusätzlichem Elektromotor – wurden von der VerkehrsRundschau-Redaktion bisher noch nicht getestet. Diese Fahrzeuge werden derzeit vor allem in Verteilerverkehren eingesetzt, da die häufigen Stopps zu einer günstigen Umwandlung von Bremsenergie in Batteriestrom führen. Die Hersteller sprechen von möglichen Kraftstoffersparnissen von bis zu 30 Prozent. Dem gegenüber stehen aber höhere Anschaffungskosten und eine geringere Nutzlast.

In der VerkehrsRundschau-Datentabelle enthalten sind Verbrauchswerte zu Lang-Lkw mit 25,25 Meter Länge und unterschiedlich zulässigen Gesamtgewichten. Die Kraftstoffbräuche basieren auf Testfahrten der VerkehrsRundschau in Schweden, sind aber nicht direkt vergleichbar mit den Daten, die auf Basis der Standard-Teststrecke in den anderen Fahrzeugklassen gewonnen wurden.

Verbrauchswerte von Euro-6-Fahrzeugen sind noch nicht vorhanden: Die ersten Fahrzeuge will Mercedes-Benz Ende 2011 auf den Markt bringen, andere Hersteller wie MAN wollen erst Ende 2012 Fahrzeuge anbieten. Nach einer ersten öffentlichen Testfahrt von Mercedes-Benz, die von der VerkehrsRundschau begleitet wurde, verbraucht eine moderne Euro-6-Zugmaschine vom Typ Actros 1845 4,5 Prozent weniger Diesel als eine ältere SCR-Euro-5-Maschine vom Typ Actros

5.5.3 Bedeutung für die Praxis

In den Regeln zum Emissionshandel finden sich erstmals eine Reihe von Vorschriften zur CO₂-Berechnung in Gesetzesform. Dies gilt zum einen für stationäre Anlagen, aber erstmals auch für ein Verkehrsmittel – das Flugzeug. Formeln, Basisdaten und sogar Angaben zur Nutzlastbestimmung von Luftfahrzeugen werden damit europaweit geregelt. Aus diesem Grund wurden in dem CEN-Normentwurf prEn 16258:2011 (siehe Kapitel 5.1) auch einige Festlegungen aus den Emissionshandelsregeln übernommen. Dazu zählt zum einen die Allokationsregel, die die Verteilung der Emissionen zwischen Passagieren und Fracht regelt, wenn diese gemeinsam in einem Flugzeug transportiert werden. Gemäß Emissionshandelsvorschriften sind hier 100 kg je Passagier und Gepäck angesetzt. Auch der EcoTransIT-Rechner folgt dieser Festlegung (siehe Kapitel 6.1). Im TREMOD-Modell (siehe Kapitel 5.2) hingegen wird pro Passagier mit einem Gewicht von 165,75 kg gerechnet. TREMOD berücksichtigt auch das Gewicht der Sitze, Toiletten und weitere personenbezogene Einrichtungsgegenstände. Das Vorgehen in TREMOD rechnet somit den Passagieren ein höheres „frachtpflichtiges“ Gewicht zu, da Passagiere mehr Volumen pro Gewicht verbrauchen als die Fracht. Die Allokation gemäß Emissionshandel führt gegenüber der TREMOD-Methode zu einer deutlichen Mehrbelastung der Fracht mit CO₂-Emissionen gegenüber den Passagieren, was aufgrund des größeren Raumbedarfes der Passagiere nicht ganz verursachergerecht ist. Da allerdings mit den EU-Monitoring-Leitlinien für den Luftverkehr gesetzliche Vorgaben geschaffen wurden, sollte – wenn auch nicht ganz verursachergerecht – die Verteilung der Emissionen zwischen Passagieren und Fracht danach erfolgen. Dem hat der CEN-Normentwurf bereits Rechnung getragen.

Ebenso vom CEN-Normentwurf übernommen wurde eine einfache Ermittlungsmethode zur Flugstrecke, die ebenfalls der Emissionshandel vorschreibt. Der EcoTransIT-Rechner verwendet an dieser Stelle noch eine komplexere, aber auch genauere Formel, die die Flugentfernung berücksichtigt. Die EcoTransIT-Formeln werden aber in Zukunft wohl ebenfalls den gesetzlichen Vorgaben des Emissionshandels und des CEN-Normentwurfs angepasst.

Nicht geregelt sind in den Emissionshandelsvorschriften hingegen Berechnungsmethoden für weitere Treibhausgase, denn der Emissionshandel konzentriert sich bisher ausschließlich auf das Klimagas CO₂.

Sollte eines Tages der Emissionshandel auf weitere Verkehrsträger wie das Seeschiff ausgeweitet werden, hätte dies sicherlich auch Einfluss auf die bestehenden Berechnungsmethoden. Die betroffenen Unternehmen würden sich dann für eine Berechnungsmethode entscheiden, die den Anforderungen des gesetzlich vorgeschriebenen Emissionshandels folgt. Somit sind die Emissionshandelsregeln für die Berechnungsmethoden in der Logistik von Bedeutung.

**Internet-Tipp**

Deutsche Emissionshandelsstelle
<http://www.dehst.de>

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

5.6 Energieausweis für Immobilien

5.6.1 Einsatzbereich

Wie der Energieverbrauch pro Quadratmeter eines Gebäudes zu berechnen ist, regelt in Deutschland die Energieeinsparverordnung (EnEV). Sie bildet die Grundlage für den seit Juli 2008 vorgeschriebenen Energieausweis, der bei Verkauf und Neuvermietung von Gebäuden oder Wohnungen vorzulegen ist. Die EnEV schreibt dabei vor, wie der Primärenergiebedarf eines Gebäudes bzw. eines Referenzgebäudes berechnet werden muss; beide Werte werden dann im Energieausweis ausgewiesen. Bei Neubauten muss der Energiebedarf unter dem des Referenzgebäudes liegen.

Für bestehende Gebäude können Energieausweise grundsätzlich entweder auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs oder des gemessenen Energieverbrauchs ausgestellt werden. Wie der Energieverbrauch ermittelt werden muss, regelt für gewerbliche Bauten die „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“, die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zuletzt am 30. Juli 2009 veröffentlicht wurde. Diese Bekanntmachung enthält auch Energieverbrauchs-Vergleichswerte für verschiedene Gebäudearten wie Bürogebäude, Speditionslager oder Produktionshallen. Diese Vergleichswerte und auch die gemessenen Energieverbrauchswerte des jeweiligen Gebäudes finden sich im Energieausweis des Gebäudes. Der gemessene Verbrauchswert ist dabei nicht zu verwechseln mit dem berechneten Energiebedarf des Gebäudes, der ebenfalls im Ausweis angegeben werden kann.

Im Energieausweis können freiwillig auch die CO₂-Emissionen des Gebäudes notiert werden. Leider benennt die EnEV hierfür aber keine einheitlichen Umrechnungsfaktoren. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena) empfiehlt, die CO₂-Ermittlung anhand des Endenergieverbrauchs für Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Lüftung und Kühlung durchzuführen. Für die Umrechnung des Energieverbrauchs in CO₂-Emissionen rät die Dena, Energieträgerdaten des Umweltbundesamtes oder der Datenbank Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS; kostenlos verfügbar) des Öko-Instituts zu nutzen.

Die gemessenen Energieverbrauchswerte für Bestandsgebäude, die auf Basis der