



MICHAEL DENZER

## Entwicklung eines Kooperations- modells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel



Michael Denzer

**Entwicklung eines Kooperationsmodells  
für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel**

**Karlsruher Reihe Technologie und Management im Baubetrieb**  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Technologie und Management im Baubetrieb

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno (Hrsg.)  
Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes (Hrsg.)

Heft 73

Das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) befasst sich in Forschung und Lehre mit dem gesamten Bereich des Baubetriebs von der Maschinen- und Verfahrenstechnik bis hin zum Management der Projekte, Facilities und Unternehmen.  
Weitere Informationen und Kontakte unter [www.tmb.kit.edu](http://www.tmb.kit.edu)

---

Eine Übersicht der Forschungsberichte finden Sie am Ende des Buches.

# **Entwicklung eines Kooperations- modells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel**

von  
Michael Denzer

Karlsruher Institut für Technologie  
Institut für Technologie und Management im Baubetrieb

Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik  
im Baustoff-Fachhandel

Zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs  
von der KIT-Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften  
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) genehmigte Dissertation

von Dipl.-Ing. (FH) Michael Denzer, MBA aus Wernersberg

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Oktober 2018  
Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts

#### Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
KIT Scientific Publishing  
Straße am Forum 2  
D-76131 Karlsruhe

KIT Scientific Publishing is a registered trademark  
of Karlsruhe Institute of Technology.  
Reprint using the book cover is not allowed.

[www.ksp.kit.edu](http://www.ksp.kit.edu)



*This document – excluding the cover, pictures and graphs – is licensed  
under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License  
(CC BY-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>*



*The cover page is licensed under a Creative Commons  
Attribution-No Derivatives 4.0 International License (CC BY-ND 4.0):  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.en>*

Print on Demand 2019 – Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

ISSN 2363-8222  
ISBN 978-3-7315-0884-7  
DOI 10.5445/KSP/1000089295







# Vorwort des Hauptreferenten

Mit der vorliegenden Dissertation verfolgt Herr Denzer das Ziel, für den Baustoff-Fachhandel auf Basis der Konsolidierung des Sendungsvolumens ein Kooperationsmodell für die Transportlogistik zu entwickeln, mit dem das Logistiknetzwerk der Kooperationspartner verbessert und deren Transporteffizienz erhöht werden kann.

Die Motivation für die Forschungsarbeit leitet Herr Denzer aus der großen Bedeutung der Logistikprozesse in der Industrie allgemein und der zunehmenden Betrachtung dieses Anteils an der Wertschöpfungskette auch in der Bau- und Immobilienwirtschaft ab. Dabei fokussiert die Arbeit auf die Versorgungslogistik von Baustellen und nimmt hier den Baustoff-Fachhandel als einen maßgebenden Akteur innerhalb der Wertschöpfungskette Bau und als Bindeglied zwischen der Baustoffindustrie und den Betrieben der Baubranche in den Blick. Ausgangspunkt ist hierbei die Einschätzung im Baustoff-Fachhandel, dass der Warentransport zu deren Kunden innerhalb des Lagergeschäfts als der Unternehmensbereich identifiziert wird, der das größte Verbesserungspotential beinhaltet.

Die primäre Zielsetzung bei der Entwicklung des Kooperationsmodells besteht darin, die durch die Kooperationspartner zu fahrende Gesamtstrecke zu reduzieren. Das Kooperationsmodell beruht dabei im Kern auf der Integration eines neutralen Logistiklers in den Prozess der Disposition der Kooperationspartner. Die Detaillierung erfolgt auf Basis einer Anforderungsanalyse aus der Perspektive des Baustoff-Fachhandels und der Anforderungsgeber aus der Baubranche. Die Arbeit enthält eine Prozessbeschreibung, eine Nutzen- und Risikoanalyse sowie

eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Überlegungen zur erforderlichen Kostenallokation. Außerdem werden modulare Erweiterungsmöglichkeiten des Modells aufgezeigt. Anschließend wird eine Evaluation des Kooperationsmodells mittels einer exemplarischen Simulation auf Basis von Realdaten von Baustoff-Fachhändlern durchgeführt.

Herrn Denzer ist es gelungen, ein Forschungsfeld zu identifizieren, das bislang kaum Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen ist. Die vertiefte Betrachtung der bauleistungsorientierten Wertschöpfungskette mit dem Fokus auf den Baustoff-Fachhandel wird bislang von sehr wenigen Autoren wissenschaftlich aufgegriffen. Zugleich hat die Arbeit eine sehr hohe Praxisrelevanz. Die Analyse der Potenziale der Konsolidierung von Warentransporten für den Baustoff-Fachhandel mit den daraus möglichen Effekten für die gesamte Wertschöpfungskette Bau und darüber hinaus mit möglichen volkswirtschaftlichen Effekten unterstreicht zusätzlich den Wert dieser Forschungsarbeit.

Ich danke Herrn Denzer dafür, dass er mit der vorliegenden Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Erkenntnisgewinnung auf dem bedeutenden Forschungsfeld der Bauleistung leistet. Außerdem danke ich ihm für seine langjährige Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb am KIT. Sein Einsatz an unserem Institut war eine wichtige Stütze in Lehre und Forschung und zugleich eine persönliche Bereicherung für alle Kollegen, die mit ihm zusammenarbeiten durften.

Karlsruhe, im Dezember 2018

Prof. Dr. Shervin Haghsheno

# Vorwort des Verfassers

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Einen besonderen Dank richte ich an meinen akademischen Lehrer und Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno, Leiter des Fachgebiets Baubetrieb und Bauprozessmanagement am Institut. Ich danke ihm für seine richtungsweisenden Anregungen und exzellente fachliche sowie persönliche Betreuung als Hauptreferent meiner Dissertation. Neben dem wissenschaftlichen Austausch förderte er mich durch die Teilnahme an zahlreichen Konferenzen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts danke ich für die Übernahme des Korreferats dieser Arbeit und seine konstruktiven Impulse. Einen herzlichen Dank möchte ich auch an die weiteren Mitglieder meiner Promotionskommission, Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch, Herrn Prof. Dr.-Ing Kai Furmans und Herrn Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes, für ihre aktive Unterstützung richten.

Den Vertretern der Industriepartner Herrn Christoph Deck (Raab Karcher Baustoffhandel GmbH), Herrn Olaf Knipping (E. Wertheimer GmbH) und Herrn Thomas Munz (Raiffeisen Baucenter GmbH) danke ich recht herzlich für die Bereitstellung der Realdaten und für die sehr gute Zusammenarbeit. Darüber hinaus möchte ich mich bei den Herren Matthias Hormuth und Horst Stöcke

(beide PTV AG) für das zur Verfügung gestellte Tourenplanungsprogramm sowie die Unterstützung bei der Softwareanwendung bedanken.

Meinen Kollegen und Freunden, allen voran Maximilian Deubel, Dr. Gernot Hickethier, Dr. Kim Kirchbach, Nils Münzl, Dr. Heinrich Schlick, Dr. Harald Schneider, Annett Schöttle und Dominik Waleczko, möchte ich für die zahlreichen Diskussionen und die daraus folgenden Ideen danken, die zur erfolgreichen Ausgestaltung dieser Arbeit beitrugen. Weiter gilt mein Dank den Studierenden, die im Rahmen der Bearbeitung ihrer Abschlussarbeiten meine Forschungsarbeit unterstützten.

Abschließend möchte ich ein besonderes Dankeschön an meine Familie für ihre Hilfsbereitschaft und mentale Unterstützung richten. Insbesondere meine Frau und unsere beiden Kinder gaben mir mit ihrer Liebe und ihrem Verständnis den nötigen Rückhalt zur erfolgreichen Umsetzung dieser Arbeit.

Wernersberg, im November 2018

Michael Denzer

*Für Isabel, Ole und Maila*



# Kurzfassung

**Titel: Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel**

**Schlagwörter: Baulogistik, Baustoff-Fachhandel, Konsolidierungseffekte, Kooperationsmodell, Transportdisposition, Transportlogistik, Transportsimulation**

Die Logistik hat sich in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig in Deutschland entwickelt. Gerade im Hinblick auf den Anteil der Logistikkosten sowie des branchenübergreifenden Einsatzgebiets wird ihr eine hohe Wertstellung in vielen Industriezweigen zugesprochen. Die Bauwirtschaft steht erst am Anfang eines ausgeprägten Logistik-Verständnisses, obwohl gerade in der Versorgungslogistik von Baustellen mit Bauprodukten das Transportwesen einen wesentlichen Einfluss auf die Bauprozesse ausübt. Hierbei ist der Baustoff-Fachhandel ein wichtiger Akteur innerhalb der Wertschöpfungskette Bau.

Der Baustoff-Fachhandel stellt die branchenspezifische Ausprägung des Handels, als Bindeglied zwischen der Baustoffindustrie und insbesondere den Betrieben der Baubranche, dar. Nach deren Auffassung wird der Warentransport zu deren Kunden innerhalb des Lagergeschäfts als der Unternehmensbereich identifiziert, der das größte Verbesserungspotential beinhaltet.

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangslage besteht das Ziel der Arbeit in der Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-

Fachhandel. Auf Basis der Konsolidierung des Sendungsvolumens soll es gelingen, das Logistiknetzwerk zu verbessern und die Transporteffizienz der Kooperationspartner zu erhöhen. Als primärer Indikator wird hierbei die Verringerung der zu fahrenden Gesamtstrecke angesehen.

Das Kooperationsmodell wird auf Grundlage theoretischer Ansatzpunkte und einer Expertenbefragung deskriptiv erarbeitet. Dabei erfolgt die Modellbeschreibung mittels Darstellung des Prozessablaufs und der Interaktion zwischen dem Logistiker, der Partner und deren Kunden. Darauf aufbauend werden die gesamtgesellschaftlichen Nutzen- und Risikenpotentiale theoretisch abgeleitet. Weiterhin erfolgen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Kostenallokation sowie die Vorstellung von modularen Erweiterungsmöglichkeiten des Kooperationsmodells.

