



Report Nr. 353



CO₂-Reduktion und Energieeffizienz im Straßengüterverkehr

von

Jacques Léonardi • Michael Baumgartner • Oliver Krusch

Hamburg, Juli 2004

Autoren

Jacques Léonardi
Michael Baumgartner
Oliver Krusch

Max-Planck-Institut für Meteorologie
Hamburg, Deutschland

Unter Mitarbeit von
Karin Hofmann, Ingo Möller, Karin Hartmann, Sabine Hutfilter,
Ralf Müller, Annika Schäfer und Jan Sellmann

Max-Planck-Institut für Meteorologie
Bundesstrasse 53
D - 20146 Hamburg
Deutschland

Tel.: +49-(0)40-4 11 73-0
Fax: +49-(0)40-4 11 73-298
e-mail: <name>@dkrz.de
Web: www.mpimet.mpg.de

Max-Planck-Institut für Meteorologie

Max Planck Institute for Meteorology



Report Nr. 353

CO₂-Reduktion und Energieeffizienz
im Straßengüterverkehr

von

Jacques Léonardi, Michael Baumgartner, Oliver Krusch

Unter Mitarbeit von

Karin Hofmann, Ingo Möller, Karin Hartmann, Sabine Hutfilter,
Ralf Müller, Annika Schäfer und Jan Sellmann

Max-Planck-Institut für Meteorologie
Hamburg, Deutschland

ISSN 0937-1060

Kontakt:
Dr. Jacques Léonardi
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Bundesstr. 53, 20146 Hamburg
Tel.: 040-41173277
Fax 040-41173350
leonardi@dkrz.de

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| SUMMARY CO₂ REDUCTION AND ENERGY EFFICIENCY IN ROAD FREIGHT TRAFFIC | V |
| Abstract | V |
| Introduction | V |
| Status quo of CO ₂ efficiency in road freight traffic | V |
| Implemented efficiency measures in German road freight traffic | VI |
| Results for CO ₂ efficiency and the influencing factors | VIII |
| Discussion | X |
| References | XI |
| Acknowledgements | XI |
| ZUSAMMENFASSUNG | XIII |
| KURZFASSUNG DER PROJEKTERGEBNISSE | XIII |
| | |
| 1. EINLEITUNG | 1 |
| 2. GRUNDLAGEN UND METHODEN ZU CO₂-EMISSIONEN IM STRABENGÜTERVERKEHR | 5 |
| 2.1 Typisierung von Effizienzmaßnahmen und -technologien | 5 |
| 2.2 Methodik der Untersuchung | 8 |
| 2.3 Stärken und Schwächen von Indikatoren der CO ₂ -Intensität von Gütertransporten | 11 |
| 2.4 Auswahl der Untersuchungsschwerpunkte | 14 |
| 3. SACHSTAND UND LITERATURAUSWERTUNG TREIBSTOFFVERBRAUCH UND CO₂-EFFIZIENZ DES STRABENGÜTERVERKEHRS IN DEUTSCHLAND | 17 |
| 3.1 Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs 1991-2000 in Deutschland | 17 |
| 3.2 Kraftstoffverbrauch von Lastkraftwagen | 18 |
| 3.3 Einflussfaktoren des Kraftstoffverbrauchs | 19 |
| 3.4 Kohlendioxid-Emissionen | 23 |
| 3.5 Szenarien zur Entwicklung der CO ₂ -Emissionen als Folge des Kraftstoffverbrauchs bis 2020 | 26 |
| 4. CO₂-EFFIZIENZ IM SGV: UMFRAGE, RESULTATE, ANALYSE | 29 |
| 4.1 Einleitung, Methodik und Stichprobe | 29 |
| 4.2 Marktübersicht: eingeführte Effizienzmaßnahmen | 33 |
| 4.3 CO ₂ -Analyse und Resultate | 35 |
| 4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung | 44 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5. | EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG DER OPTIMIERUNGSMAßNAHMEN IM LKW-CONTAINERHINTERLANDTRANSPORT DES HAMBURGER HAFENS | 47 |
| 5.1 | Einleitung, Methode und Design | 47 |
| 5.2 | Empirische Befunde der Befragung: Wirtschaftsstruktur | 49 |
| 5.3 | Empirische Befunde: Treibstoffeffizienz in Unternehmen des Straßentransportes von Containern im Hinterlandverkehr des Hamburger Hafens | 54 |
| 5.4 | Empirische Befunde und Darstellung von Optimierungsmaßnahmen und –potenzialen von CO ₂ - Emissionen im Straßentransport von Containern | 67 |
| 5.5 | Schlussfolgerungen | 78 |
| 6. | ONBOARDSYSTEME ZUR REGISTRIERUNG DES KRAFTSTOFFVERBRAUCHS | 81 |
| 6.1 | Methodisches Vorgehen im Rahmen der Teiluntersuchung | 81 |
| 6.2 | Onboardsysteme – Eigenschaften und Marktübersicht | 82 |
| 6.3 | Bilanz der Effizienzeffekte | 85 |
| 6.4 | Kosten und Systembewertung durch die Unternehmen | 87 |
| 6.5 | Diskussion, und Potential für Onboardgeräte zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs | 88 |
| 7. | OPTIMIERTE DISPOSITION UND TELEMATIK | 89 |
| 7.1 | Einleitung | 89 |
| 7.2 | Klassifizierung und Hauptvorteile der Dispositions- und Telematiksysteme | 90 |
| 7.3 | Methodik und Analyse der Einflussfaktoren | 92 |
| 7.4 | Bilanz der klimawirksamen und verkehrsrelevanten Effizienzeffekte | 94 |
| 7.5 | Bilanz der Effizienzeffekte im Bereich Kosten und Amortisation | 98 |
| 7.6 | Methodische und theoretische Ergänzungen | 98 |
| 7.7 | Notwendigkeit und Methodenvorschlag für eine Nachfolgeuntersuchung | 101 |
| 7.8 | Schlussfolgerungen | 103 |
| | Anhang Dispositions- und Telematikuntersuchung | 105 |
| 8. | FALLSTUDIE SPEDITIONSKOOPERATIONEN IM TÄTIGKEITSBEREICH STÜCKGUT/SAMMELGUT | 109 |
| 8.1 | Beschreibung der Speditionskooperation als Effizienzmaßnahme | 109 |
| 8.2 | Marktanteil von Stückgut/Sammelgut Speditionskooperationen in der Bundesrepublik Deutschland | 110 |
| 8.3 | Stichprobe, Methodik und Design der Fallstudie | 111 |
| 8.4 | Analyseergebnisse | 113 |
| 8.5 | Fazit | 119 |
| 9. | KURZBETRACHTUNG TECHNOLOGIEN | 121 |
| 9.1 | Übersicht vorliegender Technologien | 121 |
| 9.2 | Technische Maßnahme: Einsatz von Windleiteinrichtungen | 122 |
| 9.3 | Stauraumoptimierungssoftware | 124 |
| 9.4 | Doppelstockfahrzeuge | 127 |
| 10. | SCHLUSSFOLGERUNG UND STICHPUNKTE ZU FORSCHUNGSEMPFEHLUNGEN | 131 |
| | Literatur | 133 |
| | Danksagung | 137 |

Summary

CO₂ reduction and energy efficiency in road freight traffic

Abstract

The objective of our research was to analyse the relevant logistic factors influencing energy efficiency in road freight transport, while quantifying the potential for CO₂ reduction. We carried out a survey and linked fuel consumption to transport performance parameters in 50 German haulage companies during 2003. Efficiency ranges from 0.8 tkm to 26 tkm for 1 kg CO₂ emissions. The results show a high potential for improvements, given a low level of efficiency in vehicle usage and load factor, scarce use of lightweight vehicle design, incorrectly selected vehicle class and a high proportion of empty runs. Efficiency measures are poorly applied.

Introduction

As a result of various influencing factors such as EU enlargement, continental freight demand grew faster than the economy, and in the period from 1991 to 2001, road freight traffic in Germany increased by 40 %. In the year 2001, it was responsible for about 29% of traffic-related CO₂ emissions or about 6% of total CO₂ emissions in Germany. In contrast to the observed growing trend in industrialised countries [7], total traffic-related CO₂ emissions have been slowly falling in Germany since 2000 [9]. Nevertheless, road freight transport emissions are expected to increase until 2030 [8]. Changes in the efficiency of logistics structures and transportation processes might have the potential of mitigating total traffic emissions and impacts, while maintaining economic growth. It is anticipated that many logistics measures such as backloading or shared user distribution could produce significant economic and environmental benefits [6]. In order to reach a better understanding of the extent of the existing potential and how it can be used, it was necessary to quantify the main parameters responsible for freight transport business efficiency in a survey.

Status quo of CO₂ efficiency in road freight traffic

The average CO₂ emissions in road freight traffic and the other parameters were identified at the beginning of 2003 under normal business conditions in representative German haulage companies. The measurements were based on the principles and recommendations for the standardisation of greenhouse gas reporting in companies by the IPCC [4]. No extrapolations or test situations were used, in order to avoid typical system errors.

Typology of efficiency measures

The first result is the identification of operational efficiency measures with a focus on fuel savings, mainly based on statements from 200 interviewed operators or experts and on British and German examples [1]. These measures can be classified at different levels:

- Logistic efficiency, with the aim of increasing the load factor, choosing the optimum vehicle category or optimising the entire transportation chain from origins to final delivery
- Vehicle efficiency, with improvements in fuel consumption efficiency through vehicle design and technology, such as motor oils, low resistance tires etc.,
- Driver efficiency, with training or assistance from on-board units, which are used for measuring components of driving behaviour,
- Route efficiency: information on itinerary, road conditions or traffic can help to optimise routing. These measures are related to disposition efficiency.

Implemented efficiency measures in German road freight traffic

In a first part of the survey, phone interviews were performed with 53 companies, leading to a market overview of implemented activities and diffusion intensity for 9 measure types (Table 1).

Table 1: Market overview: implementation of efficiency measures

| measure type | % of firms |
|-------------------------------------|------------|
| Technical improvements | 53.8 |
| Driver training | 51.9 |
| Informal co-operation | 40.4 |
| Scheduling with IT | 23.1 |
| On-board systems | 17.3 |
| others | 15.4 |
| Shift to rail/ship | 15.4 |
| Scheduling with IT and telematics | 9.6 |
| Stacking area optimisation software | 5.8 |
| Formal co-operation | 3.8 |

Implementation of efficiency measures: overview of the German market

Efficiency measures are not frequent in German road freight traffic. More than half of the companies have implemented at least one cheap technology (synthetic oils, low rolling resistance tires and/or wind spoiler) and trained their personnel in fuel-saving driving behaviour. 26.6% answered that they didn't use any efficiency measures. Less

than 20% of the interviewed companies confirmed the use of technologies expected to have a high potential effect on fuel efficiency, such as on-board units for registering vehicle fuel consumption, IT-based scheduling systems and telematic applications. Only a few firms equipped their entire fleet with on-board units providing information on fuel consumption and transport performance. Therefore we cannot rely on digital records for a representative survey.

Representativeness, sample and main unit

To evaluate the “baseline”, the average efficiency level in Germany, we used a questionnaire based on manual records for 2- to 3-day trips. Drivers were asked to answer a questionnaire between two refuelling stops. They had to fill the tanks up to exactly the same level at the beginning and end of the period. Information on fuel consumption (l) was given for a long distance (up to 4,000 km), representing an average value. Between each stop, information on distance and payload (t_1) was recorded, allowing for an exact measure of transport performance in tonne-km, including empty runs. General information was also requested on the vehicle type (empty load t_2), company type and level of implemented efficiency measures. The questionnaire was sent to a national sample of companies, identified by random choice.

Altogether 153 usable questionnaires were analysed from 336 questionnaires sent to 53 companies from approx. 200 companies who had originally been approached about the survey (56 % return rate, 45 % usable rate). To address possible non-response biases, national statistics on trucks, tonne-km and company structures were compared with the data of the respondents [5]. We observe a similarity in these data, mainly because the fuel consumption per 100 km was similar. The main shortcoming is the small number of small freight vehicles covered by our survey.

To validate our results, we made comparisons with the digital records of three companies with vehicles with on-board units, and obtained very similar results for heavy truck load factors, fuel consumption, transport and energy efficiency. It was not possible to verify the data for trucks <40 t (n=44) because very few digital recording systems were in use for this vehicle category in 2003.

For further validation, we made comparisons with data provided by the manufacturers. In our sample, the average fuel consumption of 33.3 l/100 km for heavy trucks was 10-20 % better than the values stated by the manufacturers.

The branch distribution of the sample is dominated by logistics service providers (57%), while retail (15%), container transports (12%), construction industry (3%) or others (13%) are under-represented. In the sample, medium (11-50 trucks) and large-sized companies (more than 50 trucks in use) are represented by 72.2%, more than in the German average of 12.9%.

Results for CO₂ efficiency and the influencing factors

For the total sample, mean CO₂ efficiency is 10.4 tkm/kg CO₂. Efficiency shows a large variation between 0.8 and 26 tkm for 1 kg CO₂ emissions (Table 1). To explain the wide range of values, the following question arises as the main subject for subsequent analysis: what are the most important factors influencing CO₂ efficiency?

Table 2: Main parameter values for total sample, trucks >40 t and < 40 t

| Parameter | Sample n=153 | Trucks > 40 t n=109 | Trucks < 40t n=44 |
|--|-----------------|------------------------|----------------------|
| Vehicle use efficiency | | | |
| Efficiency of vehicle use in tkm/mkm | 0.36 | 0.4 | 0.28 |
| Mean weight load factor in % | 44.2 | 44.7 | 43 |
| Mean volume load factor in % | 59.3 | 63.6 | 48.2 |
| Mean empty runs in % of distance | 17.4 | 16.3 | 20.3 |
| Vehicle mean age in years | 3.1 | 2.5 | 4.4 |
| CO₂ efficiency | | | |
| Mean CO ₂ efficiency in tkm/kg CO ₂ | 10.4 | 12.5 | 5.5 |
| Mean fuel use in l/100km | 30.7 | 33.1 | 24.9 |
| Highest CO ₂ efficiency in tkm/kg CO ₂ | 26.0 | 26.0 | 18.3 |
| Lowest CO ₂ efficiency in tkm/kg CO ₂ | 0.8 | 1.3 | 0.8 |

Load factor and vehicle classes: The survey confirmed the known influence of vehicle load factor and vehicle class on CO₂ efficiency. As evidence, the correlation coefficient r^2 was calculated for three vehicle weight classes (7.5 t, 12-25 t and 35-44 t gross vehicle weight rating). r^2 shows values of 0.95, 0.79 and 0.88, respectively.

Operating sector: A second possible influencing factor is the operating sector of the company. In our sample, the economic sector has no influence on CO₂ –efficiency, with efficient and inefficient transports taking place to a similar degree in every sector.

We asked the drivers to estimate a volume utilisation ratio for each loading. A weak interrelation can be observed between **volume utilisation** and CO₂ efficiency. In the sample a volume utilisation above 80 % always corresponds to a CO₂/tkm value below 0.2 kg. As expected, the lowest values for volume utilisation were found in small vehicles for distribution transport. The average volume utilisation ratio of all vehicles is only 60.7 %, pointing to potential for better utilisation. However, given the subjective nature of the drivers' estimates, the level of confidence in the results is low in this area.

Company size and fleet structure (vehicle weight classes) have a marginal influence on the CO₂-efficiency of truck transports. The average CO₂ efficiency is slightly lower for small companies than for medium and large-sized companies.

Efficiency of vehicle use: The new indicator mass-kilometres (mkm) and the new ratio tkm/mkm were established as a value for efficient vehicle use (E_{vu}), because the main indicator for freight demand tonne-kilometres (tkm) neither includes the vehicle empty

weight nor the vehicle-kilometres travelled empty. To calculate mkm (mass-kilometres), the weight of the empty vehicle (t_2) is added to the load of the freight (t_1), resulting in the total weight (m) of a vehicle.

$$E_{vu} = tkm / [(t_2 + t_1) * km]$$

The value E_{vu} indicates how much more physical transport capacity (including the vehicle empty weight and the vehicle-kilometres travelled empty) was actually carried out in addition to the tkm-value. The indicator mkm/tkm represents the “efficiency of vehicle usage”.

These results show that we can measure CO₂ efficiency (E) in road freight transport with the unit tkm per 1 kg CO₂ emitted. It is a factor directly influenced by the efficiency of vehicle usage E_{vu} , choice of vehicle class (v_c), driver behaviour (d) and route (r) parameters.

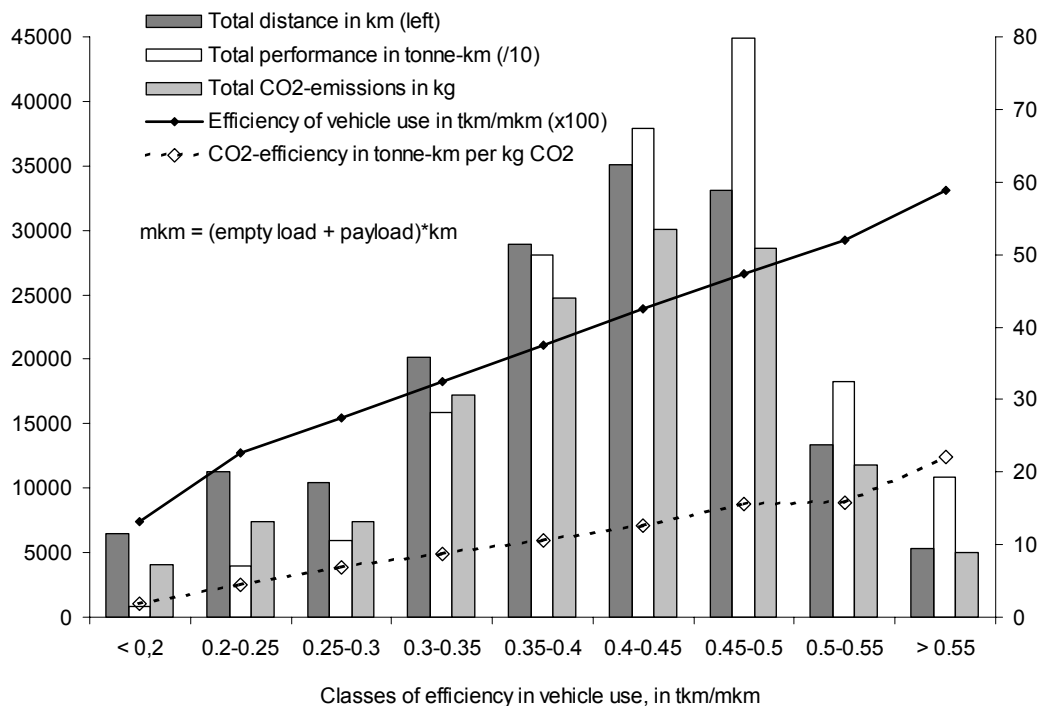
$$E = E_{vu} v_c d r$$

A regression for heavy trucks shows a high correlation ($r^2=0.96$) for E and E_{vu} .

Potential analysis

To evaluate the potential for further efficiency improvements, we analyse the results (figure 2) with a frequency distribution graph for the classes of E_{vu} , showing that the main transport performance and emissions occur around an average of 0.36 tkm/mkm.

Figure 2: Transport performance, emission amount, efficiency of vehicle use and CO₂ efficiency



The best company shows an average of 0.56 for E_{vu} and has implemented a very good but not exceptional level of efficiency measures. Assuming that all the companies below 0.5 could easily implement new efficiency measures because they are mainly self-financing [6], and would reach an average of 0.5 for E_{vu} , this would lead to a reduction of 20% for CO₂ emissions of heavy trucks. Traffic (km) would be strongly reduced while transport performance in tonne-km would be the same. The market value of the corresponding amount of diesel fuel is about €4,000 million per year. We assume that this potential also exists in other countries, perhaps at a lower level, and that the technologies and applications could be easily exported. The qualitative analyse based on fleet manager interviews confirms the high potential. Additional measures were mentioned such as “increased use of lightweight vehicle design”, and “adjusting the choice of vehicle class to the load”.

Discussion

Recently, the IFEU institute has released a calculated curve of CO₂ efficiency versus load factor of 40 t trucks, which exactly matches the obtained trend line for the vehicle class 35-44 t [3]. This again validates the results obtained.

The main economic indicator influencing CO₂ efficiency is efficiency of vehicle usage (E_{vu}). This is a composite including many other transport relevant values, such as vehicle load factor, empty load, maximum carrying capacity and vehicle-kilometres travelled empty. The results show a very high spread of efficiency between the most efficient and the most inefficient road freight transport.

The low level of implementing efficient technologies is probably due to the early development stage of the corresponding equipment which is also poorly adapted to the economic situation of a majority of small and medium companies. Most companies have not yet recognised the potential savings, which are considered to be too costly to achieve. Further research is needed to acquire a better understanding of how to overcome the barriers for implementing efficiency measures.

References

- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (2002) Energy Efficiency Best Practice Programme: Fuel Management Guide, London.
- Drewes Nielsen, L., Jespersen, P. H., Petersen, T. und Hansen, L. G. (2003) Freight transport growth – a theoretical and methodological framework, *European Journal for Operational Research* 144, 295-305.
- IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (2003) EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool. Environmental Methodology and Data. Heidelberg.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change - IPCC Technical Paper I. Geneva.
- KBA – Kraftfahrt-Bundesamt und Bundesamt für Güterverkehr (BAG) (2004) Statistische Mitteilungen. Reihe 8: Kraftverkehr. Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge. Oktober 2003. Flensburg. www.kba.de
- Mc Kinnon, A. (2003): Logistics and the Environment; in: Hensher, D.A. and Button, K.J. (Eds): *Handbook of Transport and Environment*, Oxford: Elsevier, 665-685.
- Schipper, L.J. and Fulton, L. (2003): Carbon dioxide emissions from transportation: trends, driving factors, and forces for change; in: Hensher, D.A. and Button, K.J. (Eds): *Handbook of Transport and Environment*, Oxford: Elsevier, 203-225.
- UBA – Umweltbundesamt (2002) Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland (FZK 20097104), Berlin.
- UBA – Umweltbundesamt (2003) Umweltdaten Deutschland Online: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr in Mio. Liter, Berlin, <http://www.env-it.de/umweltdaten/>

Acknowledgements

We thank Hartmut Graßl, Felix Fiseni, Martin Schultz, Ulrich Eidecker and the companies involved in this study for their support. The project was funded by BMBF, KZ 19G2064.

Zusammenfassung

In 2003 wurde die Energieeffizienz im deutschen Straßengüterverkehr in über 200 Unternehmen empirisch untersucht, um über neue Daten zu künftigen CO₂-Reduktionen zu verfügen und die Einflussfaktoren zu analysieren. Die Effizienz der erfassten Fahrzeuge schwank zwischen 0,8 und 26 tkm für 1 kg CO₂. Das Potenzial für Verbesserungen der CO₂-Effizienz und des Energieeinsatzes beträgt etwa 20% bei schweren Lkws und kann erreicht werden, indem die Effizienz der Fahrzeugnutzung verbessert wird. In der Fallstudie Containerverkehr wurde eine geringe Beladungseffizienz festgestellt. Die Effizienzmaßnahmen „IT-Disposition“ und Telematik zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation erhöhen die CO₂-Effizienz um 2 bis 10 %. Aufgrund ihrer geringen Verbreitung und ihres nachweislichen positiven Effekt ist zu empfehlen, solche Effizienzmaßnahmen stärker zu fördern.

Kurzfassung der Projektergebnisse

Ziel der Studie ist die Ermittlung des CO₂-Reduktionspotenzials von Effizienzmaßnahmen im Straßengüterverkehr. Dazu sind Reduktionsmaßnahmen empirisch und bundesweit in über 200 Unternehmen erfasst, Lücken festgestellt und das Potenzial quantifiziert worden. Forschungsbedarf konnte in allen relevanten Themenfeldern identifiziert werden.

Teiluntersuchung Erhebung der CO₂-Effizienz:

Ziel der empirischen Basiserhebung (Januar-Mai 2003) war die Ermittlung des Stand der CO₂-Effizienz und des vorhandenen Optimierungspotenzials in den Straßengütertransport-Unternehmen Deutschlands. 153 Datensätze mit einer Gesamttransportleistung von >1,6 Mio. tkm zeigen, dass die CO₂-Effizienz der durchgeführten Transporte um Faktor 32 schwankt (von 0,8 bis 26 tkm pro kg CO₂). Es lässt sich nachweisen, dass eine enge Korrelation zwischen Effizienz der Fahrzeugnutzung und CO₂-Effizienz existiert. Dazu wurden die Faktoren Tonnenkilometer (tkm = transportierte Tonnen x km) und Gesamtgewicht- (oder Masse-) kilometer (mkm = transportierte Tonnen + Leergewicht x km) in Relation gesetzt. Die Effizienz der Fahrzeugnutzung schwankt um den Faktor 12 und zeigt ein großes Optimierungspotenzial.

Daher sind die Faktoren Auslastungsgrad, Fahrzeuggröße und Nutzlast/Eigenlast-Verhältnis sowie Unternehmensgröße wichtig. Der Marktanteil der Maßnahmen zur CO₂-Effizienz wurde für 52 deutsche Unternehmen ermittelt. Demnach sind bundesweit nur wenige erfolgreiche Technologien und Maßnahmen in Logistik- und

Transportunternehmen implementiert. Das Potenzial für weitere Effizienzsteigerung ist daher hoch und die mögliche CO₂-Reduktion wird auf 20% geschätzt.

Teiluntersuchung Optimierungsmaßnahmen im Containertransport

Beim Containertransport sind 20 Unternehmen zu den Bedingungen der Einführung von CO₂-Reduktionsmaßnahmen befragt worden. Ihr Marktanteil am Containerverkehr des Hamburger Hafens beträgt 35%, ihre Treibstoffkosten variieren zwischen 10-20% für den Nahverkehr und 25-33% für den Fernverkehr. 90% sind in informelle Kooperationen eingebunden, 25% haben eine halbautomatische Dispositionssoftware, 10% sind teilweise mit Onboard Navigationssystemen ausgestattet. Das Optimierungspotenzial ist im Bereich Leerfahrten, Zusammenarbeit mit Terminals und Reedereien hoch. Ökonomische Effizienzsteigerungen (Zeitgewinn durch mehr Umläufe im Nahverkehr, Chassis beim Kunde deponieren, etc.) können jedoch erhöhten Treibstoffverbrauch implizieren. Die Maßnahmenbeurteilung ist wegen unbekanntem Gewicht der Container (keine tkm) erschwert. Geräte zur automatischen Gewichtsmessung am Fahrzeug wären (neben anderen CO₂-Effizienzmaßnahmen) zu implementieren. Forschungsbedarf ist generell hoch.

Teiluntersuchung Onboardsysteme zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs

Onboardsysteme zur Registrierung und zum Monitoring des Kraftstoffverbrauchs sind eine Schlüsseltechnologie der CO₂-Reduktion, mit der die Effekte aller weiteren Maßnahmen gemessen werden können. Eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs wird durch Auswertung der vom System gelieferten Daten und die Umsetzung daraus gezogener Schlussfolgerungen erreicht. Die Ergebnisse der bundesweiten Befragung, beruhend auf einem Vorher-Nachher-Vergleich, zu dem Jahresdaten vor und nach Einführung der Systeme herangezogen wurden, ergeben ein bundesweites Reduktionspotenzial von ca. -5%. Forschungsbedarf ist insbesondere im Zusammenhang mit weiteren Maßnahmen gegeben.

Teiluntersuchung Dispositionssoftware und Telematik

Anhand der empirischen Teiluntersuchung „Disposition und Telematik“ kann vorsichtig geschätzt werden, dass sich die betriebliche CO₂-Bilanz eines Straßengüterverkehrsunternehmens nach Einführung eines IT-gestützten Dispositionssystems bei gleichbleibendem Ladungsaufkommen um 0 bis 4,5 Prozent verbessert (bester Schätzwert: 3 Prozent). Wird neben der IT-gestützten Disposition gleichzeitig ein Telematiksystem zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation eingeführt, verbessert sich die betriebliche CO₂-Bilanz um 2 bis 10 Prozent (bester Schätzwert: 8 Prozent). Die im deutschen Straßengüterverkehr realisierbaren CO₂-Einsparungen durch den Einsatz von IT-gestützten Dispositionssystemen bewegen sich zwischen 1 und 2 Prozent, bzw. 3 und 5 Prozent bei gleichzeitiger Einführung eines IT-

gestützten Dispositions- und Telematiksystems zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation (ca. 2,3 Mio. t CO₂-Reduktion).

Teiluntersuchung Speditionskooperationen

Die Untersuchung von Speditionskooperationen erfolgte anhand eines Vergleichs der Basisbefragung mit den Werten von Fahrzeugen einer formellen Kooperation. Da sich die Rahmenbedingung vor und nach dem Beitritt zu einer Kooperation stark ändern, ist eine Quantifizierung mit erheblichen methodischen Unsicherheiten verbunden. Der Vergleich mit Unternehmen der Basisbefragung zeigt eine Verbesserung von wenigen Prozenten in der Auslastung und keine signifikante Änderung bei der Fahrleistung. Die Typen von Kooperation variieren in ihrer Effizienz und ihren Bedingungen stark (Unternehmenszusammenschlüsse, Online-Frachtbörse, informelle Zusammenarbeit bei der Auftragsabwicklung, etc.). Der durch Kooperation erreichte Unterschied in der CO₂-Effizienz konnte im Vergleich zu sonstigen Stückgutspeditionen auf 10-15% geschätzt werden. Der Forschungsbedarf ist hoch. Neue Methoden zur Messung und Evaluation von Treibstoffeffizienz in Relation zu Managemententscheidungen, Kunden- und Lieferstrukturen, Kooperationsmodellen usw. sind zu entwickeln.

1. Einleitung

Bedeutung des Güterverkehrs in Deutschland

Die Nachfrage nach Straßentransport wächst in Deutschland seit vielen Jahren, zum Teil sehr kräftig. Das Geschäftsvolumen für Güterverkehr ist insbesondere nach Öffnung der Mauer Anfang der 90er Jahren stark angestiegen und die Branche Logistik und Transport ist zum strukturell wichtigen Wirtschaftszweig mit mehr als 2 Mio. Beschäftigten avanciert, ohne dass es in den Bereichen Bahn und Binnenschiff zu nennenswerten Zuwächsen kam. Daher wird im Straßenverkehr die mit Abstand größte Transportleistung erbracht (Abb. 1-1 und 1-2). Für die Zukunft wird noch für längere Zeit keine große Änderung an diesem Trend erwartet, denn die Erweiterung der EU nach Osteuropa wird für Deutschland eine zusätzliche Nachfrage bedeuten, wobei Binnenschiff- und Bahntransporteure nicht mit großen Infrastrukturzuwächsen rechnen können. Ein Zuwachs des Güterverkehrs auf deutschen Straßen ist also mittelfristig vorprogrammiert. Allerdings zeichnen sich Probleme und Engpässen in der Infrastruktur ab, bei den Staus und Ineffizienz zunehmen. Allein aus übergeordneten verkehrstechnischen Gründen ergibt sich bereits der Zwang zu mehr Effizienz im Güterverkehr.

Probleme des Treibstoffverbrauchs und soziale Effekte

Durch die Emissionen von Abgasen aus Dieselmotoren entstehen außerdem unbeeindruckt zahlreiche Umweltprobleme für Deutschland, darunter ist das wichtigste Problem der Klimawandel. Besonders umweltrelevante Effekte sind CO₂-Anstieg und Treibhauseffekt, lokale Luftverschmutzung durch Gase und Partikel, regionale Luftverschmutzung durch Ozonbildung und temporär hohe Ozonbelastungen, weitere Versiegelung, Bodenbelastung und Zerschneidung von Landschaften. Sozial sind die Probleme des zunehmenden Güterverkehrs ebenfalls noch nicht gelöst. So sind z.B. die Arbeitsbedingungen im Straßentransport für mehr als 1 Mio. Menschen besonders schlecht, und es passieren immer noch sehr viele Verkehrsunfälle. Diese und weitere externen Effekten zeigen, dass noch ein weiter Weg zurückzulegen ist, bis das Ziel einer Stabilisierung der Emissionen und der sonstigen negativen Einwirkungen des Straßengüterverkehrs in Europa und in Deutschland erreicht wird (Siehe Anhang).

Angesichts von Wachstum und Problemen der nachhaltigen Entwicklung erscheint es notwendig, eine höhere Effizienz der Transportwirtschaft insgesamt zu erzielen, und insbesondere eine höhere CO₂-Effizienz durch verschiedene technische und nicht-technische Maßnahmen einzuleiten. Dies ist bereits in Ansätzen vielfach geschehen, aber in einer für die Gesamtsituation wenig durchschlagender Weise, so dass sich an der

Herausforderung, den wachsenden Straßengüterverkehr nachhaltig und effizienter zu gestalten, wenig geändert hat.

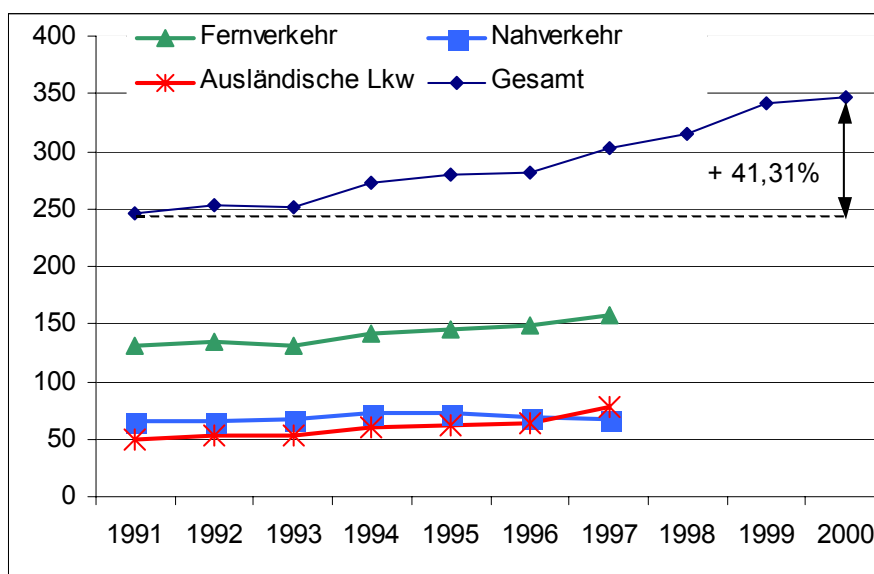
Abb. 1-1: Intermodale Güterverkehrsentwicklung in Deutschland zeigt für 1991-2000 einen Anstieg der Straße von 61,8 auf 68,7% der Verkehrsleistung.

Quelle: BMU, 2002

| Jahr | Eisenbahn | | Straßengüterverkehr | | Binnenschifffahrt | | Rohfernleitungen (*) | | Luftverkehr (**) | | Verkehrsleistung Gesamt |
|------|-----------|------|---------------------|------|-------------------|------|----------------------|-----|------------------|-----|-------------------------|
| | Mrd. tkm | % | Mrd. tkm | % | Mrd. tkm | % | Mrd. tkm | % | Mio. tkm | % | |
| 1991 | 80,2 | 20,2 | 245,7 | 61,8 | 56,0 | 14,1 | 15,7 | 3,9 | 428,8 | 0,1 | 398,0 |
| 1992 | 69,8 | 17,7 | 252,3 | 63,9 | 57,2 | 14,5 | 15,7 | 4,0 | 435,9 | 0,1 | 395,5 |
| 1993 | 64,9 | 16,6 | 251,5 | 64,5 | 57,6 | 14,8 | 16,1 | 4,1 | 459,2 | 0,1 | 390,5 |
| 1994 | 69,9 | 16,6 | 272,5 | 64,7 | 61,8 | 14,7 | 16,8 | 4,0 | 503,3 | 0,1 | 421,5 |
| 1995 | 68,8 | 16,0 | 279,7 | 65,2 | 64,0 | 14,9 | 16,6 | 3,9 | 522,4 | 0,1 | 429,6 |
| 1996 | 67,7 | 16,0 | 280,7 | 66,2 | 61,3 | 14,4 | 14,5 | 3,4 | 544,5 | 0,1 | 424,8 |
| 1997 | 72,9 | 16,2 | 301,8 | 67,1 | 62,2 | 13,8 | 13,2 | 2,9 | 565,0 | 0,1 | 450,6 |
| 1998 | 73,6 | 15,7 | 315,9 | 67,4 | 64,3 | 13,7 | 14,8 | 3,2 | 657,7 | 0,1 | 469,2 |
| 1999 | 71,4 | 14,5 | 341,7 | 69,6 | 62,7 | 12,8 | 15,0 | 3,0 | 696,0 | 0,1 | 491,4 |
| 2000 | 76,0 | 15,0 | 347,2 | 68,7 | 66,5 | 13,2 | 15,0 | 3,0 | 763,3 | 0,2 | 505,5 |

Abbildung 1-2: Intramodale Entwicklung der Straßen-Güterverkehrsleistung in Deutschland 1991-2000 in Mrd. tkm

Quelle: Stat. Bundesamt, 2001 und BMU, 2002



Forschungsleitfragen und Ziele

Für die Studie stellen sich mehrere Fragen:

- Welche Effizienzmaßnahmen in Logistik und Transportwirtschaft können aus der Perspektive der nachhaltigen Entwicklung und des Klimawandels identifiziert werden? (Kap. 2)
- Wie hoch ist das CO₂-Reduktionseffekt bereits erfolgter Effizienzmaßnahmen in „Normalunternehmen“ des Güterverkehrs? (und mit welcher Methode kann es empirisch erfasst und quantifiziert werden?) (Kap. 4)
- Wie hoch sind die CO₂-Emissionen in 2003, welche Unternehmen, welche Technologien, welche Maßnahmen haben das beste Ergebnis? Wie hoch ist das Potenzial für Verbesserungen am Markt? (Kap. 4 bis 8)
- Wo bestehen noch Forschungslücken? (Kap. 9)

Aufgrund vorliegender Erkenntnisse war im Vorfeld des Projektes zu erfahren, dass möglicherweise ein hohes Potenzial in drei Spezialbereichen zu erwarten wäre: Kooperation, Disposition und Onboard-Geräte. Hier wurden empirische explorative Recherchen zu den bereits erzielten Reduktionen durchgeführt (Kap 5,6 und 7).

In der Studie werden diese Leitfragen aufgegriffen, es werden Antworten vorgeschlagen und Wege zur Überwindung von Problemen und Engpässen gezeigt.

Der innovative Beitrag des Projektes

Beiträge zum Thema Klimawandel und Güterverkehr sind zahlreich. Insbesondere im Zuge der sich neu eröffnenden Möglichkeiten der Nutzung von Kioto-Mechanismen zur Anrechnung von CO₂-Minderungseffekten konnten auch im Transportsektor einige Forschungsprojekte in OECD-Ländern durchgeführt werden (ECMT, 1997). Allerdings weisen sämtliche Projektergebnisse, sei es zu alternativen Antrieben, Einführung technischer Neuerungen wie Telematik oder Onboard-Geräten immer eine große Lücke auf, wenn es um den Nachweis tatsächlich erfolgter Minderungen in Transportunternehmen geht, die unter normalen Verkehrs- und Marktbedingungen arbeiten. Herstellerangaben beziehen sich meist auf Tests, nicht auf Anwendungen in Unternehmen unter realen Geschäftsbedingungen. Zudem erfolgen die Untersuchungen zum aktuellen Stand der Treibhausgasemissionen in Deutschland immer deduktiv mit Berechnung, Szenarien oder Statistiken, die sich aus den globalen Verkaufszahlen von Dieselmotoren ergeben. Direkte Messungen in Unternehmen und eine deutschlandweite empirische Erhebung mit Befragung zu den real erfolgten Verbesserungen, Schwierigkeiten und Problemen können weit realistischere Resultate ergeben. Es fehlte eine Studie, die eine Evaluation der wichtigsten Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr vornimmt.

Mit vorliegender Studie werden diese Lücke teilweise geschlossen. In Fallbeispielen wurden die qualitativen und quantitativen Dimensionen, die unternehmensinterne und die externen Effekte einiger Technologien und Maßnahmenbündel genauer ermittelt.

Es zeigte sich im Laufe der Arbeiten rasch, dass die Zahl der Maßnahmen weit über 70 liegt, der Markt in vielen Segmenten zerschnitten ist und daher die Übertragbarkeit von Lösungen nicht immer gegeben ist, und somit eine vollständige Evaluation aller Effekte aller Maßnahmen und deren Potenzial den Rahmen eines kleinen Forschungsprojektes sprengen würde. Es ergibt sich daher die Notwendigkeit weiterer Forschungsarbeiten.

2. *Grundlagen und Methoden zu CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr*

2.1 *Typisierung von Effizienzmaßnahmen und -technologien*

Unter den Maßnahmen, die zu einer Verringerung der CO₂-Intensität von Gütertransporten eingesetzt werden können, sind zwei große Gruppen zu identifizieren: Maßnahmen, die seitens der öffentlichen Hand eingeführt werden, wie z.B. Straßenbenutzungsgebühren oder Geschwindigkeitsbegrenzungen und solche, die von Unternehmen veranlasst werden. Aus Sicht der Unternehmen stehen vor allem die Steigerung der Effizienz und die Reduktion der Treibstoffkosten unter rein betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten im Vordergrund. In der Praxis werden häufig aus mehreren Maßnahmen bestehende Maßnahmenpakete umgesetzt, bei dem der Beitrag einer einzelnen Maßnahme zur Verringerung des CO₂-Ausstoß schwer zu isolieren ist.

Die Studie beschränkt sich auf die Betrachtung von Effizienzmaßnahmen, die von Unternehmen aus eigenem Interesse umgesetzt werden. Für die Vielzahl der möglichen Effizienzmaßnahmen lässt sich eine Übersicht präsentieren, bei der die Maßnahmenkategorien nach den bestimmenden Faktoren des CO₂-Ausstosses geordnet werden. In dieser Übersicht lassen sich die einzelnen konkreten Maßnahmen und Technologien einordnen und die auf dieser Weise entstehende Liste beliebig erweitern. Die im Laufe der Untersuchungen erstellte Liste von 84 identifizierten Effizienzmaßnahmen befindet sich in den Tabellen 2-1 bis 2-3.

Unter den Maßnahmen, die den CO₂-Ausstoß pro zurückgelegte Kilometer verändern, gehören Technologien, Vorhaben und Systeme, die den Kraftstoffverbrauch pro Kilometer oder den Typ des eingesetzten Kraftstoffes verändern. Beispiele wären: Schulung der Lkw-Fahrer zum verbrauchsarmen Fahren, Nutzung von Biodiesel oder Verlagerung von Transporten auf die Bahn (Tab. 2-1). Das andere wichtige Maßnahmentyp betrifft Technologiesysteme, die das Verhältnis der zurückgelegten Fahrzeugkilometer zur nachgefragten Verkehrsleistung verändern, indem sie Einfluss auf den durchschnittlichen Auslastungsgrad nehmen (Tab. 2-2). Der Auslastungsgrad steigt, wenn leere oder teilbeladene Fahrten vermieden werden. Ansatzpunkte hierfür sind die Optimierung der Disposition, die organisatorische Bündelung von Ladungsströmen mittels Netzen und Transportketten und vor allem die Erhöhung der Zahl der Transportaufträge, die disponiert werden können. Letzteres kann z.B. durch Unternehmenswachstum, durch Kooperationen oder auch durch die Übergabe der Logistiksteuerung an einen Fourth-Party-Logistic-Provider erzielt werden.

Tabelle 2-1: Technologien, Maßnahmen und Systeme zur Reduzierung des CO₂ Ausstoßes pro Fahrzeugkilometer

- 1. Änderung des Fahrverhaltens**
 - Fahrertraining zum verbrauchsarmen Fahren
 - Einsatz eines Bonussystems zur Förderung verbrauchsarmen Fahrens
 - Einsatz eines Autopilots (Tempomat)
 - Vorgabe einer Geschwindigkeitsbegrenzung
 - Einsatz von Onboardsystemen zum Monitoring des Kraftstoffverbrauchs
- 2. Optimierung des Wartungszustandes der Fahrzeuge**
 - Einsatz von Onboardsystemen zur Überwachung des Reifendrucks
 - Einsatz von Onboardsystemen zur Leistungsüberwachung des Motors
 - Verkürzung von Wartungsintervallen
 - Einführung einer softwaregestützten proaktiven Wartung der Fahrzeuge
 - Reduktion des Wartungsbedarfs im Zuge der Produktion
- 3. Wechsel des Treibstoffes ohne Veränderung am Fahrzeug**
 - Einsatz von Biodiesel anstatt von Normal-Diesel
 - Einsatz von Super-Diesel anstatt von Normal-Diesel
- 4. Kraftstoffverbrauch senkende technische Veränderungen am vorhandenen Fahrzeug**
 - Einbau eines Dachspoilers
 - Nutzung von Reifen mit veränderten Profilen
 - Einsatz von Leichtlaufölen
- 5. Anschaffung von Neufahrzeugen**
 - Einsatz von Fahrzeugen mit geringerem Eigengewicht /besserem Nutzlast-Eigenlast Verhältnis
 - Einsatz von verbrauchsärmeren Fahrzeugen mit klassischen Motor
 - Einsatz von Fahrzeugen mit Multi-Point-Injektion
 - Einsatz von Elektro Hybrid Systemen mit Speichermöglichkeit
 - Einsatz von Elektrobetriebenenfahrzeugen
 - Einsatz von LNG betriebenen Fahrzeugen
- 6. Verlagerung von Lkw-Verkehren auf andere Verkehrsträger oder Verkehrsmittel**
 - Verlagerung auf die Bahn im Direktverkehr
 - Nutzung der Bahn im begleiteten KV
 - Nutzung der Bahn im unbegleiteten KV mit Containern oder Sattelaufliegern
 - Verlagerung auf die Binnenschifffahrt im Direktverkehr
 - Nutzung der Binnenschifffahrt zum KV mit Containern
 - Nutzung der Binnenschifffahrt zum KV mit nicht-containerisierten Gütern
 - Verlagerung auf den Kurzstreckenseeverkehr im Direktverkehr
 - Nutzung der Kurzstreckenseeverkehr zum KV mit Containern
 - Nutzung der Kurzstreckenseeverkehr zum Transport von nicht-containerisierten Gütern mit Vor- und/oder Nachlauf im Straßenverkehr
 - Nutzung von komplexen Transportketten unter Einsatz von mehr als zwei oder einer wechselnden Kombination von Verkehrsträgern
 - Nutzung von Untergrundverteilsystemen
 - Nutzung von automatischen Fahrzeugen (AGV) auf oder zwischen Firmengeländen
- 7. Verlagerungen von der Bahn auf andere Verkehrsträger**
 - Nutzung der Binnenschifffahrt anstatt des Bahntransportes
 - Nutzung der Kurzstreckenseeschifffahrt anstatt des Bahntransportes

Tabelle 2-2: Maßnahmen und Systeme zur Reduktion zurückgelegter Fahrzeugkilometer pro Einheit nachgefragter Verkehrsleistung (tkm)

- 1. Optimierung der Disposition**
 - Einsatz von Software zur Unterstützung der manuellen Disposition
 - Einsatz von halbautomatischer Dispositionssoftware
 - on route Disposition mit Hilfe von Onboardsystemen oder Telematik
 - on route Disposition mit Hilfe des Mobiltelefons
 - Einbezug der Fahrer Verfügbarkeit in die Ressourcenplanung
 - Einsatz von Tourenplanungsprogrammen
 - Einsatz von Routenplanungsprogrammen
 - Implementierung durchgängiger Prozess- und Datenmanagement-Systeme
 - Einsatz von Tracing and Tracking Systemen
- 2. Verbesserung des Staufaktors**
 - Einsatz eines Stauoptimierungsprogramms; Anordnung im Fahrzeug
 - Einsatz eines Stauoptimierungsprogramms; Anordnung der Produkte in der Verpackung
 - Durchführung einer Verpackungsoptimierung als Aufgabe der Verpackungstechnik
 - Durchführung einer Verpackungsoptimierung als Aufgabe des Produktdesigns
 - Verlegung des Montagestandortes in Abnehmernähe (Transport von Kits)
 - Anpassung der Ladeinheiten an die Abmessungen der Verkehrsmittel
 - Anpassung der Abmessung des Verkehrsmittels an die der Ladungseinheiten
- 3. Bündelung von Ladungsströmen**
 - Einsatz eines ein/mehrstufigen Hub-and-Spoke Netzes mit/ohne zulässigen Direktverkehren
 - Hinzufügung eines Hubs oder einer Stufe zu einem Netzwerk
 - Reduktion der Stufen in einem Netzwerk
 - Verlagerung von Standorten in einen Netzwerk
 - Einsatz eines Crossdocking Konzeptes mit Abholung beim Zulieferer und Relationsverladung
 - Einsatz eines Crossdocking Konzeptes mit Anlieferung des Zulieferers zum cross dock
 - Brechung von Verkehrsströmen vor der "letzten Meile"
- 4. Erweiterung des Volumens und Zahl der Ressourcen, über die disponiert werden kann**
 - Nutzung einer geschlossenen Speditions*kooperation*
 - Nutzung einer offenen Speditions*kooperation*
 - Beteiligung an einer *Allianz* ohne pooling der Ressourcen
 - Beteiligung an einer *Allianz* mit pooling der Ressourcen
 - Beteiligung an einer Citylogistik Kooperation
 - Fallweise informelle Kooperation
 - Nutzung von offenen elektronischen Frachtbörsen
 - Beteiligung an geschlossener Frachtbörse mit GPS basierter Zuteilung von Frachtaufträgen
 - Bildung von Einkaufsgemeinschaften
 - Bildung von Anbiertergemeinschaften
 - Kooperation in horizontalen globalen Netzwerken
- 5. Unternehmens- und Prozesskettenübergreifende Logistiksteuerung**
 - Übernahme der Steuerung der Logistikprozesse der Supplychain durch den Abnehmer
 - Steuerung der Beschaffungs- wie Distributionslogistik Prozesse durch einen 4PL
 - Outsourcing von Lager- oder Umschlagpunktbetrieb an Logistikprovider
 - Outsourcing von Transportleistungen an Carrier
 - Kunden getrieben Prozesskette (Anwendung des Pull Prinzips)
- 6. Differenzierungsstrategien**
 - Multi Channel Distribution
 - Produkt customizing
 - Made to order
 - Direktvermarktung

Tabelle 2.1-3: Weitere Technologien, Maßnahmen und Systeme zur Verbesserung der CO₂-Effizienz von Transporten

- 1. Maßnahmen und Systeme zur Reduzierung der Nachfrage nach Tonnage oder Kilometer**
 - Clusterbildung
 - Wahl von Kunden- oder Zulieferbeziehungen, die zu "effizienten" Transporten führen
 - Verringerung der Fertigungstiefe an einem Betriebsstandort
 - Supplychainmanagement
 - Globale Beschaffung und Distribution
- 2. Technologie zur Reduktion der CO₂-Emission pro transportierter Tonne**
 - Vergrößerung der Ladekapazität der Verkehrsmittel

Sehr viele Effizienzmaßnahmen sind zudem nur in Verbindung mit der Abbildung von Prozessen in IT-Form und entsprechender Software zur Bewältigung der entstehenden Komplexität umzusetzen. Ein weiterer Ansatzpunkt zur Erhöhung des Auslastungsgrades sind Maßnahmen zur Verbesserung des Staufaktors bei der Beladung.

Einige Maßnahmen sind mehr organisatorischer Art und beeinflussen direkt die Nachfrage nach Tonnagen oder Kilometer (Tab. 2-3). Als Teil eines vom Unternehmen durchgeführten Maßnahmenpaketes beeinflussen sie die Rahmenbedingungen und somit die erzielbaren CO₂-Reduktionspotenziale. Als primärer Untersuchungsgegenstand des Projektes werden Maßnahmen diesen Typs wie auch das Größenwachstum bei den Verkehrsmitteln, in der Tabelle 2-3 als Technologie zur Reduktion der CO₂-Emission pro transportierter Tonne aufgeführt, nicht gesehen. In vielen Interviews konnte jedoch nach und nach bestätigt werden, dass die Identifikation der einzelnen Reduktionsmaßnahmen die Lage korrekt wiedergibt.

2.2 Methodik der Untersuchung

Nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Forschung gibt es weder national noch international ein anerkanntes Indikatorensystem oder eine Bewertungsmethode, welches die Nachhaltigkeitseffekte des Sektors Transportwirtschaft umfassend abzubilden oder zu quantifizieren vermag. Es gibt jedoch mehrere abgeschlossene und laufende Projekte, in denen bereits Arbeiten in diese Richtung gemacht worden sind. Ein Beispiel ist das langjährige, internationale Projekt "Environmentally Sustainable Transport" (EST) der OECD.¹ Das Projekt EST basiert auf einem Szenario-Ansatz. Die Ziele des Projektes sind die Charakterisierung eines dauerhaft nachhaltigen Verkehrs und die Entwicklung politischer Richt-/Leitlinien zu dessen Umsetzung. Ein weiteres

¹ Die Homepage von EST findet sich unter <http://www.oecd.org/env/ccst/est>. Von dort wird man weitergeleitet zu <http://www.oecd.org/EN/home/0,,EN-home-518-nodirectorate-no-no-no-8,00.html>.

Beispiel ist das Projekt "Assessment of Transport Strategies" (ASTRA),² welches von 1997 bis 2000 unter Federführung des Instituts für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe gelaufen ist, und von der Europäischen Kommission gefördert wurde. Das Projektziel von ASTRA war die Entwicklung eines Tools zur Analyse von Langzeiteffekten vergangener und zukünftiger EU-Verkehrspolitik auf den Ebenen Makro- und Regionalökonomie, Landnutzung, Verkehr und Umwelt. Außerdem war das EU Konsortium von FANTASIE mit der Bewertung neuer Technologiesysteme, insbesondere alternative Antriebe und Kraftstoffen wie Gas-Solar- und Wasserstofffahrzeugen, und der Evaluation deren Umwelteffekte beauftragt (IABG et al., 2000). Allerdings finden sich bei deren Analysen und Quantifizierungen keine quantifizierte Hinweise auf Straßengüterverkehr und Logistik.

Neben diesen Projekten, die der Orientierung dienen, finden sich innerhalb nationaler und internationaler Projekte einige Indikatorensysteme, die als eine Art Regelwerk für die Studie relevant sind, weil sie integrativ sowohl die ökologische als auch die ökonomische und die soziale Nachhaltigkeitsdimension erfassen. Hierzu zählen das Indikatorensystem der UN Commission on Sustainable Development (2001) auf internationaler Ebene oder die Indikatorenliste zur nachhaltigen Entwicklung des schweizerischen Projektes MONET (2002) auf nationaler Ebene (CSD, 2001). Diese Indikatorensysteme wurden vor dem Hintergrund nationaler Nachhaltigkeitsberichterstattung entwickelt und sollen internationale Vergleiche ermöglichen. In aller Regel sind die dort gewählten Indikatoren hoch aggregiert, weil sie vorwiegend die Aufgabe haben, nationale Durchschnittswerte abzubilden.

Wenn in dieser Studie von Nachhaltigkeitseffekten gesprochen wird, ist dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Forschung in Deutschland Rechnung zu tragen, und es werden Auswirkungen auf die drei Kategorien "ökologische Verantwortung", "soziale Verträglichkeit" und "ökonomische Leistungsfähigkeit" analysiert, außerdem auf Verkehrssituation und auf politische Rahmenbedingungen geachtet. Die verwendeten Indikatoren haben wichtige Teilbereiche aller Kategorien berücksichtigt.

Die Auswahl von Kennzahlen erfolgte zum Teil aus pragmatischen Kriterien. Dies ergibt sich aus der Projektdauer, weil die Daten in relativ kurzer Zeit erhoben werden mussten. Außerdem ist zu beachten, dass die Daten, welche für die Indikatoren benötigt wurden, bei ihrer Erhebung mit wenig Unsicherheiten behaftet sind. Es wurde eine den

² Homepage von ASTRA: <http://www.iww.uni-karlsruhe.de/ASTRA>.

