Bedienungsanleitung zum Methodenbaukasten CO_2-Bilanz

Der Methodenbaukasten CO2-Bilanz wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bestimmung der CO_2-Emissionen in Unternehmen der Logistikbranche mit einem spezifischen Methodenbaukasten“ (IGF-Vorhaben-Nr. 16618 N) entwickelt, welches aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Auftrag der Bundesvereinigung Logistik gefördert wurde. Im vorliegenden Dokument werden die innerhalb dieses Demonstrators implementierten Methoden zur Berechnung des Energieverbrauchs, der CO_2-Emissionen und CO_2e-Emissionen in Form eines jeweiligen Leitfadens für die verschiedenen Verkehrsträger und stationären Prozesse sowie für die Allokation der berechneten Emissionen vorgestellt.

An dieser Stelle sollen einige Anmerkungen zum Aufbau der Berechnungstools vorweg genommen werden, um den Umgang mit dem Demonstrator sowie die Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse einfacher und übersichtlicher zu gestalten. Die Berechnungstools der Verkehrsträger sowie der stationären Prozesse und die Allokation sind nach der gleichen Logik aufgebaut. Jedes Berechnungstool weist drei unterschiedliche Tabellenarten (gelb, dunkelgrau und grün) sowie eine Legende (blau) auf. Innerhalb der Berechnungstabelle (grün) können die Energieverbräuche, Kohlendioxid- und Treibhausemissionen berechnet werden. Im Rahmen dieser Berechnung werden zusätzliche Daten benötigt, welche in den gelbfarbenen und dunkelgrauen Tabellen hinterlegt sind. Die in den gelbfarbenen Tabellen hinterlegen Datensätze können und sollten durch den Nutzer angepasst und aktualisiert werden. Die in den dunkelgrauen Tabellen hinterlegten Datensätze bedürfen keiner Aktualisierung oder Anpassung und sind daher geschützt. Die Legende in den blauen Tabellen gibt dem Anwender eine Übersicht und Erklärung zu den genutzten Begriffen und Abkürzungen.

In den grünen Berechnungstabellen ist die Kalkulation für jeden Verkehrsträger und für die stationären Prozesse in drei Bereiche untergliedert, welche wiederum farblich gekennzeichnet sind. Der erste Bereich (in den Berechnungstools weiß hinterlegt) kann durch den Nutzer transportspezifisch bzw. bezogen auf die stationären Bereiche bearbeitet werden. Diese Bearbeitung kann entweder in Form direkter Eingaben erfolgen (z.B. Eingabe der Transportentfernung) oder aber in Form einer zu tätigenden Auswahl aus einem Drop-Down Menü (z.B. Auswahl eines Flugzeugs im Rahmen des Luftverkehrs oder einer bestimmten Traktionsart im Rahmen des Schienenverkehrs). Die jeweiligen Wahl- bzw. Eingabemöglichkeiten sind an entsprechender Stelle näher beschrieben. Im zweiten Teil der jeweiligen Berechnungstabellen (grau) sind Formeln eingetragen, welche aus den getätigten Eingaben basierend auf den in den gelbfarbenen Tabellen hinterlegten Datensätzen transport- bzw. stationär spezifische Werte wie beispielsweise den spezifischen Dieselverbrauch und Dieselgesamtverbrauch berechnen. Im dritten Teil der Berechnungstabelle (grün) werden der

Energieverbrauch (in MJ) sowie die CO_2-Emissionen und CO_2e-Emissionen (in kg) der einzelnen Transporte und stationären Bereiche jeweils für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel ausgewiesen.

Die Ergebnisse zum Energieverbrauch und zu den Emissionen werden erst ausgewiesen, wenn alle erforderlichen Angaben seitens des Nutzers gemacht wurden, auch wenn es grundsätzlich möglich wäre, bestimmte Werte, wie den spezifischen Verbrauch, ohne die Transportdistanz zu bestimmen. Dies dient der Vollständigkeit und der Konsistenz der Daten.

1 Straßengüterverkehr[1]

Die Emissionsberechnung im Bereich des Straßengüterverkehrs gestaltet sich verglichen mit den übrigen Verkehrsträgern aufwendiger, was einer größeren Anzahl an Faktoren mit Einfluss auf den Energieverbrauch und die Emissionen geschuldet ist. Wie die Berechnung im Detail erfolgt, wird im nachstehenden Unterkapitel 1.1 erläutert. Um die Handhabbarkeit von Massendaten zu unterstützen, ist im Rahmen des Moduls zum Straßengüterverkehr eine automatisierte Kalkulation von immer wiederkehrenden Transportrelationen möglich. Diese Funktion wird im Unterkapitel 1.2 erklärt. Ferner befähigt das Modul, bei Sammel- und Verteiltouren eine Allokation der berechneten Emissionen vorzunehmen. Diese Funktion ist in Unterkapitel 1.3 beschrieben.

1.1 Kalkulation einzelner Transporte

Die Kalkulation einzelner Transporte erfolgt anhand der Tabelle „Berechnung Streckenabschnitt“. Sie kann, vergleichbar mit der Kalkulation der Emissionen der übrigen Verkehrsträger, in mehrere Schritte untergliedert werden. Diese werden nachfolgend erläutert.

Schritt eins ist die Festlegung der transportierten Gutart (Spalte B). An dieser Stelle hat der Nutzer die Möglichkeit im Rahmen eines Drop-Down Menüs aus drei unterschiedlichen Gutarten zu wählen, diese sind:

- Durchschnittsgut,
- Massen- bzw. Schwergut und
- Volumengut.

Der **zweite Schritt** ist die Identifikation und Festlegung des verwendeten Fahrzeugs (Spalte C). An dieser Stelle stehen über ein Drop-Down Menü die nachfolgenden Optionen zur Verfügung.

- Kleiner LKW
- Mittelgroßer LKW

[1] Die Berechnungsmethode orientiert sich am Leitfaden des Deutschen Speditions- und Logistikverband e.V. (DSLV). „Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik“ Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V., 2011, Bonn.

- Großer LKW
- Last-/Sattelzug

Schritt drei ist die Festlegung der für den jeweiligen Transport vorliegenden Neigung (Spalte D). Die beiden verfügbaren Alternativen sind eine

- Ebene sowie
- Mittlere Längsneigung.

