



EffizienzCluster  
LogistikRuhr

## Schlussbericht von 'DB Schenker' zum Verbundprojekt Green Logistics

im Leitthema »Umwelt im Fokus«

DB Mobility Logistics AG  
Grischa Meyer

Laufzeit: 01. Juni 2010 bis 31. März 2015

**Green**  
Logistics!

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IC10L06B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## Inhaltsverzeichnis

### I Kurze Darstellung

1	Aufgabenstellung .....	3
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	3
3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
3.1	Inhaltliche Projektstruktur von Green Logistics .....	4
3.2	Zeitlicher Ablauf von Green Logistics .....	7
3.3	Projektpartner von Green Logistics.....	9
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	11
4.1	Ökologische Bewertung.....	11
4.1.1	Methoden und Instrumente zur Ermittlung und Bewertung von Umweltwirkungen 11	
4.1.2	Ökolabel und Zertifizierungssysteme.....	15
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	19

### II Eingehende Darstellung

1	Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse .....	20
1.1	Bestands- und Anforderungsaufnahme .....	20
1.1.1	Morphologischer Kasten für ökologische Lösungen.....	20
1.1.2	Ist-Situation ökologische Bewertung.....	21
1.1.3	Stand des EU-Emissionshandels mit Fokus Logistik .....	29
1.1.4	Systemdefinition.....	30
1.2	Ökologischer Bewertungsbaukasten .....	37
1.2.1	Detaillkonzept für die ökologische Bewertungsmethode.....	37
1.2.2	Demonstrator des ökologischen Bewertungsbaukastens.....	38
1.2.3	Datenqualität, Erhebungsumfang, Referenzobjekte und Bibliotheken.....	39
1.3	Strommessungen .....	40
1.4	Zertifizierungssystem.....	42
1.5	Fallstudie ecoNet: Ökoeffizientes Netzwerkmanagement.....	43
1.5.1	Auslastungsoptimierung .....	44
1.5.2	Standardisierung von Ladeeinheiten .....	44
1.6	Fallstudie ecoModal Teil A: CO <sub>2</sub> -Vermessung eines Intermodal-Netzwerks .....	46
1.6.1	Prozessanalyse des Kombinierten Verkehrs .....	46
1.6.2	Ökologische Bedeutung von Rangier- und Umschlagstätigkeiten.....	47
1.6.3	Bestandsaufnahme und Bewertung von Beispielrelationen .....	48
1.6.4	Entwicklung eines Kalkulationstool – Emissionsfaktoren .....	49

1.6.5	Entwicklung eines Kalkulationstools – Input-/ Outputmodell.....	54
1.6.6	Entwicklung eines Kalkulationstools – Ergebnisse .....	58
1.7	Fallstudie ecoModal Teil B: Intermodalität von morgen .....	60
1.7.1	Logistiknetzwerke im Paket- und Stückguttransport .....	61
1.7.2	Untersuchung der Barrieren und Marktanforderungen .....	63
1.7.3	Entwicklung von Szenarien .....	65
1.7.4	Ökologische Bewertung der Transportalternativen.....	66
1.7.5	Transportkosten.....	69
1.7.6	Transportdauer- und Aufkommensanalyse.....	71
1.7.7	Fazit.....	74
1.8	Ergebnisintegration Green Logistics.....	74
1.9	Anforderungen und Validierung.....	75
2	Einordnung der Ergebnisse in das Leitthema „Umwelt im Fokus“ .....	77
2.1	Erläuterungen zum zahlenmäßigen Nachweis .....	78
3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	78
4	Nutzen des Projektes.....	79
5	Fortschritte und Entwicklungen auf dem Gebiet des Projektes bei anderen Stellen	82
6	Veröffentlichungen.....	83
7	Quellenverweis .....	83

## I. Kurze Darstellung

### 1 Aufgabenstellung

Das Ziel des Gesamtprojektes „Green Logistics“ war, die ökologischen Wirkungen logistischer Systeme und Prozesse erstmalig vollumfänglich, verursachungsgerecht und standardisiert zu bestimmen sowie Methoden und Instrumente zur Bewertung von Lagerung, Distribution bis hin zur Reverse Logistics zu entwickeln. Es sollte die integrative Betrachtung der Bereiche Logistikimmobilie, Intralogistik und Transport ermöglicht werden und Verbesserungspotentiale abgeschätzt werden können.

Zusätzlich galt es, in „Green Logistics“ standardisierte ökoeffiziente Logistiklösungen, z. B. im Rahmen von definierten Fallstudien (praktische Tests), zu entwickeln und Unternehmen eine Entscheidungsunterstützung bei der Gestaltung ökoeffizienter logistischer Systeme und Prozesse zu liefern.

Die DB Mobility Logistics AG mit dem Ressort Transport und Logistik (DB Schenker) hat sich um Ziel gesetzt, seine Kompetenz in der Erstellung von Umweltbilanzen zu erhöhen. Klimawandel, Verknappung der natürlichen Ressourcen und Luftverschmutzung gehören zu den größten Herausforderungen in der globalisierten Welt. Unternehmen haben daher eine besondere Verantwortung für umweltverträgliches Handeln und den effizienten Umgang mit Rohstoffen und Materialien. Es steigen nicht nur die gesellschaftlichen Erwartungen und der politische Handlungsdruck gegenüber der Wirtschaft, einen wirksamen Beitrag zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlage zu leisten. Auch die Kunden von DB Schenker erwarten umweltfreundliche Angebote, um ihre eigene Ökobilanz verbessern zu können. Als Mitglied im EffizienzCluster LogistikRuhr stellt sich DB Schenker seiner Verantwortung – durch das Angebot effizienter, innovativer und vernetzter Logistiklösungen und mit einer starken Eisenbahn.

### 2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt wurde im Rahmen des Spitzenclusterwettbewerbs, 2. Runde, als Teil des EffizienzCluster LogistikRuhr beantragt und durchgeführt. Während der Projektbearbeitung wurden Projekterfahrungen und Ergebnisse im Rahmen von Clustertreffen und Leitthemenworkshops mit anderen Projekten des EffizienzClusters ausgetauscht. Für die Verwertung der Projektergebnisse werden die Einrichtungen, Gremien und Veranstaltungen des EffizienzClusters vorrangig genutzt. Das Clustermanagement der ECM GmbH unterstützt diese Prozesse über die Projektlaufzeit hinaus. Das BMBF fördert die Projekte des EffizienzClusters insgesamt mit bis zu 40 Millionen Euro. Die Partner dieses Projektes wurden mit bis zu 50% der Antragssumme gefördert.

Green Logistics stellte eine wichtige Basis für die Vision des Leitthemas »Umwelt im Fokus«, ressourcenschonende Verfahren, Dienstleistungen und Techniken für eine ökoeffiziente Logistik zu entwickeln und damit »Ökonomie durch Ökologie« zu realisieren. Transparenz hinsichtlich der Ökoeffizienz von Logistik sollte durch einen standardisierten, zertifizierten Rahmen geschaffen, methodische Grundlagen für die ökologische Bewertung entwickelt und mittels acht konkreter Fallstudien der Nachweis über die Realisierbarkeit ökoeffizienter Lösungen erbracht werden.

Seit 1994 wird die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG in der Abteilung DB Umwelt entwickelt und gesteuert und damit DB Schenker durch Beratung und Service unterstützt. EcoTransIT World, der online angebotene weltweite Umweltvergleich zwischen Schiff, Flugzeug, Lkw und Bahn, wurde beispielsweise hier mit entwickelt.

Seit über zehn Jahren verfügt DB Schenker Rail über eine Umweltsabteilung, die maßgeblich den Aufbau sowie die Entwicklung und Verfolgung von Umweltsgrundsätzen vorangetrieben hat und das kontinuierliche Monitoring der Umweltsaktivitäten bündelt. DB Schenker Rail Deutschland ist seit 2002 nach ISO 14001 zertifiziert. Das Umweltsmanagement von DB Schenker Logistics wird von der Abteilung HSE (Health, Safety, Environment) im Risk Management betreut. Die Umsetzung des Umweltsmanagements erfolgt dezentral durch Umweltsmanager in den Landesorganisationen. Bei DB Schenker Logistics sind insgesamt 48 Länder weltweit nach ISO 14001 zertifiziert, ein globales Umweltsmanagementsystem wurde im Februar 2011 verabschiedet.

Um die Umsetzung und Weiterentwicklung von umweltfreundlichen Transport- und Logistiklösungen sowie Effizienzen zur Senkung von Treibhausgasen (THG) kontinuierlich voranzutreiben und zu steuern, wurden wichtige Maßnahmen umgesetzt: (1) Verankerung der Reduktion von THG-Emissionen als Teil der Zielvereinbarungen des Top-Managements. (2) Implementierung eines neuen DB Schenker übergreifenden Kompetenzteams zum 1. Januar 2011, welches auch das Verbundprojekt ‚Green Logistics‘ verantwortet.

Nach der Energiewirtschaft gilt der Verkehrssektor als einer der Hauptverursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Luftverschmutzung. Die gewerblichen und privaten Verkehrsströme verursachen rund 24 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Während in einigen Branchen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bereits sinken, nehmen sie im Verkehrsbereich aufgrund der immer größeren Waren- und Reisendenströme weltweit zu. Das bedeutet einen besonders hohen Handlungsbedarf, aber auch große Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Einsparung, die ausgeschöpft werden können. Um im globalen Wettbewerb zu bestehen, reagieren Unternehmen mit internationalen Strategien, sei es beim Einkauf von Rohstoffen, der Produktion oder in ihren Absatzmärkten. Durch die wachsenden Warenströme nehmen Verkehrsvolumen und die damit verbundenen Emissionen zu. Die Nachfrage nach umweltfreundlicheren, effizienteren Transportmöglichkeiten nimmt zu – die Bereitschaft, dafür bei Preis, Flexibilität und Transportdauer Zugeständnisse zu machen ist dagegen eher geringer. Daher sind Ansätze ohne Zusatzkosten besonders bedeutsam. DB Schenker bietet auch Umweltschutzmaßnahmen sowie Beratungsansätze an, die für die Kunden kostenneutral sind oder ihnen sogar eine Ersparnis durch einen Modal Shift auf kostengünstigere Transportwege bieten. Beim Thema Verkehrsverlagerung setzt auch das Verbundprojekt ‚Green Logistics‘ an.

Zu Beginn des Projektes hat die DB alle Umweltsaktivitäten im sogenannten ‚DB Eco Programm‘ gebündelt und mit der ‚Grünen Ecke‘ kommunikativ begleitet. Hierbei standen drei Stoßrichtungen im Mittelpunkt: (1) Entlastung der Umwelt durch Angebot neuer grüner Produkte für den Kunden, (2) Schonung des Klimas durch hohe Energieeffizienz und (3) Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen durch Ausbau erneuerbarer Energien.

### **3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

#### **3.1 Inhaltliche Projektstruktur von Green Logistics**

Vor dem Hintergrund der dargestellten Zielstellungen war das Projekt Green Logistics in fünf inhaltliche Arbeitspakete sowie zwei weitere begleitende Arbeitspakete untergliedert, welche in Abbildung 1 dargestellt sind.

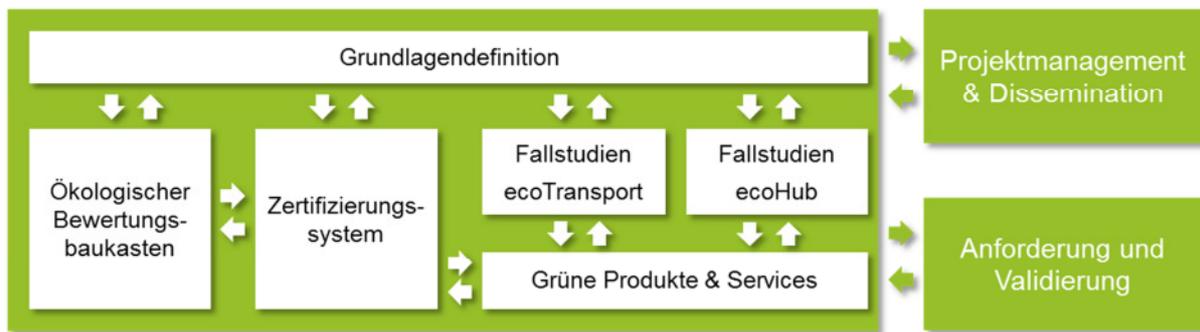


Abbildung 1: Inhaltliche Projektstruktur von Green Logistics (Quelle: GreenLogistics)

Nachfolgend werden diejenigen Arbeitspakete dargestellt, an welchen PARTNER maßgeblich beteiligt war.

### Grundlagendefinition (AP 1)

Beginnend mit einer systematischen Aufnahme bestehender Lösungen im Bereich der grünen Logistik sollten alle vorhandenen Ansätze und Konzepte sowie die relevanten Schwachstellen und Lücken identifiziert und dokumentiert werden (AP 1.1). Diese Analyse und Bewertung fokussierte ökologische Bewertungs- und Zertifizierungsverfahren, Softwaresysteme und Datenquellen/ -banken ebenso wie ökologische Logistikprodukte und -dienstleistungen.

Mit Fokus auf die zu entwickelnde ökologische Bewertungsmethode und das Zertifizierungssystem für Logistikdienstleister sollten die jeweiligen Anforderungen an die zukünftigen Lösungen aufgenommen und formuliert werden (AP 1.2). Eine Systemdefinition sollte den zukünftigen Bilanzraum und die ökologischen Zielgrößen festlegen (AP 1.3).

Dabei hat DB Schenker an der Bestandsaufnahme für die Bereiche ökologische Bewertung, Softwaresysteme und Datenbanken, Zertifizierung sowie der Fallstudien ecoModal A ‚CO<sub>2</sub>-Vermessung Intermodal-Netzwerks‘ und ecoModal B ‚Intermodalität von morgen‘, insbesondere vor dem Hintergrund von Transportprozessen des Verkehrsträgers Schiene mitgearbeitet. DB Schenker hat Anforderungen an die ökologische Bewertung von Logistikdienstleistern mit dem Schwerpunkt des Verkehrsträgers Schiene und die hierfür erforderliche IT-Unterstützung definiert und mit den Partnern abgestimmt. Hieraus hat DB Schenker eine Systemdefinition zur ökologischen Bewertung von logistischen Systemen und Prozessen für den Verkehrsträger Schiene erarbeitet.

### Ökologischer Bewertungsbaukasten (ÖBBK) (AP 4)

Die Entwicklung des Demonstrators zur Bewertung der Umweltwirkungen logistischer Systeme, Prozesse und Dienstleistungen umfasste zu Beginn die Definition von Anforderungen an die Daten sowie von Ansätzen für deren Erhebung und Validierung (AP 4.1). Auf Basis der formulierten »Systemdefinition« sollte die Methode zur ökologischen Bewertung von Logistikdienstleistungen mit den erforderlichen Berechnungsformeln, Allokationsregeln, Parametern u.a. entwickelt werden. Gleichzeitig sollten die allgemeinen Anforderungen an den Demonstrator erarbeitet sowie die erforderlichen Reports und Auswertungsmöglichkeiten definiert und in einem Anforderungskatalog für die prototypische Realisierung des ÖBBK zusammengeführt werden (AP 4.3). Parallel hierzu sollte eine umfassende Aufnahme relevanter Datensätze erfolgen, um einerseits Fallstudien im späteren Verlauf des Projektes exemplarisch ökologisch bewerten zu können und andererseits die Bewertungsmethode sowie den ÖBBK mit den erforderlichen Parametern, Kennzahlen, Referenzobjekten und Bibliotheken zu vervollständigen (AP 4.2). Auf Grundlage der Systemdefinition hat DB Schenker

mit Hilfe des Umweltrechners EcoTransIT Daten für die Vermessung von Netzwerken des Verkehrsträgers Schiene erhoben, bereitgestellt und dokumentiert, um daraus einen ökologischen Bewertungsbaukasten für logistische Systeme zu mitzuentwickeln.

### **Zertifizierungssystem (AP 5)**

Die in AP 1.2 zusammengestellten Anforderungen an das Zertifizierungssystem sollten weiter konkretisiert und die als relevant eingestuft bestehenden Zertifizierungsansätze übernommen und für den Logistikbereich angepasst werden (AP 5.1). Darauf aufbauend sollten die Grundlagen des Zertifizierungssystem entwickelt sowie der Ablauf und der Kriterienkatalog der Zertifizierung von Logistikdienstleistern gestaltet werden (AP 5.2). Im Rahmen des Zertifizierungssystems hat DB Schenker geltende Standards, Kriterienkataloge, Indikatoren etc. im Bereich umweltverträglicher Logistik für Intralogistik, Transportlogistik und Logistikimmobilie mit den Partnern abgestimmt.

### **Fallstudien ecoTransport (AP 2)**

In Green Logistics sollten sieben Fallstudien mit dem Ziel der konzeptionellen Gestaltung einer grünen Logistik im Bereich Transport durchgeführt werden. Während vier Fallstudien partnerübergreifend bearbeitet werden sollten (AP 2.2 bis AP 2.5), konzentrierten sich drei Fallstudien auf unternehmensspezifische Ansätze (AP 2.1, AP 2.6, AP 2.7). Einzelne Fallstudien sollten zudem im Realbetrieb untersucht werden (»Grüne Produkte und Services AP 7).

In der Fallstudie »Ökoeffizientes Netzwerkmanagement« (»ecoNet« AP 2.2) sollte allgemein die Möglichkeit der Auslastungsoptimierung zur Reduktion von Verkehren und Emissionen bei gleichbleibender Qualität untersucht werden. Partnerübergreifend sollten Ansätze wie beispielsweise Aufbau kooperativer Transporte, Nutzung von Volumenboxen oder Einsatz des Euro-Combis in der Stückgut- und Paketlogistik-Branche betrachtet werden. Hier hat DB Schenker Einsatzmöglichkeiten von Ladebehältern, z.B. Volumenboxen zur Reduzierung von Verkehren geprüft und Vorgaben zu deren Standardisierung für den intermodalen Verkehr erarbeitet.

In der Fallstudie »CO<sub>2</sub>-Vermessung Intermodal-Netzwerk« (»ecoModal A« AP 2.4) sollten die Umweltwirkungen des kombinierten Verkehrs im Vergleich zum reinen Straßenverkehr und Verlagerungsoptionen herausgearbeitet werden. Die hierbei abzuleitende Bewertungsmethodik sollte am Beispiel des Schienentransports auf einem Nord-Süd-Korridor der Deutsche Bahn erfolgen.

In der Fallstudie »Intermodalität von morgen« (»ecoModal B« AP 2.5) sollten die in AP 2.4 identifizierten Verlagerungsoptionen näher untersucht werden. Diese partnerübergreifende Analyse sollte Aspekte wie z. B. Gestellungs- und Fahrzeiten, Anforderungen an die Marktteilnehmer und Lieferanten zum Abbau von Hemmnissen beinhalten. Im Ergebnis sollte ein Konzept zur systematischen und automatischen Überprüfung der Einsatzfähigkeit intermodaler Transportketten für bestimmte Transportaufgaben unter definierten Rahmenbedingungen entwickelt werden.

In den Untersuchungen zum Kombinierten Verkehr hat DB Schenker ein Teilnetz des Kombiverkehrs-Netzes ausgewählt, Produktions- und Leistungsdaten erhoben, vorhandene beziehungsweise potentielle Sendungsvolumen der Industriepartner Schmidt-Gevelsberg, Deutsche Post und UPS im untersuchten Teilnetz abgebildet, die Umweltwirkung im Kombinierten Verkehr im Vergleich zum Lkw durch CO<sub>2</sub>-Vermessung herausgearbeitet und die ermittelten Daten in einer Datenbank systematisch hinterlegt. Auf Grundlage dieser Untersuchungen hat DB Schenker ein Kalkulationstool zur CO<sub>2</sub>-Ermittlung des Transportes von Einzelsendungen im Teilnetz entwickelt, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Kombinierten Verkehr im

Vergleich zum LKW und mögliche Verlagerungspotentiale zu bewerten. Schließlich hat DB Schenker in den Untersuchungen zum Kombinierten Verkehr mit den Partnern Anforderungen zur Verlagerung auf alternative Verkehrsträger erarbeitet, notwendige Modifikationen bestehender KV-Lösungen abgeleitet und Alternativszenarien hinsichtlich Laufzeiten, Auslieferungs- und Abholzeitfenster entwickelt.

### **Grüne Produkte und Services (AP 7)**

In diesem Arbeitspaket sollten die Einzelergebnisse der parallel bearbeiteten Arbeiten (AP 1 bis 6) in Form eines morphologischen Kastens, Leitfäden und Default-Werte für den ökologischen Bewertungsbaukasten zusammengeführt werden («**Ergebnisintegration Green Logistics**» AP 7.7).

### **Anforderungen und Validierung (AP 6)**

Dieses Arbeitspaket sollte der Integration externer Expertise durch Stakeholder dienen, wie beispielsweise Verlagerer unterschiedlicher Branchen und weiterer Logistikdienstleister sowie Technologieanbieter. Hierzu sollte in einem ersten Schritt eine Stakeholder-Group aufgebaut werden (AP 6.1), welche die möglichst breite Beteiligung aller relevanten Bereiche sowohl national als auch international sicherstellen sollte. Dieser Beraterkreis sollte einerseits dabei unterstützen, Anforderungen hinsichtlich grüner Logistiksysteme und -produkte aus einem erweiterten Blickwinkel heraus zu definieren (AP 6.2). Andererseits sollten die entwickelten Methoden und Konzepte im Rahmen der Anwendungsbereiche der Stakeholder weitergehend validiert und so der Erkenntnistransfer sichergestellt werden (AP 6.3). Um die Ergebnisse aus dem Verbundprojekt zu validieren, hat DB Schenker bei der Zusammensetzung eines Beraterkreises, der ‚Stakeholder-Group‘, mitgewirkt, gemeinsame Marketingunterlagen zur Ansprache von Unternehmen vorbereitet und geeignete Unternehmensvertreter gezielt angesprochen. Desweiteren hat DB Schenker die eigenen Arbeiten für die Stakeholder-Group aufgearbeitet und dokumentiert, die Anforderungen an grüne Produkte und Dienstleistungen aufgenommen und den Erfahrungsaustausch mit Kunden und Politik vorangetrieben.

### **Projektmanagement & Dissemination (AP 0)**

Dieses Arbeitspaket sollte die bestmögliche Einbindung aller Projektpartner in das Verbundvorhaben realisieren sowie einen effizienten Ressourceneinsatz und eine zielgerichtete Projektbearbeitung sicherstellen. Ferner sollte in diesem Arbeitspaket eine systematische und einheitliche Dokumentation und Verbreitung der erarbeiteten Ergebnisse, z. B. in Form von Berichten, Leitfäden, Veröffentlichungen, Präsentationen sowie einer Projektinternetseite, erfolgen.

## **3.2 Zeitlicher Ablauf von Green Logistics**

Das Projekt Green Logistics war grob in drei inhaltliche Phasen untergliedert: Die Grundlagenphase (Q3 2010 bis Q4 2011) realisierte die Erarbeitung der Vorarbeiten & Anforderungen, welche Eingang in die Arbeitspakete zu Fallstudien, Zertifizierungssystem und Ökologischen Bewertungsbaukasten finden sollte. Diese wurden in der zweiten, konzeptionellen Phase (Q3 2011 bis Q4 2013) bearbeitet. Abgeschlossen wurde das Projekt mit einer Realisierungsphase (Q2 2012 bis Q1 2015), in welcher die grünen Produkte und Services umgesetzt und unter Realbedingungen getestet wurden (siehe Abbildung 2).

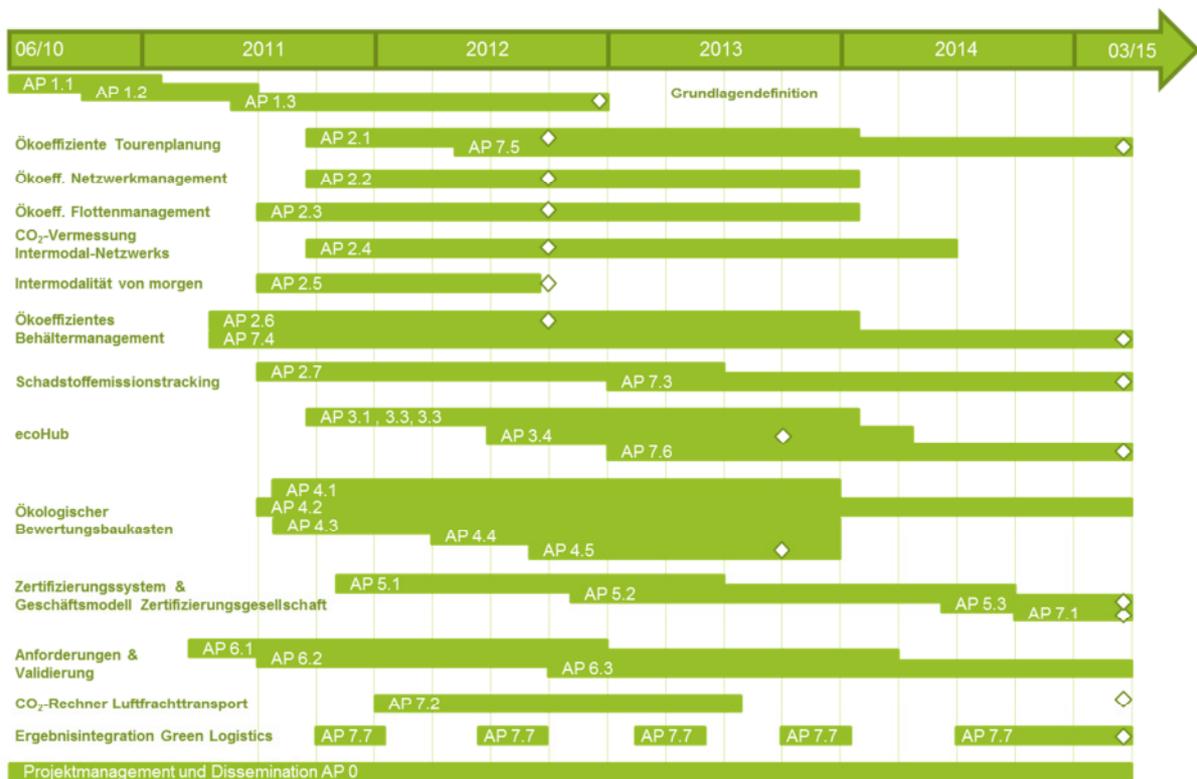


Abbildung 2: Realer Projektverlauf nach Arbeitspaketen (AP) und Meilensteinen (Quelle: GreenLogistics)

Die gesamte Projektlaufzeit erfolgte kontinuierlich das Projektmanagement, die Dokumentation der Arbeiten sowie der Wissenstransfer über das Verbundvorhaben hinaus.

Während der Projektbearbeitung haben sich einige zeitliche Veränderungen im Vergleich zum beantragten Projektplan ergeben. Diese waren i.d.R. inhaltlich begründet und hatten keinerlei Einfluss auf die Zielerreichung des Projektes. Die wesentlichen Unterschiede sind nachfolgend zusammenfassend anhand der AP-Struktur dargestellt (siehe auch Abbildung 3).

Die **Grundlagendefinition** (AP 1) sollte die Basis für die Arbeitspakete der konzeptionellen Phase und die Grünen Produkte und Services bilden. Hierbei wurde das Arbeitspaket »Systemdefinition« teilweise detaillierter als ursprünglich geplant durchgeführt, wodurch eine zeitliche Verschiebung von geplant 12/2011 auf real 12/2012 erforderlich wurde. Im Ergebnis liegt eine umfangreiche Dokumentation mit Detailuntersuchungen und Modellrechnungen ergänzt um eine begleitende Literaturrecherche vor. Im Ergebnis stellt die »Systemdefinition« die Empfehlung von Seiten des Green Logistics Projektes zur Vorgehensweise für die ökologische Bewertungsmethode von Logistikdienstleistungen inklusive des zu betrachtenden Bilanzraums und relevanten Prozessen sowie Bewertungsgrößen.

Der Beginn der Fallstudien »ecoTransport« (AP 2) war für 09/2011 geplant. Bei der Fallstudie »**ecoModal Teil A**« (AP 2.4) verzögerte sich die Beschaffung von Realdaten, so dass der Bearbeitungszeitraum um vier Monate verlängerte wurde. Die Fallstudie »**ecoModal Teil B**« (AP 2.5) wurde zwei Monate früher begonnen sowie aufgrund frühzeitiger Ergebnisse vorgezogen (geplant 1/2013, real 8/2012) beendet.

Die Erarbeitung des Demonstrators eines Ökologischen Bewertungsbaukastens (AP 4) verzögerte sich aufgrund der späteren Beendigung der Systemdefinition, da die Anforderungen an die Bewertungsmethode maßgebliche Grundlage für alle weiteren Arbeiten darstellten. Dementsprechend verlängerten sich die Arbeitspakete »**Datenqualität und Erhebungsum-**

fang« (AP 4.1) bis 01/2014. Das Arbeitspaket »Datenbasis Referenzobjekte und Bibliotheken« (AP 4.2) wurde zwei Monate früher begonnen und bis Projektende bearbeitet, da insbesondere die Strommessungen an Logistikstandorten als aufwendiger aber gleichzeitig auch als erkenntnisreicher als ursprünglich geplant darstellten und dementsprechend mehr Messungen durchgeführt wurden.

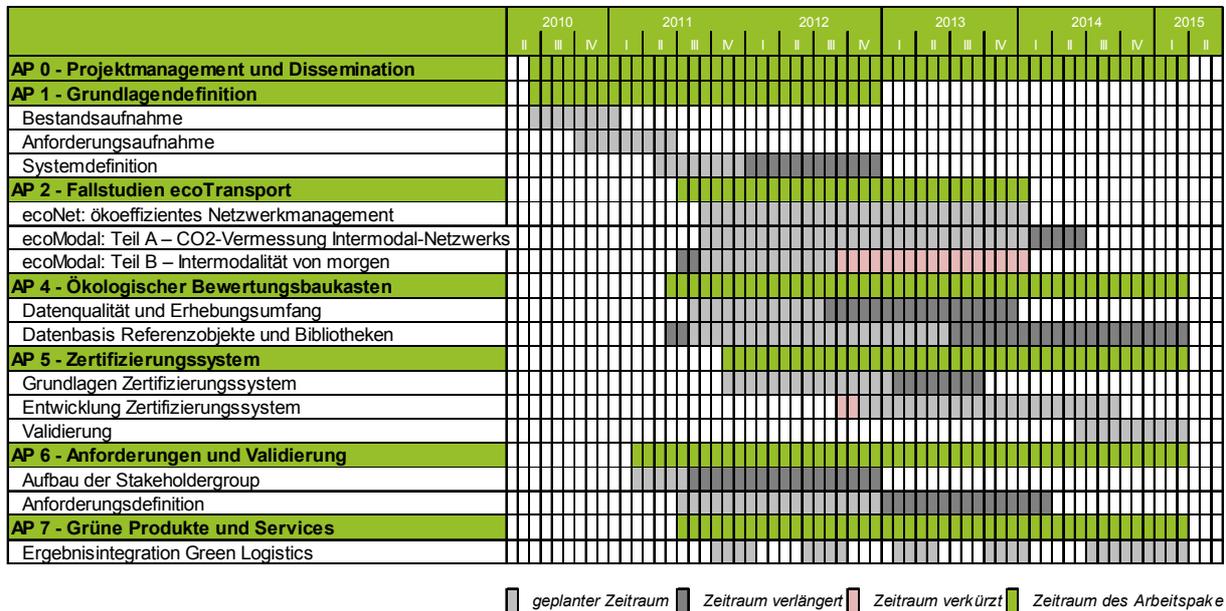


Abbildung 3: Gegenüberstellung geplanter zum realen Projektverlauf nach Arbeitspaketen (Quelle: GreenLogistics)

Das Arbeitspaket zu den »Grundlagen des Zertifizierungssystems« (AP 5.1) wurde später begonnen und erforderten zudem einen längeren Bearbeitungszeitraum, so dass dieses erst 09/2013 mit einem dreivierteljährigen Verzug beendet wurde. Die Bearbeitung des Arbeitspakets »Entwicklung Zertifizierungssystem« (AP 5.2) wurde zwei Monate später begonnen aber zum ursprünglich geplanten Zeitpunkt beendet.

Der »Aufbau der Stakeholder Group« (AP 6.1) erforderte einen verlängerten Zeitraum, das Arbeitspaket wurde von 07/2011 auf 12/2012 verlängert, so dass im Dezember 2012 das erste Stakeholder Group Treffen veranstaltet werden konnte. Um insbesondere die Ergebnisse der Fallstudien wie auch das entwickelte ökologische Bewertungsverfahren und Zertifizierungssystem für Logistikdienstleister von externer Seite beleuchten zu können, wurde das Arbeitspaket »Anforderungsdefinition« (AP 6.2) bis 03/2014 verlängert (Plan 12/2012).

### 3.3 Projektpartner von Green Logistics

Im Green Logistics Konsortium waren elf Partner beteiligt, die die Bereiche Logistikimmobilie, Intralogistik und Transport abdeckten sowie ihre Kompetenzen insbesondere für die Verkehrsträger Schiene, Luft und Straße sowie die Branchen Kontraktlogistik, Stückgutlogistik sowie Paketlogistik einbrachten. Ferner war fachliche Expertise bezüglich der ökologischen Bewertung sowie Zertifizierungssysteme erforderlich.

Nachfolgende Übersicht verdeutlicht die inhaltliche Abgrenzung der Aufgabenbereiche der jeweiligen Projektpartner im Konsortium Green Logistics.



Abbildung 4: Abgrenzung der Aufgabenbereiche im Green Logistics Konsortium sowie beteiligte Unternehmen in der Stakeholder Group (Quelle: GreenLogistics)

DB Schenker brachte nachfolgende maßgeblichen inhaltlichen Schwerpunkte in Green Logistics ein:

- Know-How zum Kombinierten Verkehr
- Know-How von DB-Fachabteilungen (Intermodal, Marketing DB Schenker Rail, DB Umwelt, Audit-Team)
- Methodische Kenntnisse im Bereich der Umweltbilanzierung (z.B. EcoTransIT) ...

Dabei war DB Schenker an nachfolgenden Arbeitspakete beteiligt, welche in den jeweiligen Kapiteln in Teil II des Abschlussberichts näher erläutert werden.

Tabelle 1: Arbeitsteilung im Konsortium nach Arbeitspaketen

Projektpartner / Arbeitsgruppe (ARGE)	Kompetenzen in Green Logistics	Aufgaben in Green Logistics	
		Arbeitspaket	Kapitelverweis in Teil II
DB Mobility Logistics AG	Verkehrsträger Schiene; Intermodalität und Kombiniertes Verkehr; Umweltwirkungen von Verkehr	1.1, 1.2, 1.3	1.1
		2.2	1.5
		2.4	1.6
		2.5	1.7
		4.1, 4.2	1.2, 1.3
		5.1, 5.2	1.4
		6.1, 6.2, 6.3	1.9
		7.7	1.8

## 4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Das Verbundprojekt Green Logistics hatte zwei wesentliche Schwerpunkte. Auf der einen Seite die standardisierte ökologische Bewertung logistischer Systeme und Prozesse und auf der anderen Seite die Systematisierung ökologischer Gestaltungsalternativen und die Identifizierung von ökologischen Standards für die Bereiche Transport, Logistikimmobilie und Intra-logistik. Für die genannten Bereiche wird nachfolgend der Stand der Wissenschaft und Technik, an welchen die Arbeiten von Green Logistics anknüpften, dargestellt.

### 4.1 Ökologische Bewertung

Im Vorfeld von Green Logistics wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Instrumente zur Ermittlung und Verbesserung der Umweltperformance von Unternehmen entwickelt, die bereits vorliegende wirtschaftswissenschaftliche Instrumente um umweltpolitische Aspekte ergänzen.

Hinsichtlich des mit dem Projektziel verfolgten Ansatzes der standardisierten, ökologischen Bewertung logistischer Systeme und Prozesse waren diese Instrumente jedoch kaum oder nur eingeschränkt nutzbar. Nachfolgend werden ausgewählte Instrumente vorgestellt und ihr Bezug wie auch eine Abgrenzung zu den Arbeiten des Verbundprojekts erläutert. Grundsätzlich lassen sich die Vorarbeiten bzw. bestehenden Instrumente in folgende Kategorien einteilen:

- Methoden und Instrumente zur Ermittlung und Bewertung von Umweltwirkungen
- Ökolabel und Zertifizierungssysteme

#### 4.1.1 Methoden und Instrumente zur Ermittlung und Bewertung von Umweltwirkungen

Die Ökobilanz (»Life Cycle Assessment«) ist eine Methode zur systematischen Erfassung, Analyse und Bewertung der Umweltauswirkungen von Produktions- und Dienstleistungssystemen. Die Methodik, mit der die mit dem Lebensweg eines Produktes oder einer Dienstleistung verbundenen Umweltwirkungen abgeschätzt wird, ist in z. B. den Normen DIN EN ISO 14040 sowie 14044 formuliert. Für die ökologische Beurteilung komplexer Logistiksysteme ist die Methodik der Ökobilanzierung aufgrund folgender Punkte nicht geeignet:

- Eine Ökobilanz hat stets einen relativen Charakter, d. h. es werden mehrere Produkte oder Dienstleistungen, die den gleichen Nutzen erfüllen, hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen verglichen. Demgegenüber beabsichtigte das Verbundprojekt, auch einzelne Logistikketten oder ganze Netzwerke losgelöst von anderen Netzwerken oder Systemen bewertbar zu machen.
- Bei der Erstellung einer Ökobilanz werden stets statische Referenzprozesse zugrunde gelegt, die ein Produkt bzw. eine Dienstleistung im Zuge seines bzw. ihres Lebensweges durchläuft. Prozesse in komplexen Logistiksystemen sind hingegen dynamisch und unterliegen stochastischen Einflussgrößen, die in einer Ökobilanz nicht abgebildet werden können.
- Die Erstellung einer Ökobilanz bedarf bereits für relativ simple Systeme einen erheblichen Datenbedarf und damit Erfassungsaufwand. Um diesen Aufwand bei der ökologischen Bewertung komplexer Logistiksysteme möglichst gering zu halten, müssen die Systeme so stark vereinfacht bzw. der Untersuchungsrahmen so weit eingeschränkt

werden, dass eine ganzheitliche und realitätsgetreue Abbildung und Bewertung nicht möglich ist.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Diskussionen über den Klimawandel wird heute die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen mittels eines sogenannten Carbon Footprints fokussiert. Der Ansatz, den Carbon Footprint eines Produkts bzw. einer Dienstleistung zu bestimmen, stellt mit der reinen Betrachtung der Wirkungsänderung Klimaänderung einen Ausschnitt aus einer Ökobilanz dar.

1998 begann die Greenhouse Gas Protocol Initiative, einen Standard für die Erstellung und Veröffentlichung von Treibhausgasemissionen von Unternehmen zu erarbeiten. Dieser wurde 2001 mit dem Corporate Accounting and Reporting Standard, dem so genannten Greenhouse Gas Protocol<sup>1</sup>, veröffentlicht. Erweitert wurde dieser u. a. mit den in 2011 veröffentlichten Methoden zur produktspezifischen Treibhausgasbilanz entlang des Produktlebenszyklus‘ (Product Life Cycle Standard)<sup>2</sup> sowie zur Abschätzung der THG-Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Corporate Value Chain (Scope 3) Standard)<sup>3</sup>.

Diesen Standards gemein sind die Anleitung zur Abgrenzung des zu bilanzierenden Systems (z. B. des Kernunternehmens), zur Datenbeschaffung und Sicherung der Datenqualität, zur Allokation der Emissionen und Unsicherheiten sowie zur Veröffentlichung der Ergebnisse. Den Rahmen bildet die Unterteilung eines Unternehmens in so genannte Scopes, in Abhängigkeit derer die sechs Kyoto-Treibhausgasemissionen (d. h. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC’s, PFC’s, SF<sub>6</sub>)<sup>4</sup> berechnet und für das Unternehmen als direkte und indirekte Emissionen ausgewiesen werden sollen.

Scope 1 umfasst dabei die direkten Emissionen eines Unternehmens: Das Unternehmen besitzt bzw. verantwortet und steuert die Prozesse, welche die Scope 1-Emissionen verursachen, also z. B. eigene Verbrennungskessel, Fahrzeuge, Prozesstechnik für chemische Produktionsprozesse. Scope 2-Emissionen sind diejenigen indirekten Emissionen, welche durch die von dem Unternehmen verbrauchte, aber extern bezogene Energie (d. h. i. w. S. Strom, Wärme, Kälte und Prozessdampf) verursacht werden. Alle weiteren indirekten Emissionen werden Scope 3 zugeordnet. Sie stellen diejenigen Emissionen dar, welche das Unternehmen durch den Bezug von Rohstoffen, Produkten oder Dienstleistungen (upstream) sowie die Distribution und Weiterverarbeitung von Produkten (downstream) verursacht.<sup>3</sup>

Diese GHG Protocol Standards haben zum Ziel, einen allgemeingültigen Rahmen für die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen zu setzen. Die Entwicklung von konkreten branchenspezifischen Bilanzierungsstandards (z. B. für die Logistikbranche), mit den jeweilig zu definierenden Prozessen, Berechnungsvorschriften etc., wird darin explizit gefordert.<sup>53</sup>

Das GHG Protocol wurde 2005 von der internationalen Standardisierungsorganisation ISO (International Organization for Standardization) aufgegriffen und 2006 bzw. 2007 wurde eine allgemeine Bilanzierung von Treibhausgasemissionen in den internationalen Standards ISO 14064<sup>6</sup> und 14065<sup>7</sup> veröffentlicht. Dieser Teil der ISO 14000er Familie soll Akteuren, d. h. Unternehmen und Regierungen, einen Rahmen geben, um die Reduzierung von Treibhaus-

---

1 vgl. WRI, WBCSD 2005

2 vgl. WRI, WBCSD 2011a

3 vgl. WRI, WBCSD 2011b

4 vgl. Vereinte Nationen 1998

5 vgl. WRI, WBCSD 2011b, S. 9

6 vgl. ISO 14064-1, ISO 14064-2, ISO 14064-3

7 vgl. DIN EN ISO 14065

gasemissionen quantifizieren, darstellen und beobachten zu können. Eine konkrete Vorgehensweise wird in diesen Normen jedoch wiederum nicht vorgeschlagen.

