



Netzwerk Lebenszyklusdaten

Arbeitskreis TRANSPORT

GreenDelta^{TC}
SOUND LIFE CYCLE ANALYSES

Datenprojekt Transport

Projektbericht

im Rahmen des Forschungsvorhabens FKZ 01 RN 0401 im Auftrag
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

GreenDeltaTC

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg



Berlin Heidelberg Karlsruhe – September 2007

Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse –
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Vorwort

Der vorliegende Projektbericht wird herausgegeben vom Netzwerk Lebenszyklusdaten (www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de).

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten ist die gemeinsame Informations- und Koordinationsplattform aller in die Bereitstellung und Nutzung von Lebenszyklusdaten in Deutschland involvierten Gruppen – von Wissenschaft und Wirtschaft über Politik und Behörden hin zu Verbraucherberatung und allgemeiner interessierter Öffentlichkeit. Ziel des Netzwerks Lebenszyklusdaten ist es, das umfangreiche Knowhow auf dem Gebiet der Lebenszyklusdaten innerhalb Deutschlands zusammenzuführen und als Basis zukünftiger wissenschaftlicher Weiterentwicklung und praktischer Arbeiten für Nutzer in allen Anwendungsgebieten von Lebenszyklusanalysen bereitzustellen.

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird getragen vom Forschungszentrum Karlsruhe. Die vorliegende Studie wurde im Rahmen der Projektförderung (2004 – 2008) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Förderung der Wissenskooperation zum Aufbau und Umsetzung des deutschen Netzwerks Lebenszyklusdaten“ erstellt. Weitere im Rahmen dieser Projektförderung erstellte Studien sind erhältlich unter <http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de/cms/content/Projektberichte>.

Kontakt Netzwerk Lebenszyklusdaten:

E-Mail: info@netzwerk-lebenszyklusdaten.de

Anschrift: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse,
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ITAS-ZTS)
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de



Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird gefördert durch das
Bundesministerium für Bildung und Forschung



Datenprojekt Transport

Autoren:

Dr. Ulrich Höpfner
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Wolfram Knörr
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Dr. Andreas Ciroth
GreenDeltaTC (GD)

Kontakt:

Dr. Ulrich Höpfner
IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg .GmbH
D-69120 Heidelberg
Tel. 06221 / 47670, Fax -19
E-Mail: Ulrich.Hoepfner@ifeu.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen	7
Produktdefinition und Funktionelle Einheit	7
Systemgrenzen	7
Datenqualität	8
Übersicht	8
Datenherkunft und Qualität	9
Energiebereitstellung	9
Straßentransport	9
Schienentransport	11
Wassertransport mit Binnenschiffen	12
Luftverkehr	13
Struktur der Datensätze:	13
Mittelwerte	13
Differenzierte Werte für den Straßenverkehr	14
Typische Werte für den Güterverkehr	15
Ergebnisse der Sachbilanz	17
Aufbereitung der Daten im ELCD-Format	18
Literatur	22
Anhang	24

Zusammenfassung

Für LCA werden verlässliche und nachvollziehbare Umweltkennzahlen für Transportvorgänge benötigt. Mit dem Verkehrsemissionsmodell TREMOD liegt seit vielen Jahren ein in Deutschland allgemein akzeptiertes Instrumentarium vor, das Energie und Emissionen der Verkehr in Deutschland in einer Zeitreihe von 1960 bis 2030 bilanziert. Allerdings lagen die TREMOD-Ergebnisse bisher nicht so vor, dass sie in LCAs unmittelbar verwendet werden können.

In diesem Vorhaben wurden daher eine Schnittstelle entwickelt, mit der geeignete LCA-Kennzahlen für den Transport mit dem TREMOD-Modell aufbereitet und in das ELCD-Format umgewandelt werden können. Außerdem wurden insgesamt etwa 900 Transportprozesse für verschiedene Verkehrsträger, Fahrzeugkategorien und Einsatzzwecke im ELCD-Format erstellt. Die Schnittstellen sind so angelegt, dass bei Bedarf neue Prozesse oder aktualisierte Prozessdaten erstellt werden können.

Einleitung

Daten zum Transport haben in LCAs eine vielfältige Bedeutung. Zum einen kommen in den Lebensweganalysen fast aller Produkte Transportvorgänge vor, deren Umweltauswirkungen teilweise einen für die Gesamtbilanz entscheidenden Beitrag liefern. Zum anderen sind Transportvorgänge selbst Inhalt von Lebensweganalysen – bedeutsam, da sie in ihrer Summe einen großen Anteil der Umwelt- und Ressourcenbelastung ausmachen.

Beide Male gilt, dass die Analysen und Vergleiche nur dann Bestand haben, wenn die Basisdaten nach einem einheitlichen Verfahren mit einheitlichen Abgrenzungen sowie aktuellen und fachlich akzeptierten Bezügen in gegebenenfalls hoher Differenzierung ermittelt wurden.

Um dieses zu erreichen, ist nicht nur die wissenschaftlich möglichst exakte und transparente Vorgehensweise vonnöten, sondern auch die Begleitung dieser Vorgehensweise in einem gesellschaftlichen Prozess. Er muss die Exaktheit und Transparenz des Verfahrens sicherstellen und damit die Akzeptanz der Ergebnisse vergrößern bzw. erst ermöglichen.

Der Transport hat in einem wichtigen Teil der Datenerhebung und Umsetzung diesen Prozess bereits erfolgreich absolviert: Seit 1993 entwickelt das IFEU-Institut Heidelberg für das Umweltbundesamt das Modell TREMOD. Es deckt die Analyse und Berechnung von Verkehrsleistung, Energieverbrauch und Emissionen aller motorisierten Verkehrsträger in Deutschland über den Zeitraum 1960 bis 2030 ab. Vorausgegangen war der Unmut der politischen Entscheidungsträger über die Vielfalt an teils widersprüchlichen Emissionsberechnungen.

Noch in der ersten Phase des TREMOD-Vorhabens konnten der VDA (Verband der Automobilindustrie) und der MWV (Mineralölwirtschaftsverband) zu einer fachlichen und finanziellen Unterstützung der Arbeiten gewonnen werden, später die Deutsche Bahn, die Deutsche Lufthansa und TUI. Die Einbeziehung des VDV ist beschlossen. Ministerielle Träger sind heute BMU/UBA und BMVBS/BASt. Inzwischen stellt TREMOD den Standard für die Berechnung verkehrsbedingter Emissionen dar und wird von allen relevanten Organisationen genutzt. TREMOD-Daten sind die Grundlage der nationalen und internationalen Berichterstattung zu den Emissionen des Verkehrs in Deutschland. Es wird weiterhin von IFEU wissenschaftlich betreut, permanent aktualisiert und auf neue Fragestellungen hin erweitert.

Da der Transport mit den TREMOD-Daten im Grundsatz sehr gut abgebildet ist, stellt TREMOD eine sehr gute und dem Standard entsprechende Datengrundlage für LCA dar. Allerdings sind für eine LCA-Verwendung viele Modifikationen vorzunehmen und zumindest mittelfristig viele Ergänzungen im Erfassungsspektrum dieses Instrumentes:

- TREMOD bilanziert Energieverbrauch und Emissionen des Verkehrs in Deutschland. Daten für bestimmte Straßenkategorien oder Fahrzeugtypen oder Verkehrsarten können zwar entnommen werden, sie sind aber nicht direkt Verkehrszwecken zugeordnet. Somit fehlen die spezifischen Daten, die auf die Verkehrszwecke bezogen sind und in der Regel für LCAs benötigt werden. Hinzu kommt, dass TREMOD auf den Durchschnitt der Fahr- und Transportsituationen in Deutschland ausgerichtet ist, LCA-Daten aber oft auf präzisere Informationen zurückgreifen müssen.