Durch vielfache Simulation anhand von Realdaten wird die Auswirkung des Kooperationsmodells auf die Gesamtstrecke untersucht. Hierbei werden noch weitere einzelwirtschaftliche Konsolidierungseffekte herausgearbeitet sowie die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit abgeschätzt. Die Identifikation und umfassende Auswertung bedeutender Modellierungsparameter zur weiteren Verringerung der Gesamtstrecke spezifizieren die Untersuchungsvarianten und schließen den simulativen Bereich der Arbeit ab.

Diese Arbeit belegt das bedeutende Potential der Konsolidierungseffekte im Baustoff-Fachhandel und stellt ein geeignetes Kooperationsmodell für dessen Erschließung bereit.



# Abstract

**Title: Development of a cooperation model for transport logistics in the building materials trade**

**Keywords: Construction logistics, building materials trade, consolidation effects, cooperation model, transport disposition, transport logistics, transport simulation**

In the last years, the logistics industry evolved into one of the most important economic sectors in Germany. Particularly with regard to the share of logistics costs as well as cross-sectoral area of application, it is significant in many industries. The construction sector is at the beginning of understanding the logistics importance, although in the supply chain of construction sites has a major influence on construction processes. Here, the building materials trade is an important player within the value chain of construction.

In particular, the building materials trade represents a link between the building materials industry and the construction companies. The transport of goods to customers within the warehouse business is identified as the area that contains the most potential for improvement.

Due to this baseline, the aim of the thesis is to develop a cooperation model for transport logistics in the building materials trade. Based on the consolidation of the consignment volume, the logistics network will be improved and the transport efficiency of the cooperation partners will increase. The prime indicator is the reduction of the total drive distance.

The cooperation model will be comprehensively developed on the basis of theoretical approaches and an expert survey. The detailed description of the model will be presented, showing the process flow and the interaction between the logistics provider, the partner and their customer. So that the theoretical conclusion of the benefits and risks will be drawn. Furthermore, a cost-benefit analysis as well as modular options for expansion of the cooperation model are presented.

The impact of the total drive distance on the cooperation model will be investigated by using real data. Thus, further consolidation effects are presented in detail and the economic advantages are estimated. The identification and comprehensive evaluation of significant modeling parameters for the total distance reduction specify the researched options and conclude the stimulative work of the thesis.

This work demonstrates the significant potential for consolidation effects in the building materials trade and provides a suitable cooperation model for its application.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> . . . . .	<b>i</b>
<b>Abstract</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b> . . . . .	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	7
1.3 Stand der Forschung . . . . .	10
1.4 Vorgehensweise und Aufbau . . . . .	14
<b>2 Grundlagen der Logistik</b> . . . . .	<b>21</b>
2.1 Allgemeines . . . . .	21
2.2 Transportlogistik . . . . .	27
2.2.1 Definition und Zielsetzung . . . . .	27
2.2.2 Logistiknetzwerke . . . . .	30
2.2.3 Tourenplanung . . . . .	34
2.2.4 Straßengüterverkehr . . . . .	54
2.3 Baulogistik . . . . .	63
2.3.1 Definition und Zielsetzung . . . . .	63
2.3.2 Gegenstände . . . . .	65
2.3.3 Handlungsfelder . . . . .	67
2.3.4 Bedeutende Konzepte . . . . .	72

<b>3</b>	<b>Baustoff-Fachhandel als Akteur in der Wertschöpfungskette Bau</b>	<b>75</b>
3.1	Begriffliche Abgrenzung	75
3.2	Stellung innerhalb der Wertschöpfungskette	78
3.3	Besonderheiten der Bauprodukttransporte	80
3.4	Branchenspezifische Herausforderungen	83
<b>4</b>	<b>Kooperationen zur Konsolidierung von Transportvorgängen</b>	<b>85</b>
4.1	Kooperationen	85
4.2	Transportkonsolidierung	91
<b>5</b>	<b>Entwicklung des Kooperationsmodells</b>	<b>103</b>
5.1	Gültigkeitsbereich und Definitionen	103
5.2	Konzeption	106
5.3	Anforderungsanalyse	111
5.4	Ein- und Ausgabedaten	117
5.5	Modellbeschreibung und Prozessdarstellung	124
5.6	Umsetzung der Modellanforderungen	132
5.7	Nutzen- und Risikoanalyse	141
5.7.1	Diskussion der Nutzenpotenziale	141
5.7.2	Diskussion der Risikopotenziale	145
5.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Kostenallokation	147
5.9	Modulare Erweiterungsmöglichkeiten	152
<b>6</b>	<b>Evaluation des Kooperationsmodells</b>	<b>157</b>
6.1	Datengrundlage	157
6.2	Modellierungsparameter	165
6.3	Basisuntersuchung	170
6.3.1	Basismodelle	170
6.3.2	Ergebnisauswertung	176

---

6.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Kostenallokation . . . . .	182
6.4.1	Abschätzung der Einzelkosten . . . . .	182
6.4.2	Kostenvergleich zwischen Referenzmodell und Kooperationsmodell . . . . .	190
6.4.3	Kostenallokation zwischen den Kooperationspartnern . . . . .	196
6.5	Untersuchungsvarianten . . . . .	199
6.6	Ergebnisdiskussion . . . . .	206
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung . . . . .</b>	<b>211</b>
<b>A</b>	<b>Anhang Modellentwicklung . . . . .</b>	<b>217</b>
<b>B</b>	<b>Anhang Modellevaluation . . . . .</b>	<b>223</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis . . . . .</b>	<b>237</b>
	<b>Tabellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>239</b>
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>243</b>



# Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

## Allgemeine Abkürzungen

BIM	Building Information Modeling
CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem
DCVRP	Distance-constrained Capacitated Vehicle Routing Problem
DSR	Design Science Research
DVRP	Distance Vehicle Routing Problem
HFVRP	Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem
JIT	Just-in-time
KEP	Kurier-, Express- und Paket
Kfz	Kraftfahrzeug
LDL	Logistikdienstleister
Lkw	Lastkraftwagen
MDVRP	Multiple Depot Vehicle Routing Problem
MDVRPI	Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Inter-Depot Routes
PE	Paletten-Einheit
PVRP	Periodic Vehicle Routing Problem
RFID	Radio Frequency Identification

SCM	Supply Chain Management
SDVRP	Split Delivery Vehicle Routing Problem
SDVRPA	Split Delivery Vehicle Routing Problem with Alternative Period
TSP	Traveling Salesman Problem
TUL	Transportieren, Umschlagen und Lagern
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauls
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery
VRSPD	Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

## **Quellenabkürzungen**

BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BDB	Bundesverband Deutscher Baustoff-Fachhandel e.V.
BHB	Handelsverband Heimwerken, Bauen und Garten e.V.

## **Abkürzungen von Gesetzen und Verordnungen**

AETR	Europäisches Übereinkommen über die Arbeit des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals
AHO	Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.



ARBZG	Arbeitszeitgesetz
HGB	Handelsgesetzbuch
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KRFARBZG	Gesetz zur Regelung der Arbeitszeit von selbständigen Kraftfahrern
PRODHAF TG	Produkthaftungsgesetz
STVG	Straßenverkehrsgesetz
STVO	Straßenverkehrsordnung
STVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
VO(EG)561/2006	Verordnung zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates
VO(EU)305/2011	Verordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates

### **Lateinische Buchstaben**

$b_i$	Belieferungsbedarf Kunde $i$
$d_{ij}$	Euklidische Distanz zwischen Standort $i$ und $j$
$E$	Kantenmenge
$e$	Element von $E$
$G$	Graph
$i, j$	Knotenpaar von $v$ ; Bezeichnung von Standorten
$K$	Kunde

$k$	Kantentausch einer bestehenden Tour
$K_L$	Gesamtkosten für den Einsatz des Logistikers
$K_{L,m}$	Kosten für den Einsatz des Logistikers für Partner $m$
$K_{pD}$	Gesamtkosten partnerseitige Disposition
$K_{pD,m}$	Kosten partnerseitige Disposition für Partner $m$
$K_{pT}$	Gesamtkosten physischer Transport
$K_{pT,m}$	Kosten physischer Transport für Partner $m$
$K_T$	Transportkosten
$K_{T,ges}$	Gesamte Transportkosten
$K_{T,Koop}$	Gesamte Transportkosten Konsolidierungsmodell
$K_{T,m}$	Transportkosten für Partner $m$
$K_{T,Ref}$	Gesamte Transportkosten Referenzmodell
$m$	Partner; Händler
$N$	Nachbarschaft einer zulässigen Ausgangslösung
$n$	Zählvariable
$O$	Komplexität
$P$	Partner
$R_A$	Route innerhalb Tour A
$R_B$	Route innerhalb Tour B
$S_A$	Gesamtsendungsfläche aller Sendungsaufträge
$S_{A,m}$	Sendungsfläche der Sendungsaufträge von Partner $m$
$s_{ij}$	Ersparnis zwischen Standort $i$ und $j$
$sz_i$	Servicezeit Kunde $i$
$T$	Tour
$U$	Umsatz

$U_{L,Au}$	Umsatzanteil Lagergeschäft durch Auslieferung
$U_{L,Sa}$	Umsatzanteil Lagergeschäft durch Selbstabholung
$U_S$	Umsatzanteil Streckengeschäft
$V$	Knotenmenge
$v$	Element von $V$
$VS$	Verrechnungssatz
$x$	Leistungseinheit; Transportgüter
$x_i$	Koordinaten Standorts $i$ in x-Richtung
$y_i$	Koordinaten Standorts $i$ in y-Richtung

### **Symbole und griechische Buchstaben**

$\emptyset$	Durchschnitt
$\gamma$	Gewichtungsfaktors der Distanz $d_{ij}$
$>$	größer
$\geq$	größer gleich
$<$	kleiner
$\leq$	kleiner gleich
$\tau_n$	Möglichkeiten Routenausbildung bei $n$ Knoten



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Die Logistik ist mit einem Umsatzvolumen von etwa 258 Mrd. € im Jahr 2016 nach der Automobilindustrie und dem Handel der drittgrößte Wirtschaftsbereich in Deutschland, wobei nur knapp die Hälfte der logistischen Leistungen durch den sichtbaren Gütertransport erbracht werden [BUNDESVEREINIGUNG LOGISTIK 2017]. Somit findet der überwiegende Anteil der logistischen Wertschöpfung zur Planung, Steuerung und Umsetzung von Logistikprozessen in Unternehmen, als in dem physischen Gütertransport statt. Aufgrund des branchenübergreifenden Einsatzgebiets der Logistik wird ihr in vielen Industriezweigen eine bedeutende Stellung zugesprochen [PFOHL 2013, S. 304]. Während in der Vergangenheit insbesondere Großunternehmen die Logistik als eigenständigen Aufgabenbereich und bedeutenden Kostenfaktor identifiziert haben [JUNG 2012, S. 453], gelangen auch immer mehr kleine und mittlere Unternehmen zu dieser Erkenntnis [PFOHL 2013, S. 292]. Der jeweilige Logistikbedarf ist jedoch stark von der Unternehmensgröße, der strategischen Ausrichtung sowie dem Geschäftsfeld abhängig [PFOHL 2013, S. 296].