Schritt vier ist die Angabe der jeweils vorliegenden Transportabschnittsart (Spalte E). An dieser Stelle hat der Nutzer die Wahl zwischen Transporten, welche

- Innerorts und
- Außerorts

durchgeführt werden.

Der **fünfte Schritt** zur Emissionsbestimmung ist die Festlegung der verwendeten Kraftstoffart (Spalte F). Dabei stehen zur Auswahl:

- Konventioneller Diesel
- Biodiesel
- Diesel mit 4% Beimischung von Biodiesel
- Diesel mit 5% Beimischung von Biodiesel
- Diesel mit 6% Beimischung von Biodiesel
- Diesel mit 7% Beimischung von Biodiesel

Im **sechsten Schritt** muss der Nutzer die reale Transportentfernung (in km) eingeben (Spalte G). Dieser Schritt hat manuell zu erfolgen, da im Gegensatz zu den anderen Verkehrsträgern der Straßenverkehr flächendeckend erfolgt und nicht auf spezifische Start- und Zielpunkte beschränkt ist.

Schritt **sieben** ist die Eingabe des realen Frachtgewichts (in t) (Spalte H). Das Kalkulationstool greift für den Fall, dass dieses nicht bekannt ist, an dieser Stelle auf Durchschnittswerte zurück, welche auf den zuvor getätigten Eingaben basieren. Ist das reale Frachtgewicht verfügbar, sollte der automatisch angezeigte Wert überschrieben werden.

Basierend auf diesen Eingaben ermittelt das Kalkulationstool in Spalte I zunächst den spezifischen Verbrauch (in l/tkm). In Spalte J ist der für den jeweiligen Transport gegebenenfalls erforderliche Korrekturfaktor angegeben und in Spalte K der tatsächliche Energieverbrauch (in l). In den Spalten L bis Q sind die Energieumrechnungsfaktoren (in MJ/l), die CO_2-Umrechnungsfaktoren sowie die Umrechnungsfaktoren für die CO_2-Äquivalente (in kg/l) jeweils für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel angegeben. Die Spalten R bis W wiederum weisen die transportspezifischen Energieverbräuche (in MJ), die CO_2-Emissionen und die Emissionen an CO_2-Äquivalenten (in kg) für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel aus.

Sollte sich im Laufe eines Transportes ein oder auch mehrere der oben beschriebenen Parametern (Gutart, Fahrzeugart, Neigungsart, Transportabschnittsart, Kraftstoffart und das Frachtgewicht) verändern, bedeutet dies, dass der Transport in einzelne Transportabschnitte zerlegt werden muss, welche alle einzeln kalkuliert und deren jeweilige Emissionen anschließend für den Gesamttransport zusammengefasst werden müssen.

1.2 Etablierte Transportrelationen

Im Rahmen des Straßenverkehrstools wurde die Möglichkeit implementiert, bestimmte, im operativen Geschäft immer wiederkehrende Streckenabschnitte oder Transportrelationen mit all ihren relevanten Parametern zu speichern, um so die Eingabe und damit auch die Kalkulation deutlich zu beschleunigen. Dazu muss der Nutzer einmalig in der Tabelle „Streckenabschnitt“ eine Transportrelation anlegen. In der Spalte B besteht die Möglichkeit, der angelegten Relation eine Namen zu geben. Anschließend können durch die Auswahl des entsprechenden Abschnitts in Spalte A der Tabelle „Berechnung Streckenabschnitt“ und das anschließende drücken des Knopfes „Datenübertragung“ die Daten in die Kalkulation integriert werden.

1.3 Sammel- und Verteiltouren

Die Tabelle „Sammeltouren“ ermöglicht die Allokation der Emissionen von Sammel- und Verteiltouren im Straßengüterverkehr. Die entstehenden Emissionen werden dazu anteilsmäßig auf die einzelnen Sendungen und somit auf die Kunden umgelegt. Dazu sind zunächst einerseits alle relevanten Kunden in der Tabelle „Liste Kunden“ sowie andererseits alle relevanten Terminals in der Tabelle „Liste Terminals“ anzulegen. Basierend auf diesen müssen in einem nächsten Schritt in der Tabelle „Relationsliste“ die Entfernungen zwischen den Terminals und den jeweiligen Kunden eingetragen werden. Ausgehend von den Daten dieser drei Tabellen können in der Tabelle „Sammeltouren“ sowohl das jeweilige Verteilterminal als auch die einzelnen Kunden per Drop-Down Menü ausgewählt und zu einer Tour zusammengeführt werden. Die Gesamtemissionen der Tour müssen zuvor über die Tabelle „Berechnung Streckenabschnitt“ ermittelt werden. Die Tabelle „Sammeltouren“ ermöglicht dann basierend auf einem mittels der Kunde-Terminal-Entfernung ermittelten Anteilsfaktor prozentual den auf die jeweilige Sendung und somit auch den jeweiligen Kunden umzulegenden Emissionsanteil.

2 Schienengüterverkehr[2]

Zur erfolgreichen Bilanzierung von Transporten auf der Schiene müssen sieben Schritte durchlaufen werden, wovon die ersten vier in Summe den spezifischen Kraftstoffverbrauch determinieren.

[2] Die Berechnungsmethode orientiert sich an der Methode der Verkehrsrundschau. Kranke, A.: „Besonderheiten des Bahntransports“. In VerkehrsRundschau 01/2011 S. 36-38.

Der **erste Schritt** im Rahmen der Emissionsbestimmung von Bahntransporten ist die Auswahl des verwendeten Zugtyps (Spalte A). An dieser Stelle kann der Nutzer in einem Drop-Down Menü unter den vorgegebenen drei Optionen

- Kurzzug (bis 300 Metern Länge und bis zu 500 Tonnen Gesamtgewicht),
- Mittlerer Zug (bis zu 500 Metern Länge und bis 1.000 Tonnen Gesamtgewicht) und
- Langzug (bis zu 700 Metern Länge und mehr als 1.000 Tonnen Gesamtgewicht)

wählen. Die jeweils zutreffende Variante muss durch den Nutzer bestimmt werden, wobei die angegebenen Auswahlmöglichkeiten lediglich als Orientierungswerte zu verstehen sind.