- TREMOD bilanziert bisher nur den Energieverbrauch, Benzol und die für Verkehrsträger limitierten Luftschadstoffe. Substanzen wie PAH, Dioxine oder Distickstoffoxid werden vernachlässigt. Das Gleiche gilt auch für die Emissionen, die während der Traktion anfallen, aber nicht aus der Verbrennung im Motor des Fahrzeugs bzw. der vorliegenden Kette resultieren. Als Beispiele seien Abrieb der Bremsen oder des Fahrweges genannt. Flächenverbrauch (direkt durch den Verkehrsträger oder indirekt), Emissionen in Gewässer, Strahlung und Lärm werden ebenfalls vernachlässigt.
- TREMOD betrachtet nur die Traktion. Dabei werden der Energieverbrauch und die zugehörigen Emissionen in der gesamten, vor der Nutzung der Endenergie liegenden Kette erfasst. Hingegen werden die Bereiche der Produktion, Wartung und Entsorgung der Fahrzeuge nicht bilanziert. Des Weiteren wird auch die verkehrliche Infrastruktur nicht berücksichtigt.

Aufgrund der vorhandenen umfangreichen fundierten Datenbasis und deren Akzeptanz ist TREMOD also eine sehr gute erste Grundlage für die Ableitung von LCA-Kennzahlen für den Transportsektor, die grundsätzlich einer Erweiterung im Spektrum der bilanzierten Emissionen wie auch einer umfangreichen Erweiterung des Bilanzrahmens bedarf.

Ziel der Aktivitäten

Ziel der Aktivitäten des Bereiches Transport ist es, die Daten für die Transportprozesse so zu gestalten, dass sie

- den inhaltlichen Anforderungen an die Tiefe und Differenziertheit von Lebenszyklusanalysen genügen,
- mit dem vorhandenen TREMOD-Instrumentarium kompatibel sind und kompatibel gehalten werden,
- in Zeitreihen sowohl retrospektiv wie in Szenarien zukunftsgerichtet ausgewiesen werden können
- wissenschaftlich anerkannt und gesellschaftlich akzeptiert sind.

Die vorliegende Arbeit soll hierzu einen ersten Schritt leisten. Sie umfasste folgende Arbeitsschritte:

- Abstimmung und Festlegung der Struktur für die benötigten Kennzahlen,
- Definition von typischen Transportprozessen im Personen- und Güterverkehr in Deutschland
- Erweiterung der Güterverkehrsberechnungen für alle Verkehrsträger um die Funktionalität der Berechnung der Einflüsse von verschiedenen Auslastungsgraden
- Erstellung einer Datenabfrage und Schnittschnelle in TREMOD
- Umwandlung der TREMOD-Tabellen ins ELCD-Format (bearbeitet von GreenDeltaTC).

Mit dieser Datenschnittstelle ist es zukünftig möglich, die im Rahmen dieser Untersuchung abgeleiteten Prozesse mit Hilfe des TREMOD-Modells bei Bedarf zu aktualisieren oder die Datenbasis zu erweitern.

Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen

Produktdefinition und Funktionelle Einheit

Bei Transportprozessen handelt es sich nicht um ein Produkt im eigentlichen Sinn, sondern um Dienstleistungen, die keiner bestimmten Branche zugeordnet sind. Hierbei werden Personen oder Massen über eine bestimmte Distanz bewegt. Als **funktionelle Einheiten** werden gewählt:

"Person und Kilometer" oder „Masse Transportgut und Kilometer“

Im Einzelnen werden in der Datenbank die folgenden Einheiten verwendet:

Primärenergie	MJ
Strom	MJ
Kraftstoff	MJ
Emissionen	kg
Transportierte Masse	kg

Kraftstoff und Strom werden in TREMOD auch für die Vorketten (WTW Prozesse) nur in MJ angegeben. Diese Energieangabe bezieht sich nicht auf den Kraftstoff / Strom allein, sondern enthält den gesamten Energieeinsatz in der Vorkette (auch bei Strom!). Die *Emissionen* der Vorkette an einzelnen Elementarflüssen sind daher aus den Datensätzen nicht mehr nachvollziehbar.

Wenn aus dem Netzwerk Vorketten für die Energieträger verfügbar sind, sollten diese an die Transportprozesse angekoppelt werden um die Elementarflüsse zu bestimmen.

Systemgrenzen

Die Datensätze enthalten die transportbedingten Wirkungen in zwei Abgrenzungen:

- Direkt durch die Fahrzeugnutzung bedingt („Tank-To-Wheels“ TTW)
- Fahrzeugnutzung inklusive der Energiebereitstellungskette („Well-To-Wheels“ WTW).

Die Wirkungen werden jeweils summarisch bezogen auf die im Fahrzeug genutzte Energie ausgewiesen. Es erfolgt also keine Aufteilung in einzelne Energiearten, die für die Herstellung der Kraftstoffe und die Stromerzeugung verwendet werden. Damit erfolgt auch keine Differenzierung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger. Da diese Differenzierung jedoch zukünftig zunehmend von Interesse sein wird, sollte dies zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen werden.

Nicht eingeschlossen sind derzeit auch die Aufwendungen für die Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge sowie der Infrastruktur.

Von Fahrzeugen genutzte sonstige Betriebsstoffe (z.B. Schmiermittel) wurden ebenfalls nicht betrachtet.

Die Unterscheidung in die Prozessschritte TTW und WTW wurde aus mehreren Gründen gewählt:

- Derzeit sind die Kennzahlen, die für die Energiebereitstellung in TREMOD verwendet werden, nicht abgestimmt mit den entsprechenden Arbeiten des Netzwerkes Lebenszyklusdaten. Damit ist es möglich, die Transportdaten in der Abgrenzung TTW zu wählen und mit den Werten der Energiebereitstellung aus den entsprechenden Arbeitspaketen zu verknüpfen.
- Transportmittel können auch Kraftstoffe und Strom anderer Herkunft nutzen. Dies ist insbesondere beim Strom relevant, bei dessen Verwendung die meisten umweltrelevanten Wirkungen nicht beim Fahrzeugbetrieb, sondern bei der Energiebereitstellung auftreten. Die separat ausgewiesenen Kennzahlen des Fahrzeugbetriebs lassen sich somit auch mit Kennzahlen der Energiebereitstellung anderer Länder und anderer Bezugsjahre verwenden. Darüber hinaus können Sensitivitätsbetrachtungen oder Szenarien mit geänderten Werten der Energiebereitstellung durchgeführt werden.

Die folgende Abbildung zeigt die gewählten Systemgrenzen.

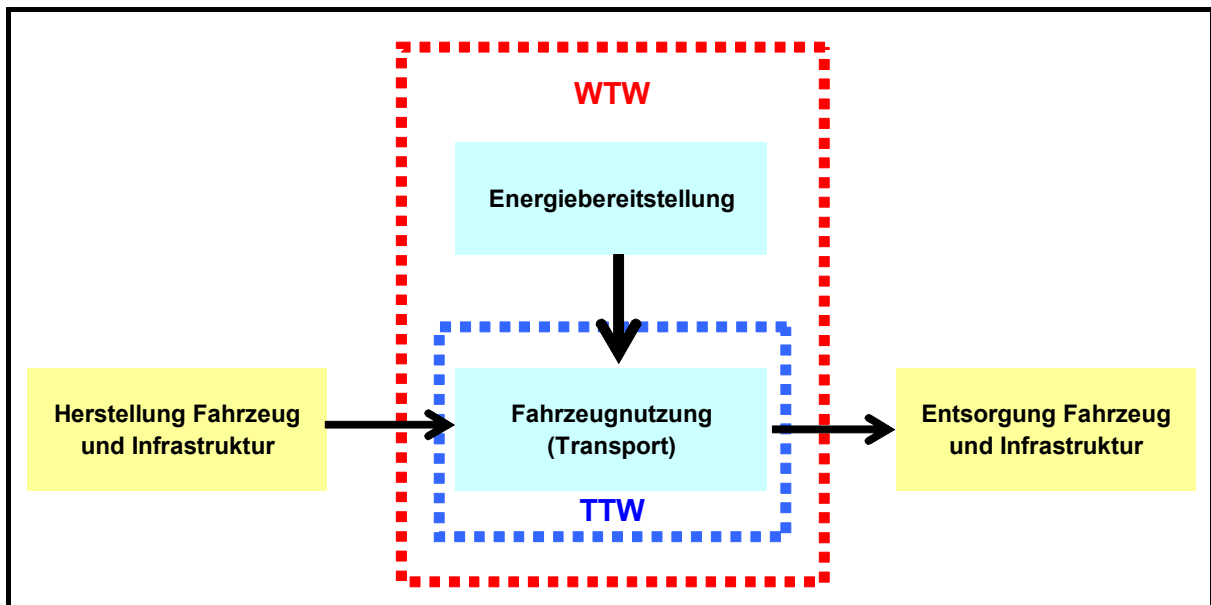


Abb. 1 Systemgrenzen der Transportkennzahlen

Datenqualität

Übersicht

Ausgangspunkt der Datenaufbereitung ist der Bezugsrahmen, der durch das das TREMOD-Modell vorgegeben ist. Die einzelnen Elemente sind:

Region: Deutschland

Zeitraum: bisher wurden alle Werte für das Bezugsjahr 2005 abgeleitet, Eine Erweiterung ist möglich, da TREMOD den Zeitraum 1960 bis 2030 abdeckt.