Ende 2008 wurde der europäische Normenausschuss CEN TC 320/WG 10 eingerichtet, um eine Norm zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr) zu entwickeln. Der Entwurf bzw. die Veröffentlichung der Norm erfolgte während der Bearbeitungszeit von Green Logistics, anderen Konsultationsprozess das Konsortium teilnahm.

Auf Basis der vorgestellten Normen und Standards sind weitere Methoden, Leitfäden und Studien<sup>8</sup> veröffentlicht worden, welche einen allgemeinen oder branchenspezifischen Rahmen für die Bewertung von Logistikprozessen und -systemen schaffen. Diese waren analog zu vorher genanntem um sämtliche relevanten Prozesse und Verbräuche für die ganzheitliche ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen im Rahmen von Green Logistics zu erweitern.

Zur informationstechnischen Unterstützung bei der Ökobilanzierung wurden vor Projektstart bereits verschiedene Softwaresysteme angeboten, die auf Datenbanken mit Referenzprozessen und Informationen über verwendbare Materialien zurückgreifen. Nachfolgend sind die relevanten, zu Projektstart am Markt befindlichen Softwaresysteme und Datenbanken inkl. ihrer Defizite hinsichtlich der angestrebten Projektergebnisse dargestellt.

Software	Verschiedene »Allroundtools«
Anbieter	GaBi: PE INTERNATIONAL ( <a href="http://www.gabi-software.com">www.gabi-software.com</a> ); Umberto: ifu Hamburg GmbH ( <a href="http://www.umberto.de">www.umberto.de</a> ); SimaPro: PRé Consultants / GreenDeltaTC GmbH ( <a href="http://www.simapro.de">www.simapro.de</a> ); TEAM: PricewaterhouseCoopers / Ecobilan ( <a href="http://www.ecobilan.com">www.ecobilan.com</a> )
Allgemein	Prozessmodellierung erfolgt mittels Referenzprozessen, für die bereits Input- und Outputströme hinterlegt sind.
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logistikprozesse sind lediglich in Form von außerbetrieblichen Transportprozessen (Lkw, Bahn, Schiff, Fahrzeug) berücksichtigt; keine Betrachtung von Lager-, Umschlag- und innerbetrieblichen Transportprozessen</li> <li>Abbildung realer multimodaler Ketten nicht möglich</li> <li>z. T. veraltete und unzureichende Datenbasis (Verwendung externer Datenbanken zwar möglich, jedoch unzureichende Logistikdaten)</li> <li>Keine differenzierte Betrachtung z. B. hinsichtlich Auslastung, verwendeter Euro-Klassen, Streckenprofilen, Transportmittelaufbauten etc.</li> <li>Bezugsgröße lediglich Frachtgewicht (tkm), keine Betrachtung des Volumenausnutzungsgrades des Frachtraums</li> <li>Zuordnung der Emissionen auf die funktionelle Einheit nicht möglich (z. B. Fahrzeugtouren)</li> <li>Keine Berücksichtigung stochastischer Größen bei der Prozessabfolge</li> </ul>

Software	EcoTransIT (Ecological Transport Information Tool)
Anbieter	Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Rail Management Consultants GmbH (RMCon) ( <a href="http://www.ecotransit.org">www.ecotransit.org</a> )
Allgemein	Einfaches Tool zum Vergleich von Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> - und Schadstoffausstoß von Transporten mittels verschiedener Transportträger bzw. Transportketten

<sup>8</sup> z. B. Benz 1999; Choudhury 2006; Fläming et al. 2009; Mc Kinnon, Piecyk (o.J.); Spielmann et al. 2007; VCI 2010

Software EcoTransIT (Ecological Transport Information Tool)	
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intralogistik sowie Logistikimmobilien werden nicht betrachtet</li> <li>• Abbildung multimodaler Ketten möglich, jedoch Umweltauswirkungen von Umschlagimmobilien nicht zu ermitteln</li> <li>• Keine Abbildung von Touren möglich (nur Einzelfahrten)</li> <li>• Keine Berücksichtigung des Frachtvolumens (nur Frachtgewicht)</li> <li>• Lediglich 4 Fahrzeug- und 3 Produktklassen integriert</li> <li>• Zur Bewertung von Transporte zu ungenau, da stark vereinfacht</li> </ul>

Software 4flow vista	
Anbieter	4flow AG ( <a href="http://www.4flow.de">www.4flow.de</a> )
Allgemein	In erster Linie ein Tool zur strategischen und taktischen Planung von Logistiknetzwerken, mit Einsatzgebieten wie Lieferantenmanagement, Prozess- und Ressourcenplanung sowie Planung des Transportnetzes mit oberstem Ziel der Prozesskostenminimierung
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lediglich Umweltkennzahlen bezüglich der simulierten und realen Transporte (z. B. Emissionsmenge CO2 oder Treibstoffverbrauch), die allein auf den gefahrenen Kilometern und den hinterlegten Fahrzeugdaten basieren</li> <li>• Umrechnung der Umweltkennzahlen auf einzelne Transporteinheiten (z. B. Paletten) nicht geeignet, da zu geringer Detaillierungsgrad</li> </ul>

Die am Markt verfügbaren Datenbanken zur ökologischen Bewertung wiesen aufgrund der Dokumentation der Ermittlungsverfahren für die Daten zwar die erforderliche Transparenz auf. Allerdings bestanden auch hier – wie bei den vorgestellten Softwaresystemen – hinsichtlich der angestrebten Projektergebnisse Defizite. Für die relevanten Datenbanken werden die Defizite nachfolgend kurz erläutert. Dennoch wurden diese Datenquellen im Projekt auf ihrer grundsätzliche Eignung untersucht und zu einem ganzheitlichen System zusammengeführt.

Datenbank ecoinvent data v2.1	
Anbieter	ecoinvent Centre / ifu Hamburg GmbH ( <a href="http://www.ecoinvent.ch">www.ecoinvent.ch</a> )
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lediglich Daten für außerbetriebliche Transportprozesse (Straße, Schiene, Wasser, Luft) integriert; keine Daten für innerbetriebliche Logistik- und Lagerprozesse (z. B. Gabelstapler, automatisierte Fördersysteme)</li> <li>• Lediglich Betrachtung von Prozessen, Elementarflüssen und Methoden der Wirkungsabschätzung möglich; Input- und Outputströme von Logistikimmobilien und Lager- und Fördersystemen nicht enthalten</li> <li>• Lediglich Auswahl von Fahrzeugklassen möglich; Ausführungsformen (z. B. Aufbauten, Nutzlasten, Auslastung ) nicht integriert</li> <li>• Bezugsgröße lediglich Frachtgewicht (tkm), keine Betrachtung des Volumenausnutzungsgrades des Frachtraums</li> </ul>

Datenbank ProBas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente)	
Anbieter	Umweltbundesamt (UBA), Öko-Institut Institut für angewandte Ökologie ( <a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a> )
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lediglich Daten für außerbetriebliche Transportprozesse (Straße, Schiene, Wasser, Luft) integriert; keine Daten für innerbetriebliche Logistik-/Lagerprozesse (z. B. Gabelstapler, automati-</li> </ul>

Datenbank ProBas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente)	
	<p>sierter Fördersysteme)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Daten zur ökologischen Bewertung von Logistikimmobilien</li> <li>Bezugsgröße lediglich Frachtgewicht (tkm), keine Betrachtung des Volumenausnutzungsgrades des Frachtraums</li> <li>Nur Fahrzeugklassen ohne Wahl des Ausnutzungsgrades wählbar</li> </ul>

Datenbank GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)	
Anbieter	Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.)
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Daten bezüglich Intralogistik und Logistikimmobilien enthalten</li> <li>Bezugsgröße lediglich Frachtgewicht (tkm), keine Betrachtung des Volumenausnutzungsgrades des Frachtraums</li> <li>Keine Angaben zur Auslastung der Fahrzeuge möglich, lediglich grobe Auswahl von Fahrzeugklassen</li> </ul>

Datenbank HBEFA Version 2.1 (Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs für die Schweiz, Österreich und Deutschland)	
Anbieter	INFRAS, Bern ( <a href="http://www.hbefa.net">www.hbefa.net</a> )
Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Daten bezüglich Intralogistik und Logistikimmobilien enthalten</li> <li>Bezugsgröße lediglich Frachtgewicht (tkm)</li> <li>Es können keine Aufbauten abgebildet werden</li> </ul>

Einige Anbieter von Tourenplanungssoftware boten Tools zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem gewerblichen Transport an. Diese waren entweder in die Softwarelösungen der Anbieter integriert oder als eigenständige Lösungen erhältlich<sup>9</sup>. Hinzu kamen verschiedene Werkzeuge zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im privaten Bereich, die im Internet frei zur Verfügung stehen.<sup>10</sup> Diese Lösungen waren für das geplante Forschungsvorhaben ebenfalls ungeeignet, da ihr Detaillierungsgrad unzureichend (u.a. keine umfassende Auswahl an Fahrzeugklassen, keine Streckenprofile) und die Datenherkunft nicht transparent war.

Fazit: Zu Projektbeginn lag kein geeignetes Werkzeug für die ganzheitliche, ökologische Bewertung von Logistikprozessen und -systemen vor.

#### 4.1.2 Ökolabel und Zertifizierungssysteme

Neben den Zertifizierungssystemen für die Umweltperformance von Unternehmen haben sich am Markt ebenfalls Ökolabel bzw. Umweltzeichen etabliert. Im Gegensatz zu »grünen« Symbolen oder Umweltaussagen von Unternehmen werden die Ökolabel durch unabhängige Institutionen, Verbände oder Prüfinstitute vergeben. Das bekannteste Umweltzeichen in Deutschland ist der »Blaue Engel«, der seit 1977 als weltweit erstes Umweltzeichen verge-

<sup>9</sup> z. B. PTV AG: map&guide professional 2009; LOCOM Software GmbH: XCargo

<sup>10</sup> z. B. Deutsche Post DHL: GoGreen CO<sub>2</sub>-Kalkulator, Umweltbundesamt: CO<sub>2</sub>-Rechner, Schweizer Non-Profit-Stiftung myclimate: myclimate Emissionsrechner

ben wird. Darüber hinaus bestehen weitere nationale und internationale Ökolabel<sup>11</sup> z. B. in der Biobranche, Textilindustrie oder für Bauprodukte.

Zu Projektstart existierten keine Umweltzeichen, die explizit und ausschließlich logistische Leistungen (Systeme und Prozesse) berücksichtigen. Ökolabel waren in der Regel produktbezogen, wobei die Logistik bei der Bewertung für die Kennzeichnung nur einen untergeordneten Teil ausmachte. Beispielsweise wird beim Österreichischen Umweltzeichen UZ 26 »Mehrweggebinde und Mehrwegbechersysteme« die Logistik lediglich hinsichtlich der ökologischen Optimierung von Transportwegen und von Transportfahrzeugen betrachtet.

In den 1990er Jahren sind mit dem Umweltmanagementsystem (DIN EN ISO 14001) und dem »Eco Management and Audit Scheme EMAS«<sup>12</sup> zwei Zertifizierungssysteme zum Umweltmanagement in Unternehmen etabliert worden. Beide Arten von Umweltmanagementsystemen zielen auf eine stetige Verbesserung von Umweltleistungen ab und sind auf jegliche Organisationsarten anzuwenden. Der Hauptunterschied der beiden Umweltmanagementsysteme besteht aus unternehmensstrategischer Sicht darin, dass die ISO-Normenreihe 14000 weltweit gilt, wohingegen EMAS nur in Europa gültig ist.

Eine Möglichkeit zur Vorbereitung auf die Validierung nach EMAS bzw. die Zertifizierung nach der DIN EN ISO 14001 ist das ÖKOPROFIT-Konzept, welches ein umfassendes Umweltvorsorge- und Wirtschaftsförderungsprogramm darstellt. Dieses Konzept wurde in der österreichischen Landeshauptstadt Graz zunächst als ein Abfall- und Emissionsvermeidungsprojekt entwickelt und in 1998/1999 durch die bayerische Landeshauptstadt München auf deutsche Verhältnisse übertragen.

Für Immobilien gab es zu Projektbeginn verschiedene internationale, freiwillige Bewertungssysteme zur Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Immobilien. Hierzu zählen u.a. das britische BREEAM-Zertifikat<sup>13</sup>, das bereits seit zwanzig Jahren auf dem Markt ist, sowie das LEED-Zertifikat<sup>14</sup> des US Green Building Councils, welches 1998 eingeführt wurde. Die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB)<sup>15</sup> hat gemeinsam mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) 2008 ein deutsches Zertifizierungssystem entwickelt. Diese verschiedenen Systeme sind grundsätzlich auch auf Logistikimmobilien anwendbar, jedoch nutzen sie unterschiedliche Informationsquellen, Systematiken und Bewertungskriterien. Dadurch resultieren Bewertungsergebnisse in Abhängigkeit von dem gewählten System, die stark voneinander abweichen können. Entsprechend ihrer Definition fokussieren diese Ansätze den Immobilienbereich und lassen daher keine ganzheitliche Bewertung logistischer Systeme und Prozesse zu. Mit Blick auf die Ziele des Verbundprojekts bildeten sie jedoch die wesentliche Grundlage für den Bereich der Logistikimmobilien.

Das Verbundprojekt »Green Logistics« sollte einen wesentlichen Beitrag zur Fortentwicklung der genannten Umweltmanagementsysteme speziell für die ökologische Zertifizierung von Logistikdienstleistern leisten. Hinsichtlich dieses Anwendungsbereiches waren die beschriebenen Umweltmanagementsysteme als zu umfangreich bzw. als nicht geeignet zu bewerten. Dies liegt daran, dass die Zielsetzung solcher Systeme sehr weitreichend ist. Neben der Erfassung und Kontrolle der Umweltauswirkungen werden Verantwortlichkeiten, umweltgerechte Verhaltens- und Verfahrensweisen sowie Maßnahmen zur stetigen Verbesserung der

---

<sup>11</sup> Internationale Ökolabel sind beispielsweise: EU Umweltblume, Nordischer Schwan, Greenguard für emissionsarme Produkte

<sup>12</sup> vgl. EMAS-Verordnung 2009

<sup>13</sup> vgl. BREEAM 2008

<sup>14</sup> vgl. LEED 2009

<sup>15</sup> vgl. DGNB 2008

Umweltleistung des Unternehmens betrachtet. Umweltmanagementsysteme weisen einen langfristigen Charakter auf, während die zu entwickelnde Methodik das Logistiknetzwerk über einen begrenzten Zeitraum ökologisch bewertbar machen sollte. Zudem sind die Managementsysteme auf die Rationalisierung der Umweltparameter innerhalb einer einzelnen Organisation ausgelegt und betrachten somit keine vernetzten Systeme, wie sie in den für das Verbundprojekt relevanten Einsatzbereichen der Logistikbranche anzutreffen sind.

#### 4.1.2.1 Transport

Die Logistik war nach dem Handel und der Automobilindustrie mit 2,6 Millionen direkt Beschäftigten und einem Jahresumsatz von rund 200 Milliarden Euro zu Projektstart der drittgrößte Wirtschaftszweig des Landes.<sup>16</sup> Der Hauptteil des Energieverbrauches und der Emissionen in der Logistik entfiel auf den Transport von Gütern. Der Güterverkehr spielte im Rahmen der wirtschaftlichen Globalisierung eine wichtige Rolle und wurde u.a. vom internationalen Handel erheblich intensiviert<sup>17</sup>. In Deutschland waren werktäglich mehr als zwei Millionen Fahrzeuge für Transportzwecke unterwegs. Die Daten des Statistischen Bundesamtes zeigten, dass die Transportleistung stärker wuchs als das Bruttoinlandsprodukt.<sup>18</sup> Die bedeutendsten Verkehrsträger im Güterverkehr waren Straße, Schiene und Wasser: 72% der transportierten Güter bewegten sich über die Straße, 18% bewältigte die Schiene, gut ein Zehntel transportierte die Binnenschifffahrt. Auch der Gütertransport über das Meer hatte sich seit 1991 bis dato verdoppelt, der Containerumschlag in den deutschen Seehäfen nahezu vervierfacht.<sup>19</sup>

Insgesamt hatte sich zwar bis dato die Menge der zu transportierenden Güter nicht vermehrt, jedoch hatten die Konzepte der Just-in-time Logistik mit verminderter Lagerhaltung vielfach zu kleineren und zeitsensibleren Sendungsgrößen geführt, die vielfach nur auf der Straße oder per Luftfracht möglich waren. Auch der Trend zum Internet-gestützten Direktvertrieb zum Endkunden mit kleineren und voluminöseren Sendungen zog eine Zunahme des Straßenverkehrs nach sich. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) erwartete, dass das Güterverkehrsaufkommen 2050 gegenüber 2010 um knapp die Hälfte zunehmen (von gut 3,7 Milliarden Tonnen auf dann fast 5,5 Milliarden Tonnen) und die Güterverkehrsleistung sich mehr als verdoppeln wird (von etwas weniger als 600 Milliarden Tonnenkilometer auf dann mehr als 1.200 Milliarden Tonnenkilometer).<sup>20</sup> Beim Verkehr wies die vorhandene Infrastruktur allerdings bereits Grenzen des Wachstums auf.

Die Umweltbelastungen bzw. der Energieverbrauch des Güterverkehrs hängt vom Zusammenspiel der Faktoren Transportvolumen (Güterbeförderungsleistung), Anteil der Verkehrsträger am gesamten Transportvolumen (Verkehrsträgerstruktur, »Modal Split«) und der Umwelt- bzw. Energieeffizienz der einzelnen Verkehrsträger ab. Während die Gesamtemissionen von Treibhausgasen in Deutschland in den letzten Jahren um ca. 16% reduziert werden konnten, blieben die Verkehrsemissionen konstant, womit deren relativer Anteil zugenommen hatte<sup>21</sup>. Hierbei spielte der Gütertransport eine wachsende Rolle. Seit 1998 verzeichnete der Güterverkehr mit 42% ein gegenüber dem Personenverkehr überproportionales Wachstum. Die größte Zunahme des bodengebundenen Güterverkehrs hatte dabei mit 48% der Straßengüterverkehr erfahren. Dies bedeutete, dass die Emissionen nicht allein mengenbe-

---

<sup>16</sup> vgl. [airliners.de](http://airliners.de) 2009

<sup>17</sup> vgl. OECD 2010

<sup>18</sup> vgl. BVU 2007

<sup>19</sup> vgl. BAG 2007

<sup>20</sup> vgl. BMVBS 2007

<sup>21</sup> vgl. UBA 2007

dingt zunehmen, sondern auch durch die stattfindende Verlagerung auf den emissionsintensiveren Straßengüterverkehr.

Jeder Verkehrsträger hat prinzipiell charakteristische Stärken und ist unverzichtbar. Dabei ist unter energetischen Aspekten entscheidend, wie die Verkehrsträger in Abhängigkeit von ihrer Leistungsfähigkeit sowie Wirtschaftlichkeit, Transportsicherheit und Umweltverträglichkeit in Transportketten und -netzen miteinander kombiniert werden. Zu den Handlungsfeldern einer nachhaltigen Planung von Logistikprozessen gehören unter anderem die Verwendung von Managementsystemen, die Schulung der Mitarbeiter und die Schaffung von Anreizsystemen, ebenso wie die Planung von Mengenbündelungsstrategien durch Dispositions- und Transportplanung, die Nutzung von Frachtbörsen, der Einsatz der intermodalen Logistik, standortorientierte Maßnahmen sowie der Einsatz alternativer Antriebe sowie Kraftstoffe, die Verbesserung der Wirkungsgrade von Antriebsmotoren und die Leichtbauweise.

Dies spiegelte auch die vom Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL) durchgeführte Studie zu Begriffsverständnis, Bedeutung und Verbreitung „Grüner Logistik“ in der Speditions- und Logistikbranche wider<sup>22</sup>. Knapp 90% der befragten Speditions- und Logistikunternehmen sehen ein großes bis sehr großes Potential für „Grüne Logistik“ in der Modernisierung des Fuhrparks. In der Bündelung von Verkehren sehen ca. 80% großes bis sehr großes Potential. Die Durchführung von Fahrpersonalschulungen ist für 73% der Unternehmen mit einem großen bis sehr großen Potential verbunden. Bei der IT-basierten Tourenplanung schätzen 58% das Potential als groß bis sehr groß ein. In den Bereichen mit großem Umweltschutzpotential haben die befragten Unternehmen dementsprechend auch Maßnahmen ergriffen, so haben 80% der Unternehmen ihren Fuhrpark modernisiert, 90% verfolgen Konzepte zur Bündelung von Verkehren und Fahrpersonalschulungen werden bereits bei 70% der Unternehmen durchgeführt.

Daher wurde zu Projektbeginn erwartet, dass zukünftig die Anforderungen an den Güterverkehr zunehmend einen Beitrag zur Minderung von Energieverbrauch und Emissionen leisten werden. Dies könnte etwa durch die Integration des Verkehrssektors in das bestehende europäische System des Emissionshandels oder die Zulassung des Verkehrs zu JI-Projekten (Joint Implementation) erfolgen. Überdies können Anforderungen zur Dokumentation und zur Minderung von Emissionen auch seitens der Verlager und Endkunden (Carbon Footprint) an Bedeutung gewinnen. Es bestand daher bei den Unternehmen ein beträchtlicher Bedarf, Emissionen des Güterverkehrs für unterschiedliche Zwecke der Dokumentation (Umweltberichte, Kundenanforderungen, Emissionshandel) und zwecks systematischer Auswertung zur Ableitung von Minderungspotentialen zu erfassen. Sofern dies nicht nur für eigene interne Zwecke erfolgt, war eine methodische Angleichung erforderlich, damit entsprechende Daten vergleichbar und miteinander verrechenbar sind.

#### **4.1.2.2 Logistikimmobilien**

Zu Projektstart schätzen Experten den Anteil der durch Logistikimmobilien verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 332 Mio. t jährlich<sup>23</sup>. Dies entsprach einem Anteil von ca. 11% an den Gesamtemissionen der Logistik.<sup>24</sup> Nachfolgend werden die zu Projektbeginn bekannten technischen und organisatorischen Ansätze zur Ressourceneinsparung im Bereich von Logistikimmobilien dargestellt.

Für das Thema Gebäude und Gebäudetechnik bestand ein hoher technologischer Entwicklungsgrad für den Einsatz energieeffizienter Heizungs- und Lüftungstechnik, Einsatz von

---

<sup>22</sup> vgl. INVL 2010

<sup>23</sup> vgl. Simchi-Levi 2008

<sup>24</sup> vgl. EIA 2009

Wärmedämmung, Nutzung von Tageslicht, Einsatz regenerativer Energie, Verwendung nachwachsender und recyclingfähiger Baustoffe. Dieser wurde bei der Errichtung und dem Betrieb von Logistikimmobilien wenn überhaupt nur in Ansätzen genutzt.

Aufgrund des sehr hohen Luftvolumens in Logistikimmobilien standen Heizkosteneinsparungen sowie die Verringerung der Wärmeverluste durch die riesigen Fassaden- und Dachflächen bei der Wahl der richtigen Systeme und Materialien im Vordergrund. Standardmäßig wurden direktbefeuerte Gasdunkelstrahler (Strahlungsheizung) und Deckenlüfterhitzer verwendet. Aufgrund der günstigeren Verbrauchszahlen kamen immer häufiger Fußbodenheizung und Deckenstrahlplatten in Kombination mit Wärmepumpe, Geothermie, Solarzellen oder Biomassekraftwerken zum Einsatz. Sollte zudem eine Lüftungsanlage erforderlich sein, konnten diese mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Für die Kühlung oder spezielle Temperaturführungen konnten Systeme mit Energierückgewinnung und/oder Wärmepumpen den Energieverbrauch reduzieren. So boten sich die Dachflächen für den Aufbau einer Photovoltaikanlage an, waren jedoch oftmals auch beim Bau neuer Hallen nicht mit den erforderlichen statischen Reserven bestimmt. Bei einer geeigneten Ausrichtung der Fassadenflächen konnten durch integrierte Lüftungsleitungen die Einstrahlenergie der Sonne zur Wärmerückgewinnung der durch diese Röhren strömenden Luft genutzt werden.

Die Optimierung der Lagerbeleuchtung konnte durch Dämmerungsschalter, Bewegungsmelder, Zeitschaltuhren, gezielter Einsatz von Lichtkuppeln in personenintensiven Bereichen, energieeffiziente Beleuchtungssysteme (T5 und T8 Energiesparlampen) erreicht werden.

Der Wasserverbrauch konnte durch getrennte Wasserkreisläufe (Frischwasser und Brauchwasser) und eine Auffang- und Sammelvorrichtung für das Dachflächenwasser erheblich reduziert werden. Ebenso boten die Integration von Büroflächen in das Logistikgebäude Potentiale zur synergetischen Nutzung der Wärme- und Energiekreisläufe des Gesamtkomplexes.

Umsetzungsbeispiele dieser technologischen Lösungsansätze zeigten, dass sich hierüber auch Reduzierungen der Betriebskosten von  $> 1 \text{ €/m}^2 \text{ p.a.}^{25}$  erzielen ließen.

Die planerische Herausforderung und vielleicht einer der Hauptgründe für den bis dato relativ geringen Einsatz dieser Technologien bestand in der Komplexität und den Wechselwirkungen der verschiedenen Maßnahmen untereinander und der Berücksichtigung wechselnder Nutzungen der Logistikimmobilie über ihren gesamten Lebenszyklus.

## 5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen der Arbeiten der DB Mobility Logistics AG im Verbundprojekt ‚Green Logistics‘ ist neben der Expertise im Bereich Netzwerk und Logistik spezifisches Know-how im Bereich der Ökologie erforderlich. Daher hat der DB Konzernbereich ‚DB Umwelt (ehemals DB Umweltzentrum)‘ alle – im Kontext der Ökologie stehenden – Fragestellungen bearbeitet. DB Umwelt steht für die Expertise bei Umweltfragen und bei der Bewertung und Analyse von Umweltkennzahlen innerhalb der Deutschen Bahn. Es unterstützt bei der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für die Kunden von DB Schenker und des Leistungsportfolios der DB Mobility Logistics AG.

Hierfür verwendet DB Schenker das Bilanzierungstool EcoTransIT, für das DB Umwelt die Systemführung innerhalb der Deutschen Bahn verantwortet. Außerdem wird durch DB Umwelt die Schnittstelle zu den Fachinstituten IFEU-Institut und Öko-Institut sichergestellt. Damit war DB Umwelt wichtiger Partner und Unterstützer bei der erfolgreichen Umsetzung der Systemdefinition, des ökologischen Bewertungsbaukasten sowie der Fallstudien. Die Ge-

---

<sup>25</sup> vgl. Brexel 2009

samtkoordination der Arbeiten hat die die DB Mobility Logistics AG übernommen. DB Umwelt wurde im Unterauftrag bei der DB Mobility Logistics AG eingebunden.

In drei jeweils zweitägigen Terminen beim Deutsche Institut für Normung (DIN) hat DB Schenker mit Partnern (z.B. SNCF, Maersk, Global Logistics Emissions Council (GLEC)) eine international harmonisierte Methode für eine kohärente Quantifizierung von CO<sub>2</sub>e-Emissionen im Frachttransport entwickelt und dabei Ergebnisse des Verbundprojekt ‚Green Logistics‘ eingebracht.

## II Eingehende Darstellung

### 1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

Nachfolgend werden die Einzelergebnisse des Verbundvorhabens Green Logistics vor dem Hintergrund des beantragten Arbeitsplans dargestellt. Dies erfolgt aus Sicht des Gesamtprojektes und verfolgt somit eine übergeordnete Ausführung, welche sich an der Arbeitspaketstruktur orientiert. Wo inhaltlich sinnvoll, wurden Arbeitspakete zusammengefasst. Für detailliertere Ergebnisdarstellungen wurde zudem auf die jeweiligen Schlussberichte der Partner oder andere Teilberichte, welche im Rahmen von Green Logistics erarbeitet wurden, verwiesen. Die jeweilige Arbeitsteilung im Konsortium in den Arbeitspaketen ist zur besseren Orientierung in den Abschnitten vorangestellt.

#### 1.1 Bestands- und Anforderungsaufnahme

Die geplanten Arbeiten zu den Fallstudien (AP 2 & 3), der ökologischen Bewertungsmethode und dem ökologischen Bewertungsbaukasten (AP 4) sowie dem Zertifizierungssystem (AP 5) erforderten eine einführende umfassende Analyse vorhandener Arbeiten sowie methodischer und technischer Ansätze in diesem Bereich. Ziel des Arbeitspakets AP 1 war daher, sowohl den aktuellen Bestand aufzunehmen als auch Anforderungen von Seiten der geplanten Projektziele zu definieren, so dass - im Abgleich beider - vorhandene Lücken und Schwachstellen identifiziert werden konnten.

Tabelle 2: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 1

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, TÜV Rheinland, UPS, Vanderlande Industries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherchen &amp; Bereitstellung von Informationen für Fallstudien, ökologische Bewertung &amp; Zertifizierung (mit partnerspezifischen Schwerpunkten)</li> <li>• Definition der Anforderungen an die ökologische Bewertung und IT-Unterstützung</li> <li>• Identifizierung relevanter Parameter für die Bewertungsmethode</li> </ul>
Wuppertal Institut, Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherchen &amp; wissenschaftliche Begleitung</li> <li>• Systematisierung der relevanten Ansätze</li> <li>• Grundlage zur Erfassung relevanter Parameter (AP 4.2, 4.3)</li> </ul>

##### 1.1.1 Morphologischer Kasten für ökologische Lösungen

Bereits vorhandene ökologische Lösungen für Logistikprodukte und -dienstleistungen wurden für die Anwendungsbereiche

- Transport und Umschlag (Straße, Schiene, Luft, Wasser),
- Logistikimmobilie (Konstruktion, Gebäudehülle, Haus-, Sicherheitstechnik, Energieerzeugung, -speicherung) sowie

- Intralogistik (Lager-, Förder-, Sortiertechnik)

recherchiert, bewertet und in Form eines morphologischen Kastens systematisiert. Abbildung zeigt eine exemplarische Darstellung des morphologischen Kastens für den Bereich Intralogistik. Die relevanten Dokumentationen („Technologierecherchen“) werden in späteren Abschnitten des vorliegenden Berichts (siehe hierzu AP 2 & 7.7) näher beschrieben.

Der morphologische Kasten fand zudem Eingang in die Referenzstruktur für den zu entwickelnden ökologischen Bewertungsbaukasten (AP 4).

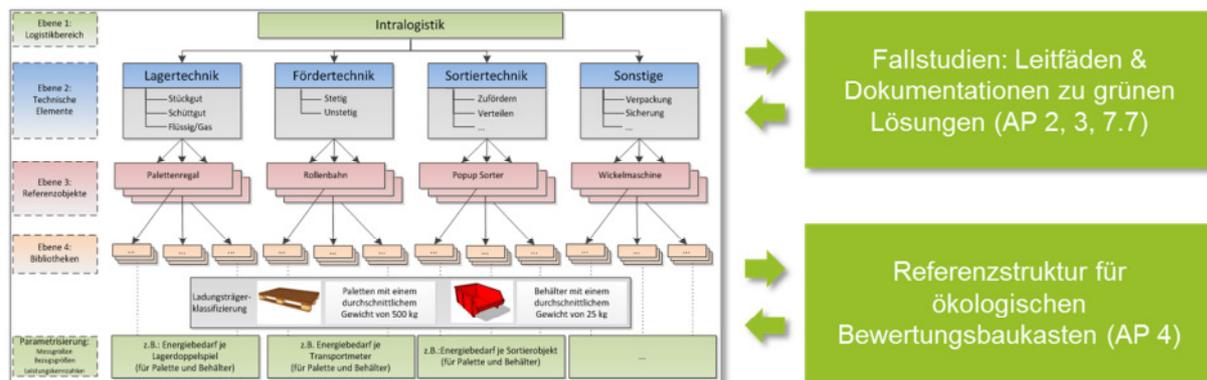


Abbildung 5: Entwicklung eines morphologischen Kastens für Transport, Umschlag und Logistikstandorte (Quelle: GreenLogistics)

### 1.1.2 Ist-Situation ökologische Bewertung

Der im Rahmen des Projekts zu entwickelnde Bewertungsbaukasten (AP 4) erforderte eine aktuelle Informations- und Datenbasis über die am Markt befindlichen ökologischen Bewertungsverfahren, Datenquellen/-banken sowie Softwaresysteme (nachfolgend „Systeme“) für die Anwendungsbereiche Transport, Intralogistik und Logistikimmobilie.

Die zu untersuchenden Fragestellungen waren dabei u.a.

- Welche Teilaspekte der Logistik (Referenzprozesse) werden durch das jeweilige System betrachtet?
- Welche ökologischen Bewertungsgrößen (z. B. Emissionen) werden betrachtet?

Darüber hinaus wurden übergeordnete Fragestellungen wie Zielsetzung, Zielgruppe, Aktualität und Verfügbarkeit der jeweiligen Systeme aufgenommen.

Unter ökologischen Bewertungsverfahren werden all jene Methode, Normen, Standards und Leitfäden verstanden, welche prinzipiell für die ökologische Bewertung von Logistikprozessen, -dienstleistungen und -systemen entwickelt worden oder ggf. aus anderen Anwendungsbereichen auf die Logistik übertragbar sind. Zudem werden Datenquellen/-banken sowie Softwaresysteme betrachtet: Während konventionelle Datenbanklösungen lediglich Basiswerte und -annahmen strukturiert auflisten und i. d. R. keine Berechnungsverfahren enthalten, können Softwarelösungen sowohl auf eine integrierte Datenbank als auch auf externe Datenbanken zurückgreifen. In jedem Falle geben Softwarelösungen ein oder mehrere Berechnungsvorschriften vor.

Die betrachteten Systeme wurden einerseits systematisch dokumentiert und andererseits hinsichtlich ihrer Eignung in dem Projekt »Green Logistics« geprüft.

## Ökologische Bewertungsverfahren und Zertifizierungssysteme

In Summe wurden 18 ökologische Bewertungsverfahren und Zertifizierungssysteme untersucht, deren Bestandsaufnahme in Tabelle 3 und Tabelle 2 dargestellt ist. Eine zusammenfassende Beurteilung ist in Kapitel 4.1 aufgeführt und wurde in 2013 veröffentlicht<sup>26</sup>.

Tabelle 3 : Bestandsaufnahme zu ökologischen Bewertungsverfahren und Zertifizierungssysteme, Teil 1 (Quelle: GreenLogistics)

Bewertungsmethode / Zertifizierungssystem	Referenzprozesse												Bewertungsgrößen					
	Immobilie	stationäre Prozesse (Intralogistik)					Transportprozesse						qualitativ	ökolog.				ökonom.
		Umschlag	Kommissioniere	Lagerung	Produktion	Entsorgung	Straße	Schiene	Wasser	Luft	KV	Umschlag		Energie	CO2	THG	weitere?	
<a href="#">DIN EN 16258</a>							x	x	x	x	x			x		x		
<a href="#">THG Protokoll Scope 3</a>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
<a href="#">Din ISO 14067</a>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
<a href="#">PAS 2050</a>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
<a href="#">LEED</a>	x												x					
<a href="#">BREEAM</a>	x	x	x	x	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	?					
<a href="#">DGNB</a>	x												x					
<a href="#">Decree 2011-1336</a>							x	x	x	x	x				x			
<a href="#">EMAS (ISO 14001)</a>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
<a href="#">EnMS (ISO 50001)</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x
<a href="#">ISO 14040/44</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<a href="#">ISO 14064-1-2-3</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
<a href="#">ISO 14065</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
<a href="#">DSLIV</a>	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x		
<a href="#">Odette</a>							x	x	x	x	x					x		
<a href="#">EUP-Richtlinie</a>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x
<a href="#">ISO 14025</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<a href="#">ISO 14031</a>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x

Tabelle 2: Bestandsaufnahme zu ökologischen Bewertungsverfahren und Zertifizierungssysteme, Teil 2 (Quelle: GreenLogistics)

Bewertungsmethode / Zertifizierungssystem	Zielgruppe			Marktdeckung	fakultativ	obligatorisch	Erstreckung			Datum Veröffentlichung
	Transportdienstleister	Organisationen/ UN	sonstige				national	EU	internat.	
<a href="#">DIN EN 16258</a>	x				x			x		Mrz 13
<a href="#">THG Protokoll Scope 3</a>		x			x				x	2011
<a href="#">Din ISO 14067</a>		x			x				x	Nov 12
<a href="#">PAS 2050</a>		x			x		GB			2011
<a href="#">LEED</a>			Beteiligte an Gebäuden	in 140 Ländern weltweit genutzt	x				x	2009
<a href="#">BREEAM</a>			Beteiligte an Gebäuden	75% aller Zertifikate in EU	x				x	2013
<a href="#">DGNB</a>			Beteiligte an Gebäuden		x				x	
<a href="#">Decree 2011-1336</a>	x					x	F			Okt 11
<a href="#">EMAS (ISO 14001)</a>		x		1900 Standorte in Dtl	x			x		Jan 10
<a href="#">EnMS (ISO 50001)</a>		x			x				x	Dez 11
<a href="#">ISO 14040/44</a>		x	Ersteller von Ökobilanzstudien		x	(x)			x	Okt 06/ Nov 11
<a href="#">SO 14064-1-2-3</a>		x			x				x	Mai 12
<a href="#">ISO 14065</a>			Prüfgesellschaften		x				x	Jul 13
<a href="#">DSLIV</a>	x				x			x		Mrz 13
<a href="#">Odette</a>			europ. Automobilindustrie		x			x		Sep 13
<a href="#">EUP-Richtlinie</a>			Hersteller/Betreiber energieverbrauchend	100%		x		x		Dez 12
<a href="#">ISO 14025</a>		x			x				x	Okt 11
<a href="#">ISO 14031</a>		x			x				x	Dez 13

<sup>26</sup> vgl. Dobers et al. 2013

## Datenquellen/ -banken sowie Softwaresysteme für die ökologische Bewertung

Die Bestandsaufnahme zu Datenquellen/ -banken sowie Softwaresysteme zur ökologischen Bewertung erfolgte zweistufig (siehe Abbildung): Mittels einer Grobanalyse wurden in einem ersten Schritt die generell am Markt verfügbaren Systeme aufgenommen und mittels eines Steckbriefes systematisch beschrieben und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Anschließend wurden ausgewählte Systeme detailliert analysiert. Ergänzt wurde die Detailanalyse durch ein Anwendungsbeispiel, welches eine ökologische Bewertung von Partnerrelationen (Straßentransport) mittels ausgewählter Softwaretools und Datensätze umfasst.



Abbildung 6: Vorgehensweise für die Bestandsaufnahme aktueller Datenbanken und Softwaresystemen (Quelle: GreenLogistics)

## Marktübersicht, Systematisierung und Vergleich

Eine an einheitlichen Kriterien orientierte Beschreibung der verschiedenen ökologischen Bewertungsansätze sichert die Vergleichbarkeit und die systematische Identifikation von Betrachtungsschwerpunkten. Hierzu bieten sich Steckbriefe an, die die enthaltenen Funktionen eines Bewertungsansatzes anhand einheitlicher Kriterien auflisten. Des Weiteren scheint eine Unterscheidung zwischen Datenbanken und Softwaretools plausibel vor dem Hintergrund der Relevanz verschiedener Aspekte. Jedoch gilt auch, dass eine eindeutige Zuordnung nicht in jedem Falle möglich ist. Einige Ansätze koppeln eine Datenbank- mit einer Software-Funktion.

