



# Forschungsberichte

**Lars Thielke**

## **Ganzheitliches Flottenmanagement zur wissensbasierten Optimierung des Straßengüterverkehrs**

Herausgeber:  
Freundes- und Förderkreis des Instituts  
für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge e.V.

Shaker Verlag

# **Ganzheitliches Flottenmanagement zur wissensbasierten Optimierung des Straßengüterverkehrs**

Von der Fakultät für Maschinenbau  
der technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde

eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von: Lars Thielke

aus: Hannover

eingereicht am: 14.08.2018

mündliche Prüfung am: 16.11.2018

Gutachter: Prof. Dr. Ludger Frerichs  
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Seiffert



Forschungsberichte aus dem  
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

**Lars Thielke**

**Ganzheitliches Flottenmanagement zur wissens-  
basierten Optimierung des Straßengüterverkehrs**

Shaker Verlag  
Aachen 2019

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6420-9

ISSN 2196-7369

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Kurzfassung

Die Güterverkehrsleistung wird in den kommenden Jahren erheblich zunehmen. Die spezifischen Eigenschaften schwerer Nutzfahrzeuge begünstigen die überproportionalen Wachstumsraten. So bieten diese Fahrzeuge bspw. im Hinblick auf ihre Einsatzmöglichkeiten ein größtmögliches Maß an Flexibilität, wodurch sich durch ihre Nutzung für Versender Vorteile gegenüber anderen Verkehrsträgern ergeben.

Gleichzeitig fordert der Gesetzgeber eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz des Verkehrssektors, um die definierten Klimaschutzziele erreichen zu können. Neben der Weiterentwicklung bestehender Fahrzeugkonzepte, bietet das System *straßengebundener Güterkraftverkehr* große Potentiale für Effizienzsteigerungen.

Charakteristisch für den straßengebundenen Güterkraftverkehr ist, dass die am Markt erzielbaren Gewinnmargen in den vergangenen Jahren u. a. aufgrund der Liberalisierung des Transportsektors immer weiter gesunken sind. Hieraus ergibt sich für Spediteure und Fuhrunternehmen das übergeordnete Ziel der Betriebskostenminimierung.

Die Kostenstruktur wird entscheidend durch die Fahrzeugauswahl und -konfiguration bestimmt. Im Rahmen der Arbeit werden Grundlagen geschaffen, um die Frage zu beantworten, wie auf Basis identifizierte Parameter eine zielgerichtete Fahrzeugauswahl und -konfiguration in Abhängigkeit von der Transportaufgabe erfolgt. Die Entwicklung eines methodischen Ansatzes dient der Beantwortung dieser Frage. Hieraus wird eine umfassende Checkliste abgeleitet, um für Flottenbetreiber ein nutzbares und pragmatisches Werkzeug zu schaffen.

Der wissenschaftliche Ansatz liegt in der Gesamtbetrachtung der Transportaufgabe. Diese beinhaltet das Transportgut, den Transportweg von A nach B, die Transportzeit, das Transportmittel (in Abhängigkeit des Transportgutes), die notwendige Logistik, die beteiligten Menschen und Systeme. Anhand von Beispielen werden einige Transportaufgaben analysiert. Daraus ist ein Empfehlungskatalog entstanden, der die beschriebene Problematik unter Berücksichtigung von der Transportqualität, der Kosten, des Umweltschutzes und der Sicherheit beinhaltet.

Die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse auf Basis realer Einsatzprofile der Wandt Spedition Transportberatung GmbH dient dazu, die Effekte bestimmter technischer Spezifikationen auf den Kraftstoffverbrauch aufzuzeigen.

Neben der Auswahlentscheidung wird die Effizienz des Gesamtsystems durch den Betrieb der Fahrzeuge bedingt. Um die Systemeffizienz zu steigern, sind bereits Telematik- und Zeitfenstermanagementsysteme entwickelt worden, die eine hohe Marktdurchdringung erzielt haben. Telematiksysteme ermöglichen eine genaue Ortung und Überwachung der Fahrzeuge. Die Reihenfolge in der Fahrzeuge beim Versender be- bzw. beim Empfänger der Waren entladen werden, wird durch Zeitfenstermanagementsysteme festgelegt.

Von der Wandt Spedition und Transportberatung GmbH sind reale Einsatzdaten zur Verfügung gestellt worden. Diese werden ausgewertet, um Potentiale zur Effizienzsteigerung im Gesamtsystem straßengebundener Güterkraftverkehr zu identifizieren. So kann die Wirkungsweise von Telematik- bzw. Zeitfenstermanagementsystemen auf das Gesamtsystem straßengebundener Güterkraftverkehr sowie deren Wechselwirkungen mit den verschiedenen Stakeholdern beschrieben und analysiert werden. Eine Beurteilung der Effizienz der Fahrzeugabfertigung und des Warenumschlages wird so begünstigt.