Die Baubranche<sup>1</sup> ist ein sehr traditionell geprägter Wirtschaftszweig, dessen Betriebe<sup>2</sup> im Jahr 2016 einen Gesamtumsatz von etwa 181,2 Mrd. €<sup>3</sup> erwirtschafteten. Nach BAUER [2007, S. 632] und BÜHREN [2016, S. 6] hat die Logistik einen entscheidenden Einfluss auf das Projektergebnis einer Baustelle. Dies führt dazu, dass logistische Überlegungen und Konzepte zunehmend an Bedeutung gewinnen [GIRMSCHIED 2014, S. 17], jedoch bei weitem noch nicht von einem flächendeckenden Einsatz gesprochen werden kann. Es ist weiter zu erwarten, dass die Logistikprozesse in der Bauwirtschaft<sup>4</sup> zunehmend komplexer und dadurch noch bedeutender werden [FRAUNHOFER 2015, S. 60]. Insbesondere im Transportsektor wird die Auswirkung der Logistik auf die Baubranche ersichtlich, da etwa 25 % der Transportmengen im Straßengüterverkehr durch Bautransporte<sup>5</sup> verursacht werden [TRANSPORT CONSULTING INTERNATIONAL 2015, S. 7].

---

<sup>1</sup> Unter der Baubranche (vom Statistischen Bundesamt und den entsprechenden Landesämtern auch Baugewerbe genannt) wird ein volkswirtschaftlicher Wirtschaftszweig verstanden, dessen Leistungen direkt auf die Herstellung oder den Erhalt von Bauwerken gerichtet sind [BRÖMER 2015, S. 11].

<sup>2</sup> Nach der Definition des STATISTISCHES BUNDESAMT [2017b] gilt als Unternehmen „die kleinste rechtliche Einheit, die aus handels- und/oder steuerrechtlichen Gründen Bücher führen und einen Jahresabschluss aufstellen muss. Ein Betrieb ist einer rechtlichen Einheit zugeordnet. Somit kann ein Unternehmen aus einem oder mehreren Betrieben bestehen.“

<sup>3</sup> Der Gesamtumsatz deutscher Betriebe setzt sich aus den Teilsummen für das Bauhauptgewerbe 109,5 Mrd. € [STATISTISCHES BUNDESAMT 2018, S. 33], Ausbaugewerbe 64,3 Mrd. € und Bauträger 7,4 Mrd. € [STATISTISCHES BUNDESAMT 2018, S. 34] zusammen. Im Bereich des Bauhauptgewerbes sind alle Betriebe erfasst, wohingegen im Bereich des Ausbaugewerbes und der Bauträger nur Betriebe mit mindestens 10 tätigen Personen berücksichtigt wurden [STATISTISCHES BUNDESAMT 2018, S. 4]. Die Teilsummen der einzelnen Bereiche enthalten keine Umsatzsteuer [STATISTISCHES BUNDESAMT 2018, S. 7].

<sup>4</sup> „Die Bauwirtschaft bezeichnet den Teilbereich einer Volkswirtschaft, der sich mit der Errichtung, Erhaltung und Nutzung von Bauwerken sowie mit der Anpassung und Veränderung von Bauwerksbeständen durch Bautätigkeit befaßt.“ [RUSSIG ET AL. 1996, S. 11]

<sup>5</sup> Hauptsächlich durch den Transport aus dem Güterbereich Steine und Erden sowie sonstige Mineralerzeugnisse in Form von bspw. Zement, Gips, Glas oder Beton [TRANSPORT CONSULTING INTERNATIONAL 2015, S. 18].

Die Baulogistik ist die branchenspezifische Ausrichtung der Logistik in der Bauwirtschaft [KRAUSS 2005, S. 13] mit dem Ziel, typische, problembehaftete sowie wertschöpfungshemmende Baustellenszenarien wie bspw. die Beeinträchtigung der umliegenden Verkehrs-Infrastruktur durch das Aufstauen langer Warteschlangen von Lastkraftwagen (Lkw) vor der Baustellenzufahrt oder die Arbeitsunterbrechungen aufgrund fehlender Bauprodukte<sup>6</sup> [BÜHREN 2016, S. 6] zu unterbinden. Das Transportmanagement ist nach SULLIVAN ET AL. [2010, S. 95] eines der bedeutendsten Elemente der Baulogistik. Schlägt dieses fehl, kann es nach deren Ansicht zu erheblichen Problemen auf der Baustelle kommen. Obwohl dem Transportmanagement zu und auf den Baustellen weiter eine hohe Bedeutung für den Projekterfolg zugesprochen wird, sehen WÖHRLE [2012, S. 26 f.] und BÜHREN [2016, S. 6] darin große Schwachstellen und vielseitiges Verbesserungspotential. Dies liegt u. a. darin begründet, dass bei Bauvorhaben mit den Transporten nicht nur ein erheblicher Kostenfaktor verbunden ist [GÜNTNER ET AL. 2006, S. 3], sondern dass die gesamten Logistikkosten eines Unternehmens häufig überwiegend durch die Transportkosten bestimmt werden [KICK ET AL. 2014, S. 59]. Als Beispiel sei die Lkw-Maut genannt, deren Erweiterung im Jahr 2015 insbesondere die Transportkosten in der Bauwirtschaft weiter ansteigen ließ [KÜRSCHNER 2015, S. 14]. Ab dem Jahr 2018 wird die Lkw-Maut auf alle Bundesstraßen ausgeweitet [DEUTSCHE PRESSEAGENTUR 2017, S. 1], was eine weitere Kostenbelastung impliziert.

Zuzüglich zu einzelwirtschaftlichen Aspekten eines effizienten Transportmanagements ergibt sich auch aus volkswirtschaftlicher sowie ökologischer Sicht eine große Relevanz [DYCKHOFF und SOUREN 2008, S. 206]. Die Transporte im Straßengüterverkehr allgemein und auf Baufeldern tragen – ebenfalls wie für den gesamten Transportsektor charakteristisch – zur Umweltbelastung in Form von

---

<sup>6</sup> Die Begriffe Bauprodukte, Baustoffe oder auch Baumaterialien können als synonym betrachtet werden. In Anlehnung an Kap. I, Art. 2, Nr. 1 der *Verordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten* (VO(EU)305/2011) wird in der vorliegenden Arbeit insbesondere der Begriff Bauprodukte verwendet.

Lärm- und Schadstoffemissionen, Staus sowie Verkehrsunfällen bei [ABERLE 2009, S. 100]. Insbesondere in urbanen Ballungsgebieten ist die Stauproblematik in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern Europas stark ausgeprägt [STOCKBURGER 2016].

Der Belieferung einer Baustelle mit Bauprodukten ist nach GÜNTNER und ZIMMERMANN [2008, S. 47] eine sehr hohe Wichtigkeit zuzuordnen. In diesem Zusammenhang nimmt nach Auffassung des *Bundesverband Deutscher Baustoff-Fachhandel e.V.* (BDB) der Baustoff-Fachhandel als Bindeglied zwischen der Baustoffindustrie und insbesondere der Baubranche in der Wertschöpfungskette Bau eine zentrale Rolle ein [BDB 2016, S. 3 f.]. Die Wechselwirkungen zwischen dem Baustoff-Fachhandel und dessen Kunden – den gewerblichen Akteuren der Baubranche und den privaten Endverbrauchern – sind vielfältig. So wirken sich bspw. die immer kürzeren Bauzeiten maßgeblich auf das Transportwesen aus, sodass die Gesamtanzahl der Transporte und die Transportintensität zur Versorgung der Baustelle steigen [HOFSTADLER 2016, S. 16]. Zudem erhöht nach LEINZ [2004, S. 26] die Vielzahl der in einem Bauprojekt tätigen Unternehmen sowie deren eigenverantwortlicher und autark vollzogener Materialabruf die Komplexität der Versorgungsströme. Dies führt seiner Auffassung nach weiter zu einer erschwerten Ausgestaltung einer effizienten Transportdisposition<sup>7</sup> des Baustoff-Fachhandels.

Ferner beeinflussen die Platzverhältnisse auf dem Baufeld selbst zur Be- und Entladung der Transportfahrzeuge und zur Zwischenlagerung von Bauprodukten das Belieferungskonzept einer Baumaßnahme, sodass sich dieses direkt auf die transportlogistischen Prozesse des Baustoff-Fachhandels auswirkt. Hierbei sieht HOFSTADLER [2016, S. 17] vor allem bei innerstädtischen Bauvorhaben ein hohes Potential an logistischen und baubetrieblichen Wechselwirkungen, die

---

<sup>7</sup> Im Kontext der Arbeit wird nachfolgend unter der Disposition speziell die Transportdisposition verstanden.



sich bei Missachtung negativ sowie bei Beachtung positiv auf die Gesamtproduktivität eines Bauprojekts auswirken können.