Untersuchungszielen und den im Kap. 1 vorgestellten Leitfragen angepasste Liste von Kenngrößen festgelegt.³

Dem CO₂-Reduktionspotenzial der identifizierten Effizienzmaßnahmen kam eine herausragende Stellung im Projekt zu.

Zentrale Messgrößen waren demnach Fahrleistung (Fzkm), transportierte Tonnage (t), Transportleistung (tkm) und Gesamtgewicht- (oder Masse-)kilometer (mkm), der Kraftstoffverbrauch (Liter) und die Auslastungsgrade der Transportträger (Anteil der transportierten Tonnage an der zulässigen Nutzlast und Anteil nach Volumen).⁴ Die CO₂-Emission wird in dieser Studie als abhängige Größe des Treibstoffverbrauchs berechnet. Die Kalkulation der CO₂-Emission folgte dem "bottom up"-Ansatz des IPCC,⁵ und zwar auf Basis der Art und Menge des verbrauchten Kraftstoffs sowie seines spezifischen Kohlenstoffgehaltes. Der bottom up-Ansatz ist zwar ursprünglich konzipiert, um jährliche Gesamtemissionsbilanzen zu erstellen, er kann jedoch auch über diese zeitliche Restriktion hinaus verwendet werden. Es können letztlich die Emissionen konkreter Fallbeispiele ermittelt werden, wobei eine Aufschlüsselung bis auf das Niveau einzelner Fahrzeuge und einzelner Touren möglich ist. Die Berechnungsformel ist:⁶

$$\text{CO}_2\text{-Emission} = \text{Kraftstoffverbrauch}_j * \text{Heizwert}_j * \text{Emissionsfaktor}_j$$

mit j = Art des Kraftstoffs

Aufgrund der in Deutschland und Europa vorherrschenden Qualität des Diesel-Kraftstoffs⁷ ergibt sich daraus für den Straßengüterverkehr:

$$\text{CO}_2\text{-Emission (kg CO}_2\text{)} = \text{Dieselverbrauch (l)} * 2,6416 \text{ (kg CO}_2\text{/l)}$$

Dabei wird der Umrechnungsfaktor in der Regel auf 2,64 gerundet. Die Berechnungsgenauigkeit der CO₂-Emission liegt beim Erfassungsansatz jährlicher Gesamtemissionsbilanzen des IPCC um +/- 5%. Dabei wird in erster Linie die Qualität der erhobenen Daten für die Fehler verantwortlich gemacht, weniger die zugrundeliegenden Emissionsfaktoren. Wegen der relativ hohen Messgenauigkeit sind die Fehler nochmals

³ Es soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass für ein repräsentatives Indikatorensystem zur Quantifizierung von Nachhaltigkeitseffekten durch die Transportwirtschaft noch Forschungsbedarf besteht. Dies gehörte nur am Rande zu den Aufgaben von NESTOR.

⁴ Eine Diskussion der einzelnen Indikatoren findet sich im Kapitel 2.3 „Stärken/Schwächen“.

⁵ IPCC (ed.) (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2.3: Mobile Combustion Road Vehicles. o.O. 2000. S. 2.44-2.50.

⁶ siehe auch Greenhouse Gas Protocol Initiative (ed.) (2001): Calculating CO₂ Emissions from Mobile Sources. Guidance to calculation worksheets. siehe <http://www.ghgprotocol.org> (Stand: 22.11.02).

⁷ siehe beispielsweise Umweltbundesamt (ed.) (1999): Verkehr im Umweltmanagement. Anleitung zur betrieblichen Erfassung verkehrsbedingter Umwelteinwirkungen. – <http://www.umweltbundesamt.de> (Stand: 22.11.02).

weit geringer einzuschätzen und können für die unterschiedlichen Teiluntersuchungen mit 1–3% angenommen werden.

2.3 *Stärken und Schwächen von Indikatoren der CO₂-Intensität von Gütertransporten*

Der durch den Energieeinsatz zur Durchführung von Gütertransporten entstehende CO₂-Ausstoß wird im wesentlichen von den folgenden Einflussgrößen bestimmt: dem Mix der eingesetzten Primärenergieträger, Antriebsarten und Verkehrsmittel, der Verkehrsintensität, bestimmt als Verhältnis der angefallenen Tonnenkilometer zum Bruttoinlandsprodukt und der Fahrleistungsintensität. Die maßgeblichen Zusammenhänge lassen sich, zunächst allein aufgrund der Literaturanalyse, durch folgende Formel beschreiben:

$$\text{Schadstofffracht} = (\text{Schadstofffracht/Fzkm}) (\text{Fzkm/tkm}) (\text{tkm/t}) (\text{t/Nutzen}) \text{Nutzen}^8$$

Es war Aufgabe von dieser Untersuchung, empirisch zu überprüfen, ob diese theoretische Annahme richtig ist oder aber ergänzt werden muss. Die Formel macht deutlich, dass neben den technologischen Faktoren, das Verhältnis der zurückgelegten Fahrzeugkilometern zu den erstellten Tonnenkilometern, die durchschnittliche Transportentfernung, das Durchschnittsgewicht der Güter pro Sozialproduktseinheit⁹ und die absolute Höhe des Sozialprodukts in die Berechnung einfließen. Prinzipiell eignet sich somit jeder der Faktoren in der Gleichung als Ansatzpunkt für Maßnahmen zur Reduktion der Umweltbelastung durch CO₂. Die CO₂-Intensität des Güterverkehrs kann folglich durch die Menge CO₂ pro jedem der aufgeführten Nenner beschrieben werden, also als kgCO₂/km, kgCO₂/tkm, kgCO₂/t oder kgCO₂/BIP.

Für die verschiedenen Primärenergieträger ist die bei der Umwandlung in Energie freigesetzte Menge CO₂ pro Verbrauchseinheit jeweils eindeutig bestimmt. Technologieabhängig ist hingegen der Wirkungsgrad, d. h. die Anzahl der Verbrauchseinheiten eines Energieträgers, die zur Bereitstellung eines Kilowatt Leistung am Verkehrsmittel benötigt werden, wie auch der Wirkungsgrad bei der Umsetzung der Leistung in Vorwärtsbewegung durch das Verkehrsmittel. Beim Vergleich verschiedener Verkehrsträger oder auch Verkehrsmittel unter Verwendung unterschiedlicher Energieträger kann sich die Betrachtung der CO₂-Intensität daher nicht auf den bei der Traktion entstehenden CO₂-Ausstoß beschränken. Vielmehr ist

⁸ Vgl. Mario Schmidt (1998), in Verkehrsvermeidung im Güterverkehr, Texte 78/98, Umweltbundesamt, Berlin, S. 31

⁹ Obwohl Teil jeder umfassenden Diskussion über nachhaltige Entwicklung wird die Frage in wiefern Nutzen in Geldeinheiten gemessen werden kann oder durch das Bruttosozialprodukt richtig gemessen wird hier einmal ausgeklammert.

der im Zuge der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Verkehrsmitteln und Infrastruktur entstehende kumulierte Energieaufwand und der hieraus resultierende Schadstoffausstoß zu betrachten.¹⁰

Da sich die vorliegende Studie auf die Betrachtung von CO₂-Effizienzen im Straßengüterverkehr mittels Diesel betriebener Nutzfahrzeuge beschränkt hat, ist es zulässig, mit Indikatoren zu arbeiten, die die zuzurechnende CO₂-Menge allein am im Zuge der Durchführung der Traktion verbrauchten Kraftstoff festmachen¹¹.

Im Straßengüterverkehr gibt es vielfältige Einflussfaktoren auf den Kraftstoffverbrauch pro zurückgelegten Kilometer (vgl. auch Tabelle 3-1).

Kraftstoffverbrauch senkende technische Maßnahmen, sei es an bestehenden Fahrzeugen oder im Zuge der Einführung neuer Fahrzeuggenerationen, wie auch Maßnahmen zur Veränderung des Fahrverhaltens bilden sich direkt im Indikator kgCO₂/km ab. Die Messung ist allein betrachtet insofern problematisch, da im normalen Tagesgeschäft des Transportunternehmens das bewegte Gewicht, die Auslastung und die äußeren Faktoren nicht konstant sind. Es werden daher weitere Angaben benötigt.

Für die Erteilung eines Fahrauftrags ist die Beladung in Tonnen neben der Distanz ein wichtiger Faktor. Das Indikator kgCO₂/t zeigt vor allem die Auslastung an, sofern die Distanz konstant ist (wie zum Beispiel zwischen zwei gleich bleibenden Liefer- und Abgabeorten), und mit welcher Effizienz die in Auftrag gegebene Menge transportiert wurde.

Logistische Effizienzmaßnahmen, wie Bündelung, Disposition etc, führen zu einer Erhöhung des Auslastungsgrades der Fahrzeuge und werden am besten durch den Indikator kgCO₂ pro Tonnenkilometer kgCO₂/tkm abgebildet. Dies ist das zentrale Indikator.

In diesem Indikator werden drei entscheidende Größen zusammengeführt, die von Unternehmen nicht zusammen mit den Auftragsdaten erhoben werden: Tonnagen, Kilometer und Treibstoffverbrauch. Daher ist es den Unternehmen nicht bekannt, mit welchen Treibstoffkosten welche Transportleistung erbracht wurde. Dies ist auch der Grund, warum es in Deutschland dazu keine Statistik gibt. Mit der Einführung von

¹⁰ Eine ausführliche Berechnung der unterschiedlichen Kumulierten Energieaufwendungen (KEA) verschiedener Güterverkehrssysteme findet sich in: R. Lampatzer u.a. (2000) Vergleichende Untersuchung umwelt- und klimarelevanter Wirkungen verschiedener Verkehrsmittel bei der Erfüllung ausgewählter Transportaufgaben im Güterverkehr, eine Studie im Rahmen des Programms BWPLUS

¹¹ Unberücksichtigt bleiben dabei bestehende Unterschiede in der CO₂-Last der Herstellung der unterschiedlichen Fahrzeugtypen, die sich auch unter Berücksichtigung der typischen Lebensfahrleistung nicht vollständig nivellieren, Vgl.: R. Lampatzer u.a. (2000), Seite 160f

Onboardgeräte zur Treibstoffmessung lässt sich dieses Datenbeschaffungsproblem technisch leicht lösen.

Sollen die genannten Indikatoren zu Vergleichen zwischen verschiedenen Unternehmen dienen, ist zu beachten, dass die Dichte der transportierten Waren sehr schwankt und die Volumenauslastung ein limitierender Faktor für eine mögliche Optimierung ist. Eine 100%-ige Volumenauslastung kann in Abhängigkeit vom Ladegut bei völlig unterschiedlichen Gewichtsauslastungsgraden erreicht werden. Ohne Kenntnis des transportierten Warentyps kann die logistische Effizienz der Unternehmen nur unvollständig interpretiert werden. Unternehmensvergleiche können daher nur innerhalb einer Branche erfolgen, dabei gilt: je enger der Begriff gefasst wird und je ähnlicher sich die transportierten Güter sind, um so verlässlicher werden die Ergebnisse. Dies ist der Grund, warum speziell die Containerbranche (Kap.4) und für die Untersuchung des Themas Kooperation nur Speditionslogistik (Kap. 8) betrachtet wurden. Ein anderer Weg, das Problem unterschiedlicher Warendichte gerecht zu werden, besteht darin, Gruppen von Unternehmen zu bilden, die hinsichtlich der durchschnittlichen Dichte der transportierten Güter und anderer Einflussfaktoren wie z.B. der Flottenstruktur möglichst ähnlich sind, sich jedoch hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes also der Umsetzung einer bestimmten Effizienzmaßnahme unterscheiden. Diese Methode wurde für die Analyse der Effizienzmaßnahmen Onboardsysteme und Dispositionssoftware verwendet.

Bei den Tonnagen ist außerdem ein im Laufe der Untersuchung wichtig werdendes Problem vorhanden. Verschiedene Fahrzeugtypen weisen vor allem ein anderes Verhältnis von zulässiger Nutzlast zu Eigengewicht. Ungünstig ist dieses Verhältnis bei den kleineren Fahrzeuggrößen, so ist ein 7,5 t Fahrzeug mit ca. 5 t Eigengewicht maximal mit der Hälfte seines Eigengewichtes beladen. Neuere Fahrzeuge der Klasse 40 t können bis auf weniger als 12 t Eigengewicht wiegen und sind mit 28 t Nutzlast extrem günstig, weil sie bis zu 2,3 mal das eigene Gewicht beladen können. Da der Kraftstoffverbrauch aber maßgeblich vom bewegten Gesamtgewicht d.h. der Summe aus Eigengewicht und Ladungsgewicht beeinflusst wird, ist es notwendig, mit dem Indikator kgCO₂ pro Gesamtgewichtkilometer (kgCO₂/mkm) zu arbeiten.

Das CO₂-Reduktionspotential technischer Maßnahmen lässt sich sauber mittels von Zwillingstests ('twin tests') messen, bei denen zwei hintereinander fahrende gleichbeladene Fahrzeuge eingesetzt werden und die gleiche Strecke nach einem Fahrertausch wiederholt abgefahren wird. Eine Alternative bieten Unternehmensvergleiche über einen längeren Zeitraum, weil damit der Einfluss von äußeren Faktoren (Winter-Sommer; Weihnachtsgeschäft, etc.) wie auch die durchschnittliche Gewichtsauslastung der Fahrzeuge über die lange Zeit sich ausgleichen. Diese Vergleiche haben den Vorteil, dass sie am Markt unter realen Verkehrsbedingungen arbeiten und nicht mit theoretischen Werten von Teststrecken und Testfahrern arbeiten. In der Praxis bleiben die Kundenbeziehungen von

Transportunternehmen aber selten lange genug stabil, somit variiert die Tonnage und die Distanz pro Fahrzeug von Jahr zu Jahr erheblich. Ähnliches gilt für den Fahrerpool und die eingesetzte Fahrzeugflotte. Aufgrund dieser starken Variationen von Tonnen und Kilometer kann ein über das Jahr gemittelter Indikator von t oder km nicht so viel Aussagen, wie ein kontinuierlich erhobenes tkm oder mkm, bei dem jede Ladung mit ihrer Distanz verknüpft bleibt.

Diese Hypothesen zum Stellenwert der Indikatoren konnten in dieser Studie verifiziert werden.

Es stellt sich aber von vorneherein als schwierig dar, sich auf eine einheitliche Methodik für die empirischen Untersuchungen und für die Messung von Indikatoren festzulegen. Es entstand nur ein Kern von Indikatoren, die von allen betrachtet wurden, und um diesen Kern herum eine Fülle weiterer Indikatoren, die für die Analysen und die Berechnungen unverzichtbar waren.

2.4 *Auswahl der Untersuchungsschwerpunkte*

Für die Auswahl der Untersuchungsschwerpunkte sind folgende Kriterien relevant:

- der Straßengüterverkehr emittiert viel mehr als Bahn und Binnenschiff, hier ist das größte Effizienzpotenzial aus Umweltsicht vorhanden
- viele der verschiedenen Ansatzpunkte zur CO₂-Reduktion im Güterverkehr sind angesprochen
- für die Maßnahmen und Technologien wird ein hohes Reduktionspotential vermutet
- Maßnahmen haben einen breiten Anwendungsbereich in der Transportwirtschaft

Andere Auswahlgründe waren pragmatischer Natur. So wurde der Bereich Verlagerung auf andere Verkehrsträger ausgeklammert, da hierzu schon eine ganze Reihe von Studien im Rahmen des BMBF Programmes „flexible Transportketten“ erfolgt sind. Ebenfalls aus praktischen Überlegungen heraus wurden unternehmerische Maßnahmen ausgeklammert, die über die Organisation der Supply-Chain und Standortwahl Einfluss auf die nachfolgenden Verkehrsströme, Bündelungspotentiale und Transportentfernungen nehmen. Solche Systeme sind nur als Ganzes zu betrachten und nur unvollständig durch Informationserhebung an einzelnen Punkten zu evaluieren.

Für eine empirische Untersuchung zur Bestimmung des CO₂-Reduktionspotentials wurden die folgenden Schwerpunkte ausgewählt:

- Basisbefragung zur Ermittlung eines mittleren Wertes der CO₂-Effizienz in Deutschland und zur Verifizierung der Hypothesen (Kap. 4)

- Branchenanalyse zum Verständnis der Hintergründe und Erlangung vergleichbarer Werte im Bereich Containertransporte im Hamburger Hafenhinterlandverkehr (Kap. 5)
- Nutzung von Onboardsystemen zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs (Kap. 6)
- Einsatz von Dispositions- und Telematiksystemen (Kap. 7)
- Tätigkeit im Rahmen einer Stückgut/Sammelgut Speditionskooperation (Kap. 8)

Es ließen sich die Indikatoren Tonnen, Kilometer und Liter, sowie Branche, Unternehmensgröße und Fahrzeuggröße in allen fünf Teiluntersuchungen erheben. Tonnenkilometer, Massekilometer (Gesamtgewichtskilometer inkl. Leergewicht), Nutzlast und Eigenlast sind nur in den Teiluntersuchungen „Basisbefragung“ und „Kooperation“ ermittelt worden.

Darüber hinaus wurden anhand von Recherchen und Gesprächen mit Fachleuten die folgenden Technologien auf ihr CO₂-Reduktionspotential hin untersucht.

- Einsatz von Leichtlaufölen
- Einsatz von Leichtlaufreifen
- Anbringung von Windleiteinrichtungen
- Verbesserung des Wartungszustandes
- Nutzung von Stauraumoptimierungssoftware
- Einsatz von Doppelstockfahrzeugen

3 Sachstand und Literaturoswertung Treibstoffverbrauch und CO₂-Effizienz des Straßengüterverkehrs in Deutschland

3.1 Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs 1991-2000 in Deutschland

Zwischen 1991 und 2001 hat sich der gesamte Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr um rund 5,3 % von 62,1 Mrd. Liter auf 65,4 Mrd. Liter erhöht, wobei sich der Vergaserkraftstoffverbrauch um 4,2 Mrd. Liter auf 36,9 Mrd. Liter verringerte, während der Dieselmotorkraftstoffverbrauch um 7,4 Mrd. Liter auf 28,4 Mrd. Liter zunahm. Lastfahrzeuge verbrauchten 2001 drei Fünftel des gesamten Diesel (DIW 2002, S. 885).

Die Daten für den Kraftstoffverbrauch, aufgeteilt nach Personen- und Güterverkehr, zeigen für den gleichen Zeitraum eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs im Personenverkehr um rund 5 % (Abb. 3-1). Als Hauptursache für den vor allem seit dem Jahre 2000 eingetretenen Rückgang wird die anhaltende Steigerung der Kraftstoffpreise vermutet (DIW 2002, S. 889). Im Güterverkehr dagegen erhöhte sich der Verbrauch im gleichen Zeitraum um rund 38% (vgl. DIW 2002a).

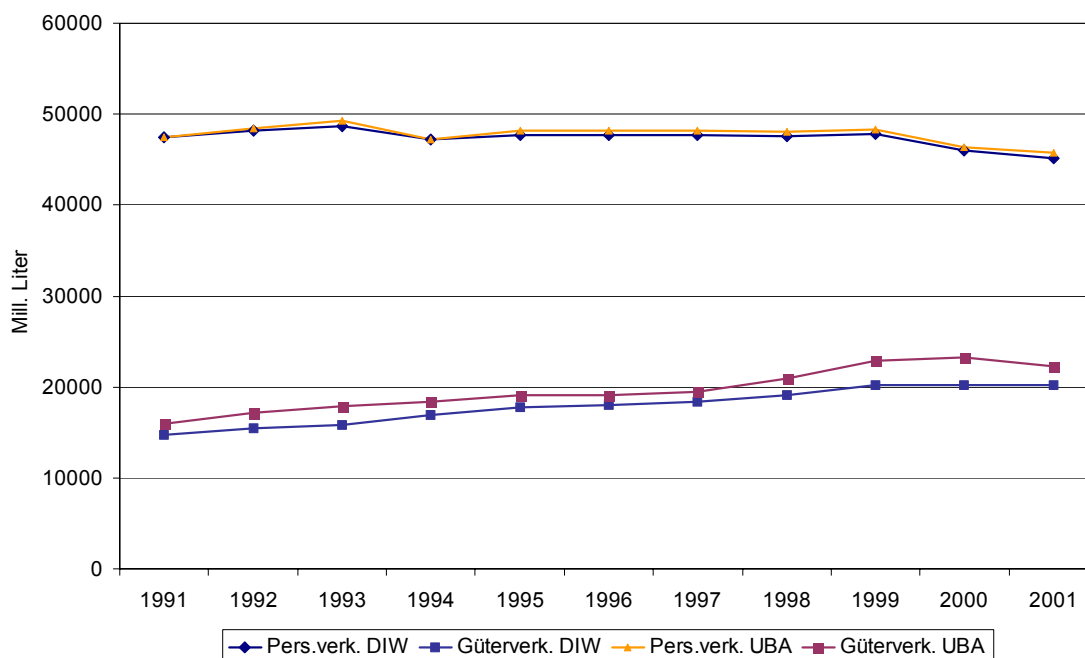


Abb. 3-1: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr von 1991 bis 2001, in Mio. Liter

Quelle: DIW, 2001; UBA, 2002

Die absoluten Angaben zum Kraftstoffverbrauch, insbesondere im Güterverkehr, schwanken allerdings je nach Datenquelle erheblich. Die vom Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichten Verbrauchswerte im Güterverkehr (Abb. 3-1) liegen

beispielsweise je nach Vergleichsjahr zwischen rund 6% und 14% höher als jene Werte, die vom DIW veröffentlicht werden (vgl. DIW 2002a, S. 284-285 und UBA 2002).

3.2 Kraftstoffverbrauch von Lastkraftwagen

Datenlage und verfügbare Datenquellen

Es gibt unterschiedliche Quellen, die aufgeschlüsselte Daten zum Kraftstoffverbrauch von Lastkraftwagen liefern. Die Daten basieren auf Modellrechnungen oder auf Berechnungen auf der Grundlage von Messungen auf Rollprüfständen bzw. dynamischen Motorenprüfständen, ergänzt durch Untersuchungen zum Fahrverhalten im realen Betrieb. Des Weiteren werden von den Fahrzeugherstellern und von Fachzeitschriften Verbrauchsdaten veröffentlicht. Die angegebenen durchschnittlichen Verbrauchswerte liegen hier meist relativ tief. Dies liegt vor allem daran, dass Neufahrzeuge getestet werden, die nicht der tatsächlich im Güterverkehr eingesetzten Flotte entsprechen. Zudem kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Fahrverhalten der Testfahrer und die gewählte Teststrecke repräsentativ sind (vg. IFEU 2001, S. 16).

Kraftstoffverbrauchsdaten werden jährlich vom Deutschen Institut für Wirtschaft (DIW) mit Hilfe einer Modellrechnung ermittelt. Grundlagen der Berechnung sind die Jahresabsatzmenge für Diesel¹², die Bestandsdaten der Kraftfahrzeugarten¹³ und die jeweiligen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchswerte (Liter je 100 km) sowie die Gesamtfahrleistung für Lkw über 3,5 t Nutzlast einschließlich Sattelzugmaschinen¹⁴. Die durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchswerte beruhen größtenteils auf Testverbrauchswerten¹⁵ (DIW 2002, S. 882). Die Ausgabe der Daten erfolgt nach Fahrzeuggruppen (gewöhnliche Zugmaschinen, Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen) d.h., es werden Fahrzeuge unterschiedlicher Gewichts- und Größenklassen zusammengefasst dargestellt.

Die CD-Rom „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (INFRAS et al. 1999) liefert Emissionsfaktoren, die in einem unterschiedlichen Detaillierungsgrad abgefragt werden können. Datengrundlage sind Emissionsmessungen am Fahrzeug

¹² Um der gestiegenen Bedeutung der grenzüberschreitenden Verkehrsströmen im Güterverkehr gerecht zu werden (die Fahrleistung der ausländischen Fahrzeuge im Inland sind stärker gestiegen als die Auslandsstrecken der inländischen Fahrzeuge) werden seit einiger Zeit nur noch der Kraftstoffverbrauch der inländischen Fahrzeuge in die Berechnung mit einbezogen, der unter dem Gesamtabsatzwert liegt (DIW 2002, S. 882).

¹³ Datenquelle: Kraftfahrt-Bundesamt

¹⁴ Datenquelle: Bundesamt für Güterverkehr und Kraftfahrt-Bundesamt

¹⁵ Datenquelle: Vereinigte Motorverlage

(Rollenprüfstand für PKW und dynamische Motorenprüfstände für schwere Motorwagen), die im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes und des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft von 1988 bis 1995 durchgeführt wurden¹⁶ sowie Untersuchungen zum Fahrverhalten von Lastkraftwagen (realer Betrieb) (vgl. INFRAS et al. 1999, S. 8-11). Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Berücksichtigung unterschiedlicher Einflussfaktoren wie Straßentyp, Verkehrszustand, Längsneigung, Verkehrszusammensetzung, Motorkonzepte, u.a., so dass eine eigene Berechnung durchgeführt werden konnte. Die CD-Rom ermöglicht eine detaillierte Abfrage der Daten je Fahrzeugschicht, d.h., nach Gruppen von Fahrzeugen mit gleichem oder ähnlichem Emissionsverhalten (Antriebsart, Abgasgesetzgebung, Größe und Gewicht) (vgl. INFRAS 1999, S. 2-3).

Des Weiteren veröffentlichen der Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) und der Verband der Automobilindustrie (VDA) Verbrauchsdaten für Lkw. Diese Publikationen machen aber keine näheren Angaben zu der zugrundeliegenden Flotte und zu den Erhebungsmethoden (vgl. IFEU vergleichende Analyse, S. 18).

Die genannten Datenquellen weisen zum Teil erhebliche Widersprüche auf. Zudem entsprechen die auf diese Weise erhobenen Daten nicht dem realen mittleren Kraftstoffverbrauch der eingesetzten Fahrzeuge, da nicht alle Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Eine repräsentative Erhebung der realen Kraftstoffverbrauchsdaten liegt nicht vor.

3.3 *Einflussfaktoren des Kraftstoffverbrauchs*

Eine Vielzahl von Faktoren haben Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen (siehe Tabelle 3-1). Die genannten Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch von Lastkraftwagen berücksichtigen allerdings, mit Ausnahme des „Handbuchs Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“, nur die Fahrzeugkategorie/Fahrzeuggruppe und/oder das Fahrzeuggewicht. Das Umweltbundesamt gibt im Leitfaden „Betriebliche Umweltauswirkungen“ eine Übersicht über den Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht und Auslastungsgrad. Berücksichtigt wurden zudem die durchschnittlichen Fahrleistungsanteile der unterschiedlichen Fahrzeuggrößenklassen auf der Bundesautobahn und auf Außerorts- und Innerortsstraßen.

¹⁶ U.a. durch TÜV Rheinland, RWTÜV, TU Graz und EMPA (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) (vgl. INFRAS 1999, S. 10).

Tabelle 3-1: Faktoren des Treibstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr

| | |
|----------------------------------|---|
| Fahrzeug | Fahrzeuggröße/Fahrzeugkategorie (LKW, Lastzug, Sattelzug, etc.) |
| | Fahrzeuggewicht (Leergewicht) |
| | Motorkonzept (EURO 1-5, ältere Fahrzeuge) |
| | Zugzusammensetzung |
| | Technische Verbesserung (z.B. Dachspoiler, Leichtlauföl, rollwiderstandsarme Bereifung) |
| | Technische Ausstattung (z.B. Klimaanlage, elektronische Bedienelemente) |
| | Treibstoffart |
| Transportorganisation | Auslastungsgrad nach Gewicht und nach Volumen |
| | Disposition, Auswahl von Fahrzeugen und Auswahl der Strecke |
| | Unternehmerische Entscheidungen (Kunden- und Lieferstruktur, etc.) |
| Flottenzusammensetzung | Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes (nach Größe und Gewicht) |
| Fahrleistung | Distanz |
| Route und Straßencharakteristika | Strecke, Route |
| | Neigungsklasse |
| | Straßentyp (Autobahn, Bundesstraße, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen) |
| Verkehr | Freier Verkehr, Stau, Stop-and-go-Verkehr etc. |
| Fahrverhalten des Fahrers | Geschwindigkeit |
| | Schaltvorgänge (Drehzahlbereich) |
| | Brems- und Beschleunigungsvorgänge |
| Wetterbedingungen | Temperatur, Wind, Niederschlag |

Quellen: Eigene Erhebung; Benz 1999; UBA 1999; INFRAS et al. 1999; DIW 2002.

Die Daten stammen vom IFEU-Institut in Heidelberg und basieren wiederum auf dem Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehr (vgl. UBA 1999, A.IV-18). Ebenfalls unter Anwendung des Handbuches hat BENZ (1999) den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch eines schweren Nutzfahrzeuges ermittelt. Dafür wurden Modellstrecken gebildet, die mit den Parametern Straßentyp, Neigungsklasse und Verkehrssituation beschrieben werden. Grundlage ist die in Deutschland vorhandene Straßeninfrastruktur und die Fahrleistung des gewählten Fahrzeugtyps. Dies ermöglichte eine Berechnung des Kraftstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Strecke und des Fahrverhaltens (vgl. Benz 1999, S. 90 ff.).

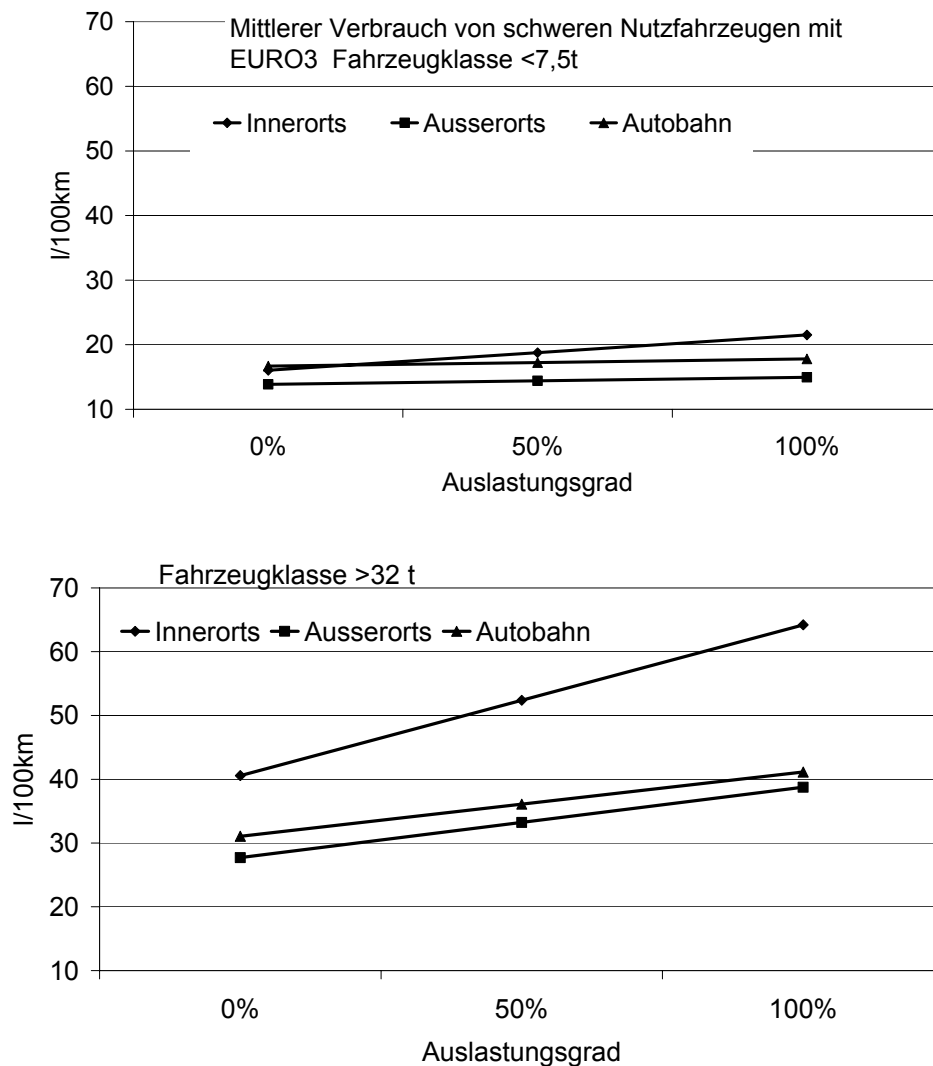


Abb. 3-3: Hypothetischer Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuggewichtsklassen <7,5t und >32 t in Abhängigkeit von Auslastungsgrad und Verkehrssituation

Quelle: Eigene Berechnung; INFRAS et al. 1999

Um den Einfluss der wichtigsten Faktoren zu quantifizieren, sind Berechnungen anhand von Emissionsfaktoren und Literaturlauswertung vorgenommen worden, die dann in der empirischen Erhebung (Basisbefragung Kap. 4) überprüft wurden. Abbildung 3-3 zeigt eine eigene Berechnung des *Kraftstoffverbrauchs* unterschiedlicher *Fahrzeuggewichtsklassen* in Abhängigkeit vom *Auslastungsgrad* und von der *Verkehrssituation*. Die Berechnung basiert auf den Daten des „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (INFRAS et al 1999). Unter Verwendung der dazugehörigen CD-Rom wurde für das Bezugsjahr 2001 die CO₂-Emissionen/Kraftstoffverbrauch für die Fahrzeugkategorie „schwere Nutzfahrzeuge“ für drei unterschiedliche Verkehrssituationen - durchschnittliches Fahrverhalten Innerorts, Außerorts und auf der Autobahn - berechnet.

Die Verkehrssituation ist dabei durch straßenabschnittsbezogene Merkmale wie Ausbaugrad, Tempolimit, Verkehrszustand, mittlere Reisegeschwindigkeit u.a. charakterisiert (vgl. INFRAS et al 1999, S. 22- 23). Diese verkehrssituationsbezogenen Faktoren können einzeln quantifiziert werden, allerdings wird angenommen, dass sich all diese Faktoren in einer Betrachtung der Situation innerorts, ausserorts und Autobahn genau genug erfassen lässt. Die Ausgabe der CO₂-Emissionswerte wurde nach Fahrzeugschichten vorgenommen, d.h., nach Gruppen von Fahrzeugen mit vergleichbarem Emissionsverhalten.

Für die vorliegende Berechnung wurden nur die Fahrzeugschichten der aktuellen EURO 3 Norm verwendet und diese zu vier Gewichtsklassen zusammengefasst (<7,5t / 7,5-20t / 20-32t / >32t). Für diese vier Gewichtsklassen wurden jeweils die durchschnittlichen CO₂-Emissionswerte berechnet (in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad und von der Verkehrssituation). Die Umrechnung der CO₂-Werte in Liter Diesel erfolgte mit dem Kalkulationswert 2,64 kg CO₂/ l Diesel (es wurde die Annahme getroffen, dass es sich bei der Fahrzeugkategorie der schweren Nutzfahrzeuge vornehmlich um mit Dieselmotoren betriebene Fahrzeuge handelt). Ziel war es, den Kraftstoffverbrauch für unterschiedliche Gewichtsklassen in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad und von der Verkehrssituation zu bestimmen.

Die Abbildung zeigt, dass der Einfluss der Beladung bei einem größeren Fahrzeug prozentual höher ist als bei einem Kleinfahrzeug. Die Ursache dafür ist das unterschiedliche Verhältnis von Fahrzeugeigengewicht zu maximal zulässiger Nutzlast. D.h., dass eine Veränderung des Auslastungsgrades bei größeren Fahrzeugen zu einer prozentual höheren Veränderung des insgesamt bewegten Gewichts führt als dies bei kleineren Fahrzeugen der Fall ist. Für die Verkehrssituation „innerorts“ liegen die Verbrauchswerte eines „Schweren Nutzfahrzeugs“ <7,5t bei voller Beladung um 34,2% höher als bei einem leeren Fahrzeug. Dieser Unterschied von „leer“ zu „voll“ beträgt innerorts bei Fahrzeugen >32t im Mittel 58,3%. Der Einfluss der Beladung auf den Verbrauch ist für die Verkehrssituationen „Autobahn“ und „Außerorts“ weit geringer als innerorts. Für <7,5t ist der Unterschied von Leer- auf Vollast 6,7% auf der Autobahn und 7,7% außerorts. Für Schwerfahrzeuge >32t gelten 32,4% Mehrverbrauch auf der Autobahn bzw. 39,8% außerorts.

Deutlich erkennbar ist ebenfalls der Einfluss der Verkehrssituation auf den Kraftstoffverbrauch (Abb. 3-3). Die höchsten Verbrauchswerte werden auf Innerortstraßen erreicht. Hier liegt der mittlere Verbrauch bei einer 50%-igen Auslastung zwischen 18,8 Liter für Nutzfahrzeuge <7,5t und 52,4 Liter für >32t (für 7,5-20t: 30,2 Liter und für 20-32t: 39 Liter). Deutlich tiefer liegen die Werte auf der Autobahn bzw. auf Außerortsstraßen. Auffallend ist, dass der Verbrauch auf Außerortsstraßen unter dem auf der Autobahn liegt.

3.4 Kohlendioxid-Emissionen

Die fossilen Brennstoffe, zu denen auch die herkömmlichen Kraftstoffe des Straßenverkehrs zu zählen sind, bestehen hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen. Im Zuge des Verbrennungsprozesses werden sie zu Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasser, sowie zahlreichen weiteren Stoffen umgewandelt.

Kohlendioxid ist kein Luftschadstoff im engeren Sinne. In vorindustrieller Zeit war es zu etwa 0,028 % Bestandteil der Luft. Heute sind es rund 0,037 %. Dieser Anstieg hat aufgrund physikalisch-atmosphärischer Prozesse zur Erderwärmung beigetragen. Es ist insbesondere durch die Emissionen infolge der menschlichen Aktivitäten entstanden, weshalb auch von einem anthropogenen Treibhauseffekt gesprochen wird. CO₂ ist das bedeutendste Treibhausgas. Sein Anteil an der Gesamt-Treibhauswirkung der relevanten Gase beträgt rund 70%. Kohlendioxid ist dabei in globaler Dimension wirksam, es hat eine lange atmosphärische Verweildauer von mindestens 60 Jahren und wird in diesem Zeitraum global oder zumindest in einer Hemisphäre verteilt. Der Immissionsort des Gases ist damit unabhängig von seinem Emissionsort.

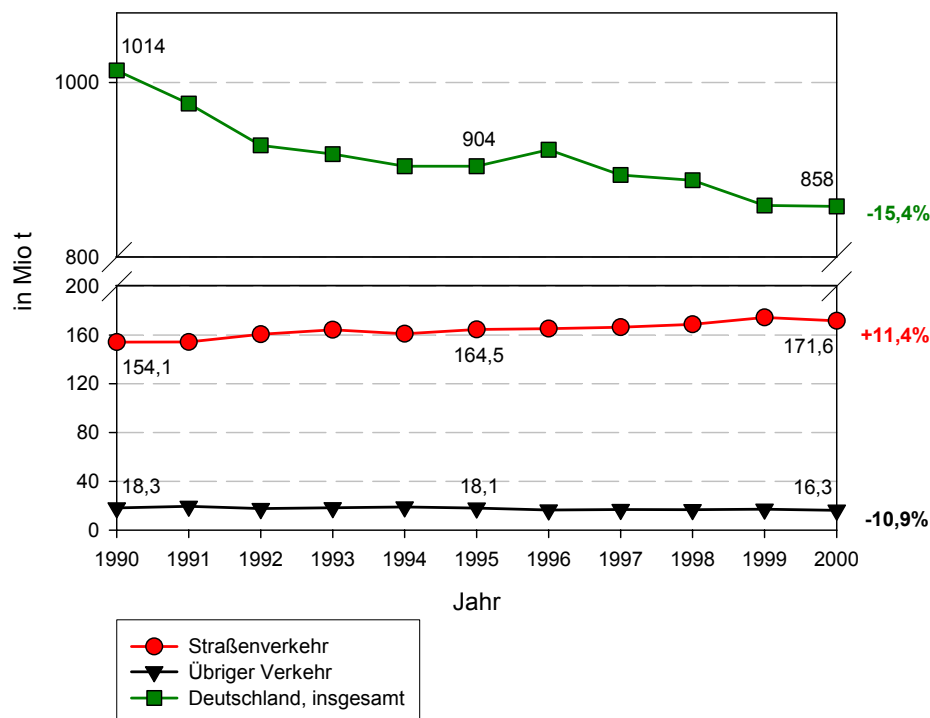


Abbildung 3-4: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland zwischen 1990 und 2000.

Quelle: Zusammengestellt und berechnet nach Umweltbundesamt (2000) & Umweltbundesamt nach DIW (ed.) (2001 & 2002).

In Deutschland ist von 1990 bis heute ein Rückgang der CO₂-Emissionen zu verzeichnen, und zwar von 1014 Mio. t auf 858 Mio. t in 2000. Dies entspricht einer Reduzierung von 15,4 % (vgl. Abbildung 3-4).

Der bundesweite Minderungstrend seit 1990 wurde 1995/96 und 1996/97 aufgrund der ungewöhnlich kalten Winter vorübergehend unterbrochen. Die Emissionsminderungen in den letzten Jahre sind vor allem auf die wirtschaftliche Umstrukturierung in den neuen Bundesländern (verminderter Braunkohleeinsatz) und die Folgen der Klimaschutzpolitik der Bundesregierung zurückzuführen¹⁷ (Umweltbundesamt & Stat. Bundesamt 2002). Nicht zu vernachlässigen ist allerdings auch eine Änderung des Verbrauchsverhaltens der Bevölkerung. Somit ist bereits ein Stück des Weges zurückgelegt, um bis zum Jahr 2005 das freiwillig auferlegte Ziel der Bundesregierung zu erfüllen: Eine 25 %-ige Reduktion der Kohlendioxid-Emissionen gegenüber dem Basisjahr 1990. Bei Betrachtung der Emissionsabnahme von CO₂ im Betrachtungszeitraum sollten zwei Fakten jedoch nicht unterschlagen werden: Der deutlich in der Verlaufskurve zu erkennende Rückgang zu Anfang der neunziger Jahre (s. Abbildung 3-4) liegt beinahe ausschließlich in der Entwicklung in den neuen Bundesländern begründet. Dort waren die CO₂-Emissionen im Einklang mit der Reduzierung des Energieverbrauchs in 1991 schon rund ein Viertel niedriger als 1990. Bereits seit 1993 hat sich, bezogen auf Deutschland, die Reduktion der CO₂-Emissionen wesentlich abgeschwächt (vgl. Umweltbundesamt 2002).

Dem allgemeinen Rückgang des CO₂-Ausstoßes zwischen 1990 und 2000 steht allerdings eine deutliche Zunahme der Emissionen des Straßenverkehrs gegenüber (+11,4 %, siehe Tabelle 3-2). Die Zunahme im Bereich des Straßenverkehrs findet dabei auf hohem Niveau statt. Demgegenüber folgt der übrige Verkehr auf weit niedrigerem Niveau dem allgemeinen Minderungstrend, obwohl die Abnahme der CO₂-Emission auch als unterdurchschnittlich zu bezeichnen ist (-10,9 %).

Die CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrs beliefen sich im Jahr 2000 auf 187,9 Mio. Tonnen. Davon entfielen rund 29 % auf den Straßengüterverkehr und 67 % auf den Personenverkehr auf der Straße (Abbildung 3-5). Die restlichen 4 % sind dem Schienenverkehr, dem inländischen Luftverkehr und der Binnenschifffahrt zuzurechnen (Umweltbundesamt 2002). Der internationale Luftverkehr und die Seeschifffahrt sind in diesen Daten nicht berücksichtigt.

¹⁷ Infolge der Politik der Bundesregierung wurde im Oktober 2000 das nationale Klimaschutzprogramm beschlossen. Zur Erreichung der Emissionsminderungsziele für 2005 sind u.a. folgende Maßnahmen-schwerpunkte verabschiedet worden: Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, Verabschiedung einer neuen Energieeinsparverordnung, wirtschaftliche Anreize zur CO₂-Minderung im Gebäudebestand, Maßnahmenpakete im Verkehrsbereich.

Tabelle 3-2: Vergleich der Kohlendioxid-Emissionen in Deutschland 1990 und 2000 nach sektoraler Gliederung. Berechnet nach: Umweltbundesamt (2002) und Umweltbundesamt nach DIW(2002).

| | Emissionen (abs. in Mio t) | | Differenz (%) |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| | 1990 | 2000 | |
| Straßenverkehr | 154,0 | 171,6 | + 11,4 |
| Übriger Verkehr | 18,3 | 16,3 | - 10,9 |
| Industrie | 241,0 | 165,6 | - 31,3 |
| Kleinverbraucher | 76,0 | 53,2 | - 30,0 |
| Haushalte | 128,0 | 114,1 | - 10,9 |
| Kraft- u. Fernheizwerke | 397,0 | 337,2 | - 15,1 |
| Summe | 1014,0 | 858,0 | - 15,4 |

Mit diesen Werten zeigt Deutschland im internationalen Vergleich der Industrieländer eine durchaus hohe CO₂-Reduktion. Viele Bereiche der Wirtschaft, wie die Fahrzeughersteller oder die Energiewirtschaft, sind bereits dabei, das Know-how und die entwickelte Technologie zu exportieren.

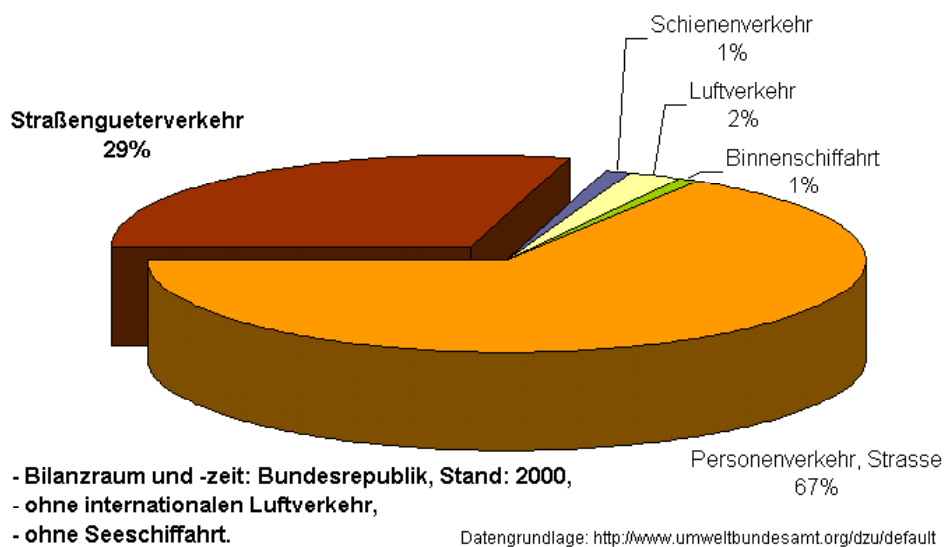


Abbildung 3-5: CO₂-Emissionen nach Verkehrssektoren, Deutschland 2000.

Quelle: Eigene Berechnungen; Umweltbundesamt (2002).

Im Falle des Straßengüterverkehrs entspricht der Anteil von 29 % an den Emissionen des Verkehrs zugleich rund 6 % aller CO₂-Emissionen Deutschlands.

3.5 *Szenarien zur Entwicklung der CO₂-Emissionen als Folge des Kraftstoffverbrauchs bis 2020*

Die von Birnbaum et al. (2002) dargestellten Studienergebnisse¹⁸ über die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland gehen allgemein von einem Rückgang der gesamten CO₂-Emissionen im Straßenverkehr bis 2020 aus. Dieser Rückgang wird allerdings ausschließlich vom motorisierten Individualverkehr getragen. Der Straßengüterverkehr wird dagegen ein weiteres Wachstum erfahren: Bis zum Jahr 2020 wird ein Anstieg der CO₂-Emissionen gegenüber 1995 von bis zu 24% prognostiziert (Politikszenerien „Referenz“).

Die Studien unterscheiden sich insbesondere in Bezug auf den motorisierten Individualverkehr erheblich. Die Vorhersagen bezüglich des Rückgangs der CO₂-Emissionen schwanken hier zwischen -3,5% (Politikszenerien Referenz) und -30 bis -40% (Shell-Pkw Szenarien) (vgl. auch Birnbaum et al 2002). Beim Straßengüterverkehr liegen die Vorhersagen, bis auf wenige Ausnahmen, bei über 18% Wachstum der direkten CO₂-Emissionen bis 2020.

Abschließend werden in diesem Zusammenhang die berechneten Werte zweier Szenarien des Umweltbundesamtes graphisch wiedergegeben (Abbildung 3-6). Beim Szenario I handelt um eine Trendberechnung in Anlehnung an die Prognos/EWI-Studie aus 1999 und beim Szenario II um eine Schätzung basierend auf dem Politikszenerio II des Umweltbundesamtes 2000 ("40 %-Reduktionsszenario"), das zahlreiche politische Maßnahmen voraussetzt.

¹⁸ Gegenstand der Untersuchung waren: Prognos/EWI-Studie von 1999, IFO-Studie von 2001, Politikszenerien von 2000, Shell-PKW-Szenarien (2001), TREMOD (2000), ESSO-Energieprognose (2000), Pällmann-Gutachten (2000) und das EU-Weißbuch (2001).

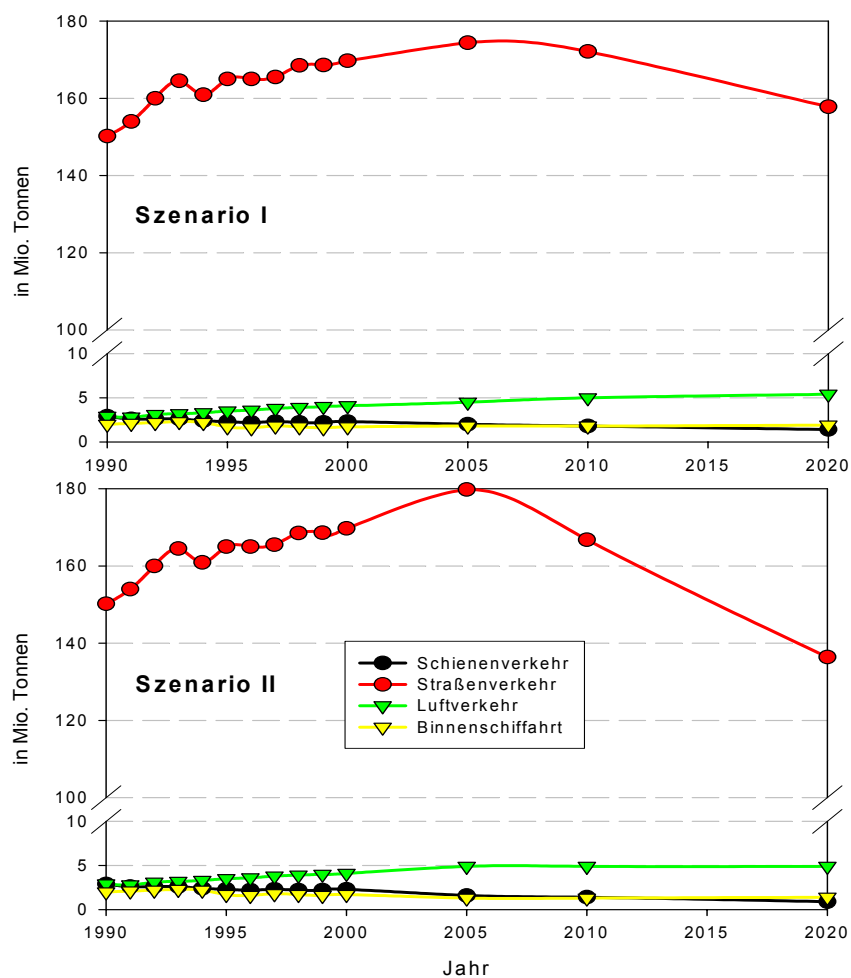


Abbildung 3-6: Szenarien zur Entwicklung der CO₂-Emissionen der Verkehrsbereiche in Deutschland bis 2020. Datenquelle: Umweltbundesamt (2000).

Szenario I in Anlehnung an Prognos/EWI 1999.

Szenario II in Anlehnung an das UBA-Vorhaben "Politikszenerarien II" 2000.

1990 –1998: Ist-Werte, davon 1996 bis 1998 vorläufig. Abweichungen gegenüber anderen Berichten durch methodische Unterschiede.

1999 – 2000: Schätzwerte, 2005 – 2020: Werte der Szenarien.

4. CO₂-Effizienz im SGV: Umfrage, Resultate, Analyse

4.1 Einleitung, Methodik und Stichprobe

Das Ziel der Umfrage vom Frühjahr 2003 (im folgenden Basisuntersuchung genannt) ist die Quantifizierung der CO₂-Effizienz deutscher Fuhrunternehmen im Straßengütertransport und die Verifizierung der eingangs formulierten Hypothesen. Die Ermittlung empirischer Daten zum Kraftstoffverbrauch erfolgt in fahrtgenauer Abhängigkeit verschiedener Parameter. Auf diese Weise kann der Einfluss dieser Parameter, wie z.B. der Gewichtsauslastung, auf die CO₂-Effizienz ermittelt werden. Die Ergebnisse sind dazu gedacht, eine Vergleichsbasis für Berechnungen zum Kraftstoff-Reduktionspotential der Effizienzmaßnahmen IT-Disposition und Kooperation vorzulegen (siehe Kapitel 7 und 8).

Die Ermittlung eigener Primärdaten erschien notwendig, da aus anderer Quelle keine für diese Studie verwertbaren Messdaten zum Kraftstoffverbrauch vorliegen (Kap. 3).

Methodik: Grundgesamtheit

Die Grundgesamtheit der Basisuntersuchung umfasst Fuhrunternehmen, die in Deutschland niedergelassen sind und über eigene Lkws mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 bis 40 bzw. 44 Tonnen verfügen. Spezialfahrzeuge, wie z.B. zum Transport von Gefahrgut, bleiben unberücksichtigt.

Messbogen

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Ermittlung von Primärdaten zum Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Transportleistung und den logistischen Kontext, mit Hilfe von Fragebögen, verteilt an Fuhrunternehmen für die Fahrer. Mit Hilfe eines Messbogens dokumentiert der Fahrer zwischen zwei Tankfüllungen bei jedem Stopp den Kilometerstand, die Be- oder Entladung mit jeweiliger Tonnage sowie die geschätzte Volumenauslastung des Fahrzeugs.

Es wird den Fahrern überlassen, während der Messung ein Zwischentanken einzulegen, so dass weitere Datensätze entstehen. Ein genauer Datensatz ist entstanden, mit den CO₂ relevanten Indikatoren Transportierte Ladung (in Tonnen), Fahrleistung (in Kilometer), Literverbrauch, Fahrzeugtyp und Leergewicht, sowie Unternehmenstyp.

Darüber hinaus wurde mit Unternehmen ein telefonisches Interview über umgesetzte Maßnahmen zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs geführt. Dabei ist jedes der an der Basisbefragung und der Ermittlung der Energieeffizienz teilnehmenden Unternehmen auch interviewt worden.

Teilnehmerakquisition, Stichprobe und Repräsentativität

Die potenziellen Teilnehmer an der Untersuchung wurden zufällig im Bundesgebiet Deutschlands ausgewählt und über folgende Quellen ermittelt:

1. Internetdatenbanken:

www.transportunternehmen.de, www.transport2010.de, www.luebeck-logistik.de, www.transportadressen.de, www.vshhamburg.de (Verband Straßengüterverkehr und Logistik e.V.), www.gelbe-seiten.de

2. Verzeichnis:

Seehafen Verlag/Verein Hamburger Spediteure e.V./Verband Straßengüterverkehr Hamburg e.V. (2001): Quer durch Hamburg Spedition und Transport. 29. Auflage, Hamburg.

Die Akquisition der Unternehmen erfolgte auf telefonischem Weg. Bei positiver Resonanz wurde den potenziellen Untersuchungsteilnehmern zunächst ein Ansichtsexemplar der Fragebögen zugesandt, erfolgte eine Zusage, wurden die codierten Erhebungsinstrumente zugestellt. Telefonisch wurden der Ablauf der Messung und evtl. Rückfragen besprochen. Nach einer Frist von vier Wochen wurde im Fall einer nicht erfolgten Rücksendung der Unterlagen bei den Unternehmen telefonisch der Stand der Messung erfragt.