Verkehrsträger: Straße, Schiene, Wasser, Luft

Verkehrsarten: Personenverkehr, Güterverkehr

Fahrzeugkategorien:

- Straße: Personenverkehr mit Pkw, Linienbussen, Reisebussen, Güterverkehr mit Solo Lkw >3,5t und Lastzügen
- Schiene: Personennahverkehrs zug, Personenfernverkehrs zug, Güterzug
- Wasser: Binnenschiff
- Luft: Verkehrsflugzeug

Die Beschränkung auf Deutschland und bestimmte Bezugsjahre bei der Datenermittlung bedeutet nicht, dass die Werte nur in diesem regionalen und zeitlichen Bezug angewandt werden können. So stammen einige fahrzeugbezogene Kennzahlen aus europäischen Untersuchungen und können daher unter bestimmten Randbedingungen sowohl für andere Länder als auch – sofern es sich nicht um mit länderspezifischen Kennzahlen, z.B. bestandesgewichtete Durchschnittswerte handelt – für andere Bezugsjahre verwendet werden. Dies wird im Einzelfall in den folgenden Ausführungen beschrieben.

Datenherkunft und Qualität

Energiebereitstellung

Die Kennzahlen für die Energiebereitstellung von Kraftstoffen und Strom stammen aus IFEU-eigenen Untersuchungen. Eine Aktualisierung dieser Kennzahlen ist geplant. Hierbei sollen möglichst allgemein in Deutschland akzeptierte und abgestimmte Kennzahlen verwendet werden. Aus diesem Grund wird hier auf eine tiefer gehende Dokumentation der Werte verzichtet und auf die TREMOD-Dokumentation [TREMOD 2006] verwiesen.

Straßentransport

Die Kennzahlen für den Energieverbrauch und die Emissionen der Straßenfahrzeuge stammen aus zahlreichen europäischen Messprogrammen. Für TREMOD wurden diese Programme im Rahmen einer Kooperation zwischen Deutschland, Schweiz, Österreich, Niederlande und Schweden (D-A-CH-NL-S) zusammengeführt und als Basis für die Ableitung repräsentativer Emissionskennzahlen für Straßenfahrzeuge verwendet. Seit 2004 sind auch Ergebnisse der europäischen Kooperation im Rahmen des ARTEMIS-Projekts Bestandteil der Datenbasis [ARTEMIS].

Um die Daten für Inventarmodelle wie TREMOD oder LCA-Analysen verwenden zu können, müssen die Messergebnisse in geeigneter Form nach einer einheitlichen und nachvollziehbaren Methodik aufbereitet werden. Die aufbereiteten Kennzahlen werden im Rahmen des „Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr“ veröffentlicht und sind Basis des TREMOD-Modells. Damit liegen Emissionskennzahlen für verschiedene Fahrzeugkategorien in der Differenzierung nach Antriebsart, Größenklasse und Emissionsstandard für verschie-

dene Verkehrssituationen auf den Straßenkategorien Autobahnen, Außerorts und Innerorts vor (nähere Details hierzu in den Berichten [TREMODO 2006], [INFRAS 2004]).

In TREMOD werden die Emissionskennzahlen mit den differenzierten Daten zu Fahrzeugbestand und dessen spezifischen Fahrleistungen sowie den Fahrleistungen, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Straßentypen und Verkehrssituationen verknüpft. Daraus erhält man als Ergebnis sowohl die gesamten Emissionen des Straßenverkehrs in Deutschland in einem bestimmten Bezugsjahr, aber auch Teilergebnisse in hoher Auflösung. Damit lassen sich auch Detaillerggebnisse wieder je nach Fragestellung zusammenfassen oder einander gegenüberstellen.

Überprüfung der Datenkonsistenz

Für den Verkehrsbereich ist ein Abgleich der Berechnungsmodelle und damit die Überprüfung der zugrunde liegenden Kennzahlen auf zwei Arten möglich:

- Der berechnete Energieverbrauch kann mit den verbrauchten bzw. abgesetzten Strom- und Kraftstoffmengen verglichen werden. Am besten ist dies im Straßenverkehr beim Otto-Kraftstoff möglich, da dieser fast ausschließlich von Otto-Pkw verbraucht wird. Der Vergleich ergibt eine gute Übereinstimmung (Details in [TREMODO 2006]). Schwieriger ist der Vergleich bei Dieselmotoren, da hier verschiedene Fahrzeugsegmente (Pkw, Busse, schwere Nutzfahrzeuge) wesentliche Nutzer sind und der Verkehr der ausländischen Fahrzeuge und die Betankungsdifferenzen zwischen Inland und Ausland eine größere Rolle spielen.
- Die Emissionsergebnisse können zwar nicht in Ihrer absoluten Höhe, aber im zeitlichen Verlauf Immissionsmessungen an Messstationen mit nachgewiesener Dominanz des Straßenverkehrs gegenübergestellt werden. Auch diese Gegenüberstellung ergab für wichtige Leitkomponenten eine gute Übereinstimmung der zeitlichen Entwicklungen (z.B. [IFEU 2005]). Umgekehrt gaben in jüngster Zeit Abweichungen der Messergebnisse im zeitlichen Verlauf von den berechneten Emissionen Hinweise darauf, dass die zugrunde liegenden Emissionsfaktoren nicht der Realität entsprechen (z.B. [IFEU 2007]) und somit verbessert werden müssen (siehe auch den folgenden Absatz zur Datenqualität).

Qualität der einzelnen Kategorien

Die Kennzahlen für den Straßenverkehr haben trotz der langen Tradition der Emissionsmessung an Straßenfahrzeugen sehr unterschiedliche Qualitäten. Dies hat verschiedene Gründe:

- In der Vergangenheit wurde immer nur ein Teil der Komponenten systematisch und für eine statistisch zuverlässige Anzahl repräsentativer Fahrzeuge gemessen, das sind vor allem der Kraftstoffverbrauch und die gesetzlich limitierten Stoffe (CO, NO_x, HC, später auch Partikel).
- Da für die Messungen repräsentative Fahrzeuge aus der laufenden Fahrzeugflotte benötigt werden, liegen zuverlässige Messergebnisse für neue Fahrzeugschichten (Fahrzeu-

ge, die nach neu in Kraft tretenden Euronormen zugelassen werden) erst einige Jahre nach Inkrafttreten der Norm vor. Bis dahin müssen Emissionsfaktoren für diese Fahrzeugschichten aufgrund der Entwicklung der Grenzwerte abgeschätzt werden. Dabei ergaben die gemessenen Werte häufig spürbare Abweichungen zu den geschätzten Werten.

- Die Qualität der Messverfahren ist für einzelne Komponenten unterschiedlich. Gute Ergebnisse liefern z.B. die Messungen bei Kraftstoff und Kohlenmonoxid, problematisch ist dagegen die Messung von Dieselpartikeln.
- Alle nicht in den Messprogrammen regelmäßig erfassten Komponenten (i.d.R. alle bis zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht gesetzlich limitierten Stoffe) müssen aufgrund von Einzelmessungen abgeschätzt werden. Auswertungen dieser Art geschehen zusätzlich in unterschiedlicher Intensität und Qualität.