Aus Sicht des Baustoff-Fachhandels geht aus einer Studie von DENZER und HAGSHENO [2016, S. 52]<sup>8</sup> hervor, dass die wesentlichen Herausforderungen im Rahmen der Disposition und Durchführung der Bauproduktauslieferung erstens in der kundenseitigen Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten (Chargen) und zweitens in der kurzfristigen Materialbestellung in Verbindung einer zügigen Auslieferung liegen. Während MEINS-BECKER [2011, S. 30] die Kurzfristigkeit der Materialbestellung und dadurch unter Umständen die Nichteinhaltung von festgelegten Bestell- bzw. Auslieferungsfristen zwischen dem Baustoff-Fachhandel und seinen Kunden unterstreicht, sieht WERNER [2013, S. 203] in der Reduzierung der Sendungsgrößen infolge kleinteiliger Bestellungen einen andauernden Trend, der in vielen Branchen zu erkennen ist. Vor allem der Einzelhandel in urbanen Ballungsgebieten wird durch viele kleine, getrennte Sendungen geprägt [FLEISCHMANN 2008, S. 17], sodass sich in den letzten Jahren eine Verlagerung der Güterstruktur vom Massengut zum Stückgut vollzog [ZÄPFEL und IRREITER 2010, S. 117]. Zudem sehen BICHLER ET AL. [2013, S. 1] diesen Trend dadurch verstärkt, dass die Höhe der Logistikkosten nach den eigentlichen Transportkosten maßgeblich durch die Lagerhaltungskosten, bestehend aus den Kapitalbindungs- und Lagerungskosten, bestimmt werden. Die wesentlichen Gründe dieses kundenseitigen Bestellverhaltens in der Baubranche liegen nach DENZER und HAGSHENO [2016, S. 53 f.] erstens an der geringen Lagerflächenmöglichkeit und zweitens an dem vermehrt zum Einsatz kommenden produktionssynchronen Baustellenbelieferungskonzept nach dem Just-in-time (JIT)-Prinzip. Als bedeutende Konsequenzen der kleinteiligen Materialbestellung sind ein höherer Aufwand in der Disposition der Transporttouren sowie steigende zu fahrende Gesamtkilometer anzusehen, die jeweils eine

---

<sup>8</sup> Die Studie besteht aus einer anonymisierten Online-Umfrage, die an die 758 Mitglieder des BDB verteilt wurde. Bei der Befragung nahmen 68 Unternehmen teil, was einer Rücklaufquote von etwa 9 % entspricht. [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 48]

Erhöhung der Transportkosten hervorrufen [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 56].

Im Zuge der Disposition erfolgt nicht nur im Baustoff-Fachhandel die Touren- und Routenplanung oftmals manuell, obwohl durch eine computergestützte Planung bis zu 30 % der Gesamtfahrstrecke, der Gesamtzeit sowie der Transportfahrzeugflottengröße eingespart werden können [BRÄYSY und HASLE 2014, S. 351 f.]. Insbesondere bei der Berücksichtigung vieler Nebenbedingungen oder bei einer großen Anzahl an zu disponierenden Gütermengen ist unter qualitativen Gesichtspunkten die Nutzung einer Softwarelösung unabdingbar [SPRENGER 2013, S. 1], sodass bei transportintensiven Branchen eine computergestützte Touren- und Routenplanung von großer Bedeutung ist [KRAFT und SCHONEBOOM 2013, S. 137]. Der Baustoff-Fachhandel zählt als Spezialdisziplin im Handelsgewerbe besonders aufgrund der zahlreichen, durch die Baubranche auferlegten Transportbedingungen, zu einem typischen und sinnvollen Anwendungsfeld für Tourenplanungssoftwaresysteme. Doch vielfach wird diese Notwendigkeit und das damit verbundene Verbesserungspotential verkannt, sodass die Disposition noch häufig manuell erfolgt.

Abbildung 1.1 zeigt das Ergebnis der Studie von DENZER und HAGSHENO [2016] zur Frage, in welchen eigenen Unternehmensbereichen mit den dort angesiedelten Teilprozessen Baustoff-Fachhändler das größte Optimierungspotential sehen. Die 67 Teilnehmer konnten maximal drei Nennungen abgeben sowie unter der Rubrik *weiterer Bereich* eigene Angaben notieren. [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 51]

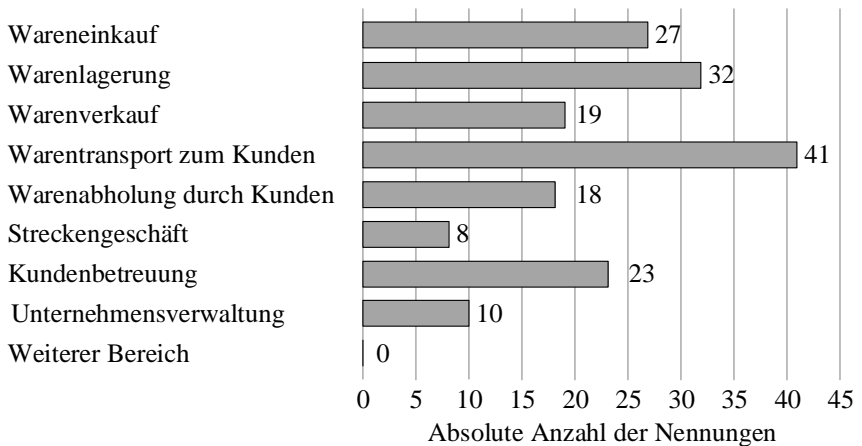


Abbildung 1.1: Verbesserungspotential der Unternehmensbereiche im Baustoff-Fachhandel nach DENZER und HAGHSHENO [2016, S. 51]

Wie zuvor beschrieben, sieht nicht nur die Fachliteratur im Transportmanagement zur Versorgung der Baustellen mit Bauprodukten eine erfolgskritische Bedeutung und großes Verbesserungspotential, sondern auch der Baustoff-Fachhandel selbst vertritt die Auffassung, dass der *Warentransport zum Kunden*<sup>9</sup> als derjenige Unternehmensbereich anzusehen ist, der im Baustoff-Fachhandel das größte Optimierungspotential bietet und zudem durch eine kooperative Disposition wesentliche Vorteile generiert werden könnten [DENZER und HAGHSHENO 2016, S. 59].

## 1.2 Zielsetzung

Im Hinblick auf die zuvor beschriebene Ausgangssituation besteht die **Zielsetzung** der Arbeit in der Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Trans-

<sup>9</sup> Siehe Abbildung 1.1.

portlogistik im Baustoff-Fachhandel und der Evaluation dieses Modells durch dessen exemplarische Simulation anhand von Realdaten.

Das Kooperationsmodell basiert auf dem Grundgedanken der Konsolidierung von Warenströmen zwischen verschiedenen Niederlassungen innerhalb eines Unternehmens oder zwischen unterschiedlichen Unternehmen zur Verbesserung des Logistiknetzwerks. Mit dessen Anwendung soll primär die zu fahrende Gesamtstrecke der Kooperationspartner reduziert werden, um somit insbesondere die Effizienz der Transporte von Bauprodukten im Zuge des Lagergeschäfts des Baustoff-Fachhandels zu dessen Kunden zu steigern.

Während das Kooperationsmodell deskriptiv erarbeitet wird, erfolgt dessen Evaluation mit Hilfe einer Tourenplanungssoftware zur Erstellung kooperativer Tourenpläne anhand verschiedener Simulationsmodelle. Hierbei werden eine Untersuchung zum Nachweis des Basismodells sowie davon abgeleiteter verschiedener Untersuchungsvarianten, zum Aufzeigen des weiteren Verbesserungspotentials, durchgeführt. In diesem Zusammenhang wird die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit des Kooperationsmodells abgeschätzt.

Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit sind verschiedene Fachgebiete zu integrieren. Zunächst ist der Baustoff-Fachhandel als Spezialdisziplin des Handelsgewerbes und Akteur innerhalb der baubetrieblichen Wertschöpfungskette zentraler Ausgangspunkt der Betrachtung. Die Baubranche ist maßgeblicher Kunde und somit ein wesentlicher Anforderungsgeber des Kooperationsmodells. Die Anforderungen und Bedarfe der Baubranche sind durch den Baustoff-Fachhandel zu bedienen. Die dabei zum Einsatz kommenden Bauprodukttransporte sollen durch ein neu zu entwickelndes Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel verbessert werden. Infolgedessen sind nicht nur transportlogistische Grundlagen, sondern darüber hinaus auch ein baubetriebliches Prozessverständnis in Kombination mit dem Fachgebiet Baulogistik essenziell. Die Arbeit interagiert an der Schnittstelle zwischen Transportlogistik, Baulogistik und Baustoff-Fachhandel. Die genannten Gebiete bilden

fachübergreifend die Ausgangslage und beeinflussen maßgeblich das Ergebnis der Arbeit.

Die **thematische Abgrenzung** erfolgt aus verschiedenen Blickwinkeln. Im Hinblick auf die Wertschöpfungskette Bau wird auf die Planung und Steuerung der externen Baustellentransporte des Baustoff-Fachhandels im Zuge der Versorgungslogistik von Bauprojekten eingegangen. Die Verbesserung der Prozesse zur Bauproduktbestellung durch den Kunden, die Baustellentransporte des Streckengeschäfts im Baustoff-Fachhandel oder auch die Transporte von Baumaschinen sind nicht Bestandteil der Arbeit. Weiter findet keine Prüfung und Bewertung der rechtlichen Situation hinsichtlich der Kooperationsmöglichkeiten von Unternehmen statt. Innerhalb der Evaluation des Kooperationsmodells wird auf eine bestehende Softwarelösung zurückgegriffen. Es erfolgt keine Entwicklung neuer oder abgewandelter Berechnungsalgorithmen zur Touren- oder Routenplanung sowie darüber hinaus keine Verbesserung der Packstrategie zur effizienteren Beladung der Transportfahrzeuge.