Die 65 angefragten Unternehmen, die Fragebögen erhalten haben, sind mit ihren Standorte bundesweit verteilt. Es erfolgten keine Gewichtung und kein Ausschluss nach Region bzw. nach der Größe des Unternehmens. Die Firmen zu einer Teilnahme zu bewegen, war nicht selbstverständlich, denn es bestehen erhebliche Vorurteile gegenüber dem Thema Umwelt, dem Thema Forschung und dem Nutzen-Aufwand Relation einer Teilnahme. Von den kontaktierten Unternehmen haben 16,5 Prozent teilgenommen bzw. die Unterlagen zurückgesandt. Der Rücklauf betrug 153 auswertbare Messbögen.

Tabelle 4-1: Stichprobe und Rücklauf der Basisuntersuchung

| | Anzahl | in % |
|---|--------|------|
| angefragte Unternehmen, insgesamt | 230 | |
| • Unternehmen, die eine Beteiligung zugesagt haben | 65 | 28,3 |
| • Unternehmen, die zu Maßnahmen befragt wurden | 53 | 23,0 |
| • Unternehmen, die Unterlagen zurückgeschickt haben | 38 | 16,5 |
| abgesandte Messbögen | 336 | |
| • davon: zurückgesandte, ausgewertete Messbögen | 153 | 45,5 |

Quelle: Eigene Erhebung

Datenbereinigung, Ausschlusskriterien

Die Fahrzeuge sind im Mittel die große Entfernung von 1121 Kilometer gefahren und haben durchschnittlich 354 Liter Diesel zwischen zwei Betankungen verbraucht.

Aufgrund des überdurchschnittlich hohen oder niedrigen Kraftstoffverbrauchs blieben wenige Datensätze als Ausreißer in den Auswertungen der Basisuntersuchung unberücksichtigt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass es in einem Industrieland wie Deutschland zahlreiche Spezialfahrzeuge gibt, die aufgrund von Zusatzeinrichtungen (Kräne oder Kompressor, usw.) einen ungewöhnlich hohen Verbrauch aufweisen. Fünf Datensätze sind außerdem aufgrund des Einsatzes von Biodiesel aus der Auswertung ausgeklammert (s. Abschnitt Biodiesel). Die folgenden Darstellungen der Basisuntersuchung beruhen daher auf 153 korrekten Datensätzen.

Charakteristika der Unternehmen

Die Unternehmen, die an der Basisuntersuchung teilgenommen haben, sind verschiedenen Größenklassen zuzuordnen. Den Bezug bei der Einstufung stellt hierbei die Fuhrparkgröße des Unternehmens bzw. der Niederlassung her.

Die folgende Kategorisierung orientiert sich an der Statistik des Bundesverbandes Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung (BGL 2002): Ein Kleinunternehmen besitzt demnach einen Fuhrpark von bis zu einschließlich zehn Fahrzeugen, Unternehmen mittlerer Größe verfügen über elf bis maximal 50 Lkw. Großunternehmen stellen mehr als 50 Fahrzeuge zur Verfügung. In der Basisuntersuchung sind diese Unternehmenstypen wie folgt vertreten:

Tabelle 4-2: Unternehmen des Straßengüterverkehrs in der Stichprobe, nach Firmengröße geordnet, im Vergleich zur Grundgesamtheit der bundesdeutschen Firmen

| Unternehmensgröße | Anteil in Stichprobe in % | bundesweiter Anteil in %* |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Klein (<10 Lkws) | 43,3 | 87,1 |
| Mittel (10 bis 50) | 43,3 | 11,9 |
| Groß (>50 Lkws) | 13,3 | 1,0 |

*Quelle: Eigene Erhebung; BGL, 2001.

Aus dem Vergleich zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit wird ersichtlich (Tab. 4-2), dass kleine Unternehmen in dieser Untersuchung von der Anzahl her im Vergleich zum bundesweiten Vorkommen unterrepräsentiert, mittlere und große Unternehmen dagegen deutlich überrepräsentiert sind. Allerdings wird von der Fahrleistung her in Deutschland erheblich mehr von Großunternehmen als von kleineren geleistet, so dass die Repräsentativität dadurch nur wenig eingeschränkt wird.

In der Stichprobe der Basisuntersuchung sind nicht alle Branchen entsprechend ihrer Marktanteile am Straßengüterverkehr repräsentiert. Vorhanden sind Containertransporteure, Logistiker und Speditionen, Bauunternehmen, Handelsunternehmen und wenige sonstige Branchen (Lebensmittel usw.). Insbesondere

fehlen die Kurier-, Express- und Paketdienste und die Unternehmen mit Kleinfahrzeugen, die ein Großteil der Fahrzeugflotte Deutschlands, aber vergleichsweise wenig Tonnage ausmachen.

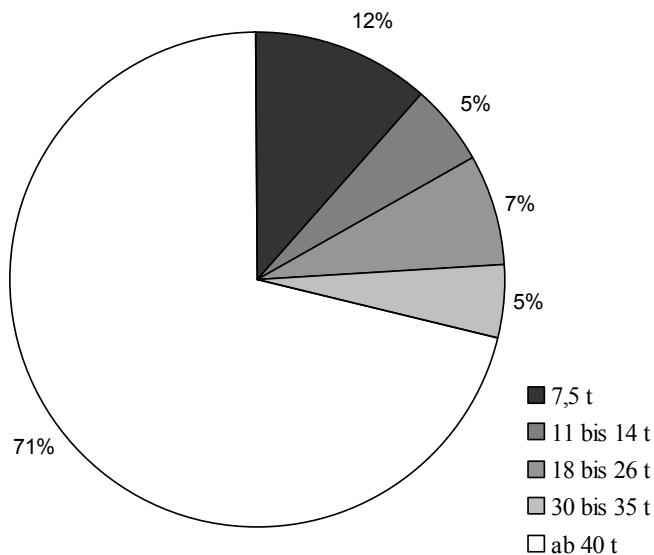
Die Fahrleistungen (in tkm) der 40 Tonnen Fahrzeugen sind nach vorliegenden Statistiken mit Abstand höher als alle andere Fahrzeugklassen. Dies ist in der Stichprobe auch der Fall, so dass die Repräsentativität im Bezug auf Transportleistung größer ist. Da dieses Kriterium die entscheidende Einflussgröße der Untersuchung ist, ist die Repräsentativität der Basisuntersuchung für die angegebenen Branchen des Deutschen Straßengüterverkehrs gegeben.

Fuhrpark, Fahrleistung und Branchen in der Stichprobe

Die Fahrzeuge dieser Unternehmen haben insgesamt 177.124 Kilometer zurückgelegt und dabei 55.989 Liter Diesel verbraucht. Sie haben 147.811 Kilogramm CO₂ ausgestoßen. Es wurden insgesamt 1,668,193 Tonnenkilometer zurückgelegt, womit der Anteil der Stichprobe an den im Jahr 2000 bundesweit zurückgelegten 347 Mrd. Tonnenkilometern 1 zu 219.000 beträgt.

Die Lkw der Stichprobe weisen ein mittleres Alter von drei Jahren, ein mittleres Eigengewicht von 13,8 Tonnen sowie ein mittleres zulässiges Gesamtgewicht von 34,2 Tonnen auf. Abbildung 4-1 zeigt die verschiedenen Fahrzeuggrößenklassen.

Abbildung 4-1: Fuhrpark: Maximaler Gesamtgewicht der erfassten Fahrzeuge in der Basisuntersuchung



Quelle: Eigene Erhebung

Über zwei Drittel der Messungen sind mit Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 bis 44 Tonnen durchgeführt. 44 Tonnen ist eine maximale Angabe, die für bestimmte Fälle beim Containertransport erlaubt ist. In der Regel gelten 40 Tonnen.

Die Verteilung der Stichprobe nach Branchen zeigt, dass fast jede zweite Messung im Bereich Logistik/Spedition (Stückguttransport, 47,5 %) erfolgte. Die Branchen Handel (14,5 %) und Containertransporte (16,5 %) sowie andere Branchen (z.B. Bau, 14,5 %) sind etwa gleich stark vertreten.

4.2 Marktübersicht: eingeführte Effizienzmaßnahmen

Unternehmen des Straßengüterverkehrs können eine Reduktion des Kraftstoffverbrauches und somit auch der CO₂-Emissionen durch die Implementierung vieler Effizienzmaßnahmen erreichen. In den Unternehmen der Basisuntersuchung sind einige der bereits identifizierten Kategorien von Effizienzmaßnahmen in telefonischen Interviews abgefragt worden (Tab. 4-3).

Tabelle 4-3: Marktübersicht: Die Bedeutung der Effizienzmaßnahmen in den Unternehmen der Basisuntersuchung (kategorisiert, in %)

| | Anzahl der Nennungen | Anteil (%) |
|--|----------------------|------------|
| Technik (Leichtlaufreifen, Öl, etc.) | 28 | 53,8 |
| Fahrerschulung | 27 | 51,9 |
| Sporadische Kooperation | 21 | 40,4 |
| Bündelung der Ladung | 14 | 26,9 |
| IT-Disposition * | 6 | 20,0 |
| Onboard-Systeme * | 9 | 17,3 |
| Verlagerung auf Bahn oder Binnenschiff | 8 | 15,4 |
| Sonstiges | 8 | 15,4 |
| Häufigere Wartung | 5 | 9,6 |
| IT-Disposition mit Telematik | 2 | 6,6 |
| Erhöhung des Staufaktors mit IT | 3 | 5,8 |
| Formalisierte Kooperation | 2 | 3,8 |

* Eine Definition der IT-Disposition findet sich in Kap. 7, der Onboardsysteme in Kap. 6.

Quelle: Eigene Erhebung

Fast jedes zweite Unternehmen hat die vergleichsweise günstigen technischen Verbesserungen (z.B. Leichtlauföle oder spezielle Reifen) und die Maßnahmen zum veränderten Fahrverhalten implementiert. Hingegen wurden z.B. die kostenintensiveren IT-gestützten Effizienzmaßnahmen in vielen Unternehmen bislang nicht eingeführt.

Aufgrund der sehr geringen Werte für die Maßnahmen im Bereich IT-Disposition, Onboardgeräte und Kooperation (in grau in Tabelle 4-3) ist zu schliessen, dass ein hohes Marktpotenzial vorhanden ist. Die Untersuchung dieser Maßnahmen erscheint deshalb vielversprechend.

Die jeweilige Effizienzmaßnahme zeigt eine je nach Unternehmensgröße unterschiedliche Bedeutung (Tab. 4-4).

Tabelle 4-4: Die Bedeutung der Effizienzmaßnahmen nach Unternehmensgröße

| Effizienzmaßnahme | Unternehmensgröße (Bedeutung in %) | | |
|--|------------------------------------|--------|------|
| | klein | mittel | groß |
| Einführung von IT-Disposition | 0,0 | 30,8 | 50,0 |
| IT-Disposition mit Telematik | 7,7 | 7,7 | 0,0 |
| Einführung von Onboard-Systemen | 0,0 | 23,1 | 0,0 |
| Stauraumoptimierung | 0,0 | 0,0 | 25,0 |
| Bündelung der Ladungsströme | 15,4 | 23,1 | 75,0 |
| Formalisierte Kooperation | 7,7 | 0,0 | 0,0 |
| Sporadische Kooperation | 7,7 | 30,8 | 75,0 |
| Änderung des Fahrverhaltens | 23,1 | 53,8 | 75,0 |
| Optimierung der Wartung | 15,4 | 15,4 | 0,0 |
| Technische Verbesserungen | 30,8 | 53,8 | 50,0 |
| Verlagerung auf Bahn oder Binnenschiff | 7,7 | 15,8 | 50,0 |
| Sonstiges | 0,0 | 30,8 | 50,0 |

Quelle: Eigene Erhebung

Die Tabelle zeigt, dass in kleinen Unternehmen der Basisuntersuchung alle Maßnahmen durchweg weniger implementiert sind, und dass IT-gestützte Effizienzmaßnahmen kaum durchgeführt werden. Die am häufigsten implementierten Maßnahmen sind hier im technischen Bereich (z.B. *technische Verbesserungen*: 30,8 %) und bei der Fahrerschulung (*Änderung des Fahrverhalten*: 23,1 %) zu finden. Auch in den befragten Unternehmen mittlerer Größe werden primär Maßnahmen im Bereich Technik und Schulung eingeführt (o.g.: jeweils 53,8 %). Im Unterschied zu den Kleinunternehmen haben IT-gestützten Maßnahmen hier jedoch einen deutlich größeren Stellenwert. Auffällig ist hier die große Bandbreite von Effizienzmaßnahmen: Nur zwei der aufgeführten Maßnahmen (*Stauraumoptimierung*, *formalisierte Kooperation*) finden keine Anwendung. In großen Unternehmen zeigt sich eine hohe Durchdringung der eingeführten Maßnahmen. Bis auf die *Stauraumoptimierung* liegt deren Anteil bei mindestens 50 Prozent. Dies gilt auch für IT-Disposition, die allerdings als einzige IT-gestützte Maßnahme von den Großunternehmen implementiert wurde. Auch hier dominieren technische und verhaltensrelevante sowie logistische Maßnahmen (jeweils 75 %).

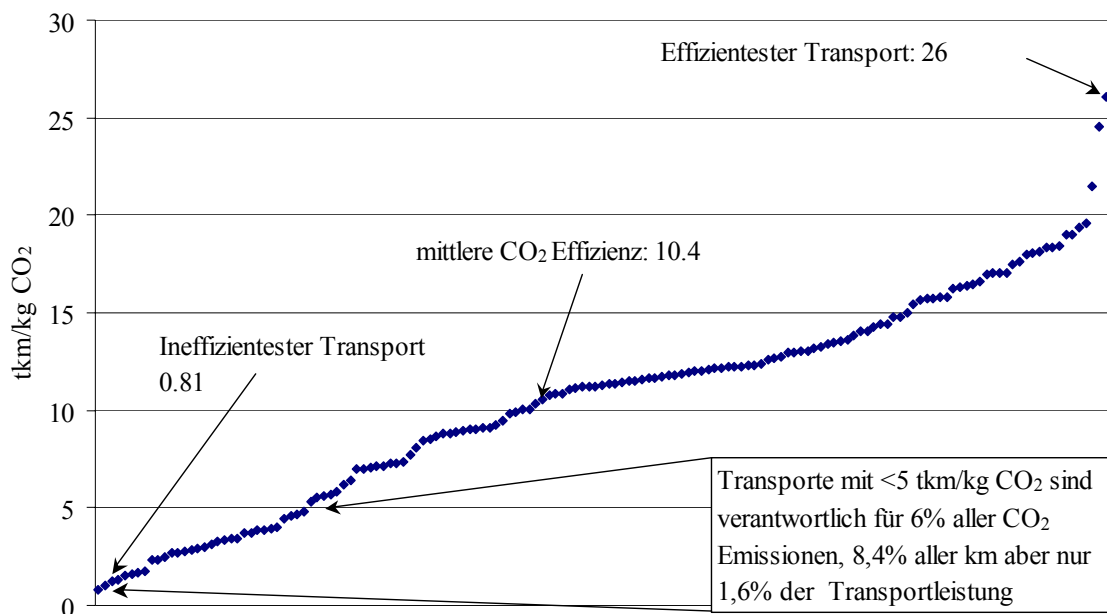
Von den 38 beteiligten Unternehmen haben 26,6 Prozent keine Effizienzmaßnahmen implementiert. Sie sind größtenteils Kleinunternehmen (75 %), bei den übrigen handelt es sich um Fuhrunternehmen mittlerer Größe (25 %). Ob die Großunternehmen durch die Einführung logistischer, technischer bzw. IT-gestützter Maßnahmen ihre Effizienz mehr als andere verbessert haben, wird allerdings durch andere Befunde der Untersuchung nicht bestätigt (siehe unten).

4.3 CO₂-Analyse und Resultate

Für die Analyse der Angaben zum Treibstoffverbrauch wurden die Datensätze auf die wichtigsten Kriterien zuerst für sich dargestellt und danach sind die Werte der CO₂-Effizienz (in tkm pro kg CO₂) mit weiteren Faktoren in Verbindung gesetzt und auf Korrelationen analysiert.

Die mittlere Effizienz der Fahrzeuge beträgt 10,4 tkm pro kg CO₂, wobei die Werte zwischen einer minimalen Effizienz von 0,8 tkm/kg CO₂ und einer maximalen Effizienz von 26 tkm pro kg CO₂ schwanken große Unterschiede zeigen (Abbildung 4-2). Insgesamt zeigt die Basisuntersuchung eine Abweichung um das 32-fache bei der CO₂-Effizienz im Straßengüterverkehr. Die meisten Werte befinden sich oberhalb der Marke 5. Ob es beim besten Wert noch einen Potenzial der Steigerung der Effizienz gibt, ist sehr wahrscheinlich. Wird in einer am Treibstoffverbrauch orientierte Umrechnung vorgenommen (Liter pro tkm statt tkm pro Liter) zeugt der beste Wert von 38 Gramm CO₂ pro Tonnenkilometer von einer hohen Effizienz: es bedeutet, dass für den Transport einer Tonne auf einen Kilometer das Fahrzeug (ein gut ausgelasteter 40 Tonner) im Mittel lediglich ca. 14 ml Diesel benötigt hat.

Abbildung 4-2: CO₂-Effizienz des Straßengüterverkehrs variiert um das 32-fache
Unternehmenswerte sind einzeln dargestellt entlang einer Skala in tkm pro kg CO₂



Quelle: Eigene Erhebung

Bei dieser erstaunlich regelmäßige Kurve ist anzunehmen, dass weitere Datensätze keine nennenswerten Änderungen in der graphischen Form provozieren würden, dass sie also durchaus repräsentativ die stattfindenden Emissionen im Straßengüterverkehr

darstellt. Möglicherweise ist sind Mittelwert und Median besser, weil Kleinfahrzeuge <7,5 t unterrepräsentiert sind und die Befunde zeigen, dass sie vielfach über 0,3 liegen.

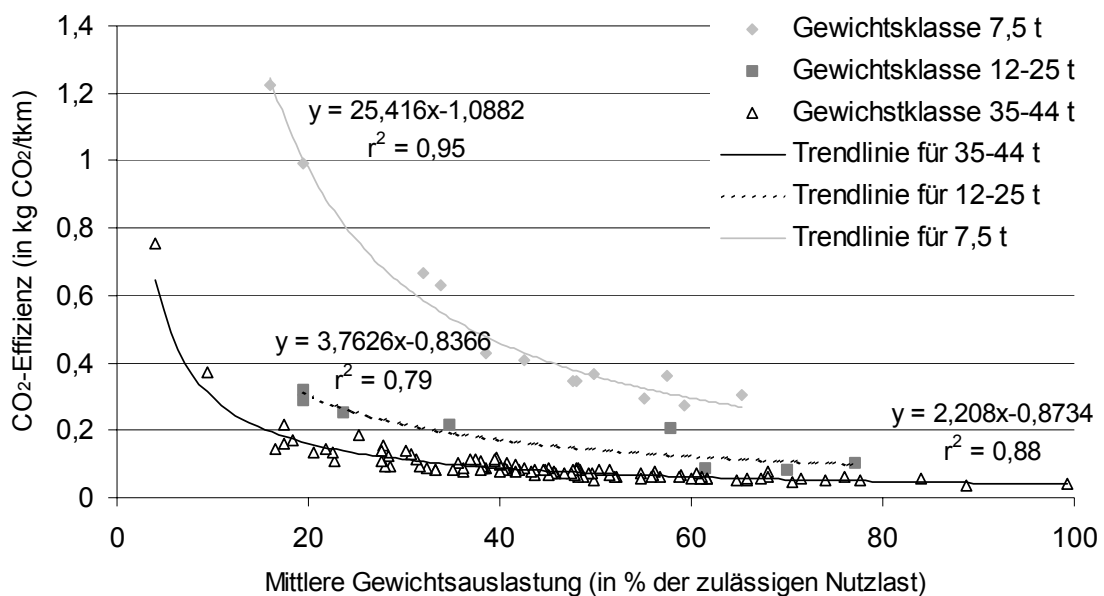
Faktorenanalyse

Weitere Analyseschritte sollen die Frage beantworten:

- Welches ist das wichtigste Einflussfaktor für die CO₂-Effizienz?

Den bekannten Zusammenhang zwischen Fahrzeuggröße, Auslastungsgrad und CO₂-Effizienz verdeutlicht Abbildung 4-3. Die schlechteste Effizienz zeigen dabei die Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 Tonnen. Dabei verbessert sich die CO₂-Effizienz nicht nur mit der zunehmenden Fahrzeuggröße, sondern auch mit zunehmender Gewichtsauslastung. Die besten Werte verzeichnen folglich Fahrzeuge mit hohem zulässigen Gesamtgewicht und einer maximalen Gewichtsauslastung.

Abbildung 4-3: CO₂-Effizienz in Relation zur Fahrzeuggrößenklasse und Gewichtsauslastung



Quelle: Eigene Erhebung

Die Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 bis 7,5 t stoßen im Mittel 0,511 kg CO₂/tkm aus. Dieser Wert sinkt mit zunehmendem zulässigen Gesamtgewicht und liegt bei den Lkw mit 40 bis 44 t nur noch bei 0,097 kg CO₂/tkm. Die gemessenen Fahrzeuge mit 35 t Gesamtgewicht zeigen eine noch bessere mittlere Effizienz (0,069 kg CO₂/tkm).

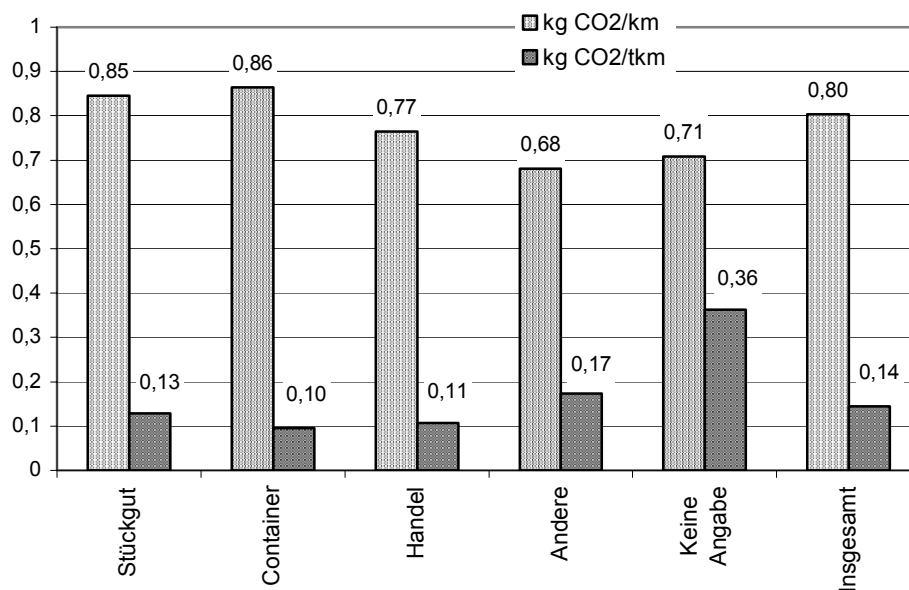
Die mittlere Gewichtsauslastung beträgt ca. 49%, was im Vergleich zum statistisch angegebenen Durchschnitt von 70% ein überraschend niedriges Ergebnis darstellt. Aufgrund des hohen Interesses der Unternehmen für unsere Studie und am Thema Optimierung /Effizienz wird nicht angenommen, dass sie besonders ineffizient arbeiten und von daher die Auslastung der Fahrzeuge eher besser als der bundesdeutsche

Mittelwert sein sollte. Hinzu kommt, dass in unserer Stichprobe die Auslastung nach Gewicht aufgrund der angenommenen guten Werte von schweren Lkw und der schlechten von leichten Lkws eher besser sein müsste. Dem ist offenbar nicht so. So zeigen die Lkw mit 3,5 bis 7,5 t z.B. eine bessere Auslastung (43,4%) als die mit 40 bis 44 t (40,1 %), hingegen eine schlechtere Auslastung als die Fahrzeuge mit 25 t (52,5 %). Entscheidend bleibt, dass die CO₂-Kurven jeder Fahrzeuggrößenklasse entlang der Gewichtsauslastung eine hohe Regelmäßigkeit zeigen und eine hohe potenzielle Korrelationskoeffizient aufweisen. Ausreichend erklärt sind die Variationen jedoch nicht. Es muss nach weiteren Faktoren gesucht werden.

Es entsteht also der Verdacht, dass die Statistik in Punkto Auslastung zu optimistisch ist, daher das Potenzial für eine Optimierung noch größer ist, als erwartet war.

Im Gegensatz zu den Variablen *Fahrzeuggröße* und *Auslastungsgrad nach Gewicht* ist der Einfluss der *Branchen* auf die CO₂-Effizienz nicht eindeutig (Abbildung 4-4).

Abbildung 4-4: Mittlere CO₂-Effizienz nach Branchen



Quelle: Eigene Erhebung

Bei Transporten im Bereich Stückgut, Container und Handel ist die Effizienz in Tonnenkilometern ähnlich, wobei die Containertransporte leicht bessere Werte aufweisen. Zugleich aber liegt der CO₂-Ausstoß nach Fahrzeugkilometern bei den Container- und Stückguttransporten von allen Branchen am höchsten. Dies ist auf den verstärkten Einsatz von Fahrzeugen mit 40 bzw. 44 t zulässigem Gesamtgewicht zurückzuführen.

Betrachtet man die durchschnittliche Gewichtsauslastung, zeigt sich, dass sie bei den Lkw, zu denen keine Branchenangabe vorliegt (33,9 %) bzw. Container transportierten

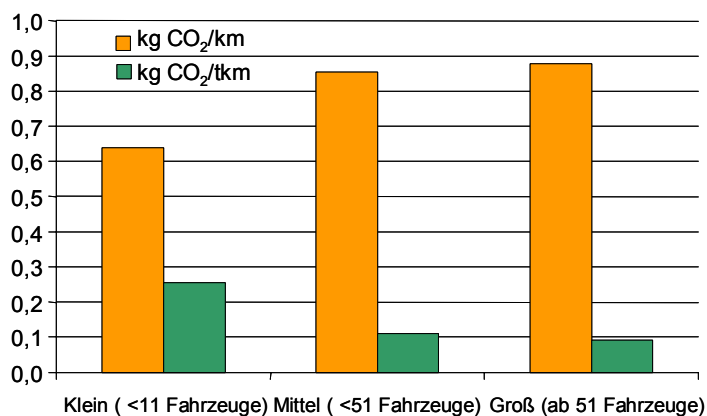
(35,4 %), am geringsten ist. Die Fahrzeuge, die Stückgut transportierten (44,9 %) bzw. für den Einzelhandel (52,7 %) oder für andere Branchen fuhren (55,8 %), zeigten eine bessere mittlere Gewichtsauslastung. Während bei den Transporten von Stückgut im Mittel 10,9 Prozent der Fahrzeugkilometer leer gefahren wurden, lag dieser Anteil bei Containertransporten mit 36,0 Prozent deutlich höher.

Folglich stellt bei diesem Analyseschritt der Basisbefragung nicht die Branche, sondern erneut die Fahrzeuggröße und die Auslastung die entscheidende Größe für die CO₂-Effizienz dar. Die Branchenunterschiede sind zu schwach. Es bestätigt sich hier der Verdacht, dass nicht die Art der Güter, sondern deren Gewicht, die Transportdistanz und andere Faktoren entscheidender sind. Die Fallstudie zum Containertransport wird daher andere Fragen und vor allem Verständnisfragen von Optimierungen in den Mittelpunkt bringen (vgl. Kapitel 5).

Der nächste Schritt ist die Analyse der Korrelation mit der *Unternehmensgröße*, weil angenommen wurde, dass große Unternehmen aufgrund einer höheren Auswahl an zu disponierenden Fahrzeugen eine effizientere Abwicklung durchführen.

Unternehmen mittlerer Größe (Mittelwert: 0,111 kg CO₂/tkm) und Großunternehmen (0,093 kg CO₂/tkm) haben eine ähnliche CO₂-Effizienz (Abb. 4-5). Diese ist besser als die Effizienz der Lkw von Kleinunternehmen (Mittelwert: 0,253 kg CO₂/tkm).

Abbildung 4-5: Mittlere Kraftstoffeffizienz und Gewichtsauslastung nach Unternehmensgröße



Quelle: Eigene Erhebung

Es ist fraglich, ob diese Ergebnisse primär auf die Struktur der Unternehmen zurückzuführen sind: Die Kleinunternehmen zeichnen sich durch einen vergleichsweise hohen Anteil von Fahrzeugen mit niedrigem zulässigem Gesamtgewicht aus. Somit scheint auch hier - neben der durchschnittlichen Gewichtsauslastung - die unterschiedliche Verteilung der Fahrzeuggrößenklassen unter den Unternehmenstypen ausschlaggebend für die Ergebnisse zu sein. Um diese zu überprüfen, wäre eine weit größere Stichprobe notwendig.

Der mittlere Kraftstoffverbrauch liegt bei den Fahrzeugen der Kleinunternehmen nur bei 24,3 Liter, für Fahrzeuge mittelgroßer und großer Unternehmen schon bei 31,5 bzw. 33,3. In Relation zur Fahrleistung in Tonnenkilometer dreht sich das Verhältnis jedoch um: dort präsentieren sich mittelgroße und große Unternehmen mit 0,042 l/tkm und 0,035 l/tkm deutlich besser als Fahrzeuge der Kleinunternehmen (0,096 l/tkm).

Allerdings kann die Bedeutung der Unternehmensgröße als Einflussfaktor nicht ausgeschlossen werden, so zeigen die teilnehmenden Kleinunternehmen z.B. eine geringere Implementierung von IT-Effizienzmaßnahmen.

Die durchschnittliche Gewichtsauslastung der Fahrzeuge, die für kleine (44,8 %), mittlere (44,1 %) bzw. Großunternehmen (46,6 %) gefahren sind, zeigt keine deutlichen Unterschiede. Allerdings sinkt in der Stichprobe der Anteil der leer gefahrenen Kilometer mit der Unternehmensgröße signifikant: die Fahrzeuge der Kleinunternehmen fuhren 21,7 Prozent der Fahrzeugkilometer ohne Ladung, die der mittleren Unternehmen 17,7 Prozent und die Lkw der Großunternehmen 10,5 Prozent der Fahrzeugkilometer.

Somit bestätigt sich eine wichtige Eingangshypothese, wonach Großunternehmen – wenn auch nur leicht – bessere Resultate bei der CO₂-Reduktion aufweisen, als mittleren und kleinen, wahrscheinlich wegen der höheren Gewichtsauslastung und einer besseren Organisation. Die Effizienz von Großunternehmen bleibt somit wichtiges Forschungsthema.

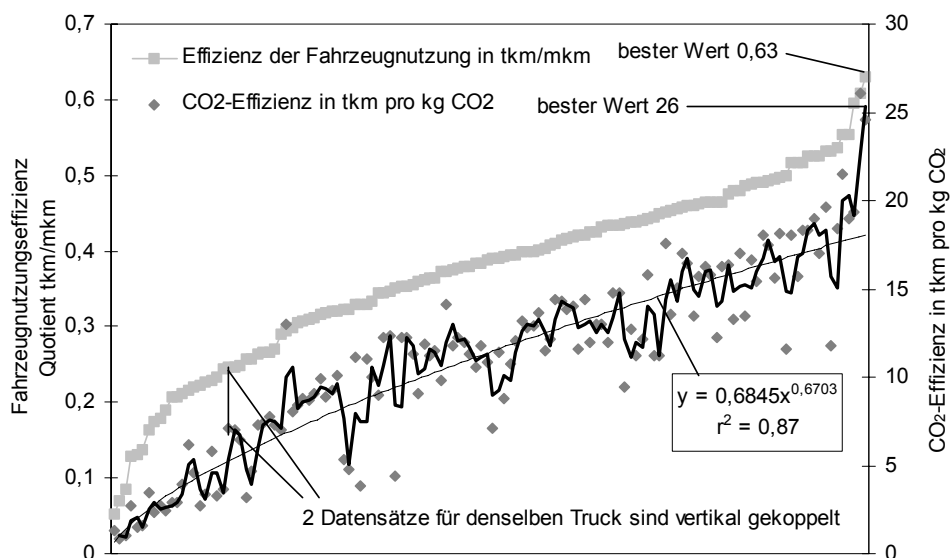
An der Basisuntersuchung haben Unternehmen teilgenommen, die verschiedene Effizienzmaßnahmen implementiert haben (Tab. 4-3). Es zeigt sich, dass die beste CO₂-Effizienz von Firmen erreicht wird, die über ein Dispositionssystem verfügen. Ist dieses System mit Telematik verbunden, ist die Effizienz bei allen Messungen vergleichsweise gut (allerdings ist die Stichprobe mit vier Datensätzen klein). Wird die Disposition ohne Telematik eingesetzt, weisen die Werte eine größere Spannweite auf, wobei viele Fahrzeuge eine ähnliche CO₂-Effizienz aufweisen wie die Lkw derselben Größenklasse ohne dieses EDV-System.

Eine höhere mittlere CO₂-Effizienz durch den Einsatz eines Onboardsystems ist für die vorliegende Stichprobe vorhanden. Die Messergebnisse der Fahrzeuge mit Onboardsystemen zeigen im Mittel eine deutlich höhere Effizienz auf, als der Mittelwert der Lkw, die ohne Onboard- oder Dispositionssysteme gefahren sind. Zugleich aber weisen die Fahrzeuge mit Onboardgeräten eine geringe Spannweite auf, so dass sie keine Werte im hohen bzw. niedrigen Bereich der CO₂-Effizienz produzierten.

Um die CO₂-Effizienz vollständig zu erklären, sind aufgrund der Befunde keine der beobachteten Kriterien ausreichend gewesen und es wurde daher notwendig, ein weiteres Maß einzuführen.

Der Treibstoffverbrauch lässt sich auch dadurch erklären, dass das *Eigengewicht des Fahrzeugs in Relation zum transportierten Gewicht* günstig steht und dass zudem wenig *Leerkilometer*, also eine hohe Auslastung erzielt wird. Das Maß tkm enthält keine Leerkilometer und kein Leergewicht, also wurde das Maß Gesamtgewichtskilometer oder Massekilometer (mkm) gebildet, bei der die Masse des Eigengewichts mit den leer gefahrenen km, die die Fahrer angegeben haben, multipliziert wurde. Das Verhältnis mkm/tkm ergibt dann eine Zahl, bei der gemessen wird, wie viel mehr physikalische Transportleistung inklusiv des Fahrzeugeigengewichts und der Leerkilometer wirklich geleistet wurden, im Vergleich zum tkm-Wert. Dieses Indikator zeigt, wie effizient die Nutzung des Fahrzeugs zwischen zwei Betankungen wirklich gewesen ist. Die Kurve mit den Resultaten der gefundenen Werte ist in Abbildung 4-6 dargestellt. Es zeigt eine sehr ähnliche Form wie die Kurve der CO₂-Effizienz (Abbildung 4-2).

Abbildung 4-6: Effizienz der Fahrzeugnutzung: Quotient mkm/tkm für jeden Datensatz, absteigend geordnet, verglichen mit der Kurve der Energieeffizienz.



Quelle: Eigene Erhebung

Mit diesem Faktor wird belegt, dass CO₂-Effizienz vor allem durch den Faktor effiziente Fahrzeugnutzung bedingt wird. Ein niedriges (gutes) Faktor tkm/mkm bedeutet hohe Auslastung nach Tonnagen, wenig Leerkilometer sowie gutes Verhältnis Nutzlast/Eigengewicht z.B. durch ein Leichtbaufahrzeug.

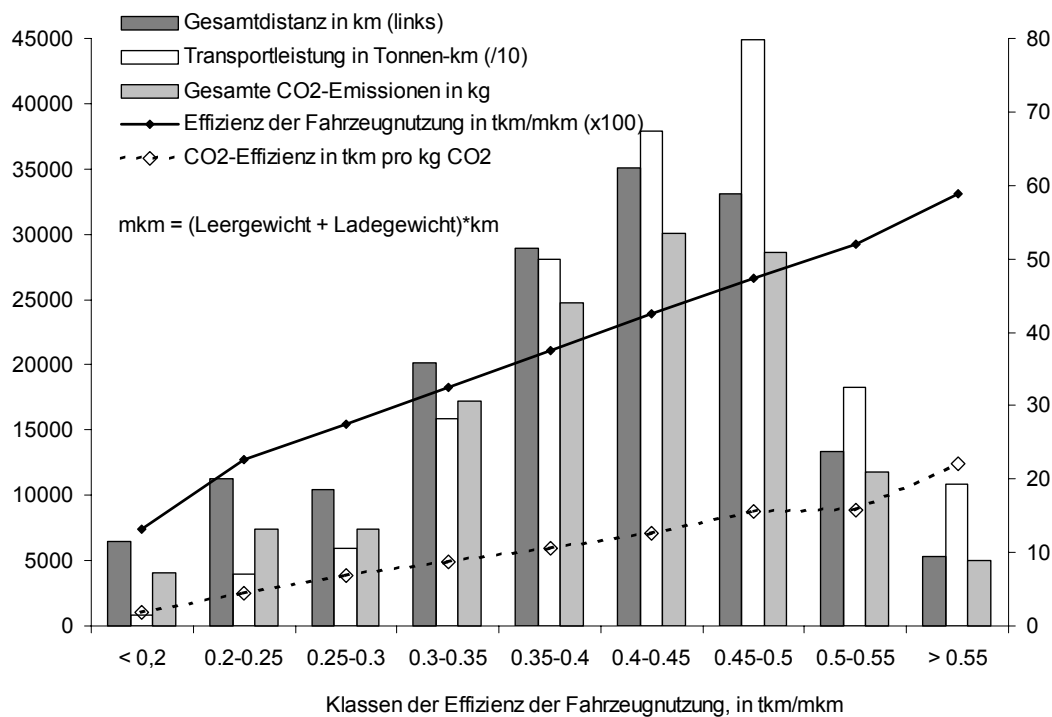
Die Analyse der Daten zeigt, dass in Deutschland ca. das 12-fache an Effizienz der Fahrzeugnutzung zwischen den zwei Extremen der effizientesten und ineffizientesten Werten vorhanden ist. Die Datensätze liegen in einem Bereich unterhalb von 50% unter den besten Wert. Der Mittelwert der Fahrzeugnutzungseffizienz liegt bei 0,36

tkm/mkm. Das beste Unternehmen erreicht im Mittel 0,56 tkm/mkm bei ca. 70% Auslastung.

Potenzialanalyse

Das Potenzial für weitere Auslastungssteigerungen kann genauer veranschaulicht werden, indem die erhaltenen Daten in Klassen geordnet werden, nach dem Kriterium der Effizienz der Fahrzeugnutzung. Demnach liegen die meisten Emissionen (hellgrau) in einem Bereich unterhalb von 0,45 tkm/mkm (Abbildung 4-7).

Abbildung 4-7: Potenzialanalyse für künftige Effizienzsteigerungen



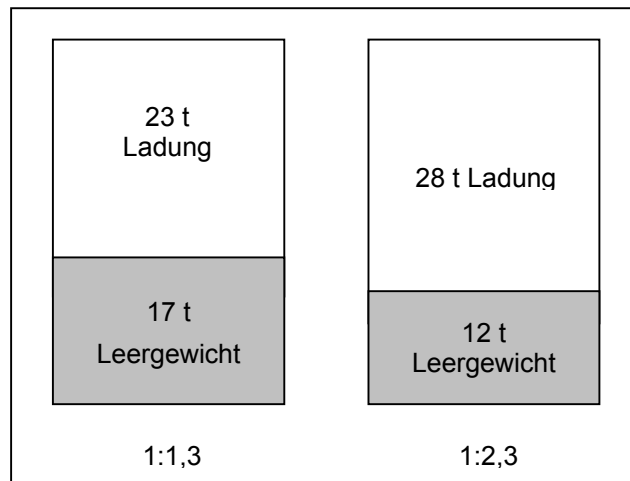
Quelle: Eigene Erhebung

Ein mittlerer Effizienzwert von 0,5 erscheint für Deutschland als realistisch, denn das beste Unternehmen der Untersuchung hat bereits ein Mittelwert von 0,56, ohne besonders starke Implementierungsgrade bei den Effizienzmaßnahmen zu zeigen. Der aktuell beste Mittelwert zeigt ein Datensatz, bei dem 480 km gefahren wurde, eine Auslastung von ca. 75% und ein tkm/mkm Wert von 0,63 erreicht wurde. Die Annahme eines Wertes um 0,5 im Vergleich zum aktuellen Wert von 0,36 zeigt ein hohes Effizienzpotenzial für eine künftige Fahrzeugnutzung.

Wenn alle Unternehmen, die unterhalb von 0,5 sind, innerhalb der nächsten Jahre diesen Wert erreichen würden, so würden dann die Gesamtemissionen von CO₂ um 20% sinken. Der Befund einer 20%igen Reduktion gilt, weil existierende Maßnahmen stärker implementiert werden können. Für andere Fahrzeugkategorie besteht Forschungsbedarf.

Als logische Schlussfolgerung daraus ergibt sich, dass diese Effizienzsteigerung auch durch zusätzliche Maßnahmen erreicht werden könnte, wie z. B. die Anschaffung von Leichtbaufahrzeugen. Das Prinzip, wonach Leichtbaufahrzeuge eine erstaunliche Steigerung der Effizienz bewirken, ist in folgender Abbildung veranschaulicht (Abb. 4-8). Das beste Fahrzeug mit 40 Tonnen Gesamtgewicht auf dem Markt in Deutschland hat ein Leergewicht von 11 Tonnen und ist damit besonders energieeffizient.

Abbildung 4-8: Verhältnis von Leergewicht zu Nutzlast für zwei Fahrzeuge mit 40 Tonnen



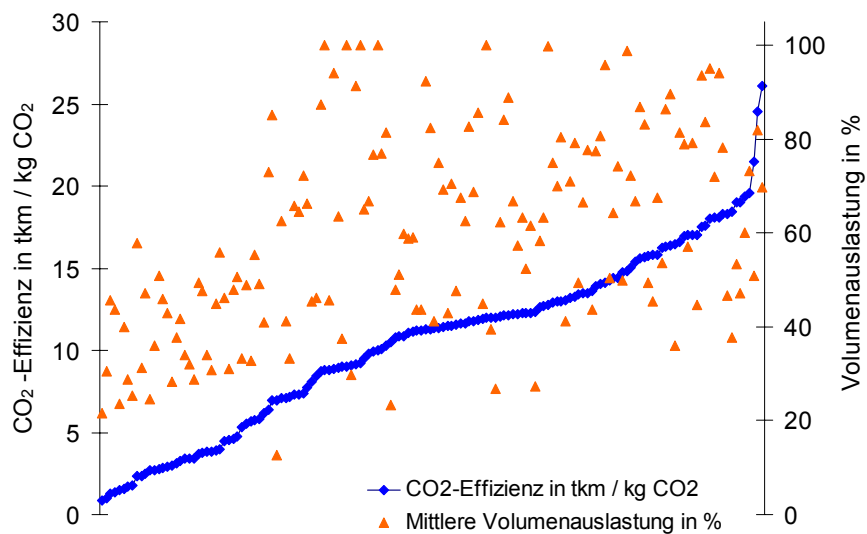
Quelle: Eigene Erhebung

Auslastung nach Volumen

Dass das hohe Optimierungspotenzial genutzt werden kann, zeigt die *Auslastung nach Volumen* (Abbildung 4-9). Demnach sind die Fahrzeuge in Deutschland bei weitem nicht voll beladen, auch wenn die festgestellte mittlere Volumenauslastung von über 60% eine recht hohe Zahl ist.

Die Werte eines Unternehmens sind in der Graphik vertikal untereinander angeordnet. Die beiden Kriterien zeigen untereinander eine nur schwache Korrelation. Die Angaben zur Volumenauslastung sind weniger zuverlässig als alle anderen Angaben der Basisbefragung, weil für diese Schätzung 30% Fehleinschätzung des Beladungsanteils durchaus realistisch für jeden Wert ist. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Die niedrigsten Werte der Auslastung nach Volumen sind erwartungsgemäß bei kleineren Fahrzeugen im Verteilverkehr gefunden worden. Diese Verteilverkehre stellen eine Art von Verkehr dar, bei dem vollbeladen vom Verladeplatz gefahren wird und nach und nach bei den Kunden entladen wird. Offenbar gibt es dabei nur ganz geringe Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung. Wie die Effizienz von solchen Verteilverkehren zu erhöhen wäre, bleibt zu prüfen.

Abbildung 4-9: Von Fahrern geschätzte Volumenauslastung und CO₂-Effizienz

Quelle: Eigene Erhebung

Sonderfall Nutzung von Biodiesel

An der Messung der Basisuntersuchung haben fünf Fahrzeuge von zwei Niederlassungen einer Firma teilgenommen, die Biodiesel als Kraftstoff nutzen. Diese Fahrzeuge tragen aufgrund des geschlossenen CO₂-Kreislaufes nicht entscheidend zur Erhöhung der CO₂-Emissionen bei, mit Ausnahmen der Prozessen bei Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge selbst. Eine Messung des Kraftstoffverbrauchs ist dennoch interessant, um evtl. anfallende Mehrkosten für die Unternehmen bei Einsatz von Biodiesel beziffern zu können.

Die vorliegenden Messergebnisse der Basisuntersuchung (s. Tab. 4-5) zeigen einen höheren Verbrauch von Biodiesel im Vergleich zu Diesel. Die Differenz im Kilometerverbrauch sinkt mit der Größe der Fahrzeuge. Folglich ist der Einsatz von Biodiesel für die Unternehmen bei Fahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 t trotz höherem Verbrauch von ca. 16-18% am effizientesten. Der Preisunterschied von Biodiesel müsste allerdings mindestens 20% niedriger als der Dieselpreis sein, wenn daraus ein ökonomischer Vorteil erwachsen sollte.

Tabelle 4-5: Vergleich der Verbrauchswerte zwischen Diesel und Biodiesel in der Basisuntersuchung

| Diesel | | | Biodiesel | | | Differenz Diesel-Biodiesel in % | | |
|------------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------------------------|--------|-------|
| | l/100km | l/tkm | | l/100km | l/tkm | | l/Fzkm | l/tkm |
| 11 – 14 t | 16,6 | 0,080 | 14,5 t | 28,6 | 0,099 | 11 – 14 t | 72,3 | 23,8 |
| 18 – 25 t | 31,5 | 0,066 | 23 t | 41,8 | 0,127 | 18 – 25 t | 32,7 | 92,4 |
| 40 t | 33,3 | 0,036 | 40 t | 39,3 | 0,042 | 40 t | 18,0 | 16,7 |

Quelle: Eigene Erhebung

Aufgrund der sehr kleinen Stichprobe von ein bis zwei Messungen je Fahrzeuggrößenklasse können die ermittelten Werte keinen Anspruch auf Repräsentativität stellen. Es zeigt sich aber, dass eine weitere Forschung in diesem Bereich von Interesse wäre, um die Frage eventueller Mehrkosten und der Rentabilität für die Unternehmen klären zu können. Für unsere Untersuchung stand die Maßnahme „Wechsel der Treibstoffe“ nicht im Vordergrund, weil nach Expertenmeinung ein breiter Durchbruch alternativer Kraftstoffe am Markt für die Lkws in den nächsten 20 Jahren nicht zu erwarten ist.

4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Daten der Effizienz werden im folgenden Überblick vorgestellt (Tabelle 4-6).

Tabelle 4-6: Überblick der wichtigsten Daten der Basisuntersuchung, Hamburg, Mai 2003

| Parameter | Stichprobe n=153 | Trucks > 40 t n=109 | Trucks < 40t n=44 |
|---|---------------------|------------------------|----------------------|
| Effizienz der Fahrzeugnutzung | | | |
| Effizienz der Fahrzeugnutzung in tkm/mkm | 0.36 | 0.40 | 0.28 |
| Mittlere Gewichtsauslastung in % | 44.2 | 44.7 | 43.0 |
| Mittlere Volumenauslastung in % | 59.3 | 63.6 | 48.2 |
| Mittlere Leerfahrten in % der Distanz | 17.4 | 16.3 | 20.3 |
| Mittleres Alter der Fahrzeuge | 3.1 | 2.5 | 4.4 |
| CO₂-Effizienz | | | |
| Mittlere CO ₂ -Effizienz in tkm/kg CO ₂ | 10.4 | 12.5 | 5.5 |
| Mittlerer Verbrauch in l/100km | 31.6 | 33.1 | 24.9 |
| Höchste CO ₂ -Effizienz in tkm/kg CO ₂ | 26.0 | 26.0 | 18.3 |
| Niedrigste CO ₂ -Effizienz in tkm/kg CO ₂ | 0.8 | 1.3 | 0.8 |

Quelle: Eigene Erhebung

Mit dem Faktor tkm/mkm wird die CO₂-Effizienz weitgehend erklärt, aber dennoch nicht vollständig. Ein Rest von nicht erklärbaren Abweichungen zwischen den ökonomischen und den ökologischen Indikatoren könnte durch weitere Grundlagenforschung genauer analysiert werden.

Aufgrund der vorhandenen ungenutzten Volumenkapazitäten im Fuhrpark ist das nachgewiesene hohe Potenzial für eine Effizienzsteigerung realistisch gegeben. Die Annahme einer 20%igen CO₂-Reduktion gilt, wenn ausreichend Maßnahmen getroffen werden würden. Es wird auch deutlich (Tabelle 4-5), dass die Maßnahmen für den Schwerlastverkehr anders als für die leichteren Nutzfahrzeuge getroffen werden sollen.

Das Reduktionspotenzial ist in anderen Ländern aufgrund der ähnlichen Konkurrenzsituation und Entwicklungstrends im Treibstoffverbrauch wahrscheinlich auch vorhanden. Somit sind die Befunde der Basisuntersuchung übertragbar.

5. *Empirische Untersuchung der Optimierungsmaßnahmen im Lkw-Containerhinterlandtransport des Hamburger Hafens*

5.1 *Einleitung, Methode und Design*

Um die strukturellen Bedingungen der Einführung von Effizienzmaßnahmen klar zu stellen, sind Analysen in einer speziellen Transportbranche durchgeführt worden bei der hohe Effizienzpotenziale vermutet werden: Die Lkw-Containertransporte im Hinterland des Hamburger Hafens.

Im Anschluss an die Einarbeitungsphase in die vielfach sehr wenig bis gar nicht erschlossene Thematik des Lkw- Containertransportes im Hinterland des Hamburger Hafens, entstand unter anderem aufgrund der unzureichenden Quellenlage und völliger Abwesenheit wissenschaftlicher Untersuchungen zu unserem Thema, die Einsicht zur Notwendigkeit der Durchführung einer Primärerhebung.

In der ersten und offenen Konzeptionierungsphase wurden verschiedene Interessensverbände aus den Bereichen Verkehr und Hamburger Hafen telefonisch kontaktiert und mit Vertretern dieser Institutionen persönliche Expertengespräche zum Untersuchungsdesign geführt. Im Zuge dieser Gespräche wurde eine erste Zusammenstellung möglicher Fragestellungen für die spätere Unternehmensbefragung diskutiert. Beeinflusst durch die Ergebnisse dieser Konsultationen kam es zur Festlegung auf eine mündliche, teilstandardisierte Befragung, die mit Hilfe eines vorher ausgearbeiteten Gesprächsleitfadens durchgeführt wurde.

Das Auswahlverfahren potenzieller Teilnehmer an der empirischen Erhebung lief auf drei Ebenen ab:

- Untersuchungseinleitende Expertengespräche mit Vertretern von Interessengemeinschaften im Bereich des Straßengütertransportes (Studium von Mitgliederverzeichnissen, Erfahrungsaustausch hinsichtlich der Suchmethoden, Kontakt- und Rechercheempfehlungen),
- Recherche herkömmlicher Branchenverzeichnisse und spezieller Veröffentlichungen der Transportwirtschaft,
- Internetrecherche, u.a. mit Hilfe von Suchmaschinen, einerseits zur Bestimmung potenzieller Unternehmen für die Befragung, andererseits zur Einordnung vorhandener Teilnehmerdaten bezüglich ihrer Eignung für die Befragung.

Die hier vorgelegten Aussagen sind das Ergebnis einer als Stichprobenerhebung konzipierten empirischen Untersuchung. Die genaue Bestimmung der Grundgesamtheit aller Lkw- Transportunternehmen, die unter den gegebenen Auswahlkriterien als Untersuchungsobjekte in Frage gekommen wären, war im Rahmen der Studie nicht

möglich. Nach Auffassung verschiedener Experten liegt die Zahl im Bereich von 230 Unternehmen, wobei die einzelnen Schätzwerte stark voneinander abweichen.

Die theoretische Grundgesamtheit der Untersuchungsobjekte waren Unternehmen des Lkw- Fuhrgewerbes, welche als Eingangskriterien

- über unternehmenseigene Lkw verfügen,
- gewerbliche Containertransporte am Transportmarkt anbieten,
- einen (erheblichen) Anteil ihres Containertransportvolumens im Hinterlandverkehr des Hamburger Hafens abwickeln.

Die im Zuge der Erstellung einer Auflistung potenzieller Unternehmen für die Teilnahme an der empirischen Untersuchung auftretenden Probleme der Grundgesamtheitsbegrenzung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- begriffliche Differenzierung der unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche innerhalb der Transportbranche (Logistik, Spedition, Frachtführung),
- diffuse Marktstruktur durch Marktteilnahme einer unbekanntem Zahl von kleineren und Kleinstunternehmen,
- unternehmerische Identifikation von Containertransportunternehmen.

Die auf den verschiedenen Recherchewegen gewonnenen Unternehmensadressen wurden nach einer ersten Auswahl hinsichtlich ihrer Untersuchungsrelevanz in einer Liste zusammengefasst, die schließlich 84 Kontaktadressen umfasste. Dabei wurde u.a. erneut auf das Expertenwissen mehrerer unterstützender Einrichtungen zurückgegriffen. Von diesen ausgewählten Unternehmen konnten im Verlauf der Vorbereitung der Untersuchung schließlich 72 potenzielle Teilnehmer telefonisch erreicht werden. Die verbleibenden Unternehmen sind nicht mehr existent, oder haben eine Standortverlagerung vollzogen, ohne dass diese bereits in den genannten Verzeichnissen Berücksichtigung gefunden hatte.

Die Klärung der Bereitschaft des Unternehmens zur Teilnahme an einem Experteninterview wurde von dem Angebot der Zusendung einer, eigens für diesen Zweck entworfenen, einseitigen Zusammenfassung des Forschungsvorhabens begleitet. Dieses Angebot wurde von einem Unternehmen in Anspruch genommen, welches schließlich an der Befragung teilnahm.

Die oben ausgeführten Kriterien zur Teilnahme an der Befragung wurden von 37 der telefonisch erreichbaren Firmen bestätigt, wobei nicht geklärt werden konnte, in welchem Umfang sich indirekte Absagen an das Forschungsvorhaben in manipulierten Angaben zu den Eingangsbeschränkungen niedergeschlagen haben. Schließlich konnten mit 25 Unternehmen persönliche Gesprächstermine verabredet werden, in 24 Fällen kam ein persönliches Expertengespräch zustande.

Eine erste Auswertung der Expertengespräche innerhalb der Containertransportunternehmen ergab, dass der exklusive Transport von Tankcontainern eine Reihe von Charakteristika beinhaltet, welche die Vergleichbarkeit mit dem gemischten Transport von Containern unmöglich macht. Da zwei der Expertengespräche mit Unternehmen geführt wurden, die ausschließlich Tankcontainer transportieren, wurden die hier gewonnenen Daten nicht in der Gesamtauswertung berücksichtigt. Darüber hinaus wurden zwei zu Beginn der Befragung im Rahmen eines Pretests geführten Gespräche ebenfalls nicht berücksichtigt.