Im **zweiten Schritt** ist der für den jeweiligen Transport vorliegende Fahrttyp zu bestimmen (Spalte B). Hier kann der Nutzer ebenfalls aus einem Drop-Down Menü aus den drei vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten wählen. Diese sind

- Flachland,
- Hügelig und
- Bergig.

Welcher Fall jeweils vorliegt muss subjektiv entschieden werden, jedoch finden sich im Abschlussbericht des Projektes Vorschläge zur Orientierung.

Der **dritte Schritt** besteht in der Festlegung der genutzten Traktion (Spalte C). Hier besteht die Auswahl zwischen

- Dieseltraktion und
- Elektrischer Traktion.

Der **vierte Schritt** ist die Festlegung der Ladungsart (Spalte D). Diese ist ebenfalls über ein Drop-Down Menü vorgegeben. Gewählt werden kann zwischen

- Bulk,
- Normalen Gütern und
- Volumengütern.

Basierend auf diesen ersten vier Eingaben wird automatisch der spezifische Verbrauch ermittelt, welcher jedoch entsprechend der obigen Ausführungen erst nach Eingabe aller relevanten Parameter angezeigt wird.

Die **Schritte fünf und sechs** (Spalten E und F) bestehen in der Festlegung des Start- und Zielbahnhofs eines Transportes. Die Auswahl erfolgt ebenfalls über ein Drop-Down Menü, wobei die verfügbaren Auswahlmöglichkeiten an dieser Stelle durch den Nutzer beeinflusst werden können. Um die bestehende Relationsliste zu erweitern muss der Nutzer als erstes einen neuen Güterbahnhof in der Tabelle „Güterbahnhöfe“ hinzufügen und in einem zweiten Schritt die entsprechenden Entfernungen dieses Güterbahnhofs zu den jeweils anderen Bahnhöfen in der Entfernungstabelle

„Entfernung_Güterbahnhöfe“ einfügen. Das genaue Vorgehen ist innerhalb des einzelnen Berechnungstools nochmals explizit erklärt.

Der **siebte und letzte Schritt** zur Bestimmung der Emissionen ist die Eingabe des jeweiligen Sendungsgewichtes (in t) (Spalte G).

Wurden alle diese Eingaben getätigt, liefert das Berechnungstool in Spalte H die jeweilige Entfernung (in km) zwischen den beiden Güterbahnhöfen, in den Spalten I bis K die dementsprechenden Verbrauchswerte, in den Spalten L und M die Energieverbrauchswerte (in MJ) und in den Spalten N bis Q die CO_2-Werte sowie deren Äquivalente (in kg). Diese Angaben werden alle sowohl für Tank-to-Wheel als auch Well-to-Wheel berechnet.

3 Luftfrachtverkehre[3]

Die Bestimmung der Emissionen von Luftfrachtverkehren entspricht im Grundsatz denen der übrigen Berechnungstools. Auch hier ist erforderlich, die einzelnen Schritte nacheinander durchzuführen, da sich einige Eingaben restriktiv auf weitere Auswahlmöglichkeiten auswirken.

Der **erste Schritt** ist hier die Festlegung des jeweiligen Flugzeugtyps (Spalte A). Die Auswahl erfolgt wieder über ein Drop-Down Menü und erlaubt eine Auswahl zwischen den nachfolgenden Maschinen:

- Airbus A310
- Airbus A320
- Airbus A330
- Airbus A340
- Boeing 727-200
- Boeing 737-100
- Boeing 737-400
- Boeing 747-100-300
- Boeing 747-400
- Boeing 767-300 ER
- Boeing 757
- Boeing777
- Airbus A330
- Boeing 727-200
- Boeing 737-100
- Boeing 747-100-300
- Boeing 747-400
- Boeing 757

Der **zweite Schritt** besteht in der Auswahl der Flugzeugart (Spalte B). Hier kann im Rahmen eines Drop-Down Menüs zwischen den beiden Varianten

- Passagierflugzeug/Bellyfracht und
- Frachtflugzeug

[3] Die Berechnungsmethode orientiert sich an der Methode der Verkehrsrundschau. Kranke, A.: „Leicht verbesserte CO_2-Datenlage“. In VerkehrsRundschau 02/2011 S. 30-32.

gewählt werden. Die Auswahl wird jedoch durch die im ersten Schritt getroffene Wahl des Flugzeugtyps limitiert, da einige Maschinen wie beispielsweise der Airbus 310 oder auch der Airbus 320 nicht als Frachtmaschinen genutzt werden.

In den **Schritten drei und vier** (Spalten C und D) erfolgt die Festlegung des Start- und Zielflughafens. Die Auswahl erfolgt jeweils über ein Drop-Down Menü. Die Auswahl der Flughäfen kann vergleichbar mit der Auswahl der Güterbahnhöfe im Schienengüterverkehr durch den Nutzer erweitert werden. Die zugrundeliegende Logik ist in beiden Fällen dieselbe. An dieser Stelle kann es passieren, dass nach der Eingabe des Zielflughafens die Felder Entfernung und Reichweite rot hinterlegt werden. In diesem Fall ist die Reichweite des in Spalte A gewählten Flugzeugs nicht ausreichend. Daher muss entweder der Flugzeugtyp angepasst werden oder aber ein Zwischenstopp integriert werden, was schlussendlich das Aufsplitten des Transportes in zwei getrennt zu kalkulierende Teiltransporte bedeutet.

Der **fünfte Schritt** ist die Eingabe des Ladungsgewicht (in t) in Spalte E.

Basierend auf diesen Eingaben werden in den Spalten F und G die zurückzulegende Entfernung (in km) und die Reichweite (in km) des gewählten Flugzeugs angezeigt (letzteres dient lediglich der Verifikation zur Machbarkeit des Transportes). In den Spalten H bis L werden der auftretende RFI-Faktor, der spezifische Verbrauch sowie der Gesamtverbrauch an Kerosin (in kg und l) angegeben. In den letzten Spalten (M bis R) werden der Energieverbrauch (in MJ), die CO_2-Emissionen und die CO_2-Äquivalente (in kg) jeweils für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel angegeben.