Die durchgeführte Untersuchung stützte sich zu weiten Teilen auf die Basis einer internetbasierten Marktsichtung. Zudem wurden Informationen einschlägiger Literatur und Projekterfahrungen des Fraunhofer IML herangezogen. Im Ergebnis fielen 33 Softwaretools und 33 Datenbanken/ Leitfäden in die engere Auswahl, die hinsichtlich des Projektrahmens eine mögliche Relevanz darstellen (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht über bewertete Datenbank- und Softwarelösungen (Quelle: GreenLogistics)

<b>Datenbanklösungen</b>	AirConLCA, Athena Impact Estimator Database, CML-IA, Contargo Binnenschiffahrtsdaten, Copert 4 Database, CPM LCA Database, DEAM Database, DIM Database, E3IOT, Ecodesign X-Pro Database, Ecoinvent, Ecological Footprinter, EEA EMEP (Corinair) Studien, EIME, ELCD, EMPA, GaBi Database, GEMIS, German Network on Life Cycle Inventory Data (LCI data), HBEFA, ICF Tool, IMO GHG Studien, KCL EcoData, MFA Sostenipra, Planco Studie, ProBas, SirAdos, The Boustead Model Database, TREMOD Database, Umberto Database, Umweltkennzahlen, US Life Cycle Inventory Database, VerkehrsRundschau Leitfaden
<b>Softwarelösungen</b>	4flow vista, AIST-LCA, Athena Impact Estimator Software, BEES, Citair (Mobilev-Modul), CMLCA, Copert 4 Software, Earthster 2 Turbo, Eco-Bat, ECODESIGN X-Pro Software, Eco-Quantum, EcoTransIT World, EPD, Equer, EuPmanager, eVerdEE, GaBi Software, JEMAI-LCA Pro, LCAMANAGER, LEGEP, LESOSAI, LTE OGIP, Marco Polo II Calculator, Map&Guide professional, NTMcalc, openLCA framework, REGIS, SimaPro, Slooptool - Demolition Tool, TEAM Software, The Boustead Model Software, REMOVE, Umberto Software

Für diese Systeme wurden Steckbriefe erstellt, die nachfolgende Bewertungskriterien enthalten (siehe Tabelle 4). Neben allgemeinen Informationen, u. a. zu Name und Anbieter des Ansatzes gibt es spezielle Informationen zu Einsatzzweck und verwendeter Methodik.

Tabelle 4: Übersicht über Bewertungskriterien zu den Datenbank- und Softwarelösungen (Quelle: GreenLogistics)

<b>Datenbank-lösungen</b>	Allgemeine Informationen: Name; Datenbank-Typ; Anbieter; Standort; Internetseite; Aktuellste Version der Datenbank; Release-Datum; Zugang; Unterstützte Betriebssysteme; Datenbereitstellung; Datenbanksprache; Vertriebszustand / Marktaktivität; Vertriebsbedingungen Spezielle Informationen zu Einsatzzweck, Methodik und Datenbasis der Datenbank: Anwendungsziel / Zielgruppe; Unterstützte Teilprozesse; Unterstützte Umweltkategorien; Bezugsgrößen; Unterstützte Methode(n); Grenzen der Sachbilanz; Aggregationsgrad der Datenbankwerte; Quellen der Datenbank; Aktualität der verwendeten Datenquellen; Kompatibilität zu anderen Bewertungstools
<b>Software-lösungen</b>	Allgemeine Informationen: Name; Software-Typ; Anbieter; Standort; Internetseite; Aktuellste Software-Version; Release-Datum; Zugang; Unterstützte Betriebssysteme; Programmiersprache; Softwaresprache; Vertriebszustand / Marktaktivität; Vertriebsbedingungen Spezielle Informationen zu Einsatzzweck, Methodik und Daten der Softwarelösung: Anwendungsziel / Zielgruppe; Enthaltene Teilprozesse; Umweltkategorien der Bilanzierung; Bezugsgrößen; Unterstützte Methode(n); Grenzen der Sachbilanz; Ergebnisdarstellung / Anzahl an Kennzahlen; Integrierte Datenquellen; Aktualität integrierter Datenquellen; Aggregationsgrad / Vereinfachungen

Im Ergebnis wurden nachfolgende Systeme<sup>27</sup> für eine detailliertere Analyse im Rahmen von Green Logistics empfohlen:

- Transport:
  - hohe Relevanz: EcoTransIT, Map&Guide Professional
  - erweiterter Fokus: 4flow Vista, Boustead Model, Earthster (noch in der Entwicklung), GaBi, NTM Calc Professional, OpenLCA (noch in der Entwicklung), SimaPro, Tremove, Umberto
- Immobilien:
  - hohe Relevanz: Athena Impact Estimator, BEES, LEGEP, LESOSAI
  - erweiterter Fokus: Equer, GaBi, SimaPro, TEAM Software, Boustead Model, Umberto

Eine detailliertere Darstellung der durchgeführten Marktanalyse, Systematisierung und Vergleich der Datenbank- und Softwarelösungen ist dem Green Logistics Schlussbericht des Fraunhofer IML zu entnehmen. Zudem wurde die Dokumentation zu dieser Analyse auf der Green Logistics Internetseite veröffentlicht:

- „Softwaretools und Datenbanken der ökologischen Bewertung. Marktübersicht, Systematisierung und Vergleich.“<sup>28</sup>
- “Databases for the ecological assessment. Market review.”<sup>29</sup>

#### Detailanalyse von ausgewählten Softwaretools und Datenbanken

Die im Rahmen der Grobanalyse als potentiell empfehlenswert eingestuften Tools, Datenbanken und Leitfäden des Bereichs Transport sowie Immobilien wurden einer weiteren Detailuntersuchung unterzogen. Ziel war dabei, eine detaillierte Beschreibung verschiedener

<sup>27</sup> für Quellenverweise für die jeweiligen Systeme: vgl. Rüdiger 2011a

<sup>28</sup> vgl. Rüdiger 2011a

<sup>29</sup> vgl. Rüdiger 2011b

Bewertungslösungen vorzunehmen und diese den spezifischen Mindestanforderungen der bereits erfolgten Systemdefinition gegenüberzustellen (siehe Kapitel 1.1.3). Idealerweise wurden (z. B. verkehrsträgerspezifische) Anwendungsempfehlungen für die ökologische Bewertung formuliert. Andernfalls wurden Aussagen über einen aus Sicht des Forschungsprojekts notwendigen Ausarbeitungs- und Weiterentwicklungsbedarf erarbeitet, denn die Umsetzung einer ökologischen Bewertung erfordert nicht zuletzt umfangreiche, hoch differenzierte und qualitativ gut recherchierte Kennzahlen, die im Weiteren für eine Akzeptanz und Vergleichbarkeit von Ergebnissen eine wesentliche Voraussetzung sind. Die Ergebnisse repräsentieren den jeweiligen Stand zum Abschluss der Detailanalysen, d. h. Fokus Transport im Herbst 2012 bzw. Fokus Immobilien Herbst 2013.

**Fokus Transport:** Analog zur Grobanalyse wurde ein spezifischer Steckbrief entwickelt, der in Teilen verkehrsträgerunabhängig ist, jedoch auch die in der Systemdefinition formulierten Mindestanforderungen an die verkehrsträgerspezifische Bilanzierung berücksichtigt. Die Steckbriefe umfassen über 60 Bewertungskriterien, wie beispielsweise Aktualität, Zielgruppe, unterstützte Teilprozesse, Umweltwirkungskategorien, Methoden und Datenquellen (siehe auch Tabelle 5).

Tabelle 5: Übersicht über Bewertungskriterien der Detailanalyse, Fokus Transport (Quelle: GreenLogistics)

Vollständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetische Bilanzgrenzen: Direkte Emissionen (TTW), Indirekte Emissionen (WTT), Gesamtemissionen (WTW)</li> <li>• Enthaltene Teilprozesse: Hilfsstoffverbrauch, Kühlmittelverluste, Hilfsaggregate, Leerfahrten / Anfahrten, Herstellung des Transportmittels, Bau / Instandhaltung von Verkehrswegen, Wartung / Instandhaltung des Transportmittels, Entsorgung des Transportmittels</li> </ul>
Aggregation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportmittelklassen, Antriebs- und Kraftstoffkonzepte, Umweltwirkungskategorien, Transportdistanzen, Zuladung, geografische Eingrenzung, Ergebnisdarstellung</li> </ul>
Transparenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachvollziehbarkeit verwendeter Datenquellen, Standards und Methoden</li> <li>• Dokumentation und Nachvollziehbarkeit einzelner Berechnungsschritte</li> <li>• Zusätzliche Annahmen / Vereinfachungen zu den bereits dokumentierten Aspekten</li> </ul>
Aktualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktualität der verwendeten Datenquellen (Repräsentieren die Datenquellen den aktuellen Erkenntnisstand?)</li> <li>• Ausblick auf Erweiterungen und methodische Weiterentwicklungen</li> </ul>
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitgestellte Schnittstellen</li> <li>• Verwendete Datenstandards</li> <li>• Vertriebs- und Zugangsformen</li> </ul>

Die Detailanalyse umfasst für den Bereich Transport die in Tabelle 6 aufgeführten Softwaretools und Datenbanken, welche für die angekreuzten Verkehrsträger bewertet wurden. Die erarbeiteten Steckbriefe wurden den jeweiligen Autoren/Entwicklern/Eigentümern der Softwaretools und Datenbanken zur Validierung zur Verfügung gestellt und anschließend entsprechend überarbeitet.

Tabelle 6: Softwaretools und Datenbanken der Detailanalyse, Fokus Transport (Quelle: GreenLogistics)

					
HBEFA 3.1	x				
EcoTransIT World	x	x	x	x	x
Map&Guide Professional	x				
VerkehrsRundschau Sonderbeilage 2011	x				

					
CPM		x			
IMO GHG Study			x		
Contargo				x	
Planco				x	
EEA EMEP					x

Wie in der Dokumentation der Vergleichsrechnung<sup>30</sup> herausgestellt wurde (siehe auch nächstes Kapitel), ist die Datenbank HBEFA 3.1<sup>31</sup> ein geeignetes Instrument zur ökologischen Bewertung des Straßengüterverkehrs. Auch vor dem Hintergrund der Vollständigkeit und Aggregation kann eine Empfehlung für HBEFA 3.1 ausgesprochen werden. Für die Green Logistics Methode müsste jedoch noch eine Lösung gefunden werden, alternative Kraftstoffe und Antriebskonzepte (z. B. CNG-Antrieb) zu bewerten. Hier könnten bspw. die Verbrauchsdaten der VerkehrsRundschau<sup>32</sup> nützlich sein. Zudem wäre es für eine vollständige Bewertung des Straßentransports notwendig, zusätzliche Datenbanken bzw. Umrechnungsfaktoren heranzuziehen, die eine Bilanzierung des Bewertungsraums WTW ermöglichen (z. B. DIN EN 16258 Faktoren).

Für die ökologische Bewertung des Bereichs Schienengüterverkehr existiert derzeit nur ein empfehlenswertes Verfahren – EcoTransIT<sup>33</sup>. Dank der sehr guten und nachvollziehbaren Dokumentation der Basisdaten und Berechnungszusammenhänge wäre eine Integration des EcoTransIT Ansatzes in die »Green Logistics« grundsätzlich möglich. Ein Erweiterungsbedarf besteht jedoch bezüglich der Berücksichtigung von Rangiervorgängen, welche einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtemissionen und -verbräuche nehmen können. Hierbei sollte geprüft werden, ob die Annahmen des tendenziell veralteten CPM-Ansatzes<sup>34</sup> heute noch Gültigkeit besitzen und auf den EcoTransIT Ansatz übertragbar sind.

Das Softwaretool EcoTransIT hat im Bereich Seeschifftransport den Ansatz der IMO GHG Study<sup>35</sup> sinnvoll erweitert und eine Lösung gefunden, unterschiedliche Geschwindigkeiten zu modellieren. Zudem wird im Gegensatz zur primären Datenbasis eine Vielzahl weiterer Umweltwirkungen berechnet. Da sich jedoch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des EcoTransIT Ansatzes für diesen Bereich insgesamt nur mäßig darstellt, ist eine unmittelbare Übertragung des EcoTransIT Ansatzes in die »Green Logistics« Methode nicht möglich. Daher sollte geklärt werden, ob EcoTransIT in diesem Punkt weitere Daten zur Verfügung stellen kann. Wenn dies nicht der Fall ist, wäre es auch denkbar, den IMO GHG Ansatz entsprechend der Zielstellungen der »Green Logistics« Methode zu erweitern, wie es bereits EcoTransIT entsprechend seiner Zielstellungen umgesetzt hat.

Die Analysen in dem Bereich Binnenschifffahrt zeigen, dass die allgemein verfügbare Datenbasis insgesamt unzureichend ist. Eine differenzierte, ökologische Bewertung des Binnenschiffstransports ist derzeit mit keinem am Markt verfügbaren Verfahren möglich ist. Daher

<sup>30</sup> vgl. Rüdiger et al. 2012a

<sup>31</sup> vgl. Keller 2010

<sup>32</sup> vgl. VerkehrsRundschau 2011

<sup>33</sup> vgl. IFEU 2011

<sup>34</sup> vgl. CPM 2012

<sup>35</sup> vgl. IMO 2009

ist zu prüfen, ob mit geeigneten Experten eine neue, hoch differenzierte Datenbasis für den Bereich Binnenschiff aufgebaut werden kann. Alternativ wären für die »Green Logistics« Methode weitere detaillierte Analysen notwendig um zu prüfen, inwiefern die drei vorgestellten Bewertungsverfahren im Bereich Binnenschiff zu einer akzeptablen Lösung kombiniert werden könnten. Allerdings wäre in diesem Fall auch eine Validierung anhand von Realdaten wichtig.

Auch im Bereich Luftfracht ist die öffentlich verfügbare Datenbasis unzureichend. Beide bewertete Verfahren greifen auf Ergebnisse eines Simulationsprogramms Piano<sup>36</sup> zurück, ohne jedoch reale Verbrauchsdaten von Luftfrachtunternehmen heranzuziehen. Somit wäre es auch für diesen Bereich sinnvoll zu prüfen, ob mit entsprechenden Luftfrachtexperten eine auf die Zielstellungen des »Green Logistics« Projekt ausgerichtete Datenbasis entwickelt werden kann. Ist dies nicht möglich, dann wäre es auch denkbar den EEA EMEP Ansatz<sup>37</sup> entsprechend den Zielstellungen der »Green Logistics« Methode zu erweitern, wie es bereits EcoTransIT entsprechend seiner Zielstellungen umgesetzt hat.

Eine detailliertere Darstellung der durchgeführten Analyse der ausgewählten Softwaretools und Datenbanken ist dem Green Logistics Schlussbericht des Fraunhofer IML zu entnehmen. Zudem wurde die Dokumentation zu dieser Analyse auf der Green Logistics Internetseite veröffentlicht:

- „Detailanalyse von Hilfsmitteln der ökologischen Bewertung des Transports. Gegenüberstellung der Eigenschaften von Softwaretools, Datenbanken und Leitfäden/ Branchenstandards der ökologischen Transportbewertung.“<sup>38</sup>

#### Vergleichsrechnung „Straßentransport“

Wie die vorherigen Ausführungen verdeutlichen, existieren verschiedene Softwarelösungen sowie Datenbanken für die ökologische Bewertung, welche aber auf individuellen Rahmenbedingungen, Annahmen u.a. basieren und somit - vermutlich - zu ebenso unterschiedlichen Ergebnissen bei der Anwendung im Rahmen einer ökologischen Bewertung führen. Eine freie Verwendung am Markt verfügbarer Lösungen unterstützt demnach nicht das Bestreben nach vergleichbaren Ergebnissen, sondern sollte in entsprechenden Methoden oder Standards zukünftig näher spezifiziert werden. Die genannte Vermutung wurde im Rahmen der Bestandsaufnahme exemplarisch für den Bereich Straßengüterverkehr für reale Transportrelationen der Green Logistics Partner untersucht.

Die Partner Deutsche Post DHL, UPS und Schmidt-Gevelsberg haben reale Daten zu Relationen vom Ruhrgebiet nach Süddeutschland bzw. Norditalien für eine ökologische Bewertung zur Verfügung gestellt, welche in Summe eine jährliche Transportleistung von ca. 123,5 Mio. tkm darstellen. Die Touren der Deutschen Post DHL sowie von UPS beziehen sich auf den Paketversand. Schmidt-Gevelsberg stellte Daten für den Stückguttransport zur Verfügung. Die zur Verfügung gestellten Daten umfassten Angaben zur Entfernung, d. h. die während der Tour zurückgelegte Strecke, Angaben zum eingesetzten Fahrzeugtyp (z. B. zulässiges Gesamtgewicht (zGG), Schadstoffklasse, Anzahl Wechselbrücken), Angaben zur tatsächlich transportierten Zuladung und, sofern verfügbar, Angaben zum Kraftstoffverbrauch

---

<sup>36</sup> Vgl. Piano-X 2008: Professional aircraft evaluation tool for aircraft emissions and performance. Online verfügbar unter <http://www.lissys.demon.co.uk/PianoX.html>, abgerufen am 21.08.15

<sup>37</sup> vgl. EMEP EEA 1999

<sup>38</sup> vgl. Rüdiger et al. 2012b

der eingesetzten Fahrzeuge auf den jeweiligen Touren bzw. Angaben zu Flottendurchschnittsverbräuchen (reale Verbrauchswerte).

Für die ökologische Bewertung der Transportrelationen wurden zehn verschiedene Tools (ein Leitfaden sowie ein Branchenstandard) verwendet, deren Berechnungsergebnisse in Abbildung dargestellt sind. Für die bessere Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse auf die Datenbasis HBEFA normiert und die relative durchschnittliche Abweichung (bzgl. der tank-to-wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen) berechnet.

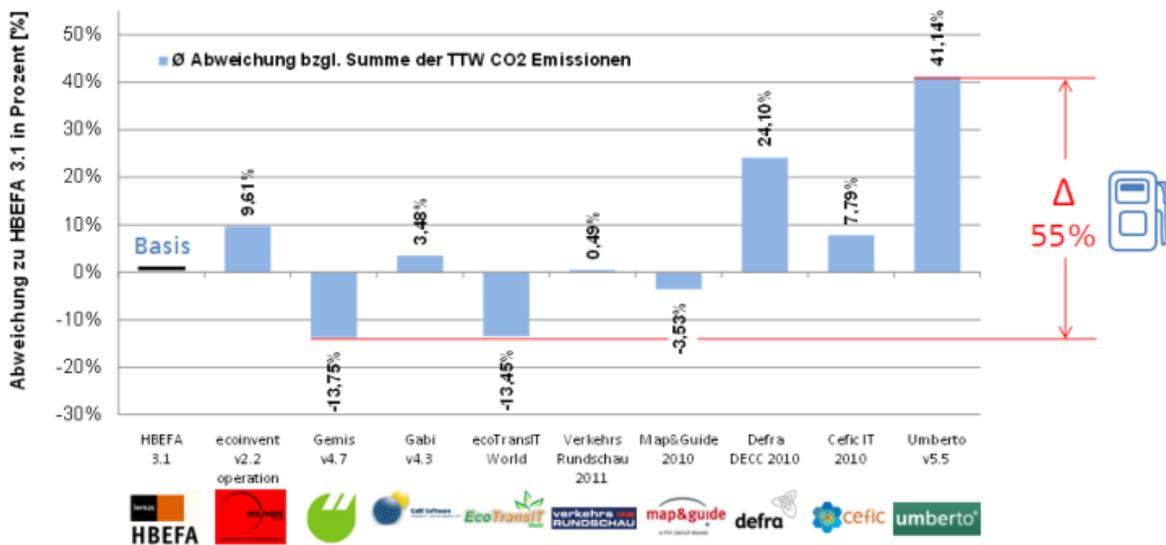


Abbildung 7: Ist-Situation ökologische Bewertung; Vergleichsrechnung „Straßentransport“ (Quelle: GreenLogistics)

Es zeigten sich deutliche Unterschiede, mit einer Schwankungsbreite von +42% bis -14% im Vergleich zu einer Bewertung mit HBEFA 3.1, welche als die derzeit aktuellste und differenzierteste Datenbank zur Bewertung des Straßenverkehrs gilt. Die Entscheidung für ein Tool hat somit entscheidenden Einfluss auf das Bilanzierungsergebnis. Dass der Bereich der ökologischen Bewertung einer umfangreichen Standardisierung bedarf, zeigte auch die Gegenüberstellung zentraler Unterschiede der Bewertungstools. Tools, die dem „tkm-Ansatz“ folgen, sind prinzipiell nicht geeignet, den Straßengüterverkehr differenziert genug abzubilden.

Mit der sich bis dato im Entwurfsstadium befindlichen DIN prEN 16258:2011 wurde erstmalig eine einheitliche Methodik für die ökologische Bewertung von Transporten definiert. Zentrale Elemente sind dabei die Priorisierung verschiedener Vorgehensweisen sowie die Definition von einheitlichen Umrechnungsfaktoren.

Der Markt der Ökobilanzierungstools und -datenbanken war bis dato und ist weiterhin vielfältig. In der Vergangenheit waren es insbesondere zwei Faktoren, an denen sich die (Weiter-)Entwicklung der Bewertungstools orientiert hat. Zum einen war es wichtig, den Wünschen der Kunden an Zugang, Bedienung und Bilanzierungsraum (z. B. Scope 1 bis 3) gerecht zu werden, zum anderen war es wichtig, lokale Unterschiede, z. B. hinsichtlich der Relevanz einzelner Schadstoffe oder hinsichtlich vorhandener Technolgienormen und -standards, zu berücksichtigen. Mit der nun eintretenden und voraussichtlich zunehmenden Standardisierung ist davon auszugehen, dass in Zukunft die verschiedenen Bewertungsansätze methodisch ähnlich arbeiten und somit die Streuung der Bilanzierungsergebnisse abnehmen wird.

Nach aktuellem Stand priorisiert die DIN EN 16258 den verbrauchsbasierten Ansatz gegenüber einem entfernungsbasierten Ansatz auf Basis von Tools und Datenbanken. Da jedoch unterschiedliche Möglichkeiten in der DIN-Norm verankert sind, eine verbrauchsbasierte Bewertung vorzunehmen, zeigen sich auch hier größere Unterschiede in den Ergebnissen,

wenn bspw. ein pauschaler Ansatz gewählt wird. In der Untersuchung wurde festgestellt, dass bei einer Betrachtung realer Verbrauchsdaten auf Fahrzeugebene (Bsp. Schmidt-Gevelsberg) die HBEFA 3.1 Datenbank zu sehr guten Ergebnissen kommt. Demgegenüber weist der höher aggregierte Ansatz über Flottenverbräuche eine höhere Ungenauigkeit auf (Bsp. Deutsche Post DHL). Aus dieser Beobachtung ließ sich ableiten, dass die entfernungs-basierte Bewertung mit hoch aktuellen und differenzierten Datenbanken ggf. genauere Ergebnisse liefert als ein annähernder, verbrauchsbasierter Ansatz.

Eine detailliertere Darstellung der Vergleichsrechnung für den Straßentransport ist den Green Logistics Schlussberichten der beteiligten Partner zu entnehmen. Zudem wurde die Dokumentation zu dieser Analyse auf der Green Logistics Internetseite veröffentlicht:

- „Gegenüberstellung von Softwaretools, Datenbanken und Leitfäden/Branchenstandards der ökologischen Bewertung am Beispiel realer Straßengüterverkehrsrelationen“<sup>39</sup>

Auf Basis der vorgestellten Vergleichsrechnung wurden zahlreiche detaillierte Diskussionen bzgl. der Anwendung von EcoTransIT in diesem Beispiel geführt. Diese resultierten in der Identifikation einer Ungenauigkeit in der Routenführung in der bis dato vorliegenden Version von EcoTransIT. Diese Ungenauigkeit wurde mittlerweile durch die Entwickler behoben.<sup>40</sup>

### 1.1.3 Stand des EU-Emissionshandels mit Fokus Logistik

Der europäische Emissionshandel stellt ein klimapolitisches Instrument dar, welches zu Beginn des Projektes Green Logistics diskutiert wurde, auf die Logistik auszuweiten. Die Anforderungen, welche aus der Integration der Logistik in den Emissionshandel resultieren würde, sollten in einer Teilstudie herausgestellt werden.

In der Teilstudie<sup>41</sup> wurden einführend die allgemeinen Grundlagen des Emissionshandels dargestellt. Die Ausführungen zum aktuellen Stand des EU-Emissionshandels umfassten die Entwicklungen für stationäre Anlagen, Tendenzen der Weiterentwicklung, Projekte im Rahmen von Clean Development Mechanism und Joint Implementation sowie der Stand des EU-Emissionshandels im Luftverkehr. Darauf aufbauend wurden mögliche Auswirkungen eines EU-Emissionshandels im Straßengüterverkehr aufgezeigt sowie Szenarien einer möglichen Ausweitung des Emissionshandels im Bereich der Logistik betrachtet. Die Autoren der Studie ziehen nachfolgendes Fazit, welches der Studie<sup>41</sup> direkt entnommen wurde.

Der Verkehr ist innerhalb der EU der einzige Sektor, der nicht nur zur gesamten Minderung der Emissionen von Klimagasen nichts beiträgt sondern seine Emissionen immer noch ausweitet. In der Folge müssen zwecks allgemeiner Zielerreichung andere Sektoren höhere Beiträge erbringen, was den Druck seitens der Interessenvertreter dieser Sektoren und letztlich die allgemeinen politischen Anforderungen gegenüber dem Verkehr ansteigen lassen wird. Mit den ambitionierten klimapolitischen Zielsetzungen innerhalb der EU sind negative Zielbeiträge des Verkehrs auf Dauer unvereinbar. Daher wird auch der Güterverkehr im Hinblick auf die hohen Minderungsziele bis 2050 einen Aufholprozess beginnen müssen. Dieser wird ohne weitere politische Initiativen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht ausreichend in Gang kommen.

Der Emissionshandel ist ein seit seiner Einführung stetig verbessertes Instrument der Klimapolitik, das zukünftig noch wirksamer werden dürfte. Bislang ist die Logistik mit Aus-

---

<sup>39</sup> vgl. Rüdiger et al. 2012a

<sup>40</sup> persönliche Info EcoTransIT an Fraunhofer IML

<sup>41</sup> vgl. Pastowski, Hillebrand 2012

nahme der Luftfracht fast ausschließlich indirekt vom Emissionshandel betroffen, soweit dabei stationär oder mobil Strom eingesetzt wird, der in Anlagen erzeugt wurde, die am Emissionshandel teilnehmen. Dies gilt vor allem für den Eisenbahngüterverkehr mit Stromtraktion sowie den stationären Stromeinsatz aus dem öffentlichen Netz in den genutzten Logistik-Immobilien sowie Einrichtungen der Intralogistik. Hinzu kommt theoretisch die Eigenerzeugung im Bereich der Logistik in handelspflichtigen Anlagen, die aber abgesehen von entsprechender Erzeugung von Bahnstrom bei der DB AG im Bereich der Logistik praktisch bedeutungslos ist. Damit sind wesentliche Teile der Logistik bislang nicht in den Emissionshandel integriert oder auch nur indirekt von diesem tangiert.

Es gibt eine Tendenz zur Ausweitung des Emissionshandels sowohl nach der Art und Größe der integrierten stationären Anlagen als auch hinsichtlich der berücksichtigten Sektoren und Klimagase. So startete der Emissionshandel im die EU berührenden Luftverkehr am 1.1.2012. Ähnliche EU-weite Regelungen für den Schiffsverkehr sind in Ermangelung entsprechender Initiativen auf globaler Ebene in der Diskussion und könnten sich an die zum Luftverkehr anlehnen. Der Straßenverkehr ist mit seiner großen Zahl von mobilen Emissionsquellen wegen der Transaktionskosten kein idealer Kandidat für einen Downstream-Ansatz des Emissionshandels bei den Fahrzeugbetreibern. Allerdings relativiert sich diese Zahl gegenüber den Pkw im Straßengüterverkehrsgewerbe und ein Upstream-Ansatz bei den Mineralölkonzernen wäre diesbezüglich sehr einfach umsetzbar.

Gegenwärtig gibt es keine politischen Initiativen, die auf eine baldige Einbeziehung des Straßenverkehrs in den Emissionshandel hindeuten. Allerdings sind andere ökonomische Instrumente mit Problemen der praktischen oder der politischen Umsetzbarkeit behaftet. So sind Aufschläge auf die Mineralölsteuer auf Diesel einzelstaatlich nur bei peripheren geografischen Lagen wie etwa im Falle von Großbritannien effektiv. In anderen Fällen ist gerade in zentral gelegenen Ländern der EU mit Ausweichhandlungen im gewerblichen Verkehr zu rechnen indem im benachbarten Ausland mit geringeren Steuersätzen getankt wird. Änderungen bei den Steuersätzen müssten also möglichst im Verbund der EU-Mitgliedstaaten erfolgen, was aber leicht an der Hürde der erforderlichen einstimmigen Entscheidung im Rat der EU-Finanzminister scheitern kann. Ein weiterer Ansatz ist die Einbeziehung der Emissionen von Klimagasen im Rahmen der mitgliedstaatlichen Mautsysteme. Offenbar will die Europäische Kommission zwar die Einpreisung lokaler Beeinträchtigungen wie die durch Luftschadstoffe oder Lärm bei der Bemessung der Maut ausdrücklich zulassen. Allerdings ist eine Berücksichtigung von Klimagasen nicht vorgesehen, die stattdessen als Aufschläge auf die Treibstoffsteuern umgesetzt werden sollen, was wiederum das Problem der einstimmigen Entscheidung im EU-Rat der Finanzminister aufwirft. Eine politische Lösung aus dieser verfahrenen Lage im Straßengüterverkehr könnte durchaus der Emissionshandel sein, über den mehrheitlich im Rat der EU-Umweltminister entschieden werden könnte.

Die angestellten Betrachtungen zu den Kostenwirkungen eines möglichen Emissionshandels im Straßengüterverkehr verweisen darauf, dass diese selbst bei aus heutiger Sicht sehr hohen Preisen für die Emissionsberechtigungen in einem überschaubaren Rahmen bleiben. Dies könnte die Frage nach der Wirksamkeit aufwerfen und unterstreicht die Bedeutung eigener Bemühungen der Logistikdienstleister zur Minderung von Emissionen über die Anreizwirkungen eines möglichen Emissionshandels hinaus.

#### **1.1.4 Systemdefinition**

Auf Basis der heutigen wissenschaftlichen Ansätze (siehe Teil I Kapitel 4.1) sollten die im Rahmen von Green Logistics als geeignet bewerteten Berechnungsmethoden sowie Normen und Standards dahingehend erweitert werden, dass die Abhängigkeiten zwischen den Bereichen Transport, Logistikimmobilie und Intralogistik integriert und die vorhandenen Lücken geschlossen werden. Dies galt u. a. auch für die Definition der korrekten Bezugsgrößen, also

der logistischen Leistungsobjekte, zur Entwicklung von einheitlichen und vergleichbaren Bewertungskennzahlen.

Ferner sollten die relevanten ökologischen Bewertungsgrößen von Logistikdienstleistern definiert werden. Dabei war zu gewährleisten, dass die Methodik sowohl praktikabel als auch wissenschaftlich fundiert ist. So wurde geprüft, ob z. B. die alleinige Fokussierung auf Treibhausgase – wie in der derzeitigen Verfahrensweise vieler Unternehmen üblich – zulässig ist oder ob andere Emissionen, wie z. B. Feinstaub oder Lärm, mitberücksichtigt werden müssen. Gleichzeitig war/en die jeweilige/n Zielgrößen der Bewertung zu definieren, z. B. CO<sub>2</sub>- oder CO<sub>2</sub>e-Emissionen. Hierbei wurde auf bestehende Erkenntnisse und Verfahrensweisen aus den existierenden Normen und Richtlinien zurückgegriffen und die Relevanz bzw. Übertragbarkeit auf den hier vorliegenden Anwendungsfall untersucht.

Im Ergebnis sollte eine Empfehlung von Seiten des Green Logistics Projektes zur Vorgehensweise/Methode für die ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen vorliegen, welche den Bilanzraum, Schritte, Daten und Formeln umfasst.

Die Systemdefinition wurde mehrstufig unter Beteiligung des gesamten Konsortiums sowie gezielt angesprochener Fachabteilungen der Projektpartner und weiterer externer Experten erarbeitet.

In einem ersten Workshop wurde auf Basis der zuvor detailliert aufgenommenen Anforderungen an die ökologische Bewertung der grobe Rahmen der Systemdefinition definiert und erste Aspekte im Konsortium diskutiert. Auf Basis dessen erfolgte eine erste Dokumentation der zu untersuchenden Aspekte, also dem weiter zu spezifizierenden Bilanzraum mit den jeweiligen Teilprozessen und Umweltwirkungen, nachfolgend Relevanzanalyse bezeichnet. Darauf aufbauend wurde das Detailkonzept für die ökologische Bewertung, die „Green Logistics Methode“, ausgearbeitet (siehe hierzu Kapitel 1.2.1).

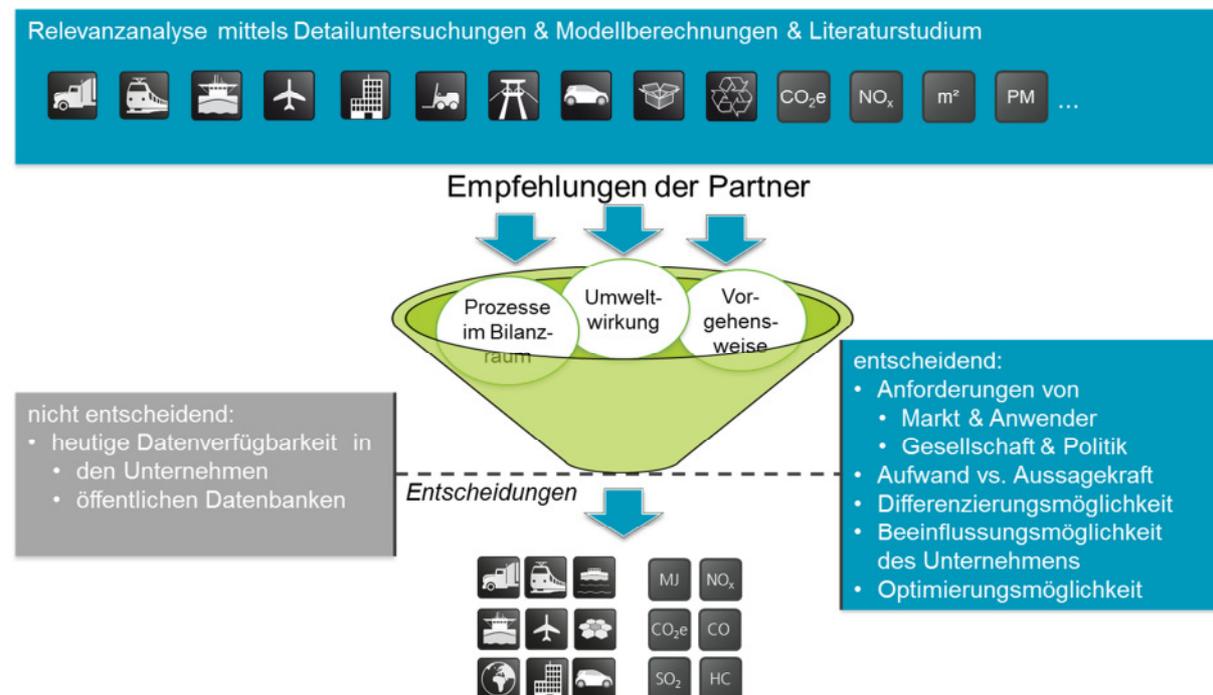


Abbildung 8: Vorgehen bei der Relevanzanalyse (Quelle: GreenLogistics)

Die Relevanzanalyse umfasste Detailuntersuchungen und Modellrechnungen ergänzt um eine begleitende Literaturrecherche (siehe auch Abbildung 8). Diese Teiluntersuchungen wurden im Zeitraum von Januar bis April 2012 durchgeführt. Hierbei leitete stets ein Unter-

nehmen die unterschiedlich besetzten Arbeitsteams, unter Berücksichtigung der jeweiligen Fachexpertise. Tabelle gibt eine Übersicht über die Partnerbeteiligungen bei der Erarbeitung der Relevanzanalyse, welche abschließend durch die Stakeholder Gruppe extern begutachtet und mittels deren Feedback entsprechend angepasst worden ist.

Tabelle 9: Beteiligte Unternehmen und Experten bei der Ableitung der Systemdefinition (Quelle: GreenLogistics)

Beteiligte Unternehmen	Unternehmen leitete Ausarbeitung folgender Themenbereiche
DB Mobility Logistics	Teilprozesse Schiene
Deutsche Post	Umweltwirkungskategorie Abwasser, Teilprozess Mitarbeiterfahrten
Fiege Logistik	Umweltwirkungskategorie Flächeninanspruchnahme, Herstellungs-/ Entsorgungsphase Intralogistik
Goodman Germany/Arcadis	Lebenszyklusbetrachtung der Logistikimmobilie
Lufthansa Cargo AG	Umweltwirkungskategorien NO <sub>x</sub> , CO, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Lärm sowie Teilprozesse Luftfracht
Schmidt-Gevelsberg	Teilprozess Verwaltung
TÜV Rheinland Cert	Umweltwirkungskategorie SO <sub>2</sub> , Teilprozesse Wartung & Instandhaltung Infrastruktur
UPS Deutschland	Teilprozesse Straßentransport, Werkstätten
Vanderlande Industries	Teilprozesse Intralogistik
Wuppertal Institut	Umweltwirkungskategorie Feinstaub, Teilprozesse Wassertransport, Herstellungs-/ Entsorgungsphase alle Verkehrsträger
Fraunhofer IML	Übergeordnete und zusammenführende Arbeiten zum wissenschaftlichen Rahmen, Umweltwirkungen, Teilprozesse im Bilanzraum

Detailausführungen zu den jeweiligen Teilbereichen (siehe hierzu auch Tabelle 11) sind in der Dokumentation zur Systemdefinition auf der Green Logistics Internetseite als Lang- wie auch Kurzbericht veröffentlicht:

- „Ökologische Bewertung von Logistikprozessen und –systemen: Systemdefinition Green Logistics (Langdokumentation)“<sup>42</sup>
- „Ökologische Bewertung von Logistikprozessen und –systemen: Systemdefinition Green Logistics (Kurzdokumentation)“<sup>43</sup>
- „Ecological assessment of logistics processes and systems: System definition Green Logistics (brief documentation)“<sup>44</sup>müssen. Dies umfasst sowohl die jeweiligen Lebenszyklusphasen (Herstellungs

DB Schenker hat einen umfassenden Beitrag zur Ausarbeitung der Systemdefinition geleistet. Das betrifft insbesondere den Teilaspekt Schienentransport.

Im Folgenden werden drei Beiträge von DB Schenker beispielhaft beschrieben:

DB Schenker hat im Rahmen der Systemdefinition zum Beispiel die Notwendigkeit einer Umweltbilanzierung von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO) bei den Verkehrsträgern Schiene, Straße und Binnenschiff sowie von Schwefeldioxid für das Seeschiff geprüft. Beim Verkehrsträger Schiene hat DB Schenker zudem noch unter-

<sup>42</sup> vgl. Dobers et al. 2014

<sup>43</sup> vgl. Dobers et al. 2012a

<sup>44</sup> vgl. Dobers et al. 2012b

sucht, ob eine Berücksichtigung von Lärm und Flächenverbrauch notwendig ist. Folgende Fragen wurden von DB Schenker beantwortet („Beispiel Flächenverbrauch“):

- Welche Informationen sind erforderlich? Antwort: Streckenlängen und mittlere Trassenbreiten, Oberbauformen (Versiegelungsrate), Warenumschlag
- Welche Datenquellen liegen vor? Antwort: Die Betriebslänge des Netzes der DB multipliziert mit der durchschnittlichen Trassenbreite (64.969km\*13,7m), wobei es hierbei Probleme bei der Unterscheidung des Personen- und Güterverkehrs und der Allokation des Verteilungsverkehrs bei fehlendem Gleisanschluß („Letzter Kilometer“) gibt
- Welche Schwierigkeiten liegen bei der Berechnung vor? Antwort: Ökologischer Wert der Fläche nur eingeschränkt bilanzierbar<sup>45</sup>
- Was ist der Vorteil für das Zertifizierungssystem? Antwort: Flächenverbrauch in Zusammenhang mit Raumordnung unter politischem Druck
- Was ist die Empfehlung des Projektpartners? Antwort: Umweltbilanzierung des Flächenverbrauchs notwendig

Das Thema Flächenverbrauch ist ein sehr komplexes Thema. DB Schenker betrachtet diesen Umweltparameter zwar als notwendig für die Umweltbilanzierung, da er für die Schiene im Vergleich zur Straße ein Differenzierungsmerkmal darstellen könnte. Auch in der Planung der Raumordnung, speziell in Schwellenländern, steht der Flächenverbrauch unter hohem politischem Druck. In der Diskussion mit den anderen Projektpartnern wurde die Themen Flächenverbrauch, wie auch Lärm und Feinstaub, aber nicht weiter verfolgt. Grund dafür ist, daß es derzeit keine wissenschaftlich anerkannten Verfahren gibt, um objektiv und einheitlich die drei Umweltwirkungskategorien Lärm, Feinstaub und Flächenverbrauch in die ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen zu berücksichtigen. DB Schenker hat gleichwohl seine Erfahrungen in das Verbundprojekt eingebracht (z.B. Schienenlärmkartierung, Lärmreduzierungsmaßnahmen). Das Fraunhofer IML hat diese Ansätze in der Systemdefinition dann methodisch aufbereitet.

Darüber hinaus hat DB Schenker im Rahmen der Systemdefinition an der Festlegung der richtigen Umrechnungsfaktoren für Straße, Schiene, Binnenschiff und Seeschiff mitgearbeitet. Das Verbundprojekt Green Logistics profitierte hier von der Expertise DB Schenkers als Gründungsmitglied des Umweltrechners EcoTransIT.

