

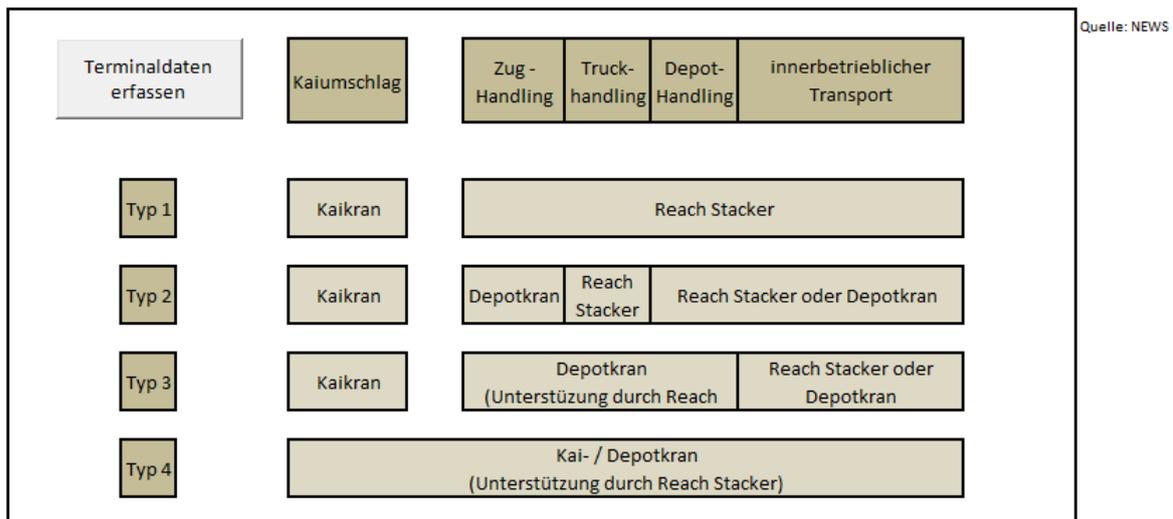
Bedienungsanleitung zum Zusatzmodul

Methodenbaukasten CO₂-Bilanz

Ergebnis der Analysen und Studien im Forschungsprojekt „CO₂-Bilanz – Multimodale Logistikknoten: Erweiterung des Methodenbaukastens CO₂-Bilanz zur exakteren Ermittlung und Zuordnung von Umwelteffekten in Multimodalen Logistikknoten“ ist die Entwicklung eines MS- Excel Demonstrators. Dieser dient zur vergleichsweise exakteren Berechnung von Emissionen beim Umschlag einzelner Ladeeinheiten in multimodalen Logistikknoten. Die Implementierung der Forschungsergebnisse in MS-EXCEL war Teil der Aufgabenstellung.

Das entwickelte Tool arbeitet zum einen mit individuellen Parametern, die jeder Hafenbetreiber selbst kennt bzw., erfassen kann und zum anderen mit den Ergebnissen einer umfangreichen Simulationsstudie. Hieraus lassen sich Verbrauchswerte für einzelne Kräne, Reach Stacker und infrastrukturelle Betriebsverbräuche eines Terminals berechnen. Auf dieser Grundlage ist der Ausweis von THG-Emissionen möglich. Die Differenzierung der Parameter wird durch Normen und Richtlinien zur CO₂-Bilanzierung sichergestellt. Nachfolgend werden Sie Stück für Stück in die Anwendung des Demonstrator-Moduls eingeführt.