4 Binnenschifftransporte[4]

Der **erste Schritt** zur Quantifizierung von Binnenschifftransporten besteht in der Auswahl des verwendeten Schiffstyps (Spalte A). Hier hat der Nutzer über ein Drop-Down Menü die folgenden Wahlmöglichkeiten:

- Europaschiff
- Großmotorschiff
- Jowi-Klasse

Der **zweite Schritt** ist die Auswahl des vorliegenden Fahrttyps (Spalte B). Die hier möglichen Wahlmöglichkeiten sind ebenfalls über ein Drop-Down Menü wählbar und umfassen

- Bergfahrt,
- Talfahrt,
- Kanalfahrt und

[4] Die Berechnungsmethode orientiert sich an der Methode der Verkehrsrundschau. Kranke, A.: „Die Eigenheiten des Luftverkehrs“. In VerkehrsRundschau 04/2011 S. 32-35.

- Berg- und Talfahrt.

Schritte drei und vier (Spalten C und D) sind die Festlegung der Start- und Zielhäfen. Ebenso wie bei Bahn- und Luftfrachttransporten sind auch beim Binnenschiff viele potenzielle Start- und Zielpunkte bereits hinterlegt. Der Nutzer hat jedoch auch hier immer die Option, die bestehenden Auswahlmöglichkeiten über die Tabellen „Binnenhäfen“ und „Entfernung Binnenhäfen“ zu erweitern. Die diesem Erweiterungsprozess zugrundeliegende Logik ist die gleiche wie bei dem Verkehrsträger Schiene oder auch der Luftfracht und ebenfalls im Tool beschrieben.

Schritt fünf ist die Eingabe des tatsächlichen Ladungsgewichts (in t) (Spalte E).

Basierend auf diesen Eingaben werden in den Spalten F und G die zurückzulegende Entfernung (in km) und der spezifische Verbrauch (in g/tkm) des vorliegenden Schiffstyps auf der jeweiligen Route ausgegeben. In den Spalten H und I wiederum wird der Gesamtverbrauch in Diesel (jeweils in kg und l) ausgewiesen.

5 Seefrachttransporte[5]

Der **erste Schritt** zur Quantifizierung der Emissionen von Seefrachttransporten ist die Auswahl des für den Transport genutzten Schifftyps (Spalte A). Die Auswahl erfolgt hier über ein Drop-Down Menü und umfasst die Möglichkeiten

- Containerschiff,
- Bulk-Frachter,
- Autotransporter,
- RORO-Schiff und
- Chemietanker.

Basierend auf dieser Schiffsauswahl muss in **Schritt zwei** die Größe des genutzten Schiffes spezifiziert werden (Spalte B). Diese ist abhängig von der zuvor getroffenen Auswahl des Schiffstyps und erfolgt über ein Drop-Down Menü, welches die schiffsbezogenen Größenvariationen enthält. Diese sind nachfolgend in Tabelle 1 dargestellt.

[5] Die Berechnungsmethode orientiert sich an der Methode der Verkehrsrundschau. Kranke, A.: „Der Fußabdruck eines Seetransportes“. In VerkehrsRundschau 03/2011 S. 40-43.

Tabelle 1: Schiffsgrößen[6]

Bezeichnung	Schiffsgröße
Containerschiff	bis 999 TEU
Containerschiff	1.000 bis 1.999 TEU
Containerschiff	2.000 bis 2.999 TEU
Containerschiff	3.000 bis 4.999 TEU
Containerschiff	5.000 bis 7.999 TEU
Containerschiff	8.000 TEU und mehr
Autotransporter	bis 3.999 ceu
Autotransporter	4.000 ceu und mehr
RoRo-Schiff	1.999 lm
RoRo-Schiff	2.000 lm und mehr
Bulk-Frachter	bis 9.999 dwt
Bulk-Frachter	10.000 bis 34.999 dwt
Bulk-Frachter	35.000 bis 59.999 dwt
Bulk-Frachter	60.000 bis 99.999 dwt
Bulk-Frachter	100.000 bis 199.999 dwt
Bulk-Frachter	200.000 dwt und mehr
Chemietanker	bis 4999 dwt
Chemietanker	5.000 bis 9999 dwt
Chemietanker	10.000 bis 19999 dwt
Chemietanker	20.000 dwt und mehr

In **Schritt drei** müsste grundsätzlich der Kraftstoff festgelegt werden (Spalte C), jedoch ergibt sich an dieser Stelle eine Besonderheit. Grundsätzlich kommen für die Seeschifffahrt drei Kraftstoffarten in Frage: Schweröl (HFO), Dieselöl (MDO) und Erdgas (LPG). Da derzeit jedoch nahezu alle Schiffe mit Schweröl fahren und es keine verifizierten Verbrauchsdaten für die beiden übrigen Kraftstoffe gibt, wird an dieser Stelle automatisch Schweröl als verwendeter Kraftstoff eingesetzt.

Schritte vier und fünf sind die Festlegung des Start- und Zielhafens (Spalten D und E). Ebenso wie bei den übrigen Verkehrsträgern (außer der Straße) wurde hier eine gewisse Anzahl an Seehäfen bereits im Tool hinterlegt. Diese ist jedoch durch den Nutzer problemlos innerhalb der Tabellen „Seehäfen“ und „Entfernung_Seehäfen“ erweiterbar. Das entsprechende Vorgehen ist innerhalb des Tools detailliert beschrieben und entspricht in seiner grundsätzlichen Logik dem der anderen Verkehrsträger.

Schritt sechs ist die Eingabe der im Zuge des Transports realisierten Geschwindigkeit. An dieser Stelle gibt es grundsätzlich zwei Alternativen. Diese sind das

- Slow Steaming
- und die Normale Fahrt.

[6] Kranke, A.: „Der Fußabdruck eines Seetransportes“. In VerkehrsRundschau 03/2011, S.42.

Der letzte durch den Nutzer durchzuführende **Schritt sieben** ist die Eingabe des jeweiligen Ladungsgewichts (in t).

Basierend auf diesen in den ersten sieben Spalten eingegebenen Daten werden im Anschluss in den Spalten H und I die zurückgelegte Entfernung (in km) und der spezifische Verbrauch des verwendeten Schiffes (in g/tkm) angegeben sowie der Gesamtverbrauch (in kg und l) (Spalten J und K). In den Spalten L bis Q werden, äquivalent zu den übrigen Verkehrsträgern, der gesamte Energieverbrauch, die CO_2-Emissionen sowie die CO_2e-Emissionen (in kg) für Tank-to-Wheel und Well-to-Wheel ausgewiesen.

