

# Abschlussbericht



**Energiebedarfs- und  
Emissionsvergleich von  
LKW und Bahn  
im Güterfernverkehr**

**Aktualisierung 2011**

**Bildnachweis:**

Großes Bild LKW: Ivan Kruk, fotolia.com, 2010

Kleines Bild Bahn und Schiff: DB AG/Stefan Klink, 2006

**Titel der Studie**

Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr –  
Aktualisierung 2011

**Auftraggeber:**

Verband der Automobilindustrie (VDA)

September 2011

**Autoren:**

Dr. Michael Spielmann

Dr. Michael Faltenbacher

Diana Eichhorn

Alexander Stoffregen



**PE INTERNATIONAL**  
EXPERTS IN SUSTAINABILITY

PE INTERNATIONAL AG

Hauptstraße 111 – 113  
70771 Leinfelden – Echterdingen

Telefon +49 (0) 711 341817 – 0

Fax +49 (0) 711 341817 – 25

E-Mail [info@pe-international.com](mailto:info@pe-international.com)

Internet [www.pe-international.com](http://www.pe-international.com)



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	5
Tabellenverzeichnis .....	7
Nomenklatur .....	8
Zusammenfassung .....	10
1 Einleitung.....	13
1.1 Ausgangslage.....	13
1.2 Motivation und Umfang der Aktualisierung.....	14
2 Ziel und Umfang .....	15
2.1 Ziel .....	15
2.2 Umfang.....	15
2.2.1 Geografischer Untersuchungsrahmen: .....	15
2.2.2 Betrachtete Emissionen.....	15
2.2.3 Lebenszyklusansatz .....	16
3 Methodik und Vorgehen.....	17
3.1 Umweltindikatoren Verkehrsträger .....	18
3.2 Umweltindikator Transporteffizienz .....	18
3.3 Umweltauswirkungen spezifischer Transportdienstleistungen .....	18
3.4 Kompensation von Treibhausgasen und Grünstromzertifikate .....	18
3.4.1 CO <sub>2</sub> -Zertifikate .....	18
3.4.2 Grünstromzertifikate .....	18
4 Die Verkehrsträger.....	20
4.1 LKW .....	20
4.1.1 Kraftstoffverbräuche und direkte Emissionen.....	20
4.1.2 Lebenszyklusemissionen: Kraftstoffbereitstellung und Gesamtemissionen.....	22
4.2 Güterzug.....	24
4.2.1 Spezifischer Energieverbrauch Elektrotraktion und Dieseltraktion .....	24
4.2.2 Lebenszyklusemissionen Elektrotraktion .....	25
4.2.3 Lebenszyklusemissionen Dieseltraktion.....	25
4.3 Binnenschiff.....	26
5 Intermodaler Vergleich Heute .....	27
5.1 Relationsauswahl .....	27
5.2 Transport von schweren Gütern.....	27
5.2.1 Fahrspiel: Transport von schwerem Schüttgut.....	27
5.2.2 Fahrspiele Containertransport von schweren Stückgütern .....	29



---

5.2.2.1	Fahrspiel 1: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Bremen .....	29
5.2.2.2	Fahrspiel 2: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Rastatt .....	30
5.2.3	Verallgemeinerungen zum Transport von schwerem Stückgut .....	31
5.3	Transport von leichten Gütern .....	34
5.3.1	Transport von Dämmstoffen (Volumenlimitiertes Gut).....	34
5.3.2	Sensitivitätsanalyse: Einfluss Wagentyp und Zuglänge .....	35
6	Zukünftige Entwicklungen .....	37
6.1	Verbrauchseffizienzsteigerungen und zukünftige Abgasnorm LKW: .....	37
6.2	Zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW .....	38
6.3	Zukünftige Entwicklungen LKW und Bahn im Transport schwerer Güter .....	40
6.3.1	Auswirkungen einer Verlagerung von schwerem Stückgut von der Straße auf die Schiene .....	40
6.3.2	Verallgemeinerungen zum Transport von schwerem Stückgut .....	42
6.4	Zukünftige Entwicklungen LKW und Bahn im Transport leichter Güter .....	44
6.5	Betrachtung limitierter Emissionen am Beispiel Dämmstofftransport.....	46
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	47
	Literaturverzeichnis.....	49
	Anhang A Sensitivitätsanalyse .....	51
	Anhang B Berücksichtigung von Zertifikaten für „Grünstrom“ bei der Berechnung von THG Emissionen für Stromerzeugung.....	53

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Berechnungsstufen, Bezugsgrößen und wesentliche Einflussfaktoren .....	17
Abbildung 4-1:	Kraftstoffverbrauchswerte in l/100km aus verschiedenen Studien von 40 t LKWs bei voller Auslastung. ....	20
Abbildung 4-2:	Verteilung Fahrleistung Euro Abgasklassen in Deutschland .....	21
Abbildung 4-3:	Treibhausgasemissionen der Kraftstoffbereitstellung.....	22
Abbildung 4-4:	Gesamt- THG Emissionen je Fzgm (direkte Betriebsemissionen in der Nutzung und indirekte Emissionen aus der Treibstoffbereitstellung). ....	23
Abbildung 4-5:	Zusammensetzung des Bahnstrommix 2010. ....	25
Abbildung 5-1:	Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Schüttgut von Stuttgart nach Hamburg .....	28
Abbildung 5-2:	Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut im Werksverkehr von Stuttgart nach Bremen. ....	29
Abbildung 5-3:	Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut im Werksverkehr von Stuttgart nach Rastatt. ....	30
Abbildung 5-4:	Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut (z.B. in Containern) LKW mit 500 Bt Zug bzw. 1000 Bt Zug.....	33
Abbildung 5-5:	THG-Emissionen für den Transport von Dämmstoff von Stuttgart nach Hamburg .....	34
Abbildung 5-6:	THG-Emissionen für den Transport von leichtem Transportgut in Abhängigkeit von Zuglänge und Wagentyp mit 20% Leerfahrtenanteil der Bahn. ....	36
Abbildung 6-1:	Verbrauchsentwicklung LKW 2008 bis 2020.....	37
Abbildung 6-2:	Zusammensetzung des DB Strommix im Vergleich zu Strommixszenarien .....	39
Abbildung 6-3:	Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung Ist-Zustand und Szenarien für die zukünftige Entwicklung .....	39
Abbildung 6-4:	Vorlauf und Nachlauf im kombinierten Güterverkehr.....	40
Abbildung 6-5:	Zukünftiger Transport schwere Stückgüter über mittlere Distanz (> 300km) – Strommix S1:2020 BMU mit 39% EE .....	41
Abbildung 6-6:	Zukünftiger Transport schwere Stückgüter über mittlere Distanz (> 300km) – Strommix S2: 2020 DB mit 27% EE .....	41
Abbildung 6-7:	Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von LKW und Bahn (500 Bt Zug) beim Transport schwerer Güter. ....	43



---

Abbildung 6-8:	Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von LKW und Bahn (1000 Bt Zug) beim Transport schwerer Güter. ....	43
Abbildung 6-9:	Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von Bahn und LKW beim Transport von leichten Gütern .....	45
Abbildung 7-1:	Vergleich der THG Emissionen bei Containertransport von schweren Stückgütern; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch.....	51
Abbildung 7-2:	Vergleich zukünftige spezifische THG von Bahn (500 Bt Zug) und LKW beim Transport schwerer Güter; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch .....	52
Abbildung 7-3:	Vergleich zukünftige spezifische THG von Bahn (1000 Bt Zug) und LKW beim Transport schwerer Güter; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch .....	52



---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: THG- und CO <sub>2</sub> -Emissionen für den Verkehrsträger LKW (40 t, vollbeladen) .....	21
Tabelle 4-2: Umweltindikatoren für den Bahnstrommix 2010 .....	25
Tabelle 4-3: Umweltindikatoren für Dieseltraktion .....	25



## Nomenklatur

BGL	Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
Bt	Bruttotonnen: Bezeichnung für das gesamte Zuggewicht einschließlich Lok, Wagen und Ladung
CEN TC	Technisches Komitee des Europäischen Komitees für Normierung,
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> Äquivalente (Berücksichtigung der Kyotogase mit ihrem jeweiligen Äquivalenzfaktor, entsprechend der Vorgabe des Intergovernmental Panel on Climate Change. Dazu zählen insbesondere Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Schwefelhexafluorid.)
DVZ	Deutsche Verkehrs-Zeitung
EE	Erneuerbare Energien (nutzbare Energie aus Sonneneinstrahlung, Wasserkraft, Windkraft etc.)
EU 27	Europäische Union, aus 27 Staaten bestehender Staatenverbund
Fzg.km	Fahrzeug Kilometer.
ggü.	gegenüber
GHG	Siehe THG
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr
LKW	Lastkraftwagen, steht im Rahmen der Studie für schwere Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40t
kWh	Kilowattstunde: Einheit für geleistete Arbeit und Energieinhalt
N <sub>2</sub> O	Lachgas, Distickstoffoxid – ein treibhauswirksames Gas.
NO <sub>x</sub>	Sammelbezeichnung für Stickstoffoxide
PED	Primärenergiebedarf
PM 2,5	Partikel Emissionen mit einem Durchmesser von <2,5 µm
RED	Renewable Energy Directive 2009/28/EC zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen
RECS	Renewable Energy Certificate System - europäisches Sys-





---

	tem zur Regelung der Produktion von und den Handel mit Grünstromzertifikaten
RME	Rapsmethylester (Biodiesel aus Raps durch Veresterung von Rapsöl)
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
TEU	Twenty foot equivalent unit (20 ft Containeräquivalent)
THG	Treibhausgasemissionen in CO <sub>2</sub> Äquivalenten (Kyotogase: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, SF <sub>6</sub> und halogenierte Kohlenwasserstoffe)
THG-Emissionen	Treibhausgasemissionen (Hierbei handelt es sich vor allem um Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), Methan (CH <sub>4</sub> ), Lachgas (N <sub>2</sub> O) sowie SF <sub>6</sub> . Treibhausgasemissionen werden als CO <sub>2</sub> e (Kohlendioxid-Äquivalente) zusammen gefasst).
tkm	Tonnenkilometer. Verkehrsleistung im Güterverkehr: Transport einer Tonne (1 t) eines Gutes über eine Distanz von 1 Kilometer (1 km).
VBD	Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V.
VDA	Verband der Automobilindustrie
Wh	Wattstunde: Einheit für geleistete Arbeit und Energieinhalt



## Zusammenfassung

### Ausgangslage

Die Herausforderungen des Klimawandels erfordern im Verkehrssektor erhebliche Anstrengungen. Mit 24 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Europa (EU27) ist der Verkehr einer der größten Verursacher von Treibhausgasen (THG). Da auch in Zukunft mit einem steigenden Güteraufkommen zu rechnen ist, muss es das vordringlichste Ziel sein, das Wachstum und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs zu entkoppeln.

Vor diesem Hintergrund gilt es die aus Sicht des Klimaschutzes bestmögliche Transportlösung zu nutzen.

Bisher veröffentlichte Studien wurden vorwiegend von Bahnunternehmen oder Umweltbehörden beauftragt und kamen stets zu dem Ergebnis, im Güterfernverkehr sei die Bahn generell die bessere Lösung und dem LKW vorzuziehen. Je nach Studie weist die Bahn im Vergleich zum LKW um den Faktor 2 bis 5 niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen auf.

In der 2010 veröffentlichten VDA Studie (erstellt von PE International) zeigt sich jedoch, dass eine generelle Aussage, wonach die Bahn umweltfreundlicher als der LKW sei, nicht getroffen werden kann. Vielmehr muss die jeweilige Transportaufgabe einzeln betrachtet werden, um den ökologisch sinnvollsten Verkehrsträger ermitteln zu können. So gibt es Transportaufgaben, bei denen Schiene oder Schiff klare Vorteile aufweisen, aber auch Fälle, in denen der LKW mit Bahn und Schiff gleichauf liegt oder sogar besser abschneidet.

### Vorgehen und Umfang der Aktualisierung

Unter Berücksichtigung neuer Daten bzgl. Transportleistung, Energieverbrauch und Energiebereitstellung sowie weiteren Parametern wurde 2011 die Studie aktualisiert und die Aussagen mit Fokus auf den nationalen Güterferntransport mit LKW und Bahn in Deutschland erneut überprüft.

Der grundlegende Ansatz einer nach Transportaufgaben differenzierten Vergleichsberechnung der Treibhausgasemissionen wurde in der Aktualisierung beibehalten. Dieser Ansatz ermöglicht es, die spezifischen Vorteile jedes Transportmittels abzuleiten und die je nach Transportaufgabe und Rahmenparameter ökologisch beste Alternative zu identifizieren. Neben neuen Verbrauchsdaten berücksichtigt die Aktualisierung auch neuste methodische Entwicklungen zur Berechnung von Treibhausgasemissionen.

So liegen dem Bahntransport die neuesten verfügbaren Verbrauchsdaten aus EcoTransIT World (Stand Juli 2011<sup>1</sup>) zugrunde. Die Bereiche Vor- und Nachlauf sowie Leerfahrten wurden in den Fallbeispielen auch mit Blick auf die vorgeschlagene Methodik der laufenden CEN TC 320 Initiative zur THG-Emissionsberechnung von Transporten berücksichtigt. Für Durchschnittsbetrachtungen wurde beim Schienengüterverkehr zusätzlich die Dieseltraktion anteilig berücksichtigt. Ebenso wurde die zukünftige Entwicklung des Bahnstrommix hinsichtlich der notwendigen Substitution des aus Kernenergie stammenden Stromanteils angepasst.

---

<sup>1</sup> Etwaige Änderungen in EcoTransIT nach dem oben genannten Termin konnten aus redaktionellen Gründen nicht betrachtet werden.



Die im EU-Weißbuch vorgeschlagene Verlagerung des Güterferntransports über Distanzen oberhalb 300 Kilometer auf die Schiene wird hinsichtlich der Treibhausgasemissionen einer ersten Beurteilung unterzogen.

### **Ergebnisse Heute**

Die aktualisierte Studie konnte die Ergebnisse der ersten Veröffentlichung bestätigen, wonach im Güterverkehr kein Transportmittel grundsätzlich als die ökologisch beste Lösung bezeichnet werden kann.

Die Ergebnisse geben Aufschluss darüber für welche Transportaufgaben der LKW oder die Bahn das optimale Transportmittel ist bzw. wo die Verkehrsträger hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen in etwa gleichauf liegen und somit Einzelfalluntersuchungen notwendig sind.

So ist die Bahn grundsätzlich besser als der LKW im Transport schwerer Schüttgüter (z.B. Kohle, Eisenerz etc.).

LKW und Bahn liegen etwa gleich auf im nationalen Transport schwerer Stückgüter (z.B. Container-Transport, Ganzzugverkehr) bei Zuggewichten von 400-600 Bt. Entscheidend für das Ranking sind hier Leerfahrtenanteil sowie der Anteil von Vor- und Nachlauf im Verhältnis zum Hauptlauf. Diese Parameter können in der Praxis sehr stark schwanken, somit ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig.

Der LKW ist tendenziell besser als die Bahn beim Transport schwerer Stückgüter, wenn aus logistischen Erfordernissen kurze Züge benötigt werden.

Beim Vergleich von Volumengütern mit niedriger Dichte (z.B. Dämmstoffe, Weißware) zeigt die Bahn heute Vorteile gegenüber dem LKW. Die absolute Höhe des Vorteils ist neben dem Zuggewicht auch vom Wagentyp abhängig.

Klare Vorteile zeigen sich für die Bahn beim Einsatz von Großraum-Schiebetürwagen mit 140 m<sup>3</sup> Ladevolumen. Dies gilt auch unter der Einbeziehung zusätzlicher Leerfahrten (z.B. durch Vor- und Neupositionierung der Waggonen) in die Berechnungen. Wird an Stelle des idealen Schiebetürwagens ein Standardcontainer eingesetzt, weist die Bahn erst bei Zügen mit der doppelten Zuglänge Vorteile auf.

### **Ergebnisse 2020**

Für eine Untersuchung der zukünftigen THG-Emissionen wurden für Bahn und LKW folgende Einflussgrößen angepasst:

- Verbrauchseffizienzsteigerungen bei Bahn und LKW
- Umsetzung zukünftiger Abgasnormen (Euro VI)
- Zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW

Beim LKW wurde eine Beimischung von 20% Biodiesel (RME) angenommen. Bei der Bahn ist die Entwicklung der Zusammensetzung des künftigen Bahnstrommix von entscheidender Bedeutung für die Höhe der erzeugten Treibhausgasemissionen. Hier ergeben sich nicht zuletzt aufgrund jüngster politischer Entscheidungen Unsicherheiten hinsichtlich der Substitution des derzeitigen Kernenergieanteils von 22%. Deshalb wurde mit zwei Szenarien gerechnet, in denen ein Anteil erneuerbarer Energien von 39% bzw. 27% angenommen wurde.



Auch im Szenario mit 39% Anteil erneuerbarer Energien am Strommix bleibt der LKW (mit 20% Biodieselanteil (RME) im Dieselkraftstoff) für den nationalen Transport von schweren Stückgütern zukünftig eine echte Alternative zum Bahntransport.

Für den Transport von Volumengütern per LKW bietet der Lang-LKW ein Verbesserungspotential bei den THG Emissionen. Bei gleichzeitiger Erhöhung des Biodieselanteils auf 20% ergibt sich gegenüber dem Standard LKW mit einem Biodieselanteil von aktuell 7% ein Reduktionspotential von 25%.

Damit liegt der Lang-LKW in der Bandbreite der THG Emissionen, die sich beim Bahntransport mit einem 500 Bt Zug in Abhängigkeit des angenommen zukünftigen Strommix und des eingesetzten Waggontyp ergeben (im Beispiel 30 - 70 g CO<sub>2</sub>e/tkm für die Bahn, und ~50 g CO<sub>2</sub>e/tkm beim Lang-LKW). Weitere Aufschlüsse zur Umweltpformance des Lang-LKW sind aus dem in Deutschland geplanten Feldversuch zu erwarten.

Weiterhin lassen sich bei einer Verlagerung von Transporten über 300 km auf die Schiene, wie im EU-Weißbuch gefordert, keine generellen Vorteile der Bahn gegenüber dem LKW aufzeigen. Je nach Entwicklung des deutschen Bahnstrommix kann eine Verlagerung ohne detaillierte Fallbetrachtung sogar zu einer Verschlechterung der CO<sub>2</sub> Bilanz für eine konkrete Transportaufgabe führen.