Als Tendenz können wir feststellen, dass in der aktuellen Version von TREMOD die Kennzahlen für Kraftstoffverbrauch und damit CO₂ und SO₂, gefolgt von den Werten für CO, NO_x und HC für alle in den Messprogrammen erfassten Fahrzeugschichten (v.a. Otto-Pkw bis einschließlich Euro-3, Diesel-Pkw und Nutzfahrzeuge bis Euro-2) als relativ zuverlässig angesehen werden können. Als noch nicht zuverlässig sind die entsprechenden Emissionswerte für neuere Fahrzeugschichten anzusehen. Die nicht limitierten Komponenten (Benzol, Methan, N₂O etc.) sind generell weniger zuverlässig als die gemessenen limitierten Stoffe.

Schienentransport

Die fahrbetriebsbezogenen Werte des Schienenverkehrs beruhen auf folgenden Grundlagen

- Rückrechnung des Gesamtenergieverbrauchs für Strom und Diesel auf die Bereiche Personennahverkehr, Personenfernverkehr und Güterverkehr aus dem statistisch erfassten jährlichen Gesamtverbrauch und den Verkehrsleistungen.
- Simulation von konkreten Zugfahrten im Güterverkehr, die im Rahmen der Mobilitätsbilanz [DB AG 1999] und [EcoTransIT 2005] ausgewertet wurden. Aufgrund dieser Werte wurden funktionelle Zusammenhänge zwischen Zuggewicht und spezifischen Verbräuchen abgeleitet.
- Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes zur Ermittlung von Emissionsfaktoren für Diesellokomotiven [IFEU 2003].

Die abgeleiteten Werte enthalten bisher nicht die Aufwendungen für Rangiervorgänge, da eine anteilige Zuordnung methodisch schwierig ist. Rangiervorgänge sind im Personenverkehr zu vernachlässigen, haben aber beim Güterverkehr bei einigen Kennzahlen einen nicht zu vernachlässigenden Anteil, da i.d.R. mit Diesellokomotiven rangiert wird. Die Relevanz ist jedoch sehr stark abhängig von den konkreten logistischen Abläufen. Als Orientierungswerte sind in der folgenden Tabelle Zuschlagswerte für Rangieren dargestellt. Dies entsprechen dem durchschnittlichen Rangieraufwand, der je transportierter Tonne und Kilometer in Deutschland im Jahr 2005 zusätzlich für Rangieren im Durchschnitt angefallen sind. Bei den CO₂-Emissionen erhöhen sich durch die Berücksichtigung der Rangiervorgänge der Wert für den reinen Zugbetrieb um 8%, bei NO_x um 45% und bei PM_{2.5} um 95%, bezogen auf den mittleren Güterzug, Mix Diesel- /Elektrotraktion.

Der Zuschlag berechnet sich also wie folgt:

$$EFA_{\text{gesamt}} = EFA_{\text{Zug}} + EFA_{\text{Rangieren}}$$

Tab. 1 Zuschlagsfaktoren ($EFA_{\text{Rangieren}}$) für Rangiervorgänge im Schienengüterverkehr, Deutschland 2005

Komponente	Werte	Einheit
Benzol	0,028	mg/tkm
CH4	0,40	mg/tkm
CO	6,0	mg/tkm
CO2	2,2	g/tkm
HC	2,2	mg/tkm
mKr	0,31	MJ/tkm
N2O	0,038	mg/tkm
NH3	0,015	mg/tkm
NMHC	1,7	mg/tkm
NOx	25	mg/tkm
PM2.5 (Fahrzeug)	0,93	mg/tkm
SO2	1,3	mg/tkm
PM10 (Vorkette)	0,036	mg/tkm
Quelle: TREMOD 2005		

Neben Rangierfahrten sind bisher keine Aufwendungen für Umlade und Umschlagvorgänge enthalten

Datenqualität

Die Datenqualität ist für die spezifischen Energieverbräuche als gut zu bezeichnen, da sie über viele Jahre erhoben wurden und mit Einzelmessungen und Simulationsmodellen abgeglichen wurden, Dennoch kann es im konkreten Fall deutliche Abweichungen von den hier abgeleiteten Mittelwerten geben.

Die Datenqualität für die Emissionsfaktoren (CO, HC, NOx, Partikel) wurden durch das UBA-Vorhaben deutlich verbessert. Da aufwandsbedingt in diesem Bereich nur Messungen an wenigen Motoren vorliegen, ist die Datenqualität schlechter als beim Straßenverkehr. Bei den unlimitierten Komponenten handelt es sich überwiegend um Schätzungen aus der Literatur oder Analogwerte zum Straßenverkehr, dementsprechend unsicher ist die Qualität.

Wassertransport mit Binnenschiffen

Für die Binnenschifffahrt liegen nur wenige Energie- und Emissionskennzahlen vor. In [I-FEU 1999] wurden Energiewerte für verschiedene Schiffstypen und Verkehrsrelationen (Stromaufwärts/-abwärts, Kanal) abgeleitet, die im Wesentlichen immer noch gültig sind. Sie bilden die Basis für TREMOD und EcoTRANSIT. Die differenzierten aus Einzelmessungen abgeleiteten Werte wurden mit dem aus dem Gesamtenergieverbrauch ermittelten Top-Down Werten abgestimmt.

Die Datenqualität ist dementsprechend tendenziell schlechter als bei der Bahn, wobei die Rangfolge für die einzelnen Komponenten (Energie/CO₂ – limitierte Schadstoffe – unlimitierte Schadstoffe) ähnlich ist.

Luftverkehr

Für den Verkehrsflug liegt eine relativ gute Datenbasis sowohl für die spezifischen Energieverbräuche, die Emissionsfaktoren und die Verkehrsleistungen vor. Die aus spezifischen Werten hochgerechneten Gesamtmengen (Bottom-up) lassen sich relativ gut in Einklang bringen mit dem Gesamtenergieverbrauch und damit mit der Top-Down-Berechnung. Dabei wird davon ausgegangen, dass der auf den deutschen Flughäfen getankte Kraftstoff von den abgehenden Maschinen verbraucht wird und der Menge entspricht, die die Flugzeuge bis zur nächsten Landung verbrauchen [TREMODO 2006].

Struktur der Datensätze:

Es wurden drei Arten von Datensätzen abgeleitet:

- Mittelwerte je Fahrzeugkategorie, gültig für Deutschland (bisher 2005)
- Differenzierte Werte für den Straßenverkehr in Abhängigkeit der Fahrzeugauslastung.
- Spezielle Kategorien im Güterverkehr Schiene und Wasser

Die Beschreibung folgt in den folgenden Kapiteln.

Mittelwerte

Die Mittelwerte je Fahrzeugkategorie wurden für alle Verkehrsträger aus TREMOD abgeleitet. Dabei werden die Detailwerte für einzelne Fahrzeugschichten, gewichtet mit der jeweiligen Verkehrsleistung der Schichten zu einem Mittelwert aggregiert.

Eigenschaften und Anwendbarkeit:

- Die Werte sind in der Regel nur gültig für das definierte Bezugsjahr.
- Es wurde die mittlere Auslastung des Jahres zugrunde gelegt.
- Die Kennzahlen eignen sich damit für einfache Verkehrsmittelvergleiche, in LCA-Analysen für die Verwendung in Prozessen, in denen der relevante Transport nur einen geringen Anteil am gesamten Output hat. In der Zeitreihendarstellung geben die Werte einen guten Überblick über die Veränderungen eines Systems über die Jahre.

Erweiterungsmöglichkeiten:

Die abgeleiteten Werte sind abhängig vom zugrunde liegenden mittleren Auslastungsgrad. Aus diesem Grund wurden für den Straßenverkehr und den Güterverkehr mit Bahn und Schiff weitere Kennzahlen in Abhängigkeit der Fahrzeugauslastung abgeleitet (siehe die folgenden Kapitel). Da der Auslastungsgrad einen großen Einfluss auf die Effizienz der Fahrzeugnutzung hat, wäre eine sinnvolle Erweiterung der Datenbasis die Angabe von solchen Kennzahlen auch für den Personenverkehr mit der Bahn. Dies könnte in einer der nächsten Aktualisierungen realisiert werden.

Differenzierte Werte für den Straßenverkehr

Aufgrund seiner Relevanz wurden die Kennwerte für den Straßenverkehr in einer hohen Differenzierung abgeleitet:

- Verschiedene **Größenklassen** und **Emissionsstufen** (Pkw, Linienbusse, Reisebusse, Lkw und Lastzüge)
- Funktionelle Beschreibung der Werte in Abhängigkeit des **Auslastungsgrads** (Pkw, Linienbusse, Reisebusse, Lkw und Lastzüge).