Aus der Zielsetzung der Arbeit lassen sich folgende **Forschungsfragen** ableiten:

**Forschungsfrage I** Wie sollte ein Kooperationsmodell zum konsolidierten Transport von Bauprodukten innerhalb des Lagergeschäfts im Baustoff-Fachhandel konzipiert sein?

**Forschungsfrage II** Welche Vorteile entstehen durch die Nutzung des Kooperationsmodells für Bauprodukttransporte innerhalb des Lagergeschäfts im Baustoff-Fachhandel?

- (a) Welches Potential bietet das Kooperationsmodell zur Reduktion der zu fahrenden Gesamtstrecke der Baustoff-Fachhändler?
- (b) Welchen Einfluss hat die Änderung der wesentlichen Modellierungsparameter auf die Reduktion der zu fahrenden Gesamtstrecke im Kooperationsmodell?

## 1.3 Stand der Forschung

Der thematische Kontext der vorliegenden Untersuchung tangiert mehrere Fachgebiete. Obwohl der Baustoff-Fachhandel branchenorientiert dem Handel zugeordnet werden kann, zeichnet sich ein bedeutender Einfluss des mit Gütern zu bedienenden Kundensegments – der Baubranche – ab. Somit bilden nicht nur transportlogistische Aspekte, sondern auch die Besonderheiten der Baulogistik die Grundlagen der Arbeit. Im Zuge der Darstellung des **Standes der Forschung** mit Ableitung des Forschungsbedarfs werden nachfolgend relevante Forschungsarbeiten diskutiert. Es erfolgt hierbei die thematische Einteilung in die Forschungsfelder der Transportlogistik, Baulogistik und Transportkonsolidierung.

Intensive Forschungstätigkeiten auf dem Gebiet der **Transportlogistik**<sup>10</sup> sind in dem Bereich der Tourenplanung zu verzeichnen. Bestehende Algorithmen werden weiterentwickelt, um komplexere Netzwerkstrukturen abzubilden und genauere Lösungen zeitreduziert berechnen zu können. Während beispielhaft BREIER [2014] einen Algorithmus zur Tourenplanung mit Hilfe des *Branch-and-Price*-Ansatzes entwickelt hat, in dem das *Vehicle Routing Problem* (VRP) mit Teillieferungen und alternativen Lieferperioden (SDVRPA) gelöst werden kann, erarbeitet SPRENGER [2013] unter Verwendung eines Multi-Agenten-Systems einen Algorithmus zur Bewältigung des VRP mit gepaarten Abholungs- und Auslieferungspunkten, Zeitfenstern, Fremdvergabe und Zwischenlagern für den Fall kooperierender Lieferanten. Auf Basis eines von ihm entwickelten Simulationsrahmenwerks können somit mögliche Auswirkungen auf die Transportkosten und Liefertermintreue bei Aufnahme weiterer Kooperationspartner getestet werden. JUNG [2016] hingegen nutzt ein agentenbasiertes Verfahren zur operativen und kurzfristigen Transportsteuerung komplexer, dynamischer und multimodaler Logistiknetzwerke.

---

<sup>10</sup> Siehe Abschnitt 2.2.

Die Zielsetzung der Untersuchung von BERGER [2009] besteht in der Entwicklung eines mathematischen Modells zur dezentralen Disposition kooperierender Transporteure, die auf Basis von elektronischen Frachtbörsen Transportaufträge austauschen. Das mathematische Modell umfasst eine Kosten- und Erlösfunktion, sodass sie daraus eine Empfehlung zur Verteilung des Gewinns hervorbringt. Den bedeutenden Vorteil der dezentralen Kooperation über eine Onlineplattform sieht sie in der verhältnismäßig reduzierten Weitergabe von Unternehmensinformationen, was zu einer Steigerung der Akzeptanz führen soll.

Das Forschungsfeld der **Baulogistik**<sup>11</sup> ist sehr heterogen und thematisch weit gestreut. Während EBEL [2012] ein grundlegendes Vorgehensmodell für den Auftraggeber zur systematischen Ermittlung von Anforderungen an die Baulogistik untersucht, befasst sich die Arbeit von SEEMANN [2007] erstmals mit der Entwicklung eines ganzheitlichen Lenkungssystems, das die logistischen Prozesse der Versorgungs- und Baustellenlogistik in den Vordergrund der Betrachtung hebt. Durch eine transparente Darstellung der logistischen Zusammenhänge entwickelt er ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Logistikkoordination. Auf diesen Überlegungen aufbauend erarbeitet RUHL [2016] ein Prozessmodell als ganzheitlichen Planungsansatz für baulogistische Leistungen. Er definiert in seiner Untersuchung einen Baulogistik-Bericht (für die Projektvorbereitung), ein Baulogistik-Konzept (als Zusammenfassung der Planungsleistung) und ein Baulogistik-Handbuch (als Ausführungsgrundlage) und gliedert diese Einzelelemente in sein Prozessmodell ein. Schlussendlich betont er die Notwendigkeit der frühzeitigen Beachtung baulogistischer Planungen im Zuge der Projektvorbereitungsphase.

Die Trennung der klassischen Logistikprozesse Transportieren, Umschlagen und Lagern (TUL) als nicht wertschöpfende Arbeit aus dem Kontext der baubetrieblichen Prozesse untersucht WEBER [2007] mit dem Ergebnis, dass er einzelne Logistikprozesse separat analysieren und bewerten kann. Ein hieraus entwickel-

---

<sup>11</sup> Siehe Abschnitt 2.3.

tes simulationsgestütztes Verfahren ermöglicht den vorzeitigen Vergleich und die Bewertung verschiedener Logistikkonzepte zur Ausgestaltung der Baustellenlogistik auf Hochbaustellen.

Ein wesentlicher Fokus der Baulogistikforschung richtet sich auf die Generierung und Nutzung von Informationen zur Planung und Steuerung baubetrieblicher Prozesse. MEINS-BECKER [2011] und KLAUBERT [2011] konzentrieren sich in ihren Untersuchungen auf die mittels *Radio Frequency Identification* (RFID)-basierter Kennzeichnung erhobenen Informationen zur transparenten Darstellung des Baufortschritts sowie der logistischen Prozesse. Beide beschreiben die Möglichkeiten der Datenaufnahme und überführen diese jeweils in ein eigenes Datenmanagementsystem zur strukturierten und teilautomatisierten Dokumentation. BINDER [2014] fokussiert sich auf die Erfassung und Aufbereitung von Ortungsdaten. Die sensorisch erfassbaren Signale werden in ein Echtzeit-Ortungssystem zur Steuerung baulogistischer Prozesse überführt. Somit lassen sich beispielhaft die Fahrroute eines Lkws sowie dessen einzelne Aktionspunkte (z. B. Warten oder Entladung auf dem Baufeld) transparent für optionale Steuerungsmaßnahmen abbilden.

JANCKE [2012] definiert in seiner Arbeit Kriterien zur nachhaltigen Beschaffung von Bauprodukten und Nachunternehmerleistungen. Er integriert hierbei neben den vorrangig ökonomischen Aspekten insbesondere soziale und ökologische Entscheidungskriterien.

Im Bereich der **Transportkonsolidierung**<sup>12</sup> fokussieren City-Logistik-Konzepte<sup>13</sup> oftmals die Nutzung der Bündelung von Güterströmen. Daher finden sich in dem Forschungsbereich der City-Logistik oftmals Erkenntnisse zur Trans-

---

<sup>12</sup> Siehe Abschnitt 4.2.

<sup>13</sup> Der Begriff der City-Logistik umfasst Logistikkonzepte zur verkehrsreduzierten Ver- und Entsorgung von urbanem Raum durch Konsolidierung des Nahverkehrs [DYCKHOFF und SOUREN 2008, S. 209]. Viele Konzepte basieren auf einer Zusammenarbeit branchenneutraler Speditionen, Transportunternehmen und LDL zur kooperativen Kundenbelieferung [DENZER ET AL. 2015a, S. 6 f.].



portkonsolidierung. So untersucht KAUPP [1997] das Konsolidierungspotential durch Transportkooperationen am Beispiel von 12 Speditionen der Stadt Frankfurt am Main. Als Ergebnis seiner modellgestützten Betrachtung kann ein Einsparungspotential der Gesamtfahrstrecke, durch den Einsatz der City-Logistik, in Höhe von etwa 40 % prognostiziert werden. Unter Betrachtung des ausschließlichen Innenstadtraums beträgt die Verringerung der Fahrstrecke sogar zwischen 40 % und 60 %. WAGNER [2002] erarbeitet und analysiert mögliche generalisierte Distributionsstrategien im Zuge kooperativer Gütertransportbündelung. Auf Basis seiner empirischen Umfrage<sup>14</sup> prognostizieren die Teilnehmer ein Einsparpotential der Fahrleistung der städtischen Wirtschaftsverkehre, unter Berücksichtigung der City-Logistik, von 10 % bis 20 %.