6 Standortprozesse[7]

Das Excel-Tool Standortprozesse ermöglicht die Allokation des Energieverbrauchs eines Standortes auf ausgehende Ladungsträger und liefert zudem eine „kundenbezogene“ Übersicht der Verbräuche bzw. CO_2- und CO_2e-Emissionsmengen. Es besteht aus insgesamt zehn Tabellenblättern:

- Kundenbezogene_DetailBerechnung
- Standortbezogene_Berechnung
- Gesamtverbrauch
- Massenströme
- Verbrauchsbereichtyp
- Ladungsträgertyp
- Energieträgertyp
- Treibhausgas_Kennzahlen
- Bereiche
- Kunden

In den Tabellenblättern 5-10 befinden sich die Basisdaten für die Berechnung. Die Verbrauchsmengen sowie Berechnungstabellen sind in den Blättern 1-4 zu finden. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Inhalte der einzelnen Tabellenblätter aufgebaut sind.

6.1 Tabellenblatt „Standortbezogene_Berechnung“

6.1.1 Aufbau der Tabelle

Die Spalten A, B und C dienen der Auswahl der zu betrachtenden Parameter (Bereich, Ladungsträger und Energieträger). Diese werden nicht frei eingetragen sondern aus einer Menge von Werten einer Drop-Down Liste ausgewählt. Diese Listen verweisen auf die Spalten anderer Tabellenblätter des Tools. Die Spalte A „Bereich_Bezeichnung“ ist mit dem Tabellenblatt „Bereiche“ verknüpft. Zuvor im

[7] Die Berechnungsmethode orientiert sich an der Methode der Verkehrsrundschau. Kranke, A.: „Emissionen von Immobilien“. In VerkehrsRundschau 06/2011 S. 35-37.

Tabellenblatt „Bereiche“ eingepflegte Daten der verschiedenen Bereiche eines Unternehmens, wie z.B. eine Hochregallager, können mit der Drop-Down Liste in der Spalte A ausgewählt werden. Das gleiche Prinzip ist in den anderen Spalten realisiert. Die Spalte B „Bezugs-Ladungsträger“ ist mit dem Tabellenblatt „Ladungsträgertyp“ und die Spalte C „Bezugs-Energieträger“ ist mit dem Tabellenblatt „Energieträgertyp“ verbunden. Bei den gelben Basistabellen werden die ersten 2000 Einträge der entsprechenden Spalte berücksichtigt. Zeitgleich zu der Bestimmung der Werte der Spalten A, B und C werden in den Spalten K, L, M, N, O und P hinterlegte Werte und Formeln für die Berechnung der CO_2- und CO_2e-Emissionsmengen in den Spalten Q und R genutzt.

Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass sich die Berechnungsformeln bis Zeile 500 (grau unterlegt) wiederfinden. Werden Berechnungen ab Zeile 500 gewünscht, so sollten die Formeln der darüber liegenden Zellen hineinkopiert werden.

6.1.2 Was wird berechnet?

In der Spalte K wird der Verbrauch von dem Energieträger aus Spalte C pro Tonne des Ladungsträgers aus Spalte B an dem Standort aus Spalte A berechnet. In Spalte L ist der Verbrauch des Energieträgers aus Spalte C pro Ladungsträgereinheit angegeben. In den Spalten M bis R finden sich die CO_2- bzw. CO_2e-Werte, die sich aus dem Verbrauch ergeben.

Diese Daten werden sowohl aus Daten, die im Tool hinterlegt sind, als auch aus zuvor vom Nutzer in verschiedenen Tabellenblättern hinterlegten Daten berechnet. Sie sind grau hinterlegt und können daher an dieser Stelle nicht verändert werden.

6.2 Tabellenblatt „Kundenbezogene_Detailberechnung“

6.2.1 Aufbau der Tabelle

Die Spalten A, B, C und D dienen der Auswahl der zu betrachtenden Parameter (Kunden, Bereich, Ladungsträger und Energieträger). Diese werden nicht frei eingetragen sondern aus einer Menge von Werten einer Drop-Down Liste ausgewählt. Diese Listen verweisen auf die Spalten anderer Tabellenblätter des Tools. Die Spalte A „Kunden_Bezeichnung“ ist mit dem Tabellenblatt „Kunden“ verknüpft. Zuvor im Tabellenblatt „Kunden“ eingepflegte Kundendaten können mit der Drop-Down Liste in der Spalte A ausgewählt werden. Das gleiche Prinzip ist in den anderen Spalten realisiert. Die Spalte B „Bereich_Bezeichnung“ ist mit dem Tabellenblatt „Bereiche“ verknüpft. Die Spalte C „Bezugs-Ladungsträger“ ist mit dem Tabellenblatt „Ladungsträgertyp“ und die Spalte D „Bezugs-Energieträger“ ist mit dem Tabellenblatt „Energieträgertyp“ verbunden. In den gelben Basistabellen werden die ersten 2000 Einträge der entsprechenden Spalte berücksichtigt. Zeitgleich zu der Bestimmung der Werte der Spalten A, B, C und D werden in den Spalten N und O hinterlegte Werte und Formeln für die Berechnung der CO_2- und CO_2e-Emissionsmengen in den Spalten P und Q genutzt.

Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass sich die Berechnungsformeln bis Zeile 500 (grau unterlegt) wiederfinden. Werden Berechnungen ab Zeile 500 gewünscht so sollten die Formeln aus den darüber liegenden Zellen hineinkopiert werden.

6.2.2 Was wird berechnet?

Die Spalten I, J, K und L beinhalten Daten, die zuvor vom Nutzer in den Tabellenblättern „Massenströme“ und „Gesamtverbrauch“ festgelegt wurden und an dieser Stelle der Berechnung dienen. Sie sind grau hinterlegt und können an dieser Stelle nicht verändert werden. In der Spalte N wird der Verbrauch von dem Energieträger aus Spalte D des Kunden aus Spalte A am Standort aus Spalte B berechnet. In Spalte O ist der Verbrauch des Kunden in Prozent des Gesamtverbrauchs angegeben. In der Spalte P und der Spalte Q finden sich die CO_2- bzw. CO_2e-Werte die sich aus dem Verbrauch des Kunden ergeben.