Die folgende Abbildung zeigt die funktionellen Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch und Auslastungsgrad am Beispiel eines 40-Tonnen Lastzugs.

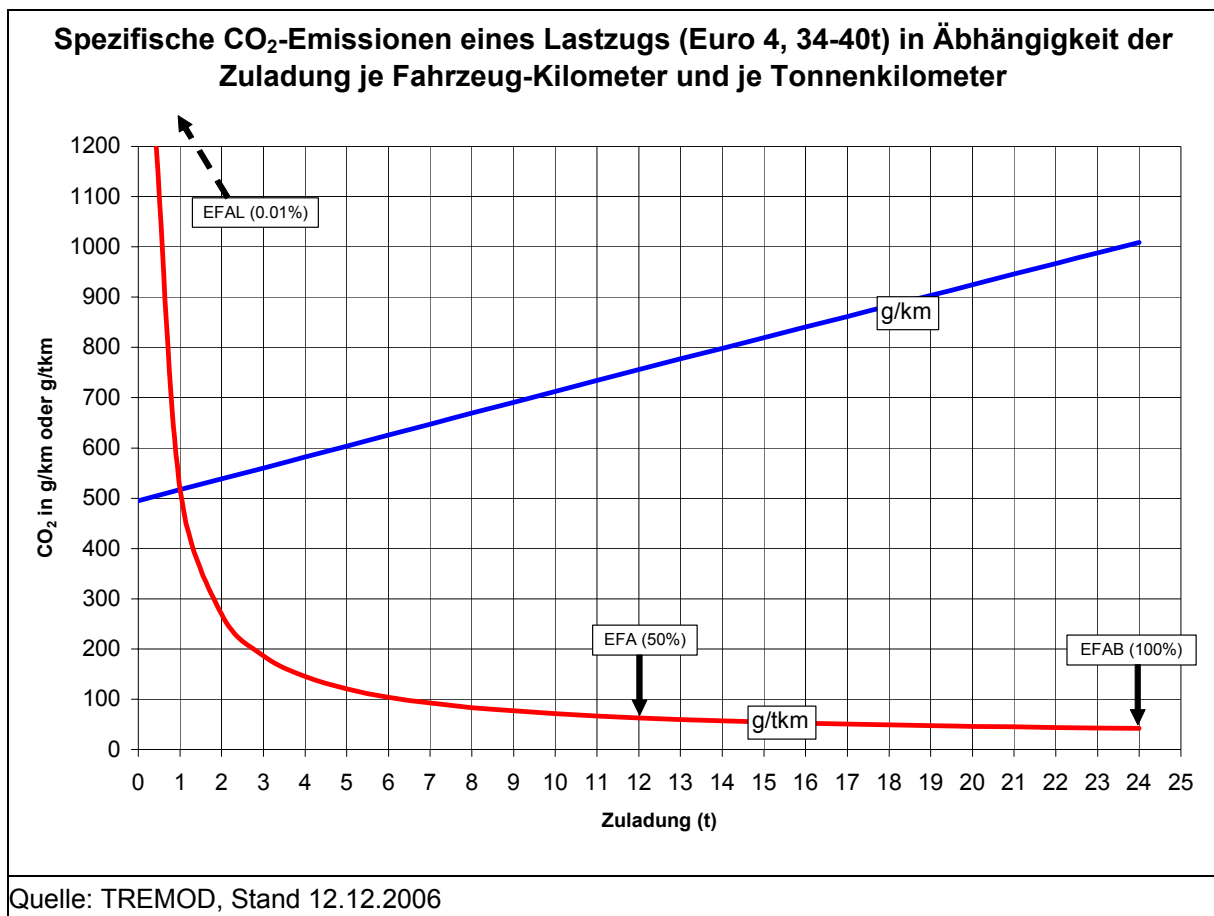


Abb. 2 Spezifische CO₂-Emissionen eines Lastzugs (Euro 4, 34-40t) in Abhängigkeit der Zuladung je Fahrzeug-Kilometer und je Tonnenkilometer

Für die Berechnung der spezifischen Werte je Tonnenkilometer (bzw. im ELCD-Format: je kg und km) gilt die folgende Formel:

Spezifischer Emissionsfaktor (EFAS in [kg/(kg*km)])

bei aktueller Auslastung = Auslastungsgrad:

If Auslastungsgrad ≤ 0,5 then EFAS =

$$(0,5 \cdot EFA - 0,0001 \cdot EFAL) / (0,5 - 0,0001) + (EFA - (0,5 \cdot EFA - 0,0001 \cdot EFAL) / (0,5 - 0,0001)) \cdot (0,0001) / \text{Auslastungsgrad}$$

else EFAS =

$$(1 * EFAB_{NMHC} - 0,5 * EFA) / (1 - 0,5) + (EFA - (1 * EFAB - 0,5 * EFA) / (1 - 0,5)) * (0,5) / \text{Auslastungsgrad}$$

Typische Werte für den Güterverkehr

Für den Güterverkehr der Schiene und für Binnenschiffe wurden keine differenzierten Werte abgeleitet sondern Kategorien gebildet. Grund dafür ist, dass für den Bahn- und Schiffsverkehr spezielle Informationen über den Transport wie z.B. Zuggewichte, Auslastung und Leerfahrtenanteile häufig nicht vorliegen. Um diese Parameter dennoch näherungsweise berücksichtigen zu können wurden im Rahmen von EcoTransIT [EcoTransIT 2005] entsprechende Kategorien abgeleitet. Diese Methodik wird hier verwendet.

Die folgenden Kategorien werden für den Güterverkehr gebildet:

- **Typische Größenklassen** (Güterzug mit Gesamtgewicht 500t, 1000t und 1500t, Euroschiff)
- **Güterarten** (leichte, mittlere, schwere Güter),
- **Streckencharakteristik** (Ebene, hügelig, bergig für landgebundenen Verkehr bzw. stromaufwärts, stromabwärts, Kanal für Binnenschiffe)

Für die klassifizierten Güterarten wurden spezielle Annahmen für die Fahrzeugauslastung und den Anteil der Leerfahrten zugrunde gelegt. Beim Binnenschiff wurde hierbei angenommen, dass die Leerfahrt in der Gegenrichtung zur Lastfahrt stattfindet, also z.B. stromabwärts, wenn der Hauptlauf stromaufwärts ist. Die Annahmen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 2 Angenommene Auslastungsgrade für verschiedene Güterarten

	Auslastung ohne Leerfahrten (1)	Anteil Leerfahrten (2)	Auslastung mit Leerfahrten (1)
Eisenbahn			
Schwere Güter (3)	0.72	+80%	0.6
Mittlere Güter	k.a.	k.a.	0.5
Leichte Güter (3)	0.44	+20%	0.4
Binnenschiff			
Schwere Güter (3)	100%	43%	70%
Mittlere Güter	58%	15%	50%
Leichte Güter (3)	31%	5%	30%
Straße			
Schwere Güter (3)	100%	+60%	63%
Mittlere Güter	58%	+17%	50%
Leichte Güter (3)	30%	+10%	27%
Anmerkungen: (1) Auslastung Bahn: Nettotonnen / Bruttotonnen Auslastung Binnenschiff und Straße: Zuladung in Tonnen / maximale Zuladung (2) Leerfahrtenanteile bezogen auf die Fahrstrecke (km) k.a.: keine Angabe Quelle: EcoTransIT 2005			
			IFEU Heidelberg 2007

Für den Schienen- und Schiffsverkehr können die abgeleiteten Kennzahlen direkt verwendet werden. Für den Straßentransport kann eine geeignete Kategorie mit Auslastungsfunktion aus der Datenbank gewählt werden und entweder eigene Annahmen für die Auslastung oder die in der vorangegangenen vorgeschlagenen Vorgabewerte verwendet werden.

Ergebnisse der Sachbilanz

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine große Anzahl an Prozessen definiert, was die Darstellung von Ergebnissen sehr schwierig macht. Aus diesem Grund beschränken wir uns hier auf wichtige Kennzahlen für die wesentlichen Fahrzeugkategorien des personen- und Güterverkehrs. Die folgende Tabelle enthält Durchschnittswerte (WTW) für Deutschland 2005. Sie zeigen wesentliche Unterschiede zwischen verschiedenen Fahrzeugkategorien der einzelnen Verkehrsträger.