Auf Realdatenbasis von vier Speditionen untersucht ERDMANN [1999] das Transportkonsolidierungspotential von drei verschiedenen Logistikkooperationsmodellen. Die zwanghafte, zentral disponierte Kooperation stellt sich als am vorteilhaftesten heraus, sodass durch räumliche Transportkonsolidierung etwa 21 % sowie durch Kombination von räumlicher und zeitlicher Bündelung der Transporte eine Gesamtstreckeneinsparung von insgesamt etwa 32 % erzielt werden kann. BAHRAMI [2003] analysiert das Konsolidierungspotential zweier Unternehmen aus dem Herstellerbereich kurzlebiger Konsumgüter aufgrund zwei verschiedener Anlieferstrategien. Eine Kooperation ab einem Zentrallager bewirkt eine Transportkosteneinsparung von etwa 7,5 %, wohingegen die Transportkosteneinsparung bei Kooperation ab einem Umschlagspunkt mit etwa 0,3 % signifikant geringer ausfällt. Eine Beurteilung der Streckeneinsparung wird nicht vorgenommen. In differenzierter Betrachtungsweise untersucht MÜLLER [2012] nicht die distributionsseitigen Synergien einer kooperativen Warenauslieferung, sondern die nachfrageorientierten Industrieunternehmens-Cluster als Märkte für Logistikdienstleistungen. Als Ergebnis seiner Arbeit be-

---

<sup>14</sup> Verwendung eines Fragebogens bei einer Grundgesamtheit von 100 angeschriebenen Logistik-Beratungsunternehmen und einer Rücklaufquote von 55 % [WAGNER 2002, S. 272].

schreibt er auf Basis von zehn Expertengesprächen<sup>15</sup> die Wechselwirkungen und Wirkungsmechanismen zwischen Cluster-Unternehmen zur Umsetzung von Koordinierungsmustern bei zwischenbetrieblichen Unternehmenskooperationen.

**Zusammenfassend** geht hervor, dass sich einige Untersuchungen bereits mit der Thematik der Transportkonsolidierung durch Unternehmenskooperationen befassen. Logistikmodelle zur exemplarischen Umsetzung wurden erarbeitet und das Konsolidierungspotential vorrangig anhand des Parameters der Gesamtstreckeneinsparung analysiert. Jedoch fokussieren diese Arbeiten hauptsächlich Speditionsunternehmen im Stückgutmarkt. Ein Modell ist stark durch den geplanten Einsatzzweck und die zugrundeliegenden Rahmenbedingungen geprägt. Die Adaption erarbeiteter Lösungen in andere Branchen oder für andere Einsatzziele ist nur selten gegeben. Die Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel unter Berücksichtigung der dabei wirkenden spezifischen Rahmenbedingungen der Baubranche sowie die Evaluation eines solchen Modells auf Basis umfassender Realdaten wurde noch nicht vorgenommen. Diese Arbeit schließt den aufgezeigten Forschungsbedarf.

## 1.4 Vorgehensweise und Aufbau

Zur Untersuchung der Forschungsfragen aus Abschnitt 1.2 wird die **Vorgehensweise** des *Design Science Research* (DSR) nach VAISHNAVI und KUECHLER [2015] angewandt. DSR ist eine problemlösungsorientierte Forschungsmethode [SIMON 1996], die in Ingenieurdisziplinen und der Architektur Anwendung findet [GEERTS 2011, S. 142]. Speziell für Forschungsarbeiten mit baubetrieblichem Hintergrund ist DSR geeignet [ROCHA ET AL. 2012].

---

<sup>15</sup> Sechs Expertengespräche mit Vertretern der Cluster-Unternehmen und vier Expertengespräche mit Mitarbeitern eines Logistikunternehmens [MÜLLER 2012, S. 228].

Nach HEVNER ET AL. [2004, S. 81] sind mit DSR innovative Lösungen für vorliegende Praxisprobleme zu entwickeln sowie bestehende Problemlösungen effizienter zu gestalten. Diese Vorgehensweise kann bei der Entwicklung und Einführung von innovativen Management-Werkzeugen zur Lösung von Management-Problemen im Bauwesen helfen [ALSEHAIMI ET AL. 2012]. Die Methodik im DSR ist nach VAISHNAVI und KUECHLER [2015, S. 18] wie folgt definiert:

1. Das Bewusstsein für ein Problem entwickeln,
2. einen Lösungsvorschlag für dieses aufgrund bestehender Erkenntnis ausarbeiten,
3. die Lösung für das Problem entwickeln,
4. das System evaluieren und
5. die Schlussfolgerungen daraus ziehen.

MARCH und SMITH [1995, S. 254] bestimmen zwei Gestaltungsprozesse, die in Anwendung von DSR umzusetzen sind. Erstens, die Entwicklung eines sogenannten Artefakts und zweitens, dessen Evaluation. Artefakte werden in Konstrukte (oder Konzepte), Modelle, Methoden und Instanziierungen<sup>16</sup> unterteilt [MARCH und SMITH 1995, S. 256]. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Artefakt in Form eines Modells entwickelt.

Abbildung 1.2 verdeutlicht die Prozessschritte der Vorgehensweise nach dem DSR und verweist auf die der Arbeit zu Grunde liegenden Forschungsfragen. Während Forschungsfrage I im DSR-Prozess *Entwicklung* bearbeitet wird, findet die Beantwortung von Forschungsfrage II im Rahmen der *Evaluation* statt. Darüber hinaus werden in Anlehnung an OFFERMANN ET AL. [2009, S. 5] die verwendeten methodischen Hilfsmittel zur Bearbeitung der einzelnen Prozessschritte genannt.

---

<sup>16</sup> Im englischen werden diese Begriffe als *constructs (or concepts), models, methods, and instantiations* bezeichnet.

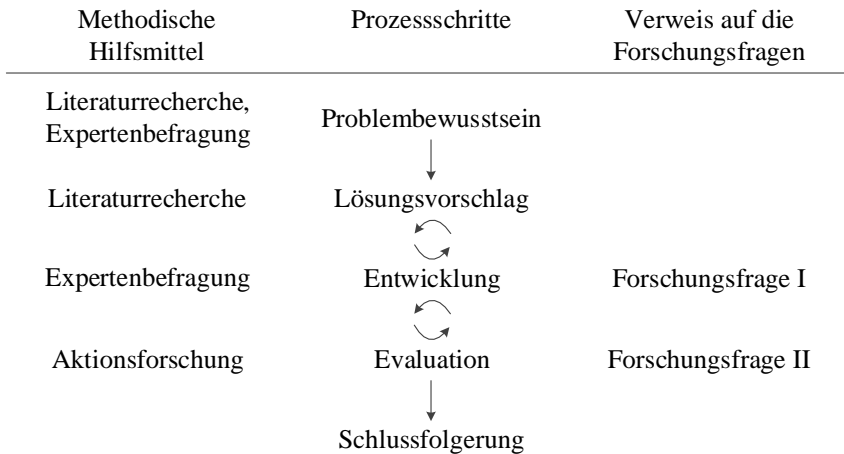


Abbildung 1.2: Vorgehensweise nach DSR in Anlehnung an KUECHLER und VAISHNAVI [2008, S. 495]

Der Prozessablauf nach dem DSR gleicht insbesondere in der Entwicklungs- und Evaluationsphase sowie in Verbindung mit dem vorangegangenen Lösungsvorschlag eher einem zyklischen Iterationsprozess mit Rückkopplungsschleifen als einem linearen Fluss, bei dem die einzelnen Phasen nacheinander komplett durchlaufen werden [VAISHNAVI und KUECHLER 2015, S. 18].

Der **Aufbau der Arbeit** ist in Abbildung 1.3 dargestellt und ordnet den einzelnen Kapitel den Prozessschritten nach dem DSR zu. Die wesentlichen Elemente der Arbeit sind innerhalb von Kapitel 5 und Kapitel 6 weiter aufgeschlüsselt.

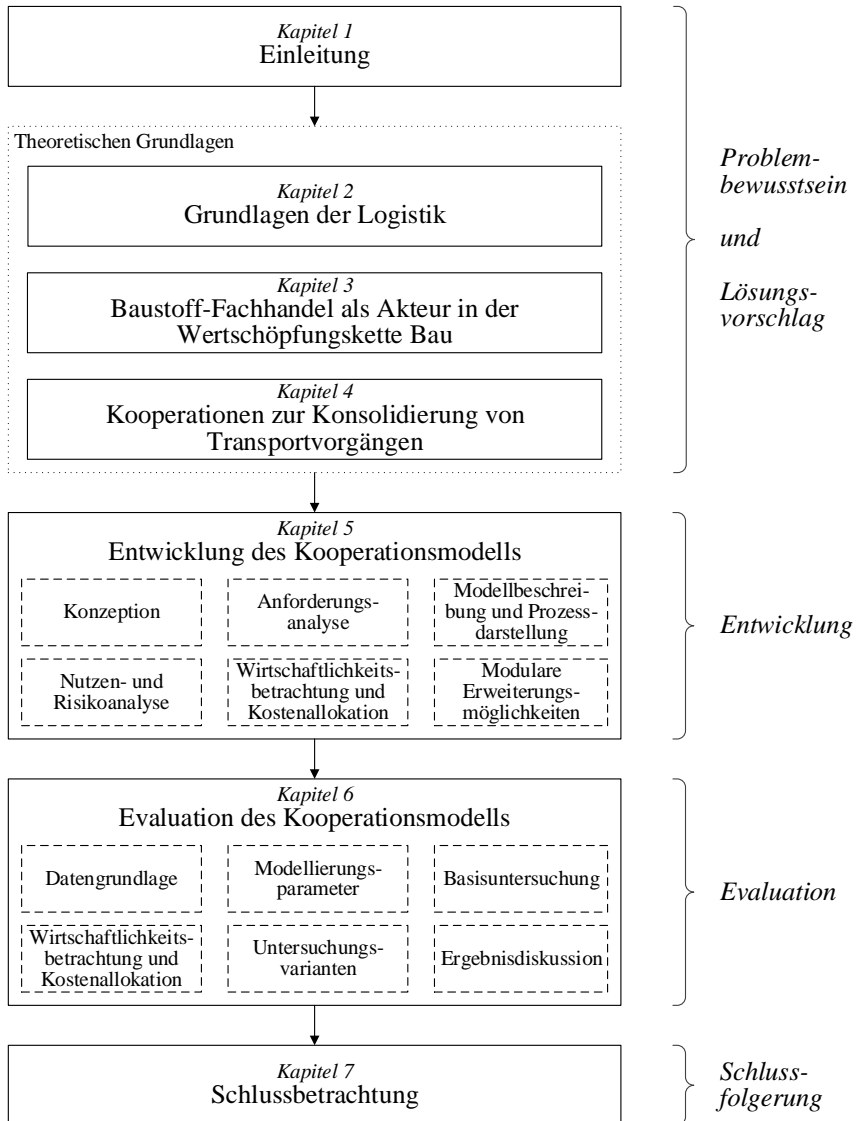


Abbildung 1.3: Aufbau der Arbeit

In Kapitel 1 wird die einleitende Thematik dargelegt. Insbesondere erfolgt die Beschreibung der Ausgangssituation, der Zielsetzung, den Stand der Forschung und die Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.