1. Schritt 1: Erfassung von Terminaldaten



Grundsätzlich werden Sie vom Tool in jedem Eingabeschritt auf elementare Angaben hingewiesen. Zu Beginn wird eine Auswahl zum Terminaltyp getroffen. Diese Auswahlmöglichkeit unterscheidet zwischen bi- und trimodalen Terminals. Der Nutzer wird bei der Auswahl durch die Übersicht im Tabellenblatt „Terminallayouts“ unterstützt. Der Terminaltyp umfasst die Eingrenzung, ob im multimodalen Umschlagknoten auf einen oder mehrere Verkehrsträger umgeschlagen wird. Die

bedienten Verkehrsträger sind die Verkehrsträger, welche im Rahmen des Umschlags Zubringer bzw. Abnehmer einer Ladungseinheit sind. Anzahl, Typ und Handlingsfaktor der Ladeeinheiten kategorisiert die umgeschlagenen Einheiten und ermöglicht eine differenzierte Verbrauchsbetrachtung. Der Handlingsfaktor wird beeinflusst durch die infrastrukturelle und organisatorische Form des Hafens und kann zwischen unterschiedlichen Behältern variieren.

Im beschriebenen Tool können sowohl monatliche, als auch jährliche Angaben erfasst werden. Falls Ihre Werte bspw. lediglich monatlich vorliegen, werden diese automatisch auf Jährliche Angaben umgerechnet. In einem anschließenden Schritt wird die Anzahl der Terminalöffnungstage abgefragt. Die Eingabezelle erfordert die Angabe der geöffneten Tage des Terminals. Dieser Wert dient zur Differenzierung des indirekten Energieverbrauchs pro Ladungseinheit. Nach Erfassung dieser Einzeldaten kennt das Tool die grundlegenden Parameter des Multimodalen Logistikknotens.


**Institut für
Transportlogistik**
 Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

CO₂ - Methodenbaukosten:
 Zusatzmodul zur exakteren Ermittlung und Zuordnung
 von Umwelteffekten in Multimodalen Logistikknoten

Ladeeinheiten		
Anzahl	Ladeeinheiten	Zeitraum
3300	LE	Jahr

Daten zurücksetzen

Bedienungsanleitung

Kran / Kräne erfassen

Terminaltyp	
Information Terminallayouts	Trimodales Terminal

Bediente Verkehrsträger	
Verkehrsträger	Verladung
Schiene	JA
Schiff	JA
Straße	JA

Terminalöffnungstage	
Anzahl	in Tagen
200	200

Überblick Ladeeinheiten			
Behälter	Anzahl	Handlingsfaktor	Zeitraum
Container	1500	1,2	Monat
Wechselbehälter	1800	1,1	Monat

2. Schritt 2: Einsatz einzelner Kräne


**Institut für
Transportlogistik**
 Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

CO₂ - Methodenbaukosten:
 Zusatzmodul zur exakteren Ermittlung und Zuordnung
 von Umwelteffekten in Multimodalen Logistikknoten

Kräne im Umschlagterminal						
Name	Krantyp	Alter in [Jahren]	Energieverbrauch im Betrachtungszeitraum in [KWh]	Rekuperation	maximale Wirklänge	Anteil am Kranumschlag
Kran 1	Portalkran	> 1 Jahr < 10 Jahre	2600	NEIN	150	1

Bedienungsanleitung

Reach Stacker erfassen

Im Tabellenblatt „Kräne“ können Sie Ihre eingesetzten Kräne erfassen. Die Namensvergabe / Nummerierung für jeden Kran erfolgt automatisch. Die Kräne werden anhand der Kriterien Typ, Alter, Nutzung Rekuperation, Anteil am Gesamtumschlag und Wirklänge unterschieden. Der erste Parameter umschreibt den eingesetzten Krantyp. Hierbei ist der genutzte Kran dem Typen Portalkran, Rubber- Tyred- Gantry Cran oder Rail- Mounted- Gantry Cran zuzuordnen. Im nächsten Schritt wird

das Alter der Kräne kategorisiert (Auswahloptionen: „< 1 Jahr“, „ > 1 Jahr < 10 Jahre“, „> 10 Jahre“). Neben der Alterseinstufung sollten die Nutzung eines Krans mit Rekuperation (ja / nein- Angabe) und seine jeweilige Wirklänge in Metern angegeben werden. Die Wirklänge entspricht der Reichweite eines Krans beim Umschlag. Abschließend stellt sich die Frage, welchen Anteil hat Ihr Kran an der Gesamtumschlagleistung durch alle Kräne in Ihrem Terminal (Bitte in **Anteil x 100 %** eintragen /Falls sich im Terminal nur ein Kran im Einsatz befindet, tragen Sie hier bitte eine 1,0 für 100 % ein)? Ziel dieses Tabellenblatts ist die Auflistung aller Kräne, die durch den operativen Betrieb im Terminal zum Einsatz kommen.