6.3 Tabellenblatt „Gesamtverbrauch“

6.3.1 Aufbau der Tabelle

Die Spalten B und C dienen der Auswahl der zu betrachtenden Parameter (Bereich und Energieträgertyp). Diese werden nicht frei eingetragen sondern aus einer Menge von Werten einer Drop-Down Liste ausgewählt. Diese Listen verweisen auf die Spalten anderer Tabellenblätter des Tools. Z.B. können in der Spalte C nur die Bezugs-Energieträger gewählt werden, die sich auch in der entsprechenden Spalte des Tabellenblatts „Energieträgertyp“ wiederfinden. In den gelben Basistabellen werden die ersten 2000 Einträge der entsprechenden Spalte berücksichtigt

6.3.2 Was wird berechnet?

In diesem Tabellenblatt werden keine Berechnungen durchgeführt.

In der Spalte D werden nur die ermittelten Gesamtverbräuche der Standorte eingetragen.

6.4 Tabellenblatt „Massenströme“

6.4.1 Aufbau der Tabelle

Die Spalten B, C und D dienen der Auswahl der zu betrachtenden Parameter (Bereich, Kunde und Ladungsträgertyp). Diese werden nicht frei eingetragen sondern aus einer Menge von Werten einer Drop-Down Liste ausgewählt. Diese Listen verweisen auf die Spalten anderer Tabellenblätter des Tools. Z.B. können in der Spalte D nur die Bezugs-Ladungsträger gewählt werden, die sich auch in der entsprechenden Spalte des Tabellenblatts „Ladungsträgertyp“ wiederfinden. In den gelben Basistabellen werden die ersten 2000 Einträge der entsprechenden Spalte berücksichtigt

6.4.2 Was wird berechnet?

In diesem Tabellenblatt werden keine Berechnungen durchgeführt.

In der Spalte E und der Spalte F werden nur die ermittelten Mengen bzw. Gewichte der Ladungsträger eingetragen.

6.5 Tabellenblätter „Verbrauchsbereichtyp“ und „Ladungsträgertyp“

In diesem Tabellenblättern werden keine Berechnungen durchgeführt. Sie stellen die Basisdaten dar und können bei Bedarf beliebig erweitert werden.

6.6 Beispielrechnung (Schritt für Schritt)

Im Folgenden wird die Bedienung des Tools anhand eines Beispiels erläutert. In diesem Beispiel sollen die Treibhausgas-Emissionen eines kleinen Logistikstandorts, die durch die Aktivitäten für einen bestimmten Kunden verursacht wurden, berechnet und ausgewiesen werden. Der Standort verfügt über ein Hochregallager, in das Gitterboxen eingelagert werden können, eine Kommissionierzone in der elektrisch betriebene Stapler zum Einsatz kommen, ein Verwaltungsgebäude sowie einen Hof, auf dem Container umgeschlagen werden. Der Containerumschlag erfolgt mittels dieselgetriebener Containerstapler. Das Hochregallager ist elektrisch betrieben, weiterhin wird der Standort mit Heizöl beheizt und das Verwaltungsgebäude verbraucht elektrischen Strom.

6.6.1 Schritt 1: Ladungsträger definieren

Um die Treibhausgas-Emissionen gegenüber einem bestimmten Kunden ausweisen zu können, müssen zunächst die gesamten Emissionen des Standorts bilanziert werden und anschließend den für den Kunden umgeschlagenen Ladungsträgern zugerechnet werden. Deshalb sind im ersten Schritt die genutzten Ladungsträger zu definieren. Dies erfolgt im Tabellenblatt „Ladungsträgertyp“, die gängigsten Ladungsträger sind dort bereits vordefiniert.

Tabelle 2: Ladungsträgertypen

ID	Bezeichnung
1	Palette
2	Gitterbox
3	Container

Für die Ladungsträger müssen dabei eindeutige IDs vergeben werden, diese IDs werden von den Berechnungsfunktionen genutzt.

6.6.2 Schritt 2: Bereiche definieren

Um die Allokation von Treibhausgas-Emissionen auf einzelne Kunden so genau wie möglich zu gestalten, ist die möglichst genaue Definition von Bereichen, denen ein Energieverbrauch zugewiesen werden kann, erforderlich, d.h. eine Berechnung kann immer nur so genau erfolgen wie auch Verbrauchsdaten aufgeschlüsselt werden können. Im hier vorgestellten Berechnungsbeispiel ist es so, dass der Heizölverbrauch über die Jahresrechnung nur für den gesamten Standort bekannt ist, der Verbrauch elektrischer Energie näher aufgeschlüsselt werden kann (z. B. durch Zwischenzähler) und Diesel ohnehin nur von den Containerstaplern verbraucht wird, wodurch der gesamte Dieselverbrauch dem Hof zugeordnet werden kann. Dies führt dazu, dass im Tabellenblatt „Bereiche“ 5 verschiedene Bereiche zu definieren sind: Die oben erwähnten Bereiche Hof, Hochregallager, Kommissionierzone und Verwaltung sowie ein Bereich Standort, dem alle Energieverbräuche zugeordnet werden, die nicht näher aufgeschlüsselt werden können, da keine detaillierteren Verbrauchsdaten vorliegen.

Tabelle 3: Definierte Bereiche

ID	Bezeichnung
1	Standort
2	Kommissionierzone
3	Hochregallager
4	Hof
5	Verwaltung

Auch die Bereiche müssen wieder mit eindeutigen IDs versehen werden, um eine fehlerfreie Berechnung zu ermöglichen.

6.6.3 Schritt 3: Kunden definieren

Um eine Zuordnung von Treibhausgas-Emissionen zu Kunden durchführen zu können, müssen alle Kunden einmal definiert und ebenfalls mit eindeutigen IDs versehen werden, die Kundennummer bietet sich hierzu an. Dies erfolgt in der Tabelle „Kunden“.

Tabelle 4: Kunden

ID	Kunden_Name
1	TestKunde1
2	TestKunde2

In diesem einfachen Beispiel existieren nur zwei Kunden, die Test-Kunden 1 und 2. Für diese Kunden werden unterschiedliche Leistungen erbracht, auf die später noch eingegangen wird.