### **Schlussfolgerungen**

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für den nationalen Verkehr bis auf wenige Ausnahmefälle (z.B. Transport von schwerem Schüttgut) grundsätzlich eine differenzierte Betrachtung notwendig ist, um transportbezogen die klimagünstigste Alternative wählen zu können. Der Klimawandel und ein entsprechend den Prognosen erwartetes starkes Wachstum des Güteraufkommens erfordern unabdingbar aus Sicht der Nachhaltigkeit die Wahl der bestmöglichen Lösung. Hierfür bedarf es einer Einzelfallbetrachtung der jeweiligen Transportleistung.

Die heute öffentlich zur Verfügung stehenden Umweltberechnungstools ermöglichen derzeit noch keine bzw. nur sehr eingeschränkt eine Einzelfallbetrachtung:

Um belastbare Abschätzungen für den Gütertransport treffen zu können, ist eine Verwendung von spezifischen Primärdaten der Logistikunternehmen, z.B. Verbrauch oder eingesetzter Waggontyp erforderlich. Nur so können ökologische Optimierungsmaßnahmen wie z.B. aerodynamische Maßnahmen am LKW oder erhöhte Zuglängen abgebildet werden.

Bei der Evaluierung von Verlagerungsmaßnahmen in größerem Umfang, wie es das EU Weißbuch vorschlägt, ist zudem auch die Frage der Systemgrenzenfestlegung kritisch zu hinterfragen. Es empfiehlt sich hier auch die Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur mit in den Betrachtungsraum aufzunehmen, da bei einer Verlagerung infrastrukturelle Veränderungen zu erwarten sind, die einen Einfluss auf die THG/CO<sub>2</sub> Bilanz haben können..



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Mit 24% ist der Verkehrssektor einer der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen in Europa<sup>2</sup>. Aufgrund des prognostizierten Wachstums des Güteraufkommens in Deutschland<sup>3</sup> und Europa ist auch mit einer weiter steigenden Relevanz des Transportsektors bei den Treibhausgasen, zumindest unter den momentanen Rahmenbedingungen, zu rechnen. Folglich ist das Thema CO<sub>2</sub> und Maßnahmen zur Senkung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes aus der heutigen politischen Diskussion im Verkehrssektor nicht mehr wegzudenken.

In diesem Zusammenhang wird die Bahn weithin in der politischen und öffentlichen Diskussion als die per se umweltfreundlichere Lösung im Vergleich zum LKW gesehen. Eine Tatsache, die sich auch im aktuellen EU-Weißbuch<sup>4</sup> zeigt, in dem eine signifikante Verlagerung des Transports von der Straße auf die Schiene gefordert wird.

Eine Forderung, die als logische Konsequenz aller bis zum letzten Jahr veröffentlichten Studien erscheint, in denen die Bahn im Vergleich zum LKW um einen Faktor 2-5 besser abschneidet als der LKW.

So sind laut DB Schenker<sup>5</sup> die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für LKW gegenüber der Bahn um etwa einen Faktor 4 höher. Ein noch größerer Vorteil ergibt sich aus einer UBA Studie<sup>6</sup>, worin die Bahn um etwa einen Faktor 5 hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen besser bewertet wird. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die zugrunde liegenden Quellen zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gütertransportsektor in der Regel von Bahnen (UIC) oder Umweltbehörden (UBA) geprägt sind.

In einer vom Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA) beauftragten Studie welche von PE INTERNATIONAL 2010 veröffentlicht wurde, wurde in einer differenzierten Analyse verschiedener spezifischer Transportaufgaben aufgezeigt,

- dass sich um einen Faktor 4 höhere THG Emissionen nur für Transportaufgaben ergeben, in denen in der Realität keine Konkurrenzsituation besteht; z.B. beim Transport schwerer Schüttgüter, bei dem sowohl zum heutigen Zeitpunkt als auch in Zukunft kein LKW Transport angestrebt wird.
- dass es aber auch spezifische Transportaufgaben gibt bei denen, Bahn und LKW gleichauf liegen; z.B. beim Transport von schweren Stückgütern
- dass es auch Fälle gibt in denen der LKW tendenziell die CO<sub>2</sub> freundlichere Lösung darstellt; z.B. wenn aus logistischen Erfordernissen Kurzzüge zum Einsatz kommen müssten.

<sup>2</sup> EEA: Laying the foundations for greener transport. EEA Report No 7/2011. Copenhagen, 2011.

<sup>3</sup> Ickert, L. et al: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050. Protrans, im Auftrag des BMVBS. Basel, 2007

<sup>4</sup> EU Kommission: Transport Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem; KOM(2011) 144; Brüssel, 2011.

<sup>5</sup> Rausch, Dr. K.-F: Ökonomie und Ökologie sind kein Widerspruch – Das „Green Logistics Network“ von DB Schenker. DB Mobility Logistics AG. Vortrag auf DVZ-Forum "Green Logistics". Hamburg, 2009

<sup>6</sup> Gohlisch G. et al.: Umweltauswirkungen der Binnenschifffahrt. Internationales Verkehrswesen (57) 4/2005. S.150-156. Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg 2005.



## 1.2 Motivation und Umfang der Aktualisierung

Aufgrund der hohen Dynamik im Bereich der Umwelt- und CO<sub>2</sub> Bewertung von Produkten, Dienstleistungen und Unternehmen - ein Fakt, der sich in der steigenden Anzahl von veröffentlichten Studien, Aktualisierungsraten von Daten sowie der Entwicklung von CO<sub>2</sub> Berechnungsstandards widerspiegelt - hat sich der VDA entschlossen die 2010 veröffentlichte Studie einer Aktualisierung zu unterziehen.

Der Umfang der Aktualisierung umfasst die folgenden Aspekte:

- Berücksichtigung aktualisierter Daten wie z.B. Verbrauchsdaten der Deutschen Bahn, Bahnstrombereitstellung, Entwicklung der Verbrauchseffizienzpotentiale von LKW & Bahn
- Vertiefte methodische Betrachtung zu Treibhausgasemissionen unter Einbezug aktuell relevanter Literatur und Standards (z.B. BSI PAS 2050, BMU Memorandum, prEN 16258:2011<sup>7</sup>).
- Detailanalyse logistischer Aspekte wie Vor- und Rücklauf sowie zusätzlicher Leerfahrtenanteil.
- Ergänzung eines weiteren Beispiels zu einer ersten Beurteilung der zukünftigen Treibhausgasemissionen bei Transporten oberhalb einer Distanz von 300 km. Dieses Beispiel ist motiviert durch die Forderung einer signifikanten Verlagerung des Straßenverkehrs auf die Schiene für Distanzen über 300 km.
- Berücksichtigung von Kommentaren und Anmerkungen aus der öffentlichen Diskussion der Ergebnisse der ersten Studie<sup>8</sup> im Jahr 2010. Im folgenden PE-Studie 2010 genannt.

### Fazit:

- Die Entwicklungen im letzten Jahr zeigen (z.B. EU Weißbuch, CEN TC 320), dass sich der Bedarf an quantitativen Informationen zu CO<sub>2</sub>/THG-Emissionen und anderen umweltwirksamen Emissionen weiter erhöht hat.

<sup>7</sup> prEN 16258:2011: Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr); Deutsche Fassung, Stand April 2011

<sup>8</sup> M. Spielmann et al.: Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr. Abschlussbericht. Echterdingen, 2010.



## 2 Ziel und Umfang

### 2.1 Ziel

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Fortschreibung der PE Studie 2010.

Wie bereits in der ersten Studie ist der Auftraggeber an einem ökologischen Vergleich von Verkehrsträgern im Güterverkehr interessiert. Im Einzelnen sollen dabei Treibhausgasemissionen und andere relevante Emissionen des Straßengüterfernverkehrs und des Schienenverkehrs untersucht und miteinander verglichen werden. Für den Verkehrsträger Schiff liegen keine neuen Daten vor, somit wurde auf eine Berücksichtigung des Verkehrsträger Schiffs an dieser Stelle verzichtet.

**Ziel der Studie** ist die Überprüfung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der ersten Studie unter Einbezug der derzeit aktuellsten Daten, Beachtung neuester methodischer Entwicklungen und veränderter politischer Gegebenheiten für die Entwicklung von Szenarien.

Hypothese: „Die Schlussfolgerungen der ersten Studie sind auch unter Einbezug der oben beschriebenen Aktualisierungen gültig“.

Dazu werden die folgenden Punkte betrachtet:

- Identifikation und Analyse neuester Daten und methodischer Entwicklungen.
- Neuberechnung mit aktuellen Daten und unter Berücksichtigung neuester methodischer Anforderungen.
- Überarbeitung und Ergänzungen von Zukunftsszenarien

### 2.2 Umfang

#### 2.2.1 Geografischer Untersuchungsrahmen:

Die Untersuchung fokussiert auf den innerdeutschen Gütertransport.

Wichtige Randbedingungen sind die Auslastungsgrade der einzelnen Verkehrsträger, die für die Energie- bzw. Kraftstoffversorgung zu Grunde liegende Energiebereitstellung sowie gegebenenfalls Vor- und Nachlauf.

#### 2.2.2 Betrachtete Emissionen

Der wesentliche Ergebnisparameter sind die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen). Hierbei handelt es sich vor allem um CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub>. Treibhausgasemissionen werden als CO<sub>2</sub>e (Kohlendioxid-Äquivalente) zusammengefasst.

Grundsätzlich ist die alleinige Betrachtung von Treibhausgasen nicht geeignet, um die Umweltfreundlichkeit einer Dienstleistung ganzheitlich zu bewerten. Es gilt klimabezogene Optimierungen nicht auf Kosten anderer Umweltkategorien durchzuführen. Die Betrachtung von NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen (PM<sub>2,5</sub>) wurde in der PE Studie 2010 dargestellt.



Eine Aktualisierung der limitierten Emissionen an dieser Stelle war nicht erforderlich, da sich keine wesentlichen Veränderungen gegenüber der PE Studie 2010 ergeben haben. Es gilt weiterhin die Aussage, dass durch das Inkrafttreten der Euro VI-Norm für LKW in 2012/13 und der EG IV Stufe für Binnenschiffe in 2014 für alle drei Verkehrsträger eine zunehmende Angleichung der limitierten Schadstoffemissionen stattfindet.

### 2.2.3 Lebenszyklusansatz

Die Grundlage der Untersuchung bilden die Emissionen des Fahrbetriebs selbst sowie die Bereitstellung der Energieträger und der Stromerzeugung für alle Verkehrsarten.

**Ansatz:**

Die Untersuchung basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz, d.h. es werden neben den Fahrbetriebsemissionen auch die Emissionen aus der Bereitstellung der Energieträger bzw. Kraftstoffe berücksichtigt.



### 3 Methodik und Vorgehen

Für den intermodalen Vergleich verschiedener Verkehrsträger werden in der gängigen Literatur verschiedene Bezugsgrößen verwendet.

Häufig werden Vergleiche anhand allgemeiner Umweltindikatoren durchgeführt (z.B.  $\text{kg CO}_2/\text{tkm}$ ). Um spezielle logistische Aspekte mit in den Vergleich einfließen zu lassen, wird teilweise noch ein weiterer Berechnungsschritt durchgeführt und absolute Emissionen für beispielhaft ausgewählte Transportrelationen berechnet. Letzteres ist auch die vorgeschlagene Vorgehensweise im aktuellen Entwurf der CEN Initiative prEN 16258:2011.

In dieser Studie werden Verkehrsträgervergleiche sowohl auf Basis von spezifischen Umweltindikatoren als auch anhand beispielhaft ausgewählter Transportrelationen durchgeführt. Grundlage für diese Vergleiche sind Annahmen zu technischen Charakteristika der Verkehrsträger und spezifische Rahmenbedingungen hinsichtlich der Verkehrssituationen.

Um einen transparenten Vergleich zu ermöglichen, wird im Rahmen dieser Studie die Simulation in drei Berechnungsstufen unterteilt.

- Umweltindikator Verkehrsträger: Abbildung technischer und verkehrsspezifischer Funktionen für Verbrauch und Emissionen
- Umweltindikator Transporteffizienz: Berücksichtigung allgemeiner logistischer Aspekte: durchschnittliche Auslastungen sowie Leerfahrten, welche in prEN 16258:2011 explizit vorgeschlagen werden.
- Umweltauswirkungen spezifischer Transportdienstleistungen: Berücksichtigung spezieller logistischer Aspekte für ausgewählte Fahrbeispiele (Distanz Vor-, Haupt- und Nachlauf)

In Abbildung 3-1 sind diese Stufen und die wesentlichen Einflussfaktoren illustriert.

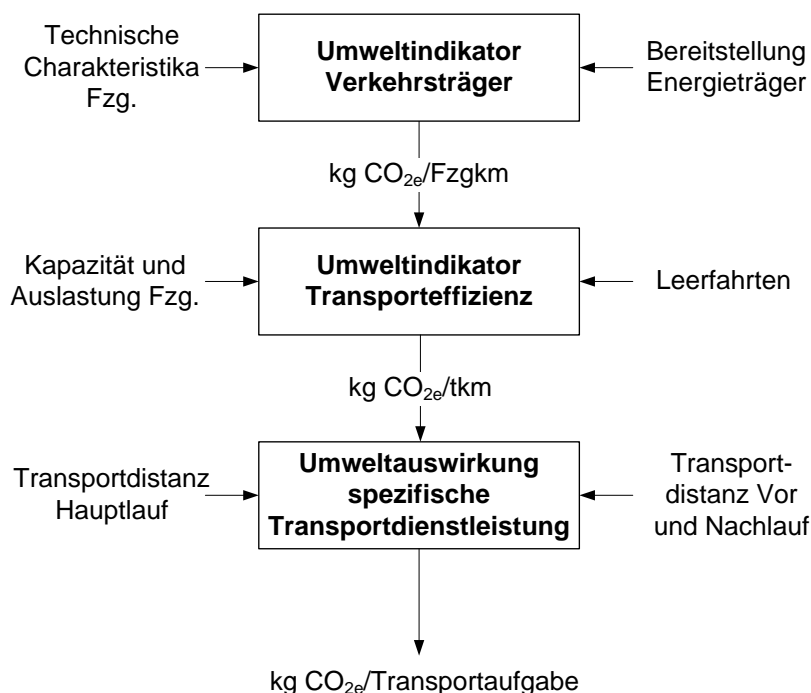


Abbildung 3-1: Berechnungsstufen, Bezugsgrößen und wesentliche Einflussfaktoren

### 3.1 Umweltindikatoren Verkehrsträger

In einem ersten Schritt werden sogenannte Umweltindikatoren für die betrachteten Verkehrsträger separat entwickelt. Diese Umweltindikatoren geben die Umweltauswirkung eines Verkehrsträgers bezogen auf einen Fahrzeugkilometer (Fzgkm) an. Wichtige Einflußgrößen bei der Berechnung sind:

- Technische Charakteristika des Fahrzeuges wie Kraftstoffverbrauch, Abgasnachbehandlung etc.
- Fahrprofil / Verkehrssituation (Topographie, durchschnittliche Geschwindigkeit etc.)
- Bereitstellung der Kraftstoffe (LKW & Dieseltraktion) bzw. des Stroms (Bahn mit Elektrotraktion)

Diese Umweltindikatoren und wesentlichen Annahmen werden in Kapitel 4 erläutert.

### 3.2 Umweltindikator Transporteffizienz

Umweltindikatoren zur Transporteffizienz (z.B. kg CO<sub>2</sub>/tkm) basieren auf dem „Umweltindikator Verkehrsträger“. Zusätzlich werden hier noch durchschnittliche Annahmen hinsichtlich Kapazität (Masse, Volumen) und Beladung (Auslastung) der Verkehrsträger einbezogen. Zudem beinhaltet dieser Indikator auch noch durchschnittliche Annahmen zum Leerfahrtenanteil und wird somit den Forderungen des Entwurfs prEN 16258:2011 gerecht.

### 3.3 Umweltauswirkungen spezifischer Transportdienstleistungen

Die Berechnung von Umweltauswirkungen spezifischer Transportdienstleistungen basierten ebenfalls auf dem „Umweltindikator Verkehrsträger“. Zusätzlich zu den Annahmen zu Auslastung und Leerfahrtenanteil werden im Vergleich der Verkehrsträger die tatsächlichen Transportdistanzen für den Hauptlauf sowie Vor-/ Nachlauf im Kombiverkehr in die Berechnung einbezogen.

### 3.4 Kompensation von Treibhausgasen und Grünstromzertifikate

#### 3.4.1 CO<sub>2</sub>-Zertifikate

Maßnahmen zur Kompensation von Treibhausgasemissionen (z.B. Einkauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten) werden gemäß CEN pr16258 bei der Berechnung und Deklaration von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen nicht berücksichtigt.

#### 3.4.2 Grünstromzertifikate

Die Verwendung von Grünstromzertifikaten (z.B. RECs) wurde in dieser Studie gemäß den Anforderungen und Empfehlungen verschiedener nationaler Carbon Footprint Standards und Initiativen geprüft.

Das Ergebnis dieser Prüfung zeigt, dass zur Zeit kein Konsens besteht,

- a) ob Grünstromzertifikate grundsätzlich zugelassen werden sollten,
- b) wenn ja unter welchen Voraussetzungen und



c) falls die Voraussetzungen erfüllt sind, in welchem Umfang THG-Emissionsreduktionen angerechnet werden können<sup>9</sup>.

In der vorliegenden Studie werden Grünstromzertifikate bei der Berechnung von Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung nicht berücksichtigt. Im Falle einer Ausweisung von Grünstromzertifikaten im Strommix wird für die Berechnung der THG-Emissionen der Strombereitstellung, der entsprechende Anteil durch den nationalen Strommix des Landes ersetzt, in dem die Transportdienstleistung erbracht wird, in dieser Studie Deutschland. Details zur Berechnung der THG-Emissionen des Bahnstromes finden sich in Kapitel 4.2.2 und 6.

---

<sup>9</sup> Eine ausführliche Darstellung des Sachverhalts zur Berücksichtigung von Grünstromzertifikaten bei der Berechnung der THG Emissionen des verwendeten Stroms wird in Anhang B gegeben.