Als drittes Beispiel wurden im Rahmen der Systemdefinition schließlich Allokationsregeln definiert und eine Berechnungsmethodik festgelegt:

- Bestimmung der Teilstrecken einer Logistikdienstleistung
- Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen der Teilstrecken
- $EM_{WTW}(VOS) = FC(VOS) \times F_{EM_{WTW}}$ , wobei  $FC(VOS)$  der gesamte Kraftstoffverbrauch für das Vehicle Operation System (VOS) und  $F_{EM_{WTW}}$  der Umrechnungsfaktor für den verbrauchten Kraftstoff ist
- Addition der Ergebnisse für die Teilstrecken

Auf Grundlage der festgelegten Berechnungsmethodik wurde ein Zug beispielhaft berechnet. Die Logistikdienstleistung TS besteht aus einer Tonne Kies, welche vom Ausgangspunkt S0 ‚Hamburg Hafen‘ zum Zielort S1 ‚Hannover HGBf‘ mit Dieseltraktion transportiert wird.

- Die Logistikdienstleistung besteht lediglich aus einer Teilstrecke S0-S1, das gewählte VOS ist die Relation S0-S1

---

<sup>45</sup> ) vgl. Borken et al. 1999

- Der (Gesamt-)Energieverbrauch für das VOS beträgt 9.983 kWh, NO<sub>x</sub>-Emissions-Umrechnungsfaktor: FEM\_NOx = 0,552 g/kWh; HC-Emissions-Umrechnungsfaktor: FEM\_HC = 1,899 g/kWh; CO-Emissions-Umrechnungsfaktor: FEM\_CO = 0,13 g/kWh
  - EM<sub>NOx</sub>(VOS) = FC(VOS) × F<sub>EM\_NOx</sub> = 9 983 kWh × 0,552 g/kWh; EM<sub>NOx</sub>(VOS) = 5511 g NO<sub>x</sub>
  - EM<sub>HC</sub>(VOS) = FC(VOS) × F<sub>EM\_HC</sub> = 9 983 kWh × 1,899 g/kWh; EM<sub>HC</sub>(VOS) = 18 958 g HC
  - CO-Emissionen: EM<sub>CO</sub>(VOS) = FC(VOS) × F<sub>EM\_CO</sub> = 9 983 kWh × 0,13 g/kWh; EM<sub>CO</sub>(VOS) = 1 298 g CO
- Allokation pro tkm, wobei der Verkehr für das gesamte VOS 2.394 t × 183 km = 438102 tkm beträgt
  - EM<sub>NOx</sub> (Teilstrecke) = EM<sub>NOx</sub> (VOS) ÷ Verkehr (VOS)  
EM<sub>NOx</sub> (Teilstrecke) = 5511 g ÷ 438102 tkm  
EM<sub>NOx</sub> (Teilstrecke) = 0,0126 g/tkm
  - EM<sub>HC</sub> (Teilstrecke) = EM<sub>HC</sub> (VOS) ÷ Verkehr (VOS)  
EM<sub>HC</sub> (Teilstrecke) = 18 958 g ÷ 438102 tkm  
EM<sub>HC</sub> (Teilstrecke) = 0,0433 g/tkm
  - EM<sub>CO</sub> (Teilstrecke) = EM<sub>CO</sub> (VOS) ÷ Verkehr (VOS)  
EM<sub>CO</sub> (Teilstrecke) = 1 298 g ÷ 438102 tkm  
EM<sub>CO</sub> (Teilstrecke) = 0,00296 g/tkm

Das Fraunhofer IML hat die Berechnungsmethodik und die Beispielrechnungen in der Systemdefinition methodisch aufbereitet.

#### Bilanzierungsaspekte von Logistikdienstleistungen

Um eine Vergleichbarkeit der Ökoeffizienz von Logistikdienstleistungen zu gewährleisten, ist zu definieren, welche Prozesse einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltwirkungen haben und somit bilanziert werden müssen. Dies umfasst sowohl die jeweiligen Lebenszyklusphasen (Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase gemäß DIN EN ISO 14040<sup>46</sup> sowie 14044<sup>47</sup>) der Bereiche Transport, Gebäudehülle und Intralogistik als auch die Gewährleistung derselben Detaillierungsebene für alle Prozesse. So ist es beispielsweise unzulässig, nur aufgrund von ggf. fehlenden Daten Teilprozesse bei einem Verkehrsträger (z. B. beim Schienentransport die Rangierfahrten) zu vernachlässigen, während analoge Teilprozesse bei der Bilanzierung von Straßentransport (z. B. An-/Leerfahrten) berücksichtigt werden. Denn dies resultierte in nicht vergleichbaren Ergebnissen und somit verzerrten Darstellungen zugunsten eines Verkehrsträgers.

Die im Rahmen von Green Logistics als prinzipiell relevant identifizierten Teilaspekte einer Logistikdienstleistung und exemplarische Ausprägungen/Varianten sind in Tabelle 10 aufgeführt.

---

<sup>46</sup> vgl. Norm DIN EN ISO 14040

<sup>47</sup> vgl. Norm DIN EN ISO 14044

Tabelle 70: Abgrenzung der Bilanzierungsaspekte von Logistikdienstleistungen (Quelle: GreenLogistics)

	Quellen	Teilaspekt	Ausprägung/Variante
Transport	Straßen-transport 	auf der Straße durchgeführter Transport (eigener Fuhrpark, Sub-Unternehmen); Betrachtung von Antrieb; Zusatzstoffen, Bereitstellung der Transportmittel; Vorketten für Transportmittel, Infrastruktur, Antriebsenergie	Touren zwischen Standorten, Sammel-/ Verteiltouren, Vor-/ Nachlauf intermodaler Verkehr (z. B. Road Feeder Service), (un)gekühlt, ...
	Schienen-transport 	auf der Schiene durchgeführter Transport (eigene Züge, Sub-Unternehmen); Betrachtung von Antrieb, Zusatzstoffen, Bereitstellung der Transportmittel; Vorketten für Transportmittel, Infrastruktur, Antriebsenergie	Nah-, Fernverkehr, kombinierter Verkehr (z. B. Rollende Landstraße), (un)gekühlt, ...
	Binnen-schiff-fahrt 	auf Binnengewässer durchgeführter Transport, (eigene Schiffe, Sub-Unternehmen); Betrachtung von Antrieb, Zusatzstoffen, Bereitstellung der Transportmittel; Vorketten für Transportmittel, Infrastruktur, Antriebsenergie	Fähren, RoRo-Schiff, LoLo-Schiff, (un)gekühlt, Stückgut (z. B. Windkraftanlagen), ...
	See-schiff-fahrt 	Seefrachttransport (eigene Schiffe, Sub-Unternehmen); Betrachtung von Antrieb, Zusatzstoffen, Bereitstellung der Transportmittel; Vorketten für Transportmittel, Infrastruktur, Antriebsenergie	Hochsee und Nearshore, (un)gekühlt, Schüttgut, Container, ...
	Luft-transport 	via Luft durchgeführter Transport (eigene Flugzeuge, Sub-Unternehmen); Betrachtung von Antrieb, Zusatzstoffen, Bereitstellung der Transportmittel; Vorketten für Transportmittel, Infrastruktur, Antriebsenergie	Freight only, belly freight, Brieftransport in Personenflugzeugen, ...
Standort	Logistik-standort 	Transport am Logistikstandort (z. B. Hoflogistik Schleppfahrten im Hafen, Rangieren) (eigene und externe Standorte); Fördern, Sortieren, Lagern; Betrachtung von Antrieb, Energie, Transport-sicherung, Abfall; Vorketten für Antriebsenergie, Materialien	mit/ohne Gebäudehülle, (un)gekühlt; Lager, Verteil-/ Distributions-/Umschlag-zentrum, Paket-/Briefzentrum, (KV-)Terminal, Hafen, ...
Logistiksystem übergreifend	Verwal-tung 	Energiebedarf für u.a. Beleuchtung, IT, Wärme/Kälte	de-/zentrale Verwaltung
	Mitarbei-terfahrten 	Transport der Mitarbeiter zwischen Wohnort und Arbeitsstätte in unternehmens- und mitarbeitereigenen Transportmitteln, im öffentlichen Personenverkehr	Dienstwagen, Privat-Pkw, öffentlich (Zug, Bus, U-Bahn, Straßenbahn), Fußgänger, Fahrrad
	Ge-schäfts-reisen 	Personentransport auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft (unternehmens- und mitarbeitereigene Transportmitteln)	Flug, Dienst-/Mietwagen, Privat-Pkw, öffentlich (Zug, Bus, U-Bahn, Straßenbahn), Fußgänger, Fahrrad

Modellrechnungen, welche im Rahmen der Relevanzanalyse durchgeführt wurden, haben einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Gesamtergebnis für nachfolgende Teilaspekte ergeben, so dass diese in der Bewertungsmethode unberücksichtigt bleiben können:

- Kältemittelproduktion sowie Trockeneisbereitstellung,

- Reinigungsprozesse von Transportmitteln,
- Herstellung/Rückbau von Gebäudehüllen an Logistik- oder Verwaltungsstandorten
- Herstellungs-/Entsorgungsprozesse intralogistischen Systemen (z. B. Fördertechnik),
- Transport der Flugzeuge mittels Schlepper von Parkposition zur Startbahn,
- Abwasseraufbereitung an Logistikstandorten,
- Homeoffice-Tätigkeiten der Mitarbeiter,
- Hotelübernachtungen bei Geschäftsreisen.

#### Relevante ökologische Bewertungsgrößen von Logistikdienstleistern

Im Rahmen der Relevanzanalyse wurden für neun Emissionskategorien ihre heutige Bedeutung allgemein und insbesondere für den Logistikbereich ebenso wie rechtliche Rahmenbedingung und bereits festgelegte Reduktionsziele skizziert. Diese Darstellung erfolgte vor dem Hintergrund, eine Entscheidungsgrundlage dafür zu schaffen, um die für die Bewertung grüner Logistikdienstleistungen erforderlichen Emissionskategorien eingrenzen zu können.

Hierbei wurde zudem die Möglichkeit der Objektivierung der Emissionskategorie geprüft: Welche Schwierigkeiten bestehen, objektiv eine verursachte Menge zu quantifizieren und mit anderen Verursachern zu vergleichen (z. B. subjektives Lärmempfinden, zeitliche Einflüsse, lokale vs. globale Emissionen). Darüber hinaus sollte die Frage beantwortet werden, welchen Mehrwert diese Emissionskategorie im Rahmen des anvisierten Zertifizierungssystems und Bilanzergebnisses bietet, ob sich also ein Differenzierungskriterium für verschiedene Logistikdienstleister ergibt. Ferner: Wird diese Emissionskategorie derzeit von den Kunden, der Gesellschaft oder Politik angefragt bzw. ist dies zukünftig zu erwarten?

Die nachfolgende Tabelle fasst die Entscheidung des Konsortiums zur Auswahl der zu bilanzierenden Emissionskategorien zusammen. Demnach werden lediglich Abwasser und Schwefeldioxidemissionen, letztere innerhalb der EU, als vernachlässigbar eingestuft. Alle weiteren Emissionskategorien sind relevante Umweltgrößen, um Logistikdienstleistungen ökologisch zu bewerten und einander gegenüberzustellen.

*Tabelle 11: Empfehlung für die zu bewertenden Emissionskategorien von Logistikdienstleistungen (Quelle: GreenLogistics)*

<b>Emissionskategorie</b>	<b>Berücksichtigung in der Methode</b>
Treibhausgasemissionen	ja
Stickstoffoxide	
Schwefeldioxid	ja, bei Untersuchungen in der EU vernachlässigbar
Kohlenmonoxid	ja, pauschaler Ansatz möglich
unverbrannte Kohlenwasserstoffe	
Flächeninanspruchnahme	ja, es besteht aber noch grundlegender methodischer Entwicklungsbedarf.
Feinstaub	
Lärm	
Abwasser	nein

Die emissionspezifische Vorgehensweise bei der ökologischen Bewertung, der jeweilige Datenbedarf sowie optionale Datenbanken mit Kennzahlen sowie Emissionsfaktoren sollten in der Green Logistics Methode vorgestellt werden (siehe hierzu Kapitel 1.2.1).

## 1.2 Ökologischer Bewertungsbaukasten

In dem Arbeitspaket 4 „Ökologischer Bewertungsbaukasten“ (ÖBBK) sollte ein Demonstrator realisiert werden, welcher in Form eines modularen Bewertungsbaukastens die ökologische Bewertung logistischer Systeme und Prozesse ermöglicht.

Aufbauend auf den bei der Bestands- und Anforderungsaufnahme definierten Rahmen für die ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen sollte ein Detailkonzept für die ökologische Bewertungsmethode abgeleitet werden, welches die relevanten Berechnungsformeln, Allokationsregeln, Parametern u.a. umfasst. Damit abgestimmt sollten die allgemeinen Anforderungen an den Demonstrator erarbeitet sowie die erforderlichen Reports und Auswertungsmöglichkeiten definiert und in einem Anforderungskatalog für die prototypische Realisierung des ÖBBK zusammengeführt werden.

Parallel hierzu sollte eine umfassende Aufnahme relevanter Datensätze erfolgen, um die Bewertungsmethode sowie den ÖBBK mit den erforderlichen Parametern, Kennzahlen, Referenzobjekten und Bibliotheken zu vervollständigen (AP 4.2). Auf die für den ÖBBK relevanten Datensätze wird in diesem Kapitel (1.2.3) eingegangen. Die Datenbasis für die jeweiligen Fallstudien sind in den Kapiteln 1.6 und 1.7 skizziert. Auf die im Rahmen von Green Logistics (AP 4.2) durchgeführten Strommessungen wird wiederum in Kapitel 1.3 eingegangen.

Für die Entwicklung des ÖBBK sollte schließlich eine serviceorientierte Referenzarchitektur für den ÖBBK entwickelt werden, welche anschließend in einem Demonstrator überführt werden sollte. Hierbei sollte zudem das entwickelte System anhand von Testszenarien und Beispielanwendungen validiert werden.

Tabelle 12: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 4

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von Anforderungen an Datenerhebung</li> <li>• Detail-Konzeption &amp; Ausarbeitung der Bewertungsmethode</li> <li>• Aufbau der Service-orientierten Referenzarchitektur</li> <li>• Demonstratorenbildung, Definition von Testszenario und Validierung</li> </ul>
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, TÜV Rheinland, UPS, Vanderlande Industries, Wuppertal Institut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitarbeit bei obigen Anforderungen an Datenerhebung</li> <li>• Bereitstellung von Praxisdaten, erarbeiten von Parametern &amp; Hilfsgrößen</li> <li>• Mitarbeit bei Konzeption der Bewertungsmethode</li> </ul>

### 1.2.1 Detailkonzept für die ökologische Bewertungsmethode

DB Schenker hat einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung des Detailkonzepts für die ökologische Bewertungsmethode geleistet. Das betrifft insbesondere Bereitstellung von relevanten Berechnungsformeln unterschiedlicher Detailstufen, Allokationsregeln, Parametern, Eingrenzung des Bilanzraums u.a. für den Teilaspekt Schienentransport.

Eine Darstellung des Detailkonzepts ist den Green Logistics Schlussberichten des Fraunhofer IML zu entnehmen. Zudem wurde die Dokumentation zur Bewertungsmethode auf der Green Logistics Internetseite veröffentlicht.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> vgl. Dobers et al. 2014

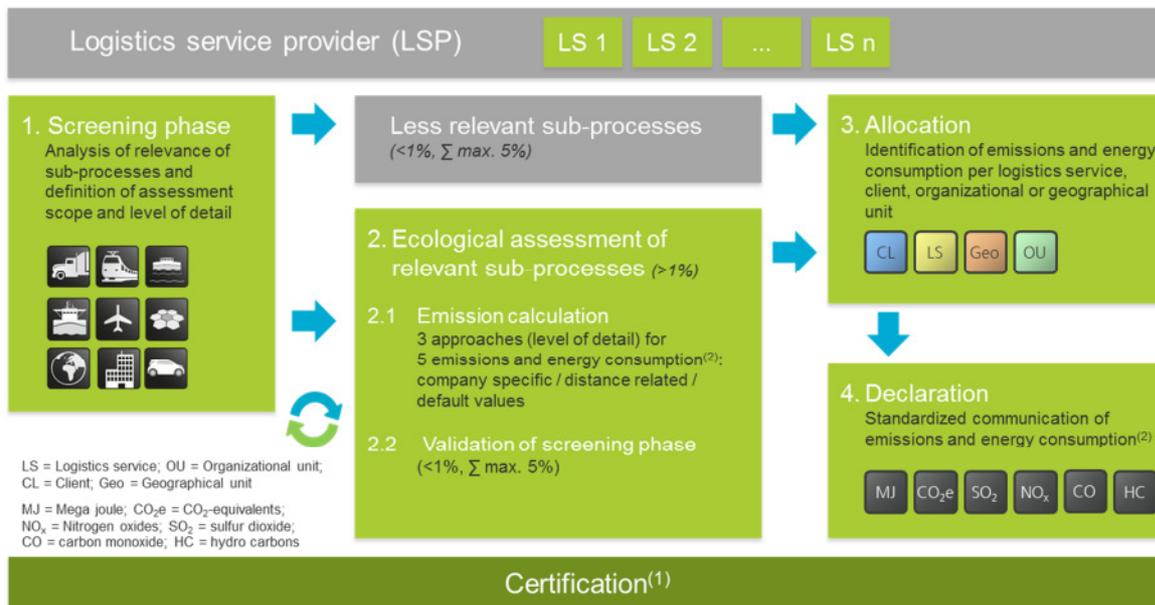


Abbildung 9: Ablaufschema der Green Logistics Methode (Quelle: GreenLogistics)

### 1.2.2 Demonstrator des ökologischen Bewertungsbaukastens

Der als Demonstrator realisierte ökologische Bewertungsbaukastens (ÖBBK) hat zum Ziel, die IT-unterstützte Kennzahlenbildung zur Bewertung des ökologischen Verbesserungsprozesses zu realisieren.

- Darstellung von Unternehmensstrukturen mit Hilfe eines modularen Bewertungsbaukastens zur ökologischen Bewertung nach der Green Logistics Methode
  - Webportal oder
  - als Stand-alone-Applikation
- Erfassung von Prozessen und Emissionsquellen in definierter Baumstruktur
  - Projektdaten: Sendungsdaten, Messwerte etc.
  - Stammdaten: Objekt-Bibliothek, Datenbanken der ökolog. Bewertung (z. B. HBEFA 3.2) Emissionsfaktoren (z. B. DIN EN 16258) etc.
- Möglichkeit zur Auswahl unterschiedlicher Einheiten, Variablen, Quellen etc. für ein individuelles Reporting
  - Emissionen für das Gesamtunternehmen
  - auf Dienstleistungs- oder Kundenebene
  - KPI's für Jahresvergleiche
  - (...)

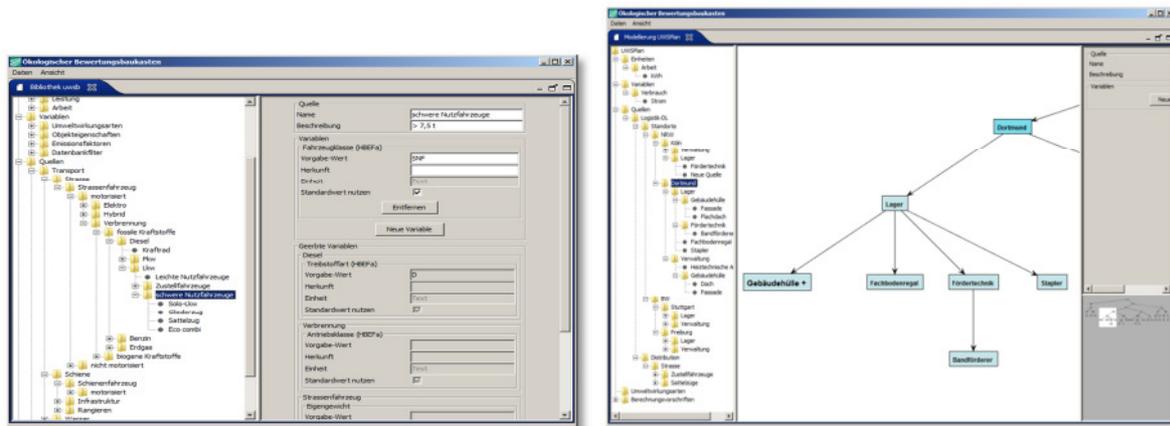


Abbildung 10: Ökologischer Bewertungsbaukasten ÖBBK: Objektbibliothek und Logistiknetzmodell (Quelle: GreenLogistics)

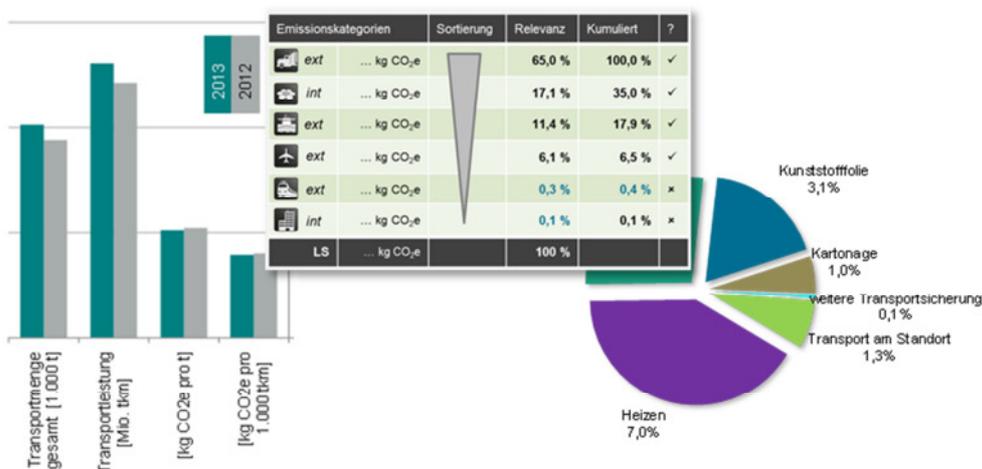


Abbildung 11: Ökologischer Bewertungsbaukasten ÖBBK: Reportfunktionen zur Bilanz (Quelle: GreenLogistics)

Eine detailliertere Darstellung der durchgeführten Recherchen, Analyse und Beispielrechnungen ist dem Green Logistics Schlussbericht des Fraunhofer IML zu entnehmen.

### 1.2.3 Datenqualität, Erhebungsumfang, Referenzobjekte und Bibliotheken

Für eine wissenschaftlich korrekte Abbildung und Bewertung logistischer Systeme und Prozesse ist die einheitliche Datenqualität zu gewährleisten. Diese stellt die Grundlage dafür, dass die Ergebnisse unterschiedlicher Systeme miteinander verglichen und interpretiert sowie konkrete und allgemeingültige Optimierungspotentiale fundiert abgeleitet werden können. Ziel des Arbeitspaketes 4.1 war daher ein Leitfadens, in welchem die Anforderungen an die Daten definiert und eine Anleitung für deren Erhebung bzw. für die Prüfung vorhandener Daten gegeben wird. Darauf aufbauend sollte bei den beteiligten Logistikdienstleistern im eigenen Unternehmen, bei relevanten Herstellern logistischer Komponenten sowie weiteren Akteuren der Logistikbranche die Datenerhebung für die definierten Bereiche der Bewertungsmethode und Logistikprozesse. Dabei wurden folgende Arten der Datenerhebung unterschieden:

- Auswertung der in den Informationssystemen der Unternehmen vorhandenen Daten
- Manuelle Aufzeichnung der nicht in den EDV-Systemen abgebildeten Daten

- Messung konkreter Unternehmensdaten im laufenden Betrieb (siehe Kapitel 1.3)

Tabelle 13: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 4.2, ohne Fokus Strommessung, siehe hierzu Kapitel 1.3

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, TÜV Rheinland, UPS, Vanderlande Industries, Wuppertal Institut, Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeinsame Definition der Anforderungen an die Datenerhebung, Dokumentation und Leitfaden zur Datenerhebung</li> <li>• Bereitstellung Realdaten und Kennzahlen aus Anwendungsbeispielen für jeweiligen Kernbereich des Unternehmens</li> </ul>
Goodman / Arcadis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von Energiebedarf von Partnerobjekten und Vergleich mit tatsächlichem Energieverbrauch</li> </ul>

DB Schenker hat im Rahmen von Workshops und Verbundtreffen Anforderungen an die Datenerhebung und Dokumentation definiert sowie Realdaten und Kennzahlen für den Teilbereich Schienentransport bereitgestellt.

### 1.3 Strommessungen

Im Rahmen von Green Logistics AP 4.2 sollten konkrete Unternehmensdaten im laufenden Betrieb gemessen werden. Der Fokus lag hierbei einerseits im Bereich des realen Energieverbrauchs intralogistischer Objekte, z. B. Stapler und Fördertechnik, und andererseits in der Vermessung kompletter Logistikstandorte, z. B. Lagerhallen und Terminals. Hierzu wurden im Projekt entsprechende Geräte zur digitalen Aufzeichnung des Energieverbrauches angeschafft.

Tabelle 14: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 4.2, Fokus Strommessungen

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
Vanderlande Industries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauchsmessreihen stetiger intralogistischer Systeme</li> </ul>
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung bei der Durchführung sowie Auswertung der Energieverbrauchsmessungen an Logistikstandorten (Bereitstellung 40 Messgeräte)</li> </ul>
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, UPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung der Messungen an eigenen Standorten: u.a. Lagerung/Umschlag/Sortierung, Stückgut/Paket/Brief/Schwerlast, Staplersysteme</li> </ul>

#### Vermessung von Logistikstandorten

Der Stromverbrauch an Logistikstandorten kann derzeit nur selten einzelnen operativen Logistikprozessen (Fördern, Lagern, Kommissionieren etc.) bzw. übergeordneten Verbrauchergruppen (z. B. Beleuchtung, Verwaltung) zugeordnet werden. Unternehmen wissen daher nicht, an welchen Stellschrauben sie drehen können und müssen, um den Verbrauch zu senken. In Green Logistics wurden daher Stromverbrauchsmessungen im laufenden Betrieb an unterschiedlichen logistischen Standorten wie z. B. Luftfrachtzentren, Brief- und Paketverteilzentren sowie branchenspezifischen Lagerstandorten durchgeführt.

Hierfür beschaffte das Fraunhofer IML Messgeräte (Janitza, Chauvin-Arnoux), mittels derer der Stromverbrauch inklusive relevanter Parameter (Blind-, Wirk- und Scheinleistung, Phasenwinkel) induktiv ohne „Trennen“ der Stromleiter gemessen und über einen definierten Messzeitraum (z. B. 4 Wochen) aufgezeichnet wurden. Ziel war die Vermessung des i.d.R. gesamten Standortes gemäß Aufteilung der Niederspannungsverteilung.

Die Messdaten wurden einerseits für die Erstellung von Wochen- und Tagesprofilen differenzierter Energieverbrauchsgruppen im Stunderaster genutzt (siehe Abbildung). Darüber hinaus wurden die Verbrauchsanteile der einzelnen Gruppen (z. B. Beleuchtung, Intralogistikkomponenten) am Gesamtverbrauch ausgewertet (siehe Abbildung). Je nach Standort ermöglichten spezifische Auswertungen ferner Rückschlüsse über Energieverbräuche, z. B. für Staplersysteme unter Berücksichtigung der geleisteten Betriebsstunden, Grundlasten einzelner Verbraucher sowie Sortier-/ Hub-Vorgänge.

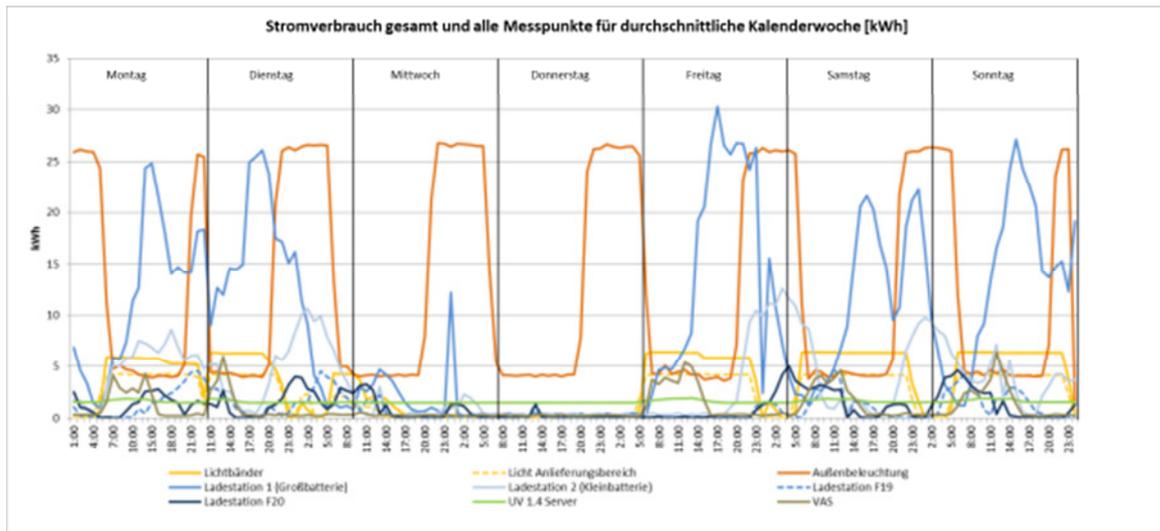


Abbildung 12: Exemplarisches Wochenprofil differenziert nach einzelnen Messpunkten/Verbrauchern (Quelle: GreenLogistics)

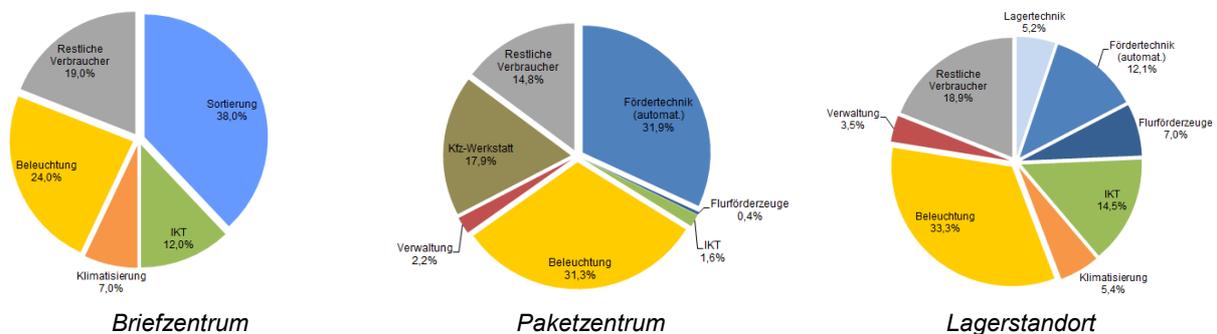


Abbildung 13: Verbraucherspezifische Aufteilung des Gesamtstromverbrauchs (Quelle: GreenLogistics)

Während der Projektlaufzeit wurden über zehn Messungen an Lagerstandorten, Paket- und Briefzentren sowie Terminals realisiert.

Eine detailliertere Darstellung der Strommessungen sowie Detailergebnisse können den Green Logistics Schlussberichten der jeweiligen Projektpartner entnommen werden:

- Messkonzept und übergeordnete Darstellung: Fraunhofer IML
- Einzelmessungen bei Deutsche Post, Fiege, Schmidt Gevelsberg und UPS.

Darüber hinaus wurden Informationen zu den Strommessungen in einer Dokumentation auf der Internetseite veröffentlicht.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> vgl. Dobers et al. 2012c

DB Schenker hat im Rahmen der Fallstudie ecoModal Teil A Strommessungen am Umschlagterminal Köln Eifeltor durchgeführt.

## 1.4 Zertifizierungssystem

In dem Arbeitspakete „Zertifizierungssystem“ (AP 5) sollte ein international anerkanntes Zertifizierungssystem entwickelt werden, welches es Unternehmen der Logistikbranche ermöglicht, ihre logistischen Systeme, Prozesse und Dienstleistungen im Hinblick auf ihre ökologische Effizienz durch eine neutrale, dritte Zertifizierungsstelle zertifizieren zu lassen. Dabei sollten die relevanten Anforderungen an das Zertifizierungssystem festgelegt und aus bestehenden Systemen geeignete Ansätze zur Erfassung/Bewertung extrahiert werden. Darüber hinaus sollten die Grundlagen für das eigentliche Zertifizierungssystem entwickelt und mittels einer Pilotprüfung bei Lufthansa Cargo validiert werden.

Die Arbeiten zum Zertifizierungssystem sollten durch die Konzeption eines zukunftsfähigen Geschäftsmodells für die Zertifizierungsgesellschaft in AP 7.1 abgerundet werden.

Tabelle 15 : Arbeitsteilung in den Arbeitspaketen 5 und 7.1

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
TÜV Rheinland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination aller Aktivitäten dieser Arbeitspakete</li> <li>• Erarbeitung der Inhalte des Frameworks für die Zertifizierung</li> <li>• Erarbeitung der Prüfsystematik</li> <li>• Erarbeitung eines Grobkonzepts für ein Geschäftsmodell Siegelgeber</li> </ul>
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliche Begleitung, Einbringung Ergebnisse der und Schnittstellen zu anderen AP</li> </ul>
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, UPS, Vanderlande Industries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung der Inhalte der Arbeitspakete in gemeinsamen Workshops</li> <li>• Gemeinsame Festlegung der Prüfsystematik (Critical Review)</li> <li>• Einbringen von Erfahrungen und begleitenden Recherchen</li> </ul>
Lufthansa Cargo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validierung der Prüfsystematik im Rahmen einer Pilotprüfung</li> </ul>

DB Schenker hat die Prüfsystematik sowie das Konzept eines zukunftsfähigen Geschäftsmodells für die Zertifizierungsgesellschaft in mehreren Workshops und Verbundtreffen mit den Projektpartnern diskutiert. Dabei waren folgende Punkte wichtig:

- Schlankes, effizientes Gesamtsystem der Prüfung
- Critical Review in Anlehnung ISO 14040/44 („Ökobilanz“)
- Kriterienkatalog für die Prüfung („Checkliste“)
- Festlegung und Absteckung der Rahmenbedingungen für die Zertifizierung
- Vorschlag eines Geschäftsmodells für eine Trägergesellschaft und einen Siegelgeber, Grobkonzepts für die Ausgründung eines Siegelgebers
- Schlanke Aufbau- und Ablauforganisation für die Startphase
- Fokus auf Marketing, Messe-, Pressearbeit sowie einfache Plausibilisierung der Prüfungen
- Koordinierung der Zusammenarbeit mit etablierten Prüfgesellschaften

An den gemeinsamen Terminen waren auch Experten aus dem Auditbereich der Deutschen Bahn beteiligt.

Folgende Punkte sind dabei festzuhalten:

- Nach dem vorliegenden Konzept sieht DB Schenker einen erheblichen Prüf- und Bilanzierungsaufwand für die Zertifizierung, da keine differenzierte, produktspezifische Prüfung einer Logistikdienstleistung (z.B. Automotive), sondern nur die Prüfung eines Logistikdienstleisters mit allen Beteiligungen und Tochtergesellschaften möglich ist. Kunden von DB Schenker aus anderen Marktbereichen (z.B. Montan) fragen aber ein solches Produkt möglicherweise nicht nach
- DB Schenker hat darüber hinaus darauf hingewiesen, daß die geographische Eingrenzung (Deutschland, Europa, Welt) im vorliegenden Konzept konkretisiert werden muß.
- Die Einbeziehung von Lieferanten und Dienstleistern sollte ausschließlich über den Auftraggeber und nicht durch den Prüfer erfolgen
- Eine gestaffelte Anforderungspyramide bei der Ersterteilung des Zertifikats mit anschließender Erhöhung der Anforderungen ist möglich, sollte jedoch über allgemein verbindliche Umsetzungsfristen (z.B. Gültigkeit des Zertifikats 3 Jahre) erreicht werden
- Die Unterlage sieht jährliche Audits durch die Zertifizierungsgesellschaft vor. DB Schenker weist darauf hin, daß das mit finanziellen Aufwand sowie externen Kosten verbunden. Der Prüf- und Bilanzierungsaufwand sollten nachvollziehbar sein, d.h. ‚Dokumentenprüfung‘ oder Matrixauditierung (Stichprobenverfahren)
- Vorhandene Audits (z.B. Germanischer Lloyd) sollten genutzt werden, um gleichzeitig Prüfungen nach ‚Green Logistics‘ mit einem vertretbaren Mehraufwand durchzuführen

Schließlich hat DB Schenker frühzeitig darauf hingewiesen, daß die geplante Zertifizierungsgesellschaft zunächst geeignetes Personal rekrutieren und ausbilden muß.

Eine detailliertere Darstellung können den Green Logistics Schlussberichten der jeweiligen Projektpartner entnommen werden, hier insbesondere:

- Zertifizierungssystem und Prüfgesellschaft: TÜV Rheinland
- Validierungsbeispiel: Lufthansa Cargo, Fraunhofer IML

## 1.5 Fallstudie ecoNet: Ökoeffizientes Netzwerkmanagement

Die Fallstudie zum ökologischen Netzwerkmanagement (AP 2.2) hatte zum Ziel, durch Auslastungsoptimierung bei gleichbleibender Qualität die Verkehr und damit die Emissionen zu reduzieren. Es wurden erfolgsversprechende Ansätze, Konzepte und Best Practices gesammelt und unternehmensübergreifend weitergehend untersucht, wie beispielsweise:

- Einsatz des Lang-Lkw
- Auslastungs-, Paketflussanalysen, Wechselbrückenmanagement
- Flotten-Asset-Management, Standardisierung von Ladeeinheiten
- Verpackungsoptimierung
- Maßnahmen energiesparender Fahrweise

Tabelle 8: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 2.2

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Schmidt-Gevelsberg, UPS	Gemeinsame Untersuchung der Themen & Ansätzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökologische/ökonomische Auswirkungen des Einsatzes des Lang-LKW</li> <li>• Prozessoptimierung zur Erhöhung der Auslastung</li> <li>• Optimierung der Versandverpackung</li> <li>• ökoeffiziente Lösungen im Langstreckentransport unter besonderer Berücksichtigung der Vermeidung von Verkehr</li> <li>• Einsatzmöglichkeiten von Ladebehältern, z. B. Volumenboxen zur Reduzierung von Verkehren</li> </ul>
Wuppertal Institut, Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitarbeit bei der Entwicklung von Optimierungsansätzen und alternativen Strategien</li> <li>• Wissenschaftliche Begleitung der Arbeiten &amp; Transfer der Ergebnisse</li> <li>• Ökologische Bewertung der Konzepte und Maßnahmen</li> </ul>

Nachfolgend werden einige Untersuchungen zusammenfassend erläutert. Eine detailliertere Beschreibung kann den Teilberichten zur Fallstudie entnommen werden, welche auf der Internetseite von Green Logistics veröffentlicht wurden:

- Teilbericht Lang-Lkw
- Teilbericht ecoNet

Ferner können detaillierte Ausführungen den jeweiligen Schlussberichten der beteiligten Unternehmen entnommen werden (s. unten).

### 1.5.1 Auslastungsoptimierung

Eine detailliertere Beschreibung kann den Teilberichten zur Fallstudie entnommen werden, welche auf der Internetseite von Green Logistics veröffentlicht wurden:

### 1.5.2 Standardisierung von Ladeeinheiten

DB Schenker hat im Rahmen der Fallstudie ecoNet mit der Standardisierung von Ladeeinheiten beschäftigt. Die Wahl des Behälters spielt eine wichtige Rolle für die Entscheidungsträger.

Container, sind verbreitet, in verschiedenen Größen verfügbar, günstig, stapelbar und in nahezu allen Umschlagterminals auf die Schiene zu verladen. Die Tragwagen sind günstig und wartungsarm. Nachteil ist, daß Container meist nur von einer Stirnseite beladen werden können und separate Chassis benötigt wird.

Wechselbehälter sind verbreitet, in zahlreichen Ausführungen verfügbar und können auch von der langen Seite oder direkt auf den Tragwagen verladen werden. Nachteil ist, daß Wechselbehälter außerhalb von Deutschland wenig verbreitet sind und separate Chassis benötigt wird.

Sattelaufleger sind im Straßengüterverkehr dominierend, und können mit jeder Standard-Sattelzugmaschine bewegt werden (Keine Spezialausrüstung). Nachteil ist, daß beim Transport im Kombinierten Verkehr ein besonderer Taschenwagen und mehr Abstellfläche im Umschlagterminal benötigt werden. Mehr als 95 Prozent der Sattelaufleger sind nicht kranbar und somit für den KV einsetzbar.

Kranequipment beziehungsweise Vertikalumschlag ist heute der technische Stand.

Vorteile:

- Bewährtes System
- Hohe Umschlagleistung
- Technische Standardisierung, d.h. Spezialequipment ist nicht erforderlich

Nachteile

- Hoher Investitionsaufwand
- Fehlende Eignung für nicht-kranbare Sattelaufleger
- Als Großanlage vom Sender/ Empfänger oft weit entfernt

Um die Nachteile des Portalkrans auszugleichen werden viele alternative Umschlagsysteme entwickelt, wobei Ansätze wie Reachstacker, Mobiler, Megaswing, Cargobeamer oder Railrunner unterschiedliche Vorzüge in Bezug auf Interoperabilität und Einsatzgebiet haben.