6.6.4 Schritt 4: Gesamtverbräuche der Bereiche eingeben

In diesem Schritt werden alle Energieverbräuche einer Betrachtungsperiode (z. B. ein Jahr) den oben definierten Bereichen zugeordnet. In diesem Beispiel bedeutet das, dass die Verbräuche an

elektrischer Energie und Diesel jeweils einem Teilbereich des Standortes zugewiesen werden können, der Heizölverbrauch jedoch nur dem gesamten Standort zugerechnet wird.

Tabelle 5: Zuordnung von Gesamtenergieverbräuchen

Bereich_Bezeichnung	Energietraegertyp_Bezeichnung	Gesamtverbrauch *[kWh bzw. l]*
Verwaltung	Elektrische Energie (Strommix DE)	1000
Hochregallager	Elektrische Energie (Strommix DE)	2500
Kommissionierzone	Elektrische Energie (Strommix DE)	5000
Standort	Heizöl	1000
Hof	Diesel konventionell	500

Dabei können die Felder „Bereich_Bezeichnung“ und „Energieträgertyp_Bezeichnung“ mit Hilfe von Drop-Down Menüs ausgefüllt werden. Diese Menüs greifen auf die zuvor definierten Bereiche sowie auf die im Tool vordefinierten Energieträger (Tabellenblatt „Energieträgertyp“) zurück. Der Gesamtverbrauch muss in der jeweils üblichen Einheit eingetragen werden, d.h. kWh bzw. Liter.

6.6.5 Schritt 5: Zuordnung der Massenströme zu Bereichen und Kunden

Um eine Bilanzierung der verschiedenen Bereiche vorzunehmen und anschließend auch eine kundenspezifische Auswertung durchführen zu können, müssen die Mengenströme, die an dem Standort gehandhabt werden, entsprechend zugeordnet werden. Dies geschieht im Tabellenblatt „Massenströme“. In diesem Berechnungsbeispiel werden Gitterboxen für zwei Kunden umgeschlagen und teilweise gelagert, während der Containerumschlag nur für einen Kunden (TestKunde1) erfolgt. Dabei passieren alle Gitterboxen die Kommissionierzone, aber nur ein Teil der Gitterboxen für TestKunde1 werden im Hochregallager zwischengelagert. Dementsprechend werden alle umgeschlagenen Gitterboxen (in diesem Beispiel 1000 Stück für TestKunde1 und 2000 Stück für Testkunde2) der Kommissionierzone zugeordnet aber nur ein Teil (800 Stück für TestKunde1) auch dem Hochregallager. Alle Mengenströme werden an dem Standort umgeschlagen, deshalb werden auch alle Ladungsträger für alle Kunden (also insgesamt 3000 Gitterboxen und 100 Container für TestKunde1) dem Bereich „Standort“ zugeordnet. Ebenfalls verursachen alle Mengenströme auch eine Tätigkeit in der Verwaltung, deshalb werden auch alle Ladungsträger dem Bereich „Verwaltung“ zugeordnet. Da die Container ausschließlich auf dem Hof umgeschlagen werden, werden diese zusätzlich dem Bereich „Hof“ zugeordnet, aber nicht den Bereichen „Kommissionierzone“ und „Hochregallager“, da dort ausschließlich Gitterboxen gehandhabt werden.

Tabelle 6: Zuordnung der Massenströme zu Bereichen und Kunden

Bereich_Bezeichnung	Kunden_Bezeichnung	Ladungstraegertyp_Bezeichnung	Anzahl Ladungsträger	Gewicht Ladungsträger *[t]*
Standort	TestKunde1	Gitterbox	1000	200
Standort	TestKunde2	Gitterbox	2000	350
Hof	TestKunde1	Container	100	1000
Kommissionierzone	TestKunde1	Gitterbox	1000	200
Kommissionierzone	TestKunde2	Gitterbox	2000	350
Hochregallager	TestKunde1	Gitterbox	800	160
Verwaltung	TestKunde1	Gitterbox	1000	200
Verwaltung	TestKunde2	Gitterbox	2000	350
Standort	TestKunde1	Container	100	1000
Verwaltung	TestKunde1	Container	100	1000

Bereiche, Kunden und Ladungsträgertypen können dabei wieder über Drop-Down Menüs ausgewählt werden, die Anzahl und das Gewicht der jeweiligen Mengenströme müssen manuell eingetragen werden. Dabei entspricht der Wert „Gewicht Ladungsträger [t]“, der in Spalte F des Arbeitsblattes „Massenströme“ eingetragen wird, dem Gesamtgewicht aller Ladungsträger. In der „Kundenbezogene_DetailBerechnung“ wird dieser Wert dann automatisch verwendet und kann an dieser Stelle, wie alle grau hinterlegten Werte, nicht mehr verändert werden.

6.6.6 Schritt 6: Bereichsbezogene Auswertung der CO_2- und CO_2e-Emissionen

Jetzt kann für alle definierten Bereiche, Ladungsträger und benutzten Energieträger des Standortes die Berechnung der verursachten Treibhausgas-Emissionen erfolgen. Dabei können die Bereiche, Ladungsträger und Energieträger wieder mittels Drop-Down Menüs im Tabellenblatt „Standortbezogene_Auswertung“ ausgewählt werden. Dieses Tabellenblatt aktualisiert sich selbsttätig, sobald eine Zelle geändert wird. Für das hier dargestellte Berechnungsbeispiel ergibt sich die nachfolgend gezeigte Auswertung.

Tabelle 7: Auswertung der Treibhausgas-Emissionen für den gesamten Standort

Bereich_Bezeichnung	Bezugs-Ladungsträger	Bezugs-Energieträger	CO2 mit Vorproduktion [gCO2]	CO2-Äquivalente mit Vorproduktion [gCO2e]
Standort	Container	Heizöl	101.483,87	102.903,23
Standort	Gitterbox	Heizöl	3.044.516,13	3.087.096,77
Verwaltung	Container	Elektrische Energie (Strommix DE)	19.803,23	20.632,26
Verwaltung	Gitterbox	Elektrische Energie (Strommix DE)	594.096,77	618.967,74
Kommissionierzone	Gitterbox	Elektrische Energie (Strommix DE)	3.069.500,00	3.198.000,00
Hochregallager	Gitterbox	Elektrische Energie (Strommix DE)	1.534.750,00	1.599.000,00
Hof	Container	Diesel konventionell	1.595.000,00	1.620.000,00

Die Summe aller CO_2- bzw. CO_2e-Emissionen stellt dabei die Gesamtemission des Standortes dar.