Die Auswertung der Realdaten unterstreicht die Notwendigkeit, die vorhandenen Potentiale zu heben. Die Frage, wie dies gelingen kann, bildet den zweiten zentralen Untersuchungsschwerpunkt. Um dieses Ziel zu erreichen, wird der Fokus auf den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Stakeholdern gelegt.

Eine umfassende Analyse der Informationsflüsse deckt bestehende Defizite auf. Die Ergebnisse können dazu verwendet werden, Transportprozesse effizienter zu gestalten, indem sämtliche Akteure eingebunden und Schnittstellenverluste zukünftig vermieden werden. Eine Bewertung ermöglicht eine Abschätzung wie sich eine Minimierung bzw. eine Vermeidung von Schnittstellenverlusten auswirkt.

## Abstract

Freight transport will significantly increase in the coming years and decades. The specific characteristics of heavy commercial vehicles (HCV) underlie the disproportionate growth rates. For example, HCVs offer forwarders advantages in comparison to other modes of transport by providing them with the greatest possible degree of flexibility with respect to vehicle use.

At the same time, in order to achieve defined climate protection goals, the legislator is calling for significant increases in energy efficiency within the transport sector. In addition to further development of existing vehicle concepts, the road-bound freight transport system itself has extensive potential for increased efficiency.

A key trend within of the road-bound freight transport market is that achievable profit margins have been shrinking in recent years. The liberalization of the transport sector is one of the most important reasons for this. Minimizing operating costs has thus become an overarching objective for fleet operators.

Cost structure is largely determined by vehicle selection and its configuration. In this thesis a basis is established to answer the question of how vehicle selection and configuration, based on identified parameters, takes place, in the context of the transportation task. In order to provide an answer to this question a methodical approach is taken. This enables, an all-embracing checklist to be derived for use by fleet operators as a usable and pragmatic tool.

The scientific approach is defined by the consideration of the transportation task. This includes the goods, the route from A to B, the transportation time, the vehicle (determined by the goods to be transported), the necessary logistics, the people and systems involved. Different transportation tasks are analyzed by using significant examples. From this, a list of recommendations has been drawn up, which includes the problem described above with regards to the transportation quality, costs, environmental protection and safety.

To demonstrate the effects of certain technical specifications on fuel consumption, a sensitivity analysis is carried out on the basis of real operating profiles from Wandt Spedition Transportberatung GmbH.

In addition to the selection decision, the efficiency of the overall system is dependent on the operation of the vehicles. To increase system efficiency, telematics and time slot management systems have been developed. These systems have already achieved high market penetration. Telematics systems allow accurate location and monitoring of vehicles. The sequence in which vehicles are loaded at the consignor or unloaded at the recipient is determined by time slot management systems.

Operating data provided by Wandt Transportberatung GmbH is here evaluated with the aim of identifying potential for increasing road-bound freight transport efficiency. In doing this, the mode of action of telematics and time slot management systems is described and analysed, as

well as their interactions with various stakeholders. An evaluation of the efficiency of vehicle and material handling is thus facilitated.

This evaluation underlines the necessity to exploit existing opportunities. How this can be accomplished is the subject of the second central area of investigation. To answer this question, the spotlight was set on the exchange of information between the different stakeholders.

An all-embracing analysis of the flow of information between stakeholders reveals existing deficits. The results of the evaluation show that, through engagement of stakeholders and avoidance of interface losses, increased efficiency of the transport process can be achieved. The effects of the elimination of interface losses is the final aspect that is here assessed.

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Ludger Frerichs, der mir die Möglichkeit zur Promotion gegeben und die Betreuung dieser Arbeit übernommen hat. An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, mich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit während meiner Assistentenzeit und die gewährten Freiräume zu bedanken.

Für die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit und die Übernahme des Koreferates sowie die wertvollen Anregungen zu dieser Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Ulrich Seiffert sehr herzlich bedanken.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Darüber hinaus möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Harald Ludanek für das entgegengebrachte Interesse an meiner Arbeit sowie für den wiederholten, konstruktiven Gedankenaustausch bedanken.

Besonderer Dank gilt ferner Herrn Anthony Wandt, der mir, durch meine Tätigkeit in seinem Unternehmen, die Möglichkeit gegeben hat, den Alltag im straßengebundenen Güterkraftverkehr kennenzulernen. Ferner hat er durch konstruktive Gespräche und durch das Bereitstellen von Einsatzdaten entscheidend zu meiner Arbeit beigetragen.

Bedanken möchte ich mich bei den ehemaligen und allen aktuellen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für die kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit. Die entstandenen Kontakte und Freundschaften haben hoffentlich auch nach der Zeit am Institut und über die Entfernung Bestand. Besonderer Dank gilt Sebastian Kemper für die großartige, freundschaftliche und fachliche Zusammenarbeit während und außerhalb des Institutsalltags.