Die folgende Auswertung der Gesprächsinhalte stellt somit die in 20 Expertengesprächen gewonnenen Erkenntnisse dar. Die gesamte Darstellung der Daten muss aufgrund der den Unternehmen zugesicherten Anonymisierung der Angaben ohne Zuordnungsmöglichkeit zu den einzelnen Unternehmen erfolgen, da selbst unter Verwendung einer Kennung durch Kombination verschiedener Parameter eine Identifikation der Unternehmen durch einen Leser mit Branchenkenntnissen möglich wäre. Abweichende Fallzahlen bei den hier ausgewerteten Informationen wurden in den jeweiligen Unterkapiteln kenntlich gemacht.

5.2 Empirische Befunde der Befragung: Wirtschaftsstruktur

Beschäftigte

In den befragten Unternehmen sind 773 Mitarbeiter tätig, davon stehen 75,7% in gewerblichen Beschäftigungsverhältnissen und 24,3% in Angestelltenverhältnissen. Die größte Einzelgruppe unter den Arbeitnehmern sind die Kraftfahrer, deren prozentualer Anteil bei 70,8% aller Beschäftigten liegt. Der durchschnittliche Anteil der Fahrer an den gesamten Erwerbstätigen beträgt betriebsübergreifend 66,7%, deren Bedeutung noch wächst, wenn die Fahrer der jeweilig eingesetzten Subunternehmen hinzugezählt würden.

Im Bereich Beschäftigung weisen die Fuhrbetriebe im Containertransport ein bedeutendes Beschäftigungspotenzial, insbesondere für gewerbliche Arbeitnehmer, auf. Das Ausbildungsniveau der Arbeitskräfte, die für den Einsatz als Lkw- Fahrer zur Verfügung stehen, wurde von der Mehrheit der Unternehmer kritisiert. Generell herrscht nach Aussage der Interviewpartner im Bereich Container-Trucking eine hohe Fluktuation bei den Arbeitskräften vor.

Das schlechte Image des Gewerbes allgemein und speziell des Kraftfahrerberufes in der Öffentlichkeit wird durch die Fuhrunternehmen beklagt. Unternehmensintern werden den Fahrern tägliche Arbeitszeiten zwischen 12 und 14 Stunden abverlangt. Die Unternehmensvertreter äußerten die Überzeugung, dass der Betriebsablauf unter Einhaltung der staatlichen Lenkzeitbeschränkungen nicht aufrecht zu erhalten wäre. Der EU-weiten Einführung des digitalen und hinsichtlich Manipulationen aller Art

resistenten Fahrtenschreibers für neu zugelassene Nutzfahrzeuge, momentan geplant für den Monat Juli des Jahres 2004, wird daher mit großer Sorge entgegen gesehen.

Die in Tabelle 5-4 dargestellte Untersuchung zur Marktpräsenz von Maßnahmen zur Transportorganisation analysierte u. a. die Verbreitung EDV-gestützter Systeme zur halbautomatischen Fahrzeugdisposition. Ein möglicher externer Effekt des Einsatzes eines solchen Systems war im Einfluss auf die Anzahl der zur Disposition der Fahraufträge eingesetzten Mitarbeiter vermutet worden. Diese Annahme konnte mit Hilfe der Auswertung der erhaltenen Daten nicht bestätigt werden.

Preisbildungsfaktoren für Transportleistungen im Containerverkehr

Transportaufträge im Nahverkehr werden im Normalfall als „Rundlauf-“ oder „Umlaufpreise“ berechnet, d.h., der Auftraggeber bezahlt nicht nur den Transport, beispielsweise eines beladenen Containers vom Hafen bis an seinen Standort, sondern im vom Transportdienstleister erhobenen Preis ist auch die Rückführung des entladenen Containers zurück in den Hafen, bzw. in ein Leerdepot enthalten. Einen Sonderfall in der Preisgestaltung stellen die sog. Terminalumfuhren, also Transportaufträge zwischen den einzelnen Containerterminals innerhalb des Hamburger Hafens, dar. Sie unterliegen einer gesonderten Preisgestaltung. Das dortige Jahresaufkommen für Umfuhren wird für 2001 mit ca. 100.000 Containern angegeben, dabei wurde fast ausschließlich der Lkw als Transportfahrzeug eingesetzt (Eckelmann, 2002).

Im Fernverkehr zielt die Unternehmensstrategie ebenfalls darauf ab, „Rundlaufpreise“ zu erzielen. Die Marktsituation ermöglicht deren Durchsetzung aber nur in Ausnahmefällen. Die Unternehmen haben in diesem Bereich mit einem verstärkten Druck hinsichtlich der Vermeidung bzw. Optimierung des Verhältnissen zwischen bezahlt und unbezahlt gefahrenen Kilometern zu kämpfen. In diesem Zusammenhang wurde von einigen Unternehmern bereits auf die Maßnahmen aus dem Bereich der Kooperation hingewiesen, die in Kapitel 5.4.2 vorgestellt werden. Im Fernverkehrsbereich werden dabei Fuhrunternehmen an den Quell- und Zielorten von Ladung im Hinterland angesprochen und auf diese Weise Synergieeffekte realisiert.

Tabelle 5-1: Zusammenfassung der meistgenannten Einflussfaktoren der Preisbildung für Containertransportleistungen

| Wichtige Preiseinflussfaktoren im Lkw-Container- Nahverkehr | Wichtige Preiseinflussfaktoren im Lkw-Container- Fernverkehr |
|--|--|
| 1. Zeitaufwand (bes. Handling) | 1. Entfernung |
| 2. Entfernung (Stadtgebiet HH / außerhalb nach km) | 2. Treibstoffkosten |
| 3. Absattung d. Chassis (j/n) | 3. Personalkosten (Spesen) |
| Wichtige Preiseinflussfaktoren im Nah- und Fernverkehr | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Angebot und Nachfrage • Containergröße/ -gewicht • Kundenart (wichtig/ unwichtig) • Optimierungspotenzial des Auftrages (innerbetrieblich/ außerbetrieblich) • Spezialcontainer (z.B. Kipp-, Reefer-, HC- Container) • Terminbindung des Transportauftrages • Zahlungsmoral des Kunden | |

Quelle: eigene Erhebung

Im Nahverkehr hat für das Unternehmen die Abwicklung einer möglichst großen Zahl an Umläufen die größte Priorität. In diesem Zusammenhang nannten 2 Unternehmen ein Umsatzziel von 500€ pro Fahrzeug und Tag als Minimum, um wirtschaftlich bestehen zu können. Das Erreichen dieses Wertes hängt davon ab, ob das jeweilige Fahrzeug die verschiedenen Durchgangspunkte der Transportkette ohne, bzw. mit nur geringen Verzögerungen durchlaufen kann. Dies wiederum hängt direkt mit dem für die Einfuhr- und Ausfuhrmodalitäten verbundenen Notwendigkeiten des jeweiligen Containers bzw. seiner Zuladung ab. Ein außergewöhnliches Handling, wie z.B. die Vorführung der Ware beim Veterinäramt oder die Analyse eines Containers in der Containerprüfanlage (CPA), bedeutet einen größeren Zeitaufwand bei der Erledigung des Auftrages und wird dem Kunden in Rechnung gestellt. Die Berechnung der Entfernung spielt im Nahverkehr nur eine untergeordnete Rolle. Die innerhalb des Hamburger Stadtgebietes befindlichen Kunden werden von der Mehrheit der Unternehmen zu einem Pauschalpreis bedient. Verlässt ein Auftrag diesen Bereich, werden die Entfernung und zeitintensive Streckencharakteristika in die Preisgestaltung einbezogen. Die befragten Fuhrunternehmen gewähren den Kunden eine Be- bzw. Entladezeit von 2-3 Stunden für einen Container. Die dadurch entstehende Wartezeit für Lkw und Fahrer ist in den Preisen bereits einkalkuliert. Im Falle der Überschreitung dieser Zeitvorgaben, werden dem Kunden Extrakosten in Rechnung gestellt. Ein häufig zu beobachtender Sonderfall ist die „Absattung“ des Chassis bei den Kunden. Hierbei verbleibt das Chassis mit dem Container auf dem Betriebsgelände des Kunden und wird zu einem späteren Zeitpunkt

abgeholt. Der Fahrer macht sich nur mit der Zugmaschine auf den Weg zu einem alternativen Einsatzort und steht sofort zur Disposition (vgl. Kap. 5.3.5). Diese Variante eröffnet dem Fuhrunternehmer ein Optimierungspotenzial, welches er anteilig in Form der Preisgestaltung an die Kunden weitergibt.

Die Preisgestaltung im Fernverkehr hängt natürlich auch von der Zeit, die ein Fahrzeug für eine Transportdienstleistung benötigt, ab. Die Unternehmen kleiden den zeitlichen Aufwand in diesem Zusammenhang jedoch einheitlich in die Transportdistanz als entscheidendem Preisbildungskriterium. Die Entfernung bestimmt den Treibstoffverbrauch und ist für die Höhe der Spesen, welche an den Fahrer entrichtet werden müssen (z.B. Übernachtungskosten, Verpflegung, etc.), maßgeblich.

Unabhängig von der Transportdistanz agieren alle Unternehmen im durch Angebot und Nachfrage bestimmten Spannungsfeld der Preisgestaltung. Das Gewicht eines Containers spielt nach Aussage der Unternehmen nur in einem Spezialfall eine Rolle. Dieser liegt vor, wenn ein 20' Container so leicht beladen ist, dass er unter Einhaltung des zulässigen Gesamtgewicht des Transportfahrzeuges gemeinsam mit einem zweiten 20' Container auf einem Fahrzeug befördert werden kann. Der gewichtsbezogene Grenzwert für diesen auch als „Doppelladung“ bezeichneten Sonderfall liegt zwischen 12 und 13t Gesamtgewicht des Containers, was durch das zulässige Gesamtgewicht des Transportfahrzeuges festgelegt ist. 20' Container, die diesen Wert überschreiten, werden beim Transport mit den gleichen Preisen wie 40' Container belegt.

Innerbetriebliche Überlegungen bedingen, dass auch die Gesamtbedeutung eines Kunden für das Unternehmen in die Preisgestaltung einfließt. So werden für wichtige Kunden im Einzelfall Transportdienstleistungen unter den tatsächlichen Kosten angeboten, um zu verhindern, dass der Kunde mit anderen Wettbewerbern in Kontakt tritt.

Die Möglichkeiten zur innerbetrieblichen Optimierung spielen ebenfalls eine Rolle. Die Überlegungen in dieser Richtung nehmen bei größeren Unternehmen an Bedeutung zu, da sie über viele Aufträge und entsprechend viele Ansatzpunkte für Optimierungen verfügen.

Schließlich sind auch die Anforderung von speziellem Transportgerät (z.B. Kippchassis, HC- Containerchassis) und die Terminbindung der Leistungserbringung von Bedeutung für die finanziellen Forderungen des Transporteurs.

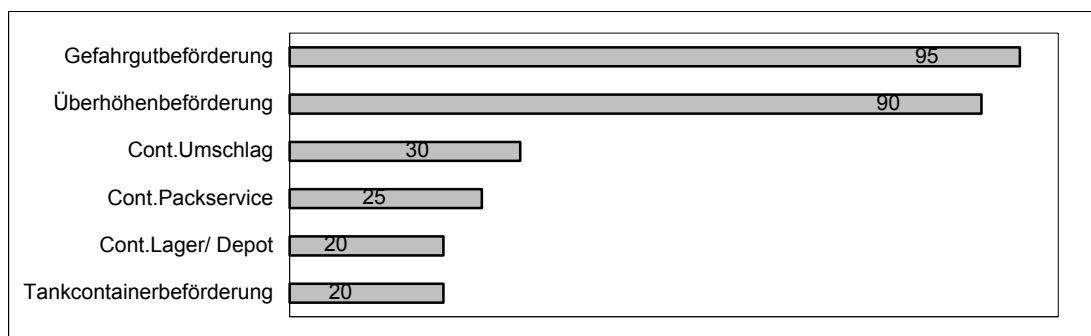
Von besonderem Interesse in Bezug auf die Reduzierung von CO₂- Emissionen ist die Frage nach der Bedeutung der Kraftstoffkosten für die Preisgestaltung von Container-Transportdienstleistungen. Die Angaben der Unternehmen in dieser Frage liegen für den Nahverkehr im Bereich von 10% bis 20%. Für den Fernverkehrsbereich werden sie zwischen 25% und 33% der Gesamtkosten angesiedelt. Der Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung veröffentlichte im Jahr 2002 Durchschnittswerte für den Anteil der Kraftstoffkosten. Sie werden für das Jahr 2002

für den Nah- und Regionalverkehr mit 12,7% und für den Fernverkehrsbereich mit 21,4% angegeben (BGL 2002). Bei der Betrachtung dieser Vergleichswerte muss einschränkend erwähnt werden, dass hier alle Fahrzeuggewichtsklassen und Aufbauarten für die Bildung der Durchschnittswerte zusammengefasst wurden.

Erweiterung des Dienstleistungsspektrums im Containertransportgewerbe

Die befragten Unternehmen haben in unterschiedlich starker Ausprägung Anstrengungen unternommen, um den Kunden einen erweiterten Leistungsumfang, über den reinen Standard- Containertransport hinaus, bieten zu können. Abbildung 5-1 bietet einen Überblick zu den am häufigsten vorgefundenen Sonderdienstleistungen, welche durch die befragten Betriebe angeboten werden. 95% aller an der Untersuchung teilnehmenden Unternehmen verfügen über eine Erlaubnis zur Beförderung von mit Gefahrgütern beladenen Containern. Der Transport von Ladungen mit Überhöhe, im hier betrachteten Zusammenhang den High Cube- und Open Top- Containern, erfordert eine spezielle Fuhrgenehmigung für überhöhte Frachten, welche 90% der befragten Unternehmen bereit halten.

Abbildung 5-1: Übersicht zur prozentualen Verteilung ausgewählter unternehmerischer Maßnahmen zur Kundenspezialisierung



Quelle: eigene Erhebung

Interessant stellt sich die Betrachtung der Erweiterung des Angebotsspektrums der Unternehmen im Bereich jener Dienstleistungen dar, die einerseits die Angebotspalette für den Kunden erweitern, andererseits aber auch betriebsinterne Optimierungsmöglichkeiten bei der Erfüllung der Transportdienstleistung eröffnen. 25% der Unternehmen sind im Bereich des Containerpackservice, also der Be- und Entladung von Containern, aktiv. 30% Unternehmen verfügen über betriebseigene Geräte, die Umladetätigkeiten von Containern ermöglichen. In einem Fall schließt dies sogar die Möglichkeit, Container- Binnenschiffe am eigenen Werksgelände zu be- und entladen ein. Ein Unternehmen ist in der Lage, Reparaturtätigkeiten an Standardcontainern auszuführen. Die Vorhaltung eines unternehmenseigenen Containerlagers bzw. eines Leerdepots auf eigenem Betriebsgelände können 20% der Unternehmen vorweisen.

Die Frage nach der Kundenspezialisierung ist gleichzeitig ein Teilbereich der Frage nach der Diversifizierung von Dienstleistungen seitens der Unternehmen. Alle Unternehmen, die über den reinen Transport hinaus weitere Leistungen für den Kunden anbieten, sind von dieser Strategie überzeugt. Dabei funktionieren die Zusatzleistungen nicht ausschließlich als Instrumente zur zusätzlichen Umsatzerzeugung, sondern auch als Maßnahmen zur innerbetrieblichen Transportoptimierung. Umschlagsgeräte dienen zur terminalunabhängigen Kombination geeigneter 20' Container zu Doppelladungen, Containerpackstationen werden, mit und ohne Wissen der Kunden, zur Zuladungsoptimierung der Container genutzt. Eine Anlage zur Reparatur kann das weiter unten angesprochene „Drehen“ von Containern erleichtern und somit die Auslastung der Fahrzeuge erhöhen, und schließlich erweitert ein eigenes Containerleerdepot den dispositiven Spielraum im Management von Leercontainern.

5.3 *Empirische Befunde: Treibstoffeffizienz in Unternehmen des Straßentransportes von Containern im Hinterlandverkehr des Hamburger Hafens*

5.3.1 Fuhrpark

Fuhrparkzusammensetzung nach Alter und Aufbauart

Von den befragten Unternehmen wurden zum Zeitpunkt der Untersuchung insgesamt 383 unternehmenseigene motorisierte Fahrzeuge zum Containertransport eingesetzt. 89,8% dieser Fahrzeuge waren Sattelzugmaschinen, nur 10,2% der eingesetzten Fahrzeuge waren Lkw mit einem Spezialaufbau zum Transport von Containern und entsprechenden Anhängern.

Das Durchschnittsalter der motorisierten Fahrzeuge wurde mit Hilfe eines gewichteten Verfahrens ermittelt und beträgt für die motorisierten Fahrzeuge der Stichprobe knapp 29 Monate. Der am häufigsten genannte Wert bei der Frage nach dem Durchschnittsalter der eigenen Fahrzeugflotte waren 48 Monate, der Median liegt bei 39 Monaten.

Die befragten Unternehmen verfügen über 2117 betriebseigene Chassis zur Verwendung im Containertransport. Daraus ergibt sich eine betriebsübergreifende Relation von Sattelzugmaschine zu Chassis von 1:6. Lediglich 30,1% der vorhandenen Container- Auflieger sind reine 20' Chassis, die sich ausschließlich zum Transport dieser Containergröße eignen. Die überwiegende Mehrheit von 69,9% aller unternehmenseigenen Sattelaufleger sind zum Transport von 40' Einheiten geeignet. In dieser Klasse ist auch ein großer Anteil längenvariabler Chassis enthalten, die sich zum Transport sogenannter „schwerer“ 20' Container, 40' Container und den vergleichsweise selten auftretenden 45' Containern eignen. Die hier erfasste

Zuladungskapazität auf Motorwagenzügen und Sattelzugkombinationen beträgt also theoretisch 3674 TEU¹⁹.

Fuhrparkzusammensetzung nach zulässigem Gesamtgewicht

Die bundesdeutschen Straßen können von Lastkraftwagen aller Art bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht von 40t im reinen Straßentransport befahren werden. Dieses Gesamtgewicht können im Containertransport Sattelzüge und Motorwagen mit Anhängern gleichermaßen erreichen. Bauartbedingt können Motorwagen Einzelcontainer bis zu einem Gesamtgewicht von ca. 16t befördern, während Sattelzüge Container bis zu einem Gesamtgewicht von ca. 26t transportieren dürfen. Die hier skizzierten Charakteristika zum Gewicht der transportierten Container und die Größenlimitierung auf 20' Container erklären die Dominanz der Sattelzüge im Straßentransport von Containern. Das gesetzlich geregelte Gewichtslimit ist für den Fall multimodaler Hinterlandtransporte, also bei Integration eines oder mehrerer alternativer Verkehrsträger, wie Bahn oder Binnenschiff, von administrativer Seite auf 44t erhöht worden. Damit war einerseits die Absicht verbunden diese Art der Transporte attraktiver zu machen, andererseits sollten die teilweise nötigen technischen Veränderungen, die für Fahrzeuge im multimodalen Verkehr notwendig sind (z.B. die Verstärkung von Chassis zur Verbesserung der Kranbarkeit von Aufliegern), und die sonst zu Zuladungseinbußen führen würden, kompensiert werden. Diese Tatsache verdeutlicht, dass derzeit für die Limitierung der Gesamtgewichte in erster Linie die gesetzlichen Vorgaben und nicht technische Machbarkeiten relevant sind.

5.3.2 Fahrleistung, Verkehrsbereiche, -leistung und -aufkommen

Der unternehmenseigene Fuhrpark der Teilnehmer wird in 10 Fällen ausschließlich für Transportaufträge im Nahverkehr eingesetzt, 6 Unternehmen bieten mit diesen Fahrzeugen exklusiv Fernverkehrstransporte an und 3 Firmen nannten beide Verkehrsarten für die eigenen Fahrzeuge. Die Grundlage für die Unterteilung in Nah- und Fernverkehre bildete, gemäß der amtlichen Definition, ein Transportradius von 150km (KBA und BAG, 2001).

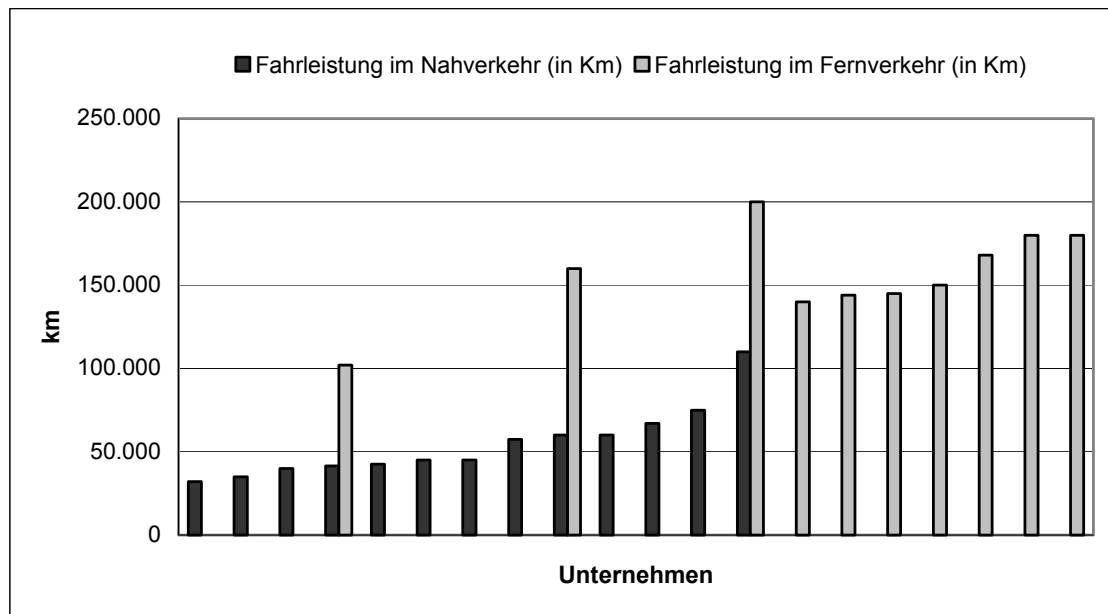
Die befragten Unternehmen gaben an, dass insgesamt 166 der unternehmenseigenen Fahrzeuge im Nahverkehr eingesetzt werden und entsprechend 217 Fahrzeuge Transportdienstleistungen im Fernverkehr erbringen.

Im Jahr 2002 betrug die Gesamtfahrleistung aller erfassten Fahrzeuge 45,5 Mio. km. Dabei entfielen 19% der Fahrleistung auf Transportleistungen im Nahverkehrsbereich und 81% auf den Fernverkehr. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung eines

¹⁹ TEU: Twenty- Feet- Equivalent Unit

Nahverkehrscontainerfahrzeuges lag in der Befragungsgruppe bei 52.925 km. Im Fernverkehr legte ein Fahrzeug im selben Zeitraum durchschnittlich 169.332 km zurück.

Abbildung 5-2: Übersicht zu den Fahrleistungen der Container- Transportunternehmen im Jahr 2002
Mittelwert in km pro Fahrzeug



Datengrundlage: eigene Erhebung

5.3.3 Anzahl der transportierten Container

Eine, aufgrund mangelnder Informationen zur Verkehrsleistung und zum Ladungsaufkommen, alternative Angabe zur weiteren Beschreibung der durch die einzelnen Unternehmen erbrachten Leistung, ist die Anzahl der im Jahr 2002 transportierten Container. Die Auskünfte zur Anzahl der transportierten Container schlossen die mit Hilfe von Subunternehmern transportierten Container ein. 19 Unternehmen waren bereit Werte bezüglich dieser Frage zu nennen. Aus ihren Angaben ergibt sich ein Transportvolumen von 534.545 Containern.

Die weiterführenden Angaben von 14 Unternehmen hinsichtlich der Aufteilung der gesamten Containerzahl in 20' und 40' Container wurde zur Hochrechnung eines prozentualen Durchschnittswertes herangezogen, mit dessen Hilfe die größenunabhängigen, absoluten Angaben zur Containerzahl in eine Zahlenangabe im von den Terminals verwendeten TEU- Maß möglich ist. Dieser Durchschnittswert ergibt, dass 46% aller von 14 befragten Lkw- Containertransportunternehmen beförderten Boxen 20' Container waren und 54% in die Kategorie der 40' Container fallen. Die errechnete Zahl der beförderten 20' Container beträgt nach Ermittlung durch

dieses Verfahren 244.559 Einheiten, während 289.986 40' Container transportiert wurden.

Hinsichtlich der Gesamtmenge der in 2002 transportierten Container liefert die Zusammenführung der vorhandenen Angaben für die 19 Unternehmen mit vorliegenden Zahlen einen Gesamtwert von 824.531 TEU. Interessant wird diese Transportmenge mit Blick auf die Gesamtzahl der Hinterland-Container im Hamburger Hafen, welche in 2002 mit dem Lkw an- bzw. abtransportiert wurden. Diese Zahl wird für das betrachtete Jahr mit einem Gesamtwert von 2.233.000 TEU angegeben (HHM, 2003). Damit läge der Marktanteil, der an der Stichprobenerhebung beteiligten Unternehmen, welche Angaben in diesem Bereich machten, bei ca. 36%.

Die Güterverkehrsstatistik deutscher Lastkraftfahrzeuge 2001 gibt für die seeverkehrsrelevanten Containergrößen eine Anzahl der transportierten Container in den hier betrachteten Transportkombinationen (1*20'; 2*20', 1*40') von insgesamt 7.300.000 TEU an (KBA und BAG, 2002). In dieser Bezugsebene kann die Stichprobe Aussagen für ca. 11% aller durch deutsche Fahrzeuge beförderten Container liefern.

Die Terminalbetriebe im Hamburger Hafen weisen für das Jahr 2002 einen Containerumschlag von 3.475.279 Containern aus, die gemäß der international üblichen Maßeinheit 5.373.999 TEU entsprechen (WiBeh, 2003). Der letztgenannten Wert deutet für den Gesamtumschlag ein Übergewicht der 40' Container an, welches durch die im Verlauf der Expertengespräche gewonnenen Informationen bei den Terminalbetreibern erhärtet werden konnte. Der hafenbezogene Containerisierungsgrad von Stückgütern lag im gleichen Jahreszeitraum bei 95,1%. Es wurden Container mit einem Gesamtgewicht von 57,189 Mio. t umgeschlagen. Die Anzahl der in leerem Zustand beförderten Container wird mit 467.733 Containern angegeben. Mit Hilfe dieser Angabe lässt sich für die beladenen Container ein durchschnittliches Bruttogewicht²⁰ für beladene Container kalkulieren, welches für das Jahr 2002 einen Wert von rund 18,5t ergibt.

5.3.4 Treibstoffverbrauch und CO₂- Emissionen von Lkw im Containertransportgewerbe

Die Gewährleistung einer guten Datenqualität im Zusammenhang mit der Frage nach dem Treibstoffverbrauch, und somit nach den CO₂- Emissionen, begrenzte die Diskussion mit den beteiligten Unternehmen auf Werte für die betriebseigenen Fahrzeuge, da nur für diese Jahresverbrauchsstatistiken geführt werden.

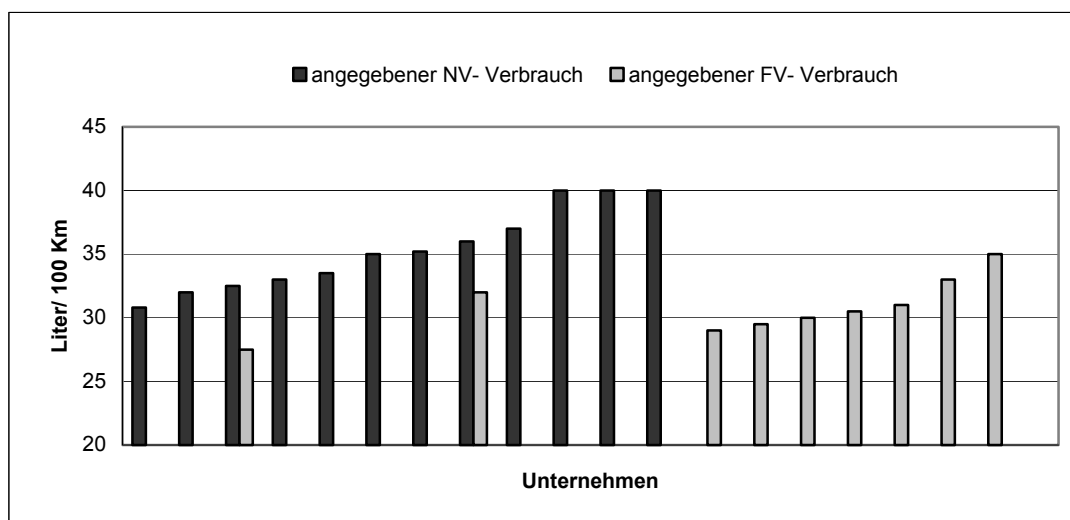
Die Ermittlung eines unternehmensübergreifenden Durchschnittswertes konnte unter Verwendung der Angaben von 19 Unternehmen durchgeführt werden. Dabei mussten in

²⁰ Bruttogewicht: Summe des Gewichtes der Zuladung und des Eigengewicht des Containers

zwei Fällen zunächst die für den Nah- und Fernverkehr getrennt angegebenen Verbrauchswerte rechnerischen Verfahren unterzogen wurden, um zu einem einzigen Durchschnittswert zu kommen. Dabei floss der für den Nahverkehr charakteristische Wert im Umfang der in diesem Verkehrsbereich erbrachten Fahrleistung in die Berechnung ein. Mit demselben Verfahren wurden die Verbrauchsangaben für den Fernverkehr gewichtet. Die Verbrauchsangaben wurden anschließend mit den Fahrleistungen der jeweiligen Unternehmen aggregiert, um auf diesem Weg zunächst den unternehmensspezifischen Kraftstoffverbrauch und schließlich die von allen 19 Unternehmen benötigte Gesamtkraftstoffmenge zu erhalten.

Die in diesem Teilbereich der Befragung auswertbaren Angaben weisen eine Gesamtfahrleistung von 44,6 Mio. km aus. Nach Aussage der Unternehmensvertreter verbrauchten die betriebseigenen Lkw auf dieser Strecke insgesamt 14,2 Mio. l Diesel und emittierten gemäß dem in dieser Studie verwendeten Kalkulationswert von 2,64 kg CO₂ pro Liter Diesel insgesamt rund 37.500 t CO₂. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch pro Fahrzeug lag dabei unternehmens- und verkehrsbereichsübergreifend bei 31,8 l Diesel/ 100 km. In diesen Durchschnittswert flossen die verkehrsbereichsspezifischen Fahrleistungen ein, wodurch der Fernverkehrsanteil stärker betont wird.

Abbildung 5-3: Angaben zum durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch der unternehmenseigenen Containertransportfahrzeuge im Jahr 2002



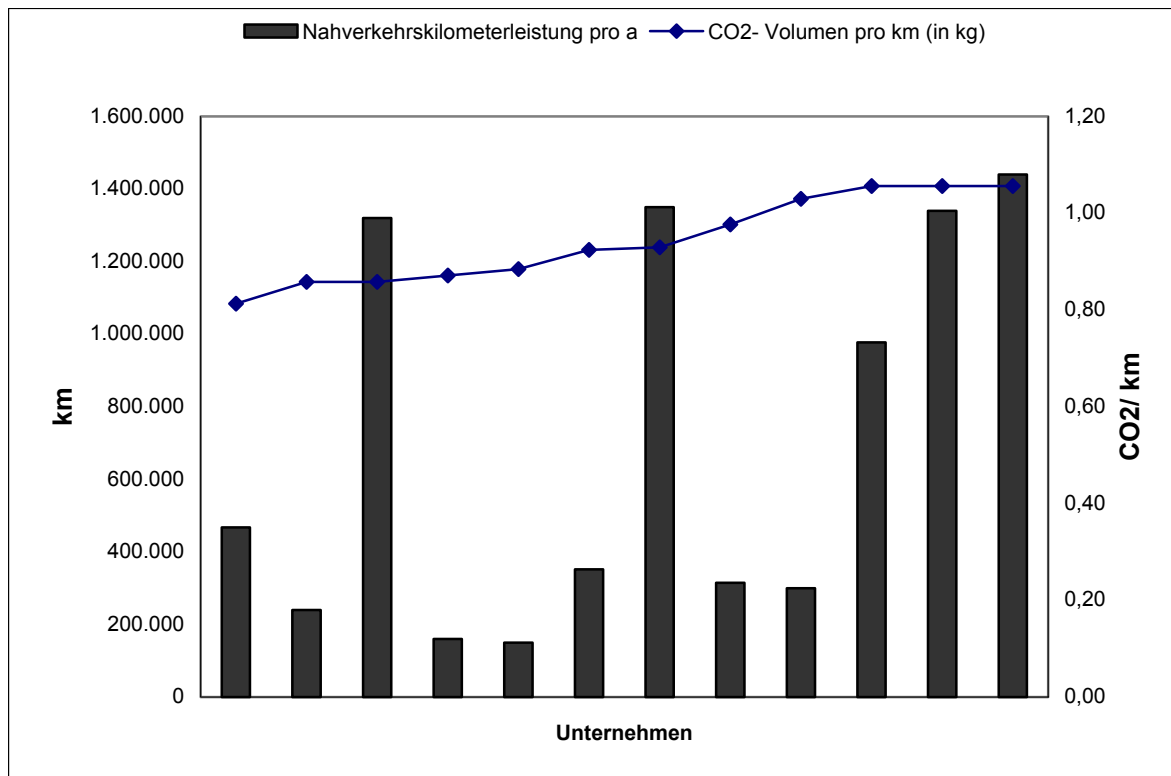
Quelle: eigene Erhebung

Differenziert man die Verbrauchswerte der 19 ausgewerteten Unternehmen für die unterschiedlichen Verkehrsarten, wie in Abbildung 5-3 dargestellt, so steht im Nahverkehr eine Gesamtfahrleistung von 8,4 Mio. km einem Gesamtkraftstoffverbrauch von 3,09 Mio. l Diesel gegenüber. Dies entspricht einem CO₂- Emissionsvolumen von etwa 8.160 t und einem Durchschnittsverbrauch von 36,7 l/ 100 km.

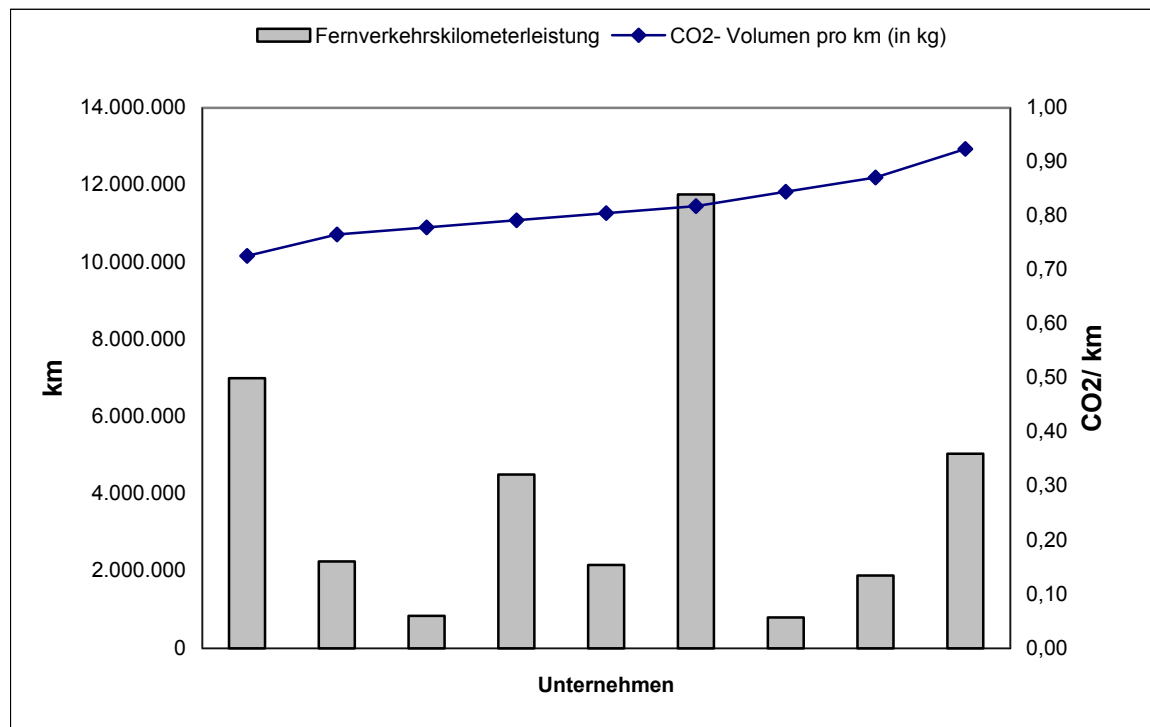
Einen wesentlich geringeren Durchschnittsverbrauch weist der Fernverkehr mit Containerfahrzeugen auf. Hier steht einer Fahrleistung von 36,2 Mio. km ein CO₂-Emissionsvolumen von rund 29.300 t und ein Gesamtkraftstoffverbrauch von 11,1 Mio. l Diesel gegenüber. Der Durchschnittsverbrauch beträgt hier somit 30,7 l/ 100 km.

Die unternehmensspezifischen Jahresfahrleistungen und die damit verbundenen CO₂-Intensitäten pro Kilometer sind, differenziert nach den Verkehrsbereichen, in den Abbildungen 5-4 und 5-5 dargestellt. Die visualisierten Daten zeigen für beide Verkehrsbereiche keinen auffälligen Zusammenhang zwischen der Jahresfahrleistung und der CO₂- Intensität pro Container. Innerhalb der Nahverkehrsunternehmensangaben schwanken die Werte zwischen 0,81 und 1,06 kg CO₂/ km erheblich, analog dazu verhalten sich die Daten für die im Fernverkehr eingesetzten Fahrzeuge die zwischen 0,73 und 0,92 kg CO₂/ km liegen.

Abbildung 5-4: Unternehmensbezogenen Jahresfahrleistung 2002 und emittierten CO₂- Volumen pro Kilometer s im Nahverkehr



Quelle: eigene Erhebung

Abbildung 5-5: Unternehmensbezogene Jahresfahrleistung 2002 und emittierte CO₂- Volumen pro Kilometer im Fernverkehr

Quelle: eigene Erhebung

5.3.5 Leerfahrten und Leercontainermanagement

Innerhalb der Experteninterviews gestaltete sich die Diskussion des betriebsinternen Leerfahrtenanteils schwierig, da zunächst definitorische Missverständnisse ausgeräumt werden mussten. Trotz intensiver Bemühungen, in den Gesprächen hinsichtlich der Leerfahrtenproblematik quantitative Erkenntnisse zu gewinnen, erlauben die erhaltenen Informationen ausschließlich Aussagen auf qualitativem Niveau. Möglicherweise wissen die meisten Unternehmen selbst nicht genau, wie viele Leerfahrtskilometer sie pro Jahr insgesamt zurücklegen.

Gemäß der Aussagen der befragten Unternehmensvertreter kann der Lkw-Containerverkehr in 4 verschiedene Fahrtzustände untergliedert werden:

- **Beladene Fahrt:** Transport eines beladenen Containers,
- **Leercontainerfahrt:** Fahrt in deren Verlauf das Fahrzeug einen Container zugeladen hat, welcher keine Waren enthält,
- **Chassisfahrt:** Fahrt eines kompletten Sattel- oder Lastzuges, der keinen Container zugeladen hat,

- **Solofahrt:** Einzelfahrt einer Sattelzugmaschine ohne Chassis.

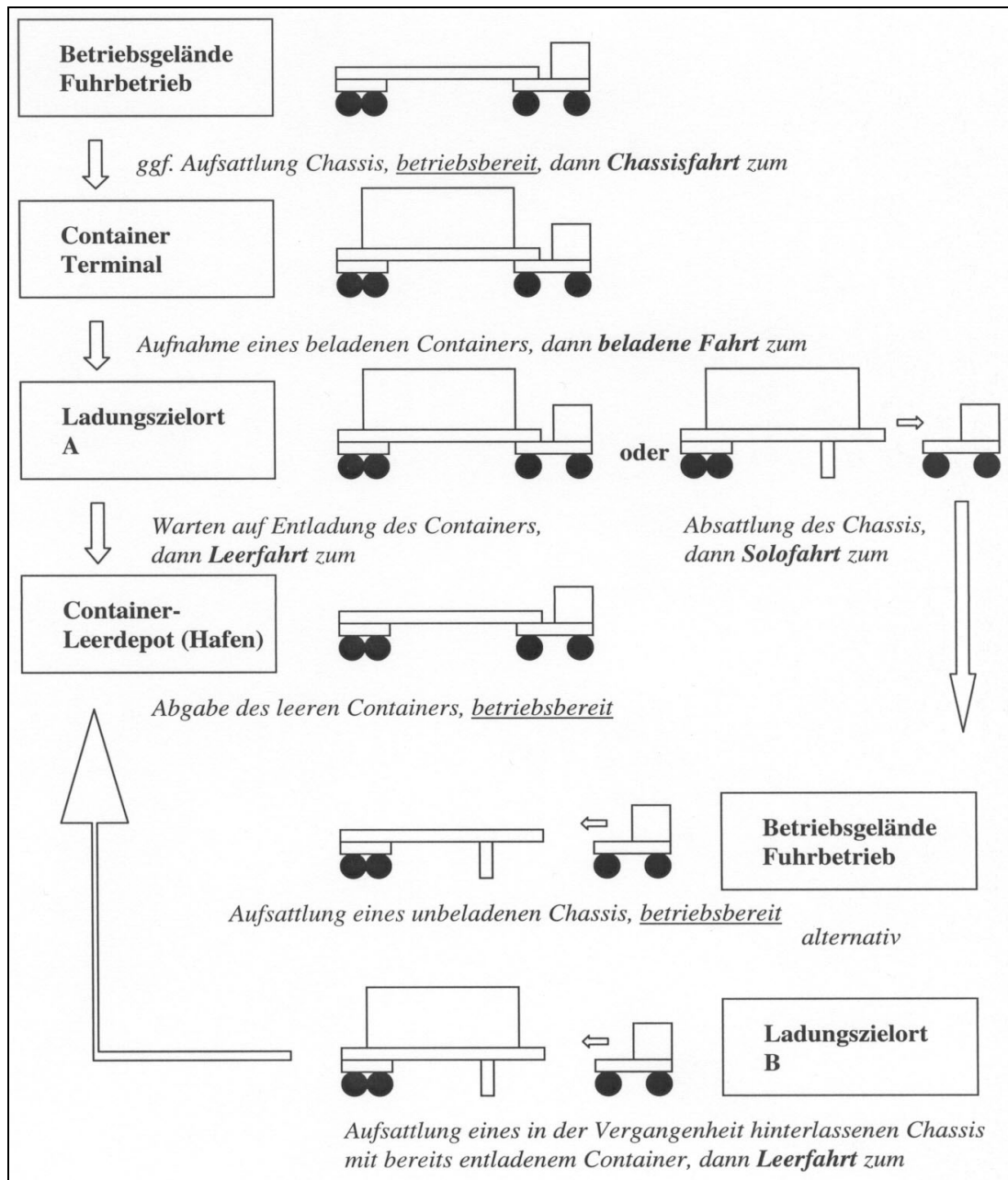
Die Betrachtung des Transportablaufes eines Import-, bzw. Export- Containers im Nahverkehr zeigt, dass Chassisfahrten und Leercontainerfahrten unvermeidbar mit der Verwendung von Containern im Lkw- Transport verbunden sind, und zwar unabhängig von der Transportrichtung der Waren. Wie in anderen Bereichen des Transportwesens, in denen Mehrwegbehälter zum Einsatz kommen, wird der Transport von Leergut von unternehmerischer und administrativer Seite nicht als Leerfahrt definiert. Die Suche nach Reduktionsmöglichkeiten der mit dem Lkw- Transport von Containern verbundenen CO₂- Emissionen schließt diesen Bereich ein und versucht hier Optimierungsmöglichkeiten zu lokalisieren.

Ein wichtiges Ziel der Disposition eines Unternehmens ist die Minimierung von Leerfahrten, in deren Verlauf das Fahrzeug sein Zuladungsvolumen nicht ausnutzt. Betrachtet man in den schematischen Darstellungen (Abbildung 5-6 und 5-7) die Anzahl und den Ablauf der Fahrten, so entstehen als Konsequenz einer beladenen Fahrt mindestens eine Chassisfahrt und eine Leercontainerfahrt. Die oben im Text erwähnte Absattung von Chassis an Ladungsquellorten und Ladungszielorten ist eine unternehmerische Strategie zur Vermeidung von Wartezeiten für die Zugmaschinen bei den Kunden im Verlauf der dort stattfindenden Be- oder Entladung der Container. Diese Vorgehensweise ermöglicht den Einsatz von Fahrzeugen in Zeiträumen, während derer die Fahrzeuge sonst nicht verfügbar wären. Die Absattung zur Be- und Entladung ist maßgeblich für die Entstehung des vierten Fahrtentyps, der Solofahrten, verantwortlich. Die Tendenz der Unternehmen, Absattlungen beim Kunden durchzuführen, sinkt bei steigender Transportdistanz. Verfolgt ein Unternehmen konsequent die Absattlungsstrategie, so entsteht als Nebenprodukt jedes beförderten Containers zu den übrigen Leerfahrten mindestens eine Solofahrt.

Eine wichtige, in den schematischen Darstellungen nicht berücksichtigte Möglichkeit der Minimierung von Leer-, Chassis- und Solofahrten liegt in der Kombination von verschiedenen Import- und Exportfrachtaufträgen.

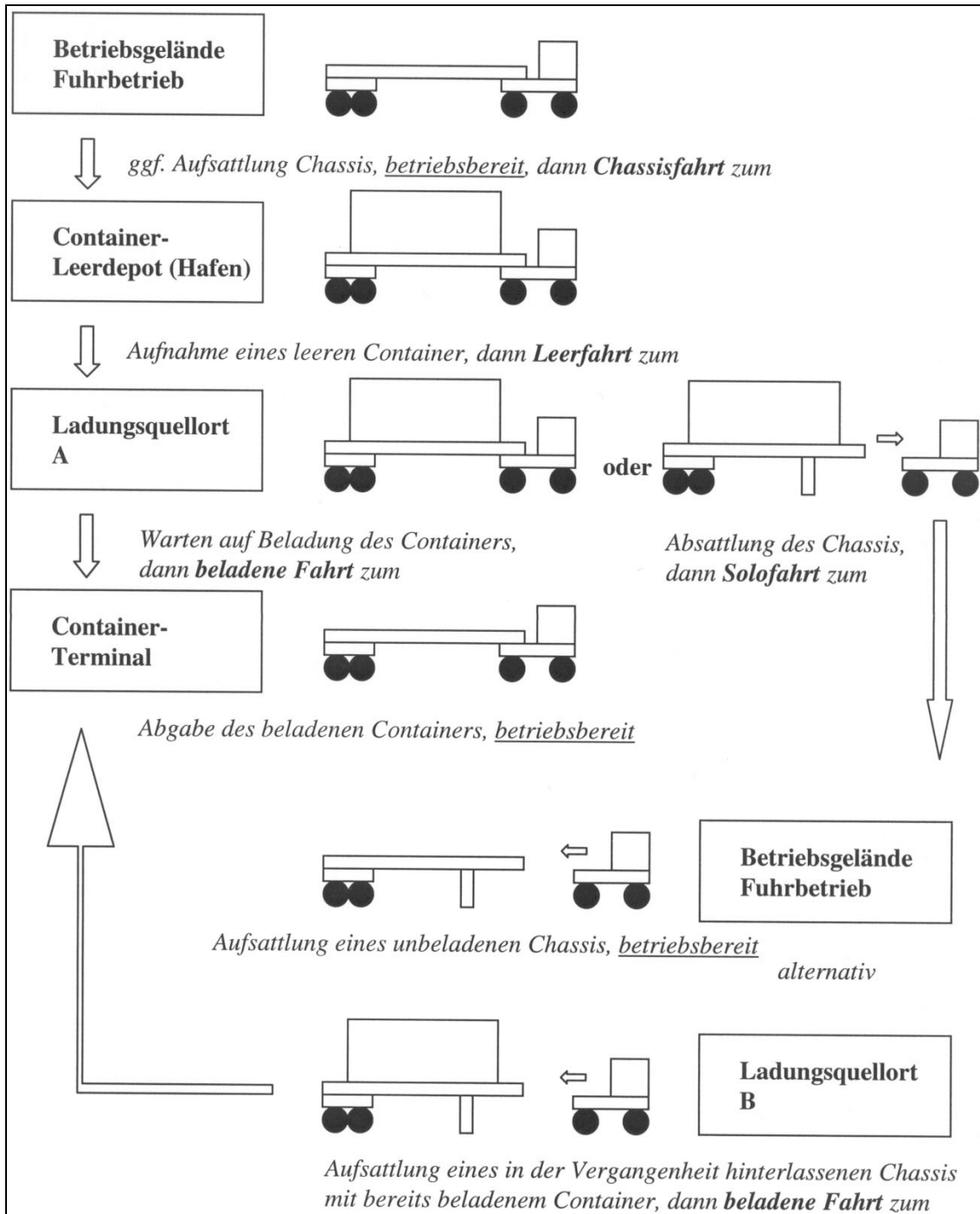
Im Bereich des Fernverkehrs ist das Absatteln von Chassis nicht üblich, d. h., Solofahrten treten hier nicht in nennenswertem Umfang auf. Die bei der Be- und Entladung der Container auftretenden Wartezeiten werden idealerweise als Teil der Ruhephasen, die dem Fahrpersonal gesetzlich vorgeschrieben sind, organisiert. Im Bereich des Fernverkehrs ist, wie im Nahverkehr auch, die Einbindung von Leerdepots in die Transportabläufe üblich. Diese liegen teilweise weit im Hinterland und werden insbesondere in jenen Fällen genutzt, wo Import- und Exportaufträge kombiniert werden.

Abbildung 5-6: Ablaufschema zum Transport eines Import-Containers im Nahverkehr mit einem Sattelzug



Quelle: eigene Bearbeitung

Abbildung 5-7: Ablaufschema zum Transport eines Export-Containers im Nahverkehr mit einem Sattelzug



Quelle: eigene Bearbeitung

Den optimalen Dispositionserfolg von Transportleistungen im Containerverkehr stellt das sogenannte „Drehen“ von Containern dar. Hierbei wird beispielsweise ein Importauftrag erledigt und anschließend ein räumlich und zeitlich gut kombinierbarer Exportauftrag mit demselben Container durchgeführt. Dabei liefert der Fahrzeugführer den Import- Container aus, wartet bis dieser entladen ist, befördert den Leercontainer zum Versender der Exportware, wartet dort die Beladung ab und bringt den Export-Container in den Hafen zurück. Diese Vorgehensweise ist mit Blick auf die Auslastungsoptimierung der Fahrzeuge und der angestrebten Minimierung von Leercontainerfahrten, natürlich auch aus monetären Aspekten, außerordentlich attraktiv. Allerdings erfordert das Drehen von Containern das Einverständnis jenes Transportbeteiligten, welcher den Container stellt. Nach Aussage der befragten Container- Fuhrunternehmen sind dies im Regelfall die Reedereien, obgleich weltweit die Hälfte der Container Leasing-Gesellschaften und lediglich ein weiteres Drittel den Reedereien gehören (GDV, 2003). Ein Unternehmer berichtete, dass es in Einzelfällen vorgekommen ist, dass die Reedereien an dem für den Transporteur auf diese Weise realisierbaren finanziellen Vorteil beteiligt werden wollten. Es kommt außerdem vor, dass Reedereien Bedarf an Leercontainern in den durch sie betriebenen Hinterlanddepots haben und deshalb aus eigenen Optimierungsüberlegungen heraus, dem Drehen nicht zustimmen.

Ein von Seiten der Reeder bis auf Ausnahmefälle untersagtes Verfahren zur Auslastungsoptimierung, ist die Nutzung von Leercontainern als Stückgutfrachtraum. Die Transporteure erweitern bei diesem Verfahren, ohne Wissen der Containereigner, die Auftragsakquisition zur Effizienzsteigerung für die Auslastung der Lkw auf Stückgutfrachtaufträge. Die Waren werden direkt in die leeren Container zugeladen. Das unternehmensfremde Transportbehältnis dient in diesem Fall dem funktionalen Wandel des Fahrzeuges vom Wechselbehälter- zum Stückgutfrachtfahrzeug.

Im Verlauf der Unternehmensbefragungen gaben 5 Unternehmen an, über die reine Transportleistung hinaus, in verschieden großem Umfang, Dienstleistungen im Bereich der Lagerei, des Umschlags und der Be-, bzw. Entladung von Containern anzubieten. Diese Erweiterung des Leistungsspektrums, so gaben 4 dieser Unternehmen an, wirkt sich signifikant auf den Leerfahrtenanteil und die Fahrzeugauslastung aus. Einer der Befragten gab an, dass im Einvernehmen mit einem Kunden, Container auf dem Betriebsgelände entladen und die Ware als Stückgut, dann oft kombiniert mit anderen Stückgut- Frachtaufträgen, an den Kunden ausgeliefert wird und so dispositiverische Vorteile erzielt werden können.

Im Nahverkehr sprechen die Frachtführer nicht von Leerfahrten, wenn leere Container transportiert werden, denn sie interessieren sich weniger für den Beladungszustand der Container, als viel mehr für die Frage, ob die zu erbringenden Fahrleistungen durch die Kunden vergütet werden oder nicht. Da in diesem Bereich im Normalfall

Rundlaufpreise gezahlt werden und die zeitliche Verfügbarkeit der Fahrzeuge bereits durch die beschriebene Absatzstrategie erhöht wurde, ist der betriebsbedingte Druck zur weiteren Optimierung trotz der angespannten Ertragslage verhältnismäßig schwach ausgeprägt.

Ein Sonderfall der Leercontainer- Beförderung ist die Durchführung von Umfuhren zwischen den einzelnen Containerterminals, teilweise sogar zwischen verschiedenen Häfen. Umfuhren werden u. a. durch Reedereien beauftragt, um kurzfristig freie Stellplätze auf einem bereits in einem Hafen befindlichen Schiff zu bestücken.

Der Fernverkehr bietet nur in seltenen Ausnahmefällen Optimierungsmöglichkeiten durch das Absatteln. Hier sind die Verfügbarkeit von Hinterland- Leerdepots, die Kombination von Frachtaufträgen und die unternehmensübergreifende Kooperation die wichtigsten Strategien zur Minimierung des Leerfahrtenanteils und zur Optimierung des CO₂- Emissionsvolumens.

Um die Bedeutung der Containerleerdepots für den Ablauf der gesamten Transportkette im Container- Hinterlandtransport zu klären, wurden in den Expertengesprächen qualitative Aussagen zum Leercontainermanagement gesammelt.

In der Betrachtung von Leerdepots wird, entsprechend den Expertengesprächen, zwischen den Hinterlanddepots und den hafennahen Leerdepots unterschieden. Die Struktur des Leerdepotbetriebs hat nach Aussage aller Befragten in den letzten Jahren einen tiefgreifenden Wandel durchlaufen. In der Vergangenheit wurde die Mehrzahl der Hinterlanddepots von den Containerschiffs- Reedereien betrieben. Dies führte dazu, dass vorzugsweise reedereieigene Container in den jeweiligen Leerdepots vorgehalten und angenommen wurden. Heute wird eine große Zahl der Hinterlanddepots von reedereiunabhängigen Gesellschaften oder in Kooperation verschiedener Reedereien betrieben, wodurch die reedereiegebundene Akzeptanz von Containern aufgebrochen wurde. Die Förderung und Ausweitung des Kombinierten Verkehrs hat darüber hinaus eine große Zahl von Hinterlanddepots an den KV- Terminals entstehen lassen, die von den KV- Unternehmen betrieben werden und den Straßentransporteurs zur Verfügung stehen.