## 4 Die Verkehrsträger

### 4.1 LKW

#### 4.1.1 Kraftstoffverbräuche und direkte Emissionen

Im deutschsprachigen Raum wird für die Berechnung direkter LKW-Fahrzeugemissionen bezogen auf die Fahrleistung (z.B. CO<sub>2</sub>/Fzgkm) in der Regel das HBEFA<sup>10</sup> / PHEM<sup>11</sup> als Datengrundlage verwendet. Das HBEFA bietet spezifische Fahrzeugemissionen für verschiedene Parametervariationen wie; Straßentyp, Verkehrssituation, Gewichtsklasse, Euro-Norm etc.. HBEFA Daten, beruhend auf bestimmten Parametereinstellungen, werden auch in anderen Studien zum Vergleich von Gütertransportarten verwendet, z.B. EcoTransIT<sup>12</sup>. Im Zuge der Aktualisierung der HBEFA Daten von Version 2.1 auf 3.1 fand eine Anpassung der Verbrauchsdaten statt. Der Verbrauch eines Euro V LKW für die Verkehrssituation Autobahn Durchschnitt reduzierte sich von 39,3 auf 37,7 l / 100 km, dies entspricht einer Reduktion von 4%.

In Abbildung 4-1 sind Kraftstoffverbrauchsdaten aus verschiedenen Quellen illustriert. Neben HBEFA Daten sind hier vor allem auch LKW-Herstellerdaten beruhend auf Testfahrten und Simulationen dokumentiert.

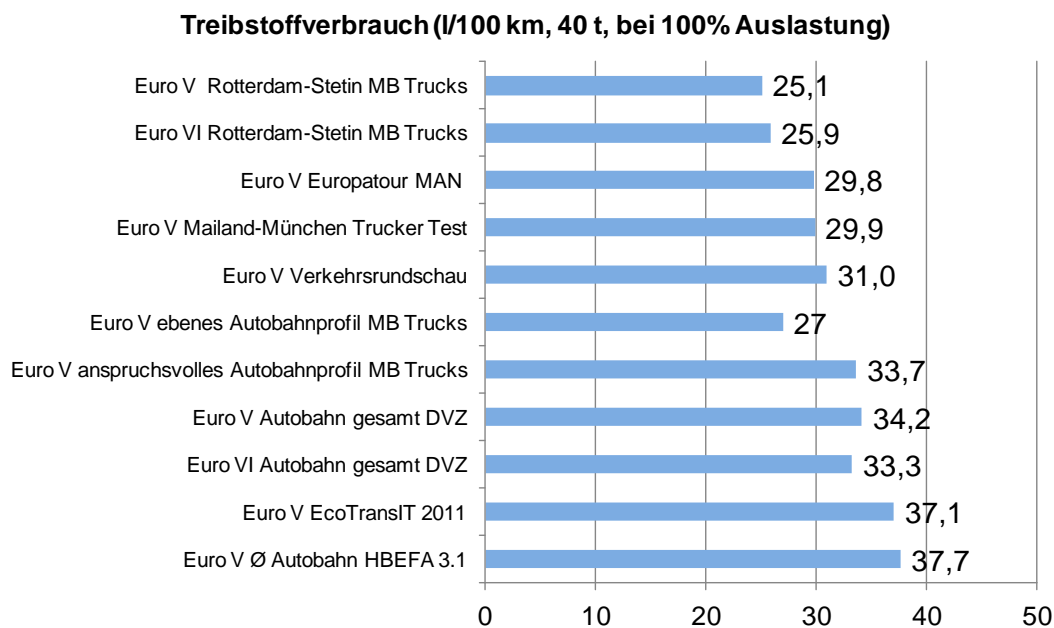


Abbildung 4-1: Kraftstoffverbrauchswerte in l/100km aus verschiedenen Studien von 40 t LKWs bei voller Auslastung.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> INFRAS: Handbuch Emissionsfaktoren (HBEFA) des Straßenverkehrs, Version 3.1. Bern, 2010

<sup>11</sup> Hausberger, S.: The Modell PHEM: Applications for HBEFA v3. D-A-CH-NL-S meeting. Den Haag, 27.10.2008.

<sup>12</sup> EcoTransIT: Werkzeug zur Quantifizierung der Emissionen des Güterverkehrs. Entwickelt von Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, / Rail Management Consultants GmbH (RMCon). <http://www.ecotransit.org/>. Hannover, 2000-2011.

<sup>13</sup> Rotterdam – Stetin: MB Trucks 2011 [www.record-run.com; Zugriff am 12.7.2011]; Europatour MAN 2011 [www.blog.consistently-efficient.com; Zugriff am 31.8.2011]; Mailand- München Trucker Test: Trucker Magazin [„Grüne Welle am Brenner“ in Trucker Magazin 8/2009]; Verkehrsrundschau: [Verkehrsrundschau: So ermitteln Sie den CO<sub>2</sub> Foot-print, 42/2009]; Autobahnprofil: Simulation (ebenes und anspruchsvolles Profil) MB Trucks 2010; Autobahn gesamt DVZ: [Deutsche Verkehrs-Zeitung: Der Actros EuroVI ist sparsamer und sauberer. 28.7.2011; Euro VI Wert ist berechnet.]; EcoTransIT: [ifeu et al. EcoTransIT World: Methodology and data 2011]; Autobahn HBEFA: Daten beruhen auf Verkehrssituation „Durchschnitt Autobahn“ [HBEFA Version 3.1, Bern 2010]. Ältere Studien sind hier nicht mehr berücksichtigt, weisen aber teilweise deutlich höhere Werte auf (siehe PE Studie 2010).

Es zeigt sich, dass die Kraftstoffverbräuche des LKW-Transports basierend auf den öffentlich verfügbaren Tools (HBEFA und EcoTransIT) deutlich höher sind, als die Werte aus Herstellermessungen, bzw. Messfahrten unabhängiger Fachzeitschriften. Damit sind auch die derzeit kommunizierten CO<sub>2</sub>-Emissionen in vergleichenden Studien, die auf diesen Tools bzw. Daten basieren zu hoch (siehe Kapitel 1.1).

Im Rahmen dieser Studie wird für die Berechnungen ein Verbrauch von 30 l/100 km für einen vollbeladenen 40 t Euro V LKW angenommen. Der Leerverbrauch eines Euro V LKWs liegt bei 20,9 l/100 km. Für einen Euro VI LKW wird zunächst ein um 3% höherer Verbrauch von 30,9 l/100 km angenommen. Aufgrund weiterer Optimierungsmaßnahmen wird für 2020 ein Verbrauchswert von 28,5 l/100km angenommen. Weitere Erläuterungen finden sich in Kapitel 6.

In 2009 wurde die Fahrleistung beim LKW laut BAG zu knapp 65% mit Fahrzeugen der Abgasklassennormklasse Euro IV/V/EEV erbracht (siehe Abbildung 4-2), Tendenz steigend. Um entsprechend die aktuelle Verteilung der Abgasklassen beim Verbrauch zu berücksichtigen wurde für die Abgasklassen Euro 3 und niedriger ein Mehrverbrauch von 5%<sup>14</sup> unterstellt. Entsprechend ergibt sich ein Kraftstoffverbrauch im Fernverkehr<sup>15</sup> von 30,6 l/100km, der in der Studie für einen vollbeladenen durchschnittlichen<sup>16</sup> LKW angesetzt wird.

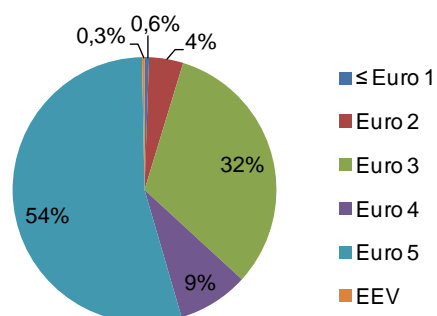


Abbildung 4-2: Verteilung Fahrleistung Euro Abgasklassen in Deutschland<sup>17</sup>

Die verwendeten Umweltindikatoren für den Verkehrsträger LKW sind in Tabelle 4-1 zusammengefasst.

Tabelle 4-1: THG- und CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Verkehrsträger LKW (40 t, vollbeladen)<sup>18</sup>

	Kraftstoffverbrauch voll beladen (l/ 100 Fzgkm)	THG-Emissionen (g CO <sub>2</sub> e/ Fzgkm)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (g CO <sub>2</sub> / Fzgkm)
Euro V	30,0	754	752
Flotte	30,6	769	767

#### Fazit:

- Für einen Euro V LKW wird ein Kraftstoffverbrauch von 30 l/100 km bei voller (100%) Massenauslastung angenommen. Für Leerfahrten wird ein Verbrauch von 20,9 l/100km angesetzt.
- Die Treibhausgasemissionen eines Euro V LKW liegen bei voller Auslastung bei 754 g CO<sub>2</sub>e/ Fzgkm
- Für die Studie wird mit einem Flottenverbrauch von 30,6 l/100km bzw. 769 g CO<sub>2</sub>e/ Fzgkm bei Vollauslastung gerechnet

<sup>14</sup> In Anlehnung an S. Ramesohl et al.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugtem Wasserstoffs. Endbericht FKZ 20345118. Im Auftrag des Umweltbundesamt. 2006.

<sup>15</sup> Entsprechend dem Betrachtungsrahmen der Studie werden Innerorts Fahranteile bei LKW nicht berücksichtigt.

<sup>16</sup> Durchschnittlich im Sinne der Abgasklassenverteilung in Deutschland in 2009

<sup>17</sup> BAG Mautstatistik für 2009, Köln, 2010

<sup>18</sup> Ein Biomasseanteil von 6,25% energetisch entsprechend des Nationalen Aktionsplans zur Umsetzung der Erneuerbaren Energien Richtlinie der EU nach Bundesumweltministerium (BMU): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Berlin, 2010 ist berücksichtigt.

#### 4.1.2 Lebenszyklusemissionen: Kraftstoffbereitstellung und Gesamtemissionen

In Abbildung 4-3 sind die Treibhausgasemissionen (in kg CO<sub>2</sub>e) der Kraftstoffbereitstellung bezogen auf einen Liter (1 l) Diesel mit 36 MJ/l Energieinhalt<sup>19</sup>, einem sogenannten Diesel-Äquivalent, dargestellt. Neben dem konventionellen Diesel werden die Emissionen der Bereitstellung eines Diesels mit aktuell 6,25 %<sup>20</sup> Beimischung von Biokraftstoff dargestellt, entsprechend des Beimischungsanteils (ab 2010) des aktualisierten Biokraftstoffquotengesetzes<sup>21</sup>. Gemäß der Angaben im NREAP<sup>22</sup> welcher im Zusammenhang mit der Renewable Energy Directive (RED)<sup>23</sup> erstellt wurde, wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass die aktuellen als auch zukünftigen Beimischungsraten durch den Einsatz von Biodiesel aus Raps (RME), also einem Biokraftstoff der 1. Generation, erreicht werden. Als Beimischquote für 2020 werden 20% Biokraftstoffanteil angenommen. Abbildung 4-3 illustriert neben den Dieselmotorkraftstoffen mit Beimischung auch die Emissionen, welche durch die Bereitstellung eines rein biogenen Diesels (RME) entstehen.

- Konventionelle Dieselmotorkraftstoffbereitstellung: Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette (Bohrloch bis Tankstelle)<sup>24</sup>
- Biodiesel aus Raps (Rapsmethylester): Herkunftsland Deutschland. Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette, Allokation des Nebenproduktes Glycerin erfolgte nach Marktpreis.

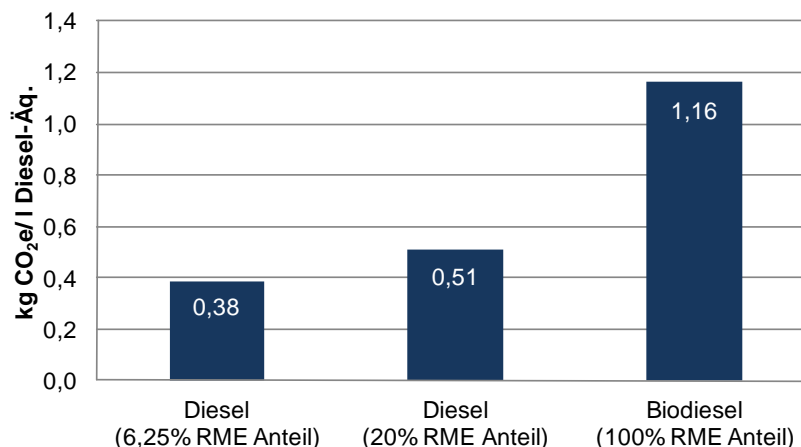


Abbildung 4-3: Treibhausgasemissionen der Kraftstoffbereitstellung

Abbildung 4-4 zeigt die gesamten THG Emissionen je Fzgkm, d.h. die direkten Betriebsemissionen und indirekten Emissionen aus der Kraftstoffbereitstellung. Je nach Anteil an Biokraftstoff hat die Bereitstellung einen Anteil an den THG Emissionen von 13% bis nahezu 100%.

<sup>19</sup> Bezogen auf Heizwert

<sup>20</sup> Bezogen auf Energieinhalt; auch bekannt als B7, wobei sich die Zahl 7 auf den volumetrischen Anteil von Biodiesel bezieht

<sup>21</sup> Deutscher Bundestag: Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften. BioKraftQuG; BT-Drs 16/2709. Berlin 2006 und Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen. Berlin 2009.

<sup>22</sup> Bundesumweltministerium (BMU): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Berlin, 2010

<sup>23</sup> Europäisches Parlament: Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brüssel, 23.4.2009

<sup>24</sup> PE/ LBP: GaBi 4 Software und Datenbanken zur Ökobilanzierung. Echterdingen 1992-2011. Bezugsjahr ist 2008.

Dass der Anteil der Kraftstoffbereitstellung mit steigendem Biokraftstoffanteil steigt, beruht auf der Tatsache, dass die Bereitstellung von Biokraftstoffen zunächst mit höheren THG Emissionen gegenüber konventionellem Diesel aus Erdöl verbunden ist (siehe Abbildung 4-3). Der Vorteil der Verwendung von Biokraftstoffen ergibt sich bei ganzheitlicher Betrachtung von Bereitstellung und Nutzung.

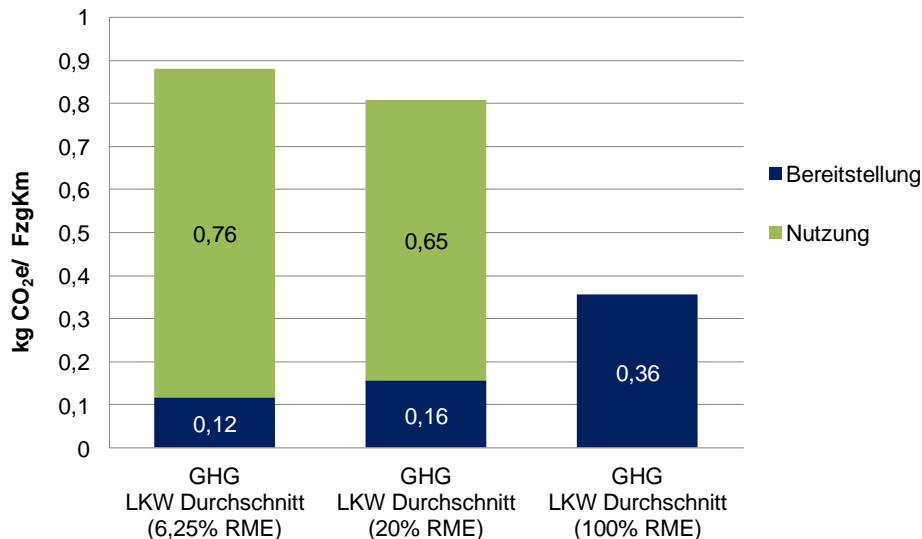


Abbildung 4-4: Gesamt- THG Emissionen je Fzgm (direkte Betriebsemissionen in der Nutzung und indirekte Emissionen aus der Treibstoffbereitstellung).

Die ausschließliche Nutzung von RME (100%) führt zu mehr als einer Halbierung der THG-Emissionen, da gemäß den Spezifikationen der EU-Renewable Energy Directive<sup>25</sup> die CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Verbrennung von Biokraftstoffen als CO<sub>2</sub> neutral<sup>26</sup>, d.h. mit dem Wert Null angesetzt werden.

#### Fazit:

- Die Kraftstoffbereitstellung hat einen Anteil von 13% an den gesamten THG Emissionen bei der Nutzung von heutigem Diesel.
- Die Bereitstellung von Biokraftstoffen ist zunächst mit höheren THG Emissionen gegenüber konventionellem Diesel verbunden. Ein Vorteil der Verwendung von Biokraftstoffen ergibt sich bei ganzheitlicher Betrachtung von Bereitstellung und Nutzung

<sup>25</sup> European Parliament and Council: Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels 2009

<sup>26</sup> CO<sub>2</sub> neutral aufgrund des in der eingesetzten Biomasse eingebundenen CO<sub>2</sub>



## 4.2 Güterzug

Im Rahmen dieser Studie wird hauptsächlich die Elektrotraktion von Güterzügen betrachtet. Für die Elektrotraktion sind THG Emissionen und andere relevante Emissionen in die Umwelt nur von indirekter Natur und berechnen sich aus den folgenden Parametern:

- Spezifischer Energieverbrauch (z.B. Wh/tkm)
- Emissionen aus der Strombereitstellung (z.B. g CO<sub>2</sub>e/Wh)

In ausgewählten Beispielen wurde die Dieseltraktion mit einem Anteil von 5%<sup>27</sup> einbezogen. Es wurde angenommen, dass der spezifische Energieverbrauch [Wh/tkm] identisch zur Elektrotraktion ist<sup>28</sup>. Daraus ergeben sich THG-Emissionen aus der Bereitstellung und Verbrennung von Dieseldieselkraftstoff.