6.6.7 Schritt 7: Kundenbezogene Auswertung

Nach der Bilanzierung des gesamten Standortes kann nun auch eine kundenspezifische Auswertung vorgenommen werden. Mit Hilfe dieser Auswertung kann berechnet werden, welche Emissionen die Aktivitäten für einen bestimmten Kunden an diesem Standort verursacht haben. In diesem Berechnungsbeispiel soll die Auswertung nun für den Kunden „TestKunde1“ erfolgen, für den

Gitterboxen und Container umgeschlagen werden, wobei ein Teil der Gitterboxen auch im Hochregallager zwischengelagert werden. Diese Auswertung erfolgt im Tabellenblatt „Kundenbezogene_DetailBerechnung“, in diesem können nun wieder alle betroffenen Bereiche, Ladungsträger und Energieträger sowie der auszuwertende Kunde per Drop-Down Menü ausgewählt werden. Die Berechnung aktualisiert sich selbsttätig. Die Auswertungsergebnisse für das Berechnungsbeispiel sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt, aus Gründen der Lesbarkeit werden der Auswahl- und der Berechnungsteil der Tabelle einzeln dargestellt.

Tabelle 8: Kundenspezifische Auswertung aller Aktivitäten (Auswahl)

Kunden_Bezeichnung	Bereich_Bezeichnung	Bezugs-Ladungsträger	Bezugs-Energieträger
TestKunde1	Standort	Container	Heizöl
TestKunde1	Verwaltung	Container	Elektrische Energie (Strommix DE)
TestKunde1	Verwaltung	Gitterbox	Elektrische Energie (Strommix DE)
TestKunde1	Standort	Gitterbox	Heizöl
TestKunde1	Hochregallager	Gitterbox	Elektrische Energie (Strommix DE)
TestKunde1	Hof	Container	Diesel konventionell

Tabelle 9: Kundenspezifische Auswertung aller Aktivitäten (Berechnungsergebnisse)

Verbrauch Kunde am Gesamtverbrauch [%]	CO2 mit Vorproduktion [gCO2]	CO2-Äquivalente mit Vorproduktion [gCO2e]
3,23	101.483,87	102.903,23
3,23	19.803,23	20.632,26
32,26	198.032,26	206.322,58
32,26	1.014.838,71	1.029.032,26
100,00	1.534.750,00	1.599.000,00
100,00	1.595.000,00	1.620.000,00

Hinweis: Die Allokation des Energieverbrauchs und somit der resultierenden Treibhausgas-Emissionen in diesem Beispiel erfolgt auf Basis der Anzahl der Ladungsträger. Dabei werden alle Ladungsträger in einem Bereich gleich behandelt, d.h. es ist nicht möglich vorzugeben, dass beispielweise ein Container mehr oder weniger Energieverbrauch in einem Bereich verursacht als eine Gitterbox.

Soll eine solche Gewichtung in der Realität vorgenommen werden, ist es sinnvoll für die verschiedenen Ladungsträger separate Bereiche im Tool zu definieren und den Energieverbrauch möglichst realitätsnah auf die Bereiche aufzuteilen.

Im Berechnungsbeispiel könnte eine solche Aufteilung z.B. für den Heizölverbrauch bezüglich Gitterboxen und Containern wünschenswert sein, der nur auf Standortebene bekannt ist. Im gegebenen Beispiel wurde der Heizölverbrauch gleichmäßig auf alle Ladungsträger (Gitterboxen und Container) aufgeteilt. Die Ergebnisse der Berechnung könnten noch genauer sein, wenn z.B. der Heizölverbrauch besser auf die einzelnen Bereiche umgelegt würde. Sind wie in diesem

Berechnungsbeispiel keine durch Verbrauchsmessungen ermittelten tatsächlichen Einzelverbräuche bekannt, kann auch mit plausiblen Abschätzungen gearbeitet werden. Eine mögliche Basis zur Abschätzung wäre die Betrachtung des beheizten Raumvolumens der einzelnen beheizten Bereiche.

7 Leerfahrten

Der CEN-Normentwurf schreibt vor, dass bei der Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen anteilig Leerfahrten zu berücksichtigen sind. Leerfahrten sind Fahrten ohne Fracht. Nötig sind sie vor allem zur Positionierung des Fahrzeugs, d.h. zur Bereitstellung des Fahrzeugs am Punkt der Beladung im Rahmen der Vorpositionierung und zur Rückfahrt vom Punkt der Entladung bei der anschließenden Neupositionierung.

Im Straßengüterverkehr können Energieverbrauch und Emissionen einer Leerfahrt anhand der verbrauchsbasierten Methode berechnet werden. Bei den anderen Verkehrsträgern werden Leerfahrten nicht berücksichtigt.

Näheres dazu in der Langfassung des Abschlussberichts.

8 Literaturverzeichnis

- DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2011). Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik. Bonn.
- Kranke, A.: „Besonderheiten des Bahntransports“. In VerkehrsRundschau 01/2011 S. 36-38.
- Kranke, A.: „Die Eigenheiten des Luftverkehrs“. In VerkehrsRundschau 04/2011 S. 32-35.
- Kranke, A.: „Leicht verbesserte CO_2-Datenlage“. In VerkehrsRundschau 02/2011 S. 30-32.
- Kranke, A.: „Der Fußabdruck eines Seetransportes“. In VerkehrsRundschau 03/2011 S. 40-43.
- Kranke, A.: „Emissionen von Immobilien“. In VerkehrsRundschau 06/2011 S. 35-37.

9 Ansprechpartner

Institut für Transportlogistik	Email:	muschkiet@itl.tu-dortmund.de
Markus Muschkiet	Telefon:	(+49)231 755-7322
Leonhard-Euler-Straße 2	Fax:	(+49)231 755-6338
44227 Dortmund		