Eine Reihe von hafennahen Leerdepots waren in der Vergangenheit unter der Regie der Betreibergesellschaften der Terminals. Sie arbeiten zumeist reedereiübergreifend. Im Verlauf der letzten Jahre sind viele private Betreibergesellschaften in den Depotbetrieb eingestiegen, die ebenfalls reedereiübergreifend tätig sind.

Eine Konstante im Leerdepotmanagement ist jedoch die Tatsache, dass die Container-eigentümer nach wie vor bestimmen, welcher Container aus welchem Leerdepot für die Abwicklung eines bestimmten Transportauftrages verwendet wird.

Die regelmäßige Nutzung von Containerleerdepots im Hinterland wurde von 7 Unternehmen bestätigt, 3 Fernverkehrsanbieter und 1 Unternehmen im Nahverkehr verfügen über eigene Leerdepos im Hinterland bzw. in Hafennähe.

Die nahe dem Hamburger Hafen gelegenen Leerdepos werden von allen Unternehmen angefahren. Die von den 20 befragten Unternehmensvertretern vorgebrachten Hauptkritikpunkte an der Art und Weise wie Leerdepos betrieben werden sind in Tabelle 5-2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5-2: Hauptkritikpunkte der befragten Transportunternehmer hinsichtlich des Managements der Container- Leerdepos; Mehrfachnennungen waren möglich

| Hauptkritikpunkte am Leerdepotbetrieb | absolut | in % |
|---|---------|------|
| Limitierung der Öffnungszeiten | 7 | 35 |
| ungünstige Lage/ Verkehrsanbindung | 6 | 30 |
| lange Abfertigungsdauer/ Wartezeiten | 6 | 30 |
| mangelnde eignerübergreifende Kooperation | 3 | 15 |
| schlechter Service | 2 | 10 |
| mangelhafte Kommunikation | 2 | 10 |
| unzureichendes Umschlagsgerät | 2 | 10 |
| schlechter Geländezustand | 1 | 5 |
| Bevorzugung bestimmter Unternehmen | 1 | 5 |

Quelle: eigene Erhebung

Die Öffnungszeiten der Leerdepos sind, mit Ausnahme der auf dem Gelände der Terminalbetriebe befindlichen Betriebe, nicht mit den Öffnungszeiten der Containerterminals im Hamburger Hafen und den Ladezeiten bei den Empfängern und Versendern von Containern im Hinterland koordiniert.

Die Entwicklungen der Aufwertung von Hafenflächen hat dazu geführt, dass viele Leerdepos mit ihren flächenintensiven Standortanforderungen aus dem Hafengebiet in umliegende Bereiche umgezogen sind bzw. Betriebsneugründungen nicht innerhalb des Hafenkerngebietes vollzogen wurden. Die dadurch entstehende Vergrößerung der räumlichen Distanz zwischen den Hafenterminals und den Leerdepos erhöht die Fahrleistungen der Transportfahrzeuge und ist zeitaufwändig. Mehrfach wurde in den Gesprächen auf das besonders negative Beispiel der Eröffnung eines Leerdepos rund 20 km südlich des Hafens hingewiesen.

30% der befragten Unternehmer kritisieren die Abfertigungsdauer. Als Hauptgrund wird das permanente Wachstum der Umschlagszahlen, verbunden mit einer unzureichenden

Anpassung des Personals, genannt. In die gleiche Richtung weist die Unzufriedenheit der Transporteure mit der Ausstattung der Leerdepots mit Umschlagsgerätschaften, was 2 Interviewpartner besonders herausstellten.

Verbunden mit dem Stichwort der mangelnden reedereiübergreifenden Kooperation mahnen 3 Unternehmen die vollständige Lösung des Leerdepotmanagements von den Vorgaben der Containereigner an.

Allgemeine Unzufriedenheit mit dem Service der Leerdepots, veraltete Umschlagsgeräte und Kommunikationsdefizite, einerseits zwischen den Reedereien und den Leerdepots, andererseits aber auch in der erweiterten Koordination des Leercontainermanagements mit den Fuhrunternehmen, wurden jeweils von 10% der befragten Unternehmen festgestellt.

Die mangelhafte Ausstattung der Leerdepots mit Personal und Umschlagsgerät ist nach Auffassung der Frachtführer das Ergebnis einer unzureichenden Ausstattung mit Kapital. Dies schlägt sich laut Aussage eines Befragten auch im Geländezustand mehrerer Leerdepots nieder, welcher die Ursache eines erhöhten Fahrzeugverschleißes der Lkw ist.

Die nicht vorhandene Gleichbehandlung aller Kunden, sondern spürbare Bevorzugung bestimmter Fuhrunternehmen bei der Bereitstellung von Leercontainern, wird von einem Unternehmer als besonders negativ empfunden.

Die Fuhrunternehmer erkennen an, dass trotz aller vorgebrachten Kritik an den Betreibern der Leerdepots, auch diese Betriebe, in einem von ihnen nur bedingt beeinflussbaren Spannungsfeld stehen. Die Mehrheit der Depotbetreiber sind nach Auffassung der Frachtführer, dem ihnen nicht unbekanntem, äußeren Kostendruck durch Kunden und Kooperationspartner in der Transportkette ausgesetzt, den sie praktisch nicht beeinflussen können.

5.4 *Empirische Befunde und Darstellung von Optimierungsmaßnahmen und –potenzialen von CO₂-Emissionen im Straßentransport von Containern*

Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Treibstoff- und CO₂- Emissionseffizienz der Unternehmen wurde in Relation mit der zur Erbringung der Transportdienstleistungen eingesetzten Kraftstoffmenge analysiert.

Die Diskussion hinsichtlich des Einsatzes von Maßnahmen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen behandelte jeweils zwei Schwerpunkte:

- den Einsatz ausgewählter technischer Maßnahmen zur Senkung des Treibstoffverbrauches auf einer gegebenen Transportstrecke bzw. der Kraftstoffsubstitution mit dem Ziel der CO₂- Emissionsminderung,

- die organisatorische Optimierung der Transportabwicklung und somit die Reduzierung der gefahrenen Strecke an sich.

5.4.1 CO₂- Emissionsreduktion durch Maßnahmen im Fahrbetrieb

Die Befragungsergebnisse zu den in der Unternehmensstichprobe eingesetzten Maßnahmen zur fahrbetriebstechnischen Optimierung liefert die Tabelle 5-3.

Tabelle 5-3: Maßnahmen zur fahrbetriebstechnischen Kraftstoffverbrauchsoptimierung
Stand der Implementierung, Hamburg, 2003

| Optimierungsmaßnahmen im Fahrbetrieb | Stand der Implementierung | | |
|---|---------------------------|-----------|------|
| | ja, alle | teilweise | nein |
| Fahrschulung zu verbrauchsarmer Fahrweise | 25 | 5 | 70 |
| Fahrzeuginterne Anzeige des Kraftstoffverbrauch | 5 | 35 | 60 |
| Verbrauchsstatistik für eigene Lkw | 100 | 0 | 0 |
| außerplanmäßige Wartungen der Fahrzeugflotte | 5 | 0 | 95 |
| Verwendung rollwiderstandsarmer Reifen | 0 | 10 | 90 |
| Einsatz von Dachspoilern auf den motorisierten Fahrzeugen | 80 | 5 | 15 |
| Verwendung von Biodiesel | 5 | 10 | 85 |

Quelle: eigene Erhebung

In Bezug auf die Durchführung von Fahrerschulungen mit dem Ziel einer verbrauchsoptimierten Fahrweise können verschiedene Herangehensweisen unterschieden werden. Zum einen bieten eine Reihe von Herstellern Fahrertraining an, des weiteren gibt es die Möglichkeit Fahrer in übergeordneten Institutionen des Straßenverkehrswesens schulen zu lassen und schließlich führen verschiedene Unternehmen auch betriebsinterne Schulungsmaßnahmen durch. In einem Unternehmen wird ein Multiplikatorenverfahren praktiziert, bei dem Teile des Fahrpersonals zu Schulungen entsandt werden und das dort gewonnene Wissen an die anderen Fahrer weitergeben. Das potenzielle Einsparungspotenzial von Schulungsmaßnahmen wurde von 2 Gesprächspartnern quantifiziert. Der von diesen angegebene Schätzwert für die Treibstoffeinsparung lag bei 5% des Normalverbrauches, also bei geschätzten 1,6 Litern Diesel bzw. 4,2 kg CO₂/ 100 km. Die Mehrzahl der befragten Unternehmer gab an, dass der unmittelbare Erfolg von Schulungsmaßnahmen stets sichtbar wird, der Effekt ohne ständige Kontrolle und Nachbereitungen jedoch schnell abnimmt. Eine Gegenmaßnahme zu der beschriebenen Entwicklung ist der Einbau von fahrzeuggestützten Verbrauchsmessgeräten, die auch als Onboard- Monitoring- Geräte bezeichnet werden (s.u.). Ein Befragter kritisierte, dass bei den Schulungen nur Teststrecken befahren werden, auf denen durch das Schulungspersonal Verbrauchswerte

realisiert würden, die praxisfern erscheinen. Die Hersteller von Nutzfahrzeugen bieten beim Kauf von Neufahrzeugen eine kurze Einführung und ein angeleitetes Einfahren der Fahrzeuge bei der Übergabe an, dass von mehreren Unternehmen in Anspruch genommen wird.

In allen Betrieben üblich ist das fahrzeugbezogene Monitoring des Gesamtkraftstoffverbrauchs aller betriebseigenen Fahrzeuge, welches die Erhebung der in dieser Ausarbeitung wiedergegebenen Angaben zu den Kraftstoffverbrauchswerten erst möglich machte. Da die große Mehrheit der Unternehmen die Kraftstoffversorgung ihrer Fahrzeuge mit Vertragspartnern auf Rechnungsbasis betreibt, oder über betriebseigene Tankstellen verfügt, erfordert die Nutzung der durch diese Verfahrensweise vorhandenen fahrzeugspezifischen Kraftstoffverbrauchsdaten für die Unternehmen keinen gesonderten organisatorischen Aufwand. Einen Einsparungseffekt dieser Maßnahme konnten die Unternehmen nicht quantifizieren. Sehr große Abweichungen außerhalb des betriebsspezifisch bekannten Toleranzbereiches werden nach Aussage von 2 Gesprächspartnern sanktioniert, d.h. die individuell zugeordneten Kraftstoffverbräuche fließen z.B. bei Lohnverhandlungen mit dem Fahrpersonal ein.

Fahrzeuginterne Messinstrumente zur permanenten Anzeige des momentanen Kraftstoffverbrauches konnte nur ein Unternehmen für die gesamte Flotte vorweisen. In 7 weiteren Unternehmen verfügten lediglich einzelne Fahrzeuge über dieses technische Merkmal. Ein genaues Verbrauchsreduktionspotenzial konnte auf Nachfrage nicht genannt werden. Alle 8 betroffenen Unternehmen sind jedoch von einem Reduktionseffekt überzeugt. Das komplett mit Onboard-Monitoring Instrumenten zum Kraftstoffverbrauch ausgestattete Unternehmen wies mit 30,5 l Diesel/100 km einen für den Fernverkehr leicht unterdurchschnittlichen Verbrauch aus, dessen Wert innerhalb der Angaben aller im Fernverkehr tätigen Unternehmen bei 30,8 l Diesel/ 100 km lag.

Einen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch eines Lkw hat der Wartungszustand des Fahrzeuges. Wichtige Faktoren sind dabei unter anderem die richtige Einstellung des Motors, die ausreichende Ausstattung mit Schmierstoffen und der rechtzeitige Austausch von Verschleißteilen. Daher wurde im Verlauf der Expertengespräche versucht die Wartungsgewohnheiten der Unternehmen zu bestimmen. Die überwiegende Mehrheit der Unternehmen hält sich strikt an die von den Fahrzeugherstellern vorgegebenen Wartungsintervalle, da ausnahmslos alle Unternehmen ihre Fahrzeuge in Kombination mit Wartungsverträgen, entweder mit sogenannten „freien“ Werkstätten, also herstellerübergreifend tätigen Betrieben, oder den Herstellern betreiben. Lediglich 1 Unternehmen gab an, die Herstellervorgaben nicht als Basis für die Wartungsintervalle anzuwenden. Der Anlass hierfür ist das mit 6,5 Jahren sehr hohe Durchschnittsalter der betriebseigenen Fahrzeuge und die somit nicht mehr an die werksseitig vorgegebenen Wartungsintervalle gebundenen Haftungsbestimmungen. Ein auffällig erhöhter Kraftstoffverbrauch wird nur in einem Unternehmen als Grund für außerplanmäßige Wartungen genannt, da die Fahrzeuge in

Zeiten der Wartung und Reparatur nicht eingesetzt werden können und die Kosten für Wartungsarbeiten so gering wie möglich gehalten werden. Bei jüngeren Fahrzeugen existieren teilweise keine festen Wartungsintervalle, da hier die Bordelektronik entscheidet wann gewartet werden muss und dies dem Fahrer über fahrzeuginterne Instrumente anzeigt. In einem Unternehmen werden zusätzlich zu den vorgegebenen Intervallen Inspektionen durchgeführt. Grund hierfür ist eine spezielle Übereinkunft mit dem Fahrzeughersteller in Bezug auf die Herstellergarantie, welche aufgrund der exklusiven Verwendung von Biodiesel in den betreffenden Fahrzeugen getroffen wurde.

Rollwiderstandsreduzierte Bereifung gilt als ein branchenübergreifend einsetzbares, und verkehrsbereichsübergreifendes Mittel, um den Treibstoffverbrauch von Lkw zu reduzieren. Innerhalb der Stichprobe gaben trotzdem nur 2 Unternehmen an, rollwiderstandsarme Reifen zu verwenden, wobei nicht die gesamte Flotte, sondern nur Teile davon mit dieser Bereifung ausgestattet waren. Die Mehrzahl der Unternehmen nannte die höheren Anschaffungskosten als Grund für den Nichteinsatz. Ein Unternehmer mit Tätigkeiten im Nahverkehr wies außerdem darauf hin, dass die rollwiderstandsarmen Reifen nicht die gleiche Robustheit für die in diesem Verkehrsbereich häufiger vorkommenden Rangiertätigkeiten aufweisen, wie vergleichbare Standardbereifung. Ein weiteres Problem nannte ein Befragungsteilnehmer, der den sinnvollen Einsatz dieses Kraftstoffverbrauchs-Optimierungsinstrumentes nur gewährleisten sähe, wenn auch alle Chassis mit der Technologie ausgerüstet wären, was aus Kostenüberlegungen heraus nicht der Fall sei. Der Nahverkehr bietet in dieser Hinsicht aufgrund der Verwendung verschiedener Chassis im Verlauf eines Tages das größte Problem. Im Fernverkehr würde dieser technische Ansatz seiner Meinung nach nur auf extremen Langstrecken Sinn machen, bei denen das Fahrzeug über weite Strecken im idealen, verbrauchsarmen Geschwindigkeitsbereich bewegt wird. Zwei Gesprächspartner waren bereit quantitative Einschätzungen zum realisierbaren Kraftstoffeinsparungspotenzial unter der Verwendung von rollwiderstandsreduzierten Reifen zu nennen, sie gaben zwischen 3% und 5% als erwartetes Einsparungspotenzial an. Ein Interviewpartner testete rollwiderstandreduzierte Bereifung in seinem Unternehmen an einem Fahrzeug ohne nennenswerte Einsparungseffekte realisiert zu haben und erklärte daher auf deren Einsatz zukünftig verzichten zu wollen.

Der Windwiderstand eines Lkw, der mit einem Container beladen ist, lässt sich im Normalfall durch die Verwendung eines Dachspoilers, welcher auf einer Sattelzugmaschine, bzw. auf einem Lkw montiert ist, senken, was den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges positiv beeinflusst. Unbeladene Fahrzeuge jedoch steigern ihren Windwiderstand, wenn Dachspoiler eingesetzt werden. 80% aller Transportunternehmen in der Stichprobe rüsten ihre Fahrzeuge mit Dachspoilern aus. Zwei der drei befragten Unternehmen, welche die Einsatz von Dachspoilern verneinten, verwenden Fahrerhäuser, welche bereits mit Hochdächern ausgestattet sind, mit deren

Hilfe der gleiche Effekt erzielt wird. Ein Unternehmen verzichtet auf Ausstattungsdetails zur Reduzierung des Windwiderstandes der Fahrzeuge. Die von 4 Befragten geäußerten Erwartungen hinsichtlich der möglichen Treibstoffeinsparung gingen bei den Befragten weit auseinander, der Mittelwert ihrer Angaben lag bei rund 10%.

Die ausschließliche Verwendung von Biodiesel als Ersatz für herkömmlichen Dieselmotorkraftstoff im Lkw- Containerverkehr konnte nur bei einem im Nahverkehr tätigen Unternehmen bestätigt werden. Zwei weitere Unternehmen gaben an, bei Teilen ihrer Fahrzeugflotte bzw. einem unbestimmten Anteil der Fahrzeugbetankungen Biodiesel zu verwenden. Die überwiegende Mehrheit der interviewten Unternehmen, genauer gesagt 85%, verneinten die Verwendung von Biodiesel. Die Hauptgründe, welche zur Meidung von Biodiesel führen, sind die mangelnde technische Verträglichkeit durch die Fahrzeugmotoren, insbesondere bei älteren Fahrzeugen, die Weigerung der Fahrzeughersteller Werksgarantien bei der Verwendung des alternativen Kraftstoffes aufrecht zu erhalten, der erhöhte Verbrauch an Kraftstoff, die leicht verminderte Motorleistung und schließlich der erwartete erhöhte Verbrauch von Motorschmierstoffen. Diese unternehmerischen Vorbehalte gegenüber dem momentan wichtigsten alternativen Kraftstoff im Lastkraftverkehr wurden mit dem ausschließlich Biodiesel verwendenden Unternehmen intensiv diskutiert. Der Kraftstoffverbrauch liegt hier mit 40 l/ 100 km mehr als 3 Liter über dem Durchschnittswert der Stichprobe. Die verkürzte Lebensdauer der Motorschmierstoffe wurde bestätigt. Ihr wird mit verkürzten Austauschintervallen Rechnung getragen, welche gleichzeitig Teil einer Sondervereinbarung sind, die vom Hersteller zur Bedingung der Aufrechterhaltung der technischen Werksgarantie gemacht wurde. Die Einbußen im Bereich der Motorleistung wurden bestätigt, sind aber nach Aussage des verantwortlichen Geschäftsführers im alltäglichen Betrieb nicht von Bedeutung. Eine umfangreiche Kostenkalkulation wurde vor der Einführung des alternativen Kraftstoffes durchgeführt und lieferte ein positives Ergebnis, welches sich im alltäglichen Betrieb bislang bestätigt hat.

Im Zusammenhang mit der Betrachtung der Kraftstoffverbrauchsreduzierung auf einer bestimmten Fahrstrecke muss ein generell die Bedeutung der Treibstoffeffizienz limitierendes Element (ökonomische Implementierungsbarriere), welches von einem Unternehmer mit der Formel „Auftragserledigung vor Treibstoffeffizienz“ zusammengefasst wurde, berücksichtigt werden. Insbesondere im Nahverkehr fährt ein Container-Lkw nur unter Bewältigung einer bestimmten, je nach Betrieb variierenden, Zahl von sogenannten Umläufen, d.h. Anzahl von erledigten Aufträgen, kostendeckend. Gerade bei den kurzen Fahrstrecken in diesem Verkehrsbereich tritt ein möglicher Mehraufwand im Kraftstoffverbrauch daher in den Hintergrund, wenn durch kraftstoffintensive Fahrweise zusätzliche Aufträge bewältigt werden können.

5.4.2 CO₂- Emissionsreduktion durch Maßnahmen in der Transportorganisation

Maßnahmen zur Optimierung der Transportorganisation dienen zur Verringerung der für bestimmte Transporte notwendigen Fahrstrecke, der allgemeinen Verbesserung der Informationslage bei der Ausführung von Transportdienstleistungen, der Flexibilisierung des vorzuhaltenden Fuhrparks und der optimierten Auslastung der eingesetzten Fahrzeuge.

Tabelle 5-4: Maßnahmen zur transportorganisatorischen Optimierung des Fahrbetriebs
Stand der Implementierung, Hamburg, 2003

| Optimierungsmaßnahmen in der Transportorganisation | Stand der Implementierung | | |
|--|---------------------------|-----------|------|
| | Ja | teilweise | nein |
| Halbautomatisches Dispositionssystem im Betrieb | 25 | 0 | 75 |
| Routenplanungssoftware im Betrieb | 45 | 0 | 55 |
| Onboard Navigationssystem in den Fahrzeugen | 0 | 10 | 90 |
| Bordfunk in den Fahrzeugen | 65 | 0 | 35 |
| Mobiltelefon in den Fahrzeugen | 80 | 0 | 20 |
| Ladungsbündelung | 100 | 0 | 0 |
| Einsatz von Subunternehmern | 80 | 0 | 20 |
| Koordinierte Auftragsabwicklung mit "befreundeten" Unternehmen | 90 | 0 | 10 |

Quelle: eigene Erhebung

In allen befragten Unternehmen werden die Fahrten der eigenen Fahrzeuge und, bis auf wenige Ausnahmen, auch Fahrten unternehmensfremder Fahrzeuge disponiert, d. h., die Organisation der einzelnen Fahrzeuge und der Fahraufträge vorgenommen. Die erfolgreiche Tätigkeit eines Disponenten erfordert laut Auskunft der befragten Gesprächspartner eine gute Orts- und Streckenkenntnis sowie Erfahrung. Die Qualität der Disposition ist nach übereinstimmender Auskunft der besagten Unternehmensvertreter ein entscheidendes Kriterium für den unternehmerischen Erfolg im Lkw- Frachtverkehr, da hier Leerfahrtenanteil, Beladung und Fahrstrecke maßgeblich beeinflusst werden. Die Disponenten greifen zur Sicherstellung einer effizienten Planung auf verschiedene Kommunikationsmittel und Planungsinstrumente zurück. Maßnahmen zur transportorganisatorischen Optimierung beschränken sich nicht auf die Disposition, sie betreffen darüber hinaus die Organisation des zu bewältigenden Transportaufkommens hinsichtlich der Vorhaltung eines bestimmten Fuhrparks und der Kooperation mit anderen Unternehmen.

Halbautomatische Dispositionssysteme können ein wirkungsvolles Hilfsmittel im Planungsalltag der Disponenten sein. Der erste notwendige Arbeitsschritt bei der

Verwendung solcher Systeme ist die manuelle Dateneingabe der Fahraufträge in ein IT-System. Das Programm erfasst je nach Hersteller eine unterschiedliche Anzahl von Parametern zur Erledigung des Transportauftrages und sortiert die Frachtaufträge anhand der vom Disponenten gewünschten Kriterien vor. Die Übermittlung der Auftragsdaten an die Fahrzeugführer erfolgt durch die Disponenten, die vorgeschlagene Reihenfolge kann daher von den Disponenten jederzeit geändert werden. Der wesentliche Unterschied zu vollautomatischen Dispositionssystemen liegt darin, dass der Disponent stets die Möglichkeit hat, Abfolgen bei der Auftragsbearbeitung zu beeinflussen. Er kann also jederzeit den durch das System vorgegebenen Ablauf an das aktuelle Tagesgeschehen anpassen. Vollautomatische Systeme gehen hier einen Schritt weiter, sie übernehmen zusätzlich die Weiterleitung der Dispositionsdaten an die Fahrzeuge. Im Verlauf der Befragung war das häufigste Argument gegen die Einführung von IT- basierten Hilfsmitteln, dass die Anpassungsfähigkeit an aktuelle Tagesereignisse nicht automatisierbar sei und daher der Dispositionsaufwand manuell erledigt werden müsse. Dieses Problem wird von den Interviewpartnern vor allem im Bereich des Nahverkehrs gesehen. Dieser Einwand und ein innerhalb der Branche wahrnehmbarer Vorbehalt gegen technische Innovationen im Bereich der Transportorganisation bilden sich in den Aussagen von 15 Gesprächspartnern ab, die sämtlich keine halbautomatischen Systeme in diesem Bereich verwenden. Den vorgebrachten Beanstandungen zum Trotz verwenden 25% der Betriebe ein solches System. Ein Unternehmer, welcher in Kooperation mit einer Firma aus dem Bereich der Softwareentwicklung ein auf die Bedürfnisse seines Unternehmens zugeschnittenes halbautomatisches Dispositionsprogramm entwickelt hat, merkte an, dass nach der Einführungsphase des Programms ein Beschäftigter im Bereich der Disposition/ Rechnungserstellung freigestellt werden konnte, in den anderen Betrieben hatte die Einführung keinen Einfluss auf die Belegschaftsstruktur.

Deutlich stärkere Verbreitung im Bereich der Unternehmen des Straßen-Containertransportes haben IT- gestützte Touren- und Routenplanungsprogramme, die in 45% der befragten Unternehmen verwendet werden. In den Betrieben werden diese Programme zur Routenfindung und der Entfernungsermittlung für Fahraufträge eingesetzt. Dabei erleichtern sie den Disponenten die Preiskalkulation für die ihnen unbekanntes Strecken und tragen zur Optimierung der Planungen hinsichtlich der Fahrtrouten bei. Einige Programme bieten darüber hinaus die Möglichkeit die entworfenen Streckenpläne auszudrucken. Diese ausgewählten Programmfunktionen lassen schon erahnen, wo der Einsatz solcher Programme sinnvoll ist: Einerseits findet man sie hauptsächlich in Unternehmen mit der unternehmerischen Ausrichtung auf Fernverkehre, unter den 9 Unternehmen, welche die Verwendung einer Touren- und Routenplanungssoftware bejahten, befand sich nur 1 auf Nahverkehr spezialisiertes Unternehmen. Andererseits sind sie vor allem für Unternehmen mit wechselhaften Transportdestinationen interessant.

Teilfunktionen einer betriebsinternen Software zum Zweck der Routenoptimierung können in die Fahrzeuge ausgelagert werden, indem Navigationssysteme in die Fahrzeuge eingebaut werden. 10% aller befragten Unternehmen haben Teile ihrer Fahrzeugflotte mit einem solchen System ausgestattet. Insgesamt sind Onboard Navigationssysteme in 28 Fahrzeugen installiert, was einem prozentualen Anteil von etwa 7% entspricht. Die Befragten konnten hinsichtlich eines durch verbesserte Routenplanung möglichen Strecken- und somit letztendlich Kraftstoffeinsparungspotenzials durch die Verwendung von Onboard Navigationssystemen keine Angaben machen. Ein Unternehmer gab in diesem Zusammenhang an, dass die Systeme zwar installiert sind, von den Fahrern aber aus ihm unbekanntem Gründen nicht genutzt werden.

Ein außerordentlich wichtiger Faktor der effizienten Disposition der Transportfahrzeuge ist die Kommunikation mit den einzelnen Fahrern. In vorangegangenen Ausführungen dieser Untersuchung wurden die im Tagesgeschäft üblichen, teilweise überraschenden Veränderungen bereits einleitend diskutiert. Die große Bedeutung einer funktionierenden Kommunikation besteht in ihrer Doppelausrichtung. Sie ist für den flexiblen Einsatz der Fahrzeuge durch Ansprache der Fahrer unentbehrlich. Außerdem ermöglichen die Rückmeldungen der Fahrer den Disponenten flexible Reaktionen, z.B. auf Verkehrssituationen oder Wartezeiten an bestimmten Übergabepunkten innerhalb der Container-Transportkette.

Innerhalb der Stichprobe verwenden 13 Unternehmen Bordfunkanlagen zur Kommunikation mit ihren Fahrzeugen. Mit einer Ausnahme handelt es sich hierbei um dieselben Unternehmen, welche Transporttätigkeiten im Nahverkehr bestätigen konnten. Die von ihnen genannten Gründe zur Verwendung von Betriebsfunkgeräten sind einerseits die im Vergleich zu alternativen Kommunikationsmitteln geringeren Kosten bei der Anschaffung und im Betrieb der Geräte, die u.a. in der begrenzten Reichweite des Systems begründet sind, und andererseits in der Möglichkeit der Gruppenkommunikation, durch welche z.B. die Auskunft eines Fahrers zu Verkehrsengepässen oder Wartezeiten gleichzeitig von allen anderen Fahrern des Unternehmens mitgehört werden kann. Eines der an der Befragung teilnehmenden Unternehmen hat die unternehmenseigene Betriebsfunkanlage mit einer Funktion zum bidirektionalen Verkehr von Textnachrichten aufgerüstet.

Die 10 im Fernverkehr tätigen Unternehmer gaben ohne Ausnahme die Verwendung von Mobiltelefonen als Kommunikationsmittel an. Bei den 6 Nahverkehrsanbietern, welche die Verwendung ebenfalls bestätigten, wird das Mobiltelefon für Direktgespräche zwischen Fahrern und Kunden, zur Übermittlung von Textnachrichten (SMS) und als Reservekommunikationsmittel bei Erreichung des Funkreichweitengrenzbereiches genutzt. Ein Unternehmen gab trotz exklusiver Unternehmensausrichtung auf den Nahverkehr an, ausschließlich Mobiltelefone einzusetzen. Der Einsatz von Textnachrichten wird von der Mehrheit der Unternehmen

insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Übertragungsqualität von Nummerncodes, z.B. Containernummern, die in diesem Wirtschaftsbereich den Hauptteil der Dispositionskommunikation ausmachen, geschätzt. Verstärkend wirkt hierbei die Tatsache, dass viele Unternehmen auch Fahrpersonal mit nichtdeutscher Muttersprache einsetzen und mit Hilfe der Textnachrichten Kommunikationsfehlerquoten wirksam gesenkt werden können. Einen Sonderfall der Kommunikation via Textnachricht stellt die Nutzung von fahrzeuginternen Faxgeräten dar, die zusätzlich die Fernübermittlung von Dokumenten ermöglicht. Diese Ausrüstung haben zwei der befragten Unternehmen jeweils bei einem geringen Teil ihrer Fahrzeugflotte eingeführt, wodurch der Versand von Dokumenten in die Fahrzeuge erfolgen kann, die Nutzungshäufigkeit ist laut den Unternehmensvertretern sehr gering.

Wie bereits ausgeführt wurde, existieren generell zwei Möglichkeiten zur Zuladungsoptimierung bei Lkw, einerseits die Steigerung der Zuladung in Bezug auf das Gewicht und andererseits die Verbesserung der Auslastung hinsichtlich des zugeladenen Volumens. Der Transport von Containern ist, wie alle anderen Transportbereiche, in denen Wechselbehälter zum Einsatz kommen, ein Spezialfall bei dem nicht das transportierte Gut, also der Inhalt des Containers, sondern der Behälter selbst im Zentrum dieser Betrachtung stehen muss. Diese Charakteristik bedingt, dass sich alle Überlegungen im Bereich der Zuladungsoptimierung bei Containerfahrzeugen auf den Transport von 20' Containern beschränken. Die maximale Zuladung eines Container-Chassis ist mit der Aufnahme eines 40' Containers erreicht, unabhängig davon, ob der Container in Bezug auf Gewicht oder Volumen seine maximale Zuladung erreicht hat, da das längenbezogene Zuladungsvolumen des Fahrzeugs ausgeschöpft ist. Die Beladung mit einem 20' Container kann ein Containertransportfahrzeug gewichtsmäßig ebenfalls auslasten und so die weitere Ladungsaufnahme unmöglich machen. 20' Container, die unter Berücksichtigung ihres Gewichtes die kombinierte Zuladung mit einem zweiten 20' Container ermöglichen, werden in der Branche als „leichte 20er“ bezeichnet. Das gewichtsbezogene Limit der leichten 20er liegt nach Unternehmensangaben zwischen 12 und 13 t Gesamtgewicht, die Kombinierbarkeit von beladenen Containern hängt also auch unmittelbar mit der Kundenstruktur der jeweiligen Transportunternehmen zusammen, die aus Gründen der unternehmerischen Geheimhaltung nicht näher bestimmt werden konnte. Die offiziell genannten unternehmerischen Bemühungen zur Zuladungsoptimierung konzentrieren sich auf diesen Bereich. Neben den Vorteilen beim Transport der Container kann das Verfahren einen weiteren Vorteil bieten, wenn beide Container innerhalb des gleichen Terminals aufgenommen bzw. abgegeben werden, da so geringere Wartezeiten anfallen. Einen großen Vorteil bei der Kombination von 20' Containern können Transportunternehmen, welche über eigene Umschlagsgeräte verfügen, realisieren, indem sie alle leichten 20' Container zunächst unabhängig von deren weiterer Bestimmung zunächst in

Doppelladungen aus den Terminalbetrieben holen und diese auf dem eigenen Betriebsgelände destinationsoptimiert auf ihre Fahrzeuge verteilen.

Alle 20 befragten Unternehmen bestätigten im Bereich der leichten 20'- Container Doppelzuladungen anzustreben, 8 Unternehmen konnten darüber hinaus Angaben zum prozentualen Anteil der Doppelladungen an der Gesamtheit aller transportierten 20' Container machen, der Durchschnittswert ihrer Angaben betrug rund 20%. Gemessen an der Anzahl der Fahrten ergibt sich eine Relation von 1 Doppelladung auf 8 einfach beladene Fahrten. Nach der amtlichen Statistik werden durch in Deutschland zugelassene Fahrzeuge insgesamt 3.572.700 an 20' Containern transportiert, davon ca. 46% in Doppelladungen (KBA und BAG, 2002).

Zwei Gesprächspartner merkten in diesem Zusammenhang an, dass die Ladungsbündelung von Containern in ihren Unternehmen insbesondere im Bereich der Umfuhren, also der Fahrten zwischen den verschiedenen Containerterminals, und im Bereich des Leercontainertransportes von großer Bedeutung ist.

Die Bündelung von 20' Containern ist aber nicht nur von gewichtsbezogenen Einschränkungen geprägt. Im Fall der Zuladung zweier 20' ISO- Seecontainer auf ein Sattelzugchassis wirkt sich die Tatsache, dass die Container hintereinander angeordnet werden müssen negativ aus, da so die Türen des vorderen Containers zum Fahrerhaus der Zugmaschine zeigen, während die Türöffnungen des hinteren Containers in der herkömmlichen Ausrichtung, entgegen der Fahrtrichtung stehen. Da die Container bei den Empfängern, bzw. Versendern von Waren für den Ladevorgang zumeist an eine Laderampe rangiert werden müssen, entsteht hier ein Rangierproblem, das einerseits ein hohes fahrerisches Geschick erfordert und andererseits das Vorhandensein von großen Rangierfreiräumen auf dem Gelände des Kunden voraussetzt, da der Fahrer in diesem Fall die Öffnung des vorderen Containers ebenfalls an eine Laderampe manövrieren muss. Die Entladung von auf dieser Art und Weise angelieferten Containern wird von manchen Kunden trotz vorhandener Rangierflächen verweigert. Die dargestellte Problematik ist eines der Felder auf denen die Motorwagen- Lastzüge gegenüber den Sattelzügen einen Vorteil haben, da hier die Rangierproblematik umgangen werden kann. In diesem Zusammenhang soll nicht unerwähnt bleiben, dass einige Containertypen nicht notwendigerweise über eine der Stirnseiten des Containers be- und entladen werden müssen. Zu diesen Spezialfällen konnten jedoch keine Erfahrungen im Zusammenhang mit den Bestrebungen zur Erstellung von Doppelladungen gewonnen werden.

Die letzten zwei in Tabelle 5-4 dargestellten Maßnahmen zur transportorganisatorischen Optimierung des Fuhrbetriebes lassen sich unter dem Oberbegriff Kooperation zusammenfassen. Dieser Teilbereich der Unternehmensstrategie ist eng mit der Vorhaltung eines, dem oft schwankenden Auftragsvolumen adäquat angepassten Fuhrparks zum Containertransport und der Verkehrsbereichsorientierung der

Unternehmen verbunden. Die in den letzten Jahren im Fokus der Öffentlichkeit geführte Debatte zur Scheinselbstständigkeit und die administrativen Maßnahmen zur Bekämpfung derselben haben die Auskunftsfreudigkeit der Unternehmen in diesem Interessenbereich stark gedämpft. Dennoch war es möglich, quantitative Aussagen zur Anzahl der für sie tätigen Subunternehmer zu sammeln, genauere Angaben zur Struktur der Subunternehmen konnten jedoch nicht erhoben werden. Alle 20 in der Stichprobe berücksichtigten Unternehmen gaben Auskunft über den Einsatz von Subunternehmern. Dabei bestätigten 80% der befragten Unternehmen bei der Bewältigung ihres Frachtaufkommens auf den Einsatz von Subunternehmern zurückzugreifen, nur 4 Unternehmen setzen keine Subunternehmer ein. Die nähere Bestimmung der betrieblichen Bedeutung der Subunternehmer wurde analysiert, indem die Unternehmen nach der Anzahl der disponierten Subunternehmerfahrzeuge befragt wurden. In Bezug auf diese Frage konnten die Angaben von 18 Unternehmen ausgewertet werden. Zwei Unternehmen, welche Subunternehmer einsetzen, nannten in diesem Zusammenhang keine konkreten Zahlen. Die Betrachtung der erhältlichen Werte zeigt, dass die Zahl der von Subunternehmern betriebenen Fahrzeuge, welche in den befragten Unternehmen disponiert werden, 739 Fahrzeuge umfasst, d. h., dass sich lediglich 29,6% der von diesen 18 Unternehmen disponierten Fahrzeuge in deren Besitz befinden, diese werden allerdings nicht alle permanent mit Fuhraufträgen der befragten Unternehmen ausgestattet.

Der Einsatz von Subunternehmern ist jedoch nicht der einzige Ansatz mit dem Unternehmen des Straßentransportes von Containern versuchen ihre Transportkapazitäten zu flexibilisieren. 90% der Befragungsteilnehmer gaben an, dass die durch sie vertretenen Unternehmen bei der Abwicklung des Tagesgeschäftes in unterschiedlicher Intensität mit „befreundeten“ Mitbewerbern zusammenarbeiten. Dabei meint der Begriff „befreundet“, dass frühere Kooperationen mit diesen Unternehmen erfolgreich und somit gewinnträchtig für alle Beteiligten abgewickelt werden konnten. Diese informelle Kooperation wird in den seltensten Fällen durch Vertragsabschlüsse geregelt, sondern von den Verantwortlichen der Firmen ständig beobachtet und neu bewertet. Die Mehrheit der Gesprächspartner wies auf das notwendige Vertrauensverhältnis mit dem Kooperationspartnerunternehmen hin, da es durch die zur Kooperation notwendige Offenlegung von Kundendaten in der Vergangenheit vereinzelt zu Abwerbeversuchen gekommen ist. Dennoch betonten alle an diesen Kooperationsverhältnissen Beteiligten, deren große Bedeutung, mit deren Hilfe sowohl Kapazitätsengpässe und -überhänge, als auch Leerfahrtenanteile wirksam gesenkt werden können. Die freundschaftlichen Verhältnisse sind nicht auf die Auftragsbearbeitung begrenzt, sondern erstrecken sich teilweise auch auf die gemeinsame Nutzung von Chassis und Umschlagsgeräten. Hier wird ebenfalls nach dem beschriebenen symbiotischen Prinzip der informellen Kooperation verfahren.

Eine im Bereich des Stückguttransportes etablierte Art der formellen Unternehmenskooperation unter Frachtführern ist die Teilnahme an einer Frachtbörse. Die überwiegende Mehrheit der in der Befragung angesprochenen Frachtführer beurteilt Frachtbörsen negativ. Die Hauptursachen für dieses schlechte Image sind grundsätzlich ungute Erfahrungen mit den auf Frachtbörsen angebotenen Transportaufträgen hinsichtlich des Erhalts der Entlohnung und die als schlecht beurteilten Transportpreise, die auf Frachtbörsen realisiert werden können. Lediglich ein Unternehmensvertreter äußerte sich ausschließlich positiv hinsichtlich der Teilnahme des durch ihn repräsentierten Unternehmens an Frachtbörsen. Im Bereich des Containertransportes sind Frachtbörsen nicht unmittelbar interessant, da zur Zeit nur wenige Containertransportaufträge hier gehandelt werden. Allerdings besteht die Möglichkeit, Fahrzeuge, die mit leeren Containern unterwegs sind, als Stückgut- Lkw einzusetzen (s.o.). Diese Art der Leerfahrtenreduzierung wird allerdings von den Containerbesitzern nicht gern gesehen, ist bei vielen Anbietern sogar explizit verboten. Daher war es nicht möglich, genauere Angaben zum Umfang dieser Vorgehensweise zu erhalten. Verschiedene Aussagen in den Expertengesprächen deuten jedoch darauf hin, dass es sich hierbei nicht um ein singulär auftretendes Verhalten handelt. Lediglich 4 Unternehmen der 20 befragten bestätigten die sporadische Teilnahme ihrer Betriebe an Frachtbörsen.

5.5 *Schlussfolgerungen*

Der Gesamteindruck von der Containertransportbranche ist geprägt durch das wahrnehmbare Spannungsverhältnis, welches sich aus dem Verhältnis von Kosten einerseits und extremen Preisdruck seitens der Kunden andererseits entwickelt hat. Die angespannte wirtschaftliche Situation der Mehrheit der Betriebe übt auf die einzelnen Unternehmen in verschieden hohem Maße Druck zur Spezialisierung und Diversifikation aus. Die dabei entstehenden erweiterten Möglichkeiten der Optimierung von Containertransporten können sich auch positiv auf die beim Containertransport emittierten CO₂- Volumina auswirken. Die ökologische Bedeutung der CO₂-Emissionen allein löst bei den Unternehmen keine Bemühungen zu deren Reduktion aus.

Der große Termindruck, dem die Fahrer unternehmensintern ausgesetzt werden, verleitet zu einer Fahrweise, die nicht an der Verbrauchsminimierung orientiert ist. Dies wird durch die verhältnismäßig geringe Beurteilung der Bedeutung der Treibstoffkosten innerhalb der unternehmerischen Gesamtkalkulation unterstützt.

Die verschiedenen Verkehrsbereiche determinieren die Bedeutung der Intensität des Kraftstoffverbrauches bei der Preisbildung der befragten Unternehmen. Eine zusammenfassende Analyse der Erkenntnisse setzt die Bedeutung der Treibstoffkosten im Nahverkehr hinter die möglichen Steigerungen zeitlicher Effizienz, also der

Maximierung der Verfügbarkeit der Fahrzeuge zurück. Die unternehmerischen Bemühungen zur Steigerung der zeitlichen Effizienz von Fahrzeug und Fahrer können, wie am Beispiel der Absatzstrategie ausgeführt, den Kraftstoffaufwand für das Unternehmen sogar erhöhen. Im Fernverkehr ist die Bedeutung des Kraftstoffverbrauches demgegenüber höher. Die qualitativen Äußerungen der Unternehmensvertreter deuten an, dass diese jedoch durch Personalkosten und Verschleiß der Fahrzeuge zu relativieren sind.

Die überwiegende Mehrheit der Fahrzeuge von Unternehmen im Nahverkehr verbrauchen durchschnittlich mehr Diesel als Fahrzeuge im Fernverkehr. Die Jahresfahrleistungen der unternehmenseigenen Fahrzeuge unterliegen nicht nur in den unterschiedlichen Verkehrsbereichen, sondern auch verkehrsbereichsintern großen Schwankungen. Laut Befund korreliert die Jahresfahrleistung des gesamten Unternehmens nicht mit deren Kraftstoff- Verbrauchswerten bzw. der CO₂- Intensität. Somit wird ein Ergebnis der Basisbefragung im Containerverkehr bestätigt, wonach Großunternehmen nicht prinzipiell effizienter sind als kleine oder mittlere.

Die Organisation des Betriebes von Leerdepots, sowohl den hafennahen als auch den Hinterlanddepots, ist in vielerlei Hinsicht optimierbar. Speziell für die hafennahen Leerdepots ergeben sich aus der Entwicklung der Flächennutzung im Hafenbereich negative Auswirkungen durch die räumliche Auslagerung der Betriebe, da die Fahrstrecken zu den Depots länger werden und die Transportleistungen somit CO₂-intensiver werden. Mängel in der informatorischen Koordination sind, neben der unzureichenden Ausstattung der Unternehmen mit Kapital, die Ursache für die hier liegenden Optimierungspotenziale. Die „Leerdepotkompatibilität“ für Container verschiedener Eigentümer ist im Verlauf der letzten Jahre stark verbessert worden. Die Idee einer *Grey Box*, also des vollkommen neutralen Transportbehälters, wird dennoch von mehreren Transporteuren als erstrebenswerter Idealzustand für die Optimierung der Gesamtfahrstrecke skizziert.

Eine verkehrsbereichsübergreifende Analyse des Einflusses aller verbrauchsmindernden Maßnahmen brachte bislang keine stark korrelierenden Verhältnisse zwischen dem Verbrauch und dem Einsatz einer oder mehrerer Maßnahmen hervor. Allerdings müssen diese Erkenntnisse durch genaue Erhebungen noch quantitativ belegt werden.

Zu allen Maßnahmen sind in Hamburg in Gesprächen mit den Unternehmen Aussagen getroffen worden. Somit wurde deren Aktualität und Relevanz für eine erfolgreiche CO₂-Reduktion bestätigt.

Ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung der CO₂ Effizienz der Transportunternehmen konnte innerhalb der hier vorgelegten Teiluntersuchung nicht geklärt werden. Hierbei handelt es sich um das unterschiedliche Gewicht der transportierten Container, da dies den befragten Unternehmen selbst nicht bekannt ist, es gleichzeitig aber entscheidenden Einfluss auf den Treibstoffverbrauch der Lkw hat.

6. *Onboardsysteme zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs*

Die Bezeichnung "Onboardsysteme zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs" wird als Sammelbegriff für verschiedene Fahrzeug-Endgeräte verwendet. Das Spektrum reicht vom einfachen Darstellungsinstrument der Fahrzeugverbrauchswerte (einschließlich einer einfachen, manuellen Auswertung) bis hin zum umfangreichen, mobilen Computerarbeitsplatz mit einem Datendisplay, Mobilfunkanbindung und komplexeren Anwendungen wie satellitengestützter Navigation u.ä. Bei letzteren ist die Registrierung des Kraftstoffverbrauchs in der Regel nur ein Element unter weiteren Fahrzeugtelemetriedaten, das mittels einer Sensorik erfasst und zur Darstellung und Auswertung über ein elektronisches Informationssystem bereitgestellt wird.

Für den etwas unhandlichen Begriff "Onboardsystem zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs" wird im folgenden die Abkürzung "Onboardsystem" verwendet.

6.1 *Methodisches Vorgehen im Rahmen der Teiluntersuchung*

Ziel der Befragung war, die Effekte von Onboardsystemen auf den Verbrauch zu registrieren und die Einflussfaktoren beim Einsatz der Geräte zu ermitteln. Die Teiluntersuchung beruht auf einer empirischen Datenerhebung in mehreren Unternehmen, die mit eigenen Fahrzeugen Straßengütertransporte durchführen. Die Auswahl der Unternehmen erfolgte zufällig. Sie beruht auf einer Branchenrecherche, auch unter Verwendung des Internets, und auf vermittelten Herstellerkontakten oder Empfehlungen bereits angesprochener Firmen. Die Branchenrecherche beinhaltete auch eine Sondierung der Anbieterseite. Insgesamt wurden 15 Hersteller von Onboardsystemen kontaktiert; darunter die sechs größten Lkw-Hersteller in Deutschland. Es konnten 45 Fuhr-Unternehmen bezüglich einer möglichen Zusammenarbeit angesprochen werden. Letztlich resultierte aus dieser Grundgesamtheit ein Rücklauf von 24,4 %. Viele Unternehmensdatensätze entstanden in persönlichen Interviews vor Ort, andere im Rahmen eines Telefoninterviews. Mehrere Expertengespräche und eine Literaturrecherche vervollständigen den empirischen Teil der Untersuchung. Das zugrundeliegende Datenmaterial muss als heterogen bezeichnet werden, da die jeweils abgearbeiteten Fragebögen mit einem unterschiedlichen Detailgrad beantwortet wurden. Von den Firmen, die in die Auswertung einbezogen werden konnten, sind 80 % mittelständische Unternehmen mit 10 bis 50 Lkw und 20 % Großunternehmen mit mehr als 50 Lkw.

Der Ansatz zur Ermittlung der Kraftstoffverbrauchsminderung und damit des CO₂-Minderungspotenzials durch den Einsatz von Onboardsystemen besteht in einem

Vorher-Nachher-Vergleich von Unternehmensdaten. Der größte Vorteil bei der Verwendung von Jahreswerten besteht darin, dass der Einfluss temporärer Zufälliger oder Regelmäßigkeiten bereits in der Datenerhebungsphase gering gehalten wird (Beispiele solcher Schwankungen sind jahreszeitliche Unterschiede im Geschäftsverlauf und jahreszeitlich unterschiedliche Wettereinflüsse auf den Kraftstoffverbrauch).

6.2 Onboardsysteme – Eigenschaften und Marktübersicht

Als Ergebnis der Sondierung des Anbietermarktes von Onboardsystemen können die wichtigsten Eigenschaften und die führenden Produkten identifiziert und kategorisiert werden (Tab. 6-1).

Tabelle 6-1: Onboardgeräte: Eigenschaften und Produkte am Markt

| Kategorie | Eigenschaften | Produkte am Markt |
|-----------|---|---|
| 1 | ohne Anzeige für den Fahrer, aber mit laufender Datenspeicherung zum späteren Auslesen | (z.B. Renault Infomax) |
| 2 | mit alleiniger Anzeige für den Fahrer (einschließlich einer einfachen, manuellen Auswertung) | (z.B. Siemens VDO EDM 1404 und Eco; AIC Systems 3008 SLD und 888-Instruktor) |
| 3 | mit Anzeige für den Fahrer und Datenspeicher (z.B. Datenkassette oder PDA/Pocket PC) zum späteren Auslesen | (z.B. Transflow ICS FleetLog und TBB; Scania "Vehicle Data Communicator inkl. Trip Analyser" oder "Fleet Analyser"; Volvo "Logger Tool inkl. Trip Manager") |
| 4 | als integriertes Element von Bordcomputern, die via Datenfernübertragung mit einer Zentrale verbunden sind, so dass quasi in Echtzeit Fahrzeugdaten abgerufen oder analysiert werden können | (z.B. DaimlerChrysler Fleetboard, MAN Telematics "Classic" & "Business"; Scania FAS "logiweb"; Volvo Dynafleet "Logger Manager" & "Transport-Manager") |

Quelle: Eigene Erhebung

Von diesen Kategorien bieten insbesondere 3 und 4 weit mehr als nur die reine Registrierung des Kraftstoffverbrauchs. Das mögliche Leistungsspektrum solcher fortgeschrittener Systeme umfasst in Summe die in Tabelle 6.2 zusammengefassten Funktionen.

Mittels der telematischen Anbindung einer Sensorik zur Überwachung dieser Fahrzeugfunktionen können Normalzustände, wie auch auffällige Abweichungen kontinuierlich über Mobilfunk direkt an eine Zentrale übertragen werden. Dies geschieht in Echtzeit. Somit bieten die Bordcomputer neben der Erfassung von Zustandsdaten zur Unterstützung des Fahrers (und seiner Sicherheit) auch Möglichkeiten zu einem effektiveren Fuhrparkmanagement und zur Verbesserung logistischer Abläufe. In

Verbindung mit letzterem wurden von den befragten Unternehmen jedoch oftmals Schnittstellenprobleme zu anderer Speditions- oder Dispositionssoftware hervorgerufen, die eine Datenauswertung erschweren. Von Herstellerseite wird dagegen meist auf offene Schnittstellen verwiesen, die relativ einfach anzupassen seien. Aus diesem scheinbaren Gegensatz folgt zwangsläufig eine Forderung nach einer besseren Abstimmung zwischen Kunden(wünschen) und Anbietern.

Die technische Entwicklung der Onboardsysteme tendiert derzeit vom einfachen Darstellungsinstrument der Fahrzeugverbrauchswerte (Kategorie 2) in Richtung der mobilen Computerarbeitsplätze (Kategorie 4). Dies zeigt sich beispielsweise bei SiemensVDO, welche überwiegend im Nachrüstgeschäft (after sales market von Lkw) tätig sind. Ausgehend von den reinen Kraftstoffverbrauchsmessgeräten werden mittlerweile auch Hard- und Softwarekomponenten angeboten, die eine Steuerung und Kontrolle von Fahrzeugflotten sowie eine Fahrzeugortung und die Kommunikation zwischen Fahrer und Zentrale ermöglichen.

Tabelle 6-2: Zusammenfassung der wichtigsten Merkmale des Leistungsspektrums fortgeschrittener Onboardsysteme (Kategorie 4)

| | |
|--|--|
| Allgemeine Daten: | Fahrweisenbewertung: |
| Kraftstoffverbrauch und Effizienz (km/l), Zurückgelegte Fahrstrecke, Mittlere und aktuelle Geschwindigkeit, Fahrzeiten mit Motor- und Leerlaufzeiten, Stand- und Ruhezeiten. | Zahl der Kupplungseinsätze, Bremseneinsatz und Retardernutzung, Bremsstrecke, Einsatzschwere. |
| Fahrzeugüberwachung: | Fahrzeugkontrolle: |
| Kühlwassertemperatur, Öltemperatur und -druck, Ladedruck, Verschleiß, Zustandskontrolle, Störungsmeldung, Fern-/(Tele-)diagnose, Wartungsprognose und -termine. | Geschwindigkeits- und Drehzahlbegrenzung, Einsatz eines Tempomaten Gaspedalstellung. |
| | Zusatzinformationen: |
| | Auslastungsgrad, Höhenunterschiede, Laderaumtemperatur und -profil. |

Quelle: Eigene Erhebung

Im Zuge dieser Entwicklung existieren derzeit vor allem herstellerabhängige Einzellösungen, die aufgrund geringer bis nicht vorhandener Kompatibilität einen Datenaustausch zwischen den Systemen oder einen Systemwechsel erschweren oder unmöglich machen; ein Problem gerade bei gemischten Fahrzeugflotten. Eine Verringerung des Problems wird sich zukünftig hoffentlich u.a. durch die Arbeit an der Entwicklung und Standardisierung der Schnittstelle zur Erfassung der Fahrzeugtelemetriedaten, des sog. CAN-Bus, ergeben. Hierfür haben sich führende Lkw-Hersteller zu einer Arbeitsgruppe "FMS-Standard" zusammengeschlossen.

Eine weitere Entwicklung, die in Zukunft wahrscheinlich verstärkt verfolgt wird, ist die Einbindung des Leistungsspektrums der Bordsysteme in Internet-basierte Nutzerumgebungen ("Internetportale"). Der wesentliche Vorteil dieser Entwicklung besteht in der Bereitstellung von aktuell benötigten Anwendungen, ohne dass ein direkter Eingriff in das Fahrzeug vorgenommen werden muss (z.B. durch Installation neuer Software oder sogar Veränderungen an der Hardware). Die Untersuchung förderte aber auch einen nicht unerheblichen Nachteil zutage, der mit dem derzeitigen Stand der Technik zusammenhängt: Momentan stellen die Internetportale hohe Hardware-Anforderungen an die Computerausstattung der Firmenzentralen, was schnelle Prozessoren und vor allem einen schnellen Internet-Zugang (wie z.B. DSL) bedeutet.

Wirkungsweise von Onboardsystemen

Onboardsysteme dienen der Kontrolle von Fahrzeugen und logistischen Abläufen. Sie sind als Diagnose-Instrumente zu verstehen, die den technischen Betrieb von Fahrzeugen registrieren. Neben den Ist-Zuständen können weitere Zeiträume wie Tag, Woche, Monat oder Jahr erfasst und dargestellt werden. Dementsprechend können Onboardsysteme auch Hinweise auf Veränderungen im Betrieb des "Gesamtsystems Fahrzeug" liefern. Eine Ursachenanalyse leisten sie nicht. Eine Auswertung der Hinweise erfolgt durch die verantwortlichen Personen (z.B. Fahrer oder Fuhrparkleiter).

Die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des CO₂-Ausstosses wird nicht durch das System an sich erreicht, sondern durch die zielgerichtete Auswertung der durch das System erfassten Daten und die Umsetzung daraus gezogener Schlussfolgerungen. Onboardsysteme liefern dafür "harte", verlässliche Daten, die gegenüber anderen Dokumentationsformen nur schwer manipulierbar sind.