### 4.2.1 Spezifischer Energieverbrauch Elektrotraktion und Dieseltraktion

Grundlage zur Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs des Bahntransports ist der Energieverbrauch pro gezogene Bruttotonne [Wh/Bt]. Daraus lässt sich der spezifische Energieverbrauch per tkm ( $E_s$ ) folgendermaßen berechnen:

$$E_s = E_{Bt} / (\text{Zuladung (t)} / \text{Zuggewicht (Bt)})$$

Daten zum Energieverbrauch pro gezogene Bruttotonne ( $E_{Bt}$ ) basieren auf EcoTransIT 3.1 Stand April 2011. Laut Dokumentation handelt es sich hierbei um eine statistische Auswertung von Railion Daten für das Jahr 2007. Die Qualität und Repräsentativität der Daten hinsichtlich verschiedener Zugtypen (Kombi-, Einzelwagen, Ganzzugverkehr) ist schwer einzuschätzen, da hier nur Mittelwerte vorliegen und Streubreiten nicht aufgeführt sind. Gegenüber den in EcoTransIT 2.1 verwendeten Daten zeigen die neuen Daten eine Reduktion des Energieverbrauchs von 20-30%. Entsprechend der EcoTransIT Dokumentation beruht diese Reduktion auf einem Wechsel in der Erfassungs- und Berechnungsmethodik. Da alternative Studien nicht verfügbar sind, werden im Folgenden EcoTransIT 3.1 Daten als Grundlage für die Verbrauchsberechnungen des Bahnverkehrs genutzt.

<sup>27</sup> Der Nachhaltigkeitsbericht 2009 der DB AG nennt einen Anteil von 4,2% am Schienengüterverkehr der DB AG. ([http://www.deutschebahn.com/site/nachhaltigkeitsbericht\\_2009/de/unsere\\_umwelt/luft/schienenverkehr/schienenverkehr.html](http://www.deutschebahn.com/site/nachhaltigkeitsbericht_2009/de/unsere_umwelt/luft/schienenverkehr/schienenverkehr.html), abgerufen am 13. 7.2011). Angaben des VDV zufolge wird für die privaten Betreiber von einem höheren Anteil an Dieseltraktion ausgegangen. (ifeu. TREMOD Version 5, 2010). Daher wird für diese Studie an ausgewiesenen Stellen ein Dieseltraktionsanteil von 5% berücksichtigt.

<sup>28</sup>European Commission, DG TREN, ARTEMIS – Final report, Oktober 2007, S. 216



#### 4.2.2 Lebenszyklusemissionen Elektrotraktion

Die Bahn betreibt ein eigenes niederfrequentes Stromnetz, dessen Energieträgermix sich entsprechend Abbildung 4-5 zusammensetzt. Hierbei wird der physikalische Strom Mix betrachtet, d.h. erworbene Grünstromzertifikate (RECS) werden nicht berücksichtigt. Dies betrifft rund 8% des Bahnstroms. Für diesen Anteil wird entsprechend den in Anhang B gemachten Ausführungen die Zusammensetzung des deutschen Strommix zugrunde gelegt. Für diesen Mix wurde der CO<sub>2</sub>-Faktor berechnet<sup>29</sup>. Der errechnete Wert von 590 g CO<sub>2</sub>/kWh deckt sich gut mit dem von DB Schenker veröffentlichten Wert von 597 g/kWh<sup>30</sup>. Der Faktor für die Treibhausgase

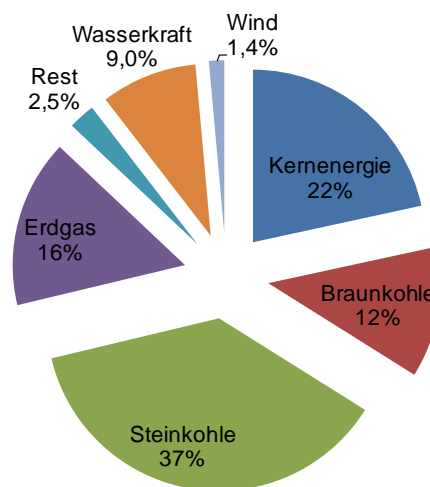


Abbildung 4-5: Zusammensetzung des Bahnstrommix 2010.

wurde analog ermittelt. Die in Tabelle 4-2 aufgeführten Emissionswerte berücksichtigen sowohl die Energieträgerbereitstellung aus den verschiedenen Förderländern für die unterschiedlichen Energieträger (Stein- und Braunkohle, Erdgas etc.) als auch deren Umwandlung in deutschen Kraftwerken. In dieser Studie wird für die Bereitstellung des Bahnstroms ein Wert von 628 g CO<sub>2</sub>e/kWh<sup>29</sup> zugrundegelegt. Die verwendeten Umweltindikatoren für den Bahnstrommix sind in Tabelle 4-2 zusammengefasst.

Tabelle 4-2: Umweltindikatoren für den Bahnstrommix 2010

	THG-Emissionen (g CO <sub>2</sub> e/kWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (g CO <sub>2</sub> /kWh)
Bahnstrommix	628	590

#### 4.2.3 Lebenszyklusemissionen Dieseltraktion

Emissionen aus der Bereitstellung von Diesel werden im Kapitel 4.1.2 beschrieben. Die THG Emissionen betragen pro kg Diesel Bereitstellung und Nutzung 3,44 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabelle 4-3: Umweltindikatoren für Dieseltraktion

	THG-Emissionen (g CO <sub>2</sub> e/kg Diesel)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (g CO <sub>2</sub> /kg Diesel)
Dieselpreparierung	0,456	0,352
Betrieb	2,98	2,97

<sup>29</sup> Die Berechnung der CO<sub>2</sub> und THG Faktoren erfolgte in GaBi 4 Software; PE/ LBP: GaBi 4 Software und Datenbanken zur Ökobilanzierung, Echterdingen 1992-2011. Bezugsjahr ist 2010.

<sup>30</sup> DB Schenker: Umweltbroschüre 2011; Frankfurt, 2011.



**Fazit:**

- Berücksichtigung der Verbrauchswerte entsprechend EcoTransIT 3.1<sup>31</sup>
- Berücksichtigung des physikalischen Strommix der DB AG
- THG Emissionen bei der Bahnstrombereitstellung 628 g CO<sub>2</sub>e/kWh

#### 4.3 Binnenschiff

Im Rahmen der vorliegenden Aktualisierung der PE Studie 2011, wurde ausschließlich auf Bahn und LKW fokussiert. Aus diesem Grund wird der Schifftransport im weiteren Verlauf der Studie nicht betrachtet. Nähere Informationen finden sich in der PE Studie 2010.

---

<sup>31</sup> Stand Juli 2011



## 5 Intermodaler Vergleich Heute

Die in diesem Kapitel dargestellten Fallbeispiele sind identisch mit denen in der ersten Studie. Die Datengrundlage wurde entsprechend der in Kapitel 4 dokumentierten Annahmen für die Verkehrsträger angepasst. Für den Verkehrsträger Schiff liegen keine neuen Daten vor, daher wurde auf eine Berücksichtigung des Verkehrsträger Schiffs an dieser Stelle verzichtet.

### 5.1 Relationsauswahl

Der Vergleich der Verkehrsträger wird exemplarisch an ausgewählten Transportrelationen durchgeführt, im weiteren Verlauf auch Fahrspiel genannt. Die dargestellten Beispiele wurden mit dem Auftraggeber abgestimmt. Ziel der Auswahl ist es ein möglichst weites Spektrum an verschiedenen Transportdienstleistungen darzustellen und zu vergleichen. Ein besonderer Schwerpunkt wurde dabei auf den Containertransport gelegt.

Grundsätzlich wird in der Studie unterschieden zwischen

- Transport von schweren Gütern<sup>32</sup>
- Transport von leichten Gütern

Bei einigen Relationen wurde, um die Vergleichbarkeit der Verkehrsträger zu gewährleisten, bei den Bahntransporten jeweils Nach- bzw. Vorlauf per LKW berücksichtigt. Es sei an dieser Stelle nochmals explizit darauf hingewiesen, dass die ausgewählten Relationen in der Realität nicht von allen Verkehrsträgern bedient werden, da üblicherweise der kostengünstigste Transport zum Einsatz kommt.

Die Bezugsgröße wird für jeden Fall explizit angegeben. Für die Bereitstellung der Kraftstoffe und den Betrieb der einzelnen Verkehrsträger werden die entsprechend in Kapitel 4 vorgestellten Werte und Annahmen verwendet.

### 5.2 Transport von schweren Gütern

#### 5.2.1 Fahrspiel: Transport von schwerem Schüttgut

Der Vergleich der THG – Emissionen von schwerem Schüttgut wird anhand des folgenden Beispiels illustriert und diskutiert:

Fahrspiel: Transport von Gusseisenspänen (Schüttdichte 2 t/m<sup>3</sup>), 1800 t von Stuttgart nach Hamburg.

Der Transport von schwerem Schüttgut (z.B. Gusseisenspäne) ist aus ökonomischen Gründen prädestiniert für den Transport mit der Bahn oder auch dem Binnenschiff. So waren 2009 43%<sup>33</sup> der innerdeutschen Tonnage der Deutschen Bahn Schüttgüter. Der Vergleich mit dem LKW ist also eher von theoretischem Interesse.

<sup>32</sup> Der Begriff „schweres Gut“ bezieht sich in dieser Studie auf die Dichte des transportierten Gutes. Ein Gut mit einer Dichte von 2 t/m<sup>3</sup> (z.B. Eisenspäne, Sand, Eisenerz) wird als schwer bezeichnet während ein Gut mit einer Dichte < 0,2 t/m<sup>3</sup> (z.B. Dämmstoff, Aluminiumspäne, Hackschnitzel) im Sinne der vorgenommenen Einteilung als „leichtes Gut“ bezeichnet wird.

<sup>33</sup> Statistisches Bundesamt, Verkehr im Überblick 2009, Artikelnummer: 2080120097004. Wiesbaden, Oktober 2010

Da zwischen den Verkehrsträgern signifikante Entfernungsunterschiede bestehen, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Gesamtemissionen für den definierten Transportfall angegeben.

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Keine Berücksichtigung von Leerfahrten
  - Kein Vor- und Nachlauf
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: 40 t zulässiges Gesamtgewicht, 100% Auslastung; Distanz: 650 km, Verbrauch 30,6 l/ 100km
  - Bahn: 27 Schüttgutwaggons; 100% Auslastung; Distanz: 680 km, Verbrauch nach EcoTransIT 3.1 (13 Wh/ tkm), 100% E-Traktion

In Abbildung 5-1 werden die THG-Emissionen der ausgewählten Verkehrsträger für den Transport von 1800 t Eisenspänen illustriert.

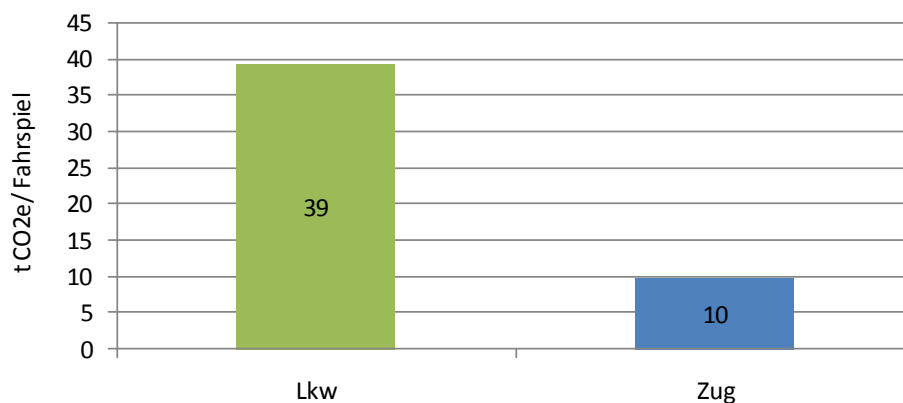


Abbildung 5-1: Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Schüttgut von Stuttgart nach Hamburg

Beim Transport von schwerem Schüttgut wird der Vorteil der Bahn gegenüber dem LKW deutlich. Für das betrachtete Beispiel verursacht der LKW fast die vierfachen THG-Emissionen gegenüber der Bahn. Das gute Abschneiden der Bahn gegenüber dem LKW ist vor allem auf die Parameter Zuggewicht und den Waggontyp zurückzuführen. So kann für schwere Schüttgüter ein Schüttgutwagen mit 66 t Nutzlast eingesetzt werden. Zudem wurde hier, die durch die wesentlich höheren THG-Emissionen charakterisierte Dieseltraktion nicht in die Berechnung mit einbezogen, sowie Leerfahrten und Vor- und Nachlauf vernachlässigt.

Bei der Modellierung wurde darauf Wert gelegt, dass äquivalente Mengen (1800 t) transportiert werden. Aufgrund der hohen Dichte des Transportgutes Eisenspäne ergeben sich sowohl für den LKW als auch für die Bahn sehr hohe Auslastungen von jeweils 100% (bezogen auf die geladene Masse).

### 5.2.2 Fahrspiele Containertransport von schweren Stückgütern

Der Vergleich der THG-Emissionen von schweren Stückgütern, transportiert im Container, wird anhand der folgenden Beispiele illustriert und diskutiert:

- Fahrspiel 1: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Bremen
- Fahrspiel 2: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Rastatt

Bezugsgröße: Da zwischen den Verkehrsträgern Entfernungsunterschiede bestehen, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Gesamtemissionen für den definierten Transportfall angegeben. Die Transportrelationen wurden für die Bahn idealisiert mit 100% Elektrotraktion berechnet.

#### 5.2.2.1 Fahrspiel 1: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Bremen

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Keine Berücksichtigung von Leerfahrten
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: 30,6 l/100 km (bei Vollauslastung, Standardwert für diese Studie); Distanz: 633 km; Auslastung: 84% bezogen auf die maximale effektive Zuladung von Fracht (Sattelaufleger)
  - Bahn: Ganzzug 20 Wagen; Distanz: 628 km; Wechselbrücken, die jeweils mit ca. 10,5 t Ladung gefüllt sind (92% bezogen auf die maximale effektive Zuladung von Fracht); Vorlauf Bahntransport: 2 km LKW; 100% E-Traktion

In Abbildung 5-2 werden die THG-Emissionen des Fahrspiel 1 für die ausgewählten Verkehrsträger grafisch gegenüber gestellt.

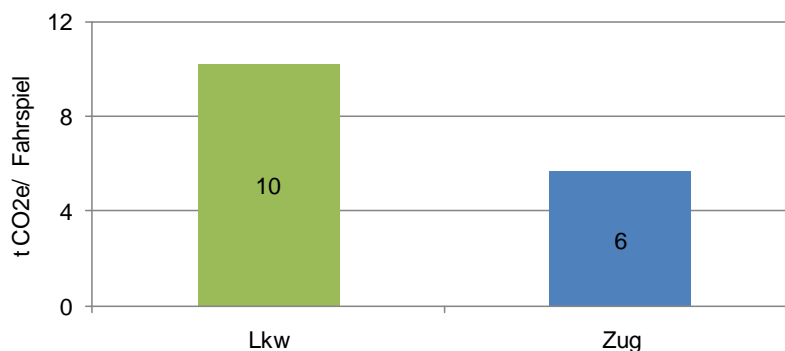


Abbildung 5-2: Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut im Werksverkehr von Stuttgart nach Bremen.

Das Fahrbeispiel zeigt die Bahn mit leichten Vorteilen gegenüber dem LKW bei einem Transport in langen Ganzzügen. Von Vorteil ist hierbei für die Bahn, dass Vor- und Nachlauf minimal sind und auch der Leerwagenanteil nicht berücksichtigt wurde. Andererseits würde eine Verwendung von längeren Containerwagen (3 statt 2 TEU Ladekapazität) zu einer weiteren Reduktion der THG Emissionen für die Bahn um ca. 10% führen. Grundsätz-

lich zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen Bahn und LKW bei diesem Fahrspiel bei weitem nicht so deutlich sind, wie häufig kommuniziert.

5.2.2.2 Fahrspiel 2: Transport von Motoren und Getriebeteilen von Stuttgart nach Rastatt  
Die Strecke ist durch ein sehr anspruchsvolles Höhenprofil charakterisiert.

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - 220 t, just-in-sequence Lieferung (2x je Arbeitstag)
  - Keine Berücksichtigung von Leerfahrten
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: Kraftstoffverbrauch: 2 Fälle unterschieden:
    - a) 30,6 l/100 km (bei Vollaustattung, Standardwert für diese Studie)
    - b) 36 l/100 km (Realverbrauch für die gefahrene Strecke und tatsächliche Auslastung, anspruchsvolles Streckenprofil)
  - Distanz LKW: 115 km; Auslastung: 83% (Sattelaufliieger)
  - Bahn: Traktionsart: 100% elektrisch. Energieverbrauch: 2 Fälle:
    - EcoTransIT hilly Funktion (Durchschnitt für Deutschland und Standardwert für diese Studie).
    - EcoTransIT mountain Funktion (10% höhere Verbrauchswerte)
  - Distanz Bahn: 108 km; Auslastung: 73% (40 ft Container); 6 Wagen; Vorlauf Bahntransport: 2 km LKW

In Abbildung 5-3 werden die THG-Emissionen für die ausgewählten Verkehrsträger grafisch gegenüber gestellt.

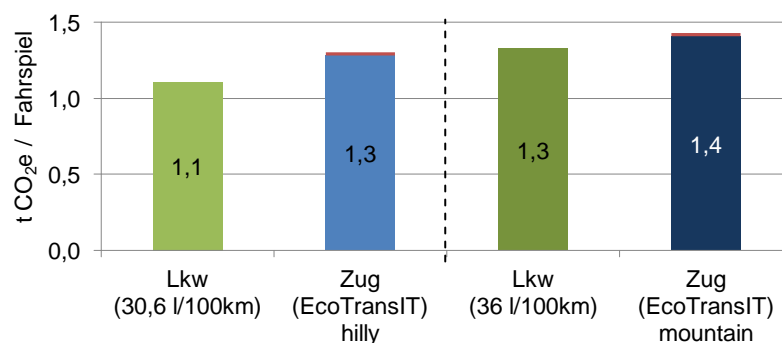


Abbildung 5-3: Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut im Werksverkehr von Stuttgart nach Rastatt<sup>34</sup>.