DB Schenker hat (mit ...) die Frage beantwortet, ob innovative Umschlagtechnologien für nicht-kranbare Sattelaufleger zu einem Zuwachs im Kombinierten Verkehr führen.<sup>50</sup> Laut Umfrage im Rahmen der Studie MitKV ist die Verlagerungsbereitschaft bei großen und mittleren Speditionen prinzipiell zwar vorhanden, aber die Akteure verhalten sich vorsichtig und abwartend.<sup>51</sup>

Eine weitere Umfrage auf der transportlogistic 2011 in München hat die Frage beantwortet, welche Behälter sich für den KV durchsetzen. Wechselbehälter und Container bilden mit circa 90 Prozent den größten Anteil der beförderten Ladeeinheiten. Den Trend einer Verbreitung von Containern und einem Rückgang der Wechselbrücken bestätigt die Umfrage nicht, wobei aktuelle Zahlen – wegen der fehlenden Unterscheidung zwischen Containern und Wechselbrücken in offiziellen Statistiken – nicht direkt verfügbar sind. Spezialbehältern werden in Zukunft keine großen Chancen zugesprochen.<sup>52</sup>

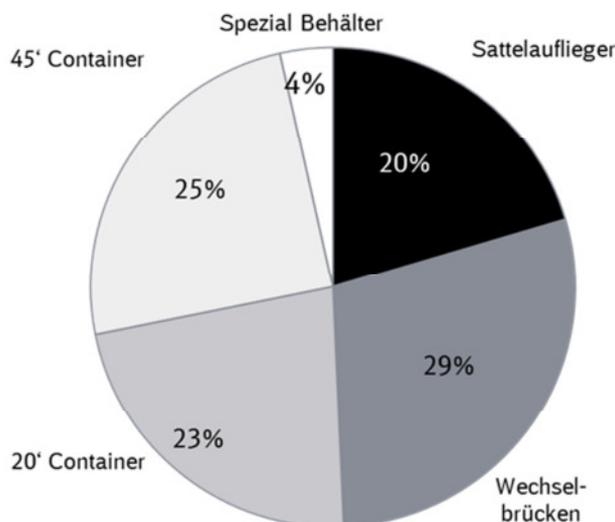


Abbildung 14: Umfrage auf der transportlogistic 2011: Welche Behälterart wird sich für den kombinierten Verkehr durchsetzen?

<sup>50</sup> Hierbei wurde auch die Frage beantwortet, welche Akteure (Verlader, Spediteure, Subunternehmer) wichtig sind.

<sup>51</sup> Elbert et al. 2011

<sup>52</sup> Elbert et al. 2012

In der Umfrage ist ein Trend zu beobachten, daß der Einsatz von Sattelaufliegern steigt. Krone und Schmitz-Cargobull melden, daß der Anteil kranbarer Sattelanhänger steigt.<sup>53</sup>

## 1.6 Fallstudie ecoModal Teil A: CO<sub>2</sub>-Vermessung eines Intermodal-Netzwerks

DB Schenker nutzt für die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung im Rahmen von Green Logistics Networks das Tool EcoTransIT, mittels dessen schon zu Beginn des Verbundvorhabens bereits effiziente Massenkalkulation für eine größere Anzahl an Einzeltransporten, die DB Schenker für seine Kunden erbringt, möglich war. Jedoch stieß das Tool insbesondere bei der CO<sub>2</sub>-Berechnung von Netzwerkverkehren bis dato an seine Grenzen. Ziel des Arbeitspakets 2.4 war daher, die Umweltwirkungen im Kombinierten Verkehr im Vergleich zum Nutzfahrzeug herauszuarbeiten und aktuelle Anwendungsfälle für eine Verkehrsverlagerung gemeinsam mit den Industriepartnern zu identifizieren und zu bewerten.

Um die Komplexität der Untersuchung auf ein handhabbares Maß zu beschränken, wurde ein Ausschnitt des Kombiverkehrsnetzwerkes innerhalb von DB Intermodal gewählt:

- Start und Zielpunkt im Großraum Ruhrgebiet entlang des Nord-Süd-Korridors über den Großraum München mit Anbindung der Wirtschaftsregion Norditalien.

Tabelle 17: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 2.4

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
DB Mobility Logistics	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtkoordination des Arbeitspaketes</li> <li>• Auswahl Teilnetz des Kombiverkehrsnetzes</li> <li>• Erhebung von Produktions- und Leistungsdaten</li> <li>• Erstellung einer Datenbank</li> <li>• Entwicklung eines Kalkulationswerkzeugs</li> <li>• Abbilden von Sendungsvolumen im Teilnetz</li> <li>• Bewertung der Umweltwirkung KV – Direktverkehr</li> </ul>
Deutsche Post, Schmidt-Gevelsberg, UPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachliche Unterstützung</li> <li>• Bereitstellung von Sendungsvolumen</li> <li>• Bewertung der Umweltwirkung KV – Direktverkehr</li> </ul>
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftliche Begleitung</li> <li>• Erarbeitung Checklisten, Vorbereitung Workshops</li> <li>• Ergebnistransfer, Anonymisierung</li> </ul>

Nachfolgend werden die Untersuchungsaspekte und Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

### 1.6.1 Prozessanalyse des Kombinierten Verkehrs

Der Kombinierte Verkehr nutzt die individuellen Stärken jedes Verkehrsträgers, hat eine geringere Umweltbelastung als der Direktverkehr, entlastet die Straßeninfrastruktur und bietet eine hohe Transportsicherheit (Abbildung 15).

In ecoModal A fand eine ausführliche Prozessanalyse des Kombinierten Verkehrs (KV) statt. Hierbei wurde eine Einordnung in den Schienengüterverkehr vorgenommen (Ganzzug, Einzelwagen, Kombierter Verkehr) sowie die Rangierabläufe systematisch dargestellt.

<sup>53</sup> DVZ-Brief, Nr. 27/8, Juli 2011, Telefonat Schmitz-Cargobull, 2011

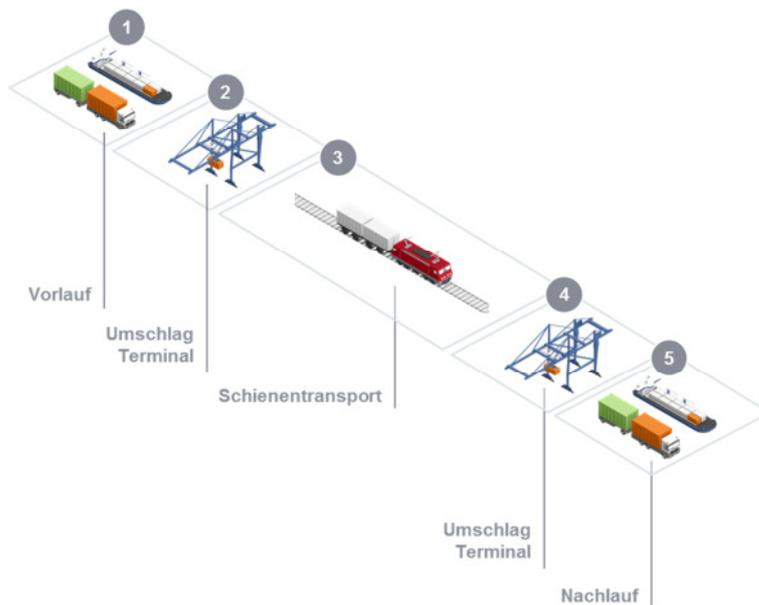


Abbildung 15: Prozesskette des Kombinierten Verkehrs

Daran anschließend wurden Produktions- und Leistungsdaten mit der Auswertung von Sendungsvolumen auf dem Hauptlauf Schiene und der Transportmengen, dem Routing und dem Gewicht auf dem Vor- und Nachlauf (Hub-KV-Terminal).

Schließlich wurde ein Werkzeug entwickelt, welches für den Hauptlauf Schiene für alle Verkehre von DB Schenker Rail einen differenzierten Auslastungsgrad und Leerfahrtenanteil ausweist (siehe 4. Nutzen des Projektes).

## 1.6.2 Ökologische Bedeutung von Rangier- und Umschlagstätigkeiten

Einige Detailuntersuchungen betrafen den Aufwand bei Rangier- und Umschlagstätigkeiten im Rahmen des Schienengüterverkehrs. Bei der Nutzungsphase Schiene gibt es drei Arten von Produktionsprozessen:

- **Ganzzugverkehr:** Der Gütertransport erfolgt in ganzzugfähigen Transportlosgrößen ohne Umstellung im Lastlauf, eine Zwischenbehandlung (Rangieren etc.) erfolgt hierbei nicht.
- **Einzelwagenladungsverkehr:** Dem Verloader wird von einem Eisenbahnverkehrsunternehmen ein- oder mehrere Güterwagen zur Verfügung gestellt. Die beladenen Güterwagen werden über das Knotenpunktsystem zum Zielbahnhof transportiert. Es erfolgt ein mehrmaliges Rangieren der Güterwagen (im Rangierbahnhof, im Satelliten mit Rangiermitteln) auf dem Weg zum Bestimmungsort (siehe Abbildung). Im Rangierbahnhof werden die Güterwagen von einer Rangierlokomotive auf einen Ablaufberg hinaufgeschoben und auf dessen Scheitelpunkt an den erforderlichen Stellen entkuppelt. Die Güterwagen rollen einzeln oder in Gruppen selbstständig das Gefälle hinab und gelangen so nach ihren Bestimmungsbahnhöfen geordnet auf die Richtungsgleise der Richtungsgruppe.
- **Kombinierter Verkehr:** Die Transporte werden aus unterschiedlichen Startterminals entweder direkt zu unterschiedlichen Zielterminals durchgeführt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) oder in einem zentralen Hub (Drehscheibe) gebündelt und nach den jeweiligen Zielterminals neu zusammengestellt. Die

Sortierung nach Bestimmungsort erfolgt dabei entweder über einen Vertikalumschlag der Container oder – wie oben beschrieben - über das Rangieren der Güterwagen

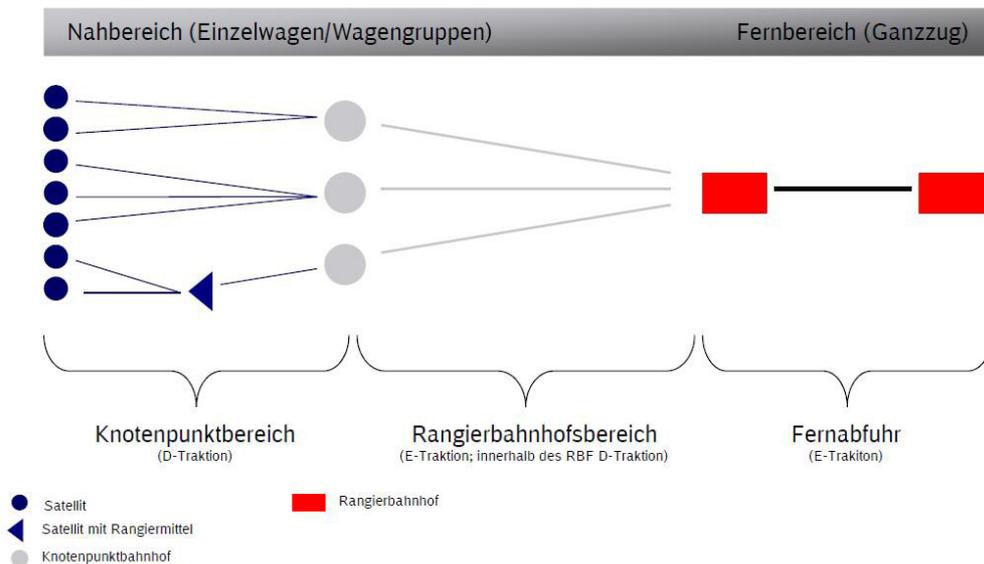


Abbildung 16: Ablauf der Rangier- und Umschlagstätigkeiten im Einzelwagenladungsverkehr

Welche Umweltwirkungen die Rangier- und Umschlagstätigkeiten im Vergleich zum Hauptlauf haben, war bislang i.d.R. unbekannt. Eine erste detaillierte Untersuchung des Einzelwagenladungsverkehrs auf der Strecke Rangierbahnhof Leipzig-Engelsdorf nach Könitz über den Satelliten Saalfeld ergab folgendes Bild: 120 kg CO<sub>2</sub>/Wagen vom Rangierbahnhof zum Satelliten (145,4 km, E-Traktion) und weitere durchschnittlich 21 kg CO<sub>2</sub>/Wagen vom Satelliten zum Zielbahnhof (9,7 km, D-Traktion), was als relativ hoch eingeschätzt wurde. Nicht berücksichtigt sind die Fernabfuhr zwischen den Rangierbahnhöfen und die Nahbereichsbedienung im Versand.

### 1.6.3 Bestandsaufnahme und Bewertung von Beispielrelationen

In einer weiteren Untersuchung (Kombinierter Verkehr) wurde die gesamte Transportkette betrachtet und mit dem Umweltrechner EcoTransIT bilanziert: demnach sind 26 bis 45% der Emissionen dem Vor- und Nachlauf (Lkw) und 51 bis 70% dem Hauptlauf (Schiene) zuzuordnen. Die restlichen Emissionen (ca. 5%) werden durch Rangier- und Umschlagstätigkeiten verursacht (z. B. Rangierlokomotive Baureihe 294 mit 14 Litern/Stunde bei durchschnittlich neunzig Minuten Einsatzzeit). Um hier ein detaillierteres Bild zu erhalten, erfolgten ergänzende Untersuchungen mit Realdaten (z. B. Stromverbrauch am Umschlagterminal, Stromverbrauch Hauptlauf Schiene), siehe hierzu Teil II, Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Auf Basis dieser konnten anschließend Kennzahlen und Vereinfachungen für die Bilanzierung abgeleitet werden.

In ecoModal A erfolgt eine Bestandsaufnahme der Ist-Verkehre und eine Bewertung mit EcoTransIT World (Beispiel DHL, München – Ruhrgebiet).

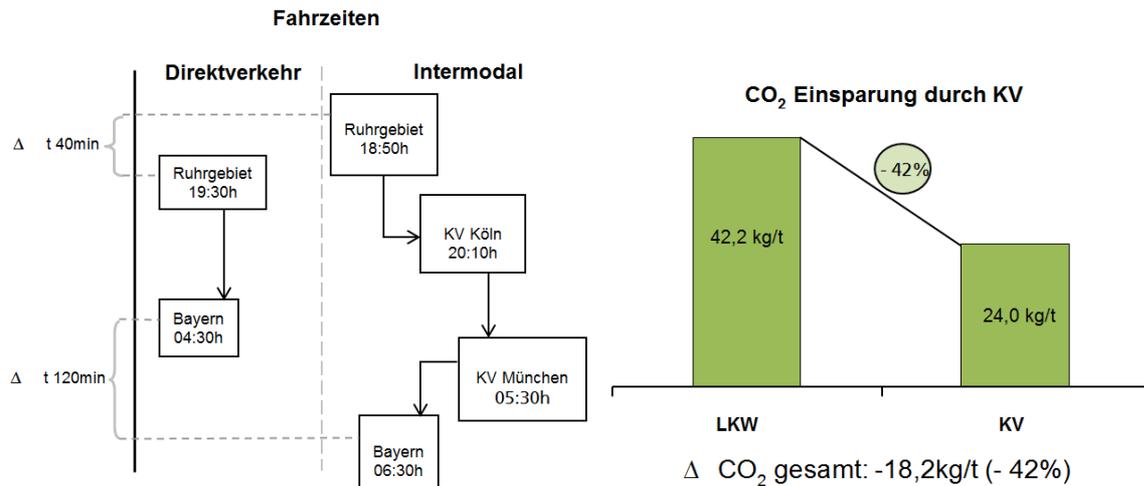


Abbildung 17: Bestandsaufnahme und Bewertung einer Beispielrelation (Beispiel Deutsche Post DHL)

#### 1.6.4 Entwicklung eines Kalkulationstool – Emissionsfaktoren

Auf Grundlage der Beispielrelation Ruhrgebiet – München wurde in ecoModal A ein Kalkulationstool entwickelt. Hierbei wurden CO<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>e-Emissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFC, PFC) sowie die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO und HC (Stickoxide, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe) bilanziert. Neben dem Vergleich zwischen Kombinierten Verkehr und Direktverkehr wurden die ermittelten Realdaten noch den berechneten Werten aus EcoTransIT gegenübergestellt.

Im Transportmodell wurde der Energieverbrauch der einzelnen Verkehrsträger auf der konkreten Transportrelation bestimmt. Dazu zählen im Kombinierten Verkehr der Stromverbrauch von Güterzügen<sup>54</sup>, der Kraftstoffverbrauch der Lkw auf dem Vor- und Nachlauf, der Stromverbrauch an den Umschlagterminals, sowie der Kraftstoffverbrauch von Rangierloks. Im Direktverkehr wird nur der Kraftstoffverbrauch der Lkw ermittelt. Die somit erhaltenen Verbrauchswerte werden in Emissionen umgerechnet und als Parameter im Transportmodell hinterlegt.

##### Schiengüterverkehr

Die Emissionswerte für den Verkehrsträger Schiene im Kombinierten Verkehr beruhen auf realen Verbrauchsdaten. Grundlage bilden Stromverbrauchswerte, welche im Jahr 2012 auf der Relation Köln-Eifelort – München-Riem mit Hilfe der TEMA-Box55 gemessen wurden. Diese absoluten Stromverbrauchswerte wurden für jede Fahrt über die jeweils transportierte Nettotonnenlast und die Streckenlänge in spezifische Verbräuche umgerechnet (kWh/tkm). Die Berechnungen sind in Tabelle 18 beispielhaft für Fahrten von Köln-Eifelort nach München-Riem dargestellt.

<sup>54</sup> Bei der untersuchten Relation handelt es sich ausschließlich um E-Traktion

<sup>55</sup> TEMA-Box: Traktions-Energie-Messung und –Abrechnung; mobiler Energiezähler für Triebfahrzeuge

Tabelle 18: Beispielhafte Berechnungen der spezifischen Stromverbräuche auf der Relation Köln-München

Datum	Energieverbrauch [kWh]	Nettolast der Ladung [t]	Länge der Fahrtstrecke [km]	Spezifischer Energieverbrauch [kWh/tkm]
02.01.2012	13.852,252	928	619	0,024115
04.01.2012	14.597,878	902	619	0,026145
05.01.2012	15.451,512	997	619	0,025037
...	...	...	...	...

Aus den spezifischen Energieverbräuchen lassen sich die jeweiligen Emissionen ableiten. Dies erfolgt anhand von Umrechnungsfaktoren, welche die jeweiligen Emissionen bei der Erzeugung des Bahnstroms in Deutschland darstellen (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Emissionsfaktoren für den Bahnstrommix in Deutschland

Umrechnung	Emissionsfaktor	Datenquelle
Bahnstrom – CO <sub>2</sub> e	635,0 g CO <sub>2</sub> e/kWh	DB Umweltzentrum <sup>56</sup>
Bahnstrom – NO <sub>x</sub>	0,489 g NO <sub>x</sub> /kWh	Ecoinvent 2009 <sup>57</sup>
Bahnstrom – SO <sub>2</sub>	0,422 g SO <sub>2</sub> /kWh	Ecoinvent 2009
Bahnstrom – CO	0,127 g CO/kWh	DB Umweltzentrum
Bahnstrom - HC	0,055 g HC/kWh	Ecoinvent 2009

Die auf Grundlage der realen Stromverbräuche und den entsprechenden Umrechnungsfaktoren berechneten Emissionen wurden über das Jahr gemittelt, sodass für beide Relationen (Köln – München bzw. München – Köln) ein repräsentativer Wert für Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen zur Verfügung steht. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsfaktoren, welche im Transportmodell hinterlegt sind.

Tabelle 20: Auf Realdaten beruhende Emissionsfaktoren für den Hauptlauf Schiene

Relation	Emissionsfaktor [Einheit]
Köln-Eifelort – München-Riem	0,01674 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
Köln-Eifelort – München-Riem	0,01289 [g NO <sub>x</sub> /tkm]
Köln-Eifelort – München-Riem	0,01112 [g SO <sub>2</sub> /tkm]
Köln-Eifelort – München-Riem	0,00335 [g CO/tkm]
Köln-Eifelort – München-Riem	0,00145 [g HC/tkm]
München-Riem – Köln Eifelort	0,02108 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
München-Riem – Köln Eifelort	0,01623 [g NO <sub>x</sub> /tkm]
München-Riem – Köln Eifelort	0,01401 [g SO <sub>2</sub> /tkm]
München-Riem – Köln Eifelort	0,00422 [g CO/tkm]
München-Riem – Köln Eifelort	0,00183 [g HC/tkm]

<sup>56</sup> Vom DB Umweltzentrum verwendeter Referenzwert

<sup>57</sup> Ökobilanzdatenbank vom schweizerischen ecoinvent-Zentrum zur Erfassung, Berechnung, Verwaltung und zum Anbieten von Ökobilanzdaten

Zusätzlich zu den Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen, welche durch den Transport entstehen, ermöglicht das Transportmodell die Ermittlung von Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>e), welche durch den Bau, Unterhalt und den Betrieb von Schieneninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Schienenfahrzeugen entstehen. Die erforderlichen Parameter wurden der Studie „Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland“ des Öko-Institut e.V. entnommen (Tabelle 4).

Tabelle 21: Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge im Schienengüterverkehr<sup>58</sup>

	<b>Emissionsfaktor [Einheit]</b>
Bau/Unterhalt Schieneninfrastruktur	0,0064 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
Betrieb Schieneninfrastruktur	0,0023 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
Bau/Unterhalt Schienenfahrzeuge	0,0019 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]

### Straßengüterverkehr

Die Emissionsfaktoren im Straßengüterverkehr beziehen sich ausschließlich auf den Bereich Tank-to-Wheel. Emissionen aus der Vorkette (Well-to-Tank), werden demnach nicht berücksichtigt. Zur Ableitung der Emissionswerte hatten die Projektpartner (DHL, UPS, Schmidt-Gevelsberg) reale Lkw-Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt. Die Verwendung dieser Daten gestaltet sich jedoch schwierig. Aufgrund verschiedenster unvorhersehbarer Parameter (tatsächlich gewählte Strecke, Anzahl an Start/Stopps, Staus, individuelle Fahrweise des Lkw-Fahrers, Witterung) sind Zusammenhänge zwischen Verbrauch, EURO-Klasse, Transportrelation oder Beladungsgrad nicht erkennbar.

Damit trotzdem repräsentative Faktoren in dem Modell hinterlegt sind, wurde auf Daten aus dem HBEFA<sup>59</sup> zurückgegriffen. Die Verwendung dieser Daten wurde mit den Projektpartnern abgestimmt und genügen den Anforderungen des Verbundprojekts.<sup>60</sup> Die Emissionswerte für Luftschadstoffe im Straßengüterverkehr wurden direkt aus dem HBEFA übernommen und sind in Tabelle 5 einsehbar (Auslastung bezogen auf Gewicht; Annahme: Last von 25 Tonnen  $\hat{=}$  100% Auslastung).

Tabelle 22: Im HBEFA angegebene Luftschadstoffemissionen im Straßengüterverkehr

<b>Lastzug/Sattelzug, 34 – 40 Tonnen, EURO 5</b>		
<b>Emission</b>	<b>Emissionsfaktor [Einheit] für 0% Auslastung</b>	<b>Emissionsfaktor [Einheit] für 100% Auslastung</b>
NO <sub>x</sub>	2,08132 [g NO <sub>x</sub> /km]	2,26290 [g NO <sub>x</sub> /km]
SO <sub>2</sub>	0,00302 [g SO <sub>2</sub> /km]	0,00494 [g SO <sub>2</sub> /km]
CO	1,09690 [g CO/km]	1,29014 [g CO/km]
HC	0,02327 [g HC/km]	0,03014 [g HC/km]

Eine detailliertere Unterscheidung der Emissionsfaktoren nach EURO-Klasse oder Lkw-Typ ist nicht notwendig, da lediglich Last- und Sattelzüge der Gewichtsklasse 34 – 40 Tonnen für

<sup>58</sup> Quelle: M. Motschall, T. Bergmann (Öko-Institut e. V.): „Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland“ S. 121

<sup>59</sup> HBEFA: Handbook Emission Factors for Road Transport

<sup>60</sup> Quelle: Telefonate mit M. Laux (Schmidt-Gevelsberg) am 25.03.2014 und K. Dobers (Fraunhofer IML) am 26.03.2014

eine Anwendung im Kombinierten Verkehr in Frage kommen und die Flotten der Projektpartner größtenteils aus EURO-5-Fahrzeugen bestehen. Weiterhin hat der Beladungsgrad (gewichtsbezogen) den größten Einfluss auf den Treibstoffverbrauch und die damit verbundenen Emissionen, wodurch weitere Einflussparameter vernachlässigt werden können.

Zur Bilanzierung der Treibhausgasemissionen werden die vorgegebenen Treibstoffverbrauchswerte aus HBEFA mittels des Umrechnungsfaktors aus der EN 16258<sup>61</sup> in CO<sub>2</sub>e-Emissionen umgewandelt (2970 g CO<sub>2</sub>e/kg Diesel). Die somit berechneten Faktoren sind genauer als die im HBEFA hinterlegten Werte für Treibhausgasemissionen.<sup>62</sup> Somit ergeben sich folgende Emissionsparameter:

Tabelle 23: Auf HBEFA-Werten beruhende Treibhausgasemission im Straßengüterverkehr

		<b>Verbrauch nach HBEFA [kg Diesel/km]</b>	<b>Umrechnungsfaktor nach EN 16258 [g CO<sub>2</sub>e/kg Diesel]</b>	<b>Emissionsfaktor [g CO<sub>2</sub>e/km]</b>
<b>Lastzug/Sattelzug, 34 – 40 t, EURO 5</b>	<b>0% Auslastung</b>	0,19200	2970	570,24
	<b>100% Auslastung</b>	0,32336	2970	960,37

Zusätzlich zu den Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen, welche durch den Transport entstehen, ermöglicht das Transportmodell die Ermittlung von Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>e), welche durch den Bau, Unterhalt und den Betrieb von Straßeninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Straßenfahrzeugen entstehen. Die erforderlichen Parameter wurden der Studie „Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland“ des Öko-Institut e.V. entnommen (Tabelle 24).

Tabelle 24: Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge im Straßengüterverkehr<sup>63</sup>

	<b>Emissionsfaktor [Einheit]</b>
Bau/Unterhalt Straßeninfrastruktur	0,01390 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
Betrieb Straßeninfrastruktur	0,00001 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]
Bau/Unterhalt Straßenfahrzeuge	0,00210 [kg CO <sub>2</sub> e/tkm]

## Warenumschlag

Die Emissionswerte für den Warenumschlag in den Terminals leiten sich aus den realen Energieverbrauchsdaten ab. Dazu wurden in den relevanten Umschlagterminals (Köln-Eifeltor und München-Riem) Strommessungen durchgeführt, um den tatsächlichen Energieverbrauch der Portalkräne aufzuzeigen. Diese absoluten Energieverbräuche wurden über die jeweilige Anzahl an Kranbewegungen (Hübe) in spezifische Verbräuche (Stromverbrauch je Hub) umgewandelt. In Tabelle 8 sind die jeweiligen Messergebnisse für 3 Portalkräne am DUSS<sup>64</sup>-Terminal München-Riem hinterlegt, aus denen ein Mittelwert gebildet wurde. Dieser

<sup>61</sup> EN 16258: Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr)

<sup>62</sup> Quelle: Aussage Fraunhofer IML beim Workshop ecoTransport, 18.02.2014 in Dortmund

<sup>63</sup> Siehe: M. Motschall, T. Bergmann (Öko-Institut e. V.): „Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland“ S. 55

<sup>64</sup> DUSS: Deutsche Umschlaggesellschaft Schiene-Straße (DUSS) mbH

Mittelwert wurde über die jeweilige Anzahl an Hübten gewichtet und gilt als Grundlage für die Berechnung der Emissionen.

Tabelle 25: Herleitung spezifischer Stromverbräuche am Umschlagterminal

<b>DUSS-Terminal München-Riem, Messzeitraum: Oktober 2013</b>			
<b>Kran</b>	<b>Stromverbrauch absolut [kWh]</b>	<b>Absolute Anzahl Kranbewegungen</b>	<b>Stromverbrauch spezifisch [kWh/Hub]</b>
Kran 3	97766	5569	17,5554
Kran 4	89568,24	6365	14,0720
Kran 6	86390,00	6532	13,2256
Gewichteter Mittelwert (über Anzahl der Hübten)			14,8231

Aus den spezifischen Stromverbräuchen lassen sich die jeweiligen Emissionen ableiten. Analog zu den Emissionen, welche bei der Erzeugung des Bahnstroms entstehen, stehen auch Umrechnungsfaktoren zur Verfügung, welche die Emissionen bei der Erzeugung des öffentlichen Stroms in Deutschland darstellen (Tabelle 26).

Tabelle 26: Umrechnungsfaktoren für Emissionen im Öffentlichen Strommix Deutschland

<b>Umrechnung</b>	<b>Umrechnungsfaktor [Einheit]</b>	<b>Quelle</b>
Öffentlicher Strom – CO <sub>2</sub> e	587,6 [g CO <sub>2</sub> e/kWh]	IINAS <sup>65</sup> (GEMIS 2010 <sup>66</sup> )
Öffentlicher Strom – NO <sub>x</sub>	0,381 [g NO <sub>x</sub> /kWh]	VDA Emissionsfaktoren 2005 <sup>67</sup>
Öffentlicher Strom – SO <sub>2</sub>	0,451 [g SO <sub>2</sub> /kWh]	VDA Emissionsfaktoren 2005
Öffentlicher Strom – CO	0,090 [g CO/kWh]	VDA Emissionsfaktoren 2005
Öffentlicher Strom - HC	0,013 [g HC/kWh]	VDA Emissionsfaktoren 2005

Anhand der realen Stromverbräuche und den Umrechnungsfaktoren ergeben sich folgende Emissionsfaktoren für den Güterumschlag:

Tabelle 27: Auf Realdaten beruhende Emissionsfaktoren beim Güterumschlag

<b>Emission</b>	<b>Umrechnung</b>	<b>Emissionsfaktor</b>
CO <sub>2</sub> e	14,8231 kWh/Hub * 0,5876 kg CO <sub>2</sub> e/kWh	8,710 kg CO <sub>2</sub> e/Hub
NO <sub>x</sub>	14,8231 kWh/Hub * 0,381 g NO <sub>x</sub> /kWh	5,648 g NO <sub>x</sub> /Hub
SO <sub>2</sub>	14,8231 kWh/Hub * 0,451 g SO <sub>2</sub> /kWh	6,685 g SO <sub>2</sub> /Hub
CO	14,8231 kWh/Hub * 0,090 g CO/kWh	1,334 g CO/Hub
HC	14,8231 kWh/Hub * 0,013 g HC/kWh	0,193 g HC/Hub

## Rangieren

Eine Bilanzierung der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen im Bereich der Rangieraufwände gestaltet sich schwierig, da der genaue Umfang an Rangierprozessen zur Zugbildung bzw. -auflösung bei jeder Transportfahrt unterschiedlich groß ist. Daher erfolgt

<sup>65</sup> IINAS: Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, Darmstadt

<sup>66</sup> GEMIS: Globales Emissions-Modell integrierter Systeme

<sup>67</sup> VDA: Verband der Automobilindustrie

die Bilanzierung im Rahmen von ‚ecoModal Teil A‘ anhand des prozentualen Anteils der Rangierprozesse am gesamten Schienengüterverkehr in Deutschland, welcher in Tabelle 11 beispielhaft berechnet wird.

Tabelle 28: Anteil Rangierfahrten am gesamten Schienengüterverkehr in Deutschland

Kennzahl	Wert	Quelle
Verkehrsleistung DB Schenker Rail (gesamter Schienengüterverkehr 2012)	105.894 Mio tkm	DB Geschäftsbericht 2012 <sup>68</sup>
Verkehrsleistung DB Schenker Rail (Rangierfahrten 2012)	7.995 Mio tkm	Rangiermethode DB Schenker Rail <sup>69</sup>
Anteil Rangierfahrten an der gesamten Verkehrsleistung	7,55 %	

Die Triebfahrzeuge, welche bei Rangierfahrten zum Einsatz kommen, sind im Regelfall dieselbetrieben, weshalb sich die entsprechenden Emissionsfaktoren lediglich auf den Bereich Tank-to-Wheel beschränken (Analog zu den Emissionsfaktoren im Straßengüterverkehr). Die Parameter sind in Tabelle 12 einsehbar und beruhen auf Analysen des DB-Umweltzentrums.

Tabelle 29: Emissionsfaktoren bei Rangierprozessen

Emission	Emissionsfaktor [Einheit]
CO <sub>2e</sub>	0,009453
NO <sub>x</sub>	0,117440
SO <sub>2</sub>	0,000064
CO	0,016672
HC	0,005984

### 1.6.5 Entwicklung eines Kalkulationstools – Input-/ Outputmodell

Um die Emissionswerte für den Hauptlauf auf der Schiene zu berechnen, ist im Eingabebereich die Auswahl der Transportrelation erforderlich (Köln-Eifeltor – München-Riem oder München Riem – Köln Eifeltor), sowie die Eingabe der Streckenlänge und die Last der zu transportierenden Ware. Das Modell berechnet die auftretenden Emissionen dann nach folgender Formel:

$$\text{Last [t]} \times \text{Strecke [km]} \times \text{Emissionsfaktor Schiene [g/tkm]} = \text{Emission [g]}.$$

Die Emissionen aus den Rangierprozessen werden über den prozentualen Anteil der Rangierfahrten berechnet:

$$\text{Last [t]} \times \text{Strecke [km]} \times \text{Emissionsfaktor Rangieren [g/tkm]} \times \text{Rangieranteil [7,55\%]} = \text{Emission [g]}.$$

<sup>68</sup> Siehe: Deutsche Bahn Geschäftsbericht 2012 „Ausgewählte Kennzahlen“

<sup>69</sup> Von DB Schenker Rail angegebener Wert

Aufgrund der erläuterten Unklarheit über den Rangieraufwand bei einer Transportfahrt können die Emissionen, welche im Rahmen der Rangierfahrten entstehen, bei Bedarf auch ausgeblendet werden (Abbildung 18).

Emissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und den Betrieb von Schieneninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Schienenfahrzeugen entstehen, werden über folgende Formel berechnet:

$$(Last [t] \times Strecke [km]) \times ((Emissionsfaktor Bau und Unterhalt Infrastruktur + Emissionsfaktor Betrieb Infrastruktur + Emissionsfaktor Bau und Unterhalt Fahrzeuge) [g/tkm]) = Emission [g].$$

Auch hier können die Emissionen bei Bedarf ebenfalls ausgeblendet werden (Abbildung 18).

**Schienengütertransport**

**Auf welcher Relation findet der Hauptlauf statt?**

Start: Köln-Eifeltor Ziel: München-Riem

Start: München-Riem Ziel: Köln-Eifeltor

**Welche Transportleistung wird auf der Schiene durchgeführt?**

Transportstrecke\_Schiene  km

Transportmenge\_Schiene  t

**Sollen die Emissionen, welche durch den Rangierbetrieb entstehen, berücksichtigt werden?**

Emissionen durch Rangierabläufe berücksichtigen

**Sollen die CO<sub>2</sub>e-Emissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und Betrieb von Schieneninfrastruktur und -fahrzeugen entstehen, berücksichtigt werden?**

CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch Infrastruktur- und Fahrzeugherstellung berücksichtigen

Abbildung 18: Schienengütertransport im Kalkulationstool

Zur Berechnung der Emissionswerte im Bereich des Warenschlags ist die Anzahl der Container ausschlaggebend, welche zwischen den jeweiligen Verkehrsträgern umgeladen werden (Abbildung 19). Im Normalfall sind zwei Kranbewegungen nötig, um einen Container umzuladen (1.: Fahrt aus der aktuellen Position zur Position des Containers. 2.: Transport des Containers von Verkehrsträger A zu Verkehrsträger B), wodurch sich die Emissionen wie folgt berechnen (siehe Graphik):

$$2 [Hübe] \times ((Anzahl Container Umschlag Vorlauf-Hauptlauf + Anzahl Container Umschlag Hauptlauf-Nachlauf) \times Emissionsfaktor Umschlag [g/Hub]) = Emission [g].$$

**Güterumschlag**

Welche Gütermenge wird in den Containerbahnhöfen umgeschlagen?

Anzahl der umgeschlagenen Container zwischen Vorlauf (Lkw) und Hauptlauf (Schiene)

Umschlag\_Menge  Container

Anzahl der umgeschlagenen Container zwischen Hauptlauf (Schiene) und Nachlauf (Lkw)

Umschlag\_Menge  Container

Abbildung 19: Güterumschlag im Kalkulationstool

Die Emissionswerte im Straßengüterverkehr des Kombinierten Verkehrs sind abhängig von der Länge der Transportstrecke auf dem Vor- und Nachlauf, sowie der Anzahl an Lkw und deren jeweilige Auslastung. Die jeweiligen Emissionsfaktoren stehen lediglich für eine Auslastung von 0 und 100 Prozent zur Verfügung, weshalb die übrigen Werte interpoliert werden müssen. Die Emissionen für den Straßengüterverkehr im Kombinierten Verkehr berechnen sich somit nach folgender Formel:

$$(Anzahl\ Lkw\ Vorlauf \times Strecke\ Vorlauf\ [km] \times (((Emissionsfaktor\ 100\% \text{ Auslastung}\ [g/km] - Emissionsfaktor\ 0\% \text{ Auslastung}\ [g/km]) / 100) \times Auslastung\ Lkw\ Vorlauf\ [\%])) + (Anzahl\ Lkw\ Nachlauf \times Strecke\ Nachlauf\ [km] \times (((Emissionsfaktor\ 100\% \text{ Auslastung}\ [g/km] - Emissionsfaktor\ 0\% \text{ Auslastung}\ [g/km]) / 100) \times Auslastung\ Lkw\ Nachlauf\ [\%])) = Emission\ [g].$$

Treibhausgasemissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und den Betrieb von Straßeninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Straßenfahrzeugen entstehen, werden analog zu den entsprechenden Emissionen im Schienengüterverkehr berechnet, wobei beim Straßen-transport im Bereich des Kombinierten Verkehrs zwischen den unterschiedlichen Transportleistungen auf dem Vor- und Nachlauf unterschieden wird. Diese Emissionen können bei Bedarf ausgeblendet werden (Abbildung 20).

**Straßengütertransport - Welche Transportleistung wird per Lkw auf der Straße durchgeführt (Vor- und Nachlauf)?**  
 (Anmerkung zur Auslastung: 25 t Beladung entsprechen 100% Auslastung)

**VORLAUF**

Lkw-Klasse	Anzahl Lkw	Auslastung in % (Gewicht)
Lastzug/Sattelzug 34 - 40t, EURO5	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Transportstrecke\_Vorlauf  km

**NACHLAUF**

Lkw-Klasse	Anzahl Lkw	Auslastung in % (Gewicht)
Lastzug/Sattelzug 34 - 40t, EURO5	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Transportstrecke\_Nachlauf  km

Sollen die CO<sub>2</sub>e-Emissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und Betrieb von Straßeninfrastruktur und -fahrzeugen entstehen, berücksichtigt werden?

CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch Infrastruktur- und Fahrzeugherstellung berücksichtigen

Transportmenge\_Straße\_Vorlauf  t

Transportmenge\_Straße\_Nachlauf  t

Abbildung 20: Straßengütertransport im Kalkulationstool

## Input-/ Outputmodell – Direktverkehr

Emissionen im Direkttransport per Lkw werden analog zum Straßengütertransport im Bereich des Kombinierten Verkehrs berechnet:

$$\text{Anzahl Lkw} \times \text{Strecke [km]} \times \left( \frac{\text{Emissionsfaktor 100\% Auslastung [g/km]} - \text{Emissionsfaktor 0\% Auslastung [g/km]}}{100} \right) \times \text{Auslastung Lkw [\%]} = \text{Emission [g]}.$$

Treibhausgasemissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und den Betrieb von Straßeninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Straßenfahrzeugen entstehen, werden im Direktverkehr entsprechend der Berechnungsformel im Bereich Schienengüterverkehrs berechnet und können bei Bedarf ausgeblendet werden (Abbildung 21).

**Direktverkehr**

Lkw-Klasse	Anzahl Lkw	Auslastung in % (Gewicht)
Lastzug/Sattelzug > 34 - 40 t	0	0

Transportstrecke\_Direktverkehr  km

Sollen die CO<sub>2</sub>e-Emissionen, welche durch den Bau, Unterhalt und Betrieb von Straßeninfrastruktur und -fahrzeugen entstehen, berücksichtigt werden?

CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch Infrastruktur- und Fahrzeugherstellung berücksichtigen

Transportmenge\_Straße\_Direkt  t

Abbildung 21: Direktverkehr im Kalkulationstool

Im Ausgabebereich des Modells sind die Emissionen für die vorher eingegebenen Parameter einsehbar (Abbildung 22). Angegeben werden jeweils die absoluten Emissionen sowie der prozentuale Anteil, unterschieden für jeden Transportprozess. Für die Infrastruktur und Fahrzeuge stehen lediglich Werte für Treibhausgase (CO<sub>2</sub>e) zur Verfügung, welche bei Bedarf auch unberücksichtigt bleiben können.

Neben den auftretenden Emissionen im Kombinierten Verkehr und Direktverkehr wird zusätzlich der Vergleich zwischen beiden Transportmöglichkeiten angestellt. Dabei werden sowohl die absoluten als auch prozentualen Anteile verglichen, wodurch mögliche Einsparungen erkennbar werden.