Über die Zeit oder auch durch einen Vergleich mit anderen Fahrzeugen liefern Onboardsysteme außerdem Hinweise über die Fahrweise, mit der ein Fahrzeug fortbewegt wird. Im Anschluss an eine manuelle, eventuell technisch unterstützte Datenauswertung kann entsprechend Einfluss auf die Fahrweise genommen werden.

In aller Regel sind Anweisungen zur Änderung der Fahrweise allein nur begrenzt wirksam. Einen wesentlich größeren Effekt haben dagegen Fahrtrainings, die explizit auf verbrauchsarmes Fahren ausgerichtet sind. Insofern werden Onboardsysteme meistens in Verbindung mit solchen Trainings eingesetzt, um letztlich einen effizienteren Kraftstoffeinsatz zu erreichen. In solchen Fällen kann ein Onboardsystem also auch den Effekt des Fahrtrainings abbilden und über eine längere Zeit verfolgen. Dieses Monitoring ist – nach Meinung der einbezogenen Experten – deshalb wichtig, weil bei jedem Fahrzeugführer spätestens zwei Jahre nach einer Schulung doch wieder alte Fahrmuster hervorkommen. Als Analogieschluss folgt daraus, dass die Fahrtrainings ungefähr alle zwei Jahre wiederholt werden sollten; in einigen Expertengesprächen wurde sogar von einem jährlichen Turnus gesprochen.

Betrachtet man diesbezüglich noch einmal die Kostenseite des Kraftstoffs, dann können Onboardsysteme auch als betriebswirtschaftliche "Controlling-Instrumente" für die Unternehmen angesehen werden. Das Ziel ist eine kraftstoffsparende und den CO₂-Ausstoß reduzierende Fahrweise, was in betriebswirtschaftlicher Hinsicht Kostensenkungen bedeutet. Der Auswertung der Expertengespräche zufolge, bewährt sich der Einsatz von Onboardsystemen erst ab einer Flottengröße von mehr als 10 Lkw. Unterhalb dieser Größe seien andere Dokumentationsformen zur Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs ausreichend, um einen Überblick über die jeweilige Flotte zu behalten.

6.3 Bilanz der Effizienzeffekte

In den befragten Unternehmen ist eine Verringerung der CO₂-Emissionen pro Kilometer und pro transportierter Tonne im Vergleich zwischen dem Jahr vor dem Kauf und dem Jahr nach dem Kauf zu diagnostizieren. Es konnte nicht eindeutig belegt werden, dass die Hauptursache der Effizienzsteigerungen in der korrekten Nutzung des Onboardgerätes durch den Fahrer bzw. der Nutzung der vom Onboardgerät bereitgestellten Informationen durch das Management zu suchen ist. Oder ob die Erfolge auf anderen Managemententscheidungen sowie der parallelen Nutzung weiterer Effizienzmaßnahmen basieren. Nach den Interviewpartner haben die Onboardgeräte zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs die aufgetretenen Effizienzsteigerung zumindest begünstigt. In jedem Fall wurde von den Entscheidungsträgern die Transparenz und die Informationsqualität solcher Onboardgeräte herausgehoben.

Es ist nicht möglich, den Effekt des Kaufs eines Onboardsystems bundesweit zweifelsfrei zu isolieren. Dies könnte eventuell in einem Einzelfall gelingen, deren Repräsentativität aber nicht gegeben sein kann. Dennoch zeigen die befragten Unternehmen insgesamt eine Effizienzsteigerung, die sie in Interviews bestätigen. Methodisch bleibt unklar, ob diese Effizienzerhöhung nicht aufgrund anderer Technologien oder unternehmerischen Entscheidungen entstanden ist.

In betriebswirtschaftlicher Hinsicht bewirken die eingeführten Onboardsysteme durch eine Einsparung von Kraftstoff zwangsläufig eine Reduzierung der variablen Betriebskosten für die Unternehmen, was sich direkt in einer Erhöhung des Profits niederschlägt.²¹ Bei umfangreicheren Onboardsystemen (Kategorie 3 und 4) gilt dies natürlich auch für weitere Betriebskosten. Durch einen verbesserten Wartungszustand der Fahrzeuge (bei etwa 30 % der Unternehmen) oder durch eine Veränderung der

²¹ Wie bereits oben angedeutet, wird gleichzeitig auch ein möglicher Missbrauch, beispielsweise durch die Betankung privater Fahrzeuge oder Zusatzkanister, erschwert.

Wartungsintervalle – diese werden den tatsächlichen technischen Fahrzeuggegebenheiten angepasst und folgen nicht mehr einer fixen Zeit- oder Kilometervorgabe (bei rund 70 % der Befragten) – können ebenfalls Kosten eingespart werden. Weitere unternehmerische Vorteile ergeben sich bei einer telematischen Anbindung von Onboardsystemen durch eine sicherere und eindeutigere Kommunikation Fahrer – Zentrale und eine Senkung der vorhandenen Kommunikationskosten, weil oftmals vergleichsweise teure Telefongespräche entfallen, sowie durch eine mögliche Fahrzeug-Ferndiagnose und eine mögliche Notrufanbindung. Von einer zukünftigen Vernetzung mit Verkehrsleitsystemen werden weitere Kostensenkungen erwartet.

Für die Bereiche von volkswirtschaftlicher und sozialer Nachhaltigkeit wurde im Rahmen der Teiluntersuchung der Einfluss von Onboardsystemen auf die Beschäftigung und auf die Anzahl der Unfälle, an denen Lkw's beteiligt sind, mitbetrachtet.

Für den Aspekt der Unfälle wurde davon ausgegangen, dass die verbesserte Kontrolle der Fahrzeuge durch Onboardsysteme letztendlich zu einem verbesserten Wartungszustand führt. Dies würde die Verkehrssicherheit erhöhen und damit vermutlich einen Beitrag zu weniger Unfällen leisten, was am Ende weniger Verkehrsverletzte und weniger Umweltschäden bedeuten könnte. Das Ergebnis der Unternehmensbefragung und Expertengespräche bestätigt dies aber nicht. Den Untersuchungsergebnissen bzw. den zugrundeliegenden Unternehmensangaben zufolge, haben die Onboardsysteme keinen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle mit Lkw-Beteiligung. Selbst wenn – wie bereits erwähnt – rund 30 % der Unternehmen einen besseren Wartungszustand ihrer Lkw's durch den Einsatz von Onboardsystemen angeben, spiegelt sich dies nicht in einer verringerten Anzahl von Unfällen wider.

Ein Einfluss auf die Beschäftigung bzw. auf die Anzahl der Arbeitsplätze konnte nach den vorliegenden Daten nicht festgestellt werden. Allerdings hat sich die Qualität der Arbeitsplätze in den mit Onboardsystemen ausgestatteten Lkw's verändert. Umfangreiche Onboardsysteme, die neben dem Kraftstoffverbrauch weitere Betriebsdaten erfassen und quasi online an eine Unternehmensstelle weiterleiten (Kategorie 4), sind oftmals mit dem Vorurteil behaftet, die Person des Fahrers voll unter Kontrolle bringen zu wollen (Zitat: "Der unsichtbare Spion auf meinem Beifahrersitz"). Die Untersuchung zeigt aber, dass von den Fahrern nach einer anfänglichen Skepsis gegenüber solchen Systemen, sehr schnell deren Wirtschaftlichkeit erkannt und anerkannt wird (80 % der Befragten). Demzufolge sind in mehreren Unternehmen hausinterne Wettbewerbe um ein möglichst kraftstoffsparendes und damit CO₂-minimierendes Fahren entstanden. Fördernd wirkt in diesem Zusammenhang ein Bonus- oder Prämiensystem für die Fahrer (bei rund 20 % der befragten Firmen). Für die Auftragsbearbeitung wird die einfachere und sichere Kommunikation durch telematisch angebundene Onboardsysteme uneingeschränkt positiv bewertet, weil sie auch für den Fahrer eine Erleichterung bedeutet.

6.4 *Kosten und Systembewertung durch die Unternehmen*

Die Untersuchung ergab mittlere Anschaffungskosten von rund 2.515,- Euro pro Fahrzeug. Allerdings schwanken die Anschaffungskosten erheblich; und zwar in einem Bereich von rund 915 bis etwa 5.720,- Euro pro Fahrzeug. Der niedrigste Wert ist damit zu begründen, dass es sich hierbei um das einfachste System mit einer Anzeige für den Fahrer (Kategorie 2) handelt. Dagegen erscheint der höchste Wert als ein Ausreißer, der schwer begründbar ist, selbst wenn man berücksichtigt, dass dabei Kosten für die notwendige Firmen-Hard- und Software hinzugerechnet wurden. Der insgesamt vermeintlich hohe Mittelwert ergibt sich aus der Tatsache, dass von den Untersuchungsteilnehmern zu 90 % fortgeschrittene Systeme (Kategorie 4) eingesetzt werden. Die Anschaffung der Onboardsysteme war demzufolge auch mit einer telematischen Anbindung verbunden, über die zusätzlich beispielsweise eine Fahrzeugortung und die Kommunikation zwischen Fahrer und Zentrale abgewickelt werden. Bei den verschiedenen Fabrikaten, die in die Untersuchung einbezogen werden konnten, ergaben sich bezüglich der Anschaffungskosten keine signifikanten Unterschiede. Außerdem liegen sie alle – bis auf den erwähnten Ausreißer – im Preisgefüge, das von den Herstellern genannt wird. Als interessante Alternative zum Kauf von Onboardsystemen erscheint nach den Untersuchungsergebnissen ein Leasingmodell, für das ein Unternehmen Kosten von 600,- Euro pro Lkw und Jahr angibt. Auf drei oder vier Jahre gerechnet, ergeben sich somit Anschaffungskosten von 1.800,- bzw. 2.400,- Euro.

Die laufenden Kosten für die Systeme liegen im Mittel bei 492,- Euro pro Lkw und Jahr. Auch sie bewegen sich in weiten Grenzen und sind zudem erkennbar von den entstehenden Kommunikationskosten abhängig. Das Leasingmodell liegt bezüglich der laufenden Kosten erneut deutlich unter dem Mittel. Die Amortisationszeit der eingesetzten Systeme beläuft sich nach den Unternehmensangaben auf durchschnittlich 35 Monate.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis der eingesetzten Onboardsysteme wird durch die Unternehmen unterschiedlich bewertet. Auf einer relativen Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht) beurteilen rund 18 % das eingesetzte System als "sehr gut". 36 % beurteilen es als "gut", weitere 36 % als "befriedigend" und nur 9 % als "schlecht". Die Bewertung "sehr schlecht" wurde nicht vergeben. Die "schlechte" Kosten-Nutzen-Bewertung rührt von Unternehmen mit den höchsten Anschaffungs- und laufenden Kosten. Ein Unternehmen lässt das angeschaffte System deshalb auslaufen. Alle anderen würden es wieder anschaffen. Bei Unternehmen mit einer telematischen Anbindung der Onboardsysteme fällt auf, dass mehr als die Hälfte hohe Hardware-Anforderungen bei Firmencomputern und Online-Verbindungen als negativ anmerken und darüber hinaus auf erhebliche Schnittstellenprobleme zu anderen Software-Paketen hinweisen. Verbesserungen in gerade diesen Punkten – bei der Schnittstellenproblematik vor allem

das Serviceangebot der Hersteller – würden zu einer besseren Beurteilung der eingesetzten Systeme führen, und damit die Bewertung weiter in Richtung "gut" beziehungsweise "sehr gut" verschieben.

6.5 *Diskussion, und Potential für Onboardgeräte zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs*

In der vorliegenden Teiluntersuchung ist es gelungen, die Effizienzmaßnahme „Einführung eines Onboardsystems zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs“ zu analysieren. Der festgestellte positive Effekt auf die Treibstoffeffizienz kommt allerdings nicht direkt durch den Kauf eines Gerätes zustande, sondern durch die weiteren betrieblichen Entscheidungen in Logistik und Fuhrparkmanagement; diese Entscheidungen basieren wiederum auf eine verbesserte Datengrundlage, die die Geräte bieten. Darin liegt ein entscheidender Vorteil für eine Erhöhung der CO₂-Effizienz im Straßengüterverkehr. Weitere Maßnahmen wurden in den befragten Firmen parallel zum Kauf von Onboardgeräten durchgeführt. Dies betrifft in erster Line EDV-gestützte Dispositionssysteme, Telematikanwendungen zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation sowie den Beitritt zu formellen Speditionskooperationen.

Der Einsatz von Onboardsystemen bewährt sich erst ab einer Flottengröße von mehr als 10 Lkw. Unterhalb dieser Größe erscheinen andere Dokumentationsformen zur Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs ausreichend. Deutschlandweit muss man nach den verschiedenen Teil-Befragungen dieser Studie von einer Ausstattung von derzeit weniger als 5 % der Fahrzeuge mit Onboardgeräten zur Registrierung des Kraftstoffverbrauchs annehmen.

Onboardgeräte zur gekoppelten Registrierung des Kraftstoffverbrauches und anderer fahrzeugbezogener Parameter (wie z.B. des Ladungsgewichtes) sind die Schlüsseltechnologie, anhand derer die Erfolge oder Misserfolge aller anderen Effizienzmaßnahmen genau und zuverlässig gemessen werden können. Diese Technologie ist aus Sicht der klimarelevanten CO₂-Emissionen unbedingt weiter zu entwickeln und flächendeckend zu implementieren.

7. *Optimierte Disposition und Telematik*

7.1 *Einleitung*

Im Zeitraum von 1991 bis 2001 ist die Transportleistung des deutschen Straßengüterverkehrs um mehr als 40 Prozent gewachsen. Im Jahre 2001 war der Straßengüterverkehr für etwa 29 % der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen oder etwa 6 % der gesamten CO₂-Emissionen Deutschlands verantwortlich. Entgegen dem europäischen Trend sinken die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland leicht seit dem Jahr 2000 (UBA, 2003). Aber erst langfristig (nach 2030) wird für Deutschland eine substantielle Verlangsamung des Wachstums im Güterverkehr erwartet (UBA, 2002). Vor diesem Hintergrund sind Lösungen in Richtung Nachhaltigkeit durch Effizienzsteigerungen gesucht. Diese Untersuchung hat sich auf die betrieblichen Maßnahmen Optimierung der Disposition und Einsatz von Telematik konzentriert. In diesem Bereich gehen Klimaschutzinteressen Hand in Hand mit den betriebswirtschaftlichen Interessen der Transportunternehmen.

Die bundesweite empirische Untersuchung „Optimierte Disposition und Telematik“ ist als Teil der Untersuchung konzipiert worden. Für die vorliegende Untersuchung wurden die CO₂-Emissionen von 19 deutschen Straßengüterverkehrsunternehmen unter normalen Arbeitsbedingungen bilanziert, sowie die tatsächlich erfolgten CO₂-Emissionsreduktionen nach Einführung eines EDV-gestützten Dispositions- und/oder Telematiksystems zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation quantifiziert. Grundlage für die Messungen waren die Vorschläge zur internationalen Standardisierung des Treibhausgas-Berichtwesens in Unternehmen des IPCC (1996) und des World Business Council for Sustainable Development (WBCSD 2003). Nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Forschung gibt es außer den angesprochenen Grundlagen keine anerkannte Bewertungsmethode, welche die Nachhaltigkeitseffekte des Verkehrssektors umfassend abzubilden vermag. Für diese Untersuchung wurden existierende Methoden der Erhebung und Analyse aus verwandten Bereichen adaptiert und weiterentwickelt.

Inspiration für die Untersuchung gaben die verschiedenen Arbeiten des Umweltbundesamtes zusammen mit PROGNOSE zu den Themen Verkehrsvermeidung durch Verkehrsinformations- und -leitsysteme (PROGNOS 1999 und 2001, UBA 1998), sowie die Marktübersichten im Bereich Telematik von Andres (2002) und der Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V. (GVB 2003). Im internationalen Bereich sind das Energy Efficiency Best Practice Programm des Department of Environment, Transport & Regions (DETR 2000) und das Best Industry Practices Programm der International Road Transport Union (IRU 2002), sowie die Arbeiten von McKinnon (1999) und Harmsen et al. (2003) zu nennen. Nicht zuletzt

stellen das Projekt Environmentally Sustainable Transport (OECD 2001) und die Publikationen der OECD zum Thema Informationstechnologien im Straßengüterverkehr (OECD et al. 1999) eine wichtige Grundlage der Untersuchung dar. In keiner dieser Studien wurde jedoch eine quantitative Evaluation der erzielbaren Effekte direkt in Straßengüterverkehrsunternehmen vorgenommen. Diese Lücke zu schließen, wird hier angestrebt.

7.2 *Klassifizierung und Hauptvorteile der Dispositions- und Telematiksysteme*

Am Markt der EDV-gestützten Dispositions- und Verkehrstelematiksysteme zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation herrscht eine große Vielfalt, die die meisten Nutzer und potentiellen Käufer als unüberschaubar empfinden. Alle Systeme bieten vielfältige Funktionen, in oft unterschiedlicher Ausprägung und meist unter unterschiedlichen Bezeichnungen. Im ersten Schritt der Analyse wurden daher die heute gebräuchlichen Systeme in Kategorien eingeteilt (Tab. 1) und die beteiligten Straßengüterverkehrsunternehmen anhand ihrer Ausrüstung einer Kategorie zugeteilt.

Tabelle 7-1: Klassifizierung der Dispositions- und Telematiksysteme

| | |
|------------|---|
| D0 | "Manuelle" Disposition (inklusive "angepasster" Office-Anwendungen, Auftragserfassungs- und Abrechnungssysteme bzw. Speditionsoftware ohne Dispositionsmodul) |
| D1 | EDV-gestützte Disposition |
| D1T | EDV-gestützte Disposition mit Telematikanwendung zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation |

Quelle: Eigene Erhebung

Hauptvorteile eines EDV-gestützten Dispositionssystems (D1):

- Anstieg des Auslastungsgrades (gewichts- und volumenmäßig). Durch den höheren Auslastungsgrad und den damit verbundenen Anstieg des Fahrzeuggewicht ergibt sich einerseits ein Anstieg der CO₂ Emissionen pro Kilometer und andererseits ein Absinken der CO₂ Emissionen pro Tonne. Insgesamt gesehen ergibt sich eine Reduktion der CO₂ Emissionen, da weniger Fahrten nötig sind, um die gleiche Menge zu transportieren. D.h. mit dem gleichen Fuhrpark sind mehr Fahrten möglich, was einer Erhöhung des absoluten Ladungsaufkommens (der transportierten Tonnen) entspricht.
- Sinken der durchschnittlichen Transportdistanz (kürzere Fahrten) durch bessere Dreiecke und durch die Nutzung von freien Kapazitäten (Auslastungsgradsteigerung). Es wird leichter, den für eine bestimmte Fahrt idealen Lkw zu erkennen (kürzere Anfahrten), bzw. es wird leichter Aufträge zu

erkennen, die als zusätzliche Teilladung zu einem anderen Auftrag transportiert werden können.

- Erkennen von unrentablen Kunden durch eine bessere Informationslage (Stichwort Management-Information-System). Durch die betriebswirtschaftliche Transparenz können z.B. überproportional lange Anfahrtswege (im Verhältnis zur Gesamttransportdistanz) zu bestimmten Kunden als Verlustfaktor erkannt werden. Dies führt ebenfalls zu weniger Leerkilometer bzw. besseren Dreiecken und einem höheren Auslastungsgrad.

Hauptvorteile eines EDV-gestützten Dispositionssystems mit Telematik (D1T):

- Weitere Erhöhung des Auslastungsgrades und weitere Senkung der durchschnittlichen Transportdistanz durch punktgenaue Standortinformation. Durch die wirklichkeitsgetreue Standortinformation zu jedem nötigen Zeitpunkt wird es noch leichter, den für eine Fahrt idealen Lkw zu erkennen (kürzere Anfahrten), bzw. Aufträge zu erkennen, die als zusätzliche Teilladung zu einem anderen Auftrag transportiert werden können (bessere Dreiecke und Auslastungsgradsteigerung).
- Minimierung von Umwegen durch das permanente Monitoring der Fahrer.
- Vermeidung von Umwegen durch Vermeidung von Informationsübermittlungsfehlern wie z.B. falsch verstandene Namen oder Zahlendreher.
- Minimierung von Umwegen durch die Unterstützung des Fahrers durch Navigationssysteme/Routenplaner on-Board (größte Auswirkung im Ausland bzw. auf unbekanntem Strecken).
- Zeitlich gefährdete Transporte werden besser erkannt. Die Verantwortung wird vom Fahrer auf das System umgelegt. Die Dispositionszentrale kann in vielen Fällen rechtzeitig eingreifen und ein anderes Fahrzeug für den Nachfolgeauftrag disponieren.
- Fahrer, die nicht an treibstoffsparendem Fahren interessiert sind, können durch Kombination der streckenbezogenen und der Tankdaten (anhand von monatlichen Aufzeichnungen und Auswertungen) erkannt werden. Dieser Punkt geht bis zum Erkennen von Treibstoffdiebstählen.
- Unrentable Kunden/Aufträge werden frühzeitig erkannt. Dies führt zu weiteren betriebswirtschaftlichen, aber auch CO₂ relevanten Einsparungen.
- Mit der Einführung von Telematiksystemen gehen immer Fahrerschulungen einher, die sich ebenfalls positiv auf die CO₂ Emissionen pro Kilometer auswirken.

7.3 *Methodik und Analyse der Einflussfaktoren*

Um die erreichten Effizienzeffekte der Maßnahmen zu isolieren, besteht der zentrale Untersuchungsansatz in einem Vergleich von Jahresdaten eines Unternehmens „vor und nach“ Einführung des EDV-gestützten Dispositions- und/oder Telematiksystems. 79 Unternehmen mit Dispositions- bzw. Telematiksystemen wurden bundesweit zufällig ausgewählt. Von diesen stellten 7 Unternehmen Vorher-Nachher Daten aus den erforderlichen Kernbereichen Fahrleistung (in Kilometern), Kraftstoffverbrauch (in Litern) und Ladungsaufkommen (in Tonnen), sowie Betriebsinformationen und wichtige Einflussfaktoren (wie z.B. Betriebs- und Flottenstruktur, Unternehmenssektor und weitere Effizienzmaßnahmen) zur Verfügung. Darüber hinausgehend konnten insgesamt 11 Unternehmen Daten zu Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch, sowie Betriebsinformationen und wichtige Einflussfaktoren zum Jahr vor und zum Jahr nach der Maßnahme liefern. Die jeweiligen Unternehmensexperten wurden im Rahmen eines offenen Interviews und anhand eines standardisierten Fragebogens befragt. Die grundsätzliche Idee des Vorher-Nachher-Vergleiches ist es, nur Firmen aufzunehmen in denen bis auf die Einführung des Dispositionssystems bzw. der Telematikanwendung über die betroffenen Jahre keine weiteren großen Veränderungen (z.B. Unternehmenssektor, Dichte der Güter, grundsätzliche Änderung der Kunden- oder Unternehmensstruktur und weitere Effizienzmaßnahmen) stattgefunden haben. Dadurch kann der Effizienzeffekt der einzelnen Maßnahme möglichst isoliert gemessen werden. Durch den langen Beobachtungszeitraum werden außerdem kurzfristige Einflüsse minimiert.

Erstaunlicherweise konnte in keinem der befragten Unternehmen mangels Transportleistungsdaten in Tonnenkilometer (tkm) ein direktes Maß der CO₂-Emissionen (kg CO₂/tkm) erhoben werden. Da aus den Indikatoren CO₂-Emissionen pro Kilometer und pro transportierter Tonne der Indikator CO₂-Emissionen pro Tonnenkilometer nicht errechnet werden kann und die beiden Indikatoren keine vollständige Aussage über die Gesamtkohlendioxid-Emissionen erlauben, wurde eine Effizienz-Analyse zur CO₂-Bilanzierung entworfen. Dabei werden die Ausgangssituation „vor“ und die Veränderungen „nach“ Einführung des EDV-gestützten Dispositions- bzw. Telematiksystems in den Bereichen Jahreskraftstoffverbrauch, Jahresfahrleistung und Jahresladungsaufkommen pro Lkw gemessen und miteinander verglichen. Die grundlegende Frage in der Effizienz-Analyse ist, wie hätte sich das Unternehmen verändert, wäre kein EDV-gestütztes Dispositions- bzw. Telematiksystem eingeführt worden? Hätte in diesem Unternehmen auch keine andere Änderung der Unternehmenseffizienz bzw. der grundsätzlichen Unternehmensstruktur stattgefunden, würden die drei Werte (Kraftstoffverbrauch, Fahrleistung und Ladungsaufkommen) aufgrund der unterschiedlichen Wirtschafts- bzw. Auftragslage miteinander gekoppelt schwanken. Diese Schwankung würde alle drei Bereiche gleichstark betreffen, das heißt, die drei Werte würden um denselben

Prozentsatz steigen oder fallen. Steigt beispielsweise in so einem Fall das Ladungsaufkommen um 5 % müsste auch die Fahrleistung um 5 % und der Kraftstoffverbrauch um 5 % steigen. Wird nun in diesem Unternehmen ein EDV-gestütztes Dispositions- bzw. Telematiksystem eingeführt, wird gewöhnlich das Ladungsaufkommen steigen, aber der Kraftstoffverbrauch und die Fahrleistung relativ dazu sinken. Aufgrund der besseren Auslastung und der kürzeren Transportdistanzen kann ein Lkw dieses Unternehmens nun in einem Jahr mehr Transportaufträge erledigen. In unserem Beispiel könnte also das Ladungsaufkommen um 5 % steigen, der Kraftstoffverbrauch aber gleich bleiben. Die Differenz der beiden Werte stellt die Verbesserung der CO₂-Effizienz da. Dasselbe gilt für die Differenz des Ladungsaufkommens und der Fahrleistung. Die Differenz stellt die Veränderung der Km-Effizienz da (siehe Abb. 1).

Wenn sich die wirtschaftliche Lage ändert, wird die Differenz von Ladungsaufkommen und Kraftstoffverbrauch im Effizienz-Ansatz kaum beeinflusst. Die CO₂-Effizienzsteigerung kann also auch bei geringerer Auftragslage anhand der Differenz von Ladungsaufkommen und Kraftstoffverbrauch abgelesen werden. Probleme ergeben sich in diesem Ansatz, wenn die durchschnittliche Transportdistanz oder die Dichte der Güter (Volumenauslastung) zum Beispiel durch mehr Fernverkehre oder neue Kunden mit anderen Gütern verändert wird. In der Untersuchung wurde versucht, solche Fälle anhand der abgefragten Unternehmensinformationen zu erkennen und herauszufiltern.

Die allgemein wichtigsten Einflussfaktoren auf die Messresultate des Vorher-Nachher-Vergleiches sind die wirtschaftliche Lage, die durchschnittliche Transportdistanz, die Dichte der transportierten Güter und die Flottenstruktur. Es muss versucht werden, diese Einflussfaktoren zu bewerten, um eine möglichst realistische Aussage über die CO₂-Bilanzwerte zu erhalten. Im Bereich allgemeine Wirtschaftslage sind die Ergebnisse des Vorher-Nachher-Vergleiches generell von einer Verschlechterung der Lage über den Untersuchungszeitraum beeinflusst (BGL, 2002). Eine allgemein schlechtere Wirtschaftslage und damit eine in den meisten Fällen verschlechterte Auftragslage für die Einzelunternehmen bedeutet eine relativ geringere Transportmasse über die disponiert werden kann und daher weniger Möglichkeiten die Auslastung zu steigern. Man kann davon ausgehen, dass die beobachteten CO₂-Reduktionen, wäre die Wirtschaftslage gleich geblieben, höher ausgefallen wäre. Wie groß dieser Einfluss ist, kann nicht abgeschätzt werden. Die Dichte der transportierten Güter konnte nicht bewertet werden, da von den Unternehmen keine zuverlässigen Daten zur mittleren Volumenauslastung der Fahrzeuge zur Verfügung gestellt werden konnten. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Art der transportierten Güter im selben Unternehmen von Jahr zu Jahr etwa gleich bleibt, zumindest solange keine besonderen Veränderungen der Kunden- und Unternehmensstruktur, des Fuhrparks oder dergleichen stattfinden. Dieser Faktor kann aufgrund der Unternehmensinformationen ausgeschlossen werden. Im Bereich Flottenalter zeigen die Umweltberichte von

DaimlerChrysler (2002) und der MAN-Gruppe (2003), dass sich die durchschnittlichen CO₂-Emissionen ihrer Neufahrzeuge seit 1995 nicht verbessert haben. Der Faktor durchschnittliches Flottenalter wurde somit in den folgenden Analysen nicht beachtet.

Als letzter Schritt der Analyse wurden die innerbetrieblich gefundenen CO₂-Reduktionspotenziale auf die bundesdeutsche Marktsituation umgelegt. Anhand von Expertengesprächen innerhalb dieser Untersuchung sowie der drei anderen Umfragen wurde die Marktdurchdringung EDV-gestützter Dispositions- und Telematiksysteme analysiert. Dazu wurden die deutschen Transportleistungen, Firmenzahlen und -größen ermittelt. Ziel war es herauszufinden, wie viel der bundesdeutschen Transportleistung suboptimal disponiert wird. Auf diesen suboptimal disponierten Anteil wurde schlussendlich das betriebliche Reduktionspotenzial umgelegt.

Repräsentativität der Stichprobe

Die Studie an 11 Unternehmen deckt im Vergleich zur Situation des Jahres 2001 0,26 % der Fahrleistung, 0,11 % des Kraftstoffverbrauches und 0,05 % des Ladungsaufkommens des bundesdeutschen Straßengüterverkehrs ab (KBA 2001 und UBA 2003). Die beteiligten Unternehmen beschäftigten in diesen Jahren durchschnittlich 952 Mitarbeiter, darunter 699 Fahrer, und betrieben 588 Fahrzeuge.

Der Fehler in den Jahresrohdaten, die die Unternehmen zur Verfügung gestellt haben, wird auf ± 5 Prozent geschätzt. Die Untersuchung ist durch mittelständische Speditionen mit eigenem (zumindest teilweise) Fuhrpark dominiert. Da die Speditionen nur Auftragsdaten, aber keine Verbrauchs- und Entfernungsdaten von ihren Subunternehmern erheben, wurden in allen Datenbereichen nur die Daten des eigenen Fuhrparks miteinbezogen. Die Untersuchung wird von Fahrzeugen größer als 32 t zulässigem Gesamtgewicht dominiert. Das Verhältnis von Nah- zu Fernverkehren beträgt in der Untersuchung etwa 1:9.

7.4 Bilanz der klimawirksamen und verkehrsrelevanten Effizienzeffekte

Der Vergleich der vier Unternehmen, die von einem System der Kategorie D0 auf D1T gewechselt haben, ergibt eine Abnahme der CO₂-Emissionen pro Kilometer um 2,1% und eine Abnahme der CO₂-Emissionen pro transportierter Tonne um 4,0 % (Tab. 7-2). Als Ergebnis der Effizienz-Analyse ist die CO₂-Effizienz um 10,0 % und die Km-Effizienz um 8,1 % gestiegen (Abb. 7-1, oben). Bei diesen Unternehmen ist eine gleichzeitige Zunahme der Fernverkehre um nicht ganz 10 Prozent zu beobachten. Bewertet man diesen Faktor mit ein, ergibt sich eine CO₂-Effizienzsteigerung von >12 %. In jeweils einem der vier Unternehmen wurden weitere Einflussfaktoren gefunden: vermehrte nicht-formalisierte Partnerschaften und verändertes Fahrverhalten

(nicht bewertet). Tabelle 7-2 zeigt exemplarisch die Veränderung weiterer wichtiger Kennzahlen der vier Unternehmen.

Tabelle 7-2: Veränderung wichtiger Unternehmenskennzahlen beim Wechsel von „manueller“ Disposition (D0) auf EDV-gestützte Disposition und Telematik (D1T); Mittelwerte der Jahresdaten

| Vorher-Nachher-Vergleich D0 auf D1T (n=4) | D0 | | D1T | | Veränderung (%) |
|--|----|--------------|-----|--------------|--------------------|
| | n | Mittelwert | n | Mittelwert | |
| Bezugsjahr (Median) | 4 | 2001,00 | 4 | 2002,00 | - |
| Bewertung des Wirtschaftsjahres (1-5)* | 4 | 2,75 | 4 | 3,50 | 27,3 |
| Bewertung des eingeführten Systems (1-5)* | - | - | 4 | 2,13 | - |
| Mitarbeiter (Anzahl) | 4 | 84,25 | 4 | 83,75 | -0,6 |
| Fahrer (Anzahl) | 4 | 64,25 | 4 | 64,50 | 0,4 |
| Disponenten (Anzahl) | 4 | 2,88 | 4 | 2,13 | -26,1 |
| Flotte (Anzahl) | 4 | 50,25 | 4 | 50,50 | 0,5 |
| Durchschnittliches Lkw-Alter (a) | 4 | 2,95 | 4 | 2,65 | -10,1 |
| Durchschnittl. zul. Lkw-Gesamtgewicht (t) | 4 | 37,89 | 4 | 38,06 | 0,5 |
| Gesamtfahrleistung - nah (km) | 2 | 2.063.046,00 | 2 | 1.790.659,00 | -13,2 |
| Gesamtfahrleistung - fern (km) | 3 | 5.116.424,00 | 3 | 5.485.157,00 | 7,2 |
| Durchgeführte Transporte (Anzahl) | 3 | 24.662,00 | 3 | 24.837,00 | 0,7 |
| Durchschnittliche Transportentfernung (km) | 3 | 336,45 | 3 | 350,99 | 4,3 |
| CO ₂ -Emissionen (kg CO ₂ /km) | 4 | 0,91 | 4 | 0,89 | -2,1 |
| CO ₂ -Emissionen (kg CO ₂ /t) | 4 | 33,48 | 4 | 32,14 | -4,0 |
| Kraftstoffverbrauch (l/Lkw) | 4 | 38.087,69 | 4 | 38.069,34 | 0,0 |
| Fahrleistung (km/Lkw) | 4 | 109.671,40 | 4 | 112.060,83 | 2,2 |
| Ladungsaufkommen (t/Lkw) | 4 | 3.648,07 | 4 | 4.055,21 | 11,2 |
| Kraftstoffkosten (€/Lkw) | 3 | 23.436,99 | 3 | 26.571,99 | 13,38 |
| Umsatz (€/Mitarbeiter) | 2 | 108.718,08 | 2 | 116.467,38 | 7,1 |
| Weitere Effizienzmaßnahmen | | | | | Differenz |
| Partnerschaften (Anzahl) | 4 | 3,00 | 4 | 4,00 | 1,0 |
| Änderung des Fahrverhaltens (Anzahl) | 4 | 1,00 | 4 | 2,00 | 1,0 |

* (sehr gut - sehr schlecht)

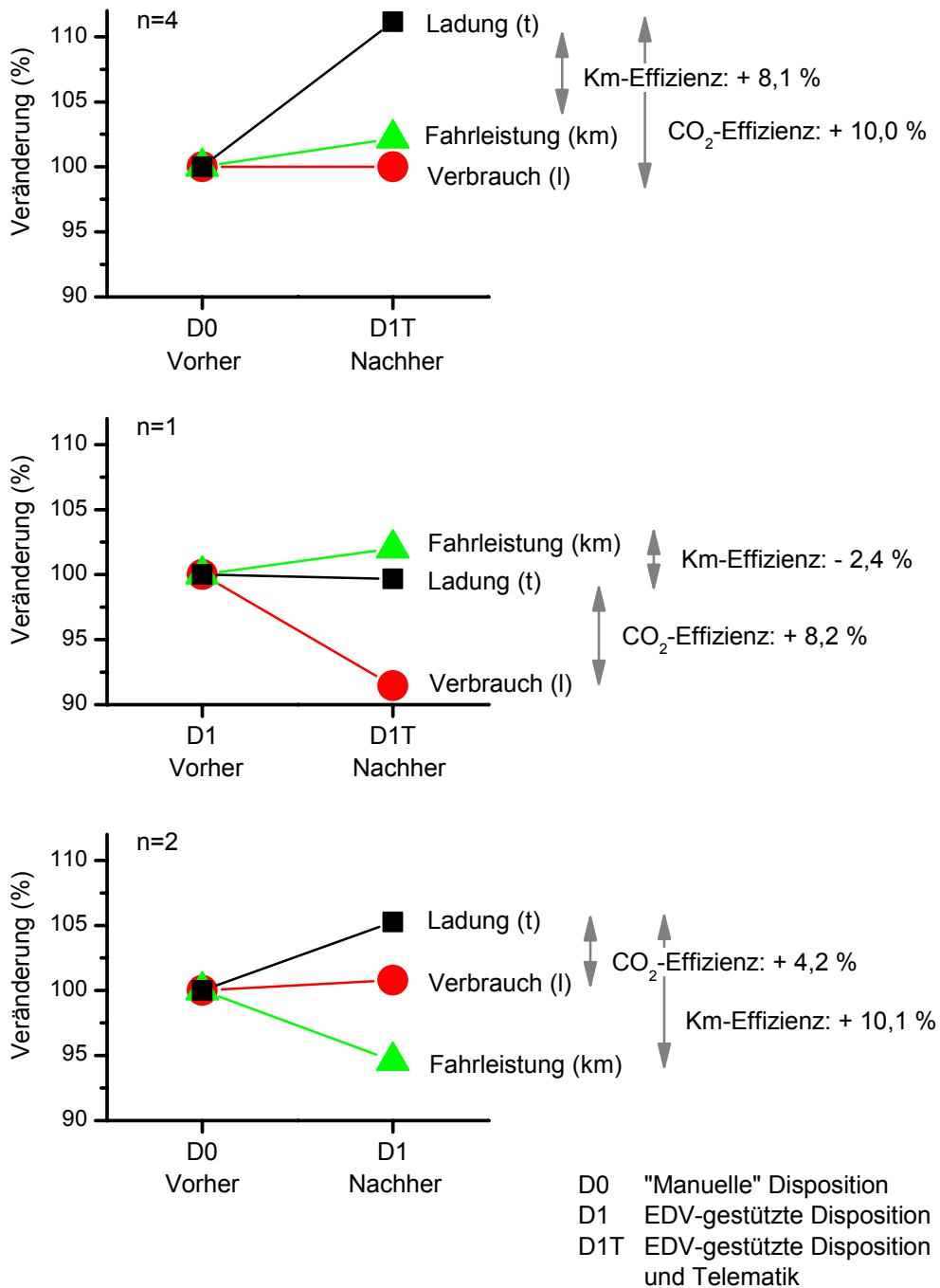
Quelle: Eigene Erhebung

Der Vergleich des einen Unternehmens, das von D1 auf D1T wechselte, zeigt eine Abnahme der CO₂-Emissionen pro Kilometer um 10,4 % und eine Abnahme der CO₂-Emissionen pro transportierter Tonne um 8,2 %. Als Resultat der Effizienz-Analyse ist die CO₂-Effizienz um 8,2 % gestiegen und die Km-Effizienz um 2,4 % gesunken (Abb. 7-1, Mitte). In diesem Vergleich kann man eine sehr starke Expansion und eine starke Zunahme der Fernverkehre (entspricht einer Zunahme der durchschnittlichen Transportdistanz pro Auftrag) beobachten. Bewertet man diese Zunahme mit ein, kann die Steigerung der CO₂-Effizienz auf >10 % geschätzt werden.

Der Vergleich der beiden Unternehmen, die von einem System des Typs D0 auf D1 wechselten, zeigt eine Zunahme der CO₂-Emissionen pro Kilometer um 6,9 % und eine Abnahme der CO₂-Emissionen pro transportierter Tonne um 3,8 %. Als Resultat der Effizienz-Analyse ist die CO₂-Effizienz um 4,2 % und die Km-Effizienz um 10,1 %

gestiegen (Abb. 7-1, unten). Die Zunahme des Indikators CO₂-Emissionen pro Kilometer ist auf den höheren Auslastungsgrad zurückzuführen. Besser ausgelastete Fahrzeuge verbrauchen mehr Treibstoff pro Kilometer. Insgesamt gesehen musste aber deutlich weniger Strecke zurückgelegt werden, um die gleiche Menge zu transportieren, was den gesamten Treibstoffverbrauch verringerte. Dieses auf den ersten Blick vielleicht unerwartete Ergebnis entspricht den theoretischen Erwartungen. Nicht bewertet wurde die Einführung einer softwarebasierten Laderaumoptimierung in einem der Unternehmen.

Abbildung 7-1: Relative Veränderung der CO₂-Effizienz und der Km-Effizienz nach der Einführung eines EDV-gestützten Dispositionssystems (D1) und/oder einer Telematikanwendung zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation (D1T) in sieben deutschen Straßengüterverkehrsunternehmen



Quelle: Eigene Erhebung

Um die Ergebnisse zu erhärten, ist ein zweiter Datensatz von 11 Unternehmen, die Fahrleistungs- und Verbrauchsdaten, aber keine Ladungsdaten zur Verfügung stellen konnten, betrachtet worden. Dies erlaubt erweiterte Aussagen zur Veränderung des Indikators CO₂-Emissionen pro Kilometer. Im Vergleich D0 auf D1T (n=7) sinken die CO₂-Emissionen pro Kilometer um 1,13 %, im Vergleich D1 auf D1T (n=2) um 6,15 %. Das Ergebnis des Vergleiches D0 auf D1 blieb aufgrund der gleichen Fallzahl unverändert.

7.5 *Bilanz der Effizienzeffekte im Bereich Kosten und Amortisation*

Festgestellt wurde eine 25 %-ige Erhöhung der Anzahl der Fahrzeuge, die ein Disponent nach Einführung eines Systems (D1 oder D1T) (n=10) in einem Straßengüterverkehrsunternehmen verwaltet. Nach Angaben der Unternehmen beläuft sich ein realistischer Wert für die Kosten eines EDV-gestützten Dispositionssystems (D1) (n=11) auf etwa 1020 bis 1235 € pro Lkw. Dieser Wert schwankt abhängig von der Anzahl der Lkws, die disponiert werden, und den Funktionalitäten des eingesetzten Systems (einfach-komplex) zwischen 500 und 2300 €. In der Untersuchung (n=11) schwanken die Kosten für ein und das selbe Produkt pro Lkw bis um den Faktor 4, was auf einen hohen Grundpreis für die erste Arbeitsplatzlizenz und deutlich preisgünstigere zusätzliche Lizenzen zurückzuführen ist. EDV-gestützte Dispositionssysteme amortisieren sich vor allem über Personaleinsparungen in Buchhaltung, Abrechnung und dergleichen, erst in zweiter Linie über Einsparung an Disponentengehältern und niedrigeren Treibstoffkosten. Qualitativ gewonnene Daten lassen den Schluss zu, dass sich EDV-gestützte Dispositionssysteme im Zeitbereich von 1 bis 1,5 Jahren amortisieren.

Die zusätzliche Investition in ein Telematiksystem kostet anhand einer vorsichtigen Schätzung der vorhandenen Kostendaten aus dem Telematikbereich (n=5) durchschnittlich zwischen 2050 und 2350 € pro Lkw. Die Schwankungsbreite beträgt in etwa 1200 bis 3500 € pro Lkw. Im Bereich laufende Kosten von Telematiksystemen ergibt sich ein deutlicher Preisvorteil für gekaufte Varianten, die spätestens ab einer Nutzungsdauer von 2,5 Jahren günstiger sind als geleaste (ohne Einberechnung der Finanzierungskosten). Telematiksysteme amortisieren sich vor allem über die Einsparungen im Treibstoffverbrauch und in zweiter Linie aus Einsparung an Disponentengehältern. Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass sich Verkehrstelematiksysteme zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation in 1,5 bis 2,5 Jahren amortisieren.

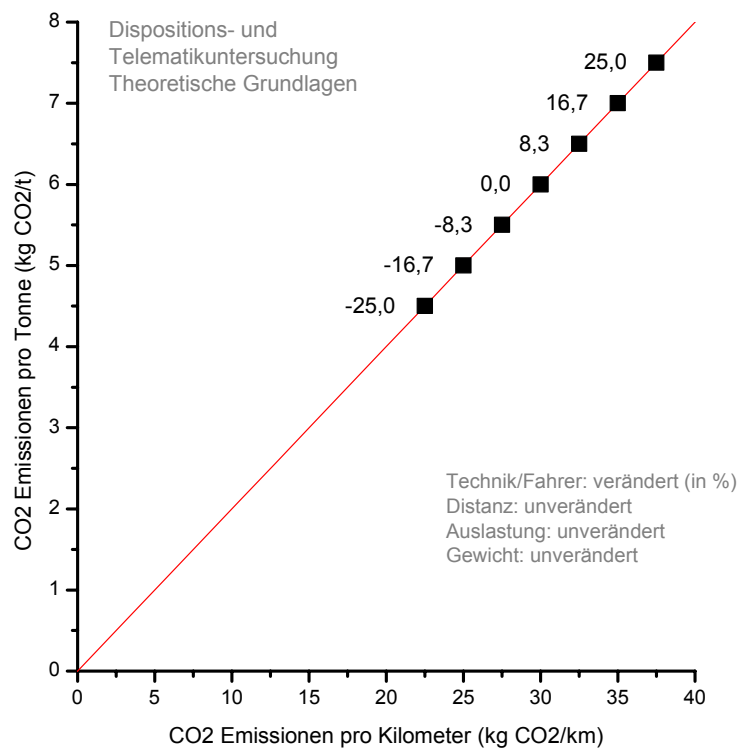
7.6 *Methodische und theoretische Ergänzungen*

Um die Untersuchungsergebnisse besser interpretieren zu können, sind im folgenden zusätzlich einige theoretische Grundlagen beschrieben. Die wichtigsten Indikatoren sind

„CO₂ Emissionen pro Kilometer“ (entspricht dem Verbrauch in Litern pro 100 Kilometer) und „CO₂ Emissionen pro transportierter Tonne“ (entspricht dem Verbrauch in Litern pro transportierter Tonne). Diese zwei Größen werden in der Untersuchung häufig in einem Koordinatensystem dargestellt. Welche Faktoren welche Änderungen verursachen können, wird im folgenden kurz dargestellt.

Eine *technische Änderung bzw. das Fahrverhalten des Fahrers* wirkt sich anhand einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht, im Koordinatensystem „CO₂ Emissionen pro Kilometer und Tonne“ aus (siehe Abb. 7-2).

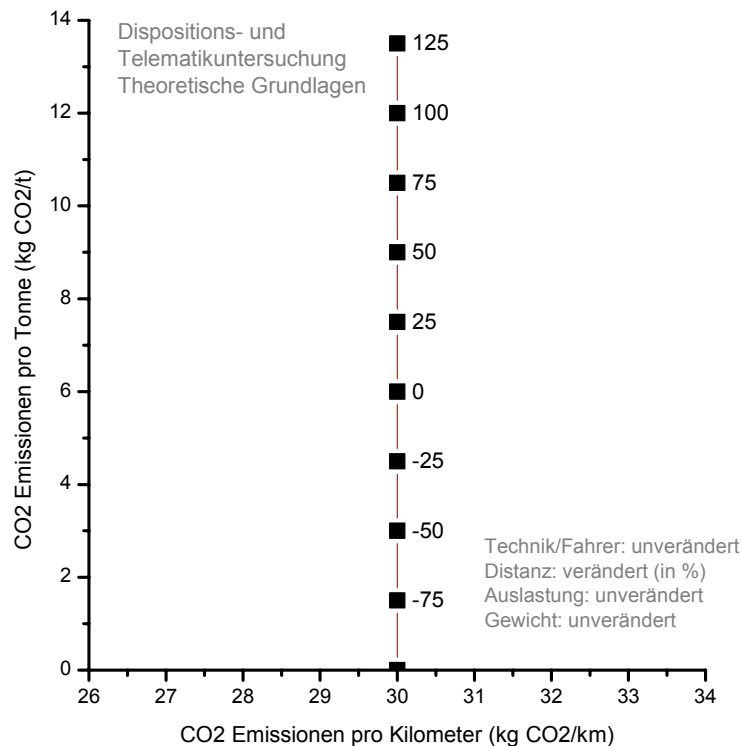
Abbildung 7-2: Theoretische Grundlagen: Einfluss von Technikveränderung bzw. Fahrerverhalten auf die CO₂-Effizienz nach Gewicht und nach Distanz



Quelle: Eigene Erhebung

Änderungen in der durchschnittlichen Dichte der Güter wirken sich ebenfalls wie oben abgebildet aus. Dichteänderungen wirken sich auf die Volumenauslastung, nicht aber auf die Gewichtsauslastung aus. Dieser Zusammenhang ist vor allem in den Vergleichen relevant, da potentielle Unterschiede in den Indikatoren nicht nur vom Vorhandensein EDV-gestützter Disposition und Telematik, sondern auch von der potentiell unterschiedlichen Dichte der Güter (und anderen Größen wie z.B. Flottenstruktur und durchschnittliche Transportdistanz) abhängig sind.

Eine *Änderung des Auslastungsgrades (gewichtsbezogen)*, wirkt sich grundsätzlich nur im Indikator „CO₂ Emissionen pro Tonne“ aus. Da aber durch eine

Abbildung 7-4: Theoretische Grundlagen: Einfluss der Distanzveränderung auf die CO₂-Effizienz

7.7 *Notwendigkeit und Methodenvorschlag für eine Nachfolgeuntersuchung*

Schwachpunkte der Analyse und Forschungsbedarf

Schwachpunkte der Analyse sind die relativ geringen Fallzahlen (Problem weitgehend fehlender Vorher-Daten) und die Dominanz der mittelständischen Speditionen, die im Fernverkehr tätig sind und einen Fuhrpark von überwiegend schweren (>32 t) Fahrzeugen betreiben. Von den Unternehmen wird vermutet, dass sie schon vor Einführung der Maßnahmen relativ effizient waren. Erschwerend für die Interpretation der Ergebnisse ist auch die gängige Praxis der Beschäftigung von Subunternehmern mit dem Ziel einer guten Grundauslastung des eigenen Fuhrparks („Schokoladefahrten“) und der Abdeckung von Spitzen durch die Subunternehmer. Diese Thematik konnte nicht in die Untersuchung miteinbezogen werden. Möglicherweise sind dadurch allerdings die ineffizientesten Transporte in der Untersuchung gar nicht betrachtet worden und ein noch weitaus größeres Effizienzpotenzial ist in der Realität vorhanden. Forschungsbedarf besteht insbesondere im Bereich Übertragung der innerbetrieblich gefundenen Reduktionspotenziale auf die Gesamtsituation im deutschen Straßengüterverkehr. Es fehlt am Verständnis der unternehmensübergreifenden

Strukturen und der Auslagerung von Transportleistungen an Subunternehmer. Wer transportiert im Endeffekt, und wie gut disponiert bzw. wie gut ausgelastet laufen diese Transporte ab? In weitere Untersuchungen sind fortgeschrittene Technologien wie „EDV-gestützte Dispositionssysteme mit Tourenoptimierung“ einzubeziehen.

Notwendigkeit für eine Nachfolgeuntersuchung

Bei der Erhebung traten vor allem Datenlücken in den Unternehmen zu Tage, besonders bei den Indikatoren Transportleistung und Ladungsaufkommen, mittlere Transportdistanz, Dichte der Güter sowie Volumenauslastung. Durch das Fehlen der Tonnageinformationen konnten einige Datensätze nur teilweise ausgewertet werden. Durch das Fehlen der Transportleistung bzw. der durchschnittlichen Transportdistanz wurde die Interpretation der Ergebnisse in Hinblick auf die CO₂-Effizienz stark erschwert.

Erschwerend für die Untersuchung bzw. die Interpretation der Ergebnisse war auch die gängige Praxis der Beschäftigung von Subunternehmern durch die Spediteure, wodurch ein Teil des unternehmerischen Risikos ausgelagert wird (gute Grundauslastung des eigenen Fuhrparks mit Abdeckung der Spitzen durch Subunternehmer). Diese Tatsache verfälscht möglicherweise das Untersuchungsergebnis, da die Subunternehmer nicht in die Untersuchung mit einbezogen werden konnten. Die Spediteure besitzen gegenüber den Subunternehmern eine relativ große wirtschaftliche Macht. Sie können sich dementsprechend die „Schokoladefahrten“ aussuchen und auf diesem Wege unwirtschaftliche bzw. schlecht ausgelastete Fahrten vermeiden. Die Subunternehmer können das nicht und bilden im Gesamtsystem wahrscheinlich die größeren Ineffizienzen aus. In diesem Zusammenhang stellt sich die Hauptfrage: wie lässt sich das Gesamtsystem inklusive Subunternehmer erforschen bzw. ist die CO₂-Bilanz der Subunternehmer tatsächlich schlechter?

Die Einführung der streckenabhängigen Maut könnte in diesem und in einem weiteren Punkt zu einer komplett neuen Situation führen. Es scheint plausibel, dass durch die Maut die ineffizientesten und treibstoffintensivsten Unternehmen vom Markt verschwinden. Die Maut könnte sozusagen nebenbei einen „Dispositionseffekt“ auf das Gesamtsystem haben.

Der zweite Effekt der Maut könnte eine Erhöhung der im Rahmen dieser Untersuchung gefundenen Effizienzpotentiale sein, indem die Unternehmen ihre Prioritäten in der Disposition und beim Fahren stärker auf das Treibstoffsparen (z. B. bessere Auslastung, kürzere Wege) als auf Zeitvorgaben (oder dergleichen) legen.

Forschungsbedarf besteht insbesondere im Bereich Übertragung der innerbetrieblich gefundenen Potentiale auf die Gesamtsituation im deutschen Straßengüterverkehr. In eine Nachfolgeprojekt einzubeziehen, wären Großunternehmen und allgemein

Werkverkehre sowie Verteilverkehre, die durch EDV-gestützte Dispositionssysteme mit Tourenoptimierung optimiert werden könnten.

7.8 *Schlussfolgerungen*

Anhand der empirischen Untersuchung „Optimierte Disposition und Telematik“ kann vorsichtig geschätzt werden, dass sich die betriebliche CO₂-Effizienz eines Straßengüterverkehrsunternehmens nach Einführung eines EDV-gestützten Dispositionssystems um 0 bis 4,5 Prozent verbessert (bester Schätzwert: 3 Prozent). Wird neben der EDV-gestützten Disposition gleichzeitig ein Telematiksystem zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation eingeführt, verbessert sich die betriebliche CO₂-Effizienz um 2 bis 10 Prozent (bester Schätzwert: 8 Prozent). Die km-Effizienz steigt in beiden Szenarien um etwas geringere Werte.

Die im gesamtdeutschen Straßengüterverkehr realisierbaren CO₂-Einsparungen durch den Einsatz von EDV-gestützten Dispositionssystemen bewegen sich zwischen 1 und 2 Prozent, bzw. 3 und 5 Prozent bei gleichzeitiger Einführung von EDV-gestützten Dispositions- und Telematiksystemen zur Datenkommunikation, Ortung und Navigation. Es ist möglich, dass durch das Untersuchungsdesign überdurchschnittlich effiziente Unternehmen ausgewertet wurden. Bewahrheitet sich diese Annahme, stellen die oben genannten Potentiale die untere Grenze der im Gesamtsystem möglichen Effizienzsteigerungen dar. Da man annehmen kann, dass die deutsche Situation repräsentativ für Westeuropa ist, sind die Resultate der Untersuchung auch für andere Länder relevant.

Die heute am Markt befindlichen EDV-gestützten Dispositions- und Telematiksysteme sind in Bezug auf CO₂-Emissionen und Treibstoffverbrauch noch nicht ausgereift und vor allem nicht anwenderfreundlich genug. In diesem Bereich ist die herstellende Industrie gefordert, den Anwendern das vorausschauende Kalkulieren der Treibstoff- und Umweltkosten zu erleichtern und den klimarelevanten Entscheidungsgrundlagen breiteren Raum zu geben. Auch die Effizienzpotentiale sind durch Weiterentwicklungen höher einzuschätzen.