Die Balken auf der linken Seite zeigen den Vergleich Bahn-LKW wie er sich ergibt, wenn mit Durchschnittswerten<sup>35</sup> für den Verbrauch gerechnet wird. Auf der rechten Seite, wurde

<sup>34</sup> Beim Zug sind Hauptlauf (blau) und Vorlauf (rot) dargestellt.



für den LKW der tatsächlich gemessene Verbrauch für das anspruchsvolle Fahrprofil zwischen Stuttgart und Raststatt<sup>36</sup> zugrunde gelegt. Wird beim LKW auf strecken- und fahrzeugspezifische Verbrauchsdaten zurückgegriffen, sollte dies auch für den Bahntransport erfolgen. Diese sind allerdings für die Bahn nicht verfügbar. Um einen Vergleich zu ermöglichen, gehen wir in erster Näherung davon aus, dass auch ein möglicher Zugtransport auf dieser Strecke ein anspruchsvolleres Profil bewältigen muss, als im deutschen Durchschnitt. Aus diesem Grund wird hier auf die EcoTransIT „mountain-Funktion“ zurückgegriffen, welche gegenüber dem für den deutschen Durchschnitt genutzten Wert durch einen 10% höheren Verbrauchswert gekennzeichnet ist.

Es zeigt sich in beiden dargestellten Fällen, ein im Vergleich zu 5.2.2.1 verändertes Bild zugunsten des LKW-Transports. Das illustrierte Beispiel zeigt zudem die Bedeutung spezifischer Verbrauchsdaten für einen realistischen Vergleich.

**Fazit:** Die Beispiele verdeutlichen, dass beim Transport schwerer Stückgüter

- die generelle Aussage, die Bahn ist die bessere Lösung hinsichtlich Treibhausgasemissionen nicht haltbar ist.
- die THG-Emissionen von Bahn und LKW in der gleichen Größenordnung liegen.
- je nach Zuglänge bzw. Zuggewicht sowie Vor- & Nachlaufstrecke die Bahn oder der LKW Vorteile zeigen können.

### 5.2.3 Verallgemeinerungen zum Transport von schwerem Stückgut

An dieser Stelle wird abschließend zum Thema Ganzzug- oder Containertransport von schwerem Stückgut ein allgemeiner Vergleich gezeigt.

Gemäß des definierten Ziels und den sich daraus ergebenden Systemgrenzen, werden hier nur Inlandtransporte betrachtet. Eine Betrachtung von internationalen Verbindungen, die eine Reihe von weiteren Festlegungen und damit Datenerfassung und -auswertungen nach sich zieht, war nicht Gegenstand dieser Studie.

Diese Einschränkung hat für den Bahntransport v.a. Auswirkungen auf die Zuglänge und das Zuggewicht, welche für den nationalen Transport geringer sind, sowie auf den Anteil der Dieseltraktion, der in anderen EU Staaten variiert. Für den LKW betrifft das beispielsweise die Flottenzusammensetzung hinsichtlich Euronorm-Klassen, die wiederum Auswirkungen auf den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch hat (siehe Kapitel 4.1.1)

Der 500 Bt-Zug kann in erster Näherung als repräsentativ für den nationalen Kombiverkehr betrachtet werden. Gemäß eigenen Berechnungen auf Basis der Transportleistung von

<sup>35</sup> Vorgabewerte entsprechend vorgeschlagener Nomenklatur des aktuellen Entwurfs der CEN Initiative prEN 16258:2011.

<sup>36</sup> Fahrzeug- und routentypischer Durchschnittswert des Transportdienstleisters entsprechend vorgeschlagener Nomenklatur des aktuellen Entwurfs der CEN Initiative prEN 16258:2011



Kombiverkehr in 2008 bzw. 2010 liegt das durchschnittliche Zuggewicht bei ca. 580 bzw. 600 Bt<sup>37</sup>.

Entsprechend Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird für den Verbrauch des LKW die Zusammensetzung der LKW Flotte nach Euro Normen entsprechend der BAG Maut Statistik berücksichtigt.

Da es sich hierbei um keine fallspezifische Verkehrsrelation handelt, werden für den verkehrszweigübergreifenden Vergleich die Emissionen bezogen auf die Transportleistung - einen Tonnenkilometer (tkm) - angegeben.

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Container sind massenmäßig voll beladen mit 26 t Gesamtgewicht
  - Traktionsart: 95% Elektrotraktion, 5% Dieseltraktion
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: 100% Auslastung, 11% Leerfahrtenanteil nach BGL<sup>38</sup>), Kraftstoffverbrauch: 30,6 l/100 km
  - Bahn: 100% Auslastung und 50% bzw. 80% Leerfahrtenanteil nach EcoTransIT<sup>39</sup>
  - Hinsichtlich der Zuggewichte werden zwei Fälle betrachtet:
    - a) Ganzzug mit 500 Bt
    - b) Ganzzug mit 1000 Bt

In Abbildung 5-4 werden die THG-Emissionen je tkm für die ausgewählten Verkehrsträger grafisch dargestellt.

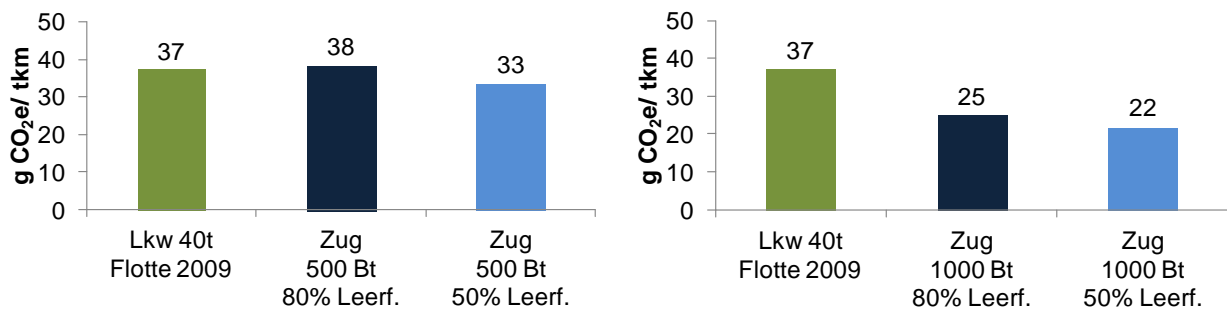
---

<sup>37</sup> Kombiverkehr: Geschäftsbericht 2008 und 2010, Frankfurt am Main; UIRR Statistics 2010, Brüssel 2011+ eigene Berechnungen

<sup>38</sup> Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL): Verkehrswirtschaftliche Zahlen (VWZ) 2008-09. Frankfurt a.M. 2010.

<sup>39</sup> EcoTransIT: Werkzeug zur Quantifizierung der Emissionen des Güterverkehrs. Entwickelt von Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, / Rail Management Consultants GmbH (RMCon). <http://www.ecotransit.org/>. Hannover, 2000-2011.





**Abbildung 5-4: Vergleich der THG-Emissionen beim Transport von schwerem Stückgut (z.B. in Containern) LKW mit 500 Bt Zug bzw. 1000 Bt Zug**

Die Ergebnisse zeigen, dass im Fall des Zuges mit einem Gewicht von 500 Bt beide Verkehrsträger auf Augenhöhe liegen. Legt man einen Leerfahrtenanteil<sup>40</sup> der Bahn von 80% zugrunde schneidet der LKW vergleichbar ab, geht man von einem Leerfahrtenanteil von 50% für den Bahntransport aus, so zeigt der Zugtransport leichte Vorteile. Zieht man in Betracht, dass im Falle des Bahntransports noch ein Vor- und Nachlauf notwendig ist kann sich das Ergebnis wieder zugunsten des LKW verschieben. Im Falle eines Zugewichts von 1000 Bt ergeben sich unabhängig vom Leerfahrtenanteil Vorteile für den Bahntransport. Jedoch fallen diese Vorteile niedriger aus als im Vergleich zu anderen Studien und Veröffentlichungen, die 50-80% niedrigere Emissionen für den Transport per Bahn gegenüber dem Transport per LKW ausweisen (siehe Kapitel 1.1). Grundsätzlich zeigt sich hier die einfache Tatsache, dass sowohl Klimabilanz als auch Wirtschaftlichkeit des Bahntransports von der realisierbaren Zuglänge abhängen.

Ein Zuggewicht in der Größenordnung von 1000 Bt repräsentiert z.B. einen durchschnittlichen Zug im internationalen Kombiverkehr. Eine direkte Übertragbarkeit des Vergleichs auf internationale Verbindungen ist allerdings nicht ohne weiteres möglich, da die Energieverbräuche, der Strommix für die Bahnstrombereitstellung und die damit verbundenen CO<sub>2</sub> bzw. THG-Emissionen sowie der Anteil der Dieseltraktion im Güterfernverkehr in anderen europäischen Staaten abweichen.

**Fazit:**

- Die Ergebnisse zeigen, dass LKW und Bahn beim Transport von schweren Stückgütern in Deutschland im Falle eines Zuggewichts von 500 Bt gleichauf liegen ohne Berücksichtigung des Vor – und Nachlaufs und dass die Unterschiede im Falle des 1000 Bt Zuges geringer ausfallen als in anderen Studien dargestellt.
- Statt griffiger Pauschalaussagen „Bahn ist besser als LKW“, bedarf es vielmehr der konkreten Einzelfallbetrachtung um die umweltfreundlichste Transportdienstleistung zu identifizieren.

<sup>40</sup> Der Leerfahrtenanteil beschreibt dabei das Verhältnis von ausgelasteten Waggons und leeren Waggons. Beispielsweise spricht man von einem Leerfahrtenanteil von 100%, wenn ein Waggon befüllt ist und ein anderer leer ist. Bei einem Zug mit 20 Waggons und einem Leerfahrtenanteil von 50% sind 5 Waggons nicht beladen.

## 5.3 Transport von leichten Gütern

### 5.3.1 Transport von Dämmstoffen (Volumenlimitiertes Gut)

Der Vergleich der THG-Emissionen von leichten, volumenlimitierten Gütern wird anhand des folgenden Beispiels illustriert und diskutiert:

Fahrspiel: Transport von 240 t Dämmstoff (Schüttdichte 0,08 t/m<sup>3</sup>) von Stuttgart nach Hamburg

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Keine Berücksichtigung von Leerfahrten
  - 100% Volumenauslastung je Verkehrsträger
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: Massenmäßige Auslastung von 32,6%; Volumenaufleger (95 m<sup>3</sup>) Distanz: 650 km. Verbrauch 24,1 l/100 km (aus 30,6 l/100 km bei 100% massenbezogener Auslastung)
  - Bahn: Massenmäßige Auslastung von 41,6%; Wagentyp: Hbbills 311 mit 140 m<sup>3</sup>; Zug mit 19 Wagen; Distanz: 680 km; Verbrauch nach EcoTransIT Hilly, 100% E-Traktion

Bezugsgröße: Da zwischen den Verkehrsträgern Entfernungsunterschiede bestehen, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Gesamtemissionen für den definierten Transportfall angegeben.

In Abbildung 5-5 werden die THG-Emissionen des untersuchten Fahrspiels für die ausgewählten Verkehrsträger illustriert.

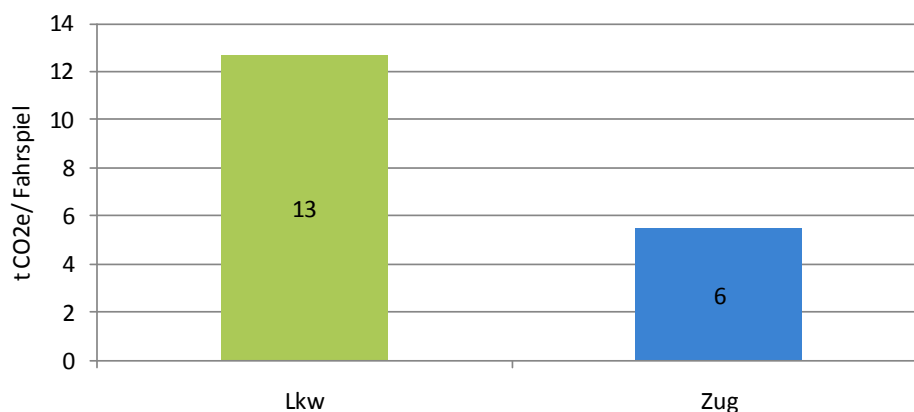


Abbildung 5-5: THG-Emissionen für den Transport von Dämmstoff von Stuttgart nach Hamburg

Aufgrund des für Volumengüter optimal gewählten, Waggontyps (Schiebetürwagen) zeigt die Bahn deutlich geringere THG-Emissionen als der LKW.



Der Einfluss der Wahl des Wagentyps auf die THG-Bilanz wird im nächsten Abschnitt näher untersucht.

**Fazit:**

- Bei Transport von Volumengütern Vorteile für Zug gegenüber LKW aufgrund optimalen Waggontyps

### 5.3.2 Sensitivitätsanalyse: Einfluss Wagentyp und Zuglänge

In diesem Abschnitt soll der Einfluss des Wagentyps sowie Zuglänge auf den Vergleich Bahn-LKW untersucht werden.

Fahrspiel: Transport von Dämmstoff mit einer Schüttdichte 0,08 t/m<sup>3</sup>

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - 100% Volumenauslastung für alle Verkehrsträger.
  - Für die Bahn wird ein Leerfahrtenanteil von 20%<sup>41</sup> angenommen, für LKW 11%<sup>42</sup>
  - Verbräuche entsprechend Kapitel 5.3.1
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: Es werden zwei Typen unterschieden:
    - LKW-Volumenaufleger; Ladevolumen: 95 m<sup>3</sup>
    - LKW 40 ft Container High Cube; Ladevolumen: 76,3m<sup>3</sup>
  - Bahn: 100% E-Traktion, es werden drei Wagentypen unterschieden:
    - Schiebetürwagen Hbbills 311; Ladevolumen 140 m<sup>3</sup>, bei der angenommenen Schüttdichte ergibt sich daraus eine Massenauslastung von 35%; zur Orientierung ein Zuggewicht: von ~500 Bt wird bei 17 Wagen erreicht.
    - Containerwagen Lgs 580 mit 40 ft Seecontainer High Cube; Ladevolumen 76,3m<sup>3</sup>, bei der angenommenen Schüttdichte ergibt sich daraus eine Massenauslastung von 19%, zur Orientierung: ein Zuggewicht von ~500 Bt wird bei 27 Wagen erreicht.
    - Schüttgutwagen Tagos 896, Ladevolumen 75 m<sup>3</sup>, bei der angenommenen Schüttdichte ergibt sich daraus eine Massenauslastung von

<sup>41</sup> EcoTransIT: Werkzeug zur Quantifizierung der Emissionen des Güterverkehrs. Entwickelt von Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, / Rail Management Consultants GmbH (RMCon). <http://www.ecotransit.org/>. Hannover, 2000-2011.

<sup>42</sup> Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL): Verkehrswirtschaftliche Zahlen (VWZ) 2008-09. Frankfurt a.M. 2010.

8%<sup>43</sup> Massenauslastung, zur Orientierung: ein Zuggewicht von ~500 Bt wird bei 17 Wagen erreicht.

Zu beachten ist die Bezugsgröße. Da es sich hierbei um keine fallspezifische Verkehrsrelation handelt, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Emissionen bezogen auf einen Tonnenkilometer (tkm) angegeben.

In Abbildung 5-6 werden die THG-Emissionen für die ausgewählten Verkehrsträger in Abhängigkeit von Zuglänge (Anzahl der Waggons: 5/10/15/20) und Wagentyp grafisch dargestellt.

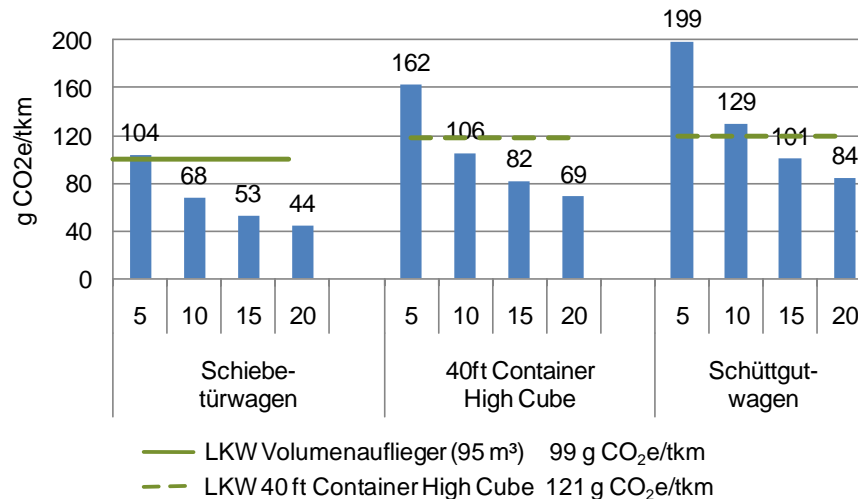


Abbildung 5-6: THG-Emissionen für den Transport von leichtem Transportgut in Abhängigkeit von Zuglänge und Wagentyp mit 20% Leerfahrtenanteil der Bahn.

Es zeigt sich, dass der Schiebetürwagen die optimale Wahl für den Transport von leichten Volumengütern ist. Vergleichbare THG Emissionen ergeben sich für LKW (Volumenaufleger) und Kurzzügen mit 5 Waggons. Beim Einsatz von High Cube Containern, liegen LKW (Volumenaufleger) und Bahn bei einer Zuglänge mit ~8 Wagen gleichauf. Bei einem Transport im Schüttgutwagen schneidet der LKW (Volumenaufleger) auch gegenüber einem Zug von 10 Wagen besser ab.

#### Fazit:

- LKW: CO<sub>2</sub>e-Emissionen bis ca. 100-120 g/tkm für Volumengüter je nach Aufliebertyp
- Vorteile der Bahn gegenüber dem LKW schon bei Kurzzügen bei Wahl eines geeigneten Wagentyps.

<sup>43</sup> Dieser Waggontyp wurde gewählt, da er in etwa den Eigenschaften des in EcoTransIT 3.1 einheitlich hinterlegten Waggontyps entspricht.

## 6 Zukünftige Entwicklungen

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen absehbarer möglicher Veränderungen für die verschiedenen Verkehrsträger auf den ökologischen Vergleich untersucht.

Hierbei werden die folgenden Schwerpunkte gesetzt:

- Verbrauchseffizienzsteigerungen bei Bahn und LKW
- Umsetzung zukünftiger Abgasnormen (Euro VI)
- Zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW

Zusätzlich wurde für den Transport von Volumengütern die Nutzung des Lang-LKWs<sup>44</sup> untersucht.