**Ergebnis**

A: Kombiniertes Verkehr	CO <sub>2</sub> -Äquivalente			Stickoxide			Schwefeldioxid		Kohlenmonoxid			Kohlenwasserstoffe		
	Quelle	Wert	Einheit	Anteil [%]	Wert	Einheit	Anteil [%]	Wert	Einheit	Anteil [%]	Wert	Einheit	Anteil [%]	
Straßengüterverkehr	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!	0	g NO <sub>x</sub>	#DIV/0!	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	#DIV/0!	0	g HC	#DIV/0!
Straßeninfrastruktur/-fahrzeuge	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!											
Schienengüterverkehr	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!	0	g NO <sub>x</sub>	#DIV/0!	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	#DIV/0!	0	g HC	#DIV/0!
Rangieren	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!	0	g NO <sub>x</sub>	#DIV/0!	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	#DIV/0!	0	g HC	#DIV/0!
Schieneninfrastruktur/-fahrzeuge	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!											
Warenumschlag	0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!	0	g NO <sub>x</sub>	#DIV/0!	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	#DIV/0!	0	g HC	#DIV/0!
<b>Gesamt</b>	<b>0</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>0</b>	<b>g NO<sub>x</sub></b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>0</b>	<b>g SO<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	<b>g CO</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>0</b>	<b>g UHC</b>	<b>#DIV/0!</b>

B: Direktverkehr	Quelle	Wert	Einheit	Anteil [%]	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit
Straßengüterverkehr		0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!	0	g NO <sub>x</sub>	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	0	g HC
Straßeninfrastruktur/-fahrzeuge		0	kg CO <sub>2</sub> e	#DIV/0!								
<b>Gesamt</b>		<b>0</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>0</b>	<b>g NO<sub>x</sub></b>	<b>0</b>	<b>g SO<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	<b>g CO</b>	<b>0</b>	<b>g HC</b>

**Vergleich**

	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit
Kombiniertes Verkehr	0	kg CO <sub>2</sub> e	0	g NO <sub>x</sub>	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	0	g HC
Direktverkehr	0	kg CO <sub>2</sub> e	0	g NO <sub>x</sub>	0	g SO <sub>2</sub>	0	g CO	0	g HC
<b>Einsparung total</b>	<b>0</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>0</b>	<b>g NO<sub>x</sub></b>	<b>0</b>	<b>g SO<sub>2</sub></b>	<b>0</b>	<b>g CO</b>	<b>0</b>	<b>g HC</b>
<b>Einsparung in Prozent</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>%</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>%</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>%</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>%</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>%</b>

Abbildung 22: Ausgabebereich des Kalkulationstools

## 1.6.6 Entwicklung eines Kalkulationstools – Ergebnisse

Mit dem Transportmodell soll, wie oben bereits erwähnt, ein Vergleich zwischen Kombinierten Verkehr und Direktverkehr sowie ein Vergleich der ermittelten Realdaten mit den berechneten Werten aus EcoTransIT gezogen werden. Hierzu wurden mehrere Beispielrelationen modelliert und für die entsprechenden Emissionen ausgewertet.

Im Gegensatz zu EcoTransIT erfolgt das Routing im Transportmodell nicht automatisch nach Eingabe des Start- und Zielortes. Die Länge der einzelnen Transportstrecken muss vorher ermittelt und manuell eingegeben werden. Bei den folgenden Betrachtungen wurden die Streckenlängen in EcoTransIT ermittelt und danach in das Berechnungsmodell eingegeben.

### Vergleich KV – Direktverkehr

Bei den folgenden Betrachtungen wird angenommen, dass grundsätzlich ein Container transportiert wird. Die Nettolast der zu transportierenden Ladung beträgt 14 t, womit sich eine Auslastung der Lkw von 56 Prozent ergibt. Im Bereich des Hauptlaufs auf der Schiene wurden die Rangierprozesse in die Bilanzierung mit einbezogen. Emissionen, welche durch Bau, Unterhalt und den Betrieb von Infrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Fahrzeugen entstehen wurden zunächst ausgeblendet, da diese Werte lediglich für CO<sub>2</sub>e zur Verfügung stehen.

Die nachfolgende Tabelle 30 gibt Ergebnisse für den Direktverkehr und den Kombinierten Verkehr auf ausgewählten Relationen wieder.

Tabelle 30: Vergleich der Emissionen im KV und Direktverkehr auf ausgewählten Relationen

Start	via	via	Senke	Kombinierter Verkehr					Direktverkehr				
				CO2e [t]	NOx [kg]	SO2 [kg]	CO [kg]	HC [kg]	CO2e [t]	NOx [kg]	SO2 [kg]	CO [kg]	HC [kg]
Köln	Köln-Eifeltor	München-Riem	München	0,1778	0,2318	0,1071	0,0622	0,0168	0,4356	1,2056	0,0026	0,6655	0,01498
Krefeld	Köln-Eifeltor	München-Riem	Taufkirchen	0,2307	0,3783	0,1074	0,1431	0,0187	0,4938	1,3669	0,0026	0,7546	0,018
Greven	Köln-Eifeltor	München-Riem	Augsburg	0,3568	0,7272	0,108	0,3357	0,0229	0,4641	1,2846	0,0024	0,7091	0,0159
München	München-Riem	Köln-Eifeltor	Krefeld	0,2596	0,3855	0,1317	0,1388	0,0216	0,4812	1,3317	0,0025	0,7352	0,0165
Taufkirchen	München-Riem	Köln-Eifeltor	Greven	0,3481	0,6304	0,1321	0,2739	0,0246	0,5126	1,4187	0,0026	0,7832	0,0176
Augsburg	München-Riem	Köln-Eifeltor	Köln	0,267	0,4061	0,1317	0,1501	0,0218	0,3904	1,0805	0,002	0,5965	0,0134

Wie in den Output-Daten erkennbar, ist der Kombinierte Verkehr bei den CO<sub>2</sub>e-Emissionen, NO<sub>x</sub> und CO im Vorteil. Je länger die Strecke des Vor- und Nachlaufs ist, desto geringer ist jedoch der Vorteil des Kombinierten Verkehrs bei den drei genannten Emissionen. Im Bereich der SO<sub>2</sub>-Emissionen ist der KV dagegen deutlich im Nachteil, was in erster Linie an der Bereitstellung des Bahnstroms liegt. Bei HC-Emissionen sind der KV und der Direktverkehr gleichwertig, sofern Vor- und Nachlauf sehr gering sind. Andernfalls schneidet der KV in diesem Bereich schlechter ab.

Wie in Tabelle 31 erkennbar, ist je nach Länge des Vor- und Nachlaufs der Anteil des Straßengütertransports und der dazugehörigen Emissionen für Infrastruktur und Fahrzeuge unterschiedlich groß und der Anteil der übrigen Transportprozesse ändert sich dementsprechend. Rangieren hat mit 1 bis 2 Prozent einen vergleichsweise geringen Anteil, während der Güterumschlag mit 3 bis 6 Prozent einen bedeutenderen Anteil hat. Auffällig ist der hohe Anteil der Infrastruktur und Fahrzeuge im Bereich des Schienengüterverkehrs.

Tabelle 31: Anteil der Verkehrsträger im Kombinierten Verkehr

Start	via	via	Senke	CO2e [t]		Lkw Infra [t]		Zug [t]		Rangieren [t]		Zug Infra [t]		Umschlag [t]	
				Lkw [t]	%	Lkw Infra [t]	%	Zug [t]	%	Rangieren [t]	%	Zug Infra [t]	%	Umschlag [t]	%
Köln	Köln-Eifeltor	München-Riem	München	0,0136	5,03	0,0039	1,43	0,1406	51,95	0,0059	2,21	0,089	32,89	0,0176	6,49
Krefeld	Köln-Eifeltor	München-Riem	Taufkirchen	0,0665	19,65	0,0189	5,58	0,1406	41,52	0,0059	1,77	0,089	26,29	0,0176	5,19
Greven	Köln-Eifeltor	München-Riem	Augsburg	0,1926	38,48	0,0547	10,93	0,1406	28,09	0,0059	1,2	0,089	17,79	0,0176	3,51
München	München-Riem	Köln-Eifeltor	Krefeld	0,0584	16,02	0,0167	4,55	0,177	48,55	0,0059	1,64	0,089	24,41	0,0176	4,82
Taufkirchen	München-Riem	Köln-Eifeltor	Greven	0,1474	30,78	0,0419	8,75	0,177	36,97	0,0059	1,25	0,089	18,59	0,0176	3,67
Augsburg	München-Riem	Köln-Eifeltor	Köln	0,0664	17,7	0,0189	5,03	0,177	47,23	0,0059	1,59	0,089	23,75	0,0176	4,69

## Vergleich Realdaten – EcoTransIT

Für die Berechnung der Emissionen mittels EcoTransIT werden zunächst die Eingabeparameter festgelegt. Für den Vor- und Nachlauf wurden Lkw mit 24 - 40 t sowie einer EURO-V-Abgasnorm ausgewählt. Der Beladungsgrad beträgt 56 Prozent und der Leerfahrtanteil beträgt 0 Prozent. Für Zugfahrten auf dem Hauptlauf wurde ein Zuggewicht von 1.000t mit E-Traktion angenommen. Der Beladungsgrad beträgt 60 Prozent und der Leerfahrtenanteil 0 Prozent. Jegliche Emissionen, welche durch Bau, Unterhalt und den Betrieb von Straßeninfrastruktur sowie den Bau und Unterhalt von Straßenfahrzeugen entstehen wurden ausgeblendet, da diese bei EcoTransIT nicht berücksichtigt werden können.

In Tabelle 32 ergeben sich für die betrachtete Relation folgende Emissionen, die den Berechnungen aus ecoModal A gegenübergestellt wurden:

Tabelle 32: Emissionsvergleich EcoTransIT – Realdaten aus ecoModal A

Start	via	via	Senke	EcoTransIT					Realdaten / eco Modal A				
				CO2e [t]	NOx [kg]	SO2 [kg]	CO [kg]	HC [kg]	CO2e [t]	NOx [kg]	SO2 [kg]	CO [kg]	HC [kg]
Köln	Köln-Eifeltor	München-Riem	München	0,1313	0,133	0,0892	x	0,0122	0,1778	0,2318	0,1071	0,0622	0,0168
Krefeld	Köln-Eifeltor	München-Riem	Taufkirchen	0,1767	0,248	0,0895	x	0,0137	0,2307	0,3783	0,1074	0,1431	0,0187
Greven	Köln-Eifeltor	München-Riem	Augsburg	0,2843	0,516	0,09022	x	0,0173	0,3568	0,7272	0,108	0,3357	0,0229
München	München-Riem	Köln-Eifeltor	Krefeld	0,1701	0,231	0,08946	x	0,0135	0,2596	0,3855	0,1317	0,1388	0,0216
Taufkirchen	München-Riem	Köln-Eifeltor	Greven	0,2456	0,418	0,08996	x	0,016	0,3481	0,6304	0,1321	0,2739	0,0246
Augsburg	München-Riem	Köln-Eifeltor	Köln	0,1766	0,248	0,0895	x	0,0137	0,267	0,4061	0,1317	0,1501	0,0218

Die anhand realer Verbrauchsdaten ermittelten Emissionen sind auf der untersuchten Relation grundsätzlich höher als die in EcoTransIT hinterlegten Werte. Für CO ist allerdings keine Aussage möglich, da diese Emission in EcoTransIT nicht bilanziert wird.

Um die Gründe für diese Unterschiede feststellen zu können, wurden in Tabelle 33 zunächst CO<sub>2</sub>e-Emissionen separat für die einzelnen Verkehrsträger untersucht:

Tabelle 33: CO<sub>2</sub>e-Vergleich EcoTransIT – Realdaten aus ecoModal A für einzelne Verkehrsträger

Start	via	via	Senke	EcoTransIT			Realdaten / eco Modal A		
				CO2e Lkw [t]	CO2e Zug [t]	CO2 Umschlag [t]	CO2e Lkw [t]	CO2e Zug [t]	CO2e Umschlag [t]
Köln	Köln-Eifeltor	München-Riem	München	0,0119	0,1148	0,0046	0,0136	0,1406	0,0176
Krefeld	Köln-Eifeltor	München-Riem	Taufkirchen	0,0573	0,1148	0,0046	0,0665	0,1406	0,0176
Greven	Köln-Eifeltor	München-Riem	Augsburg	0,1649	0,1148	0,0046	0,1926	0,1406	0,0176
München	München-Riem	Köln-Eifeltor	Krefeld	0,0507	0,1148	0,0046	0,0589	0,1771	0,0176
Taufkirchen	München-Riem	Köln-Eifeltor	Greven	0,1262	0,1148	0,0046	0,1474	0,1771	0,0176
Augsburg	München-Riem	Köln-Eifeltor	Köln	0,0572	0,1148	0,0046	0,0664	0,1771	0,0176

Die anhand von Realdaten ermittelten Emissionen sind in jedem Glied der Transportkette höher als die in EcoTransIT hinterlegten Werte. Auffällig ist, dass die Realdaten beim Umschlag einen Wert liefern, der fast viermal so groß ist, wie der Wert aus EcoTransIT. Dies liegt vor allem an den jeweils unterschiedlichen Stromverbrauchswerten, welche in den Berechnungen verwendet werden (EcoTransIT: 4,4 kWh/TEU; Realdaten: 14,82 kWh/Hub). Die Emissionen im Schienengüterverkehr sind bei den Realdaten ebenfalls höher. Der Grund dafür liegt maßgeblich in den unterschiedlichen Umrechnungsfaktoren für den Bahnstrommix. In EcoTransIT ist ein Faktor von 527 g CO<sub>2</sub>e/kWh hinterlegt, während bei den Realdaten der aktuelle Wert von 635 g CO<sub>2</sub>e/kWh verwendet wird. Des Weiteren wurde bei den Beispielrechnungen in EcoTransIT immer das gleiche Zuggewicht und der gleiche Beladungsgrad ausgewählt, was bei den Realdaten jedoch bei jedem Transport unterschiedlich sein kann. Die Emissionen im Bereich des Lkw-Transports sind bei den Realdaten ebenfalls etwas höher, da geringfügige Abweichungen bei den jeweils verwendeten Parametern bestehen.

Abbildung 23 veranschaulicht die Ergebnisse des Transportmodells im Arbeitspaket ecoModal Teil A, was die Umweltfreundlichkeit des Kombinierten Verkehrs im Vergleich zum Direkt-

verkehr betrifft. Insbesondere bei den Treibhausgasemissionen sind auf der untersuchten Relation Einsparungen von bis 50 Prozent möglich. Bei NO<sub>x</sub> und CO ist der KV ebenfalls deutlich im Vorteil, während bei Kohlenwasserstoffen ein geringer Nachteil besteht und bei SO<sub>2</sub> eine deutlich schlechtere Bilanz erkennbar ist. Die Länge des jeweiligen Vor- und Nachlaufs im Kombinierten Verkehr ist aufgrund der Umweltvorteile der Schiene von entscheidender Bedeutung. Aus ökologischer Sicht ist eine Verkehrsverlagerung definitiv zu empfehlen.

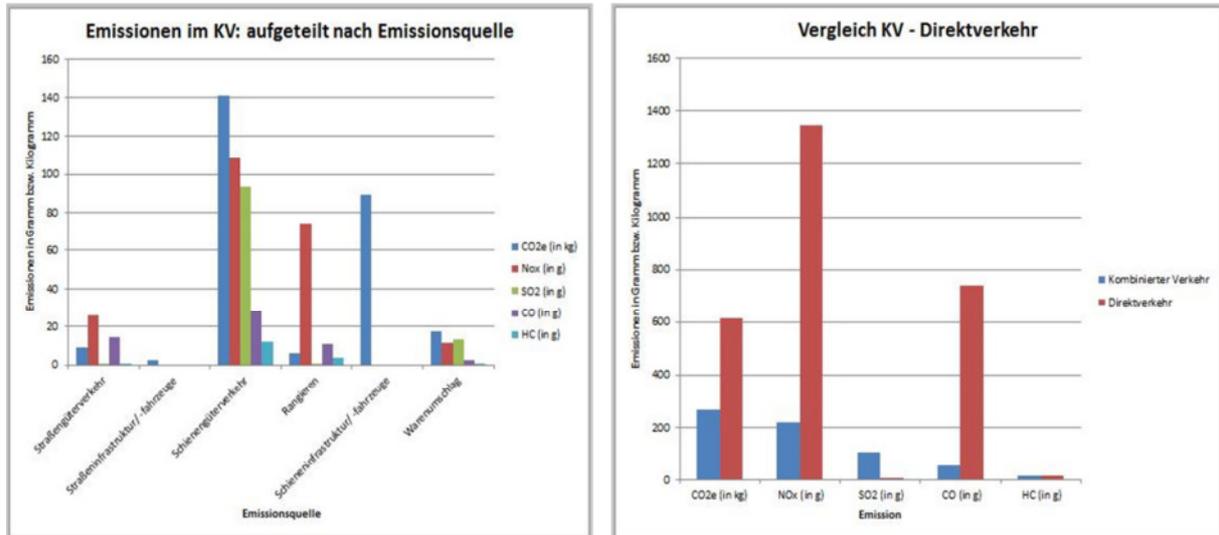


Abbildung 23: Bewertungsergebnisse nach Prozessen und Emissionskategorien (Beispiel Deutsche Post DHL)

Bei den Untersuchungen wurde ebenfalls deutlich, dass die anhand von realen Verbrauchsdaten berechneten Emissionen auf der betrachteten Relation höher sind, als die Werte, welche EcoTransIT kalkuliert. Der Grund liegt in erster Linie daran, dass in EcoTransIT Durchschnittswerte hinterlegt sind, während die Realdaten speziell auf der Relation Ruhrgebiet – Großraum München gemessen wurden. Weiterhin sind in EcoTransIT mitunter andere Emissionswerte und Umrechnungsfaktoren hinterlegt, was zu Abweichungen bei den Ergebnissen führt.

## 1.7 Fallstudie ecoModal Teil B: Intermodalität von morgen

Basierend auf den logistischen Abläufen (Entfernung, Transportmenge) und den identifizierten Verlagerungshemmnissen aus der Fallstudie ecoModal Teil A, sollten im Teil B (AP 2.5) die Anforderungen für eine Weiterentwicklung intermodaler Transporte definiert und untersucht werden. Ziel war es, Transporte auf ökologisch effizientere Verkehrsträger zu verlagern. Der Fokus lag dabei auf dem Verkehrsträger Schiene, der auf Langstrecken den Erfordernissen der zeitkritischen Stückgut- und Paketlogistik entsprechen könnte. Wichtige Teilaspekte waren die Einbehaltung der Fahrtzeiten (Nachtsprung) und Berücksichtigung der Gestellungszeiten.

Die beteiligten Partner Deutsche Post DHL, Schmidt-Gevelsberg und UPS stellten Unternehmensdaten für die Szenarienentwicklung bereit, wie beispielsweise Anzahl Wechselbrücken (WB) und Gestellungszeiten. Es wurden drei Szenarien auf ausgewählten innerdeutschen Relationen definiert, für welche die Verlagerungsfähigkeit in den KV unter Berücksichtigung der Anforderungen der Industriepartner bewertet wurde.

Tabelle 34: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 2.5

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
Deutsche Post, Schmidt-Gevelsberg, UPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeinsame Erarbeitung von Marktanforderungen</li> <li>• Beschreibung und Bewertung von Hemmnissen</li> <li>• Bereitstellung Unternehmensdaten für Szenarientwicklung <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruhrgebiet – München</li> <li>▪ Ruhrgebiet – Berlin</li> <li>▪ Entschleunigung Paket- und Stückguttransporte</li> </ul> </li> </ul>
DB Mobility Logistics	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der aktuellen Verlagerungsfähigkeit in den KV unter Berücksichtigung der Anforderungen der anderen Industriepartner</li> </ul>
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftliche Begleitung der Definition von Auswahlkriterien für die Auswahl der Verkehrsträger vor dem Hintergrund ökoeffizienter Lösungen</li> </ul>
Wuppertale Institut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der wissenschaftlichen Begleitung</li> </ul>

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend erläutert. Detaillierte Darstellungen können zudem der Fallstudiendokumentation<sup>70</sup> entnommen werden.

In Deutschland werden Stückgut- und Paketverkehre aufgrund der wirtschaftlichen und organisatorischen Vorteile hauptsächlich mit dem LKW transportiert. Der Transport auf der Straße zeichnet sich durch flexibel einsetzbare Fahrzeuge aus, es kommt zu wenigen Standzeiten und auf kurzen bis mittleren Entfernungen sind die Transportzeiten relativ gering.<sup>71</sup> Der Transport auf der Schiene ist dagegen umweltfreundlicher und auf längeren Strecken schneller als mit dem LKW.

In der Zukunft ist weiterhin mit einem steigenden Güterverkehr in Deutschland zu rechnen.<sup>72</sup> Das führt zu einer weiteren Verknappung des Laderaums, zunehmendem Fahrermangel, steigenden Transportkosten sowie zu einer höheren Belastung der Verkehrsinfrastruktur und der Umwelt. Ziel sollte es somit sein, die zusätzlichen (Stückgut- und Paketverkehre effizient zu bündeln und auf umweltfreundliche Verkehrsträger wie die Schiene zu verlagern.

### 1.7.1 Logistiknetzwerke im Paket- und Stückguttransport

In Logistiknetzwerken werden Paket- und Stückgutsendungen zwischen Sendern und Empfängern durch Logistikdienstleister transportiert. Die Netze sind durch ein regelmäßiges Hauptlauf-Transportnetz gekennzeichnet, in dem die Sendungsströme zwischen den Start- und Zieldepots und den mit diesen verbundenen Hubs bewegt werden. Die Abholung der Sendungen im Einzugsgebiet der Depots von den Kunden bzw. Sammelstellen sowie die Zustellung zum Empfänger erfolgt in der Regel über täglich neu zu planende Touren. Ziel der Netzbetreiber ist der Transport der Sendungen unter Einhaltung der Anforderungen an den Lieferservice und unter Nutzung möglichst kostengünstiger Transportverbindungen.<sup>73</sup>

Im Transportwesen unterscheidet man im Wesentlichen zwischen den Direktverkehren und Hub-and-Spoke-Systemen. Erstere sind Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, also Transporte, die in eine Richtung abgewickelt werden. Hierzu zählen vor allem Individualverkehre wie Kurierdienste oder auch Umzugsverkehre. Die vorherrschenden logistischen Muster in der Transportbranche sind jedoch Hub-and-Spoke-Systeme. Das grundlegende Merkmal dieser Sys-

<sup>70</sup> vgl. Klukas et al. 2013

<sup>71</sup> Güterverkehr im Vergleich, DHL

<sup>72</sup> Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, Gleitende Mittelfristprognose

<sup>73</sup> Buchholz, Peter und Clausen, Uwe; Große Netze der Logistik – Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs 559, Teilprojekt A7; 2009

teme ist ihre sternförmige Organisation. Hierunter fallen zum Beispiel alle Linienverkehre unabhängig vom jeweiligen Verkehrsträger. In jedem dieser Systeme gibt es Hubs (Naben) und Spokes (Speichen). Die Hubs stellen die Zentralknoten dar, von denen aus die Transportwege in alle Richtungen zu den Endknoten laufen.<sup>74</sup> Um die effizienteste Lösung der positiven Merkmale unterschiedlicher Netzsysteme zu erhalten, erscheinen diese in der Praxis als Mischform.<sup>75</sup>

Ein weiteres Anwendungsgebiet stellen Paketdienstleister dar. Hierbei werden die im Nebenlauf in den Depots eingesammelten Pakete im sogenannten Hauptlauf konsolidiert und über einen Hub umgeschlagen. Die Speichen (Spoke) stellen somit die Verbindungen des Hubs zu den Depots dar. Meist wird eine Mischform der beiden Netzwerkalternativen vorgefunden, Depots mit einer hohen wechselseitigen Beziehung durch ein hohes Paketaufkommen zwischen den beiden werden meist durch Point-to-Point Verbindungen, auch Direktverkehre genannt, miteinander verbunden; über den Hub laufen vor allem jene Pakete, deren Absender- oder Empfängerdepots keine kompletten LKW-Ladungen ausmachen.

Die Intention dabei ist die Auslastung von Transportmitteln zu optimieren, Minderauslastungen oder gar Leerfahrten nach Möglichkeit zu vermeiden. Typische Beispiele für Hub-and-Spoke-Systeme sind Paket- und Briefzustelldienste, Kurier-Express-Services, Feeder-Verkehre in der Seefahrt, Sammelgutspeditionen im Straßengüterverkehr und der Eisenbahngüterverkehr. Der Nachteil des Systems ist, dass unter Umständen längere Wegstrecken in Kauf genommen werden müssen, da der Transportweg in der Regel über einen zentralen Hub läuft. Die größtmögliche Auslastung der Laderaumkapazität hat bei diesem System oberste Priorität.

Die Transportprozesse setzen sich aus der lokalen Einsammlung im Vorlauf, dem nationalem Hauptlauf, der regionalen Versorgung (Nachlauf) und Zustellung zusammen. Bei der Betrachtung der Transportzeiten und Zeitfenster sind bestimmte Abzugs- und Bereitstellungszeiten zu beachten. Außerdem gilt es zu beachten, dass Zeiten für Be- und Entladung der Wechselbehälter im Hauptlauf in den jeweiligen Paketzentren einkalkuliert werden müssen.

In der Planung der Logistiknetzwerke wird beim Vor- und Nachlauf von einer kurzfristigen (Nahverkehr) und im Hub Vor-, Haupt- und Nachlauf von einer mittelfristigen Planung gesprochen. Die kurzfristige Planung beschäftigt sich mit den Betriebsmitteln und Fahrzeugen für die direkt Paketzustellung und Abholung, während die mittelfristige Planung mit der Gestaltung der Fahrpläne und Datenanalyse für den Hauptlauf und somit dem Fernverkehr beschäftigt ist. Dabei ist es notwendig die Auslastung der Kapazitäten zu analysieren und unter besonderen Umständen, wie beispielsweise Feiertagen, auf Grundlage der Paketflussanalyse eine Prognose für eventuell auftretende Volumenschwankungen zu treffen und entsprechend zu reagieren.<sup>76</sup> Durch mehrerer Transportfahrzeuge, Feeder oder auch Gliederzug genannt, die i.d.R. auf festen Touren im Hauptlauf Container bewegen, ist eine andere Form der Konsolidierung möglich.

### Deutsche Post

Das Netz der Deutschen Post in Deutschland besteht aus 33 Paketzentren, die sich über ganz Deutschland verteilen und je ein bestimmtes Einsammel- und Zustellgebiet bedienen. Darunter befinden sich außerdem Paketzentren, die auch als Internationale Frachtpoststationen (IFS) oder Internationale Seefrachtstationen (ISPS) agieren. Der Hauptlauf zwischen den einzelnen Paketzentren wird in Wechselbehältern durchgeführt. Die Sendungsstruktur

---

74 <http://www.logistikbranche.net/glossar/hub-and-spoke.html>

75 Vgl. Blunk, S.; Modellierung und Optimierung von Hub-and-Spoke-Netzen mit beschränkter Sortierkapazität; Seite 8 ff.

76 Vgl. Buchholz, J.; Handbuch der Verkehrslogistik; Seite 186

setzt sich aus Paketen sowie Sperrgut und DHL-Infopost zusammen. Die Standardzustellzeit beträgt  $E + 1$ . Die lokale Zustellung von Paketen innerhalb desselben Paketentrums wird mit Transportern auch im Verbund mit Briefen durchgeführt. Die regionale Einsammlung und Versorgung von angrenzenden Paketzentren erfolgt mit Wechselbrückenfahrzeugen. Der nationale Hauptlauf, erfolgt mit Wechselbrückenfahrzeugen auf der Straße oder in Ausnahmen auf der Schiene (PIC).

#### United Parcel Service

Das Transportnetzwerk der Firma UPS umfasst 220 Länder und Gebiete, die miteinander vernetzt sind und ein tägliches Zustellvolumen von 15,6 Mio. Paketen aufweisen. In diesem Kapitel wird das Logistiknetzwerk der UPS Transport OHG in Deutschland zur Darstellung der Grundstruktur als Beispiel herangezogen. Es handelt sich um ein Hub-and-Spoke-Netz, welches Pakete von Center zu Hub, Hub zu Hub oder Hub zu Center mit Sprinter, Feeder, oder Trailer befördert (Abbildung 24).

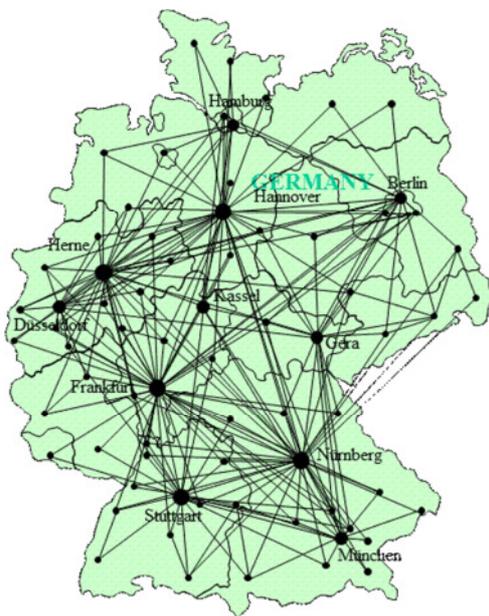


Abbildung 24: Das Domestic Standard Netz von UPS in Deutschland (Quelle: GreenLogistics)<sup>77</sup>

#### Schmidt-Gevelsberg

Schmidt-Gevelsberg ist Partner im Stückgutnetzwerk von Cargoline. Zum Verbund gehören über 70 Unternehmen, welche die regionale Verteilung der Güter vornehmen. Der Cargoline-Verbund bildet ein europaweit flächendeckendes Stückgutnetz mit 45 Depots sowohl mit Direkt- als auch mit Hubverkehren. Durch die vorgegebene Taktung der Verkehre können Sendungen national in 24 Stunden und international in 24 bis 96 Stunden zugestellt werden.

### 1.7.2 Untersuchung der Barrieren und Marktanforderungen

Für die Untersuchung der Barrieren hinsichtlich der Nutzung des Kombinierten Verkehrs wurden in der Vergangenheit durch verschiedene Institute und Unternehmen auf nationaler und internationaler Ebene Studien durchgeführt. Basierend auf den Hemmnissen soll die Erarbeitung verschiedener Lösungsansätze zu Verkehrsverlagerungen folgen.

<sup>77</sup> UPS Europe; UPS Europe overview 2009; Folie 4

In Tabelle 35 werden die Haupthemmnisse zur Verkehrsverlagerung seitens der Versender dargestellt.

Tabelle 35: Barrieren und Lösungsansätze im KV <sup>78</sup>

Barriere
Geringe Pünktlichkeit
Unflexibel
Wenig Service
Teuer
Geringe Netzdichte / Kein Gleisanschluss
Kurze Strecken
Kundenpool teils ausgeschöpft
Keine Einbindung ins Logistikkonzept
Angebote nicht bekannt / Dienstleister bietet keine alternativen zum Lkw an.
Lange Transportzeiten
Keine Massengüter
Fehlende Informationen bzgl. Exististierender Förderprogramme
Hohe Kosten für Gütertransporte
Fehlendes Relationsangebot

Die Ergebnisse wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für den Stückgut- und Pakettransport analysiert und bewertet sowie um Hemmnisse beim Aufbau einer Transportrelation erweitert. Das wichtigste Kriterium aus Sicht von Eisenbahnverkehrsunternehmen ist die Auslastung des Zuges. Für die Sammelgut- und Paketdienstleistern sind neben den Transportkosten Zuverlässigkeit und Transportzeit die entscheidenden Faktoren. Durch den stark wachsenden Markt des E-Commerce haben sich die Kundenanforderungen verändert und die Bedeutung von Zuverlässigkeit und Transportdauer sind stark gestiegen.

Durch die Forderung der Verlagerer nach schneller Lieferung wurden die Logistiknetzwerke angepasst und ermöglichen eine zeitnahe Anlieferung. Der Standardversand im Paketbereich bei großen Internetversandunternehmen wie Amazon und Zalando beträgt E+1 (Anlieferung am nächsten Tag), auch im Stückguttransport wird dies durch die Kunden im Normalfall angenommen. In Ballungszentren wird zum Teil bereits durch die Versender gegen Aufpreis E+0 (Anlieferung am selben Tag) angeboten.<sup>79</sup>

Die Versanddienstleister reagieren auf diese Anforderungen und führen ihre Verkehre mit flexibel einsetzbaren LKW durch. Dadurch können Expressdienstleistungen garantiert und individuell durchgeführt werden. Im Folgenden werden die Barrieren den Akteuren in der Logistikkette zugeordnet und beschrieben.

#### Eisenbahnverkehrsunternehmen

In Bezug auf die Bahnbetreiber ist die Auslastung der Züge ein großes Hindernis. Zum wirtschaftlichen Transport müssen regelmäßig ausreichende Ladeeinheiten transportiert werden. Um die Relationen wirtschaftlich bedienen zu können, ist eine Grundaustauslastung von 70-80% notwendig.<sup>80</sup>

<sup>78</sup> Klukas, A; Wiedenbruch,A: Multimodal Promotion – Finding and Benchmarking Resource-Efficient Transport Alternatives with Combined Transport in ...

<sup>79</sup> Amazon

<sup>80</sup> Expertengespräch im Projekt Multimodal

## Logistikdienstleister

Die Transportzeiten für die Paket- und Stückgutverkehre ergeben sich aus den Marktanforderungen und deren Rahmenbedingungen. Diese gehen von einer Standardzustellzeit von E+1, also einer Auslieferung der Sendung einen Werktag nach dem Einlieferungstag. In dieser Fallstudie werden zwei verschiedene Szenarien für die Transportzeit betrachtet. Zum einen die Transportzeit des reinen Straßentransports, also der aktuellen IST-Situation ohne Bündelung von Verkehren. Zum anderen wird die Transportzeit im kombinierten Verkehr betrachtet. Beim reinen Straßenverkehr wird die Transportzeit ab Abfahrt Ausgangsterminal bis Eintreffen am Eingangsterminal definiert.

Im Kombinierten Verkehr wird der Hauptlauf auf der Schiene durchgeführt, der Vor- und Nachlauf finden auf der Straße statt. Die Verkehre werden zum Umschlagsterminal gebündelt und auf den Verkehrsträger Schiene umgeschlagen. Durch die verschiedenen Ankunftszeiten der Wechselbehälter ergeben sich Koordinationsschwierigkeiten. Der Transport per Schiene beginnt erst, sobald der letzte Container vom LKW umgeschlagen ist. Dies stellt einen Engpass für die Zeit des Hauptlaufs dar. Der Zug muss wiederrum eintreffen, sobald der erste LKW wieder beladen werden muss um vom Terminal losfahren zu können. Diese beiden Voraussetzungen stellen ein nutzbares Zeitfenster für den Hauptlauf dar. Jedoch schränken sie den Hauptlauf auch so stark ein, dass es schwierig ist, ihn in diesem vorgegebenen Zeitfenster durchzuführen. Die Fahrzeitberechnung ist ein stufenweises Verfahren. Zuerst wird die reine Fahrzeit des Zuges berechnet unter Berücksichtigung der zulässigen Geschwindigkeiten und anderen Einflussfaktoren, wie Streckenwiderständen, der Zugcharakteristik und der Streckeninfrastruktur. Danach kann die Mindestfahrzeit zum Ausgleich variierender äußerer Einflüsse berechnet werden. Ausgehend davon, wird die Regelfahrzeit berechnet, d.h. die Mindestfahrzeit zzgl. einem Bauzuschlag. Mit diesen Angaben, kann die Dauer der Zugfahrt zwischen zwei Umschlagsterminals berechnet werden. Eventuell sind noch weitere Synchronisationszeiten zu beachten, die sich aus Belegungen der Strecke ergeben.

Unter Zuverlässigkeit wird die Einhaltung der zugesagten Liefertermine verstanden. Die Zuverlässigkeit ist wichtig um die Zeitpläne der Partner nicht zu stören. Es ist darauf zu achten, dass es innerhalb der erarbeiteten Transportstrecken zu keinen Verspätungen kommt und die Transporteinheiten rechtzeitig übergeben werden. Der Umgang mit eventuell auftretenden Transportspitzen ist zu berücksichtigen. Verspätete Anlieferungen von Wechselbrücken bei den Frachtzentren können zu einer verspäteten Zustellung der Sendungen führen. Dies widerspricht den Qualitätsanforderungen der Partner und ist zu vermeiden. Bei der Beladung der Züge im Abfahrtsterminal ist eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten, die zeitkritischen Wechselbrücken priorisiert. Bei einer verspäteten Anlieferung muss diese eventuell abgeändert werden und die Änderungen an das Empfangsterminal weitergegeben werden. Um hier Abstimmungsfehler zu vermeiden, braucht es an dieser Stelle einen erhöhten Koordinationsaufwand.

### 1.7.3 Entwicklung von Szenarien

Im Rahmen der Arbeiten von ecoModal B wurden drei repräsentative Szenarien entwickelt. Ziel der Betrachtung ist die Bündelung der Verkehrsströme aus und in das Ruhrgebiet. Charakterisiert werden die Szenarien durch die Rahmenbedingungen Quelle, Ziel, Transportmengen sowie Zeitfenster.

#### Szenario 1: Ruhrgebiet – München

In diesem Szenario wird die Relation Ruhrgebiet – München als Greenfield-Planung betrachtet. Hier gibt es derzeit keine passenden bestehenden Güterzugverkehre, die E+1 ermöglichen. Die Möglichkeiten zum Aufbau einer Schienenverbindung soll geprüft werden. Gege-

ben sind die Abruf- und Anlieferzeitpunkte der Paket- und Stückgutdepots sowie die Transportmengen. Die Auswertung der Szenarien findet auf strategischer Ebene statt, eine operative Umsetzbarkeit, z. B. Machbarkeitsprüfung der Trasse, ist nicht Teil der Betrachtung.

#### Szenario 2: Ruhrgebiet – Berlin

Szenario 2 untersucht die Nutzung einer bestehenden Relation, dem sogenannten Ost-West-PIC von Unna/Bönen nach Berlin – Wustermark bzw. Berlin – Westhafen. Geprüft werden die Verlagerungsmöglichkeiten der Transportmengen und Berücksichtigung existierender Ablaufpläne der Terminals und des Zuges. Ebenfalls sollen die Anpassungen beschrieben und bewertet werden, die bei einer Realisierung notwendig sind.

Analysiert werden neben den Abruf- und Anlieferzeitfenster der Depots die Abfahrtszeit, freie Kapazitäten und die Auslastung der Umschlagsterminals. Außerdem muss eine Kompatibilität der zu verladenden Wechselbehälter mit dem vorgegebenen Ablaufplan dieses Zuges überprüft werden.

Der Ost-West-PIC fährt aktuell montags bis donnerstags. Ladeschluss in Bönen ist um 19:30 Uhr und Abfahrt ist um 19:58 Uhr. Der Zug kommt um 03:00 Uhr in Berlin – Wustermark und um 05:30 Uhr in Berlin – Westhafen an.

#### Szenario 3: Nutzung des Kombinierten Verkehrs

In Szenario 3 wird eine Entschleunigung der Paket- und Stückguttransporte untersucht. Unter der Annahme, dass Paket- und Stückgutsendungen in Zukunft nicht mehr zeitkritisch geliefert werden müssen, sollen diese in das bestehende System des Kombinierten Verkehrs eingespeist werden, um Synergieeffekte mit anderen Transportströmen zu nutzen und Transportmengen zu konsolidieren. Ziel des Szenarios ist die Darstellung der wirtschaftlichen und ökologische Vorteile des sogenannten E+2 gegenüber E+1 oder E+0.

Voraussetzung der späteren Umsetzung eines solchen Konzepts ist ein Umdenken von Versendern. Diese verlangen wie oben beschrieben eher nach einem schnellen Service (24-Stunden-Zustellung, Expressdienste etc.). Eine Voraussetzung für eine spätere Umsetzung ist ein verändertes Kundenverhalten.

Problematisch wird die Umsetzung eines solchen Systems durch die Logistikdienstleister gesehen, da ein Mischbetrieb von E+1 und E+2 nur unter hohen zusätzlichen Investitionskosten in die Infrastruktur (Depots und Werksgelände) möglich ist. Zusätzlich müssen Abstellflächen sowie LKW-Tore geschaffen werden. Die beschriebenen Anforderungen an das Konzept verdeutlichen, dass die kurzfristige Umsetzung des Konzepts unrealistisch ist, aber eine Richtung für ökologische Transportkonzepte in der Zukunft aufzeigt.

Im Folgenden werden die drei Szenarien hinsichtlich der Kennzahlen ‚Kosten‘, ‚Transportdauer‘, ‚Treibhausgasemissionen‘ und ‚Auslastung‘. Innerhalb der Fallstudie wurden die für die Szenarien relevanten Verkehre ermittelt und analysiert. Zur Ermittlung von Laufzeiten sowie Berechnung der Kennzahlen wurden die Entfernungen zwischen den Depots bzw. des Vor- und Nachlaufs ermittelt.

### 1.7.4 Ökologische Bewertung der Transportalternativen

In diesem Kapitel werden die möglichen Relationen basierend auf ihre Umweltfreundlichkeit untersucht. Die Auswertung erfolgt mit dem Tool EcoTransIT World<sup>81</sup>. Als Annahmen für die Berechnung wurden durchschnittliche Gewichte der Wechselbrücken angenommen. Versand- und Empfangsort verfügen über keinen Gleisanschluss. Für die LKW-Fahrten wurden Fahrzeuge mit 24-40 t sowie einer EURO-V-Abgasnorm betrachtet. Der Beladungsgrad be-

---

<sup>81</sup> <http://www.ecotransit.org/index.de.html>, zuletzt besucht am 03.04.2014

trägt 50 % und der Leerfahrtanteil beträgt 0 Prozent. Für Zugfahrten wurde ein Zuggewicht von 1.000 t mit E-Traktion angenommen. Der Beladungsgrad beträgt 60 % und der Leerfahrtanteil 0 %. Ausgewertet werden die Umweltbelastungen mittels der Menge an Treibhausgasemissionen, ausgedrückt in Kilogramm nach dem CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen [kg CO<sub>2</sub>e].