Die Einführung des Vorher-Nachher Vergleiches mit dem quantifizierenden Effizienz-Ansatz war ein erfolgreicher Schritt in Richtung Bilanzierung von Treibhausgasemissionen in Straßengüterverkehrsunternehmen. Neben dem Vorher-Nachher Vergleich wurden in der vorliegenden Untersuchung zwei Gruppenvergleiche von Unternehmen „mit und ohne“ EDV-gestütztem Dispositions- und/oder Telematiksystem (basierend auf Unternehmensjahresdaten bzw. auf 2 bis 3-tägigen Fahrprotokollen) durchgeführt, um zusätzliche Analysemethoden zu testen. Im Gegensatz zum Vorher-Nachher Vergleich haben sich die beiden Gruppenvergleiche trotz der bedeutend höheren Fallzahlen (n=32 und n=132) nicht bewährt. Die Gruppen

D1/D1T zeigten in einigen Bereichen schlechtere Effizienzwerte als die Gruppe D0. Dies konnte vor allem auf die unterschiedliche, durchschnittliche Dichte der von beiden Gruppen transportierten Güter zurückgeführt werden. Anhand der „mit und ohne“ Methode war es folglich nicht möglich, die durch die Maßnahmen hervorgerufenen Effizienzunterschiede korrekt zu isolieren.

Alle 19 Unternehmen in der Untersuchung, die ein EDV-gestütztes Dispositionssystem und/oder ein Telematiksystem eingeführt haben, würden das System heute noch einmal einführen. Die verschiedenen Systeme amortisieren sich durchschnittlich nach 1 bis 2,5 Jahren. Bei der Einführung von EDV-gestützten Dispositions- und Telematiksystemen ist die Emissionsminimierung oder Treibstoffeinsparung meist nicht das Hauptziel, sondern ein gern gesehener Nebeneffekt. Als Hauptvorteil solcher Systeme wird „größtmögliche“ innerbetriebliche Transparenz erreicht. Dadurch werden die Entscheidungsgrundlagen auf allen Ebenen eines Straßengüterverkehrsunternehmens verbessert.

In der tagtäglichen Praxis von Straßengüterverkehrsunternehmen ist der Faktor Zeit der wichtigste Gegenspieler zum treibstoffarmen Fahren und Disponieren. Um die betrieblichen Prioritäten weiter in die vom Klimaschutz gewünschte Richtung zu lenken und die vorhandenen Potenziale vollständig auszuschöpfen, sind politische Rahmenbedingungen, wie z.B. die streckenabhängige Maut, von großer Bedeutung.

Anhang Dispositions- und Telematikuntersuchung

Tabelle 7-3: Allgemeine Charakteristika der am Vorher-Nachher-Vergleich beteiligten Unternehmen (n=22)

| Wieviel Lkws verwaltet ein Disponent? | Unternehmen D0 | D1 | D1 | D1T | D0 | D1T | D1T | D0-D1 Veränderung (%) | D1-D1T Veränderung (%) | D0-D1T Veränderung (%) |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 112 - | - | - | - | - | - | 19,50 | 19,50 | - | - | 0,00 |
| 113 | 8,00 | 12,00 | - | - | - | 12,00 | 18,00 | 50,00 | - | - |
| 118 - | - | - | - | - | - | 9,00 | 8,00 | - | - | 50,00 |
| 119 - | - | - | - | - | - | 28,00 | 28,00 | - | - | -11,11 |
| 120 - | - | - | - | - | - | 15,50 | 15,50 | - | 47,62 | 0,00 |
| 121 - | - | - | 10,50 | - | - | - | - | - | - | - |
| 123 | 15,60 | 19,38 | - | - | - | 15,00 | 18,00 | 24,20 | - | - |
| 128 - | - | - | - | - | - | 16,00 | 38,00 | - | - | 20,00 |
| 131 - | - | - | - | - | - | 14,00 | 14,33 | - | - | 137,50 |
| 151 - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,38 |
| Anzahl | 10,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 7,00 | 7,00 | 2,00 | 1,00 | 7,00 |
| Mittelwert | 11,80 | 11,80 | 15,69 | 10,50 | 15,50 | 16,21 | 20,55 | 32,94 | 47,62 | 26,73 |
| Min | 8,00 | 8,00 | 12,00 | 10,50 | 15,50 | 9,00 | 8,00 | 24,20 | 47,62 | -11,11 |
| Max | 15,60 | 15,60 | 19,38 | 10,50 | 15,50 | 28,00 | 38,00 | 50,00 | 47,62 | 137,50 |
| Spannweite | 7,60 | 7,60 | 7,38 | 0,00 | 0,00 | 19,00 | 30,00 | 25,80 | 0,00 | 148,61 |

Quelle: Eigene Erhebung

Tabelle 7-4: Investitions- und Einführungskosten pro Lkw, im Vergleich mit den laufenden Kosten (n=17)

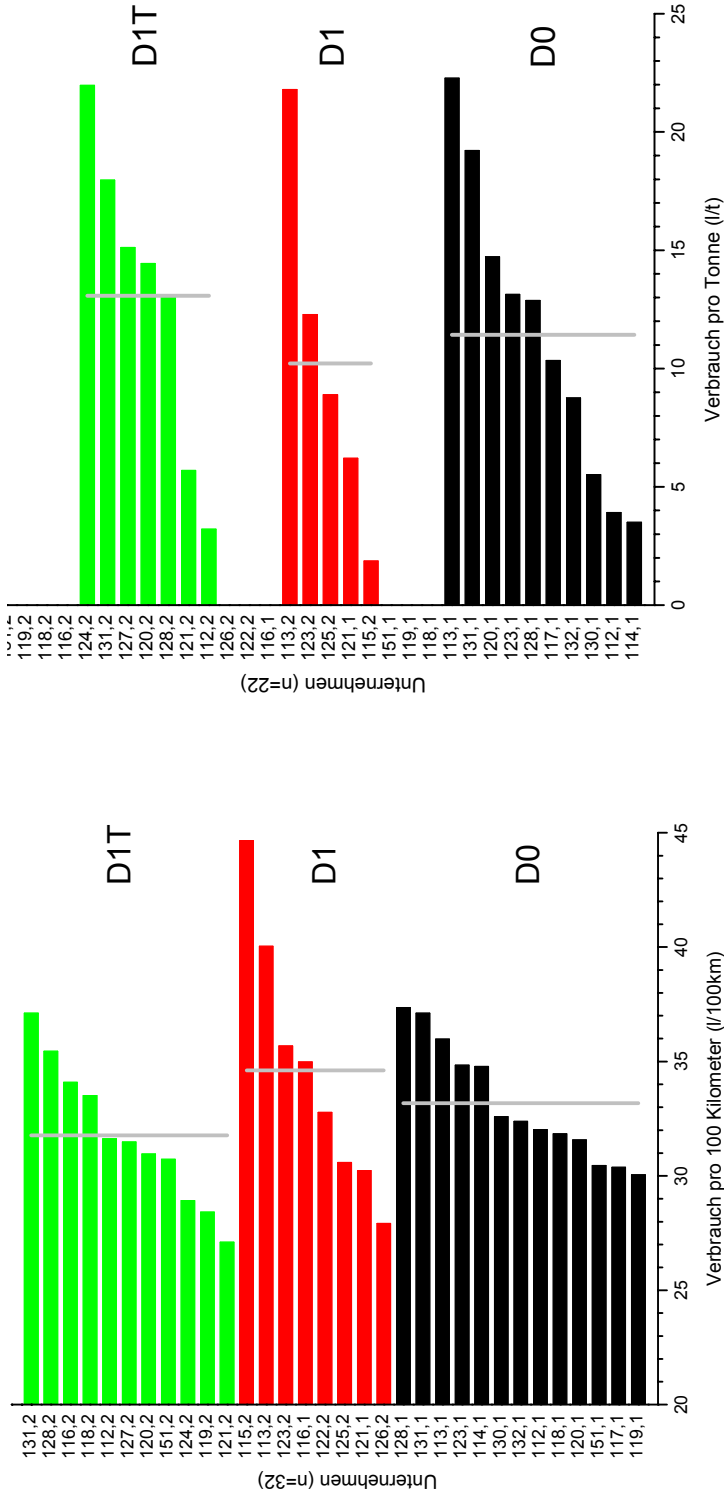
| Investitions- und Einführungskosten pro Lkw | Laufende Kosten pro Lkw und Jahr | | | | Disposition und Telematik | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| | Unternehmen | Disposition | Telematik Leasing | Telematik | Disposition und Telematik | Telematik Leasing | Disposition und Telematik | Disposition und Telematik | |
| | 112 | 574,10 - | - | - | - | 88,62 - | - | - | |
| | 113 | 1.000,00 - | - | - | - | 0,00 - | - | - | |
| | 115 | 269,44 - | - | - | - | 30,56 - | - | - | |
| | 116 - | - | 0,00 - | - | - | 1.440,00 - | - | - | |
| | 118 - | - | - | 1.800,00 | 2.852,83 | - | 192,57 - | - | |
| | 119 | 625,00 - | - | - | - | 1.200,00 | - | - | |
| | 120 | 512,39 - | - | - | - | 1.058,33 | - | - | |
| | 121 - | - | 0,00 - | - | - | 1.190,00 | - | - | |
| | 122 | 2.500,00 - | - | - | - | 120,00 - | - | - | |
| | 123 | 1.290,32 - | - | - | - | 129,03 - | - | - | |
| | 124 - | - | - | 3.800,00 | 5.035,00 | - | 108,00 - | - | |
| | 125 | 2.205,88 - | - | - | - | 147,06 - | - | - | |
| | 126 | 5.675,71 - | - | - | - | 571,43 - | - | - | |
| | 127 | 485,07 - | - | - | - | 10,45 - | - | - | |
| | 128 | 1.923,08 - | - | 3.205,13 | 5.128,21 | - | - | 576,92 | |
| | 131 - | - | - | 1.929,82 | 3.164,82 | - | 315,79 - | - | |
| | 151 - | - | - | 1.100,00 | 1.744,19 | 13,95 - | - | - | |
| Anzahl Mittelwert | | 11,00 1.551,00 | 2,00 0,00 | 5,00 2.366,99 | 5,00 3.585,01 | 9,00 123,45 | 4,00 1.222,08 | 3,00 205,45 | 1,00 576,92 |
| Min | | 269,44 | 0,00 | 1.100,00 | 1.744,19 | 0,00 | 1.058,33 | 108,00 | 576,92 |
| Max | | 5.675,71 | 0,00 | 3.800,00 | 5.128,21 | 571,43 | 1.440,00 | 315,79 | 576,92 |
| Spannweite | | 5.406,27 | 0,00 | 2.700,00 | 3.384,02 | 571,43 | 381,67 | 207,79 | 0,00 |
| Median | | 1.000,00 | 0,00 | 1.929,82 | 3.164,82 | 88,62 | 1.195,00 | 192,57 | 576,92 |

Quelle: Eigene Erhebung

Abbildung 7-5: Vergleich der Technologie-Klassen

D0 und D1: Vergleich möglich aber geringe Fallzahlen

D0 und D1T: Vergleich eingeschränkt möglich, weil durchschnittliche Transportdistanz und Dichte der Güter stark variieren

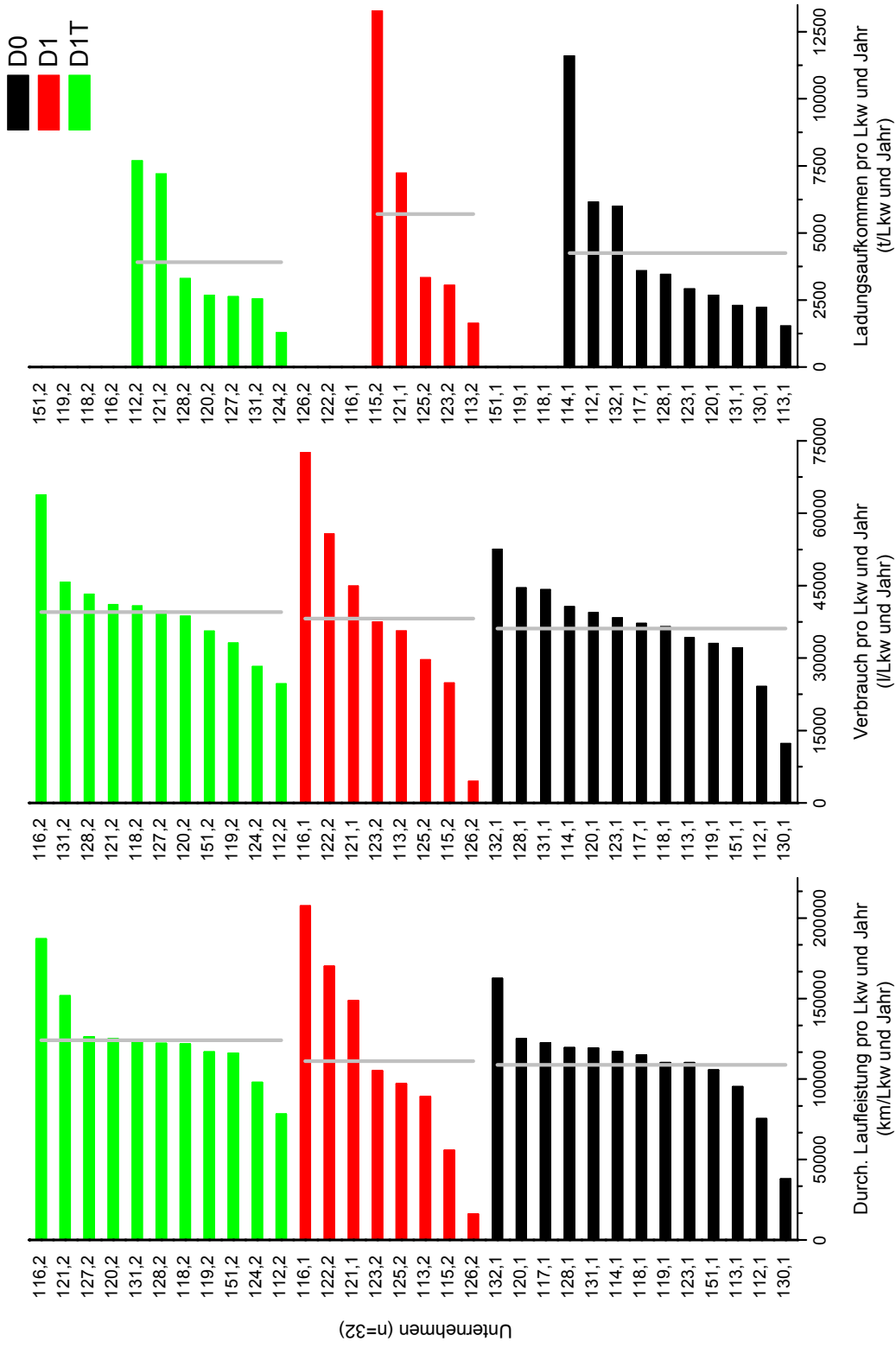


Verbrauch pro 100 Kilometer Jahresmittelwert von 32 Unternehmen. Strich ist Mittelwert der Klasse (links)

Verbrauch pro transportierter Tonne Jahresmittelwert von 22 Unternehmen (rechts)

Quelle: eigene Erhebung

Abbildung 7-6: Unternehmenswerte; Fahrleistung, Verbrauch und Ladungsaufkommen pro Lkw und Jahr, t/Lkw und Jahr, l/Lkw und Jahr, t/Lkw und Jahr, l/Lkw und Jahr, t/Lkw und Jahr (n=32 bzw. 22)



Quelle: Eigene Erhebung

8. *Fallstudie Speditionskooperationen im Tätigkeitsbereich Stückgut/Sammelgut*

Formelle Kooperation ist eine Form der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, bei der Ressourcen zur gemeinsamen Nutzung bereitgestellt werden, um vor allem Kostenvorteile zu realisieren. Dabei bleibt die rechtliche Eigenständigkeit der kooperierenden Unternehmen bestehen. Neben Kostenvorteilen spielen die Verbesserung des Marktzugangs, Verbreiterung der Angebotspalette, Know-how Transfer und Risikoteilung eine wichtige Rolle bei der Entscheidung für eine Kooperation.

Ob es sich bei der Kooperation um eine im Sinne des physikalischen Transports effiziente Maßnahme handelt, wurde überprüft. Die Hypothese einer höheren Effizienz liegt darin begründet, dass aufgrund einer Bündelung von Fahrzeugressourcen mehr Aufträge auf mehr Lkws verteilt und in einer effizienteren Weise in Raum und Zeit zugeordnet werden können, als bei kleinen und „selbständig“ arbeitenden Unternehmen. Damit würde eine höhere Auslastung der Flotte erzielt.

8.1 *Beschreibung der Speditionskooperation als Effizienzmaßnahme*

Bei der Bildung einer Speditionskooperation handelt es sich um eine umfassende, vertraglich geregelte Form der Kooperation. Die Speditionskooperationen, die im Bereich Stückgut/Sammelgut tätig sind, unterscheiden sich hinsichtlich ihrer rechtlichen Organisationsformen, ähneln sich aber stark bei der Erstellung der Transportleistungen. Typischerweise handelt es sich bei Sammelgut-Speditionskooperationen um einen Zusammenschluss von mittelständischen Speditionen, die sich vertraglich verpflichten, das gesamte von ihnen generierte Ladungsaufkommen, oder einen Teil davon, ausschließlich über andere Mitglieder der Kooperation abzuwickeln. Die Beteiligung an der Kooperation ermöglicht es den einzelnen Speditionen, einen täglichen 24-Stunden-Service zu jedem Punkt in der BRD anzubieten. Wobei eine Speditionsniederlassung pro Region für die Sammel- und Verteilverkehre zuständig ist und die Hauptläufe zwischen den Speditionsniederlassungen in den verschiedenen Regionen gebündelt stattfinden. Fast alle Sammelgut-Speditionskooperationen nutzen darüber hinaus einen Zentralhub, oder auch zusätzliche Regionalhubs, also einen Umschlagpunkt, über den alle Transporte geleitet werden, die auf Grund der geringen Ladungsmenge bei einem direkten Transport zur in der Empfangsregion zuständigen Niederlassung nicht kostendeckend durchführbar wären. Getreu der Definition der Spedition als Organisator von Transporten, wird die physische Durchführung der Transporte dabei meist von Subunternehmen übernommen, obwohl einige Speditionen zumindest einen Teil der Transporte mit eigenem Fuhrpark abwickeln. Die Speditionskooperation als

Unternehmen dient dabei als Clearing-Stelle für die Verrechnung der im Namen der verschiedenen Mitgliedsspeditionen durchgeführten Transporte. Sie garantiert außerdem ein gemeinsames Auftreten am Markt mit fest definierten Produkten unter einer einheitlichen corporate-identity und kontrolliert die Einhaltung von Qualitätsstandards. Die Kundenwerbung und -betreuung bleibt vorrangig die Aufgabe der Mitgliedsspedition in ihrer Region. Investitions- und Betriebskosten von kooperationsweit genutzten IT-Lösungen, wie auch des Hauptknotenpunktes mit Lagermöglichkeit (Hub), werden über die Kooperation finanziert. Die Speditionskooperation als Unternehmen soll dabei sich selbst und die entstehenden Kosten tragen, jedoch keine Gewinne erzielen, denn diese sollen den einzelnen Speditionen, die Mitglied (Partner) der Kooperation sind, zugute kommen.

Aus dem Blickwinkel der CO₂-Reduktion handelt es sich bei der Nutzung von Speditionskooperationen um eine Maßnahme zur Generierung von scale und scope Vorteilen. Die Stückgut- und Sammelgut-Speditionskooperation mit Hub-and-Spoke System stellt das Paradebeispiel für eine Maßnahme dar, die dazu dient, die Zahl von Aufträgen und Ressourcen zu erweitern, so dass Bündelungs- und Synergieeffekte möglich werden. Sammelgut stellt zudem keine besonderen Transportanforderungen und weist bei den Quellen und Senken der Verkehre keinen hohen Zentralisierungsgrad auf. Größenvorteile sollten sich daher besonders gut umsetzen lassen. Theoretisch sollte dies zu besonders hohen Auslastungsgraden und in Folge dessen zu einem Bestwert für die CO₂-Effizienz führen. Ob dies der Fall ist, wurde empirisch verifiziert.

8.2 *Marktanteil von Stückgut/Sammelgut Speditionskooperationen in der Bundesrepublik Deutschland*

Zu den in Deutschland im Bereich Stückgut/Sammelgut tätigen Speditionskooperationen zählen - in alphabetischer Reihenfolge und Kurzbenennung - CargoConcept, CargoLine, CTL, IDS, Online, Spedition 2000, S.T.a.R., SystemPlus, VTL und 24plus. Kamen 1998 noch zwei Stückgut/Sammelgut-Speditionskooperationen ohne Hub aus²², haben sich inzwischen alle oben genannten Kooperationen für ein Hub-and-Spoke Netzwerk entschieden. Dabei geht die Tendenz zur Einrichtung von zusätzlichen Regionalhubs.

Der gemeinsame Marktanteil von Sammelgut-Speditionskooperationen am Marktsegment „Allgemeine nationale Stückgutverkehre“ beträgt etwa 33%. Diese Angabe lässt sich aus den in einer Studie zu Marktsegmenten und Marktführerschaft in

²² Vgl. Kremer S. (2000), Verkehrsreduzierung durch Speditionskooperationen und Vernetzungsstrategien, Aachener geographische Arbeiten, Heft 34, Geographisches Institut der RWTH Aachen, S. 90f

der Logistik-Dienstleistungswirtschaft²³ ermittelten Werten errechnen. In der Studie wurde das Gesamtmarktvolumen für produktionsexterne zwischenbetriebliche Logistikleistungen des Transports, der Lagerung und des Umschlags in der BRD für das Jahr 1989 auf 87,0 Mrd. € beziffert. Davon entfielen etwa 7% auf das Marktsegment „allgemeine nationale Stückgutverkehre“. Das Marktsegment weist bereits einen recht hohen Konzentrationsgrad auf. Die Top 22 Unternehmen in diesem Marktsegments standen für 76% des Umsatzes.²⁴ Unter den Top22 Unternehmen wurden sechs der oben genannten zehn Sammelgut-Speditionskooperationen²⁵ mit ihren Umsätzen gelistet. Es gibt Hinweise darauf, dass seither der Konzentrationsgrad in diesem Marktsegment weiter zugenommen hat, jedoch ohne wesentliche Einflüsse auf den Marktanteil von Sammelgut-Speditionskooperationen.

8.3 *Stichprobe, Methodik und Design der Fallstudie*

Aus der Gruppe der zehn im Bereich Stückgut/Sammelgut tätigen Speditionskooperationen, wurde CargoLine GmbH für eine nähere Untersuchung der bei Transporten innerhalb von Speditionskooperationen erzielten CO₂-Effizienz ausgewählt. CargoLine repräsentiert eine Kategorie von Speditionskooperationen, die von kleineren mittelständischen Unternehmen gebildet sind, welche einen Jahresumsatz von ca. 120 Mio. €²⁶, und bis zu etwa 50 Beschäftigten pro Niederlassung aufweisen. Ihre Mitglieder wickeln den Großteil ihrer Verkehre (etwa 80-100%) über die Kooperation ab.

Bei CargoLine wurde ein Gespräch mit der Geschäftsführung einer der Partnerspeditionen durchgeführt. In diesem Gespräch wurde mit den Interviewpartnern erforscht, über welchen Weg möglichst viele Daten zu ermitteln wären. Ein Vorher/Nachher-Vergleich von Jahreswerten der Transportleistung und Verbrauch von Treibstoffen wurde als praktisch nicht durchführbar bewertet, weil über die Lage vorher bei den Unternehmen der Kooperation kein Archiv vorhanden war.

Daher bestand eine praktikable Möglichkeit zur Erhebung von miteinander im Verhältnis stehenden Tonnen-, Fahrleistungs- und Kraftstoffverbrauchsdaten in der Durchführung einer transportbegleitenden Verbrauchsmessung, analog zur Methode der

²³ P. Klaus, U. Müller-Steinfahrt (1999), Die „Top 100“ der Logistik, Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik (GVB) e.V., Nürnberg, Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, Hamburg, 2000

²⁴ Vgl. P. Klaus (1999), Seite 115, eigene Berechnungen

²⁵ Es befanden sich sieben Speditionskooperationen unter den Top 22, in der Zwischenzeit haben sich aber zwei der gelisteten Unternehmen zusammengeschlossen

²⁶ Vgl. P. Klaus, U. Müller-Steinfahrt (1999), S.168

Basisuntersuchung (siehe Kapitel 4). Anschließend wurden die Resultate mit den Werten der Basisbefragung verglichen, die von Unternehmen stammen, die keiner Kooperation beigetreten sind, um den Unterschied zwischen Kooperationspartnern und Nichtmitgliedern herauszuarbeiten.

Die Spedition stellte nach vorheriger Rücksprache mit ihren Subunternehmern deren Adressdaten zur Verfügung, worauf jeder dieser Subunternehmer kontaktiert wurde. Da einige Unternehmen die Entscheidung über die Mitarbeit dem Fahrer überlassen wollten, wurde mit der jeweiligen Speditionsniederlassung vereinbart, dass die Messbögen an die Fahrer verteilt werden konnten. Die 13 befragten Subunternehmer hatten zusammen 32 Fahrzeuge für die im Rahmen der Kooperation beförderten Waren im Einsatz, 22 Messbögen wurden verteilt, der Rücklauf betrug 8 Bögen. Mit diesem erfolgreich durchgeführten Pretest als Referenz wurden weitere Niederlassungen von CargoLine Mitgliedsspeditionen angesprochen und das Verfahren wiederholt.

Beschreibung der Stichprobe

Der gewählten Vorgehensweise folgend wurden drei CargoLine Standorte in die Untersuchung aufgenommen und zwar in Bremen, in Hamburg und in Schwelm (Nordrhein-Westfalen). Bei der Auswahl haben Empfehlungen eine Rolle gespielt, es ist aber darauf geachtet worden, dass kein einseitiges Bild der im Rahmen der Speditionskooperation durchgeführten Transporte entsteht. Die Niederlassung Bremen gehört mit einem Anteil von 1,9 % an den im Jahr 2002 von CargoLine beförderten Sendungen zu den kleineren Standorten und ist eher untypisch, da ein vergleichsweise großes Gebiet mit geringem Quellaufkommen pro Quadratkilometer bedient wird. Der Standort in Hamburg bedient hingegen eine Großstadtregion mit einem Anteil am CargoLine Gesamtaufkommen von 3,2%. Bei dieser Spedition übersteigt die Zahl der ausgehenden Sendungen den Empfang um ca. 40%. Der Standort Schwelm gehört mit einem Anteil von 5,2% am CargoLine Sendungsaufkommen zu den wichtigsten Standorten der Kooperation und bedient eine Industrieregion. Die ausgehenden Sendungen übersteigen hier die eingehenden Sendungen um etwa 76%.²⁷ Die Messungen fanden in den Monaten Februar und März 2003 statt. Der März entspricht von Sendungsaufkommen her fast genau dem Mittel der saisonalen Schwankungen, der Februar liegt 4,7% unter dem Mittel.²⁸ Der Rücklauf betrug insgesamt 28,5%.

²⁷ Alle Angaben zum Sendungsaufkommen der einzelnen Niederlassungen basieren auf einer von der CargoLine Zentrale zur Verfügung gestellten Statistik für das Jahre 2002 und auf eigenen Berechnungen.

²⁸ ebenda

Tab. 8-1: Stichprobenumfang und Rücklauf der Erhebung von Messdaten bei Speditionskooperationen

| Standort | Zahl der Subunternehmer (Adressen) | Subunternehmer-Fahrzeuge im Einsatz | Zusagen (Unternehmen) | ausgegebene Messbögen | Rücklauf |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Bremen | 13 | 34 | 8 | 22 | 8 |
| Hamburg | 7 | 24 | 4 | 11 | 6 |
| Schwelm | 27 | k. A. | 7 | 30 | 4 |
| <i>Summe</i> | <i>47</i> | <i>ca. 100</i> | <i>19</i> | <i>63</i> | <i>18</i> |

Quelle: Eigene Erhebung

8.4 Analyseergebnisse

CO₂-relevante Kennzahlen der Stichprobe

Zunächst bestätigen sich die Ergebnisse der Basisbefragung, wonach Ladegewicht, Distanz und Fahrzeugtyp entscheidend für die CO₂-Effizienz sind. Der Literverbrauch pro 100 km ist bei kleineren Fahrzeugen niedrig, der CO₂-Ausstoß pro Tonnenkilometer ist hingegen sehr hoch (Tabelle 8-2 und Abbildung 8-1). Der durchschnittlichen Auslastungsgrad beträgt 39% für alle Fahrzeuge. Die kleineren Fahrzeugen unter 14 t sind mit 50% in der Stichprobe vertreten. Der Wert 39% für Gewichtsauslastung ist in der Stichprobe der Kooperationsunternehmen niedriger als in der gesamte Stichprobe der Basisuntersuchung (siehe Kap. 4), so dass die Hypothese einer höheren Effizienz aufgrund der Kooperation bei diesem Indikator widerlegt erscheint.

Es stellt die Frage, warum trotz geringer Auslastung die Effizienz der Kooperation doch nicht so niedrig ausfällt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die niedrige Effizienz in dieser Stichprobe hat das deutlich ungünstigere Verhältnis von Eigengewicht zu maximal möglicher Nutzlast bei den 7,5t und 11-14t Fahrzeugen. So beträgt der mittlere CO₂-Effizienz-Wert für die 7,5t-Fahrzeuge weniger als ein Fünftel des entsprechenden Wertes für 40-Tonner.

Tabelle 8-2: Fahrten, die im Rahmen einer Speditionskooperation durchgeführt wurden – Mittelwerte von Kennzahlen nach Fahrzeuggrößenklassen

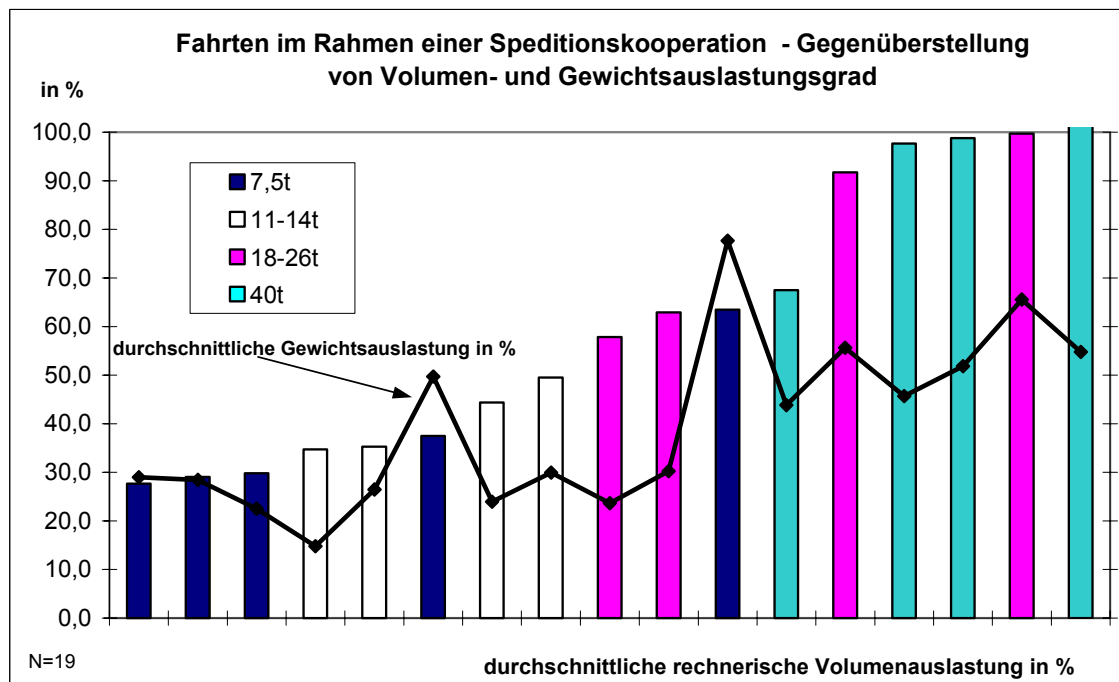
| | Zulässiges Gesamtgewicht | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------|---|---------|---|---------|---|--------|----|-----------|
| | N | 7,5 t | N | 11-14 t | N | 18-26 t | N | 40 t | N | Insgesamt |
| Alter der Fahrzeuge in Jahren | 6 | 4,5 | 5 | 13,6 | 4 | 1,8 | 4 | 3,0 | 19 | 6,0 |
| Kraftstoffverbrauch in Liter/100km | 6 | 15,7 | 5 | 16,6 | 4 | 30,3 | 4 | 33,1 | 19 | 22,7 |
| Kg CO ₂ /km | 6 | 0,414 | 5 | 0,439 | 4 | 0,800 | 4 | 0,873 | 19 | 0,598 |
| Liter/tkm | 6 | 0,151 | 5 | 0,080 | 4 | 0,058 | 4 | 0,029 | 19 | 0,087 |
| Kg CO ₂ /tkm | 6 | 0,399 | 5 | 0,211 | 4 | 0,153 | 4 | 0,076 | 19 | 0,230 |
| Liter/mkm | 5 | 0,026 | 4 | 0,023 | 4 | 0,019 | 4 | 0,012 | 17 | 0,020 |
| Kg CO ₂ /mkm | 5 | 0,070 | 4 | 0,060 | 4 | 0,051 | 4 | 0,031 | 17 | 0,054 |
| Liter/t | 6 | 8,749 | 5 | 3,443 | 4 | 7,961 | 4 | 8,704 | 19 | 7,177 |
| Kg CO ₂ /t | 6 | 23,088 | 5 | 9,086 | 4 | 21,008 | 4 | 22,969 | 19 | 18,940 |
| mittlere Entfernung pro beladene Fahrt (a) in km | 6 | 70,3 | 5 | 45,3 | 4 | 147,4 | 4 | 309,7 | 19 | 130,4 |
| mittlere Entfernung pro Fahrt (b) in km | 6 | 23,7 | 5 | 22,0 | 4 | 60,8 | 4 | 105,8 | 19 | 48,3 |
| % Anteil Leer-km | 6 | 26,1 | 5 | 41,7 | 4 | 3,9 | 4 | 11,6 | 19 | 22,5 |
| durchschnittliche Gewichts-Auslastung in % | 5 | 41,5 | 4 | 23,8 | 4 | 43,8 | 4 | 49,0 | 17 | 39,6 |
| Faktor zur Umrechnung Tonnenauslastung zu Volumenauslastung | 5 | 0,975 | 4 | 1,797 | 4 | 1,926 | 4 | 1,962 | 17 | 1,624 |
| Ø rechnerische Volumenauslastung in % | | 40,4 | | 42,7 | | 84,2 | | 96,2 | | 64,4 |

(a) durchschnittliche Entfernung zwischen zwei Stops die beladen zurückgelegt wurden. (b) durchschnittliche Entfernung zwischen zwei Stops unabhängig vom Beladezustand. Es wurden jeweils alle Stops, also nicht nur jene zum Be-/Entladen berücksichtigt.

Quelle: Eigene Erhebung

Obwohl die mittlere Volumenauslastung mit 64% recht hoch ist (Abb. 8-2), wird ersichtlich, dass vier der neunzehn Fahrzeuge bereits an der Volumenauslastungsgrenze operieren, eine weitere Verbesserung der CO₂-Effizienz durch eine Verbesserung des (Gewichts-) Auslastungsgrades daher nicht mehr möglich ist. Es ließe sich annehmen, dass bei den sechs Fahrzeugen mit einer durchschnittlichen Volumenauslastung von unter 40% ausreichend Potential für weitere Effizienzsteigerung durch Erhöhung des Auslastungsgrades vorhanden ist. Da es sich hierbei aber um Fahrzeuge handelt, die in Verteil- und Sammelverkehr eingesetzt waren, ist eine Umsetzung schwierig. Aus den Messbögen ist ersichtlich, dass die Fahrzeuge zu Beginn einer Ausliefertour bis zur Gewichtsgrenze beladen sind und dann im Laufe der Tour Gewichts- wie Volumenauslastung langsam abnehmen. Eine zwischenzeitliche Aufnahme von Ladung ist selten. Typischer ist ein Sammeln von Ladung im Anschluss an die Verteiltour, teilweise sogar mit einem Wechsel von Ladungs- und Leerfahrt.

Abb. 8-3: Fahrten im Rahmen einer Speditionskooperation – Gegenüberstellung von Volumen- und Gewichtsauslastung



Quelle: Eigene Erhebung

Gespräche mit Fahrern und Subunternehmern ergaben, dass es bei den bestehenden Verhältnissen am Markt kaum möglich sein wird, dieses Muster zu brechen. Die Empfänger möchten ihre Ware möglichst frühzeitig am Tag angeliefert bekommen, und die Verlager die Waren möglichst erst am Ende des Arbeitstages der Spedition übergeben. Seitdem regelmäßigen Kunden die Möglichkeit gegeben wird, ihre Aufträge per Datenfernübertragung an die Spedition zu melden, werden Aufträge häufig erst eine bis eine halbe Stunde vor Abholungszeitpunkt eingebucht. Eine Tourenplanung unter Einbezug sowohl von Ausliefer- als auch Abholungsaufträgen ist unter diesen Bedingungen und der derzeitigen Geschäftspraxis nicht möglich. Dies führt zu der Hypothese, dass diese Praxis und Zeitbeschränkung die Möglichkeit weiterer Effizienzsteigerungen durch Einsatz von IT-Disposition und Telematik erheblich einschränkt. Es wäre zu untersuchen, ob die positiven Befunde der Teiluntersuchung dieser Maßnahmen (Kapitel 7) auch für eine Speditionskooperation gelten.

Bei der Betrachtung der Auslastungsgrade der übrigen Fahrzeuge, von denen einige in der Nacht in Hauptläufen und am Tag mit Zuholen von Waren vom Kunden zur Speditionsniederlassung beschäftigt waren, wurde zwei Sachverhalte ermittelt. Zum einen wurde berichtet, dass am Hub der Staufaktor der Waren um etwa 20% sinkt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Sortenreinheit der Ladung durch die Bündelung mit anderen Transporten bei jeder Transportstufe vom Versender zum Empfänger abnimmt. Der Effekt tritt schon bei der Verkehrsbrechung an der Niederlassung auf. Wo Fahrten

wie am Hub paarig (Hinfahrt/Rücklauf) durchgeführt werden, wird daher eine Richtung nie zu 100% Volumenauslastung gefahren werden können. Außerdem ist auch eine Speditionskooperation von den bundesweit bestehenden Ungleichgewichten der Verkehrsströme betroffen. Dies führt dazu, dass es unmöglich ist, in beiden Richtungen der Hauptläufe eine 100%ige Auslastung zu erzielen, auch wenn versucht wird, über die Einrichtung von Rundläufen und die Zusammenlegung von zwei Hauptläufen die Auslastung der Fahrzeuge zu optimieren.

Daher sind zahlreiche weitere Einflussfaktoren vorhanden, die von der Organisation der logistischen Abläufe her eine Effizienzsteigerung in Kooperationen erschweren. Das Verständnis dieser Einflussfaktoren konnte qualitativ erweitert werden. Eine genaue Quantifizierung bleibt eine Herausforderung für künftige Forschungen.

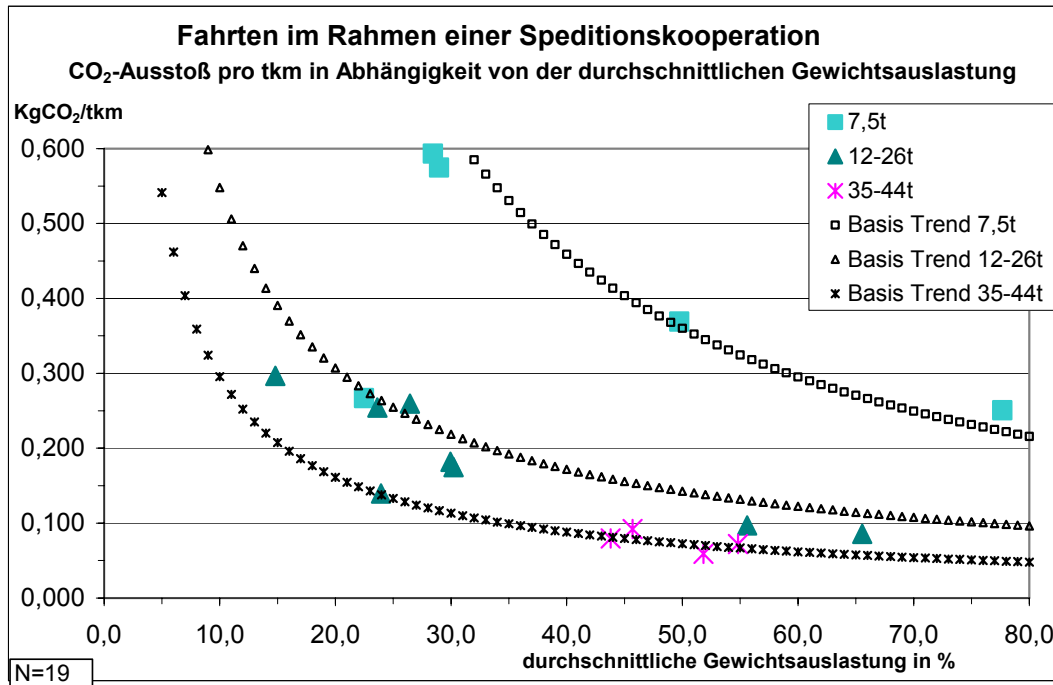
Ansätze zur Bestimmung der relativen CO₂-Effizienz von Stückgut/Sammelgut Speditionskooperationen

Es wurden zwischen Kooperationsteilnehmern und anderen Logistikunternehmen verglichen. Dafür war es notwendig, zwei unterschiedliche Methoden zu entwickeln, die zur Eingrenzung der relativen CO₂-Effizienz der Speditionskooperation im Vergleich zu den Ergebnissen der Basisuntersuchung dienen. Die erste Methode quantifiziert den Unterschied in der CO₂-Effizienz zwischen den im Rahmen der Speditionskooperationsuntersuchung und der Basisuntersuchung erhobenen Fahrten, und schließt die Gewichtsauslastung als Kenngröße aus. Der zweite Weg geht über den Vergleich der mittleren CO₂-Effizienz der jeweiligen Fahrzeuggrößenklassen von Kooperationsstichprobe und den im Rahmen der Basisuntersuchung erhobenen Fahrten von Stückgutverkehren ab. Bei letzterer Betrachtung gehen Unterschiede in der durchschnittlichen Gewichtsauslastung in die Analyse mit ein.

Vergleich der in Speditionskooperationsuntersuchung und Basisuntersuchung vorgefundenen CO₂-Effizienz, unter Ausschluss der durchschnittlichen Gewichtsauslastung als beeinflussendem Faktor

Die Fahrten, die im Rahmen einer Speditionskooperation durchgeführt werden, ähneln stark denen der Basisuntersuchung (Abb. 8-3). So ähneln sich die Abbildungen 4-6.2 und 8-3. Wie wir an den Datensätzen erkennen können, ist das Verhältnis zwischen Gewichtsauslastung und CO₂-Effizienz, gemessen am Indikator kgCO₂/tkm, fast der Gleiche. Die dargestellten Trendlinien entsprechen dem aus der Basisuntersuchung abgeleiteten Erwartungswert des Indikators kgCO₂/tkm für den jeweiligen durchschnittlichen Gewichtsauslastungsgrades eines Fahrzeugs einer bestimmten Fahrzeuggrößenklasse (Kap. 4).

Abb. 8-3: Fahrten im Rahmen einer Speditionskooperation: Einzelwerte der CO₂-Effizienz (in kg CO₂/tkm) in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Gewichtsauslastung der Fahrzeuge im Vergleich zu den Trendwerten der Basisuntersuchung



Quelle: Eigene Erhebung

Hochrechnung des CO₂-Effektes der Kooperation

Es wurde die hypothetische Menge an CO₂ kalkuliert (12.286,7 kgCO₂), die entstanden wäre, wenn alle beobachteten Fahrten eine CO₂-Effizienz aufgewiesen hätten, die dem aus der Basisuntersuchung abgeleiteten Erwartungswert nach Auslastungsgrad und Fahrzeugklassen entsprechen. Bildet man die Differenz zwischen dem in der Speditionskooperations-Stichprobe tatsächlich festgestellten Gesamt-CO₂-Ausstoß (10.424,5 kgCO₂) und dieser hypothetischen Menge, zeigen die Fahrten der Speditionskooperationen einen um etwa 15% geringeren CO₂-Ausstoß. Aufgrund der zu geringen Fallzahlen ist eine solche hypothetische Berechnung erst ein anfänglicher Hinweis. Es besteht weiter Forschungsbedarf.

Es bestätigt sich somit der Verdacht, dass Kooperationen einen Effizienzvorteil besitzen könnten, der sich auf den relativen Treibstoffverbrauch niederschlägt.

Zieht man aus der vorstehenden Untersuchung großzügig den Schluss, dass Speditionskooperationen eine höhere CO₂-Effizienz aufweisen können als vergleichbare im Stückgutgeschäft tätige Unternehmen, ist zu berücksichtigen, dass es sich dabei nicht nur um den Effekt der Maßnahme Speditionskooperation als solche handelt. Wahrscheinlich ist es eher ein Gradmesser für die Effizienz, die auf Managemententscheidungen in Großunternehmen zurückzuführen ist. Denn eine

Speditionskooperation ist im Endeffekt nichts anderes als eine Maßnahme zur Herstellung von einem Großunternehmen ähnlichen Produktionsbedingungen.

Die Vermutung, dass die im Rahmen einer Speditionskooperation durchgeführten Fahrten besonders hohe Auslastungsgrade im Vergleich mit der Basis-Stichprobe aufweisen, konnte nicht bestätigt werden. Da die Vergleichsgruppe der Stückgutverkehre aus der Basisuntersuchung von Großunternehmen dominiert wurde, ist dies verständlich.

Übertragbarkeit auf andere Transportbranchen

Wie hoch ist das Potenzial für eine weitere Verbreitung der Organisationsform „Speditionskooperation“ und somit für das Erzielen einer höheren CO₂-Effizienz in Deutschland? Dies ist zunächst eine ökonomische Frage, welche die Marktentwicklung der Transportwirtschaft insgesamt betrifft. Die für eine Kooperation typischen Netzeffekte werden sich nicht in gleichem Maße bei allen Verkehren implementieren lassen können. Zu den Marktsegmenten, die eher weniger von der Bildung einer Speditionskooperation profitieren werden, gehören alle Verkehre, die stark zentrierte Quell- oder Empfangsregionen vorweisen, wie es häufig bei Massengütern vorkommt, oder spezielle Transportanforderungen stellen, wie beispielsweise temperaturkontrollierte Transporte. Das Marktsegment, das für eine Effizienzsteigerung durch entsprechende Managemententscheidungen in Frage kommt, beträgt nach Experteneinschätzung etwa 60%²⁹ der bundesdeutschen Transporte, bestehend aus den Bereichen „industrielle Kontraktlogistik/ Produktionsversorgung“, „Konsumgüterdistribution/ Kontraktlogistik“, „allgemeiner nationaler Stückgutverkehr“ und „allgemeiner Ladungsverkehr“. Obwohl der KEP-Bereich vom Warentypus und den Strukturen her auch in Frage käme, wird er für bereits so organisiert eingestuft, dass er von den speditionskooperationstypischen Optimierungsansätzen nicht mehr profitieren kann.

Kostenvorteile

Die Fragen nach den Kosten der Mitgliedschaft in einer Speditionskooperation wurden von den Gesprächspartnern in den Speditionen für belanglos erachtet. Die Mitgliedschaft in der Kooperation sichere die Stellung am Markt. Kosten für IT-Systeme wären auch ohne Kooperationsmitgliedschaft angefallen. Errichtung und Betrieb eines Hubs seien zwar mit Kosten verbunden, aber es würden ja nur jene Verkehre über den Hub geleitet, für die die Summe der Umschlag- und Umwegkosten pro Sendung geringer sei als ein

²⁹ eigene Berechnung auf Basis der Marktsegmentumsätze laut P. Klaus, U. Müller-Steinfahrt (1999), S.96

Direkttransport. Daraus lässt sich schließen, dass sich für die befragten Unternehmen die Mitgliedschaft in einer Speditionskooperation betriebswirtschaftlich rechnet. Zu welchem Anteil die im Rahmen der Kooperation stattfindende Bündelung von Verkehrsströmen zu diesem Effekt beiträgt, ist nicht bekannt. Berichtet wurde, dass sich im Zuge der Einführung der Maut das Verhältnis von Umschlagkosten zu Fahrtkosten verschieben würde, und damit die Gewichtsgrenzen, ab der Direktfahrten vermieden werden, neu zu berechnen sind. Die Tendenz geht zur verstärkten Nutzung von Regionalhubs.

8.5 *Fazit*

Die Kooperationsteilnehmer haben ihren möglichen Effizienzvorsprung wegen der günstigen Verhältnis von Nutzlast und Eigenlast erreicht. Die Ursachen dafür konnten nicht abschließend geklärt werden. Die zur Messung der CO₂-Effizienz von uns verwendete Indikator tkm pro kg CO₂ liegen leicht unter den erwarteten Werten. Ursache hierfür liegt nicht beim Auslastungsgrad oder bei der Wahl der Fahrzeugtypen. Eine hohe mittlere Volumenauslastung (64%) wurde in den befragten Unternehmen erreicht.

Als konkrete Ursache für das bessere Nutzlast/Eigengewicht Verhältnis bei mehreren der im Rahmen der Speditionskooperation eingesetzten Fahrzeugen kommen technische Gründe in Frage. Bei dem vermuteten Effizienzvorsprung handelt es sich wahrscheinlich nicht um den Effekt der Maßnahme Speditionskooperation als solche, sondern eher um einen Hinweis auf die Effizienz, die durch Managemententscheidungen in Großunternehmen zustande kommt. Dieser begründete Verdacht bleibt zu überprüfen.

Nicht alle Transportbranchen werden von der Bildung von Speditionskooperationen gleichermaßen profitieren können, wie das Marktsegment Stückgut/Sammelgut. Unter Berücksichtigung der vorherrschenden Arten von Quelle/Ziel Verkehren und speziellen Transportanforderungen der Güter lässt sich der gemeinsame Anteil derjenigen Marktsegmente, die Vorteile aus der Bildung von Speditionskooperationen ziehen können, grob auf 60%³⁰ der bundesdeutschen Transporte schätzen. Hinsichtlich der Effekte von Speditionskooperationen in anderen Branchen besteht weiter Forschungsbedarf.

Auffälligstes Phänomen bei der Untersuchung war die geringe CO₂-Effizienz der mit 7,5t-Fahrzeugen durchgeführten Transporte. Es wäre zu prüfen, ob es zum Einsatz

³⁰ eigene Berechnung auf Basis der Marktsegmentumsätze laut P. Klaus, U. Müller-Steinfahrt (1999), S.96

dieser Fahrzeuge keine bessere Alternative gibt. Die von diesem Fahrzeugtyp zurückgelegte Fahrleistung ist laut Bundesstatistik gering. Gerade bei dem niedrigen Auslastungsgrad der Sammel- und Verteilverkehre verlangt jede bewegte Tonne Eigengewicht Energie, die eingespart werden kann.

Als Fazit ist festzuhalten, dass es schwierig ist, eine organisatorische Maßnahme mit ihrer Auswirkung auf Energienutzung und Effizienz quantitativ zu erfassen, im Vergleich zu einer technologischen Maßnahme. Zudem ist die Komplexität der Vorgänge auf ein Gebiet wie Deutschland im Bereich Kooperation so groß, dass eine Teilanalyse nicht den Anspruch der Repräsentativität sicher erheben kann. Ob die erwartete Steigerung der Energieeffizienz durch Kooperation zwischen Logistikfirmen in Deutschland sich insgesamt einstellt, und ob der Skaleneffekt volkswirtschaftlich und in die Energiebilanz des gesamten Landes sich niederschlägt, wäre in einer künftigen, größeren Studie zu untersuchen.

9. Kurzbetrachtung Technologien zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs

9.1 Übersicht vorliegender Technologien

Um die Fülle an technologischen Maßnahmen zu untersuchen, ist es möglich, empirische Tests durchzuführen und zu evaluieren. Dies soll einem eventuellen Forschungsprogramm vorbehalten bleiben. In dieser Studie wurde eine Teilanalyse der technischen Effizienz ausgewählter Maßnahmen anhand einer Durchsicht der Literatur und wenigen Telefoninterviews durchgeführt.

Durch Änderungen am Fahrzeug selbst kann der Kraftstoffverbrauch gesenkt und die Treibstoffeffizienz erhöht werden. Grundlage dieser Untersuchung sind deshalb Herstellerangaben sowie unabhängige Studien. Die Richtigkeit dieser Angaben konnte in der empirischen Untersuchung bei den Fuhrunternehmen und in der realen Betriebspraxis nicht überprüft werden. Dennoch ist aufgrund der leichten Anwendbarkeit der untersuchten Technologien von einem hohen Potenzial auszugehen.

Tabelle 9-1: Übersicht Herstellerangaben zu Technologien am Fahrzeug und deren Reduktionspotenzial

| Technologie | Herstellerangaben, Testergebnisse und eigene Schätzung zum CO ₂ -Reduktionspotenzial am Fahrzeug** |
|------------------------------|---|
| Windleiteinrichtung | 4 % (bundesweites Potenzial max. 1%) |
| Stauraumoptimierungssoftware | 6 bis 10,5% (bundesweites Potenzial 1,8 bis 3,2%) |
| Doppelstockfahrzeuge | 10-33% |

*bei Anwendung von SAE 0W-30 Motorenöl + SAE 75W-90 Getriebeöl, **Durchschnittswerte

Quellen: Eigene Erhebung 2003; Eigene Berechnungen; Völtz, 2003; Shell 2003; Michelin 2003; Lastauto Omnibus 2000; DETR, 2001

Die Literaturstudie zeigt, dass Erhebungsmethoden, Fahrtests und Prüfverfahren methodisch erheblich voneinander abweichen und es keine Hinweise auf die Zuverlässigkeit und die Datenqualität gibt. Es zeigt sich, dass der Nachweis der erreichten Reduktion oft durch Berechnung und nicht durch empirische Erhebung oder Tests erfolgte. Diese Angaben sind daher unsicher und keine Entscheidungsgrundlage. Im folgenden werden die drei technischen Maßnahmen Windleiteinrichtung, Stauraumoptimierungssoftware und Doppelstockfahrzeuge vorgestellt.

9.2 Technische Maßnahme: Einsatz von Windleiteinrichtungen

Die Installation eines Dachspoilers ist die wirksamste Einzelmaßnahme zur Verringerung des Luftwiderstandes bei Nutzfahrzeugen. Bestwerte sind in Verbindung mit der Montage von Seitenverkleidungen (Schürzen) am Heck des Führerhauses zu erzielen. In der nachstehenden Tabelle sind einige Angaben zum realisierbaren Kraftstoffeinsparungspotenzial aus einer sehr detaillierten, im Rahmen des UK Energy-Efficiency Programme angefertigten Studie zusammengefasst. Den in der Studie ausgewiesenen Angaben liegen folgende Annahmen zu Grunde, ein Kraftstoffverbrauch von 40 Liter pro 100 km für Sattelzüge und LKW-Hänger Kombinationen von jeweils 350 kW Leistung, sowie ein Verbrauch von 28 Liter für feststehende LKW mit einer Leistung von 250 kW. Dem Einfluss von Fahrgeschwindigkeit, Masse und Gelände wurde durch Verwendung von drei Szenarien Rechnung getragen. Fall A, geht von einem voll beladenen 40-Tonner mit einem Autobahnanteil zu 90 km/h von 40 % und einem Stadtfahrtanteil von nur 15% aus. Fall B, unterscheidet sich nur in der mit 32 t in angesetzten Masse des Fahrzeugs und Fall C, unterstellt einen Stadtfahrtanteil von 25% mit nur 30% Streckenanteil auf Autobahnen.