### 6.1 Verbrauchseffizienzsteigerungen und zukünftige Abgasnorm LKW:

Sowohl für den LKW als auch für die Bahn gehen wir von einer jährlichen Verbrauchseffizienzsteigerung aus. Beim LKW wird diese teilweise wieder kompensiert durch die Einführung von Euro VI. Wie in Abbildung 6-1 illustriert, geht man davon aus, dass 0,8% Effizienzsteigerung pro Jahr<sup>45</sup> für den LKW realistisch sind. In dieser Betrachtung eingeschlossen ist der Mehrverbrauch (3%) mit Einführung der Abgasnorm EURO VI in 2013.

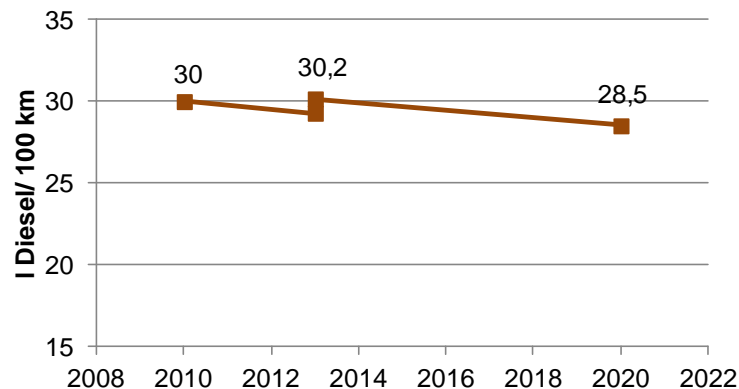


Abbildung 6-1: Verbrauchsentwicklung LKW 2008 bis 2020

Für die Bahn wird eine jährliche Effizienzsteigerung von 0,35% angenommen.<sup>46</sup>

<sup>44</sup> 40t zulässiges Gesamtgewicht; auch bekannt als EuroCombi.

<sup>45</sup> AEA: Reduction and Testing of GHG Emissions from Heavy Duty Vehicles – Lot 1: Strategy. ED46904 - Final report to the European Commission, 2011.

<sup>46</sup> Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009.

## 6.2 Zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW

Besonders interessant und auch von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der THG-Emissionen ist die Frage: „Wie sieht die zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW aus?“

Für den Straßentransport wird angenommen, dass im Fernverkehr auch 2020 weiterhin Diesel eingesetzt wird, entscheidend ist der Beimischungsanteil von Biodiesel. Gemäß Renewable Energy Actions Plan<sup>47</sup> der Bundesrepublik Deutschland, welcher im Rahmen der Renewable Energy Directive verfasst wurde, wird für Deutschland eine durchschnittlichen Beimischung von 20% angenommen (siehe Kapitel 4.1.2).

Bei der Bahn ist aufgrund des beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergie in Deutschland mit signifikanten Änderungen in der Strombeschaffung zu rechnen. Die Frage wie die ca. 22% Strom aus Kernenergie ersetzt werden kann zum Zeitpunkt dieser Studie nur mit Hilfe einer Szenariobetrachtung abgebildet werden. Im Rahmen dieser Studie werden 2 Szenarien betrachtet:

- S1: DE Mix 2020 BMU: Erhöhung des physikalischen Anteils der erneuerbaren Energie (EE) von heute 11%<sup>48</sup> auf zukünftig 39%<sup>49</sup> (in Anlehnung an die BMU Leitstudie für Deutschland)
- S2. DB Mix 2020: Erhöhung des physikalischen Anteils der erneuerbaren Energie (EE) von heute 11% auf zukünftig 27%<sup>50</sup>

Das erste Szenario (S1) basiert auf der vom BMU in Auftrag gegebenen Studie zur zukünftigen Entwicklung des deutschen Strommix. Diese Studie beschäftigt sich mit der Entwicklung der Stromerzeugung und der Struktur der zukünftigen Energieversorgung. Grundlage für die Ermittlung des Bahnstrommix war dabei das Basisszenario 2010 A der BMU Studie. Kohle hat in diesem Szenario in 2020 einen Anteil von insgesamt rund 37% und Erdgas/Heizöl liegen bei 18%. Die Kernenergie hat im gleichen Szenario in 2020 noch einen Restanteil von knapp 5%. Der Anteil erneuerbarer Energien macht 39% aus.

Das zweite Szenario (S2) lehnt sich an das Beschaffungsportfolio der DB Energie an. Der Mix leitet sich ab aus bestehenden Lieferverträgen der DB Energie und der Beschaffung der restlichen Strommenge aus dem deutschen Strom Mix in 2020/21. Ferner wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass die Kernenergie keine Rolle mehr spielt. Der Kohleanteil liegt bei 55%, Erdgas/-öl liegen vergleichbar bei 17%. Die erneuerbaren Energien machen in Summe ca. 27% aus. Abbildung 6-2 zeigt die Zusammensetzung der Strommische nach Energieträger in der Übersicht.

<sup>47</sup> Gemäß Artikel 4 der Renewable Energy Directive der Europ. Kommission (2009/28/EC) ist jedes EU Mitglied verpflichtet bis 30.6.2010 einen nationalen Aktionsplan gemäß der Vorlage der Kommission zu erarbeiten, der die Einhaltung des verbindlichen Zieles von 20% Anteil Erneuerbarer Energien am Gesamtendenergieverbrauch des Mitgliedslandes darlegt.

<sup>48</sup> [http://www.deutschebahn.com/site/bahn/de/nachhaltigkeit/umwelt/klimaschutz/db\\_und\\_klimaschutz/db\\_und\\_klimaschutz.html](http://www.deutschebahn.com/site/bahn/de/nachhaltigkeit/umwelt/klimaschutz/db_und_klimaschutz/db_und_klimaschutz.html), (letzter Zugriff 9. Juli 2011) ohne RECS-Anteil entsprechend Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009 und eigene Berechnungen.

<sup>49</sup> Auf Basis Nitsch, J et al: „Leitstudie 2010“ - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. im Auftrag des BMU,FKZ 03MAP146. DLR, IWES, IFNE. 2010 und eigene Berechnungen

<sup>50</sup> Auf Basis Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009 und eigene Berechnungen. 27% Strom aus erneuerbaren Ressourcen setzen sich zusammen: 19% eigener Erzeugung durch DB + ~8% über Anteil Erneuerbarer Energien im dt. Strom Mix (Bezug von ~25% des DB Strombedarf aus dt. Stromnetz in 2021)

Für die Kraftwerke wurde eine jährliche Verbesserung der Energieeffizienz von  $\sim 0,9\%$ <sup>51</sup> berücksichtigt.

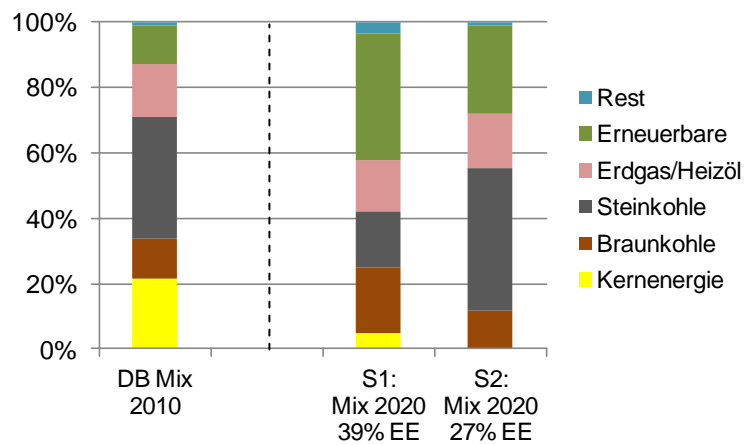


Abbildung 6-2: Zusammensetzung des DB Strommix im Vergleich zu Strommixszenarien

Je nach Szenariowahl kommt es somit zu einer Erhöhung oder Reduktion der spezifischen THG Emissionen der zukünftigen Strombereitstellung gegenüber 2010.

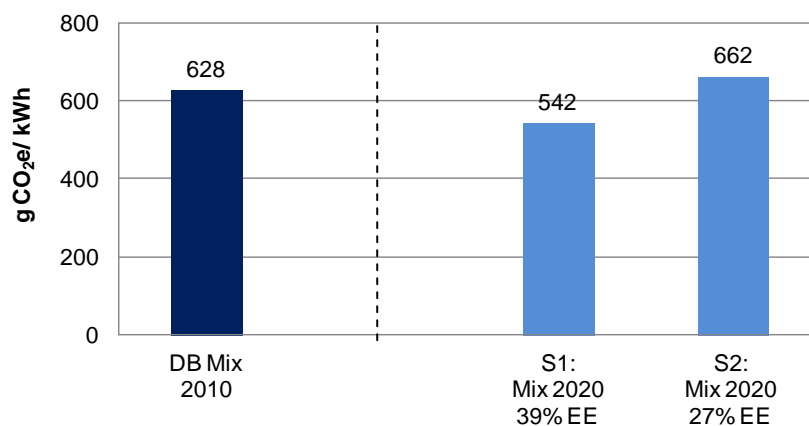


Abbildung 6-3: Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung Ist-Zustand und Szenarien für die zukünftige Entwicklung

**Fazit:**

- Reduktion des Energieverbrauchs bei LKW und Bahn um 0,8% bzw. 0,35% p.a.
- Dieselkraftstoff mit Anteil von 20% Biodiesel in 2020
- Zukünftige Entwicklung der Strombereitstellung für die Bahn: je nach Szenario ergibt sich eine 14% Reduktion (S1) oder ein 5% Anstieg (S2) der THG-Emissionen für 2020

<sup>51</sup> OECD/ IEA: World Energy Outlook 2010. Paris, 2010: relative Reduktion Eigenverbrauch um 1%. Nach Nitsch, J et al: „Leitstudie 2010“ – BMU 2010: relative Steigerung des Wirkungsgrades um 0,8%

## 6.3 Zukünftige Entwicklungen LKW und Bahn im Transport schwerer Güter

### 6.3.1 Auswirkungen einer Verlagerung von schwerem Stückgut von der Straße auf die Schiene

Dieses Beispiel nimmt Bezug auf die aktuelle Diskussion zur Verlagerung des Transports von Gütern für Distanzen grösser als 300 km von der Straße auf die Schiene, wie sie im Weißbuch der Kommission<sup>52</sup> vorgeschlagen wird.

Das hier dargestellte Beispiel beruht auf einer realen Falluntersuchung zur Verlagerung des Transports von schweren Stückgütern von der Straße auf die Schiene über eine Distanz von rund 400 km. Neben den gerade beschriebenen Änderungen in der Effizienz- und Energiebereitstellung, ist hier auch der Vor- und Nachlauf mit in die Berechnung eingeflossen.

Für den konkreten Fall des Transports von Kfz-Bauteilen aus NRW nach Stuttgart wurden Vor- und Nachlaufdistanzen von 25-50 km ermittelt. Den hier dargestellten Berechnungen ist eine durchschnittliche Distanz von 35 km zu Grunde gelegt. Dies deckt sich auch gut mit dem Ergebnis einer zusätzlich durchgeführte Literaturstudie die Vor- und Nachlaufdistanzen in der Bandbreite von 20 – 90 km<sup>53</sup> ergeben hat (siehe Abbildung 6-4).

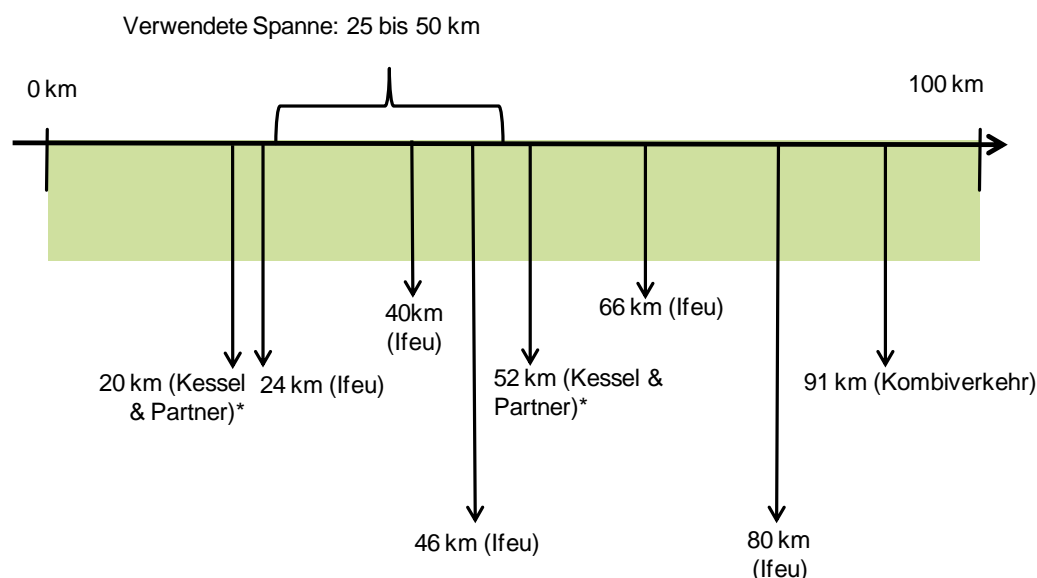


Abbildung 6-4: Vorlauf und Nachlauf im kombinierten Güterverkehr

Auch der Leerfahrtenanteil wird wiederum mit betrachtet. Hier werden im Falle der Bahn in Anlehnung an die in EcoTransIT genannten Werte neben den Leerfahrtenanteilen von 50% und 80 % auch ein Szenario mit Leerfahrtenanteilen von 20% berücksichtigt, das im Einzelfall bei einer logistischen Optimierung in Zukunft möglich sein könnte.

<sup>52</sup> EU Kommission: Transport Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem; KOM(2011) 144; Brüssel, 2011.

<sup>53</sup> Ifeu/ SGKV, 2002, Kessel und Partner, 2003 und Kombiverkehr, 2011.



Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Container sind massenmäßig voll beladen mit 26 t Gesamtgewicht
  - 290 t Fracht
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: 410 km, Kraftstoffverbrauch: 28,5 l/100 km, 20% Biokraftstoff Beimischung, 11% Leerfahrtenanteil nach BGL<sup>54</sup>
  - Bahn: 390 km Hauptlauf, 35km Vorlauf LKW, 16 Waggons mit je 2 TEU  
20% - 80% Leerfahrtenanteil nach EcoTransIT<sup>55</sup>; Traktionsart: 95% E-Traktion, 5% Dieseltraktion; EE Anteil: für S1: 39%; für S2: 27%

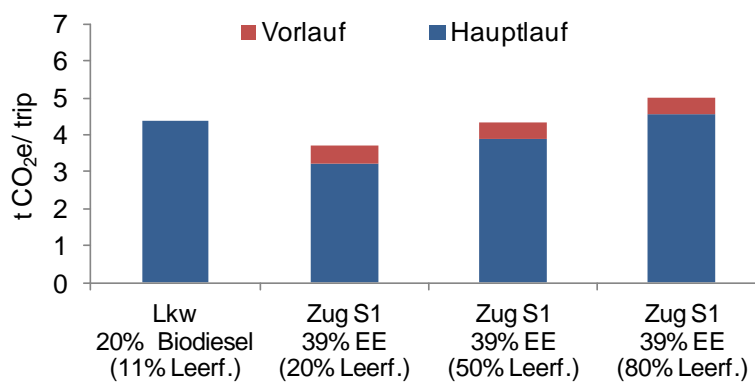


Abbildung 6-5: Zukünftiger Transport schwere Stückgüter über mittlere Distanz (> 300km) – Strommix S1:2020 BMU mit 39% EE

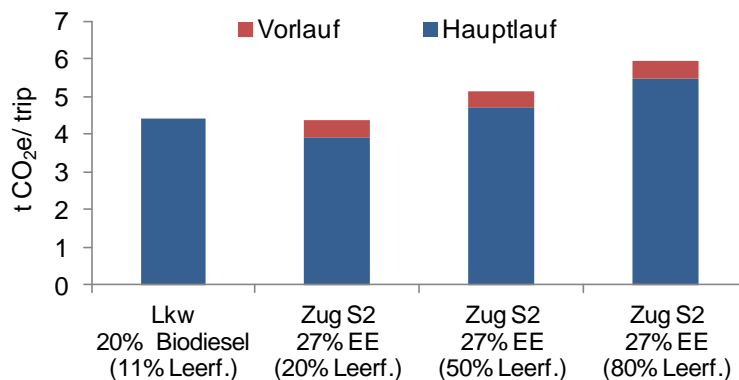


Abbildung 6-6: Zukünftiger Transport schwere Stückgüter über mittlere Distanz (> 300km) – Strommix S2: 2020 DB mit 27% EE

Im Szenario S1 (mit EE Anteil von 39% für den Bahnstrom) (siehe Abbildung 6-5) zeigt sich eine leicht bessere Performance durch eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene, wenn ein Leerfahrtenanteil von 20% erreicht werden kann. Bei höheren Leerfahrtenanteilen der Bahn sind keine positiven Effekte von einer Verlagerung zu erwarten. Im Falle eines

<sup>54</sup> Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL): Verkehrswirtschaftliche Zahlen (VWZ) 2008-09. Frankfurt a.M. 2010.

<sup>55</sup> EcoTransIT: Werkzeug zur Quantifizierung der Emissionen des Güterverkehrs. Entwickelt von Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, / Rail Management Consultants GmbH (RMCon). <http://www.ecotransit.org/>. Hannover, 2000-2011.



Leerfahrtenanteils der Bahn oberhalb der 50% ist im gezeigten Beispiel mit einer Verschlechterung der CO<sub>2</sub>- bzw. THG-Bilanz durch eine Verlagerung zu rechnen.

Für das Szenario S2 (EE Anteil von 27% für den Bahnstrom) (siehe Abbildung 6-6), ist bereits bei einem Leerfahrtenanteil der Bahn von 50% mit einer Verschlechterung der THG-Bilanz bei einer Verlagerung des Transports von der Straße auf die Schiene zu rechnen. Lediglich bei einem Leerfahrtenanteil von 20% des Bahntransports ist die Bahn mit dem LKW konkurrenzfähig. Allerdings kann auch hier nicht unbedingt ein positiver Effekt bei der Verlagerung erwartet werden.