Die nachfolgende Tabelle 36 gibt die Ergebnisse für die Relation Ruhrgebiet – München für den Direktverkehr und den Kombinierten Verkehr wieder.

Tabelle 36: Übersicht CO<sub>2</sub>e- und CO<sub>2</sub>-Vergleich Direktverkehr und KV Relation Ruhrgebiet – München

Quelle	Senke	CO <sub>2</sub> [Tonnen]		CO <sub>2</sub> e [Tonnen]	
		Direktverkehr	KV	Direktverkehr	KV
Aschheim	Dorsten	0,27433	0,10489	0,2895	0,11241
Aschheim	Greven	0,286	0,13731	0,30122	0,14654
Aschheim	Hagen	0,24935	0,09745	0,26262	0,10457
Aschheim	Köln	0,2485	0,06603	0,26174	0,07148
Aschheim	Krefeld	0,27167	0,08817	0,28614	0,09479
Augsburg	Dorsten	0,24609	0,1381	0,2592	0,14738
Augsburg	Greven	0,25877	0,17067	0,27256	0,18168
Augsburg	Hagen	0,22122	0,13078	0,233	0,13967
Augsburg	Köln	0,22035	0,09933	0,23209	0,10655
Augsburg	Krefeld	0,24352	0,12147	0,25648	0,12986
Augsburg	Krefeld	0,24352	0,12147	0,25648	0,12986
Wolfratshausen (WLFDE)	Herne (Herde)	0,27715	0,11993	0,2919	0,12825
Wolfratshausen (WLFDE)	Herne (Herde)	0,27715	0,11993	0,2919	0,12825
Dorsten	Aschheim	0,27423	0,11556	0,28884	0,12402
Greven	Aschheim	0,28595	0,14803	0,30116	0,15821
Hagen	Aschheim	0,24936	0,10824	0,26264	0,11631
Köln	Aschheim	0,24823	0,07653	0,26145	0,08292
Krefeld	Aschheim	0,27104	0,09832	0,28548	0,10585
Dorsten	Augsburg	0,24607	0,14886	0,25918	0,15909
Hagen	Augsburg	0,22121	0,14155	0,23299	0,15139
Köln	Augsburg	0,22031	0,11007	0,23205	0,11824
Krefeld	Augsburg	0,24349	0,13222	0,25645	0,14156
Dortmund (IKEA)	Taufkirchen	0,26792	0,12436	0,2822	0,13328
Herne (Herde)	München (Moede)	0,26617	0,10401	0,28034	0,11147
Herne (Herde)	München (Muede)	0,25962	0,10842	0,27344	0,11612
Herne (Herde)	München (Muede)	0,25962	0,10842	0,27344	0,11612
Schwelm	Neufahrn	0,5072	0,2011	0,5342	0,2158
Mönchengladbach	Neufahrn	0,5446	0,1935	0,5736	0,2078

Durchschnittlich wird eine Einsparung von 55,3 Prozent durch die Nutzung des Kombinierten Verkehrs erreicht. Die Ergebnisse variieren je nach Entfernung des Vor- und Nachlaufs im Kombinierten Verkehr bzw. der Distanz des Direktverkehrs. Die geringste Einsparung der untersuchten Strecken wird bei der Strecke von Hagen nach Augsburg mit eingesparten CO<sub>2</sub>e-Emissionen von 0,0816 t erreicht. Die maximale Einsparung der untersuchten Strecken wird bei der Strecke Mönchengladbach nach Neufahrn mit einem eingesparten CO<sub>2</sub>e-Ausstoß von 0,3658 t erreicht.

Durch die Realisierung einer Verkehrsverlagerung können insgesamt 4,4128 t eingespart werden. Bei einer Betrachtung pro Jahr mit 250 Arbeitstagen können 1.103 t CO<sub>2</sub>e-Emissionen eingespart werden. Die nachfolgenden Tabelle 37 gibt die Ergebnisse für die Relation Ruhrgebiet – Berlin für den Direktverkehr und den Kombinierten Verkehr wieder.

Tabelle 97: Übersicht CO<sub>2</sub>e- und CO<sub>2</sub>-Vergleich Direktverkehr und KV Relation Ruhrgebiet – Berlin

Quelle	Senke	CO <sub>2</sub> [Tonnen]		CO <sub>2</sub> e [Tonnen]	
		Direktverkehr	KV	Direktverkehr	KV
Dorsten	Börnische	0,225	0,077	0,237	0,083
Dorsten	Rüdersdorf	0,243	0,096	0,255	0,102
Greven	Börnische	0,200	0,083	0,210	0,089
Greven	Rüdersdorf	0,217	0,102	0,228	0,109
Hagen	Börnische	0,215	0,067	0,227	0,072
Hagen	Rüdersdorf	0,233	0,086	0,245	0,092
Köln	Börnische	0,245	0,096	0,258	0,103
Köln	Rüdersdorf	0,262	0,115	0,276	0,123
Krefeld	Rüdersdorf	0,261	0,114	0,275	0,122
Herde	Berlin Nord (BERDE)	0,223	0,076	0,235	0,082
Herde	Berlin Nord (BERDE)	0,223	0,076	0,235	0,082
Düsseldorf (DUSDE)	Berlin Nord (BERDE)	0,246	0,099	0,259	0,105
Köln Airport (KLNAP)	Berlin Nord (BERDE)	0,258	0,111	0,272	0,118
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	0,229	0,082	0,241	0,088
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	0,229	0,082	0,241	0,088
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	0,229	0,082	0,241	0,088
Düsseldorf (DUSDE)	Berlin Ost (BEEDE)	0,251	0,105	0,265	0,112
Köln Airport (KLNAP)	Berlin Ost (BEEDE)	0,262	0,116	0,276	0,124
Herde	Berlin Süd (BLSDE)	0,220	0,076	0,232	0,081
Schwelm	Großbeeren	0,461	0,184	0,486	0,197
Mönchengladbach	Großbeeren	0,522	0,245	0,550	0,260
Börnische	Dorsten	0,225	0,077	0,237	0,083
Börnische	Greven	0,200	0,083	0,210	0,089
Börnische	Hagen	0,215	0,067	0,227	0,072
Börnische	Köln	0,245	0,096	0,258	0,103
Börnische	Krefeld	0,244	0,095	0,257	0,102
Neustrelitz	Hagen	0,236	0,109	0,248	0,117
Neustrelitz	Köln	0,265	0,139	0,279	0,148
Neustrelitz	Krefeld	0,264	0,138	0,278	0,147
Rüdersdorf	Dorsten	0,243	0,096	0,255	0,102
Rüdersdorf	Greven	0,217	0,102	0,228	0,109
Rüdersdorf	Hagen	0,233	0,086	0,245	0,092
Rüdersdorf	Köln	0,262	0,115	0,276	0,123
Rüdersdorf	Krefeld	0,261	0,114	0,275	0,122
Berlin Ost (BEEDE)	Herde	0,229	0,082	0,241	0,088
Berlin Nord (BERDE)	Herde	0,223	0,076	0,235	0,082
Berlin Süd (BLSDE)	Herde	0,220	0,076	0,232	0,081

Bei der Relation Berlin – Ruhrgebiet kann eine durchschnittliche Einsparung von 59,1 Prozent bei dem CO<sub>2</sub>e-Ausstoß realisiert werden. Die minimale Einsparung der untersuchten Strecken wird in beiden Richtungen der Strecke Rüdersdorf nach Greven mit einem eingesparten CO<sub>2</sub>e-Ausstoß von 0,119 t erreicht. Die maximale Einsparung der untersuchten Strecken wird bei der Strecke Mönchengladbach nach Großbeeren mit einem eingesparten CO<sub>2</sub>e -Ausstoß von 0,29 t erreicht.

Durch die Auswertung der verschiedenen Verkehrsströme mit dem Tool EcoTransIT World wird aufgezeigt, dass der Transport der Wechselbehälter im Kombinierten Verkehr ökologisch betrachtet sinnvoller ist. Dies ist mit der Bündelung der Transportmengen und dem dadurch resultierenden besseren Einsatz der Fahrzeuge begründet. Außerdem wird für den Hauptlauf der Verkehrsträger Schiene gewählt, der bei der angegebenen Auslastung ökologisch besser aufgestellt ist, als der Transport per LKW. Durch die Realisierung einer Verkehrsverlagerung können insgesamt 5,743 t CO<sub>2</sub>e eingespart werden. Bei einer Betrachtung pro Jahr mit 250 Arbeitstagen können 1.436 t CO<sub>2</sub>e eingespart werden.

### 1.7.5 Transportkosten

Die Transportkosten sind ein wichtiger Aspekt zur Auswahl einer Transportmöglichkeit. Für den Direktverkehr werden die Kosten des direkten Straßenverkehrs von Quelle zur Senke ohne weiteren Umschlag betrachtet. Die Kosten für den Kombinierten Verkehr setzen sich aus den unterschiedlichen Posten für Vorlauf, Hauptlauf, Nachlauf und dem Umschlag im KV-Terminal zusammen.

Bei der Kostenermittlung für den Straßentransport im Direktverkehr wird ein Tagessatz von 450 €, bei einer Arbeitszeit von acht Stunden pro Tag und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 65 km/h angenommen. Der Vor- und Nachlauf im Kombinierten Verkehr wird auf Basis des Tagessatzes von 450 € und der Annahme von 6-8 Stopps je Tag berechnet.<sup>82</sup> Diese Annahme muss im Einzelfall auf ihre Realisierbarkeit überprüft werden. Darüber hinaus wird für jeden Vor- und Nachlauf mit dem Lkw eine Leerfahrt für den Rücktransport zum bzw. vom Containerterminal angenommen.

Für den Hauptlauf auf der Schiene werden die Zugkosten auf der gefahrenen Strecke ermittelt. Diese setzen sich aus verschiedenen Posten zusammen. Hierzu gehören die Fixkosten der elektrischen Lokomotive, die aus der kalkulatorischen Abschreibung, der Versicherung und den kalkulatorischen Zinsen berechnet wird. Außerdem werden Kosten für die wagentechnische Untersuchung und Rangierfahrten berücksichtigt. Die Wagenkosten setzen sich aus dem eingesetzten Wagenmix und den jeweiligen Mietkosten der Tragwagen zusammen. Die Trassenkosten und die Entfernungen der jeweiligen Relationen wurden mit der Software TPS der Deutschen Bahn ermittelt. Der Energieverbrauch und die daraus ergebenden Energiekosten beruhen auf der Distanz auf der Schiene, dem Verbrauch je km und dem durchschnittlichen Bahnstrompreis.

Die Umschlagskosten ergeben sich aus der Anzahl der Hübe je Terminal, bei zwei Hüben je Terminal ergeben sich insgesamt 4 Hübe je Relation.

Die Anzahl der Stellplätze je Zug ergibt sich aus dem Wagenmix. Wichtige Kriterien zum Betrieb eines Zuges sind für die Eisenbahnverkehrsunternehmen die Grundlast der Relation sowie die Auslastung des Zuges. Im Rahmen des Projektes Multimodal Promotion aus dem Effizienzcluster wurden mehrere Fachgespräche mit Logistikdienstleistern geführt. Als notwendige Grundlast bzw. als notwendige Auslastung, um eine Relation wirtschaftlich fahren zu können, wurde als Kennzahl eine 80 % Auslastung angenommen. Zusätzlich werden Gewinn und Risiko sowie Overhead mit berücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle 38 zeigt den Kostenvergleich je Relation für den Direktverkehr und die Nutzung des Kombinierten Verkehrs für die Relation München – Ruhrgebiet auf.

---

<sup>82</sup> Angaben von Speditionen

Tabelle 38: Übersicht Transportkostenvergleich KV und Direktverkehr Relation München – Ruhrgebiet

Quelle	Senke	Vorlauf		Umschlag	Bahntransport	Umschlag	Nachlauf		Summe	Direktverkehr	Differenz
		Entfernung	Kosten				Entfernung	Kosten			
Aschheim	Dorsten	4	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	100	112,50 €	452,12 €	568,56 €	-116,43 €
Aschheim	Greven	4	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	166	112,50 €	452,12 €	582,40 €	-130,28 €
Aschheim	Hagen	4	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	77	112,50 €	452,12 €	507,12 €	-54,99 €
Aschheim	Köln	4	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	5	112,50 €	452,12 €	494,13 €	-42,01 €
Aschheim	Krefeld	4	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	60	112,50 €	452,12 €	546,06 €	-93,93 €
Augsburg	Dorsten	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	100	112,50 €	452,12 €	522,69 €	-70,57 €
Augsburg	Greven	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	166	112,50 €	452,12 €	554,71 €	-102,59 €
Augsburg	Hagen	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	77	112,50 €	452,12 €	479,42 €	-27,30 €
Augsburg	Köln	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	5	112,50 €	452,12 €	448,27 €	3,85 €
Augsburg	Krefeld	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	60	112,50 €	452,12 €	501,06 €	-48,93 €
Augsburg	Krefeld	82	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	60	112,50 €	452,12 €	501,06 €	-48,93 €
Wolfratshausen (WLFDE)	Herne (Herde)	46	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	105	112,50 €	452,12 €	571,15 €	-119,03 €
Wolfratshausen (WLFDE)	Herne (Herde)	46	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	105	112,50 €	452,12 €	571,15 €	-119,03 €
Dorsten	Aschheim	100	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	4	112,50 €	452,12 €	568,56 €	-116,43 €
Greven	Aschheim	166	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	4	112,50 €	452,12 €	582,40 €	-130,28 €
Hagen	Aschheim	77	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	4	112,50 €	452,12 €	507,12 €	-54,99 €
Köln	Aschheim	5	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	4	112,50 €	452,12 €	494,13 €	-42,01 €
Krefeld	Aschheim	60	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	4	112,50 €	452,12 €	546,06 €	-93,93 €
Dorsten	Augsburg	100	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	82	112,50 €	452,12 €	522,69 €	-70,57 €
Hagen	Augsburg	77	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	82	112,50 €	452,12 €	479,42 €	-27,30 €
Köln	Augsburg	5	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	82	112,50 €	452,12 €	448,27 €	3,85 €
Krefeld	Augsburg	60	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	82	112,50 €	452,12 €	501,06 €	-48,93 €
Dortmund (IKEA)	Taufkirchen	95	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	16	112,50 €	452,12 €	544,33 €	-92,20 €
Herne (Herde)	München (Moede)	105	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	6	112,50 €	452,12 €	540,87 €	-88,74 €
Herne (Herde)	München (Muede)	105	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	20	112,50 €	452,12 €	540,87 €	-88,74 €
Herne (Herde)	München (Muede)	105	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	20	112,50 €	452,12 €	540,87 €	-88,74 €
Schwelm	Neufahrn	60	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	28	112,50 €	452,12 €	496,73 €	-44,61 €
Möchengladbach	Neufahrn	60	112,50 €	50,00 €	127,12 €	50,00 €	28	112,50 €	452,12 €	538,27 €	-86,15 €

Die nachfolgende Tabelle 39 zeigt den Kostenvergleich je Relation für den Direktverkehr und die Nutzung des Kombinierten Verkehrs für die Relation Berlin – Ruhrgebiet auf.

Tabelle 39: Übersicht Transportkostenvergleich KV und Direktverkehr Relation Berlin – Ruhrgebiet

Quelle	Senke	Vorlauf		Umschlag	Bahntransport	Umschlag	Nachlauf		Summe	Direktverkehr	Differenz
		Entfernung	Kosten				Entfernung	Kosten			
Dorsten	Börnicke	75	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	46	112,50 €	439,75 €	461,25 €	-21,50 €
Dorsten	Rüdersdorf	75	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	78	112,50 €	439,75 €	490,67 €	-50,93 €
Greven	Börnicke	68	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	46	112,50 €	439,75 €	392,02 €	47,73 €
Greven	Rüdersdorf	68	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	78	112,50 €	439,75 €	420,58 €	19,17 €
Hagen	Börnicke	43	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	46	112,50 €	439,75 €	426,63 €	13,11 €
Hagen	Rüdersdorf	43	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	78	112,50 €	439,75 €	462,12 €	-22,37 €
Köln	Börnicke	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	46	112,50 €	439,75 €	483,75 €	-44,00 €
Köln	Rüdersdorf	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	78	112,50 €	439,75 €	520,10 €	-80,35 €
Krefeld	Rüdersdorf	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	78	112,50 €	439,75 €	520,10 €	-80,35 €
Herde	Berlin Nord (BERDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	7	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Herde	Berlin Nord (BERDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	7	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Düsseldorf (DUSDE)	Berlin Nord (BERDE)	98	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	7	112,50 €	439,75 €	488,08 €	-48,33 €
Köln Airport (KLNAP)	Berlin Nord (BERDE)	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	7	112,50 €	439,75 €	498,46 €	-58,72 €
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	24	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	24	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Herde	Berlin Ost (BEEDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	24	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Düsseldorf (DUSDE)	Berlin Ost (BEEDE)	98	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	24	112,50 €	439,75 €	498,46 €	-58,72 €
Köln Airport (KLNAP)	Berlin Ost (BEEDE)	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	24	112,50 €	439,75 €	498,46 €	-58,72 €
Herde	Berlin Süd (BLSDE)	20	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	14	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Schwelm	Großbeeren	63	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	20	112,50 €	439,75 €	437,02 €	2,73 €
Möchengladbach	Großbeeren	127	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	20	112,50 €	439,75 €	495,00 €	-55,25 €
Börnicke	Dorsten	46	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	75	112,50 €	439,75 €	458,65 €	-18,91 €
Börnicke	Greven	46	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	68	112,50 €	439,75 €	391,15 €	48,59 €
Börnicke	Hagen	46	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	43	112,50 €	439,75 €	433,56 €	6,19 €
Börnicke	Köln	46	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	492,40 €	-52,66 €
Börnicke	Krefeld	46	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	507,12 €	-67,37 €
Neustrelitz	Hagen	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	43	112,50 €	439,75 €	508,85 €	-69,10 €
Neustrelitz	Köln	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	566,83 €	-127,08 €
Neustrelitz	Krefeld	110	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	566,83 €	-127,08 €
Rüdersdorf	Dorsten	78	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	75	112,50 €	439,75 €	488,94 €	-49,20 €
Rüdersdorf	Greven	78	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	68	112,50 €	439,75 €	420,58 €	19,17 €
Rüdersdorf	Hagen	78	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	43	112,50 €	439,75 €	462,98 €	-23,24 €
Rüdersdorf	Köln	78	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	521,83 €	-82,08 €
Rüdersdorf	Krefeld	78	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	110	112,50 €	439,75 €	520,96 €	-81,22 €
Berlin Ost (BEEDE)	Herde	24	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	20	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Berlin Nord (BERDE)	Herde	7	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	20	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €
Berlin Süd (BLSDE)	Herde	14	112,50 €	50,00 €	114,75 €	50,00 €	20	112,50 €	439,75 €	447,40 €	-7,66 €

Ersichtlich wird, dass die Nutzung des Kombinierten Verkehrs im Großteil der Fälle günstiger ist als der Direktverkehr. Dies resultiert aus der Bündelung der Transportmengen.

### 1.7.6 Transportdauer- und Aufkommensanalyse

Innerhalb der Transportnetzwerke sind für die jeweiligen Depots je Destination der früheste Abrufzeitpunkt sowie der späteste Anlieferzeitpunkt. Der sich hieraus ergebene Zeitrahmen gibt die maximale Transportzeit im Hauptlauf wieder. Der früheste Abrufzeitpunkt vom Startdepot ist vorgegeben durch verschiedene Faktoren. Die Abläufe und Kapazitätsrestriktionen im Depot, Länge des Hauptlaufs und die Vorgaben der Kunden der Logistikdienstleister, wie z. B. Amazon, fließen in die Planung mit ein. Die Verlager bevorzugen einen möglichst späten Abrufzeitpunkt, um Kunden eine möglichst späte Bestellung mit einer zeitnahen Belieferung zu ermöglichen. Der späteste Anlieferzeitpunkt am Zieldepot wird durch die Abläufe und Prozesse im Depot sowie durch die Länge des Hauptlaufs beeinflusst. Jede Verspätung des Transports könnte zu erheblichen Schwierigkeiten in den darauf folgenden Transportketten führen und zugesagte Lieferzeitpunkte könnten nicht eingehalten werden.

Für die jeweiligen Abfahrtsorte haben die Partner die Abfahrtszeiten und Entfernungen in km angegeben. Hieraus konnte die Ankunftszeit der LKW im Abfahrtsterminal berechnet werden. Für die Senken wurde dies im umgekehrten Sinn betrachtet. Hier wurde die spätest mögliche Anlieferung an den Senken und die Entfernung zum Zielterminal genutzt, um die früheste Bereitstellung am Zielterminal zu berechnen. Aus dem spätest bereitgestellten Wechselbehälter am Startterminal und der Anforderung für die früheste Bereitstellung am Zielterminal ergibt sich die maximale Transportdauer für diese Relation. Diese Betrachtung

wurde für jede Relation in beiden Richtungen durchgeführt. Es ist zu beachten, dass es sich hier um eine rein theoretische Betrachtung handelt. Änderungen im Ablauf durch Verspätungen oder geänderte Geschwindigkeiten bei der Anlieferung der Wechselbehälter können das Modell beeinflussen.

Aus Kapitel 1.7.3 geht hervor, dass ein Zug im Kombinierten Verkehr eine Kapazität von rund 64 TEU mit einem Durchschnittsgewicht von rund 9,3 t besitzt. Um die Relation wirtschaftlich betreiben zu können, ist eine Auslastung von 80 %, also von rund 51 TEU, notwendig.

### Szenario 1: Ruhrgebiet – München

Durch die Angaben der Transportmengen und Zeitparameter der Projektpartner ergeben sich für das erste Szenario zwei Laufzeitanalysen. *Abbildung 55* zeigt die Laufzeitanalysen für die Relation München-Ruhrgebiet, *Abbildung 25* für die Relation Ruhrgebiet-München.



Abbildung 55: Laufzeitanalyse nach Zeitrestriktionen der Partner; Relation München – Ruhrgebiet

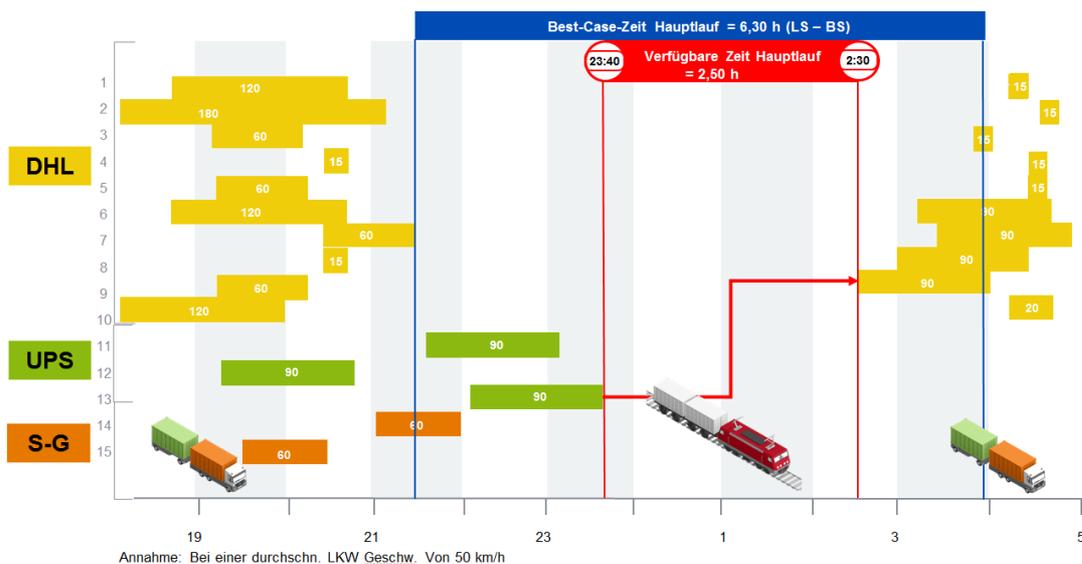


Abbildung 26: Laufzeitanalyse nach Zeitrestriktionen der Partner; Relation Ruhrgebiet – München

Das Gesamtaufkommen für alle Projektpartner auf dieser Relation liegt bei 30 WB (München – Ruhrgebiet) bzw. 27 WB (Ruhrgebiet – München). Die Untersuchung hat ergeben, dass eine Best-Case-Hauptlaufzeit von 6,30 h erreicht werden kann. Innerhalb dieses Zeitfensters ohne Betrachtung des frühesten Abholzeitpunkts und spätesten Anlieferzeitpunkts liegt die Transportdauer von 15 bzw. 19 WB innerhalb dieser Restriktion. Werden die standortspezifischen Restriktionen mit berücksichtigt, liegen 8 WB bzw. 13 WB innerhalb der möglichen Laufzeit. Ein Zug wäre somit zu 12,5 % bzw. 20 % ausgelastet.

### Szenario 2: Ruhrgebiet – Berlin

Für das zweite Szenario mit der Relation Ruhrgebiet – Berlin ergeben sich zwei Laufzeitanalysen (siehe Abbildung 27 und 28).

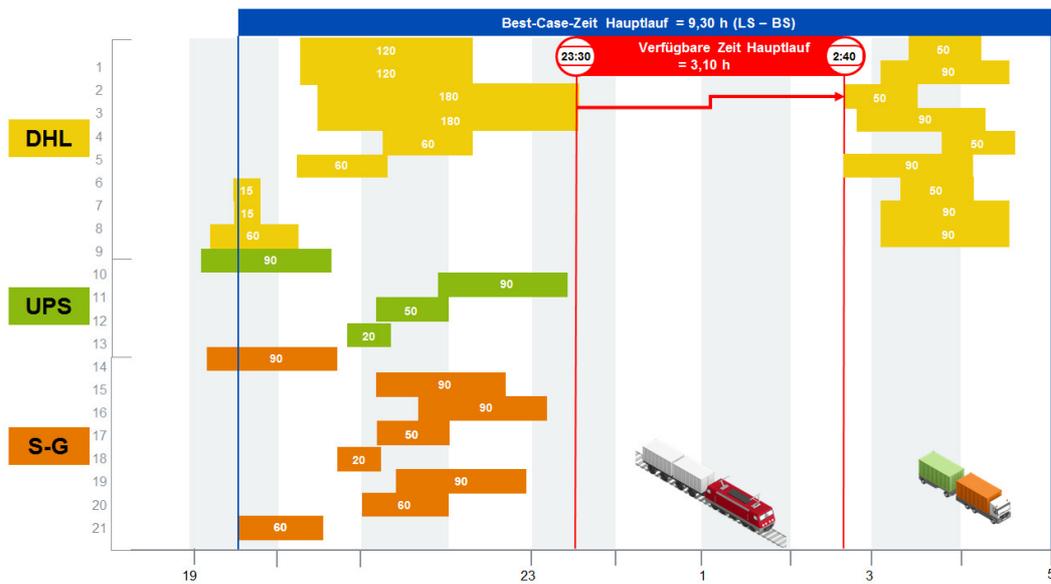


Abbildung 27: Laufzeitanalyse nach Zeitrestriktionen der Partner; Relation Ruhrgebiet – Berlin

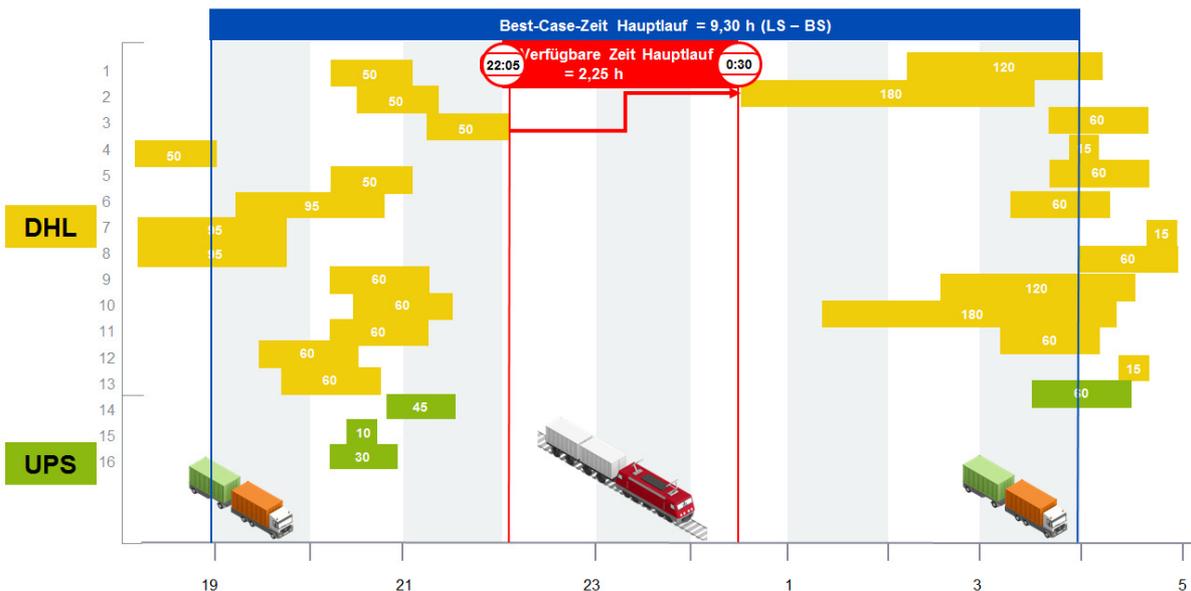


Abbildung 28: Laufzeitanalyse nach Zeitrestriktionen der Partner; Relation Berlin – Ruhrgebiet

Das Gesamtaufkommen auf dieser Relation beträgt 36 WB (Ruhrgebiet – Berlin) bzw. 30 WB (Berlin – Ruhrgebiet). Der kürzest mögliche Hauptlauf beträgt auf der Schiene 9,30 h in beiden Richtungen, hierdurch sind nur jeweils drei WB für den Bahntransport unter Betrachtung der Laufzeit geeignet. Daraus erschließt sich, dass ein Zug auf dieser Relation nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Wenn alle Transporte berücksichtigt werden, bleibt eine verfügbare Zeit für den Hauptlauf von 3,1 h bzw. 2,25 h. Diese ist nicht ausreichend, um einen gebündelten Transport per Schiene durchführen zu können. Des Weiteren ist bei diesem Transport insbesondere zu berücksichtigen, dass die Verkehre an den bestehenden Zug von Bönen nach Berlin-Wustermark angepasst werden sollten. Dieser hat in Bönen einen Ladeschluss um 19:30 Uhr. Berücksichtigt man die Vorlaufzeiten vom Depot bis zum KV-Terminal, erfüllt keine der Wechselbrücken die Anforderungen.

Die Analysen zeigen auf, dass für die Szenarien 1 und 2 die Zeitfenster für den Hauptlauf in den meisten Fällen nicht geeignet sind und somit die maximale Transportdauer überschritten wird.

### **1.7.7 Fazit**

Aus Untersuchungen wurden die Hemmnisse für die Nutzung des Kombinierten Verkehrs deutlich: Aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht ist eine Verlagerung sinnvoll. Allerdings ist aus Sicht der Logistikdienstleister die Transportdauer begründet durch die Anforderungen der Versender ein Ausschlusskriterium. Die Untersuchungen ergaben, dass die geforderte Transportdauer nicht eingehalten werden kann. Hinzu kommt, dass das notwendige Transportvolumen nicht ausreicht, um einen Zug auszulasten und wirtschaftlich zu betreiben. Eine Erhöhung des Volumens kann eventuell durch die Einbeziehung von Teil- oder Komplettladungstransporten in die Verlagerungsszenarien erreicht werden. Für eine dauerhafte Auslastung des Zuges müsste deren Aufkommen jedoch regelmäßig und planbar sein. Unter der Annahme der Realisierung der Entschleunigung von Stückgut- und Pakettransport kann der Kombinierte Verkehr wieder ein Thema für diese Branchen werden. Aktuell ist durch die Anforderung an die Auslastung sowie die Transportdauer eine Verlagerung nicht realisierbar.

## **1.8 Ergebnisintegration Green Logistics**

Ziel dieses Arbeitspaketes 7.7 ist die in den parallelen Arbeitspaketen erarbeiteten und dokumentierten Ergebnisse systematisch in Form eines morphologischen Kastens der Grünen Logistik zusammenzuführen, um so, basierend auf einer konkreten logistischen Aufgabenstellung, alternative Gestaltungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Der Nutzer dieses morphologischen Kastens soll auf einfache Art und Weise einen Überblick über die vorhandenen ökoefizienten Gestaltungsmöglichkeiten erlangen.

Ebenfalls soll nach Möglichkeit auch die Umsetzung der Maßnahmen und Konzepte einer grünen Logistik unterstützt werden. Daher sollten entsprechende Handlungsleitfäden und standardisierte ökoefiziente Prozesse für immer wiederkehrende logistische Problemstellungen entwickelt sowie Best Practices identifiziert werden. Hierbei ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, ob die entsprechenden Ansätze für kmU und Großunternehmen gleichermaßen geeignet sind oder ob hier Unterscheidungen und Klassifizierungen vorgenommen werden müssen.

Ferner war es ebenfalls das Ziel dieses Arbeitspaketes, Standardwerte für die Referenzobjekte des ökologischen Bewertungsbaukastens aus den zuvor durchgeführten Untersuchungen abzuleiten. Der Nutzen dieser Standardwerte ist, auch komplexe logistische Systeme in einer Grobanalyse (mittels Default-Werte in den Bibliotheken) einfach und schnell bewertbar zu machen. Hierzu sei an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kapitel 1.2.3 verwiesen.

Tabelle 40: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 7.7

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematisierung der erarbeiteten Ergebnisse</li> <li>• Wissenschaftliche Begleitung</li> <li>• Ableitung von Default-Werten für ökologischen Bewertungsbaukasten</li> </ul>
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, TÜV Rheinland, UPS, Vanderlande Industries, Wuppertal Institut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung der Informationen</li> <li>• Unterstützung bei obigen Aufgaben</li> </ul>

DB Schenker hat im Rahmen von Workshops und Verbundtreffen am Morphologischen Kasten der grünen Logistik mitgearbeitet und dabei grüne Stellhebel für Logistikdienstleistung identifiziert. Hierbei konnte DB Schenker auch auf ein bereits bestehendes Systemmodell ‚Umwelt- und Ressourcenschutz bei DB Schenker‘ in Kooperation mit der TU Berlin zurückgreifen. An der Bereitstellung der Informationen waren auch Experten aus dem Umweltbereich der Deutschen Bahn beteiligt.

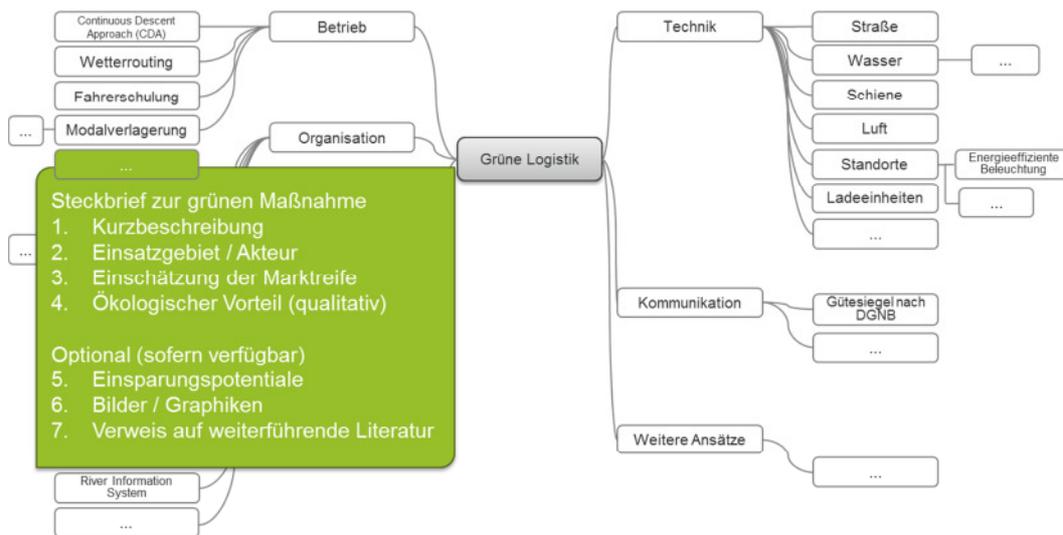


Abbildung 29: Prinzip-Skizze des morphologischen Kastens der grünen Logistik inkl. Steckbrief (Quelle: Green-Logistics)

## 1.9 Anforderungen und Validierung

Das Arbeitspaket 6 „Anforderungen und Validierung“ hat zum Ziel, dass sowohl externe Expertise über die Stakeholdergroup Eingang in die Untersuchungen des Verbundvorhabens findet als auch eigene Ergebnisse durch die Berater geprüft und validiert werden.

Auf diese Weise sollte ermöglicht werden, dass bereits während der Laufzeit des Projektes ein Austausch mit den relevanten Branchen erfolgt und idealerweise Ergebnisse über das Projektkonsortium hinaus umgesetzt werden.

Tabelle 41: Arbeitsteilung im Arbeitspaket 6

Beteiligte Projektpartner	Arbeitsteilung im Konsortium
Wuppertal Institut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeptentwicklung Stakeholder Group und Abstimmung im Konsortium, Identifikation und Ansprache der Stakeholder</li> </ul>
Fraunhofer IML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kooperation Konzeptentwicklung, Identifikation und Ansprache der Stakeholder sowie Organisation der Treffen</li> </ul>
DB Mobility Logistics, Deutsche Post, Fiege Deutschland, Goodman/Arcadis, Lufthansa Cargo, Schmidt-Gevelsberg, TÜV Rheinland, UPS, Vanderlande Industries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion der Konzeptentwicklung im Konsortium, Beteiligung an Identifikation und Ansprache der Stakeholder sowie aktive Teilnahme an den Treffen</li> </ul>

DB Schenker hat im Rahmen von Workshops und Verbundtreffen frühzeitig im Projekt auf die Notwendigkeit hingewiesen, andere Unternehmen mit einzubinden. Bei ecoFleet war es beispielweise wichtig, die Ergebnisse mit PKW- und LKW-Herstellern zu diskutieren und bei Systemdefinition und ökologischem Bewertungsbaukasten die Position einer Reederei abzufragen. Aufgrund der bestehenden Kontakte der Schenker AG in Essen konnte zum Beispiel Hapag-Lloyd für das Verbundprojekt Green Logistics gewonnen werden.

Um im Verbundprojekt Green Logistics (z.B. Terminkoordination) arbeitsfähig zu bleiben, haben sich die Projektpartner darauf geeinigt, jährlich ein sogenanntes ‚Stakeholder-Treffen‘ zu veranstalten, um die Projektergebnisse zu präsentieren und zu diskutieren:

- Stakeholder Group Workshop 1
  - Grundlagen der ökologischen Bewertung
  - Zielsetzung und Vorgehensweise der Systemdefinition
  - Praxisbeispiel Energieeffizienz an Logistikstandorten
- Stakeholder Group Workshop 2
  - Bilanzraumeingrenzung, Berechnungsansätze, Allokation
  - Zertifizierungssystem für Logistikdienstleister
  - Internationales Umfeld
- Stakeholder Group Workshop 3
  - Allokationsansätze an Logistikstandorten und entlang der Logistikkette
  - Praxisbeispiele Allokation an Logistikstandorten
  - Zertifizierungssystem Green Logistics

DB Schenker hat in den Workshops die Moderation von Arbeitsgruppen übernommen und hier mit den unterschiedlichen Anspruchsgruppen unter anderem das Fallbeispiel ‚Distributionslogistik für nicht gekühlte Handelsprodukte‘ diskutiert (siehe Abbildung 30).

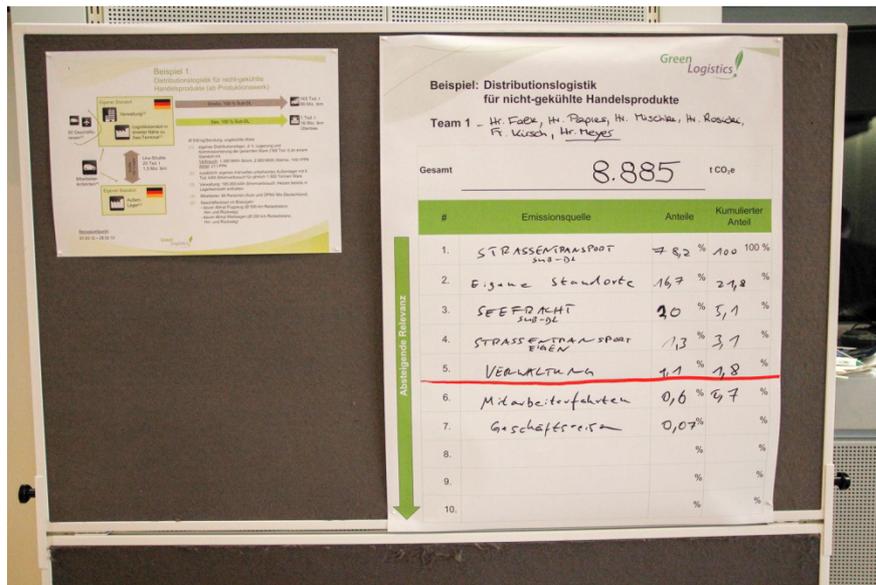


Abbildung 30: Stakeholder-Workshop 2013 (Quelle: GreenLogistics)

Hier haben die Teilnehmer sich mit der Bilanzraumeingrenzung, Berechnungsansätzen und einer sinnvollen Allokation von Emissionen (z.B. Straßentransport Sub-DL, eigener Straßen-transport, Verwaltung, Geschäftsreisen) beschäftigt.