Tab. 3 Kennzahlen für Primärenergie, CO₂, NO_x und PM_{2.5}_{Fahrzeug}, Durchschnittswerte Deutschland 2005

		Primärenergie	CO₂	NO_x	PM 2.5_{Fahrzeug}
Güterverkehr		MJ/tkm	g/tkm	mg/tkm	mg/tkm
Straße	Lastzug	1,3	89	847	17
Schiene	Güterzug	0,45	27	56	0,98
Wasser	Binnenschiff	0,48	35	607	18
Luft	Flugzeug	11	812	3.461	9,1
Personenverkehr		MJ/Pkm	g/Pkm	mg/Pkm	mg/Pkm
Straße	Pkw	2,0	144	293	8,6
Straße	Linienbus	1,1	75	830	17
Straße	Reisebus	0,46	32	340	7,8
Schiene	Nahverkehr	1,5	94	334	3,6
Schiene	Fernverkehr	0,87	52	72	0,42
Luft	Flugzeug	1,9	136	581	1,5

Aufbereitung der Daten im ELCD-Format

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Datenformate für LCA Daten. Drei als „exchange formats“ ausgewiesene Datenformate sind von besonderer Bedeutung [Ciroth 2006]:

- Das EcoSpold Format, verwendet in derecoinvent Datenbank des Schweizerecoinvent Centers [2];
- Das ELCD Format, entwickelt im Auftrag des Joint Research Centres der Europäischen Kommission [3].
- Die Implementierung der ISO 14048 der Chalmers Universität, Schweden [Carlson et al. 2001];

Das ELCD Format bietet als einziges der drei Austauschformate die Möglichkeit, Parameter formalisiert (also nicht nur über Kommentarfelder oder Ähnliches) für LCA-Datensätze abulegen. Da TREMOD Datensätze über den Auslastungsgrad als kontinuierliche Variable parametrisiert sind, wurde das ELCD Format, in der aktuellen Version 1.0.1, als Zielformat für die Übertragung der Datensätze gewählt.

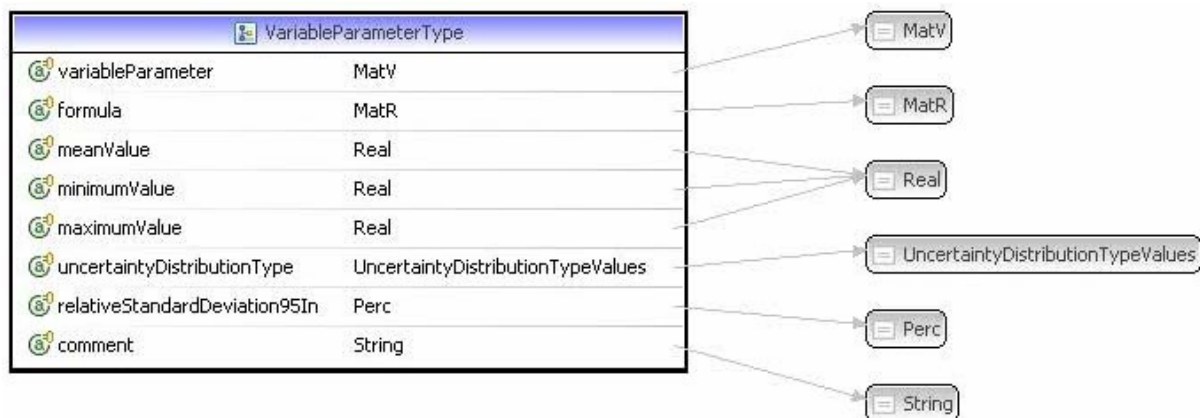


Abb. 3 Spezifikation des für die Darstellung der Parameter verwendeten Objects „VariableParameterType“ im ELCD Format; screenshot aus der Mapping Documentation des Formatkonverters, [1]

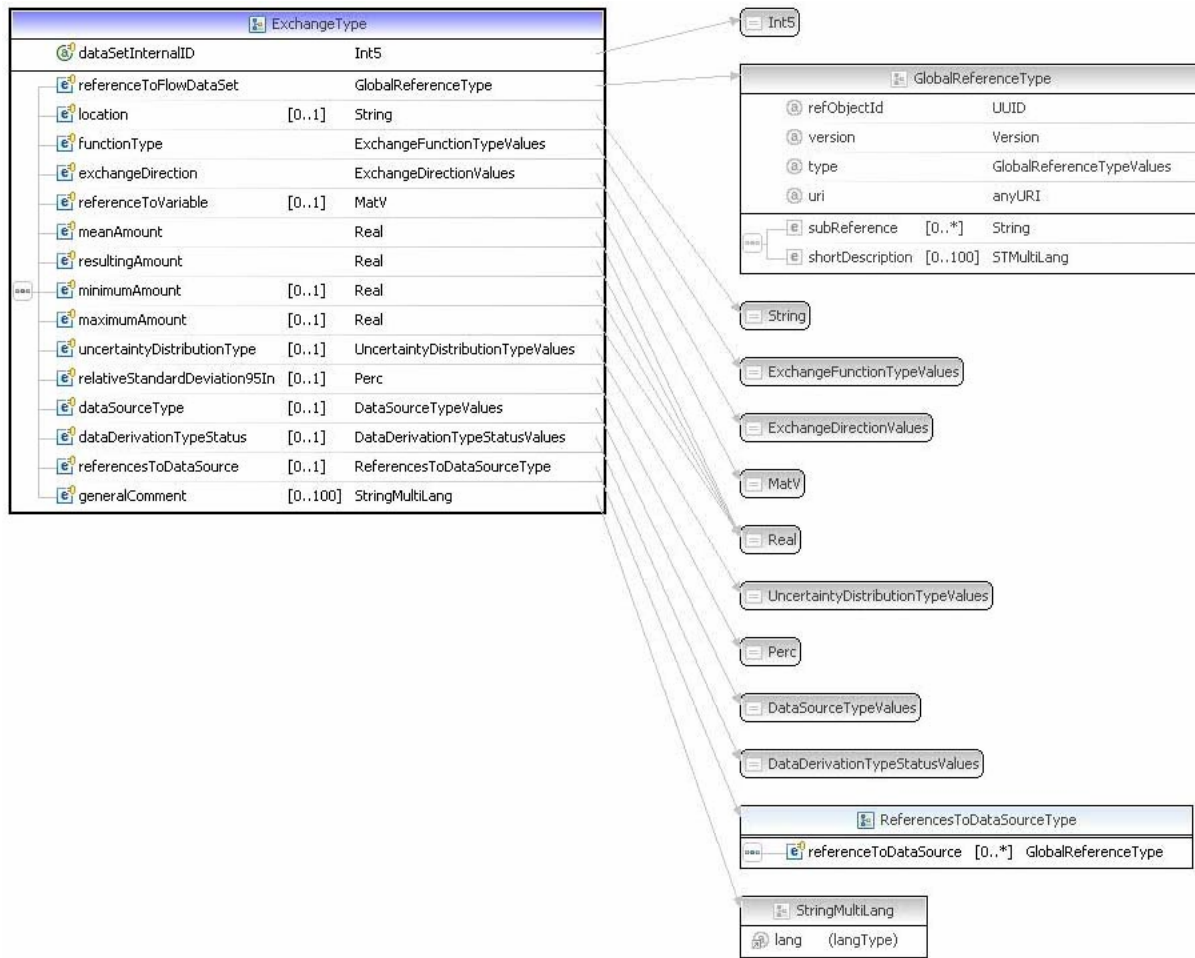


Abb. 4 „Exchange Type“ mit dem (berechneten) resulting amount und den voreingestellten minimum und maximum amount im ELCD Format; screenshot aus der Mapping Documentation des Formatkonverters, [1]

Zur eigentlichen Übertragung wurde der „Formatkonverter“ des openLCA Projektes erweitert und zu einem über eine batch Datei einfach ausführbaren Java Archiv zusammengefasst. Das Programm liest Daten aus einer speziell aufbereiteten Tabelle in der TREMOD Datenbank aus und erzeugt daraus die entsprechenden ELCD Prozess Datensätze als einzelne XML Dateien. Die im ELCD Format vorgegebenen, zahlreichen Kommentar- und Informationsfelder („Modelling Principles“ zum Beispiel) wurden in der Tabelle angelegt und können so einfach in die ELCD Datensätze übertragen werden, auch zu einem späteren Zeitpunkt. Genauso kann ein für einen Datensatz spezifischer Heizwert für die Umrechnung von MJ auf kg eingetragen werden, der im Programm ausgewertet wird.