3. Schritt 3: Operativer Einsatz von Reach Stacker und Leercontainerstapler

Reach Stacker / Leercontainerstapler im Umschlagterminal						
Name	Typ	Durchschnittliche Spieldauer [in s] (Leerspiel + Lastspiel)	Durchschnittlicher Verbrauch	Standheizung	Containerstapelhöhe [Anzahl Container]	Treibstoff
Reachstacker 1	Reach Stacker	90	1000	NEIN	5	Flüssiggas (LPG)

Bedienungsanleitung

Bestimmung von Container- und Reach Stacker Anteilen

Im Tabellenblatt „Reach Stacker“ werden die eingesetzten Reach Stacker erfasst. Die Namensvergabe erfolgt automatisch. Das Vorgehen zur Datenerfassung ist analog dem Tabellenblatt „Kräne“ in unterschiedliche Kriterien zum operativen Umschlagmittel eingeteilt. Diese Kriterien werden durch Dropdownlisten (Typ, Standheizung, Treibstoff) oder durch Kennzahlen (durchschnittliche Spieldauer, durchschnittlicher Verbrauch, Containerstapelhöhe) erfasst.

In der zweiten Spalte der Tabelle besteht eine Auswahl zwischen Reach Stacker und Leercontainerstapler. Zusätzlich zu dieser Angabe erfasst man die durchschnittliche Spieldauer, die sich aus einem Leer- und Lastspiel in Sekunden zusammensetzt. Neben dem Verbrauch in Litern pro Stunde sind die Parameter für den Einsatz einer Standheizung (Ja / Nein Angabe), die mögliche Containerstapelhöhe und der Treibstoff für das Umschlagmittel relevant. Damit schließen Sie die Erfassung der eingesetzten Kräne und Reach Stacker ab.

4. Schritt 4: Operative Terminalparameter zur differenzierten Emissionsberechnung

Verteilung Kran / Reach Stacker		
	Kran	Reach Stacker
Wechselbehälter	30%	70%
Container	90%	10%

Indirekte Ressourcen
hinzufügen

Bedienungsanleitung

Lagerzeiten pro Ladeeinheit		
Durchschnittliche Lagertage	Beladene LE	unbeladene LE
Wechselbehälter	2,00	15,00
Container	2,00	15,00

Tabellenblatt „Strategie“

Im Tabellenblatt „Strategie“ werden prozentuale Einsatzverteilungen, die Öffnungstage des Terminals und Lagerzeiten verschiedener Ladeeinheiten abgefragt. Diese Parameter werden für eine genauere Berechnung von Umweltbelastungen im multimodalen Logistikknoten benötigt und beeinflussen die Verteilung nicht direkt zurechenbarer Verbraucher, welche in einem weiteren Schritt erfasst werden.

Die prozentualen Angaben in der obersten Tabelle (s. Bild) beschreiben die Aufteilung der Ladeeinheiten beim Umschlag zwischen Kran / Reach Stacker (Umschlagbeteiligung) Hier wird jede Ladeeinheit in Bezug auf ihren Umschlag zwischen Kran und Reach Stacker unterschieden, d.h. wird ein Container direkt umgeschlagen, erfolgt der Transport zu 100 % per Kran und zu 0 % per Reach Stacker. Die durchschnittliche Lagerzeit einer Ladeeinheit entspricht den Tagen, an denen volle / leere Container am Terminal umgeschlagen oder gelagert werden. In der Regel ist die Anzahl der Lagertage für beladene Ladungseinheiten kleiner als für unbeladene Ladungseinheiten.