Die Ergebnisse der aufgezeigten Szenarien zeigen, dass eine Verlagerung des Transports von schweren Stückgütern von der Straße auf die Schiene nicht unmittelbar zu einer besseren CO<sub>2</sub>- bzw. THG-Bilanz für den betrachteten Transport führen muss. Im Gegenteil, es ist durchaus denkbar, dass eine solche Maßnahme ohne vorige Detailbetrachtung zu einer Verschlechterung der THG-Bilanz für eine bestimmte Transportaufgabe führen kann.

Grundsätzlich ist bei Verlagerungsbetrachtungen in größerem Umfang auch die Frage der Systemgrenzenfestlegung kritisch zu hinterfragen. Es empfiehlt sich hier auch die Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur mit in den Betrachtungsraum mit aufzunehmen, da bei einer Verlagerung infrastrukturelle Veränderungen zu erwarten sind, die einen Einfluss auf die THG-Bilanz haben können.

### 6.3.2 Verallgemeinerungen zum Transport von schwerem Stückgut

Der Vergleich der zukünftigen THG-Emissionen von Bahn und LKW beim Transport von schweren Gütern wird anhand des folgenden Beispiels illustriert und diskutiert:

Fahrspiel: Transport von Wechselcontainern

Bezugsgröße: Da es sich hierbei um keine fallspezifische Verkehrsrelation handelt, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Emissionen bezogen auf einen Tonnenkilometer (tkm) angegeben.

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Transport im Wechselcontainer
  - Keine Berücksichtigung von Vor- und Nachlauf
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: 100% Auslastung und 11% Leerfahrtenanteil; Kraftstoffverbrauch: 28,5 l/100 km; Diesel mit 20% Beimischung von RME
  - Bahn: 100% Auslastung, 50% und 80% Leerfahrtenanteil; 2 Szenarien für Bahnstrombereitstellung in 2020:
    - Szenario 1: DE Mix 2020 in Anlehnung BMU Leitstudie mit 39% EE-Anteil und gesteigerter Energieeffizienz (siehe Kapitel 6.2) <sup>56</sup>

<sup>56</sup> Nach Nitsch, J et al: „Leitstudie 2010“ - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. im Auftrag des BMU,FKZ 03MAP146. DLR, IWES, IFNE. 2010 und eigene Berechnungen

- Szenario 2: DB Strom Mix 2020 mit 27% EE-Anteil abgeleitet aus DB Umweltstrategie 2009 und gesteigerter Energieeffizienz (siehe Kapitel 6.2)<sup>57</sup>

In Abbildung 6-7 und Abbildung 6-8 werden die THG-Emissionen je tkm für die ausgewählten Verkehrsträger grafisch gegenüber gestellt.

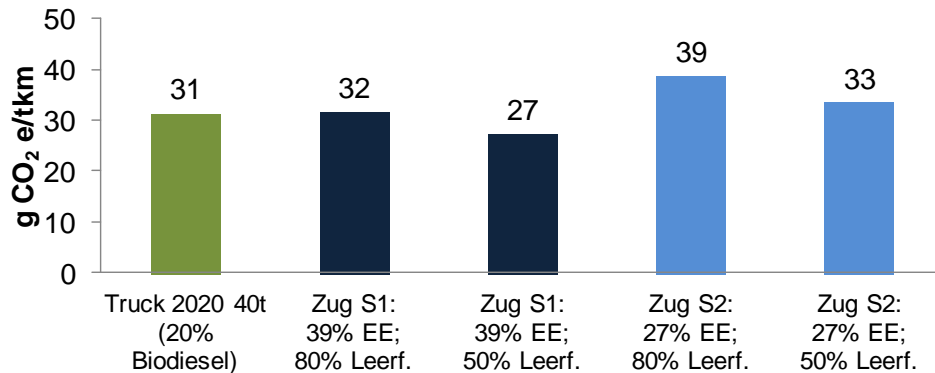


Abbildung 6-7: Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von LKW und Bahn (500 Bt Zug) beim Transport schwerer Güter.

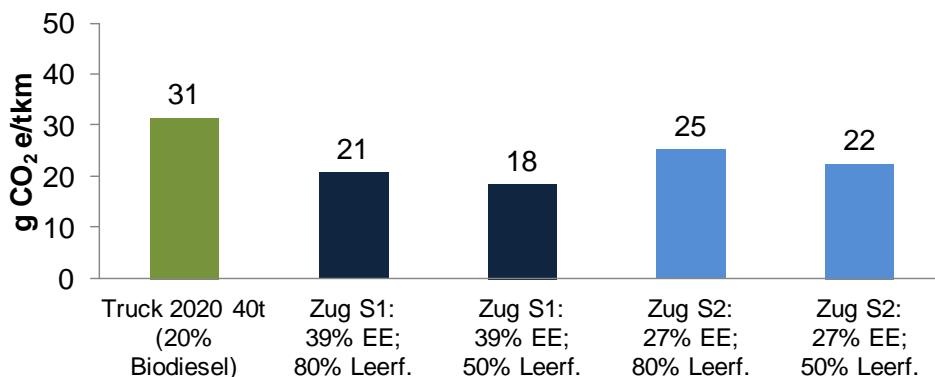


Abbildung 6-8: Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von LKW und Bahn (1000 Bt Zug) beim Transport schwerer Güter.

LKW und Bahn liegen etwa gleich auf im nationalen Transport schwerer Stückgüter (z.B. Container-Transport, Ganzzugverkehr) bei Zuggewichten von 400-600 Bt. Im Containertransport schwerer Stückgüter zeigt der LKW zukünftig in Abhängigkeit des angenommenen Szenarios für die Stromerzeugung vergleichbare (Szenario S1) bzw. im Fall von Szenario S2 niedrigere THG-Werte als ein 500 Bt Zug (~600 Bt Durchschnitt für nationalen Kombiverkehr in Deutschland in 2010).

Entscheidend für den Vergleich ist neben dem gewählten Szenario für die Bahnstromversorgung der Leerfahrtenanteil. Eine Berücksichtigung von Vor- bzw. Nachlauf erfolgte hier nicht.

<sup>57</sup> Auf Basis Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009 und eigene Berechnungen. 27% Strom aus erneuerbaren Ressourcen setzten sich zusammen: 19% eigener Erzeugung durch DB + ~8% über Anteil Erneuerbarer Energien im dt. Strom Mix (Bezug von ~25% des DB Strombedarf aus dt. Netz in 2021)

Verglichen mit einem 1000 Bt Zug (Abbildung 6-8) ergeben sich für die Bahn in allen betrachteten Szenarien Vorteile gegenüber dem LKW. Die tatsächliche Höhe dieses Vorteils hängt vom Leerfahrtenanteil ab. Es ist aber auch hier zu konstatieren, dass der Unterschied mit 19 - 42% deutlich geringer ausfällt als im Vergleich zu anderen Studien (siehe Kapitel 1.1). Eine direkte Übertragbarkeit des Vergleichs auf internationale Verbindungen die Zuggewichte in einer Größenordnung von 1000 Bt und mehr aufweisen können, ist aus den in Kapitel 5.2.3 genannten Gründen bezüglich der unterschiedlichen Stromversorgung und genutzten Traktionsarten in den einzelnen europäischen Ländern nicht unmittelbar gegeben.

**Fazit:**

- Der LKW ist auch in Zukunft beim Transport schwerer Stückgüter eine Alternative zum Bahntransport.

#### 6.4 Zukünftige Entwicklungen LKW und Bahn im Transport leichter Güter

Der Vergleich der zukünftigen THG-Emissionen von Bahn und LKW beim Transport von leichten Gütern wird anhand des folgenden Beispiels illustriert und diskutiert:

Fahrspiel: Transport eines Gutes mit  $120 \text{ kg/m}^3$  z.B. Kühlschrank

Besonderes Augenmerk in diesem Vergleich liegt auf dem sog. Lang-LKW, welcher zurzeit von ausgewählten Speditionen getestet wird<sup>58</sup>. Der Lang-LKW erreicht eine optimale Auslastung (d.h. Volumen- und Massenauslastung 100%) bei einem Transportgut mit einer Dichte von  $\sim 120 \text{ kg/m}^3$  (z.B. Kühlschrank) Bei einer Gutdichte  $> 120 \text{ kg/m}^3$  ist keine volle Volumennutzung möglich.

Bezugsgröße: Da es sich hierbei um keine fallspezifische Verkehrsrelation handelt, werden für den verkehrsträgerübergreifenden Vergleich die Emissionen bezogen auf einen Tonnenkilometer (tkm) angegeben.

Zur Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Allgemeine Annahmen:
  - Keine Berücksichtigung von Leerfahrten
- Verkehrsträgerspezifische Annahmen:
  - LKW: Standard LKW und Lang-LKW (25,25m), 40 t zGG, 11% Leerfahrten
    - Lang-LKW erreicht optimale Auslastung (d.h. Volumen- und Massenauslastung 100%) bei einem Transportgut mit einer Dichte von  $\sim 120 \text{ kg/m}^3$  (z.B. Kühlschrank)
    - Gutdichte  $> 120 \text{ kg/m}^3$ : keine volle Volumennutzung möglich

<sup>58</sup> Herstellerangaben sowie Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2007: Zwischenbericht des niedersächsischen Pilotprojekts „Giga Liner“

- Verbrauch: 28,5 l/100 km bei Volllastung 40 t
- 20% Biodiesel Beimischung
- Bahn: Zuggewicht ca. 500 Bt, 20% Leerfahrten, Effizienzsteigerung nach BMU/ IEA, 5% Dieseltraktion. 2 Szenarien für Bahnstrombereitstellung in 2020:
  - Szenario Best Case: Strommix S1, 2020 in Anlehnung BMU Leitstudie mit 39% EE-Anteil und gesteigerter Energieeffizienz (siehe Kapitel 6.2)<sup>59</sup>, Schiebetürwaggon mit 140 m<sup>3</sup> Ladevolumen
  - Szenario Worst case: Strommix S2, 2020 mit 27% EE-Anteil abgeleitet aus DB Umweltstrategie 2009 und gesteigerter Energieeffizienz (siehe Kapitel 6.2)<sup>60</sup>, Schüttgutwaggon mit 75m<sup>3</sup> Ladevolumen

In Abbildung 6-9 werden die THG-Emissionen für die ausgewählten Verkehrsträger grafisch gegenüber gestellt.

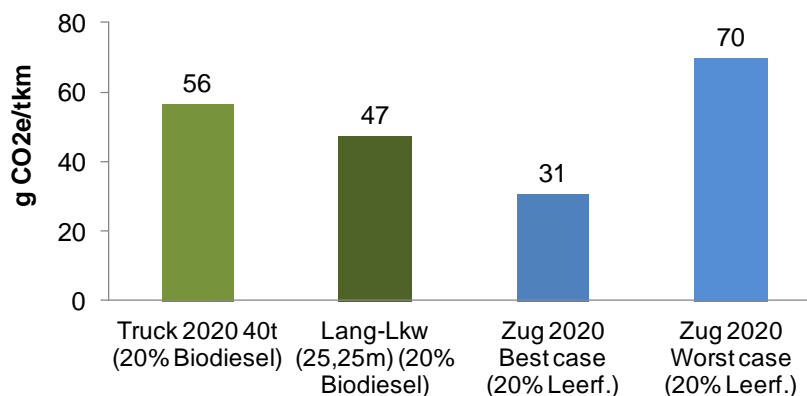


Abbildung 6-9: Vergleich zukünftige spezifische THG-Emissionen von Bahn und LKW beim Transport von leichten Gütern

Durch den Einsatz des Lang-LKWs wird eine Senkung der THG-Emissionen von 16% beim LKW Transport erreicht. Durch die Erhöhung der Beimischung von Biodiesel auf 20% ergibt sich eine zusätzliche Verminderung der THG-Emissionen von ~10% gegenüber dem Einsatz von Diesel mit einem Biodieselanteil von 6,25% erreicht.

Je nach betrachtetem Szenario für den Bahntransport zeigt sich, dass der Lang-LKW durchaus eine Alternative zum bisherigen LKW Transport sein kann. Entscheidend ist hier neben der Wahl des Waggontyps der zukünftige Strommix der Bahn. Es ist zudem zu beachten, dass bei allen Szenarien jeweils ein sehr tiefer Leerfahrtenanteil von 20% für die Bahn zugrunde gelegt wurde. In der Praxis, kann es durchaus zu höheren Leerfahrtenanteilen und damit zu höheren THG-Emissionen kommen. Ähnlich wie bei schweren Stückgütern, ist eine generelle Verlagerung des Transports von leichten Gütern von der Straße auf

<sup>59</sup> Nach Nitsch, J et al: „Leitstudie 2010“ - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. im Auftrag des BMU,FKZ 03MAP146. DLR, IWES, IFNE. 2010 und eigene Berechnungen

<sup>60</sup> Auf Basis Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009 und eigene Berechnungen. 27% Strom aus erneuerbaren Ressourcen setzten sich zusammen: 19% eigener Erzeugung durch DB + ~8% über Anteil Erneuerbarer Energien im dt. Strom Mix (Bezug von ~25% des DB Strombedarf aus dt. Netz in 2021)



die Schiene mit dem Risiko behaftet, dass der THG-Reduktionseffekt eher klein ausfällt, bzw. es sogar zu einer Verschlechterung der THG Bilanz kommen kann.

Fazit:

- Einführung des Lang- LKW & erhöhter Anteil an Biokraftstoffen bringen signifikante Verbesserungen für die CO<sub>2</sub> Bilanz des LKW
- LKW liegt innerhalb der Bandbreite möglicher CO<sub>2</sub>e-Emissionen der Bahn

### 6.5 Betrachtung limitierte Emissionen am Beispiel Dämmstofftransport

Eine Aktualisierung der limitierten Emissionen war nicht erforderlich, da sich hier keine wesentlichen Veränderungen gegenüber der PE Studie 2010 ergeben haben. Es gilt weiterhin die Aussage, dass durch das Inkrafttreten der Euro VI-Norm für LKW in 2012/13 und der EG IV Stufe für Binnenschiffe in 2014 für alle drei Verkehrsträger eine zunehmende Angleichung der limitierten Schadstoffemissionen stattfindet.



## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

### Ergebnisse Heute

Die aktualisierte Studie konnte die Ergebnisse der ersten Veröffentlichung bestätigen, wonach im Güterverkehr kein Transportmittel grundsätzlich als die ökologisch beste Lösung bezeichnet werden kann.

Die Ergebnisse geben Aufschluss darüber für welche Transportaufgaben der LKW oder die Bahn das optimale Transportmittel ist bzw. wo die Verkehrsträger hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen in etwa gleichauf liegen und somit Einzelfalluntersuchungen notwendig sind.

So ist die Bahn grundsätzlich besser als der LKW im Transport schwerer Schüttgüter (z.B. Kohle, Eisenerz etc.).

LKW und Bahn liegen etwa gleich auf im nationalen Transport schwerer Stückgüter (z.B. Container-Transport, Ganzzugverkehr) bei Zuggewichten von 400-600 Bt. Entscheidend für das Ranking sind hier Leerfahrtenanteil sowie der Anteil von Vor- und Nachlauf im Verhältnis zum Hauptlauf. Diese Parameter können in der Praxis sehr stark schwanken, somit ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig.

Der LKW ist tendenziell besser als die Bahn beim Transport schwerer Stückgüter, wenn aus logistischen Erfordernissen kurze Züge benötigt werden.

Beim Vergleich von Volumengütern mit niedriger Dichte (z.B. Dämmstoffe, Weißware) zeigt die Bahn heute Vorteile gegenüber dem LKW. Die absolute Höhe des Vorteils ist neben dem Zuggewicht auch vom Wagentyp abhängig.

Klare Vorteile zeigen sich für die Bahn beim Einsatz von Großraum-Schiebetürwagen mit 140 m<sup>3</sup> Ladevolumen. Dies gilt auch unter der Einbeziehung zusätzlicher Leerfahrten (z.B. durch Vor- und Neupositionierung der Waggons) in die Berechnungen. Wird an Stelle des idealen Schiebetürwagens ein Standardcontainer eingesetzt, weist die Bahn erst bei Zügen mit der doppelten Zuglänge Vorteile auf.

### Ergebnisse 2020

Für eine Untersuchung der zukünftigen THG-Emissionen wurden für Bahn und LKW folgende Einflussgrößen angepasst:

- Verbrauchseffizienzsteigerungen bei Bahn und LKW
- Umsetzung zukünftiger Abgasnormen (Euro VI)
- Zukünftige Energieversorgung von Bahn und LKW

Beim LKW wurde eine Beimischung von 20% RME angenommen. Bei der Bahn ist die Entwicklung des künftigen Bahnstrommix von entscheidender Bedeutung für die Höhe der erzeugten Treibhausgasemissionen. Hier ergeben sich nicht zuletzt aufgrund jüngster politischer Entscheidungen Unsicherheiten hinsichtlich der Substitution des derzeitigen Anteils an Strom aus Kernenergie von 22%. Deshalb wurde mit zwei Szenarien gerechnet, in denen ein Anteil erneuerbarer Energien von 39% bzw. 27% angenommen wurde<sup>61</sup>.

<sup>61</sup> Gemäß prognostiziertem deutschen Strommix 2020 der BMU Leitstudie 2010 bzw. Bahn-Strommix in 2021 entsprechend der Umweltstrategie der Deutschen Bahn (2009)



Auch im Szenario mit 39% Anteil erneuerbarer Energien am Strommix bleibt der LKW (mit 20% RME Anteil im Diesel) für den nationalen Transport von schweren Stückgütern zukünftig eine echte Alternative zum Bahntransport.

Für den Transport von Volumengütern per LKW bietet der Lang-LKW ein Verbesserungspotential bei den THG-Emissionen. Bei gleichzeitiger Erhöhung des Biodieselanteils auf 20% ergibt sich gegenüber dem Standard LKW mit einem Biodieselanteil von aktuell 7% ein Reduktionspotential von 25%.

Damit liegt der Lang-LKW in der Bandbreite der THG Emissionen, die sich beim Bahntransport mit einem 500 Bt Zug in Abhängigkeit des angenommen zukünftigen Strommix und des eingesetzten Waggontyp ergeben (im Beispiel 30 - 90 g CO<sub>2</sub>e/tkm für die Bahn, und ~50 g CO<sub>2</sub>e/tkm beim Lang-LKW). Weitere Aufschlüsse zur Umweltperformance des Lang-LKW sind aus dem in Deutschland geplanten Feldversuch zu erwarten.