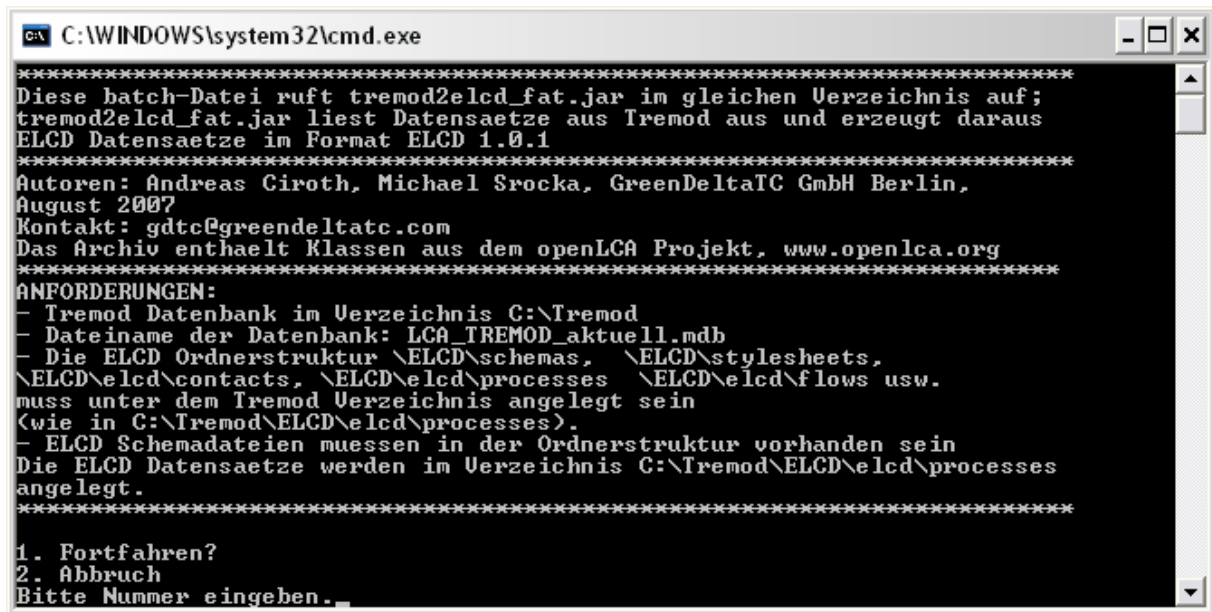


Abb. 5 Aufruf der batch-Datei zum Start der Übertragung der Tremod Datensätze

Das ELCD Format erwartet eine spezielle Ordnerstruktur und weitere XML Dateien für Flüsse (in TREMOD „Komponenten“ genannt, z.B. Diesel oder CO2); für eine Formatierung der XML Dateien werden außerdem XML Stylesheets erwartet. Alle diese Dateien einschließlich der Ordnerstruktur sind als Paket frei über die Website des JRC erhältlich. Die erzeugte batch Datei legt in dieser Ordnerstruktur die Prozessdatensätze an.

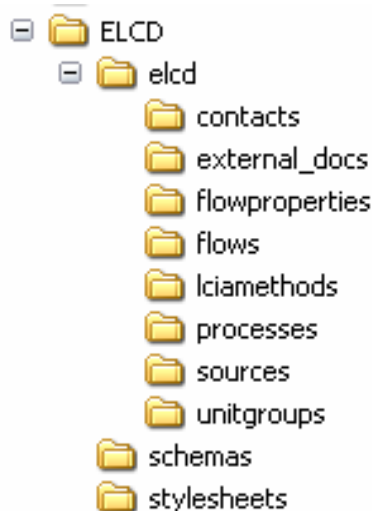


Abb. 6 Ordnerstruktur der ELCD XML Datenbank

Für den Strassenverkehr enthalten die ELCD Datensätze den Auslastungsgrad als variablen Parameter, und jede einzelne „Komponente“ im Datensatz führt die entsprechende Rechenformel und den Minimal-, Maximal-, und Durchschnittswert sowie den aus einem spezifischen Parameterwert berechneten „tatsächlichen“ Wert auf. Abb. 7 zeigt einen Ausschnitt aus einem erzeugten Datensatz im ELCD Format.

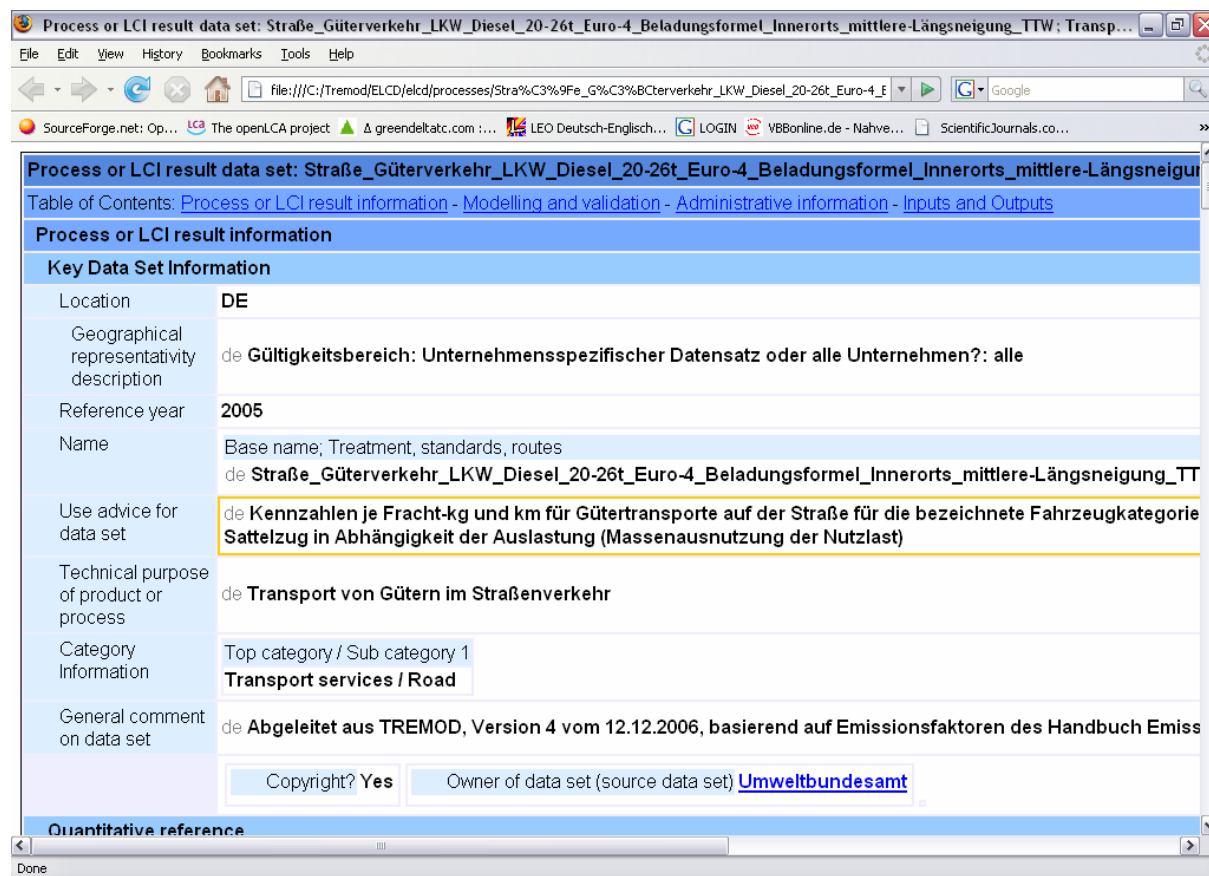


Abb. 7 Ausschnitt aus einem im ELCD Format angelegten Datensatz

Um die Datensätze auf dem Testserver des Netzwerks Lebenszyklusdaten einstellen zu können, der bisher für die Aufnahme von Datensätzen im EcoSpold Format vorgesehen ist, wurden die ELCD Datensätze mit Hilfe des Formatkonverters des openLCA Projekts [4] in das EcoSpold Format konvertiert. Die Parametrisierung der Datensätze geht dabei verloren, die Formeln und Parameter werden in Kommentarfeldern untergebracht.