Die hierbei identifizierten wesentlichen Fachgebiete werden in Kapitel 2, Kapitel 3 und Kapitel 4 genauer erläutert und bilden anhand einer vertiefenden Literaturrecherche die theoretischen Grundlagen der Arbeit. Während Kapitel 2 die Grundlagen der Logistik mit den Schwerpunkten der Transport- und Baulogistik abhandelt, führt Kapitel 3 die Darstellung des Baustoff-Fachhandels als Akteur in der Wertschöpfungskette Bau an. Hierbei liegt der Fokus auf dem Verständnis der Bedeutung des Baustoff-Fachhandels im Zuge der Bauproduktbereitstellung für die gewerblichen Akteure der Baubranche sowie den privaten Endverbrauchern und die damit verbundenen Besonderheiten. Die theoretischen Grundlagen werden durch Kapitel 4 abgeschlossen. In diesem erfolgt die Erläuterung von Unternehmenskooperationen und Konsolidierungseffekten bei Transportvorgängen.

Die Beantwortung von Forschungsfrage I erfolgt im Zuge der Entwicklung des Kooperationsmodells in Kapitel 5. Hierzu werden im Vorfeld die Anforderungen an den allgemeinen Dispositions- und Transportprozess sowie an das zu entwickelnde Kooperationsmodell anhand von Expertenbefragungen definiert. Neben der eigentlichen Modellbeschreibung und Prozessdarstellung werden in diesem Kapitel auf die Nutzen- und Risikopotenziale sowie auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Kooperationsmodells eingegangen. Abschließend werden modulbasierte Erweiterungsmöglichkeiten des Kooperationsmodells diskutiert.

Die exemplarische Simulation anhand von Realdaten zur Evaluation des Kooperationsmodells wird in Kapitel 6 präsentiert. Der Hauptfokus liegt hierbei auf der Ausgestaltung der Basisuntersuchung in Verbindung mit der Abschätzung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit und auf den Untersuchungsvarianten zur weiteren Verringerung der zu fahrenden Gesamtstrecke. Als Hilfsmittel zur Evaluation des Kooperationsmodells wird auf eine bestehende Tourenplanungssoft-

ware zur Simulation von Realdaten zurückgegriffen. Innerhalb dieses Kapitels erfolgt die Beantwortung der Forschungsfrage II.

Kapitel 7 fasst die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick zur Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse.

Im Anschluss des Haupttextes der Arbeit sind in Anhang A ergänzende Informationen und Darstellungen zu Kapitel 5 und in Anhang B zu Kapitel 6 abgebildet. Auf die Relevanz des Anhangs wird im Text explizit referenziert.

Zur besseren Struktur und Übersichtlichkeit der Arbeit sind thematische **Schlagwörter** in fetter Formatierung abgedruckt. *Englische Fachbezeichnungen<sup>17</sup>, juristische Personen, Volltext-Titeln von Gesetzen und Verordnungen, mathematische Formeln und Ausdrücke, besondere Verweise zu Inhalten in dargestellten Abbildungen sowie die erstmalige Nennung von eigens definierten Begriffen* werden zur eindeutigen Darstellung und leichteren Lesbarkeit in kursiv abgebildet.

---

<sup>17</sup> Im deutschen Sprachgebrauch fest überführte Anglizismen sind hiervon unberührt.





# 2 Grundlagen der Logistik

## 2.1 Allgemeines

**Logistik als operatives Handeln** hat in den Bereichen Transport, Verkehr, Umschlag und Lagern eine mehrere Jahrtausend lange Vergangenheit [GUDEHUS 2012a, S. XVII]. Der eigentliche Begriff der Logistik entstand erstmals in Verbindung mit dem Militär, um Soldaten, Versorgungsgüter und Waffen zu beschaffen sowie an die benötigten Orte zu transportieren [ARNDT 2015, S. 15].

Nach PFOHL [2010, S. 12] ist in Anlehnung an den amerikanischen Logistikverband *Council of Supply Chain Management Professionals* unter dem Begriff Logistik die folgende flussorientierte Definition zu verstehen:

„Logistik ist der Prozess der Planung, Realisierung und Kontrolle des effizienten, kosteneffektiven Fließens und Lagerns von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Fertigfabrikaten und den damit zusammenhängenden Informationen vom Liefer- zum Empfangspunkt entsprechend den Anforderungen des Kunden.“<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Originaldefinition: „*Logistics: The process of planning, implementing, and controlling procedures for the efficient and effective transportation and storage of goods including services, and related information from the point of origin to the point of consumption for the purpose of conforming to customer requirements.*“ [COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS 2013, S. 117].

Hierbei verdeutlichen KRAMPE und LUCKE [2012, S. 32], dass die Logistik zahlreiche Schnittstellen zu anderen Einzelfachdisziplinen hat und als eigenständige Wissenschaftsdisziplin anerkannt ist. Als beispielhafte fachdisziplinübergreifende Schnittstellen nennen sie die Informatik, die Organisationswissenschaften, die Produktionstechnik, die Materialflusstechnik oder auch die Betriebs- und Volkswirtschaftslehre.

Die **Aufgaben der Logistik** können nach JÜNEMANN [1989, S. 18] durch sechs „R’s“ beschrieben werden. Demzufolge besteht nach seiner Auffassung der logistische Auftrag darin,

- die richtige Menge,
- der richtigen Objekte<sup>2</sup>,
- am richtigen Ort (Transportstartort, Transportzielort),
- zum richtigen Zeitpunkt,
- in der richtigen Qualität,
- zu den richtigen Kosten

zur Verfügung zu stellen. LANGE und SCHILLING [2015, S. 735] ergänzen die Sichtweise von JÜNEMANN dadurch, dass zur Wertsteigerung des Kunden durch logistische Leistungen auch der richtige Kunde – als „7. R“ – beliefert werden muss. Im Rahmen der Arbeit werden unter logistischen Objekten bzw. Gegenständen hauptsächlich Güter als Materialien und Waren verstanden.

Die Optimierung des **Logistikerfolgs** kann durch die Reduzierung der Logistikkosten sowie durch die Erhöhung der Logistikleistung nach SCHULTE [2013, S. 7] als zentrales Ziel der Logistik angesehen werden. Seiner Auffassung nach werden die Logistikkosten hauptsächlich durch das zugrundeliegende Logistik-

---

<sup>2</sup> Unter Objekten oder auch Gegenständen der Logistik werden nach JÜNEMANN [1989, S. 18] Güter, Personen, Energie oder Informationen verstanden. SCHULTE [2013, S. 1] hingegen sieht als Objekte der Logistik alle Materialien sowie Waren und grenzt bereitzustellende Faktoren wie Anlagen, Personal oder Kapital ab.

system<sup>3</sup>, die Anzahl der Bestände und die Handlings-/Transportkosten beeinflusst. Die wesentlichen Elemente zur Bestimmung der Logistikleistung sieht er in der Lieferzeit, der Liefersicherheit/-treue und der Lieferflexibilität. PFOHL [2010, S. 35–39] verwendet für die Logistikleistung den Begriff Lieferservice, der sich aus der Lieferzeit (Zeitspanne von Auftragserteilung bis Erhalt der Ware), der Lieferzuverlässigkeit (Wahrscheinlichkeit der Einhaltung der zugesicherten Lieferzeit), der Lieferungsbeschaffenheit (Prüfung des Zustands der Ware und auch der Liefergenauigkeit durch Art und Menge der Produktbestellung) und der Lieferflexibilität (Berücksichtigung von Kundenwünschen) zusammensetzt. Der Erfolgsfaktor der Logistik ist nur dann gegeben, wenn sie einen positiven Beitrag zur Wertschöpfung eines Unternehmens leistet [PFOHL 2016, S. 47].

Die grundlegenden **Logistikaktivitäten** TUL sind in abgegrenzten Funktionen in einer managementorientierten Prozesssicht integrierter Wertschöpfungsketten herangewachsen [GLEISSNER und FEMERLING 2012, S. 7]. In diesen treffen die Logistikfunktionen der unterschiedlichen Akteure zur Erfüllung der Kundenanforderungen zusammen [CHOPRA und MEINDL 2013, S. 13]. Nach WERNER [2013, S. 5] wird die Integration von Unternehmensaktivitäten zur Nutzung von Verbesserungspotentialen an den Schnittstellen im *Supply Chain Management* (SCM) fokussiert. Seiner Auffassung nach zielt das SCM sowohl auf unternehmensinterne als auch auf netzwerkübergreifende Schnittstellen ab und erstreckt sich somit über komplette Unternehmensnetzwerke. Die Konzeption und die Umsetzung des SCM differenziert sich von Branche zu Branche teils erheblich [O'BRIEN ET AL. 2009, S. 1-1], sodass eine einfache Adaption der Ansätze oft problembehaftet ist [MORLEDGE ET AL. 2009, S. 39].

---

<sup>3</sup> Als Logistiksystem kann ein Konzept von Flüssen in einem Netzwerk verstanden werden [MATTFELD und VAHRENKAMP 2014, S. 5].