Mein persönlicher Dank gilt meinen Eltern für ihre wertvolle Unterstützung und Förderung während meines Studiums und meiner anschließenden Tätigkeit am Institut, die maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Meiner Lebensgefährtin Jana Schefski möchte ich ganz besonders herzlich für ihre uneingeschränkte Unterstützung auch in den schwierigen Phasen während der vergangenen Jahre sowie das Verständnis für den Verzicht auf gemeinsame Zeit danken.



## Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Indizes</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>XIV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation und Zielsetzung .....	1
1.2 Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definitionen und Charakteristika der Transportbranche .....	5
2.2 Fahrzeugauswahl und -konfiguration.....	14
2.3 Ansätze zur Optimierung von Logistiknetzwerken .....	21
2.4 Entwicklungen des gewerblichen Güterkraftverkehrs.....	29
<b>3 Optimierungspotentiale im straßengebundenen Güterkraftverkehr</b> .....	<b>37</b>
<b>4 Fahrzeugauswahl und -konfiguration in Abhängigkeit von der Transportaufgabe</b> 41	
4.1 Beschreibung und Charakterisierung der Transportaufgaben.....	41
4.2 Systematische Fahrzeugauswahl und -konfiguration in Abhängigkeit der Transportaufgabe .....	45
4.2.1 Frachtgut .....	47
4.2.2 Fahrzyklus.....	49
4.2.3 Lokation .....	51
4.3 Plausibilisierung und exemplarische Betrachtungen .....	53
4.3.1 Fahrzyklus „Kurzstrecke“.....	53
4.3.2 Fahrzyklus „Langstrecke“ .....	56
4.4 Sensitivitätsanalyse .....	61
4.5 Einordnung der Ergebnisse.....	67
<b>5 Optimierung des straßengebundenen Güterkraftverkehrs</b> .....	<b>70</b>
5.1 Optimierungspotentiale im straßengebundenen Güterkraftverkehr .....	70
5.2 Auswertung von Einsatzdaten .....	75

5.3	Konzeptentwicklung zur wissensbasierten Optimierung des straßengebundenen Güterkraftverkehrs .....	82
5.3.1	Entscheidungsprozess von Speditionen und Fuhrunternehmen .....	84
5.3.2	Informationsfluss zwischen Versender und Spedition/Fuhrunternehmen.....	86
5.3.3	Informationsfluss zwischen Spedition/Fuhrunternehmen und Empfänger.....	88
5.4	Hinweise zur Umsetzung.....	91
<b>6</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>99</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>104</b>

## Formelzeichen und Indizes

Zeichen	Einheit	Größe
$A$	m <sup>2</sup>	Stirnfläche
$c_w$	-	Luftwiderstandsbeiwert
$d_E$	Min	Eventdauer
$F_B$	N	Beschleunigungswiderstand
$F_L$	N	Luftwiderstand
$F_R$	N	Rollwiderstand
$F_{St}$	N	Steigungswiderstand
$f_R$	-	Rollwiderstandsbeiwert
$F_{z,dym}$	N	Dynamische Radaufstandskraft
$g$	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung
$h$	-	Hinterachse Zugmaschine
$i$	-	Zählindex
$m$	kg	Gesamtmasse des Sattelzugs inklusive Zuladung
$m_L$	kg	Zuladungsmasse
$r$	m	Radius
$T, i$	-	Achse i am Sattelaufleger
$v$	m/s	Fahrzeuggeschwindigkeit
$v$	-	Vorderachse Zugmaschine
$\alpha$	°	Fahrbahnlängsneigung
$\rho_L$	kg/m <sup>3</sup>	Luftdichte
$\theta$	kgm <sup>2</sup>	Trägheitsmoment

## Abkürzungen

<b>Abkürzung</b>	<b>Größe</b>
AfA	Absetzung für Abnutzung
CAFE	Clean Air for Europe
CAN	Controller Area Network
CNG	Compressed Natural Gas
ERP	Enterprise Resource Planning
ETA	Estimated Time of Arrival
FMS	Fleet Management System
FIFO	First-In-First-Out
HCV	Heavy Commercial Vehicles
IoT	Internet of Things
LKW	Lastkraftwagen
LNG	Liquefied Natural Gas
MMI	Mensch-Maschine-Interface
MRM	Mobile Ressource Management
OEM	Original Equipment Manufacturer
PKW	Personenkraftwagen
RFID	Radio-frequency identification
TAN	Transaktionsnummer
TCO	Total-Cost-of-Ownership
TEApp	Trailer Efficiency App
TET	Trailer Evaluation Tool
WHSC	World Harmonized Stationary Cycle
WHTC	World Harmonized Transient Cycle
zGm	Zulässige Gesamtmasse
ZMS	Zeitfenster-Management-Systeme