5. Schritt 5: Erfassung stationärer Energieverbraucher

CO₂ - Methodenbaukosten:
 Zusatzmodul zur exakteren Ermittlung und Zuordnung
 von Umwelteffekten in Multimodalen Logistikknoten

Fixe Energieverbraucher					
Bereich	Element	Energieart (Kürzel)	Verbrauch pro Betrachtungszeitraum	Einheit	Verbrauchsermittlung
Gebäude	Packhalle Beleuchtung	Fernwärme (FW)	9651	kWhth	Schätzung
Kühlcontaineranlage	Packhalle Dunkelstrahler	Erdgas-Heizwert (EGHW)	274428	kWh	Schätzung
Gebäude	Bürogebäude Strom	Strom (S)	70840	kWh	Schätzung
Gebäude	Bürogebäude Heizung	Erdgas-Heizwert (EGHW)	32560	kWh	Schätzung
Sonstiges	Flächenbeleuchtung Flutlicht	Strom (S)	85800	kWh	Schätzung
Sonstiges	Kranleuchten	Erdgas-Heizwert (EGHW)	20800	kWh	Schätzung

Energieverbrauch
berechnen

Bedienungsanleitung

Das Tabellenblatt „Stationäre Energieverbraucher“ beinhaltet Energieverbraucher, die einem Umschlagmittel oder einer Ladungseinheit nicht direkt zuordnungsbar sind. Beispiele für diese

Verbraucher sind z. B. Beleuchtungsanlagen oder Strom für die Heizung im Bürogebäude. Um eine Kategorisierung und Klassifizierung zu erreichen, können diese Verbraucher vier Klassen zugeordnet werden. Weitere Angaben sind die Bezeichnung des jeweiligen Verbrauchers, die Energieart des Verbrauchers und der Verbrauch im Betrachtungszeitraum. Optional kann noch die Verbrauchsermittlung (Schätzung oder Messung) erfasst werden. Die Angabe der Einheit erfolgt automatisch aufgrund der gewählten Energieart.

6. Schritt 6: Berechnung von Ergebnissen und Auswertung

	Umschlag	Handlingsfaktor	Umlagerung	Handling Kran	Handling Reach Stacker	Kranhandling	Umlagerung
Container	1500,00	1,20	300,00	0,90	0,10	1350,00	270,00
Wechselbehälter	1500,00	1,30	450,00	0,30	0,70	450,00	135,00
Sattelaufleger	1500,00	1,40	600,00	0,60	0,40	900,00	360,00
Kühlcontainer	28000,00	1,50	14000,00	0,70	0,30	19600,00	9800,00
			15350,00			22300,00	10565,00

Energieverbrauchsrechnung	Bedienungsanleitung
Auswertung Kran / Kräne	

Kran	Verbrauch in kWh	Kranumschlag	Einordnung Wirkbereich				Energieverbrauch pro Umschlag	Rekuperation	Wirklänge
		Anteil am Kranumschlag	E 1	E 2	E 3	E 4	X		
Kran 1	2600	1	0,0056	0,1979	0,2842	0,5123	0,0300	NEIN	150,000

Nach der sukzessiven Eingabe der Kräne, Reach Stacker und anderer Rahmenparameter, die für den Energieverbrauch eines multimodalen Logistikknotens notwendig sind, ist die Erfassung abgeschlossen. Der Button „Energieverbrauchsberechnung“ berechnet per Mausklick die Umlagerungen im Terminal und die anteiligen Handlings für alle Kräne. Im Tabellenblatt „EG_RS“ findet diese Berechnung ebenfalls statt, mit den entsprechenden Daten für alle erfassten Reach Stacker.