Es wäre wünschenswert, über ein Formular und entsprechende Rechenfunktionalität Nutzern die Möglichkeit zu bieten, den Auslastungsgrad einzugeben und sich für diesen spezifischen Auslastungsgrad einen passenden Datensatz ausgeben zu lassen.

Derzeit besteht eine solche Eingabemöglichkeit für den Parameter nicht.

Literatur

- [1] Formatkonverter Mapping Documentation, v. 1.1,
www.openlca.org/kb/mappingdoc/EcoSpold_to_ELCD.xml
- [2] <http://www.ecoinvent.org>
- [3] <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub>
- [4] Website des openLCA Projekts, www.openlca.org
- ARTEMIS** Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems; Forschungsvorhaben im Auftrag der EU-Kommission, DGTREN Contract 1999-RD.10429; <http://www.trl.co.uk/artemis/index.htm> Abschluss bevorstehend
- Carlson et al. 2001:** Data definition and file syntax for ISO/TS 14048 data exchange with data storage format based on ISO/TS 14048, RAUL CARLSON, JOHAN TIVANDER, CPM - Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden 2001, CPM 2001:9
- Ciroth, A.:** A new open source LCA software, 7th Ecobalance conference, Tsukuba, presentation and conference proceedings, pp. 427, Nov. 14 – Nov. 16, 2006
- DB AG 1999** Mobilitäts-Bilanz für Personen und Güter – Die Verkehrssysteme Deutschlands im Vergleich; eine Initiative von WWF und DB; Berlin/Frankfurt am Main 1999
- EcoTransIT 2005** EcoTransIT: Ecological Transport InformationTool, Environmental Methodology and Data; Update; im Auftrag von DB CARGO (Germany), Green Cargo AB (Sweden), Schweizerische Bundesbahnen (SBB Switzerland), Société Nationale des Chemins de Fer Francais (SNCF France), Trenitalia S.p.A (Italy); Heidelberg, Juli 2005
- IFEU 2003** Erarbeitung von Basisemissionsdaten des dieselbetriebenen Schienenverkehrs unter Einbeziehung möglicher Schadstoffminderungstechnologien – Weiterführung und Auswertung des UBA-FuE-Vorhabens 299 43 111; im Auftrag der Deutschen Bahn AG; Heidelberg, 2003
- IFEU 1999** Basisdaten für ökologische Bilanzierungen
- IFEU 2005** Ursachen hoher verkehrsbedingter Stickstoffdioxid-Immissionen - Eine Analyse an einer Autobahn-Messstelle. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Deutschland. 2005
- IFEU 2007** Nitrogen Oxides from Vehicles – a Never-ending Story?; 28. Internationales Wiener Motorensymposium, 26.-27. April 2007; Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 12, Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik, Nr. 639, Düsseldorf, VDI-Verlag 2007
- INFRAS 2004** Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Software und Dokumentation; im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft Bern und der Umweltbundesämter Berlin und Wien; Bern/Heidelberg/Graz/Essen 2004
- TREMODO 2006** "Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1960 - 2030"; Erstellung der Software TRE-

MOD – Transport Emission Model; im Auftrag des UBA (; F+E Vorhaben 204 45 139); ab 1993 mit verschiedenen Aktualisierungen und Erweiterungen; dazu Kooperationsabkommen mit VDA Frankfurt; MWV Hamburg; Deutsche Bahn, Deutsche Lufthansa, TUI; mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) u. a.; Aktuelle Version 4 vom 12.12.2006

Anhang

Auf den folgenden Seiten sind die Bezeichnungen für alle Prozesse bzw. Datensätze, die bisher im ELCD Format aufbereitet wurden, aufgeführt.

Bezeichnung des Datensatzes
Luft_Güterverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_GrÜb_TTW
Luft_Güterverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_GrÜb_WTW
Luft_Güterverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_Inland_TTW
Luft_Güterverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_Inland_WTW
Luft_Personenverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_GrÜb_TTW
Luft_Personenverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_GrÜb_WTW
Luft_Personenverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_Inland_TTW
Luft_Personenverkehr_Flugzeug-mittel_Durchschnitt_Kerosin_Inland_WTW
ÖV_Personenverkehr_Nahverkehr-Bus-und-Bahn_Durchschnitt_Mittel-Diesel-Elektrisch_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_schweres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1000t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_schweres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_1500t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Ebene_TTW

Bezeichnung des Datensatzes
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_5000t_Voll_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_schweres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Diesel_500t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Durchschnitt_Diesel_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Durchschnitt_Diesel_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Durchschnitt_Elektrisch_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Durchschnitt_Elektrisch_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Durchschnitt_Mix-Diesel-EI_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_schweres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1000t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_schweres-Gut_Hügelig_WTW

Bezeichnung des Datensatzes
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_1500t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_5000t_Voll_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_mittleres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_schweres-Gut_Hügelig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Bergig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Bergig_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Ebene_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Ebene_WTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Hügelig_TTW
Schiene_Güterverkehr_Güterzug_Elektrisch_500t_Volumengut_Hügelig_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personenfernverkehrszug_Durchschnitt_Diesel_TTW
Schiene_Personenverkehr_Personenfernverkehrszug_Durchschnitt_Diesel_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personenfernverkehrszug_Durchschnitt_Elektrisch_TTW
Schiene_Personenverkehr_Personenfernverkehrszug_Durchschnitt_Elektrisch_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personenfernverkehrszug_Durchschnitt_Mix-Diesel-EI_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personennahverkehrszug_Durchschnitt_Diesel_TTW
Schiene_Personenverkehr_Personennahverkehrszug_Durchschnitt_Diesel_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personennahverkehrszug_Durchschnitt_Elektrisch_TTW
Schiene_Personenverkehr_Personennahverkehrszug_Durchschnitt_Elektrisch_WTW
Schiene_Personenverkehr_Personennahverkehrszug_Durchschnitt_Mix-Diesel-EI_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Innerorts_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-1_Beladungsformel_Innerorts_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Innerorts_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-2_Beladungsformel_Innerorts_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-3_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-3_Beladungsformel_Außerorts_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-3_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Güterverkehr_Lastzug_Diesel_28-34t_Euro-3_Beladungsformel_Autobahn_mittlere-Längsneigung_WTW

Bezeichnung des Datensatzes
Straßen_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Personenverkehr_Reisebus_Diesel_Durchschnittsgröße_vor-Euro-1_durchschnittliche-Auslastung_alle-Straßen_mittlere-Längsneigung_WTW
Straße_Personenverkehr_Reisebus_Mittel-Benzin-Diesel_Durchschnittsgröße_Emissionskonzept-nicht-differenziert_durchschnittliche-Auslastung_alle-Straßen_mittlere-Längsneigung_TTW
Straße_Personenverkehr_Reisebus_Mittel-Benzin-Diesel_Durchschnittsgröße_Emissionskonzept-nicht-differenziert_durchschnittliche-Auslastung_alle-Straßen_mittlere-Längsneigung_WTW
Wasser_Güterverkehr_Binnenschiff-mittel_Durchschnitt_Diesel_TTW
Wasser_Güterverkehr_Binnenschiff-mittel_Durchschnitt_Diesel_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stehendes-Gewässer_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stehendes-Gewässer_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stromabwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stromabwärts_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stromaufwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_mittleres-Gut_stromaufwärts_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stehendes-Gewässer_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stehendes-Gewässer_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stromabwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stromabwärts_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stromaufwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_schweres-Gut_stromaufwärts_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stehendes-Gewässer_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stehendes-Gewässer_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stromabwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stromabwärts_WTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stromaufwärts_TTW
Wasser_Güterverkehr_Europaschiff_1250t_Volumengut_stromaufwärts_WTW