Eine andere Studie³¹ gibt folgendes Kraftstoffeinsparungspotenzial an: 3,7% für 3D Dachspoiler und 2,4% für einfache Dachspoiler. Sucht man einen aussagekräftigen Mittelwert für das CO₂-Einsparungspotenzial von Windleiteinrichtungen, sollte wegen des hohen Anteils von Sattelzügen am Güterfernverkehr sowie dem Tendenziell abnehmenden spezifischen Gewicht der transportierten Güter mit einem Wert von 3,7%-4,4% operiert werden. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass sich das Einsparungspotenzial von Windleiteinrichtungen vor allem im Fernverkehr umsetzen lässt.

Kurze Amortisationszeit

Einfache Dachspoiler werden derzeit im Internet für etwa 640 € angeboten, 3D-Versionen sind ab etwa 1000 € erhältlich und für komplette Blendsätze sind 1400 bis 1700 € anzulegen. Eine Jahresfahrleistung von 160.000 km und einen Zinssatz von 10% sowie einen Kraftstoffpreis von 0,90 € pro Liter zugrundegelegt, amortisiert sich die Investition in einen einfachen Dachspoiler z. B für ein Sattelzugfahrzeug bei einer 2,8%-igen Kraftstoffeinsparung bereits nach 5 ½ Monaten, ein 3D-Dachspoiler bei 3,7% Kraftstoffeinsparung in 6 ½ Monaten und ein kompletter Blendsatz inklusive Schürze für einen LKW bei einer Kraftstoffeinsparung von nur 4,7% bei hohem Stadtverkehrsanteil immer noch in einem Zeitraum zwischen 7 und 8 ½ Monaten. Selbst

³¹ J. Bates, C. Brand, P. Davidson, N. Hill, 2001, Economic Evaluation of Emissions Reductions in the Transport Sector of the EU, AEA Technology Environment, for DG Environment, Seite 31

wenn man anstatt des Ausgangsverbrauchs von 40 Litern pro 100 km bei einem voll beladenen 40-Tonner mit einem Ausgangsverbrauch von 31l/100 km kalkuliert, rentieren sich die vorgestellten Kalkulationsbeispiele innerhalb eines Jahres.

Hohe Marktdurchdringung, Umsetzungshindernisse und Abschätzung des verbleibenden CO₂-Reduktionspotenzials für die BRD insgesamt

Das gute Kosten/Nutzen Verhältnis der Verwendung von Dachspoilern scheint bereits hinlänglich bekannt. Neufahrzeuge verfügen heute standardmäßig über Dachspoiler. Eine an den Autobahnen A1 und A7 in Hamburg durchgeführte Stichprobe ergab, dass 80% der Fahrzeuge mit mehr als 12t zulässigem Gesamtgewicht bereits mit Dachspoilern, oder aerodynamisch geformten Schlafkabinen ausgestattet sind. Bei den verbleibenden 20% handelte es sich in mehr als 50% der Fälle um Baufahrzeuge für die wegen der offenen Gestaltung der Ladefläche ein Dachspoiler ohnehin keine Vorteile bringen würde. Ähnliches gilt übrigens für andere Spezialfahrzeuge wie z. B. Autotransporter, die jedoch nicht separat erfasst wurden. Von den Fahrzeugen mit bis zu 12t von denen zu vermuten ist, dass sie zu einem wesentlichen Teil dem Nah- oder Verteilverkehr zuzurechnen sind, waren immerhin noch 62% der Fahrzeuge mit Dachspoilern ausgestattet.

Tabelle 9-6: Stichprobe zur Abschätzung des Anteils der mit Dachspoilern ausgestatteten Nutzfahrzeuge
Quelle: Eigene Erhebung

Zählung am 04.02.2003 in Hamburg Summe der Fahrzeuge an der A1 und A7

| | mit Dachspoiler in % | | ohne Dachspoiler in % | | davon Baufahrzeuge in % | | Summe Fahrzeuge |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|-------------|----------------------------|------|--------------------|
| Fahrzeuge > 12 t zul. Gesamtgewicht | | | | | | | |
| LKW | 136 | 48,7 | 143 | 51,3 | 88 | 61,5 | 279 |
| LKW +Anhänger | 200 | 91,3 | 19 | 8,7 | 2 | 10,5 | 219 |
| Sattelzug | 673 | 87,6 | 95 | 12,4 | 46 | 48,4 | 768 |
| Containersattelzug | 91 | 91,9 | 8 | 8,1 | 1 | 12,5 | 99 |
| Zugmaschine solo | 21 | 95,5 | 1 | 4,5 | - | - | 22 |
| Summe | 1121 | 80,8 | 266 | 19,2 | 137 | 51,5 | 1387 |
| Fahrzeuge < 12 t zul. Gesamtgewicht | | | | | | | |
| LKW | 148 | 56,5 | 114 | 43,5 | - | - | 262 |
| Transporter | 8 | 2,0 | 399 | 98,0 | - | - | 407 |
| Summe | 156 | 23,3 | 513 | 76,7 | - | - | 669 |
| Insgesamt | 1277 | 62,1 | 779 | 37,9 | 137 | 17,6 | 2056 |

Es wurden an den Autobahnen A1 (Kieler Straße) und A7 (Steinbecker Hauptstraße) für 45 min in beiden Fahrtrichtungen gezählt.

Unterstellt man einmal, dass die in der Stichprobe bei einer Autobahnfahrt beobachteten Fahrzeuge von über 12t ein in etwa korrektes Bild der durchschnittlichen Dachspoilerausstattung bei den im Fernverkehr zurückgelegten Kilometern wiedergibt, so muss das Bundesweite CO₂-Reduktionspotenzial durch die Ausstattung von Fahrzeugen, die derzeit noch nicht über einen Dachspoiler verfügen, als sehr gering bezeichnet werden. Es dürfte bei unter einem halben Prozent liegen. Allerdings verfügt noch nicht jedes Fahrzeug über die jeweils optimale Version oder Kombination von Windleiteinrichtung. Allein der Unterschied im Einsparungspotenzial zwischen einfachem Spoiler und 3D-Spoiler beträgt im Durchschnitt 1,58%, ein weiteres Prozent an Kraftstoff kann durch die Kombination mit Schürzen eingespart werden, wenn auch nicht bei jedem Fahrzeugtyp. Der Anteil der nicht optimal ausgestatteten Flotte und ihr Anteil an der in der BRD zurückgelegten Fahrleistung ist nicht bekannt. Das verbleibende CO₂-Reduktionspotenzial durch die weiteren Verbesserung der aerodynamischen Ausstattung von Nutzfahrzeugen in der BRD wird daher auf 1% geschätzt.

9.3 *Stauraumoptimierungssoftware*

Das Ziel jeder Stauraumoptimierungsmaßnahme ist, die Menge der pro Fahrzeug (bzw. Container oder Wechselbrücke) verladenen Güter zu erhöhen, in dem der vorhandene Laderaum besser ausgenutzt wird. Dadurch sinkt die Anzahl der notwendig werdenden Fahrten und der Verlader spart Frachtkosten. Bereits beim Design von Waren und der Wahl der Art der Verpackung fallen Entscheidungen, die das spätere Packmaß und damit den Staufaktor der Ware beeinflussen. Näher betrachtet wurden zwei Maßnahmen, die auf die optimale Anordnung der Waren im Laderaum abzielen, und zwar der Einsatz von Stauraumoptimierungssoftware und die Nutzung von Doppelstockfahrzeugen (siehe unten Kap. 9.7).

Eine Recherche im Internet ergab im deutschsprachigen Raum fünf Anbieter von Softwareprodukten zur Stauraumoptimierung. Davon waren zwei als Zusatzmodul im Rahmen einer Speditionsoftware einzusetzen, eine weitere Software war speziell auf die Bedürfnisse der Möbelindustrie zugeschnitten und in der Nutzung mit einer Tourenoptimierungssoftware verknüpft. Somit verblieben zwei Produkte, die als eigenständige Programme einsetzbar sind. Beide ermöglichen es dem Nutzer, die Abmessungen der zu verladenen Güter frei zu definieren und sind daher nicht branchengebunden. Außerdem unterbreiten sie einen grafisch am Bildschirm dargestellten Stauvorschlag. Die Anbieter dieser beiden Produkte, Load-Designer von Logiplan® Logistikberatungs- und Vertriebs-GmbH sowie Cube-IQ des Instituts für angewandte Optimierung (IfaO) GmbH in der Schweiz, wurden um Kontaktadressen von Referenzkunden gebeten. Insgesamt kamen sieben längere Telefoninterviews zustande, davon zwei mit Logiplan-Kunden. In einem der sieben Fälle wurde berichtet, dem Produkt gelänge es nicht, die Realität abzubilden. Man sei daher unzufrieden und habe die Nutzung des Programms

eingestellt. In einem Fall konnten keine Angaben über das Einsparungspotential gemacht werden, da seit Einrichtung der Abteilung mit dem Programm gearbeitet wird und die Tätigkeit im Unternehmen zuvor nicht ausgeführt wurde. Die Angaben der übrigen Unternehmen sind in der Tabelle 8.1 dargestellt.

Tab. 8-1: Effizienz von Stauraumoptimierungsprogrammen. Zusammenfassung der Nutzerangaben

| Nutzer | Verwendung | Anteil der Verladungen, die nach Vorgabe des Programms gestaut werden | Zunahme der Lademenge pro Ladeeinheit | Amortisationszeitraum |
|---|---|--|--|---|
| Hersteller von Fenstern | Beladung von LKW in Zusammenhang mit einem neuen Verladekonzept, das auf den Einsatz von Paletten verzichtet | 75% | 15% eingesparte Frachtsumme, teilweise auf mit den Paletten entfallene Retouren zurückzuführen | 3,5 Jahre (für alle Kosten des neuen Verladekonzeptes) |
| Spedition - Schwerpunkt internationale Projektladung | Berechnung der benötigten Anzahl von LKW als Basis für Angebotserstellung, ferner Zeit- u. Personaleinsparung bis zu 1/3 | nur bei Großprojekten | 5-10% je nach Projekt | bereits beim ersten Projekt (weniger als 12 Monate) |
| Handelsunternehmen – Bekleidungsbranche | Stauplanung für die Beladung von Containern – Entscheidung ob ein 40“-Standard oder Highcube Container geordert werden muss | 60-70% | 10-15% | im ersten Jahr |
| Logistikdienstleister – Kundenschwerpunkt: Maschinenbau | Transportplanung für Kunden Zeistufig: optimale Anordnung von Teilen in Kisten, Stauen von Kisten in LKW oder Containern | 60-70% | 10-20% | Frachtersparnis entsteht beim Kunden, Nutzer profitiert über Kundenzufriedenheit u. gestiegene Wettbewerbsfähigkeit |
| Hersteller Gentraktoren und Gerät | Vorgaben für die Beladung von Containern auch für Zulieferer | keine Angabe | 5% Frachtersparnis | innerhalb von 24 Monaten |

Auch wenn es sich um einen sehr kleinen Sample handelt, zeigt sich, dass eine Stauraumoptimierungssoftware in vielen unterschiedlichen Branchen zu ganz ähnlichen Einsparungen führt. Der Erwartungswert für den Effekt des Einsatzes einer

Stauraumoptimierungssoftware scheint bei einer Erhöhung des Auslastungsgrades von 10-15% zu liegen.³² Das bedeutet, jeder 11. bzw. 8. Transport kann eingespart werden. Das CO₂-Reduktionspotenzial der Maßnahme liegt aber bei nur 60-70% der erzielten Auslastungserhöhung. Ursache hierfür ist der erhöhte Kraftstoffverbrauch bei den verbleibenden Transporten mit einer nun erhöhten Gewichtsauslastung. Es ergibt sich damit für die Maßnahme "Einsatz einer Stauraumoptimierungssoftware" ein CO₂-Reduktionspotential von 6-10,5%.

Allerdings ist der Einsatz einer Stauraumoptimierungssoftware nicht bei allen Transportarten effektiv. Die Gesprächspartner berichteten übereinstimmend, dass sich die Nutzung des Programms nicht lohne, wenn Paletten oder Gitterboxen, also normierte Ladeträger verwendet werden, weil in diesem Fall die Stauplanung genauso gut im Kopf erfolgen könne. Ausschlaggebend ist also, dass Waren mit unterschiedlichen Abmessungen in einem Laderaum gestaut werden, andernfalls lohnt sich der Aufwand der Eingabe der Maße der Packstücke in die Software nicht. Ferner wurde berichtet, dass es eine Untergrenze von ca. 10-20 Lkw (Containern) mit gleichem Ladungstyp pro Jahr gibt, unter dem der Einsatz der Software nicht lohnt. Das ist zum einen auf das Verhältnis des Zeitbedarfs, für manuelle zu softwaregestützten Stauplanung zurückzuführen. Zum anderen führt, wie oben bereits beschrieben, eine um 10% erhöhte Lademenge pro Ladeeinheit erst ab dem elften Container (Lkw) zu einer Einsparung eines kompletten Transportes.

Welcher Anteil der in der BRD durchgeführten Transporte vom Einsatz einer Stauraumoptimierungssoftware profitieren kann, ist schwer einzuschätzen. Bei den befragten Unternehmen lag der mittels Softwareunterstützung gestaute Ladungsanteil bei 60-70%. Der Anteil palettierter Waren an den unter Last gefahrenen Kilometern deutscher Lkw liegt in der BRD bei etwa 45%. Weitere 19% entfallen auf flüssige und trockene Massengüter³³, so dass der Anteil von Transporten, die von der Stauraumoptimierungssoftware theoretisch profitieren können, auf 36% reduziert wird. Hiervon wären sicherlich noch Spezial- und Schwerlasttransporte abzuziehen. Andererseits unterschlägt diese Betrachtungsweise die Tatsache, dass die Stauraumoptimierungssoftware auch bereits auf der Ebene des Stauens in Boxen (Kartons) eingesetzt werden kann, so dass sich die Zahl der zu verladenden Paletten, verringern würde. Optimistisch geschätzt, könnte das 6-10,5%-ige CO₂-Reduktionspotenzial vielleicht bei 40% aller Lastkilometer zum tragen kommen. Da die

³² Die Herstellerangaben lagen mit 5-10% etwas darunter

³³ Vgl. Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Kraftfahrt-Bundesamt für Güterverkehr, (2001) Reihe 8: Kraftverkehr Heft 12/2001, S. 63

unter Last gefahrenen Kilometer etwa 76%³⁴ aller gefahrenen Kilometer ausmachen, und der Eindruck gewonnen wurde, dass der Einsatz entsprechender Programme noch nicht sehr verbreitet ist, ergibt sich auf makroökonomischer Ebene eine mögliche Reduktion des CO₂-Ausstoßes durch den Einsatz von Stauraumoptimierungssoftware von etwa unter 3%.

Dass Stauraumoptimierungsprogramme bisher eher selten eingesetzt werden, ist im übrigen nicht auf ein schlechtes Kosten/Nutzenverhältnis zurückzuführen. Gesprächspartner, die sich vor der Anschaffung mehrere Produkte angeschaut hatten, sprachen von einer Preisspanne von 3.000-29.000 €, wobei die Zufriedenheit mit dem Produkt im unteren Preissegment eher am höchsten war. So erklären sich auch die häufig genannten Amortisationszeiträume von unter 12 Monaten. Um das Zitat eines Gesprächspartners zu nutzen: „Die Anschaffung hat sich bereits amortisiert, wenn nur zwei Containerseefrachten nach Asien eingespart werden.“

Insgesamt ist Stauoptimierung ein hochinteressantes, bei weitem noch nicht ausgeschöpftes Feld mit klarem Potenzial zur CO₂-Reduktion. Dies ergibt sich vor allem bei einer frühzeitigen Berücksichtigung der Dichte der versandfertigen Waren schon beim Produktdesign und der Standortwahl für Montageprozesse.

Bereits bei den Gesprächen mit den Unternehmen, die Stauoptimierungssoftware einsetzen, wurde deutlich, dass der Einsatz von Maßnahmen zur Stauoptimierung durchaus als Wettbewerbsvorteil gesehen wird. Es liegt daher nicht unbedingt im Interesse des Unternehmen, andere auf dieses Kosteneinsparungspotential aufmerksam zu machen. Daraus lässt sich Bedarf an der Verbreitung von Information über den Nutzen der zur Verfügung stehenden Maßnahmen (Produkte) ableiten. Forschungsbedarf besteht daher ebenfalls in der Frage der Weiterentwicklung und der besseren Akzeptanz von Technologien, die eine höhere Volumenauslastung ermöglichen.

9.4 *Doppelstockfahrzeuge*

Doppelstockfahrzeuge besitzen einen Zwischenboden, so dass in zwei Etagen verladen werden kann, auch wenn die Waren (Paletten) nicht stapelbar sind oder die Reihenfolge der Entladung eine Stapelung verbieten. Die Ladehöhe in der oberen Etage ist zumeist auf etwa 140cm begrenzt. Es gibt aber auch Großraumfahrzeuge (Auflieger), bei denen auch auf der oberen Ebene Paletten oder Rollwagen mit bis zu 180cm Höhe verladen werden können. Ferner sind Fahrzeuge mit höhenverstellbarem Zwischenboden oder Ladebalken erhältlich. Die vorherrschende Packhöhe von Paletten liegt bei 150cm-

³⁴ Vgl. ebenda, S. 48-49

170cm³⁵, entsprechend dem Abstand der Böden in den auf Paletten eingestellten Hochregallagern.

Bei ca. $\frac{1}{4}$ der Transporte ist mit einer Packhöhe der Paletten von über 170cm zu rechnen³⁶. Niedrigere Ladehöhen in den Fahrzeugen beschränken die Einsatzfähigkeit der Fahrzeuge daher erheblich. Zudem benötigt das Fahrzeug einen Außenlift, um die obere Etage be- und entladen zu können, zumeist am Heck, oder es müssen sowohl am Be- als auch Entladeort passende Rampen vorhanden sein. Durch den Zwischenboden können bis zu 60% mehr Paletten oder Rollcontainer pro Fahrzeug verladen werden. Realisieren lässt sich dieser Wert aber nur für leichtgewichtige Güter, da das zulässige Gesamtgewicht des Fahrzeugs nicht überschritten werden darf. Entsprechende Fahrzeuge werden vorzugsweise im Werkverkehr oder in anderen regelmäßigen Punkt-zu-Punkt-Verkehren, z.B. für Fahrten zwischen Lager und Warenhaus, eingesetzt. Angaben über eine in der Praxis realisierte Reduktion der Fahrleistung durch den Einsatz von Doppelstockfahrzeugen fanden sich in zwei Studien. Es wurden dort 33%³⁷ respektive 24%³⁸ der Fahrzeugkilometer eingespart. Um von diesen Werten zum CO₂-Reduktionspotential von Doppelstockfahrzeugen zu gelangen, ist der Effekt des gestiegenen Kraftstoffverbrauchs durch die erhöhte Gewichtsbelastung und dem durch Zwischenboden und Außenlift gestiegenem Eigengewicht des Fahrzeugs zu berücksichtigen. Die Firma Emons Cargo gibt die maximale Nutzlast ihrer Doppelstockfahrzeuge mit 25t³⁹ an. Dies lässt vermuten, dass sich das zusätzliche Eigengewicht auf etwa 2 Tonnen beläuft, was mit einem Mehrverbrauch von etwa 0,8 Liter/100 km korrespondiert. Unter der Annahme, dass die meisten Doppelstockfahrzeuge in Verkehren eingesetzt werden, bei denen sie nur in eine Richtung beladen fahren, oder zumindest der zusätzliche Stauraum des oberen Decks nur in 50% der zurückgelegten Fahrzeugkilometer genutzt wird, ergibt sich insgesamt als Folge des erhöhten Eigen- und Ladungsgewichts ein Mehrverbrauch von 3,2-3,6 Liter/100 km und ein rechnerisches CO₂-Reduktionspotential der Maßnahme von 16,4-25,4%.

³⁵ Vgl. Energy Consumption Guide 76, Benchmarking vehicle utilisation and energy consumption, Best Practice Programme, UK 2/2001, S. 4

³⁶ ebenda

³⁷ Blom, (2000) Fa.Henkel KgaA, Logistische Umsetzung und Rahmenbedingungen zum Einsatz von Doppelstockfahrzeugen in der Distribution, Teilprojekt des Verbundprojektes Flexible Transportketten, S.5

³⁸ Opportunities for Consolidating Volume-Constrained Loads in Double-Deck and High-Cube Vehicles, Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, Edinburgh, <http://www.som.hw.ac.uk/logistics>

³⁹ Vgl. <http://www.emons.nl/ddc.php?lang=de&page=double>

Das Thema Doppelstockfahrzeuge wurde in Gesprächen, die im Rahmen der Untersuchungsschwerpunkte Stauraumoptimierung und Speditionskooperation geführt wurden, angeschnitten und es entstand der Eindruck, dass die Vorteile von Doppelstockfahrzeugen hinreichend bekannt sind und entsprechende Fahrzeuge immer dann bereits eingesetzt werden, wenn es zu ökonomischen Vorteilen führt. Als Nachteil werden verminderte Flexibilität beim Einsatz der Fahrzeuge und deutlich höhere Kapitalkosten angegeben. Doppelstockfahrzeuge sind in der Anschaffung um das 2,5-fache teurer⁴⁰ als vergleichbare Fahrzeuge ohne entsprechende Ausstattung. Hinsichtlich der Eignung von Doppelstockfahrzeugen für Hubverkehre wurden zwei völlig konträre Einschätzungen vorgefunden. Laut Aussage eines Gesprächspartners eignen sich Doppelstockfahrzeuge nicht für den Einsatz von im Rahmen der CargoLine Kooperation durchgeführten Hubverkehren, da die Zeitfenster am Hub zu eng sind, als dass die längeren Ent- und Beladezeiten der Doppelstockfahrzeuge in die Abläufe integriert werden könnten. Die Speditionskooperation 24plus berichtet von einer Umstellung aller über das neue Zentralhub laufenden Verkehre auf Doppelstocksaatelaufleger. Die Ursache für die divergierende Einschätzung konnte nicht völlig geklärt werden. Vermutlich liegt es daran, dass in einem Fall die Infrastruktur des Hubs und das Verladesystem vollständig auf Doppelstockfahrzeuge eingerichtet wurde, im anderen Fall hingegen von den Problemen mit einem Mischsystem gesprochen wurde. Bei der derzeit vorwiegend eingesetzten Verladetechnik wird das noch unausgeschöpfte CO₂-Einsparungspotential durch Doppelstockfahrzeuge in der BRD daher als sehr gering eingestuft. Unter der Voraussetzung, dass Infrastruktur und Betrieb von Umschlagpunkten an diese Fahrzeuge angepasst werden, was aus Kostengründen sicherlich nur im Rahmen einer aus anderen Gründen vorgenommenen Neuplanung geschehen kann, wird das verbleibende bundesweite Reduktionspotential durch den Einsatz von Doppelstockfahrzeugen auf unter 2% geschätzt.

⁴⁰ Vgl. <http://www.emons.nl/ddc.php?lang=en&page=double> (20.05.03)

10. *Schlussfolgerung und Stichpunkte zu Forschungsempfehlungen*

Die Schlussfolgerung zum Themenschwerpunkt CO₂-Effizienz im Güterverkehr wird für die forschungsrelevanten Aspekte gezogen. Weitere Resultate wie politikrelevante Fragen, wichtigsten Daten oder zentrale Analyseergebnisse wurden bereits am Ende der einzelnen Kapiteln zusammengefasst.

Weiterführende Forschung zu Technologien und Maßnahmen sind in vielen Feldern notwendig.

Ziele weiterer Forschungen:

- Entwicklung neuer Technologien und Analyse vorliegender Maßnahmen zur Erhöhung der CO₂-Effizienz in Güterverkehr und Logistik.
- Erhöhung der Effizienz der Fahrzeugnutzung im Straßengüterverkehr (mkm/tkm)

Zu untersuchende Forschungsthemen:

- *Weiterentwicklung der Technologien:*
 - Dispositionssoftware
 - Onboardgeräte
 - Telematik
 - Leichtbau-Fahrzeuge, -Zugmaschine, -Lkw-Anhänger bzw. -koffer aller Art
 - CO₂-effiziente Kleinfahrzeugen <3,5t
- *Effizienzeffekte* auf die Minderung von CO₂- und tkm/mkm-Werten ausgewählter unternehmerischer Aktivitätsfelder (nicht-technologische Maßnahmen, die systemimmanent mit der Technologie gekoppelt sind):
 - *Kooperation*
 - *Kunden- und Lieferbeziehungen*
 - *Managemententscheidungen* im Umgang mit den Technologien
 - *intermodale Transportketten*
 - *Disposition*
- *Kosten-Nutzen-Effekte* der Technologien/Maßnahmen, die nicht nur allein wegen des geringeren Literverbrauchs sondern auch wegen der erhöhten Auslastung

entstehen, in verschiedenen Branchen (KEP, Containertransport, Bauwirtschaft, Handel etc.) ermitteln

- *Quantifizierung der Einflussfaktoren* der Treibstoffeffizienz

Zentrale methodische Anliegen künftiger Forschungen:

- Mit harten Daten die CO₂-Effizienz vor und nach dem Einsatz neuer Technologien/ Maßnahmen belegen
- Empfohlen werden Verbundvorhaben mit Logistikunternehmen (Disposition bzw. Auftragsvergabe), Transporteur, Technologieentwickler, unabhängigem Prüfer

Politische und unternehmerische Optionen

Das Güterverkehrsgewerbe könnte durch Aufklärung über Kosten-Nutzen Relationen einzelner Effizienz-Maßnahmen weit schneller seine Emissionen senken und zugleich seine Rentabilität sichern. Ziel wäre dabei, der Markt transparenter zu gestalten.

Zudem wäre in den Technologieunternehmen eine Weiterentwicklung der Geräte und Fahrzeuge in Richtung mehr Effizienz und mehr Transparenz der Treibstoffkosten vorteilhaft.

Literatur

- Andres, M. (2002): Telematiksysteme für die eLogistik. Anwendungsbereiche, Lösungen, Marktübersicht. Forschungsinstitut für Telekommunikation (Hg.). Dortmund. <http://www.cc-elogistics.de>.
- BAG - Bundesamt für Güterverkehr (2000): Struktur der Unternehmen des gewerblichen Straßengüterverkehrs und des Werkverkehrs. Bundesamt für Güterverkehr (Hg.). USTAT 5 (1998). ISSN: 0948 – 8804. Köln. 90 S.
- Benz, Michael (1999): Umweltverträglichkeit von Transportketten. Eine vergleichende Betrachtung des Energieverbrauchs und der Schadstoffemissionen von ausgewählten Gütertransportketten unter Berücksichtigung der Veränderungspotentiale durch Verkehrsverlagerung und Logistik-Konzepte. Dissertation am Fachbereich Wirtschaft und Management der technischen Universität Berlin.
- Berg, C. (Hrsg.) (1999): City-Logistik, Das Münchner Modell, Institut für Logistik und Verkehrsmanagement GmbH, Ottobrunn, München
- BGL - Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (2002): Konjunkturanalyse. Erhebung im gewerblichen Straßengüterverkehr. 4. Quartal 2002. Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (Hg.). Frankfurt am Main. 4 S.
- BGL - Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (2002b): Kostenentwicklung im Güterkraftverkehr – Einsatz im Fernbereich von Mai 2001 bis Mai 2002. www.bgl-ev.de besucht im März 2003.
- BGL – Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (2002): Konjunkturanalyse. Erhebung im gewerblichen Straßengüterverkehr. 4. Quartal 2002. Frankfurt am Main.
- BGL – Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (2001): Verkehrswirtschaftliche Zahlen (VWZ) 2000+2001. Frankfurt/Main.
- Birnbaum, K.U., Linßen, J., Walbeck, M. (2002): Synoptische Analyse vorliegender Studien in Bezug auf den Trend bzw. die Reduktionspotenziale von CO₂-Emissionen im Verkehr. Forschungszentrum Jülich. Im Auftrag der Enquete-Kommission des deutschen Bundestages "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung".
- Blom (Henkel KgaA) (2000): Flexible Transportketten, Teilprojekt: "Logistische Umsetzung und Rahmenbedingungen zum Einsatz von Doppelstockfahrzeugen, gefördert durch das BMBF, Düsseldorf
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Dritter Nationalbericht zum Klimaschutz. Berlin: UBA
- Bundesministerium für Verkehr, Bau-, und Wohnungswesen (Hrsg.) (2002): Verkehr in Zahlen 2002/2003. Verantwortlich für den Inhalt: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Berlin. 31. Jahrgang.
- Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) (2002): Kostenentwicklung im Güterkraftverkehr; In: <http://www.bgl-ev.de/index-progr.html>; Zugriff: 28.4.2003
- Continental AG (ed.) (2002a): Innovative Bereifungskonzepte für Langstrecken Conti HSL1, HDL1 und HTL1, Hannover
- Continental AG (ed.) (2002b): Ein Superbreiter ersetzt Zwillingsbereifung, Hannover
- Coyle, M.; Whiteing, A. E.; Murray, M. (2002): Fuel Saving Interventions: Facts and Fiction, Transport and Logistic Research Unit, University of Huddersfield
- CST - Centre for Sustainable Transportation (2001): Freight Transport. In: Sustainable Transportation Monitor. No. 4, April 2001. Centre for Sustainable Transportation (Hg.). www.cstdtd.org besucht im Jan. 2003.
- DaimlerChrysler (ed.) (2002a): Erfahrungen aus der Praxis, Fleetboard Case Studies No. 11 – 14 & 16.

- DaimlerChrysler (ed.) (2002b): Umweltbericht 2002. DaimlerChrysler auf dem Wege zu einer nachhaltigen Mobilität. - http://www.daimlerchrysler.com/index_g.htm?/environ/report2002/editorial_g.htm
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (1995): Energy Efficiency Best Practice Programme: Good Practice Guide 311, Fuel efficiency through improved driver training, London
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (1996): Energy Efficiency Best Practice Programme: Good Practice Guide 342, Fuel management for transport operators, London
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (1997): Energy Efficiency Best Practice Programme: Good Practice Guide 364, Energy Savings from integrated logistic management, London
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (1999a): Energy savings. – Energy efficiency programme, Good practice case study 311.
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (1999b): Fuel management for transport operators: Thorntons plc. – Energy efficiency programme, Good practice case study 342.
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (2000): Energy Efficiency Best Practice Programme: Good Practice Guide 273, Computerised routing and scheduling for efficient logistics, London
- DETR - Dept. of Environment, Transport & Regions (ed.) (2001): Energy Efficiency Best Practice Programme: Good Practice Guide 308, Truck aerodynamic styling, London
- Deutsche Shell GmbH (2001): Mehr Autos - weniger Verkehr? Szenarien des Pkw-Bestandes und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020.
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaft (ed.) (2001): Verkehr in Zahlen 2001/2002. Hrsg. v. Dt. Verkehrsverlag, Hamburg.
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaft (ed.) (2002a): Verkehr in Zahlen 2002/2003. Hrsg. v. Dt. Verkehrsverlag, Hamburg.
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaft (2002b): Wochenbericht Nr. 51-52/2002.
- Eckelmann Transport und Logistik GmbH (2002): Pilotprojekt Port Feeder Barge; Selbstverlag, Hamburg
- ECMT – European Conference of Ministers of Transport (1997). CO₂-Emissions from Transport. Paris. (www.oecd.org/cem/)
- ESSO-Deutschland GmbH (2000): Esso Energieprognosen 2000, Zukunft sichern – Energiesparen.
- Forschungszentrum Jülich GmbH (1999): Politiksznarien für den Klimaschutz, Band 5: Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020.
- Freie und Hansestadt Hamburg – Behörde für Wirtschaft und Arbeit (WiBeh) (2003): Containerumschlag im Hamburger Hafen; *unveröffentlicht*
- Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) (Hrsg.) (2003): Containerhandbuch - Fachinformationen der Deutschen Transportversicherer; In: www.containerhandbuch.de; Zugriff: 29.5.2003
- GVB - Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V. (2003): Erste Ergebnisse einer Unternehmensbefragung der Arbeitsgruppe „Marktübersicht“. Studienkreis Telematikanwendungen im Güterkraftverkehr. www.gvb-ev.de besucht im Feb. 2003.
- GVB – Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V. (2003): Erste Ergebnisse einer Unternehmensbefragung der Arbeitsgruppe „Marktübersicht“. Studienkreis Telematikanwendungen im Güterkraftverkehr. Rohr. <http://www.gvb-ev.de>.
- Haccius, H., Karl, G., Grützner, K. (2000): Abschlussbericht kooperative Disposition-Teilprojekt-Flexible Transportketten, Langenhagen/Dresden
- Hamburg Hafen Marketing (HHM) (2003): Modal Split im Containerverkehr des Hafens Hamburg; Selbstverlag, unveröffentlicht

- Harmsen, R., Kroon, P., Ybema, J.R., Jespersen, M. S., Jordal-Jorgensen, J. (2003): International CO₂ Policy Benchmark for the Road Transport Sector. Results of a Pilot Study. ECN-C--03-001. ECN Beleidsstudies. Petten. Niederlande. www.ecn.nl/library/reports/2003/c03001.html
- Hopf, R., Voigt, U. (2002): Nachhaltige Verkehrsentwicklung erfordert verstärktes Handeln. DIW-Wochenbericht 47/02. www.diw.de/deutsch/publikationen/wochenbericht/docs/02-47-2.html besucht im Dez. 2002.
- IABG - Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (2000): FANTASIE - Forecasting and Assessment of New Technologies and Transport Systems and their Impacts on the Environment. EU Project. Final Report
- IFEU (2000): TREMOD. Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr.
- IFO/BVU, ITP, Planco (2001): Verkehrsprognosen 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung.
- INFRAS, BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; UBA - Umweltbundesamt (1999): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.2/Januar 1999. Berlin Bern
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change - IPCC Technical Paper I. Genf.
- IRU - International Road Transport Union (2002): Report on Road Transport. Best Industry Practices. International Road Transport Union (Hg.). Genf. Schweiz. 64 S.
- Bates, J., Brand, C., Davidson, P. und Hill N. (2001): Economic Evaluation of Emissions Reductions in the Transport Sector of the EU, AEA Technology Environment, for DG Environment, Seite 31
- Kämpf, K., Schulz, J., Walther, C., Benz, T., Steven, H. und Hüsler, W. (1999), Umweltwirkungen von Verkehrsinformations- und -leitsystemen im Straßenverkehr, Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin
- KBA - Kraftfahrt- Bundesamt und Bundesamt für Güterverkehr (BAG) (Hrsg.) (2002): Statistische Mitteilungen- Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Reihe 8: Kraftverkehr Heft 12, Dezember 2001; Metzler- Poeschel, Stuttgart
- KBA - Kraftfahrt- Bundesamt und Bundesamt für Güterverkehr (BAG) (Hrsg.) (2001): Statistische Mitteilungen- Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Reihe 8: Methodenband, Sonderheft 1; Metzler- Poeschel, Stuttgart
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2001): Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft“. Brüssel.
- Lubitz, Andreas (2000): Bruder Leichtfuß, in Lastauto Omnibus 09/2000, Stuttgart
- MAN AG (2003): Breitreifen ersetzen Zwillingsbereifung.- <http://mis.mn.man.de/pg000201.htm>.
- MAN-GRUPPE (2003): Nachhaltigkeitsbericht 2003_04. http://www.man.de/aktuell/nachhalt_d.html
- McKinnon, A. (1999): A Logistical Perspective on the Fuel Efficiency of Road Freight Transport. In: OECD et al. (1999).
- Michelin Reifenwerke KgaA (ed.) (2000): Der neue Michelin Energy, Karlsruhe
- OECD – Organisation of Economic Cooperation and Development (2001): Project on Environmentally Sustainable Transport: Report on Phase 3 – Policy Instruments for Achieving EST. Paris.
- OECD – Organisation of Economic Cooperation and Development, ECMT – European Conference of Minister of Transport und IEA – International Energy Agency (1999): Workshop Proceedings. Improving Fuel Efficiency in Road Freight Transport: The Role of Information Technologies, 24 February 1999. Paris.
- Pällmann-Kommission (2000): Verkehrsinfrastrukturfinanzierung; Schlussbericht.
- PROGNOS (1999): Umweltwirkungen von Verkehrsinformations- und -leitsystemen im Straßenverkehr. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin (F+E-Vorhaben 294 96 024). Basel. 144 S.
- PROGNOS (2001): Wirkungspotentiale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmittelnutzung. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin (Forschungsbericht FE-Nr. 96.584/1999). Basel.

- Prognos und EIW (1999): Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt. Basel.
- Rosenberg, O., Rösler, O., Fricke, B. (1998): Zentralisierter Umschlag von Stückgütern unabhängiger Spediteure als Instrument der Umweltentlastung, Universität-GH Paderborn Lehrstuhl für Betriebswirtschaft, insb. Produktionswirtschaft, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Paderborn
- S. Klein-Vielhauer (2001): Neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen – eine Werkstattbericht über Bemühungen in Praxis und Wissenschaft, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
- Seipold, Peer (2001): Präsentation im Umweltbundesamt am 09.03.2001, Umweltorientiertes Flottenmanagement am Beispiel des Hermes Versand Service, Hamburg
- Statistisches Bundesamt (2001): Datenreport 1999. Wiesbaden
- TÜV Automotive GmbH (2000): Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten sowie Durchführung von Nassbremsversuchen mit Nutzfahrzeugreifen, Lärmbekämpfung. Forschungsbericht 29954114, im Auftrag des Umweltbundesamtes, München
- UBA - Umweltbundesamt (1998): Symposium Verkehrsvermeidung im Güterverkehr. Nachhaltige, effiziente Konzepte zum Transportmanagement am 29. Januar 1998 in Berlin. Texte 78/98. Umweltbundesamt (Hg.). ISSN: 0722-186X. Berlin. 109 S.
- UBA - Umweltbundesamt (2000): Daten zur Umwelt 2000
<http://www.umweltbundesamt.org/dzu/default.html>, letzter Zugriff 7.5.03.
- UBA - Umweltbundesamt (2002a): Umweltdaten Deutschland Online. www.env-it.de besucht Juni 2003.
- UBA – Umweltbundesamt (2002b): Langfristszenarien für nachhaltige Energienutzung in Deutschland. Berlin (UBA Forschungsbericht 200 07 104)
- UBA – Umweltbundesamt (2003): Umweltdaten Deutschland Online: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr in Mio. Liter. Berlin. <http://www.env-it.de/umweltdaten/>.
- Umweltbundesamt & Statistisches Bundesamt (Eds.) (2002): Umweltdaten Deutschland 2002. Berlin.
- Völtz, M. (2001): BP AG Präsentation; Leichlauf durch Schmieröle – Ursachen und Wirkungen, unveröffentlicht
- WBCSD – World Business Council for Sustainable Development und WRI – World Resources Institute (2003): The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Washington DC und Conches-Genf. <http://www.ghgprotocol.org/standard/ghg.pdf>.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Hartmut Graßl, Felix Fiseni, Martin Schultz und Ulrich Eidecker für die Unterstützung. Das Projekt wurde gefördert vom BMBF, KZ 19G2064.

Wir bedanken uns bei allen Firmen für die Zusammenarbeit im Rahmen dieser Studie.

Basisuntersuchung

Carl Drude KG - Transportunternehmen (Bad Hersfeld), Carsten Weber - Transportunternehmen (Garbsen), Dahm Logistik (Niederzissen), F. Wittig - Spezial-Baustoffe (Vlotho), Gerhard Möller - Ferntransporte (Hamburg), Gerrit Kauenhowen - Güterkraftverkehr (Hamburg), Heinrich Scheffler GmbH & Co. KG - Internationale Spedition (Langenhagen), Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG (Lehrte/Osnabrück), Henry Knupper - Fuhrunternehmen (Hamburg), Hoyer GmbH (Hamburg), Jürgen Ludwig GmbH & Co. KG - Transport- und Kombiservice (Hamburg), KCT-Logistik GmbH (Gelsenkirchen), KDH Transporte (Heilbronn), Klaus Bosselmann Transport GmbH (Hamburg), Kling - Fuhrbetrieb (Hamburg), Landhandel Drebkau (Drebkau), Bojar Trans - Güterkraftverkehr (Seth), Mario Ehret - Betontransporte (Queis), Matthias Pohl Gbr. - Internationale Transporte (Bocholt), Matthias & Söhne - Spedition (Breitungen), Metzger Spedition GmbH (Neu-Kupfer), Nickles GmbH & Co. KG (Klingenberg am Main), Otto Bethge - Transport GmbH (Hamburg), Peter Hossner - Transportbetrieb (Magdeburg), Rolf Benzinger - Spedition-Transporte GmbH (Friolzheim), Th. Netz - Transportunternehmen (Krüzen), TTS GmbH (Hamburg), 3Ways GmbH (Hamburg), Werner Müller - Transporte (Verl), Willi Betz GmbH & Co. KG - Internationale Spedition (Reutlingen), Wolfgang Kählert - Fuhrunternehmen (Hamburg)

Danksagung für die Teiluntersuchung Disposition

Unser besonderer Dank gilt an dieser Stelle (in alphabetischer Reihenfolge) den Software-Unternehmen:

BNS AG, der c.i.s. Wurzen, der Corbitconnect AG, der Datafactory AG, der Inform GmbH, der LIS AG, der SALT AG, der Truck 24 AG und der Soloplan GmbH.

Ferner den Transportunternehmen:

Alfred Wolf Transport GmbH & Co. KG (Markgröningen), Aloys Siepman GmbH (Duisburg), Fehrenkötter Transport & Logistik GmbH (Ladbergen), Fendler Internationale Transporte GmbH (Edling), Haase Logistik GmbH (Garbsen-Osterwald), Hammer GmbH & Co. KG (Aachen), Henkel KgaA (Düsseldorf), Josef Hartmann - Internationale Spedition GmbH & Co. KG (Greven), LIT Speditionsgesellschaft mbH (Brake), Otto Görgens Spedition GmbH (Lübeck), Pflötscher Transporte & Baustoffe

GmbH (Pechbrunn), Richard Lawson Auto Logistik GmbH (Stadthagen), Röskes Speditions- GmbH (Heiligenhaus), Sigismund Klein Speditionsgesellschaft mbH (Celle), Spedition Kellershohn GmbH & Co. KG (Lindlar), Spedition Martin GmbH (Abstatt), Sudbrink-Bremen Spedition, Transporte e.Kfr. (Bremen), Trans-Euro-Logistik GmbH (Berlin), W. Feldmann Spedition GmbH & Co. KG (Gütersloh-Isselhorst), Waldemar Fromm Speditionsgesellschaft GmbH & Co. KG (Oerel-Barchel), WSG Waldheimer Speditionsgesellschaft GmbH (Waldheim).

Danksagung für die Teiluntersuchung Onboardsysteme

Wir möchten uns bei folgenden Firmen für die gute Zusammenarbeit im Rahmen dieser Studie bedanken:

Astrans Speditions GmbH (Bottrop), Bauer GmbH (Wilkau-Haßlau), Borchers Spedition GmbH (Borken), DAF Trucks Deutschland GmbH (Frechen), DaimlerChrysler Services Fleetboard GmbH (Stuttgart), Deutsche Renault AG (Köln), Emmermann GmbH & Co KG (Gronau (Leine)), Euro Telematik AG (Ulm), Focko Lüpsen & Sohn GmbH (Filsun), Ford-Werke AG (Berlin), Frachtenkontor GmbH (Duisburg), Frankenbach GmbH (Mainz-Kastel), Friedrich Marx GmbH & Co KG (Hamburg), Frisch Trans Lüneburg GmbH (Lüneburg), Frost & Sullivan (Frankfurt/M.), Gebr. Kleigrewe GmbH & Co KG (Ennigerloh-Ostenfelde), Glomb Container Dienst GmbH (Bremerhaven), Haase Logistik GmbH (Garbsen-Osterwald), Heineking KG (Landesbergen), Heinrich Keunecke GmbH & Co KG (Ilsede), Henri Benthack Baustoffe GmbH & Co KG (Hamburg), Jura-Spedition/Pfleiderer AG (Neumarkt), Karl Meyer GmbH (Wischhafen), Ledderboge Int. Spedition (Braunschweig), MAN Nutzfahrzeuge AG, MAN Telematics (München), MAN Nutzfahrzeuge AG, Niederlassung Hamburg, Meyer und Klos GmbH & Co KG (Mannheim), Nuyken Transport GmbH (Langenhagen), Renault Trucks Deutschland GmbH, Niederlassung Hamburg, Reupke Transporte & Baustoffe (Flechtingen), Rothermel Spedition und Logistik (Östringen), Rudolph Logistik Gruppe (Baunatal), Scania Deutschland GmbH (Koblenz), Siemens VDO Trading GmbH, Unit Fleetmanagement (Villingen-Schwenningen) und Niederlassungen Bremen und Nürnberg, Sigismund Klein Speditionsgesellschaft mbH (Celle), Spedition Brucker GmbH (Aalen), Spedition Häger GmbH & Co KG (Bestwig), Spedition Karl Bermes GmbH & Co KG (Willich), Spedition Schulze GmbH (Hamm), Stallmann & Frye Spedition-Logistik GmbH (Bünde), Transflow Deutschland GmbH (Hannover), Volvo Trucks (Deutschland) GmbH (Dietzenbach), Wiedmann & Winz Int. Spedition GmbH (Geislingen), Wismans Transporte GmbH (Nettetal).

- Report 1 - 302** Please order the reference list from MPI for Meteorology, Hamburg
- Report No. 303**
December 1999 **The leading variability mode of the coupled troposphere-stratosphere winter circulation in different climate regimes**
Judith Perlwitz, Hans-F. Graf, Reinhard Voss
* Journal of Geophysical Research, 105, 6915-6926, 2000
- Report No. 304**
January 2000 **Generation of SST anomalies in the midlatitudes**
Dietmar Dommenges, Mojib Latif
* Journal of Climate, 1999 (submitted)
- Report No. 305**
June 2000 **Tropical Pacific/Atlantic Ocean Interactions at Multi-Decadal Time Scales**
Mojib Latif
* Geophysical Research Letters, 28,3,539-542,2001
- Report No. 306**
June 2000 **On the Interpretation of Climate Change in the Tropical Pacific**
Mojib Latif
* Journal of Climate, 2000 (submitted)
- Report No. 307**
June 2000 **Observed historical discharge data from major rivers for climate model validation**
Lydia Dümenil Gates, Stefan Hagemann, Claudia Golz
- Report No. 308**
July 2000 **Atmospheric Correction of Colour Images of Case I Waters - a Review of Case II Waters - a Review**
D. Pozdnyakov, S. Bakan, H. Grassl
* Remote Sensing of Environment, 2000 (submitted)
- Report No. 309**
August 2000 **A Cautionary Note on the Interpretation of EOFs**
Dietmar Dommenges, Mojib Latif
* Journal of Climate, 2000 (submitted)
- Report No. 310**
September 2000 **Midlatitude Forcing Mechanisms for Glacier Mass Balance Investigated Using General Circulation Models**
Bernhard K. Reichert, Lennart Bengtsson, Johannes Oerlemans
* Journal of Climate, 2000 (accepted)
- Report No. 311**
October 2000 **The impact of a downslope water-transport parameterization in a global ocean general circulation model**
Stephanie Legutke, Ernst Maier-Reimer
- Report No. 312**
November 2000 **The Hamburg Ocean-Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite Data (HOAPS): A Climatological Atlas of Satellite-Derived Air-Sea-Interaction Parameters over the Oceans**
Hartmut Graßl, Volker Jost, Ramesh Kumar, Jörg Schulz, Peter Bauer, Peter Schlüssel
- Report No. 313**
December 2000 **Secular trends in daily precipitation characteristics: greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM**
Vladimir Semenov, Lennart Bengtsson
- Report No. 314**
December 2000 **Estimation of the error due to operator splitting for micro-physical-multiphase chemical systems in meso-scale air quality models**
Frank Müller
* Atmospheric Environment, 2000 (submitted)
- Report No. 315**
January 2001 **Sensitivity of global climate to the detrimental impact of smoke on rain clouds** (only available as pdf-file on the web)
Hans-F. Graf, Daniel Rosenfeld, Frank J. Nöber
- Report No. 316**
March 2001 **Lake Parameterization for Climate Models**
Ben-Jei Tsuang, Chia-Ying Tu, Klaus Arpe
- Report No. 318**
March 2001 **On North Pacific Climate Variability**
Mojib Latif
* Journal of Climate, 2001 (submitted)

- Report 1 - 302** Please order the reference list from MPI for Meteorology, Hamburg
- Report No. 319** **The Madden-Julian Oscillation in the ECHAM4 / OPYC3 CGCM**
March 2001
Stefan Liess, Lennart Bengtsson, Klaus Arpe
* Climate Dynamics, 2001 (submitted)
- Report No. 320** **Simulated Warm Polar Currents during the Middle Permian**
May 2001
A. M. E. Winguth, C. Heinze, J. E. Kutzbach, E. Maier-Reimer,
U. Mikolajewicz, D. Rowley, A. Rees, A. M. Ziegler
* Paleoclimatology, 2001 (submitted)
- Report No. 321** **Impact of the Vertical Resolution on the Transport of Passive Tracers in the ECHAM4 Model**
June 2001
Christine Land, Johann Feichter, Robert Sausen
* Tellus, 2001 (submitted)
- Report No. 322** **Summer Session 2000**
August 2001
Beyond Kyoto: Achieving Sustainable Development
Edited by Hartmut Graßl and Jacques Léonardi
- Report No. 323** **An atlas of surface fluxes based on the ECMWF Re-Analysis-a climatological dataset to force global ocean general circulation models**
July 2001
Frank Röske
- Report No. 324** **Long-range transport and multimedia partitioning of semivolatile organic compounds: A case study on two modern agrochemicals**
August 2001
Gerhard Lammel, Johann Feichter, Adrian Leip
* Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2001 (submitted)
- Report No. 325** **A High Resolution AGCM Study of the El Niño Impact on the North Atlantic / European Sector**
August 2001
Ute Merkel, Mojib Latif
* Geophysical Research Letters, 2001 (submitted)
- Report No. 326** **On dipole-like variability in the tropical Indian Ocean**
August 2001
Astrid Baquero-Bernal, Mojib Latif
* Journal of Climate, 2001 (submitted)
- Report No. 327** **Global ocean warming tied to anthropogenic forcing**
August 2001
Bernhard K. Reichert, Reiner Schnur, Lennart Bengtsson
* Geophysical Research Letters, 2001 (submitted)
- Report No. 328** **Natural Climate Variability as Indicated by Glaciers and Implications for Climate Change: A Modeling Study**
August 2001
Bernhard K. Reichert, Lennart Bengtsson, Johannes Oerlemans
* Journal of Climate, 2001 (submitted)
- Report No. 329** **Vegetation Feedback on Sahelian Rainfall Variability in a Coupled Climate Land-Vegetation Model**
August 2001
K.-G. Schnitzler, W. Knorr, M. Latif, J. Bader, N. Zeng
Geophysical Research Letters, 2001 (submitted)
- Report No. 330** **Structural Changes of Climate Variability (only available as pdf-file on the web)**
August 2001
H.-F. Graf, J. M. Castanheira
Journal of Geophysical Research -Atmospheres, 2001 (submitted)
- Report No. 331** **North Pacific - North Atlantic relationships under stratospheric control? (only available as pdf-file on the web)**
August 2001
H.-F. Graf, J. M. Castanheira
Journal of Geophysical Research -Atmospheres, 2001 (submitted)
- Report No. 332** **Using a Physical Reference Frame to study Global Circulation Variability (only available as pdf-file on the web)**
September 2001
H.-F. Graf, J. M. Castanheira, C.C. DaCamara, A. Rocha

- Report 1 - 302** Please order the reference list from MPI for Meteorology, Hamburg

Journal of Atmospheric Sciences, 2001 (in press)
- Report No. 333** **Stratospheric Response to Global Warming in the Northern Hemisphere Winter**
November 2001
Zeng-Zhen Hu
- Report No. 334** **On the Role of European and Non-European Emission Sources for the Budgets of Trace Compounds over Europe**
October 2001
Martin G. Schultz, Johann Feichter, Stefan Bauer, Andreas Volz-Thomas
- Report No. 335** **Slowly Degradable Organics in the Atmospheric Environment and Air-Sea Exchange**
November 2001
Gerhard Lammel
- Report No. 336** **An Improved Land Surface Parameter Dataset for Global and Regional Climate Models**
January 2002
Stefan Hagemann
- Report No. 337** **Lidar intercomparisons on algorithm and system level in the frame of EARLINET**
May 2002
Volker Matthias, J. Bösenberg, H. Linné, V. Matthias, C. Böckmann, M. Wiegner, G. Pappalardo, A. Amodeo, V. Amiridis, D. Balis, C. Zerefos, A. Ansmann, I. Mattis, U. Wandinger, A. Boselli, X. Wang, A. Chaykovski, V. Shcherbakov, G. Chourdakis, A. Papayannis, A. Comeron, F. Rocadenbosch, A. Delaval, J. Pelon, L. Sauvage, F. DeTomasi, R. M. Perrone, R. Eixmann, J. Schneider, M. Frioud, R. Matthey, A. Hagard, R. Persson, M. Iarlori, V. Rizi, L. Konguem, S. Kreipl, G. Larchevêque, V. Simeonov, J. A. Rodriguez, D. P. Resendes, R. Schumacher
- Report No. 338** **Intercomparison of water and energy budgets simulated by regional climate models applied over Europe**
June 2002
Stefan Hagemann, Bennert Machenhauer, Ole Bøssing Christensen, Michel Déqué, Daniela Jacob, Richard Jones, Pier Luigi Vidale
* Climate Dynamics (submitted)
- Report No. 339** **Modelling the wintertime response to upper tropospheric and lower stratospheric ozone anomalies over the North Atlantic and Europe**
September 2002
Ingo Kirchner, Dieter Peters
- Report No. 340** **On the determination of atmospheric water vapour from GPS measurements**
November 2002
Stefan Hagemann, Lennart Bengtsson, Gerd Gendt
* J. Geophys. Res., 2003, Vol. 108, No. D21, 4678
- Report No. 341** **The impact of international climate policy on Indonesia**
November 2002
Armi Susandi, Richard S.J. Tol
- Report No. 342** **Indonesian smoke aerosols from peat fires and the contribution from volcanic sulfur emissions** (only available as pdf-file on the web)
December 2002
Bärbel Langmann, Hans F. Graf
- Report No. 343** **Modes of the wintertime Arctic temperature variability**
January 2003
Vladimir A. Semenov, Lennart Bengtsson
- Report No. 344** **Indicators for persistence and long-range transport potential as derived from multicompartment chemistry-transport modelling**
February 2003
Adrian Leip, Gerhard Lammel
- Report No. 345** **The early century warming in the Arctic – A possible mechanism**
February 2003
Lennart Bengtsson, Vladimir A. Semenov, Ola Johannessen
- Report No. 346** **Variability of Indonesian Rainfall and the Influence of ENSO and Resolution in ECHAM4 Simulations and in the Reanalyses**
May 2003
Edvin Aldrian, Lydia Dümenil Gates, F. Heru Widodo

Report 1 - 302

Please order the reference list from MPI for Meteorology, Hamburg

Report No. 347

June 2003

Sensitivity of Large Scale Atmospheric Analyses to Humidity Observations and its Impact on the Global Water Cycle and Tropical and Extra-Tropical Weather Systems

L. Bengtsson, K. I. Hodges, S. Hagemann

* Tellus (accepted)

Report No. 348

September 2003

EARLINET: A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology

J. Bösenberg, V. Matthias, et al.

Report No. 349

November 2003

The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description

E. Roeckner, G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornbluh, E. Manzini, A. Rhodin, U. Schlese, U. Schulzweida, A. Tompkins

Report No. 350

December 2003

Principles of variational assimilation of GNSS radio occultation data

M. E. Gorbunov, L. Kornbluh

Report No. 351

January 2004

Can Climate Trends be Calculated from Re-Analysis Data?

L. Bengtsson, S. Hagemann, K. I. Hodges

Report No. 352

January 2004

Tropical Pacific Decadal Variability and the Subtropical-Tropical Cells

K. Lohmann, M. Latif

ISSN 0937 - 1060