Nach diesem Klick wird für jeden Kran der Energieverbrauch pro Umschlag berechnet. Für diese Auswertung werden die Ergebnisse der Simulationsstudie sowie Parameter aus dem Tabellenblatt „Kräne“ verwendet. Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich im Tabellenblatt „AuswertungKran“ ein Energieverbrauch pro Umschlag pro Entfernungskategorie angeben. Die Entfernungskategorien umfassen hierbei folgende Längen (s = Länge der Kranbewegung).

Entfernungskategorie	Länge in Meter
E1	$0 < s < 20$
E2	$20 < s < 60$
E3	$60 < s < 100$
E4	$s > 100$

Diese Berechnungsschritte werden analog für den Reach Stacker vollzogen, wobei in diesem Fall keine Kategorisierung des Verbrauchs nach Entfernungen stattfindet.

Kran	Typ Ladeeinheit	Energieverbrauch pro Umschlag in kWh				Energie (TTW/direkt) in MJ					Energie (WTW/gesamt) in MJ
		E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	
Kran 1	Container	0,0300	0,0865	0,1132	0,1309	0,1080	0,3113	0,4074	0,4713	0,30	
Kran 1	Wechselbehälter	0,0300	0,0865	0,1132	0,1309	0,1080	0,3113	0,4074	0,4713	0,30	
Kran 1	Sattelaufleger	0,0300	0,0865	0,1132	0,1309	0,1080	0,3113	0,4074	0,4713	0,30	
Kran 1	Kühlcontainer	0,0300	0,0865	0,1132	0,1309	0,1080	0,3113	0,4074	0,4713	0,30	

In den Tabellen „Auswertung Kran“ und „Auswertung RS“ lassen sich jeweils auf Behälterebene die Verbrauchswerte identifizieren. Die entsprechenden THG- Emissionen werden normgerecht ausgegeben. Ein Klick auf den jeweiligen Button wechselt die Ansicht zur nächsten Tabelle. Die Bezeichnung des Buttons entspricht der nächsten Tabellenansicht.

Spezifizierte Auswertung Reach Stacker									
Reach Stacker	Ladeeinheit	Diesel	Energieverbrauch RS pro Umschlag pro Ladeeinheit	Emission pro Ladeeinheitenumschlag (Reach Stacker)					
				Energie (TTW/direkt) in MJ	Energie (WTW/gesamt) in MJ	CO ₂ (TTW/direkt) in kg CO ₂	CO ₂ (WTW/gesamt) in kg CO ₂	CO ₂ e (TTW/direkt) in kg CO ₂ e	CO ₂ e (WTW/gesamt) in kg CO ₂ e
Reachstacker 1	Container	Flüssiggas (LPG)	25,0000	627,5000	722,5000	40,0000	47,0000	40,2500	47,5000
Reachstacker 1	Wechselbehälter	Flüssiggas (LPG)	25,0000	627,5000	722,5000	40,0000	47,0000	40,2500	47,5000
Reachstacker 1	Sattelaufleger	Flüssiggas (LPG)	25,0000	627,5000	722,5000	40,0000	47,0000	40,2500	47,5000
Reachstacker 1	Kühlcontainer	Flüssiggas (LPG)	25,0000	627,5000	722,5000	40,0000	47,0000	40,2500	47,5000

Abschließend werden die nicht direkt zuordnungsbaren Energieverbraucher im multimodalen Logistikknotten ergänzt. Auf dieser Grundlage ergibt sich eine Gesamtübersicht im Tabellenblatt „AuswertungGesamt“. Diese zeigt für jeden erfassten Kran, Reach Stacker und aggregierten nicht direkt zuordnungsbaren Verbraucher den Energieverbrauch pro Umschlag pro Ladungseinheit. Des Weiteren sind die normgerechten Energiewerte, CO₂-Werte und CO₂e-Werte ausgewiesen. Somit ist der Anwender des Tools in der Lage, aufgrund seiner individuellen Anzahl an Prozessen eine exaktere Bilanz der Emissionen aufzustellen.