Weiterhin lassen sich bei einer Verlagerung von Transporten über 300 km auf die Schiene, wie im EU-Weißbuch gefordert, keine generellen Vorteile der Bahn gegenüber dem LKW aufzeigen. Je nach Entwicklung des deutschen Bahnstrommix kann eine Verlagerung ohne detaillierte Fallbetrachtung sogar zu einer Verschlechterung der CO<sub>2</sub> Bilanz für eine konkrete Transportaufgabe führen.

### Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für den nationalen Verkehr bis auf wenige Ausnahmefälle (z.B. Transport von schwerem Schüttgut) grundsätzlich eine differenzierte Betrachtung notwendig ist, um transportbezogen die klimagünstigste Alternative wählen zu können. Der Klimawandel und ein entsprechend den Prognosen erwartetes starkes Wachstum des Güteraufkommens erfordern unabdingbar aus Sicht der Nachhaltigkeit die Wahl der bestmöglichen Lösung. Hierfür bedarf es einer Einzelfallbetrachtung der jeweiligen Transportleistung.

Die heute öffentlich zur Verfügung stehende Umweltberechnungstools ermöglichen derzeit noch keine bzw. nur sehr eingeschränkt eine Einzelfallbetrachtung:

Um belastbare Abschätzungen für den Gütertransport treffen zu können ist eine Verwendung von spezifischen Primärdaten der Logistikunternehmen, z.B. Verbrauch oder eingesetzter Waggontyp erforderlich. Nur so können ökologische Optimierungsmaßnahmen wie z.B. aerodynamische Maßnahmen am LKW oder erhöhte Zuglänge abgebildet werden.

Bei der Evaluierung von Verlagerungsmaßnahmen in größerem Umfang wie es das EU Weißbuch vorschlägt ist zudem auch die Frage der Systemgrenzenfestlegung kritisch zu hinterfragen. Es empfiehlt sich hier auch die Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur mit in den Betrachtungsraum aufzunehmen, da bei einer Verlagerung infrastrukturelle Veränderungen zu erwarten sind, die einen Einfluss auf die THG/CO<sub>2</sub> Bilanz haben können.

#### Fazit:

- Pauschalaussage „Bahn ist grundsätzlich umweltfreundlicher als LKW“ ist so nicht haltbar.
- Es bedarf einer Einzelfallbetrachtung der Transportdienstleistung.
- Erweiterung des Betrachtungsrahmens: Für zukünftige Bewertung der Verkehrsträger die Berücksichtigung der Verkehrsinfrastruktur mit aufnehmen.





## Literaturverzeichnis

- AEA 2011 AEA: Reduction and Testing of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Heavy Duty Vehicles – Lot 1: Strategy. ED46904 - Final report to the European Commission. 2011.
- ARTEMIS 2007 European Commission, DG TREN, ARTEMIS – Final report. October 2007.
- BAG 2010 BAG Mautstatistik für 2009, Köln, 2010
- BGL 2010 Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL): Verkehrswirtschaftliche Zahlen (VWZ) 2008-09. Frankfurt a.M. 2010.
- BMU 2010 Bundesumweltministerium (BMU): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Berlin, 2010
- DB AG 2010 DB AG: Nachhaltigkeitsbericht 2009. Berlin, 2010.
- DB Schenker 2011 DB Schenker: Umweltbroschüre 2011; Frankfurt, 2011.
- Destatis 2010 Statistisches Bundesamt, Verkehr im Überblick 2009, Artikelnummer: 2080120097004. Wiesbaden, Oktober 2010
- Deutscher Bundestag 2009 Deutscher Bundestag: Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften. BioKraftQuG; BT-Drs 16/2709. Berlin 2006 und Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen. Berlin 2009.
- EcoTransIT 2011 EcoTransIT: Werkzeug zur Quantifizierung der Emissionen des Güterverkehrs. Entwickelt von Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, / Rail Management Consultants GmbH (RMCon). <http://www.ecotransit.org/>. Hannover, 2000-2011.
- EEA 2011 EEA: Laying the foundations for greener transport. EEA Report No 7/2011. Copenhagen, 2011.
- EU 2009 European Parliament and Council: Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels, 2009.
- EC 2011 EU Kommission: Transport Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem; KOM(2011) 144. Brüssel, 2011.
- GaBi 2011 PE International/ LBP: GaBi 4 Software und Datenbanken zur Ökobilanzierung. Echterdingen 1992-2011. Bezugsjahr ist 2008 bzw. 2010.
- Gigaliner 2007 Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2007: Zwischenbericht des niedersächsischen Pilotprojekts „Giga Liner“
- Gohlisch 2005 Gohlisch G. et al.: Umweltauswirkungen der Binnenschifffahrt. Internationales Verkehrswesen (57) 4/2005. S.150-156. Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg 2005.
- Hausberger 2008 Hausberger, S.: The Modell PHEM: Applications for HBEFA v3. D-A-CH-NL-S meeting. Den Haag, 27.10.2008.



- Ickert 2007 Ickert, L. et al: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050. Progrtrans, im Auftrag des BMVBS. Basel, 2007
- IEA 2010 OECD/ IEA: World Energy Outlook 2010. Paris, 2010.
- Ifeu/ SGKV 2002 Ifeu und SGKV: Vergleichende Analyse von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Straßengüterverkehr und kombinierten Verkehr Straße/Schiene. 2002.
- IFEU 2010 IFEU: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 (TREMODO, Version 5). Heidelberg, 2010.
- INFRAS 2010 INFRAS: Handbuch Emissionsfaktoren (HBEFA) des Straßenverkehrs, Version 3.1. Bern, 2010
- Kessel und Partner 2003 Kessel und Partner (Transport Consultants), Einrichtung und Beschleunigung intermodaler Verkehre. Im Auftrag des Kompetenzzentrums Logistik Kornwestheim (KLOK) GmbH. Freiburg, 2003.
- Kettner 2009 Kettner, J.: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG, DB Umweltzentrum, 2009.
- Kombiverkehr 2009 und 2011 Kombiverkehr: Geschäftsbericht 2008 und 2010, Frankfurt am Main, 2009 und 2011
- Kombiverkehr 2011 Kombiverkehr: Rechenbeispiel Overbruch-Norrtälje, <http://www.kombiverkehr.de/neptun/neptun.php/oktopus/page/1/184> ;Kombiverkehr Deutsche Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr mbH & Co.KG, Letzter Zugriff 14. Juni 2011
- Nitsch 2010 Nitsch, J et al: „Leitstudie 2010“ - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Im Auftrag des BMU, FKZ 03MAP146. DLR, IWES, IFNE. 2010
- PE Studie 2010 M. Spielmann et al.: Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr. Abschlussbericht. Echterdingen, 2010.
- PE/ LBP 2011 PE/ LBP: GaBi 4 Software und Datenbanken zur Ökobilanzierung. Echterdingen 1992-2011..
- prEN 16258 2011 prEN 16258:2011: Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr); Deutsche Fassung, Stand April 2011.
- Ramesohl 2006 S. Ramesohl et al.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugtem Wasserstoffs. Endbericht FKZ 20345118. Im Auftrag des Umweltbundesamt. 2006.
- Rausch 2009 Rausch, Dr. K.-F: Ökonomie und Ökologie sind kein Widerspruch – Das „Green Logistics Network“ von DB Schenker. DB Mobility Logistics AG. Vortrag auf DVZ-Forum "Green Logistics". Hamburg, 2009
- UIRR 2011 UIRR Statistics 2010, Brüssel 2011.
- Verkehrsrundschau 2009 Verkehrsrundschau: Serie CO<sub>2</sub>-Berechnung. Teil 1&2: Alle Daten und Fakten zur Berechnung des LKW- & Bahn-Footprints. Verkehrsrundschau (42&43/2009). Springer Verlag. München, 2009.

## Anhang A Sensitivitätsanalyse

Eine der wesentlichen Annahmen dieser Studie ist der Verbrauch des LKW, da dieser direkt proportional die Treibhausgasemissionen des LKW basierten Transports bestimmt. Im Rahmen der Studie wurde er entsprechend Kapitel 4.1.1 mit 30 l/100 km für einen vollbeladenen (40t) Euro V nach dem aktuellen Stand der Technik bzw. mit 28,5 l/100km für einen vollbeladenen Euro VI LKW in 2020 angesetzt.

Um die Stabilität bzw. die Sensitivität der in der Studie gezogenen Schlussfolgerungen hinsichtlich des angenommen Kraftstoffverbrauchs zu überprüfen, wird der Verbrauch um 10% gesteigert. Das heißt der Verbrauch beträgt 33 l/100km für einen Euro V LKW und 31,4 l/100km für einen EURO VI LKW in 2020, jeweils vollbeladen.

Der Einfluss des angepassten Kraftstoffverbrauchs wird am Beispiel des Containertransports von schweren Stückgütern dargestellt. Die anderen im Rahmen der Studie betrachteten Fahrspiele wurden ebenfalls mit einem 10% höheren Kraftstoffverbrauch betrachtet. Es ergaben sich hierbei ähnliche Zusammenhänge wie nach folgend für den Containertransport schwerer Güter.

Der angepasste Verbrauch des LKW wird zunächst auf den verallgemeinerten Vergleich des Containertransports von schweren Stückgütern (siehe Kapitel 5.2.3) angewendet. Es gelten ansonsten die gleichen Randbedingungen wie in Kapitel 5.2.3 beschrieben. Dabei ergeben sich Treibhausgasemissionen je Tonnenkilometer wie in Abbildung 7-1 dargestellt.

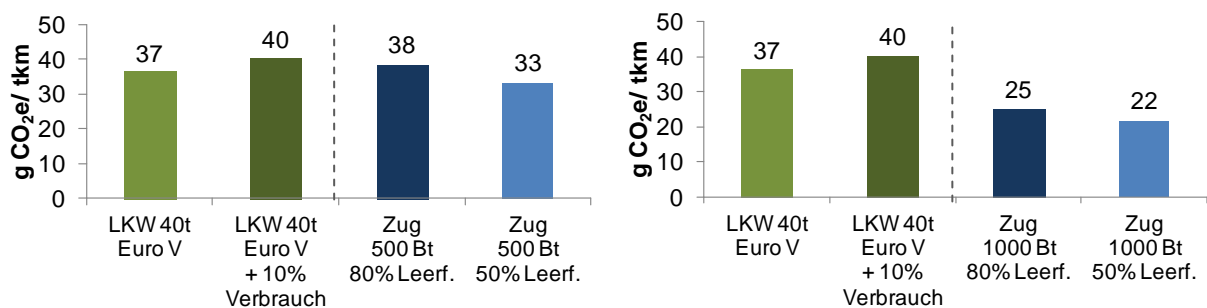


Abbildung 7-1: Vergleich der THG Emissionen bei Containertransport von schweren Stückgütern; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch

Es zeigt sich das der LKW gegenüber kurzen Zügen (500 Bt) weiterhin ähnliche THG Emissionen aufweist (je nach Leerfahrtenanteil bei der Bahn), während sich bei längeren Zügen entsprechend weitere Vorteile für die Bahn ergeben.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung wird der Einfluss des höheren Kraftstoffverbrauchs anhand der folgenden beiden Abbildungen wiederum für den Transport von schweren Stückgütern im Container dargestellt. Die Abbildungen entsprechen den Abbildungen 6-7 und 6-8, nur eben mit einem 10% höheren Kraftstoffverbrauch für den LKW.

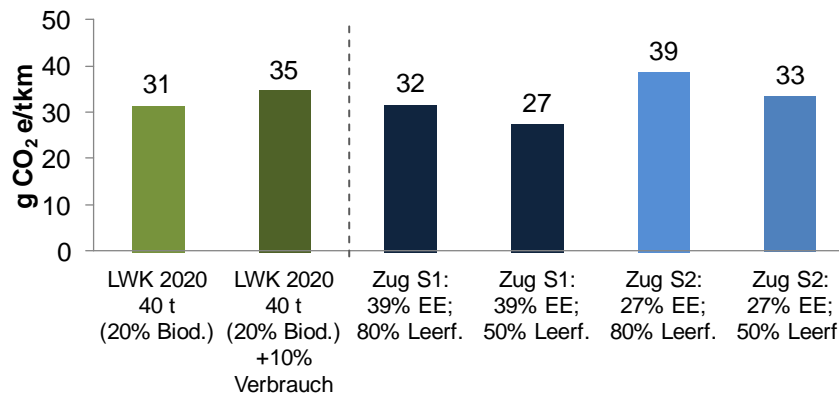


Abbildung 7-2: Vergleich zukünftige spezifische THG von Bahn (500 Bt Zug) und LKW beim Transport schwerer Güter; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch

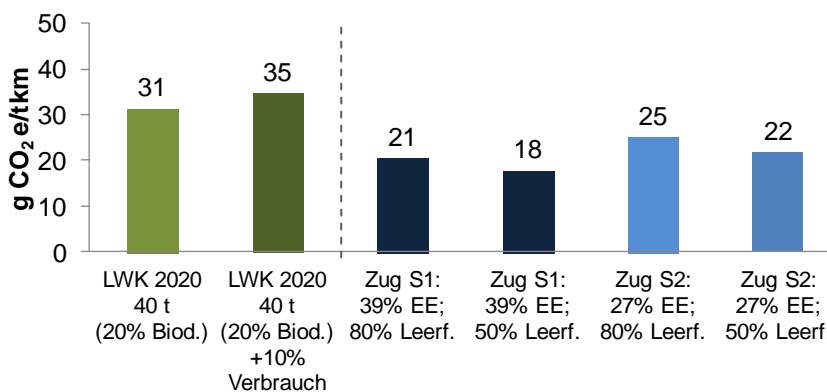


Abbildung 7-3: Vergleich zukünftige spezifische THG von Bahn (1000 Bt Zug) und LKW beim Transport schwerer Güter; LKW + 10% Kraftstoffverbrauch

Für einen Zug mit 500 Bt zeigt der LKW unverändert für alle Szenarien eine vergleichbare THG Performance während für einen 1000 Bt Zug die Bahn entsprechend größere Vorteile aufweist.

Auch bei einer 10% Steigerung des Kraftstoffverbrauchs des LKW zeigt sich, dass die Emissionen für den Containertransport von schwerem Stückgut in ähnlichen Bereichen liegen. Die Unterschiede zwischen Bahn und LKW sind zum Teil deutlich geringer als in gängigen Transportstudien wiedergegeben. Dort wurden 2 bis 5fach höheren Emissionen berichtet, während in dieser Studie die Unterschiede bei maximal 23% (500 Bt Zug) bzw. 48% (1000 Bt Zug) liegen.

**Fazit:**

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass auch bei einer Steigerung des Kraftstoffverbrauchs von 10% die Aussagen dieser Studien ihre Gültigkeit behalten.



## **Anhang B Berücksichtigung von Zertifikaten für „Grünstrom“ bei der Berechnung von THG Emissionen für Stromerzeugung**

In den meisten Mitgliedsstaaten der EU tragen erneuerbare Energien einen definierten Anteil zum nationalen Strommix bei. So werden Wasserkraftanlagen beispielsweise schon seit Jahrzehnten genutzt. Infolgedessen werden diese erneuerbaren Energien derzeit automatisch in den durchschnittlichen nationalen THG-Emissionsfaktor für die Bereitstellung von Strom integriert.

In nationalen Berichtserstattungen über die von der Energieproduktion erzeugten Treibhausgas-Emissionen (mit Schwerpunkt auf der Energieproduktion ohne Zulieferung von Energieträgern), wird Strom aus regenerativen Quellen meist als emissionsfrei betrachtet.

Folglich würde, laut des britischen Standards für den „Product Carbon Footprinting“ (PAS 2050), eine Doppelzählung auftreten, wenn ein Unternehmen geringere Emissionsfaktoren angibt, welche aus dem Zukauf von erneuerbaren Energien herrühren (z.B. durch die Beziehung eines „grünen“ Stromtarifs). Deswegen darf nach diesem Standard, zugekaufter grüner Strom bei der Berechnung von Treibhausgasemissionen nicht verwendet werden. Stattdessen gibt es eine Vorgabe zur Verwendung nationaler Strommixe.

Die einzige Ausnahme gegenüber diesem Vorgehen, kann dann getroffen werden, wenn hinreichende Methoden für die Berichterstattung über den Einfluss von erneuerbaren Energien auf einem nationalen Niveau bestehen und somit eine getrennte Zuordnung für den durchschnittlichen Strom-Mix und tarifspezifische Stromversorger ermittelbar ist.

Auch im deutschen „Memorandum Product Carbon Footprint“ wird das Thema Berücksichtigung von Grünstrom in Produkt Carbon Footprint Berechnungen diskutiert und eine Empfehlung für einen Kompromiss abgeleitet: Die Einbeziehung von zertifiziertem Ökostrom wird erlaubt, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind. Die separate Einberechnung des sogenannten „zertifizierten Ökostroms“ ist erlaubt, solange nachgewiesene zusätzliche ökologische Vorteile, gegenüber der aktuellen Situation (z.B. Anteil an erneuerbaren Energien) sowie der nationalen Richtlinien und Förderprogramme (z.B. Einspeisevergütung), auftreten.

Wenn dieser Zusatznutzen erfüllt ist, kann eine 100% Verrechnung der Vorteile der neuen Anlagen (<6 Jahre) erfolgen. Für ältere Anlagen (6 bis 12 Jahre) kann eine 50% Anrechnung erfolgen, für Anlagen älter als 12 Jahre muss der nationale Strom-Mix zur Berechnung herangezogen werden.

Auch wenn es positiv ist, dass Anreize geschaffen werden, bleibt anzumerken, dass die vorgeschlagene Anrechnung von Vorteilen teilweise willkürlich und nicht angemessen ist um Treibhausgasemissionen auf einer physikalisch-basierten Methode zu berechnen.

Zusätzlich besteht, wie in dem Memorandum angegeben, weiterhin das Problem der Doppelzählung. Ohne befriedigend weit entwickelte Ansätze, welche eine eindeutige Zuordnung der Emissionen für den durchschnittlichen Strom-Mix und den tarifspezifischen Strom gewährleisten, ist der oben genannte Ansatz somit nicht anwendbar.