## 2 Einordnung der Ergebnisse in das Leitthema „Umwelt im Fokus“

Für das Leitthema wurde eingangs das Ziel »Ökonomie durch Ökologie« definiert. In den Verbundprojekten sollen zum einen methodische Grundlagen, zum anderen beispielhafte Logistikfelder erforscht werden. Die zuvor dargestellten Ergebnisse unterstützen maßgeblich die definierten Innovationsziele des Leitthemas »Umwelt im Fokus«:

- Umwelt- und ressourcenschonende sowie nachhaltige Lösungen entlang der gesamten logistischen Kette von Einkauf/Beschaffung über Lagerung, Distribution bis hin zu Reverse Logistics sowie ökonomische und ökologische Konzepte und intelligenter Technologieeinsatz in der Logistik/ Intralogistik
  - Die umfassenden und dokumentierten Technologierecherchen und Ansätze für vorhandene bzw. in Entwicklung »grüne« Logistiklösungen für die Bereiche Logistikimmobilie, Intralogistik und Transport verdeutlichen aktuelle Handlungsoptionen für sowohl Logistikdienstleister als auch andere Akteure.
  - Die Erfahrungen aus den Fallstudien sowie die zusammengetragenen Best Practices bieten detaillierten Einblick in die Konzeption und Realisierungsphase neuer/bestehender Konzepte. Hemmnisse und Chancen werden gleichermaßen dargestellt.
- Stärkung des Know-hows und Zertifizierung der Unternehmenskompetenz im Bereich Nachhaltigkeit
  - Die entwickelten Leitfäden und Projektdokumentation bieten einen transparenten Einblick in Detailinformationen und ermöglichen Unternehmen sowohl einen ersten Einstieg in das Thema »Grüne Logistik« als auch weitergehende Fachexpertise für innovative Konzepte, welche bislang kaum bzw. noch nicht am Markt Anwendung finden.

- Das konzipierte Zertifizierungssystem als »Critical Review« der korrekten Anwendung der Green Logistics Methode ermöglicht Logistikdienstleistern eine neutrale Beurteilung der Methodenanwendung in ihrem Unternehmen.
- Mit der entwickelten Green Logistics Methode ist eine ganzheitliche und vergleichbare ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen möglich. Das Wissen um die ökologischen Wirkungen eigener oder anderer Logistikdienstleistungen (sofern einheitlich ermittelt) stärkt die Akteure und zeigt Handlungsoptionen für die Logistikdienstleistungen auf.

## 2.1 Erläuterungen zum zahlenmäßigen Nachweis

Für die Projektpartner sind folgende Kostenpositionen angefallen: F&E-Fremdleistungen und Personalkosten.

F&E-Fremdleistungen dienten der Integration externer Expertise. DB Schenker hat hier intensiv mit dem Bereich ‚DB Umwelt (ehemals DB Umweltzentrum)‘ zusammengearbeitet (z.B. Umweltrechner EcoTransIT).

F&E-Kosten sind nicht im geplanten Umfang angefallen, weil die erbrachten Leistungen günstiger waren als vorkalkuliert und weil einige Aufgaben durch eigenes Personal realisiert werden konnten.

Personalkosten waren etwas höher, da die tatsächlichen PK-Sätze etwas höher waren als vorkalkuliert und zusätzliche Arbeiten aus der Position der FuE-Aufträge übernommen wurden.

## 3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit zu Green Logistics wurde im Rahmen von regelmäßigen Arbeitstreffen innerhalb des Konsortiums vorgestellt und diskutiert. Dies ermöglichte einerseits eine zielgerichtete Bearbeitung der Arbeitspakete bei DB Schenker, andererseits den frühzeitigen Wissenstransfer zwischen den Arbeitspaketen der Projektpartner. Darüber hinaus wurde seit Beginn des Projektes eine kontinuierliche Dokumentation der Ergebnisse verfolgt.

Generell waren den Praxispartnern individuelle inhaltliche Schwerpunkte zugeordnet, für welche sie entsprechendes Expertenwissen sowie Informationen und Daten aus dem Unternehmensalltag und der täglichen Praxis in die Projektarbeit einbrachten. Die Abteilung Strategie Transport und Logistik von DB Schenker hat hier mit den Abteilungen DB Umwelt, dem Geschäftsfeld DB Schenker Rail sowie DB Energie hauptsächlich den Verkehrsträger Schiene, Intermodalität und Kombinierten Verkehr sowie Umweltwirkungen im Verkehr untersucht. Das Fraunhofer IML hat die Arbeiten wissenschaftlich begleitet.

Die im Rahmen des Arbeitspaketes 1 ‚Grundlagendefinition‘ erbrachten Arbeiten stellen eine maßgebliche Basis für die weiterführenden Arbeiten in den anderen Arbeitspaketen dar. Die umfassende Darstellung des zu Beginn des Projektes vorhandenen wissenschaftlichen Stands zur ökologischen Bewertung von Logistikdienstleistungen mit relevanten Standards, Normen, Initiativen, Tools, Datenbanken und Zertifizierungssystemen wurde entsprechend der jeweiligen Expertise von allen Projektpartnern erarbeitet. Als einziges Bahnunternehmen im Verbundprojekt ‚Green Logistics hat DB Schenker hier insbesondere Fachwissen zum ‚Verkehrsträger Schiene‘ eingebracht. Der eingesetzte Arbeitsaufwand in diesem Bereich wird durch die national wie international diskutierten Ergebnisse sowie deren in anderen – auch externen – Arbeiten gerechtfertigt.

Zu Beginn des Projektes gab es noch keine umfassende Methode zur ökologischen Bewertung von Logistikdienstleistungen. Green Logistics hat mit der entwickelten Berechnungsmethode ein großes Stück dazu beigetragen, dass Emissionen in der Logistik zukünftig vollständig und einheitlich erfasst und damit vergleichbar gemacht werden können. Der Aufwand seitens DB Schenker hat sich in hohem Maße gelohnt, um Erkenntnisse zum Thema Auslastung, Leerfahrtenanteil etc. zu erlangen sowie die Weiterentwicklung von EcoTransIT, dem Berechnungsmodul für den Emissionsvergleich aller Verkehrsträger weltweit, voranzutreiben.

Auch die Fallstudien wurden in regelmäßigen Arbeitstreffen innerhalb des Konsortiums diskutiert. In der Arbeitsgruppe ‚ecoTransport‘ haben die Projektpartner intensiv die von DB Schenker zu verantwortenden Fallstudien ‚ecoModal A‘ und ‚ecoModal B‘ sowie ecoNet, ecoBox, ecoFleet und ecoPlan besprochen. DB Schenker hat die Konzepte für ressourceneffiziente Logistikdienstleistungen mit den Projektpartnern in der Praxis erfolgreich getestet.

In zahlreichen Diskussionsrunden während der Entwicklung des geplanten Zertifizierungssystems hat DB Schenker frühzeitig auf einen erheblichen Prüf- und Bilanzierungsaufwand für die Zertifizierung hingewiesen, da keine differenzierte, produktspezifische Prüfung einer Logistikdienstleistung, sondern nur die Prüfung eines Logistikdienstleisters mit allen Beteiligungen und Tochtergesellschaften möglich war. Der hohe Aufwand hat sich gelohnt, um ein – letztlich vom gesamten Konsortium getragenen – Konzept für die Konformitätsprüfung der Green Logistics Methode zu ermöglichen.

#### 4 Nutzen des Projektes

Im Zusammenhang mit der Fallstudie ecoModal Teil A wurde ein Werkzeug entwickelt, welches für den Hauptlauf Schiene für alle Verkehre von DB Schenker Rail einen differenzierten Auslastungsgrad und Leerfahrtenanteil ausweist. Die dahinterliegende Systematik unterscheidet nach den drei Zugkategorien Ganzzug, Einzelwagen und Kombiniertes Verkehr sowie nach Gutarten auf Basis der Aggregationsebene ‚Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport (NST81)‘. Bei der NST81 handelt es sich um eine allgemeine Gutarten-Systematik der Europäischen Union.

Anstelle der bislang verwendeten drei Standard-Zugtypen (Volume, Average, Bulk) bietet das neue Werkzeug nach dem Verbundprojekt Green Logistics eine standardisierte Unterscheidung nach 243 möglichen Kombinationen aus Zugkategorie und Gutart. Die hinterlegten Parameter (Auslastungsgrad, Leerfahrtenanteil, Bruttozuggewicht) wurden hierfür aus realen Produktionsdaten von DB Schenker Rail ermittelt.

Beispiel Automobilindustrie:

DB Schenker Rail hat vor dem Verbundprojekt ‚Green Logistics‘ den Transport von Kraftfahrzeugen unter der Gutart ‚Volume‘ mit einem Auslastungsgrad von 30 Prozent, einem Leerfahrtenanteil von 20 Prozent und einem Bruttozuggewicht von 1000 Tonnen (Tabelle 42):

Tabelle 42: Auslastungsgrad, Leerfahrtenanteil und Zuggewicht nach alter Methode

OLD METHODOLOGY							
Train	Waggon properties		Freight dedicated			Gt train	
trainType	Cap.t	Empty W.	LF	ET	LF+ET	LF+Empty	
BULK	61,0	23,0	100%	80%	55,6%	1000	
AVERAGE	61,0	23,0	60%	50%	40,0%	1000	
VOLUME	61,0	23,0	30%	20%	25,0%	1000	

Mit den Arbeiten zu der Fallstudie ecoModal Teil A rechnet DB Schenker nun unter der neuen Gutart ‚Erzeugnisse der Automobilindustrie (NST121)‘ mit einem Auslastungsgrad von 82

Prozent, einem Leerfahrtenanteil von 50 Prozent und einem Bruttozuggewicht von 693 Tonnen (siehe Tabelle 43). Hierbei ist wichtig zu beachten, daß sich die Auslastung auf das Bruttozuggewicht bezieht und statt Standardwagen branchenspezifische Wagentypen berücksichtigt wurden.

Tabelle 43: Auslastungsgrad, Leerfahrtenanteil und Zuggewicht nach neuer Methode

219	112 - Haushaltsgeräte a.n.g. (Weiße Ware)	0,21	1	675	Building Materials	11,15	54	22	24,489	538,8
220	113 - Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einric	0,18	1	661	Building Materials	9,95	54	22	24,489	538,8
221	114 - Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. Ä.	0,35	1	767	Building Materials	18,65	54	22	24,489	538,8
222	115 - Elektronische Bauelemente, Ausstrahlungs- und Übert	0,41	1	812	Building Materials	22,29	54	22	24,489	538,8
223	116 - Radio- Fernsehgeräte, Geräte Bild- Tonaufnahme/wie	0,33	1	757	Building Materials	17,82	54	22	24,489	538,8
224	117 - Medizin-, Mess-, steuer- regelungstechn. Produkte, opt	0,35	1	767	Building Materials	18,64	54	22	24,489	538,8
225	118 - Sonstige Maschinen, Werkzeugmaschinen und Teile di	0,51	1	877	Building Materials	27,64	54	22	24,489	538,8
226	121 - Erzeugnisse der Automobilindustrie	0,82	0,5	693	Car	17,24	21	28	17,545	491,3
227	122 - Sonstige Fahrzeuge	0,96	0,5	726	Car	20,11	21	28	17,545	491,3
228	131 - Möbel	0,29	1	732	Building Materials	15,81	54	22	24,489	538,8
229	132 - Sonstige Erzeugnisse	0,37	1	781	Building Materials	19,79	54	22	24,489	538,8
230	141 - Hausmüll und kommunale Abfälle	0,73	1	1018	Building Materials	39,15	54	22	24,489	538,8
231	142 - Sonstige Abfälle und Sekundärrohstoffe	0,74	1	1450	Coal and Steel	47,78	65	26	29,06	755,6
232	151 - Post	0,50	0,2	1000	Container	0,00	65	21	20,868	438,2
233	152 - ...	0,20	0,2	1000	Container	0,00	65	21	20,868	438,2

Unter Berücksichtigung der Vor- und Nachläufe ist auf Grundlage des neuen Tools in Kombination mit EcoTransIT World eine genauere Umweltbilanz möglich.

Die differenzierten Werte zu Auslastungsgrad und Leerfahrtenanteil nach Zugkategorie und Gutart sollen bis Ende 2016 im Release 1.2 des Vertriebsinformationssystems ‚SPIRIT‘, Sales Planning, Information, Reporting Tool, Berücksichtigung finden, so daß mit Hilfe von ökonomischen (z.B. Deckungsbeiträge, Erlöse, Kosten, Ladeinheit etc.) und auch ökologischen Kennzahlen (z.B. CO<sub>2</sub>) ein automatisierter Vergleich zwischen Wertschöpfung und Schadschöpfung grenzüberschreitender Verkehre und somit eine übergreifende Vertriebssteuerung möglich ist. Von einem solchen Vertriebssystem profitieren die Kunden von DB Schenker, die Projektpartner, der Cluster und nicht zuletzt die Logistikbranche.

Im Rahmen einer intensiven Umweltberatung (Eco Consulting) versucht DB Schenker Rail mit dem Werkzeug aber schon jetzt, seine Kunden mit seinem Produkt ‚Eco Plus‘ (siehe Abbildung 31) von der Verlagerung auf die Schiene zu überzeugen. Unter Berücksichtigung des Aspektes, dass die Schiene ihre Systemstärken und Kostenvorteile erst bei der Verlagerung von LKW-Verkehren mit großen Distanzen nutzen kann, muss trotzdem weiter versucht werden, Teile der Transportaufkommen auf die Schiene zu verlagern. Dies würde auf Grund der ökologischen Systemvorteile zu einer überproportionalen Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führen. Jedoch wird auch dieser Markt weiterhin vom LKW aufgrund seiner Flexibilität dominiert. Die Ergebnisse geben den Kunden im nationalen und internationalen Umfeld Transparenz über die positive Umweltwirkung im kombinierten Verkehr und werden heute wie zukünftig die Kundenbindung verstärken bzw. dabei unterstützen, Neukunden zu gewinnen.



Erfahren Sie mehr zum Thema Umweltschutz bei DB Schenker Rail unter: [www.dbschenker.com](http://www.dbschenker.com)

Abbildung 31: Eco Plus – CO<sub>2</sub>-freier Schienengüterverkehr

DB Schenker hat durch die Mitarbeit im Verbundvorhaben „Green Logistics“ und hier insbesondere durch die Fallstudien ecoTransport und dem dahinterliegenden Ziel der Etablierung einer Carbon-Footprint-Kompetenz einen Mitarbeiter aufgebaut. Dieser realisierte die erforderliche Implementierung und wird im Nachgang die Weiterentwicklung der Ergebnisse aus der Fallstudie bei DB Schenker verantworten. Mit den Ergebnissen ist es somit erstmalig möglich, eine Ausweisung der Umweltwirkung des europäischen KV-Netzes allen international tätigen Kunden anzubieten und somit attraktiver zu gestalten.

DB Schenker profitiert von der Bewertungsmethode (AP 4.3 Berechnungsmethoden) und von den erarbeiteten Parametern/ Kennzahlen (AP 4.2 Datenbasis) des ökologischen Bewertungsbaukastens. Der ökologische Bewertungsbaukastens basiert zum Teil auf Realdaten (Realverbräuchen). Ohne entsprechende IT ist eine Nutzung nicht möglich. DB Schenker und andere Logistikdienstleister investieren indes nur in die IT, wenn ein weiterer Nutzen besteht (z.B. Sicherheit, Zollrecht, Gefahrgut). Die DB arbeitet in mehr als 150 Projekten an unterschiedlichen Themen der Digitalisierung. DB Schenker bietet bereits smartbox-Dienste auf Anforderung unterschiedlicher Industrien. Behältern, Waren und Containern sind so in der Lage, sich ihren Weg von A nach B selbst suchen und intelligent miteinander zu kommunizieren, z.B. durch maritime Echtzeitanwendungen. Geschwindigkeit, Reiseroute, Reifegrad, aber auch Kraftstoffverbrauch lassen sich mit digitalen Prozessen automatisch steuern. Der ökologische Bewertungsbaukasten bietet für das Thema grüne Logistik die entsprechende Methodik.

## 5 Fortschritte und Entwicklungen auf dem Gebiet des Projektes bei anderen Stellen

Das EU-Projekt COFRET hatte sich zum Ziel gesetzt, eine Methodik zur Bestimmung des Carbon Footprint von Transportdienstleistungen zu entwickeln. Aufgrund der parallelen Entwicklung der Europäischen Norm DIN EN 16258 zur Standardisierung der Emissions- und Energieberechnung bei Transportvorgängen<sup>83</sup> wurde die Zielsetzung jedoch geändert. Die Arbeiten von Green Logistics wurden durch die Veröffentlichung der EN 16258 dahingehend beeinflusst, als dass der hierin gesetzte Bewertungsrahmen aufgenommen und dessen zwingend erforderliche Konkretisierung sowie Erweiterung auf Logistikstandorte in Green Logistics realisiert wurde.

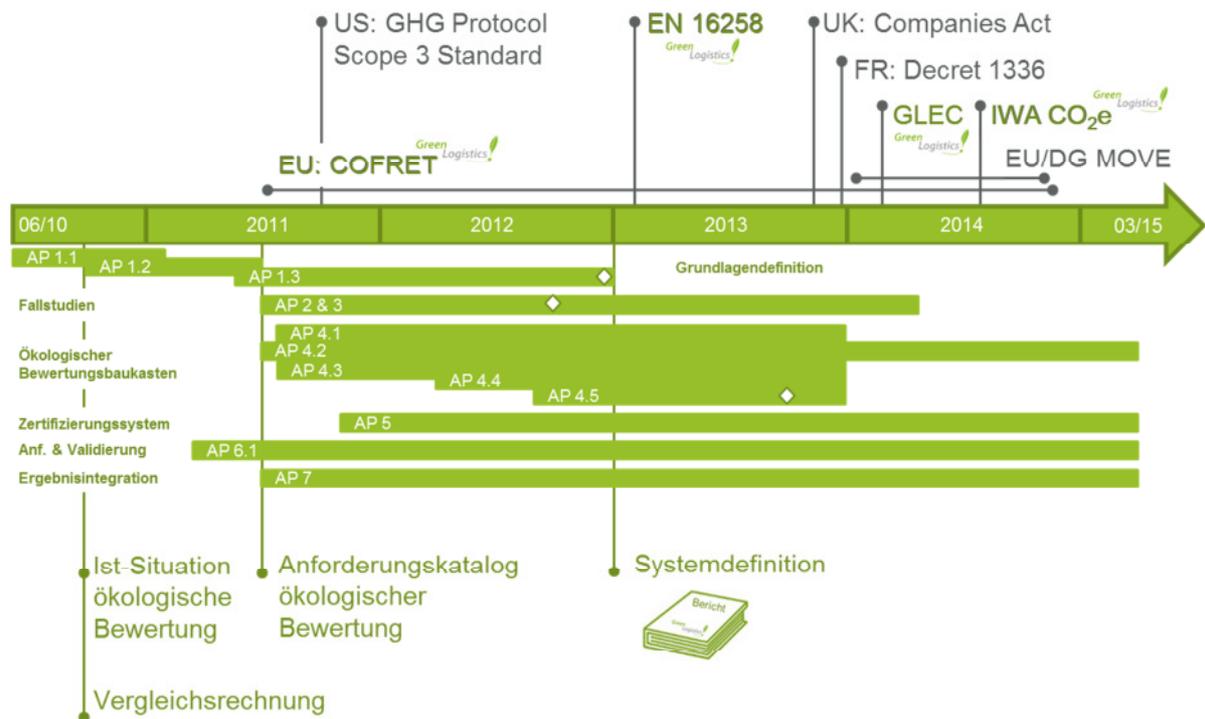


Abbildung 32: Entwicklungen im Bereich der ökologischen Bewertung (Quelle: GreenLogistics)

Eine ähnliche Zielsetzung ist Ausgangspunkt des Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard<sup>84</sup> und des International Workshop Agreement IWA 16<sup>85</sup>, welche über die Entwicklung einer einheitlichen und vollständigen Methodik hinaus auch die internationale Etablierung dieses Standards erreichen möchten. Frühzeitig hat das Projektteam von Green Logistics sich daher in diese Arbeiten eingebracht und Projektergebnisse (insbesondere mit Blick auf die Bewertung von Logistikstandorten) vorgestellt.

<sup>83</sup> DIN EN 16258:2012

<sup>84</sup> WRI, WBCSD 2011b

<sup>85</sup> IWA 16:2015

## 6 Veröffentlichungen

- Titel: Comparability of the Environmental Effects of Logistics Services – Sector Guidance for Ecological Assessments  
Autoren: Kerstin Dobers, Grischa Meyer, Jörg Friedrichs, Gordon Mauer, Gerhard J. Schmitt, Uwe Clausen, Marc Schneider, David Rüdiger, veröffentlicht in: Transport Research Arena 2014, Paris
- Titel: EcoModal B - Intermodality of the Future  
Autoren: Achim Klukas, Grischa Meyer, Theodoros Athanassopoulos, Jörg Friedrichs, Marc Laux, veröffentlicht in: Bridging the Gap – Logistics Theory and Practice, Springer-Verlag, 2015 (eingereichter Beitrag wurde leider nicht angenommen)
- Titel: International harmonized method(s) for a coherent quantification of CO<sub>2</sub>e emissions of freight transport  
Autoren: Verena Ehrler (DLR) et. al., veröffentlicht in: International Workshop Agreement (IWA), 2015

Eine Liste aller Veröffentlichungen aus dem Projekt GreenLogistics wird durch Fraunhofer IML erstellt.

## 7 Quellenverweis

airliners.de (Hrsg.) 2009: Logistik-Kongress sucht Wege aus der Krise, Berlin. Stand Oktober 2009. Internet (2010): <http://www.airliners.de/nachrichten/branchen/gesamtsystem/behoardenorganisationen/logistik-kongress-sucht-wege-aus-der-krise/19420>.

Athanassopoulos, Theodoros; Dobers, Kerstin; Herden, Joerg 2015a: Fallstudie ecoPlan: Ökoeffiziente Tourenplanung und Last Mile Logistik. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics.

Athanassopoulos, Theodoros; Dobers, Kerstin; Clausen Uwe 2015b: Reducing the environmental impact of urban parcel distribution. In: Bridging the Gap – Logistics Theory and Practice, Springer-Verlag, 2015 (Veröffentlichung in Vorbereitung).

BASt 2014: Irzik, Marco; Ellmers, Uwe; Jungfeld, Ilja; Glaeser, Klaus-Peter; Holte, Hardy; Wolf, Andreas; Kaundinya, Ingo; Sistenich, Christof; Kranz, Thomas: Feldversuch mit Lang-Lkw. Zwischenbericht. Bundesanstalt für Straßenwesen.

Bundesamtes für Güterverkehr BAG (Hrsg.) 2007: Marktbeobachtung Güterverkehr. Jahresbericht 2007. Stand Mai 2008. Internet (2008): <http://www.bag.bund.de/>.

Benz, Michael 1999: Umweltverträglichkeit von Transportketten. Eine vergleichende Betrachtung des Energieverbrauchs und der Schafstoffemissionen von ausgewählten Gütertransportketten unter Berücksichtigung der Veränderungspotenziale durch Verkehrsverlagerungen und Logistik-Konzepte. Dissertation. Technische Universität, Berlin. Fachbereich Wirtschaft und Management.

BMVBS 2007: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; protrans: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Basel. Stand Mai 2007. Internet (2010): [http://www.bmvbs.de/Anlage/original\\_999441/Gueterverkehrs-prognose-2050.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_999441/Gueterverkehrs-prognose-2050.pdf).

- Borken; J., Patyk, A., Reinhardt, Guido A. 1999: IFEU – Basisdaten für ökologische Bilanzierungen (Hintergrundbericht EcoTransIT) – Einsatz von Nutzfahrzeugen in Transport, Landwirtschaft und Bergbau; Verlag Vieweg, ISBN 3-528-03118-2; Braunschweig/Wiesbaden
- BREEAM 2008: BRE Global Ltd: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), Watford, UK. Stand 2008. Internet (2010): <http://www.breeam.org/>.
- Brexel, F. 2010: Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, Zukunft der modernen Logistikimmobilie?. Gazeley Germany GmbH. Frankfurt. Internet (2010): <http://www.straubingsand.de/files/straubingsand/files/31.pdf>
- Bruns, R 2009: Alternative Antriebe – Steigerung der Energieeffizienz bei Flurförderzeugen, Vortrag auf der Fachtagung Sicherheit und Gesundheit in der Warenversorgung, Dresden, Oktober 2009.
- BVU 2007: BVU Beratergruppe Verkehr und Umwelt GmbH (Hrsg.); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Hrsg.); Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (Hrsg.): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr : Mittelfristprognose Winter 2006/2007. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Stand Januar 2007. Internet (2008): [www.bmvbs.de/Anlage/original\\_986636/Gleitende-Mittelfristprognose-fuer-den-Personen-und-Gueterverkehr.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_986636/Gleitende-Mittelfristprognose-fuer-den-Personen-und-Gueterverkehr.pdf).
- Choudhury, Raj 2006: Well-to-Wheel Analyse des Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen von fortschrittlichen Kraftstoff/Fahrzeug-Systemen. Studie.
- Clausen, U.; Deymann, S. 2009: Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen in Logistikunternehmen, Vortrag 14. Magdeburger Logistiktagung, Sustainable Logistics, Magdeburg, Februar 2009.
- Copper VRA 2004: Sparsame elektrische Antriebe - Das Motor Challenge Programm, Brüssel, Belgien. Stand 2004. Europäisches Kupfer-Institut (Hrsg.)
- CPM 2012: Competence Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems (CPM): Life Cycle Inventory Data. <http://cpmdata.cpm.chalmers.se/>. Zuletzt besucht am: 02.04.12
- DGNB 2009: Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB): DGNB-Zertifikat, Stuttgart. Stand 2009. Internet (2010): <http://www.dgnb.de/>.
- DIN EN 16258:2012, März 2013: Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr).
- DIN EN ISO 14001, Juni 2005: Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.
- DIN EN ISO 14040:2006, Oktober 2006: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.
- DIN EN ISO 14044:2006, Oktober 2006: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.
- DIN EN ISO 14065:2013, Juli 2013: Treibhausgase - Anforderungen an Validierungs- und Verifizierungsstellen für Treibhausgase zur Anwendung bei der Akkreditierung oder anderen Formen der Anerkennung

- Dobers, Kerstin et al. 2012a: Ökologische Bewertung von Logistikprozessen und -systemen. Systemdefinition Green Logistics. Kurzdokumentation. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Dobers, Kerstin et al. 2012b: Ecological assessment of logistics processes and systems. System definition Green Logistics. Brief documentation. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Dobers, Kerstin; Schneider, Marc; Guba, Ulrike; Könneker, Axel 2012c: Strommessungen an Logistikstandorten. Ermittlung von verbraucherspezifischen Stromkennzahlen. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Dobers, Kerstin; Röhrig, Ralf; Rüdiger, David; Schneider, Marc 2013: Green Logistics: Comparability of the Environmental Effects of Logistics Services. In: Uwe Clausen, Michael ten Hompel und Matthias Klumpp (Hg.): Efficiency and logistics. Berlin, New York: Springer (Lecture Notes in Logistics), S. 135–148.
- Dobers, Kerstin et al. 2014: Ökologische Bewertung von Logistikprozessen und -systemen. Systemdefinition Green Logistics. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- EIA 2009: Studie der US-Energie-Informationsbehörde (EIA), zitiert nach „Logistik Inside“ vom 28.05.2009
- Elbert et al. 2011: Horizontal hat Potential – aber allzu groß ist es nicht. In: DVZ, Nr. 128, S.8f.
- Elbert et al. 2012: Führen innovative Umschlagtechnologien zu einem Zuwachs in einem kombinierten Verkehr? In: Jahrbuch Logistik. Theorie für die Praxis, S. 226-231.
- EMAS-Verordnung 2009: Verordnung (EG) Nr. 1221 /2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 25.11.2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG.
- EMEP, EEA 1999: Emission Inventory Guidebook 2009 - Civil and Military Aviation. Begleitende Exceldatei "1.A.3.a Aviation vs2.3spreadsheet1" Letzte Änderung der Excel-Datei 31.10.1999. Verfügbar unter: [http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation\\_annex.zip](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation_annex.zip), zuletzt besucht am: 21.03.12
- Flämig, Heike; Seipold, Peer; Drewes, Partic; Wolff, Jutta 2009: Leitfaden für Unternehmen zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsprojekten. Reduzierung von gütertransportbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 2.0th ed. Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Verkehrsplanung und Logistik. Hamburg.
- Günthner, W. 2009: Change to Green - Wege zu einer energieeffizienten Logistik. Vortrag auf der Konferenz C.L.I.M.A.T.E., München, Mai 2009.
- IFEU 2011: IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE / RMCON: Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports Environmental. Methodology and Data. Berlin – Hannover - Heidelberg, 31. Juli 2011.  
[http://www.ecotransit.org/download/ecotransit\\_background\\_report.pdf](http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf). Besucht am: 18.01.12

- IMO 2009: International Maritime Organization (IMO): Second IMO GHG Study 2009, CPI Books Limited, London, UK, April 2009, [http://www.imo.org/blast/blastData.asp?doc\\_id=12612&filename=GHG%20StudyFINAL.pdf](http://www.imo.org/blast/blastData.asp?doc_id=12612&filename=GHG%20StudyFINAL.pdf), zuletzt besucht am: 10.04.12
- INLV 2010: Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL): Grüne Logistik, Studie zu Begriffsverständnis, Bedeutung und Verbreitung „Grüner Logistik“ in der Speditions- und Logistikbranche, Hochschule Heilbronn, Stand Januar 2010.
- ISO 14064-1, 01.03.2006: Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.
- ISO 14064-2, 01.03.2006: Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.
- ISO 14064-3, 01.03.2006: Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions.
- International Workshop Agreement IWA 16:2015, 01.02.2015: International harmonized method(s) for a coherent quantification of CO<sub>2</sub>e emissions of freight transport.
- Keller, Mario 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.1 Quick Reference, Deutsche Version, Infrac Bern, 30. Januar 2010
- Klukas, Achim; Meyer, Grischa; Schöbel, René; Friedrichs, Jörg; Athanassopoulos, Theodoros; Kilian, Dirk 2013: Intermodalität von Morgen. Analyse der Verlagerungspotentiale von zeitkritischen Stückgut- und Pakettransporten von der Straße auf die Schiene. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics.
- Lange, E. 2008: Energiesparantriebe amortisieren sich. In: VDI Nachrichten (2008), Nr. 15, S. 29.
- LEED 2009: U.S. Green Building Council: Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Washington, D.C., USA. Stand 2009. Internet (2010): <http://www.usgbc.org/>.
- Maul, Robert 2013: Entwicklung eines ökoeffizienten Zustellungskonzepts für die Last Mile Logistik des Unternehmens UPS Deutschland am Beispiel Dortmund. Diplomarbeit (Spervermerk). Technische Universität Dortmund
- Mc Kinnon, Alan; Piecyk, Maja: Measuring and Managing CO<sub>2</sub>-Emissions of European Chemical Transport. Edited by Cefic -The European Chemical Industry Council. Heriot-Watt University, Logistics Research Centre. Edinburgh
- OECD (Hrsg.) 2010: Globalisation, Transport and the Environment, Paris, Frankreich. Stand 2010. Internet (2010): [http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en\\_2649\\_34363\\_44342184\\_1\\_1\\_1\\_37465,00.html](http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en_2649_34363_44342184_1_1_1_37465,00.html).
- Pastowski, Andreas; Hillebrand, Phillipp 2012: Stand des EU-Emissionshandels und mögliche Auswirkungen im Bereich der Logistik. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics.
- Rüdiger, David 2011a: Softwaretools und Datenbanken der ökologischen Bewertung. Marktübersicht, Systematisierung und Vergleich. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>

- Rüdiger, David 2011b: Databases for the ecological assessment. Market review. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Rüdiger, David; Schneider, Marc; Dobers, Kerstin; Friedrichs, Jörg; Laux, Marc; Athanassopoulos, Theodoros 2012a: Gegenüberstellung von Softwaretools, Datenbanken und Leitfäden/Branchenstandards der ökologischen Bewertung am Beispiel realer Straßengüterverkehrsrelationen. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Rüdiger, David; Schneider, Marc; Dobers, Kerstin 2012b: Detailanalyse von Hilfsmitteln der ökologischen Bewertung des Transports. Gegenüberstellung der Eigenschaften von Softwaretools, Datenbanken und Leitfäden/ Branchenstandards der ökologischen Transportbewertung. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics. Online verfügbar unter <http://www.green-logistics-network.de/de/download/ergebnisse>
- Clausen, Uwe (Hrsg.); Rüdiger, David 2014: Studie zu alternativen Antriebsformen im Straßengüterverkehr. Status Quo und Entwicklungsperspektiven. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Schostok, Dorothea 2013: Bewertung und Auswahl geeigneter Tools und Datenbanken – für die Bilanzierung von Logistikimmobilien. Gegenüberstellung der Eigenschaften von Datenbanken und Softwaretools der ökologischen Bewertung von Logistikimmobilien. Teilbericht des F&E-Projektes Green Logistics.
- Simchi-Levi, D. 2008: Green and Supply Chain Strategies in a Volatile World. Zitiert nach IPCC 2004, OECD 2006/ WEF Abschätzungen (OECD 2004). Die Logistik im Spannungsfeld von Umweltauflagen und steigenden Energiekosten. Frankfurt/ Main. Rogner, H.-H.; Zhou, D.; Bradley, R.; Crabbé, P.; Edenhofer, O.; Hare, B.; Kuijpers, L.; Yamaguchi, M. (2007): Introduction. In Metz, B.; Davidson, O.R.; Bosch, P.R.; Dave, R.; Meyer, L.A. (Ed.) Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.
- Spielmann, Michael; Bauer, Christian; Dones, Roberto; Tuchschnid, Matthias (2007): Transport Services. Data v2.0 (2007). Paul Scherrer Institut; ESU-services Ltd. Villigen, Uster (ecoinvent report, 14).
- Umweltbundesamt UBA (Hrsg.) 2007: Umwelt-Kernindikatorensystem: Klimaänderungen : Treibhauseffekt – Eine globale Herausforderung. Übersicht, letzte Aktualisierung Juli 2007. Internet (2010): <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2842>.
- Verband der chemischen Industrie e.V. (Ed.) (2010): VCI-Leitfaden zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Logistik der chemischen Industrie. Frankfurt.
- Vereinte Nationen (Ed.) 1998: Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. New York., Annex A.
- VerkehrsRundschau 2011: CO<sub>2</sub>-Berechnung. Das Sonderheft zur Ermittlung von Treibhausgas-Emissionen in der Logistik. Heinrich Vogel Verlag. München. 2011
- WRI, WBCSD 2005: The Greenhouse Gas Protocol. The GHG Protocol for Project Accounting. USA. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development (Eds.).
- WRI, WBCSD 2011a: Greenhouse gas protocol. Product life cycle accounting and reporting standard. Washington, DC, Geneva, Switzerland. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development.

WRI, WBCSD 2011b: Greenhouse gas protocol. Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard: supplement to the GHG protocol corporate accounting and reporting standard. Washington, DC, Geneva, Switzerland. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht von ‚DB Schenker‘ zum Verbundprojekt Green Logistics	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Meyer, Grischa	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2015
	6. Veröffentlichungsdatum 03.06.2016
	7. Form der Publikation Broschüre
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Dr. Grischa Meyer, Projektleiter Eco Excellence Strategie DB Schenker, Research and Innovation (GSL4)  DB Mobility Logistics AG Edmund-Rumpler-Straße 3, 60549 Frankfurt am Main Tel. +49 69 265-33108, intern 955-33108, Fax -58113 Mobil: +49 170 2206507 grischa.meyer@deutschebahn.com	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01IC10L06B
	11. Seitenzahl 88
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 63
	14. Tabellen 43
	15. Abbildungen 32
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Um Logistikdienstleistungen ressourcen- und energieeffizient zu gestalten, müssen relevante Stellhebel identifiziert werden. Das Forschungsprojekt Green Logistics konzentriert sich auf die Entwicklung einer standardisierten, anwendungsorientierten Methode zur ökologischen Bewertung von Logistikprozessen und –systemen mit dem Ziel, notwendige Transparenz zu schaffen. Das zweistufige Verfahren (1. Screening und Definition von sogenannten Scopes (Untersuchungsrahmen), 2. Ökologische Bewertung von Logistikdienstleistungen) ist mit seinen jeweiligen Schritten dargestellt. Spezifische Berechnungsregeln sind für relevante Aspekte von Logistikdienstleistungen formuliert (z.B. Logistikkimmobilien, Intralogistik, Transport) und gliedern sich in Scopes 1-3 und nach dem Detaillierungsgrad der Eingabedaten. Fallstudien zeigen, dass Stückgut- und Paketverkehre hauptsächlich auf dem Verkehrsträger Straße transportiert werden. Ziel dieses Projektes ist die Verlagerung von ausgewählten Logistikaufgaben auf ökologisch effizientere Verkehrsträger, z.B. Schiene. Dabei werden die spezifischen Anforderungen an Marktteilnehmer und Lieferanten zur Reduzierung von Verlagerungshemmnissen analysiert. Aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht ergibt eine Verlagerung Sinn. Allerdings ist aus Sicht des Logistikdienstleister die durch die Anforderungen der Versender begründete Transportdauer ein Ausschlusskriterium. Die Untersuchungen ergeben, dass die geforderte Transportdauer nicht eingehalten werden kann. Hinzu kommt, dass das notwendige Transportvolumen nicht ausreicht, um einen Zug auszulasten und wirtschaftlich zu betreiben. Eine Erhöhung des Volumens kann eventuell durch die Einbeziehung von Teil- oder Komplettladungstransporten in die Verlagerungsszenarien erreicht werden. Für eine dauerhafte Auslastung des Zuges müsste deren Aufkommen jedoch regelmäßig und planbar sein. Unter der Annahme der Realisierung der Entschleunigung von Stückgut- und Pakettransport kann der Kombinierte Verkehr wieder ein Thema für diese Branchen werden. Aktuell ist durch die Anforderung an die Auslastung sowie die Transportdauer eine Verlagerung nicht realisierbar.	
19. Schlagwörter Carbon Footprint, Öko-Effizienz, Ökologische Bewertung, Emission, EN 16258, Güterverkehr, Treibhausgas, Grüne Logistik, Logistik, Logistikkimmobilie, Methode, Standard, Scope, Lagerhaltung	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Schlussbericht von ‚DB Schenker‘ zum Verbundprojekt Green Logistics	
4. author(s) (family name, first name(s)) Meyer, Grischa	5. end of project 31.03.2015
	6. publication date 03.06.2016
	7. form of publication brochure
8. performing organization(s) (name, address) Dr. Grischa Meyer, Projektleiter Eco Excellence Strategie DB Schenker, Research and Innovation (GSL4)  DB Mobility Logistics AG Edmund-Rumpler-Straße 3, 60549 Frankfurt am Main Tel. +49 69 265-33108, intern 955-33108, Fax -58113 Mobil: +49 170 2206507 grischa.meyer@deutschebahn.com	9. originator's report no.
	10. reference no. 01IC10L06B
	11. no. of pages 88
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 63
	14. no. of tables 43
	15. no. of figures 32
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract In order to make logistics services resource and energy efficient, relevant levers must be identified. The Green Logistics research project is focused on developing a standardized, usage-related method for performing ecological assessment of logistics processes and systems with the goal of creating necessary transparency. The two-stage method (1. Screening and definition of assessment scope, 2. Ecological assessment of logistics services) is presented with its respective steps. Specific calculation rules are formulated for the relevant aspects of logistics services (i.e. logistics facilities, intra-logistics, transport) and are broken down into Scopes 1-3 and according to the level of detail of the input data. Case studies show that part load freight and parcels are transported primarily by road. The objective is to shift selected logistics tasks to more environmentally efficient modes of transportation, e.g. rail. In this context, the project analyses the specific issues market players and suppliers would have to do to reduce barriers to a modal shift. A shift to intermodal makes sense from an economic and environmental point of view. From the point of view of the logistics providers and their consignors' demands, however, the transportation times rule out such a shift as an option. The specifics of these networks do not allow the direct integration of intermodal transport. Therefore a transformation to longer transport times is needed. Including intermodal transport would need a shift of customer thinking to create bigger time frames for pooling of goods. Changing the customer behaviour could be promoted with lower transport prices per shipment for accepting a later delivery date. Despite the transport time, the needed transport capacity for an economically feasible train is not given by the amount of transported goods. This gap could be closed with involving other industries and bundling more transport from and to the chosen regions. Currently, however, load-factor and transportation-time needs make a shift unfeasible.	
19. keywords Carbon footprint, eco efficiency, ecological assessment, emission, EN 16258, freight transport, greenhouse gas, green logistics, logistics, logistics facility, method, standard, scope, warehousing	
20. publisher	21. price