Die moderne Logistik unterscheidet sich nach GUDEHUS [2012a, S. XVII] von der früheren hauptsächlich durch höhere Geschwindigkeiten, größere Kapazitäten und der Erkenntnis, dass die Verkehrsverbindungen, Lager sowie Umschlagzentren ein komplexes, engmaschig ineinander verzahntes Netzwerk bilden, das die Unternehmen und deren Kunden weltweit verbindet, um einen permanenten Güter- und Warenfluss zu gewährleisten. Der branchenübergreifende Anstieg der daraus resultierenden Anforderungen an die Logistik kann nach PFOHL [2013, S. 293] auf die nachfolgenden Ursachen zurückgeführt werden:

- Kostendruck
- Internationalisierung
- Gestiegene Kundenansprüche
- Marktsättigung
- Gestiegene ökologische Anforderungen
- Änderung der Fertigungsstrukturen

Als Resultat hieraus gilt es, stetig neue und verbesserte Logistikmethoden zu entwickeln, um Marktvorteile zu generieren.

In Abbildung 2.1 ist der Aufbau einer *Supply Chain* als **Gesamtnetzwerk** beispielhaft dargestellt. Zwischen den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette werden vielfach Logistikdienstleister<sup>4</sup> (LDL) eingesetzt [GÖPFERT 2012, S. 67].

---

<sup>4</sup> Logistikdienstleister sind Unternehmen, die hauptsächlich mit der Organisation und Durchführung logistischer Aufgaben (TUL-Logistikaktivitäten) betraut werden. Zudem führen diese Dienstleister vermehrt wertsteigernde Leistungen (z. B. das Montieren von Bauteilen vor den Toren eines Automobilwerks oder auch die Kommissionierung von Kundenbestellungen) für ihre Kunden durch. [KLAUS ET AL. 2012, S. 378]

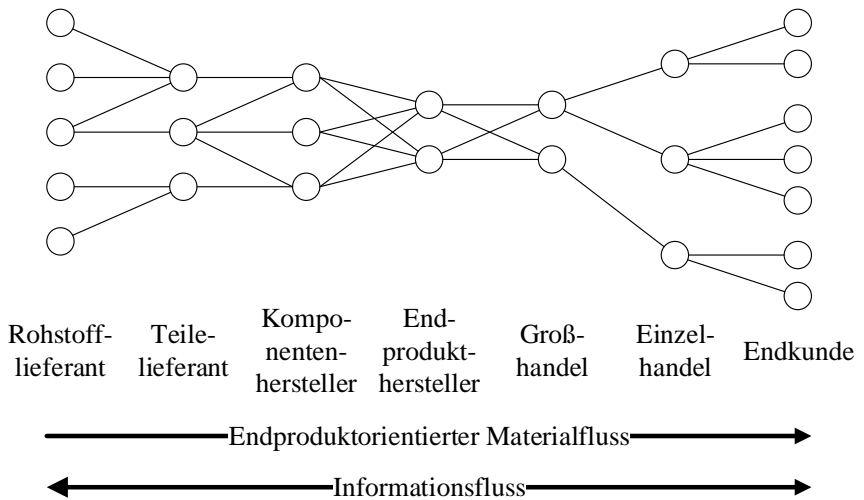


Abbildung 2.1: Prinzipdarstellung einer *Supply Chain* nach BUSCH und DANGELMAIER [2004, S. 5]

Werden die logistischen Grundfunktionen (TUL) in die betrieblichen Funktionen (Kastendarstellung) eines Unternehmens eingeordnet, so entsteht nach VAHRENKAMP und KOTZAB [2012, S. 9] der in Abbildung 2.2 dargestellte **innerbetriebliche logistische Zusammenhang**. Die sich daraus entwickelnden Logistikbereiche (Pfeildarstellung) kommen je nach Unternehmen alle oder nur ausgewählt zum Einsatz. So entfällt bspw. die Produktionslogistik im Handel [KOETHER 2014, S. 13]. Alle in einem Unternehmen vorhandenen Logistikbereiche beschreibt PFOHL [2010, S. 19] als Unternehmenslogistik.

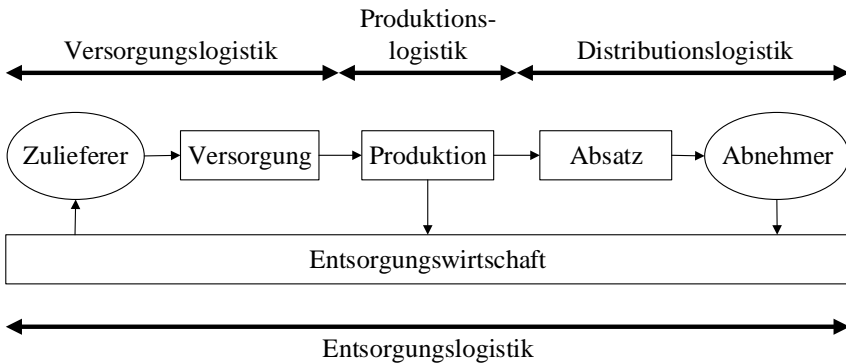


Abbildung 2.2: Einordnung der Logistikbereiche in betriebliche Funktionen nach VAHRENKAMP und KOTZAB [2012, S. 9]

Je nach Unternehmen und tätigem Geschäftsfeld leiten sich aus den angewandten Logistikbereichen **branchenspezifische Logistikmethoden** ab. So bilden bspw. die Handelslogistik, die Speditionslogistik oder auch die Baulogistik spezielle Teildisziplinen der Logistik. Trotz der branchenbedingten gänzlich unterschiedlichen Logistikmethoden lassen sich die Anforderungen an die Logistik branchenübergreifend weitestgehend verallgemeinern (z. B. Erhöhung der Lieferfähigkeit oder auch Reduzierung der Transportauslastung). Somit sind branchenübergreifende Analogien zu finden und es wird oftmals versucht, bestehende Lösungen anderer Branchen in das eigene Unternehmen zu transferieren sowie auf die eigenen Rahmenbedingungen anzupassen. [KOETHER 2014, S. 13]

Die Ausgestaltung eines jeweils bestmöglichen Logistikkonzepts innerhalb von Unternehmensnetzwerken erfolgt vielfach durch Variantenvergleiche. Hierzu müssen die einzelnen Konzepte anhand ihres Aufwands und Ertrags bewertet werden. Die Bewertung sollte nach HELMIG [2012, S. 205] nicht nur auf Basis von ökonomischen, sondern auch nach ökologischen Aspekten erfolgen.

## 2.2 Transportlogistik

### 2.2.1 Definition und Zielsetzung

Eine einheitliche **Definition** des Begriffs Transport ist in der Literatur nicht zu finden [SEITZ 2016, S. 10]. Zahlreiche Autoren nutzen unterschiedliche Definitionsansätze<sup>5</sup>, wobei sich diese im Grunde sehr ähneln. Stellvertretend hierfür versteht PFOHL [2010, S. 149] unter einem Transport die

„Raumüberbrückung oder Ortsveränderung von Transportgütern mit Hilfe von Transportmitteln.“

Ein Transport erfolgt in einem **Transportsystem**, das sich aus den Elementen

- zu transportierendes Transportobjekt<sup>6</sup> (z. B. Lebensmittel),
- eingesetztes Transportmittel (z. B. Lkw) und
- dem eigentlichen Transportprozess

zusammensetzt [GLEISSNER und FEMERLING 2016, S. 5]. Hierbei soll das Transportobjekt von der Quelle (Transportstartort) zur Senke (Transportzielort) befördert werden [GUDEHUS 2012b, S. 819]. Transportobjekte können mittels Ladehilfsmitteln zu Ladeeinheiten zusammengefasst werden [SCHULTE 2013, S. 153]. Der Transport stellt nach MARTIN [2014, S. 97] keinen Wertzuwachs für das Transportobjekt, sondern im Gegenteil eine Verteuerung dar. Innerhalb eines Logistiksystems wird dem Transport logistischer Objekte eine wichtige Bedeutung beigemessen [COLYE ET AL. 2003, S. 49]. Die nachfolgenden Ausführungen der Arbeit nehmen ausschließlich auf den Straßengütertransport mit Fokus des Lkw-Verkehrs Bezug. Andere mögliche Transportmittel wie bspw. Luft-, Bahn- oder Schiffstransport werden nicht diskutiert.

---

<sup>5</sup> Siehe SCHMIDT und SCHNEIDER [2008, S. 393] oder auch SCHULTE [2013, S. 153].

<sup>6</sup> In der Literatur auch als Transportgut bezeichnet.

Zur **Klassifizierung von Transportvorgängen** können diese nach Werkverkehr und gewerblichem Verkehr unterschieden werden. Während beim Werkverkehr Güter in Eigenverkehr mit eigenen Transportmitteln und Personal transportiert werden, ist unter gewerblichem Verkehr der Transport von Logistikunternehmen für Dritte zu verstehen. Der Werkverkehr unterliegt hauptsächlich einer Meldepflicht, während der gewerbliche Verkehr erlaubnis- oder genehmigungspflichtig ist. [PFOHL 2010, S. 153]

Eine weitere Unterscheidung ist zwischen innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Transporten zu treffen. Beim innerbetrieblichen Transport erfolgt der Transportvorgang innerhalb eines Werksgeländes z. B. von einem Bereich zu einem anderen. Beim außerbetrieblichen Transport hingegen werden Güter über das Werksgelände hinaus transportiert, so bspw. zwischen verschiedenen Werken oder zwischen Lieferant und Kunde. [SCHULTE 2013, S. 153]

Vor allem die Durchführung außerbetrieblicher Transporte erfolgt entweder durch das entsprechende Unternehmen selbst, oder durch ein dafür beauftragtes Transportunternehmen<sup>7</sup>. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Beauftragung von Speditionen<sup>8</sup>.

Die ganzheitliche Betrachtung aller für einen Transportvorgang notwendigen Arbeits- und Informationsparameter wird nach MARTIN [2014, S. 97] in der **Transportlogistik** zusammengefasst. Hierbei versteht er das Zusammenwirken von administrativen (Personalverwaltung, Transport, Transportfahrzeugver-

---

<sup>7</sup> Transportunternehmen sind Frachtführer, die auf die reine Beförderung von Gütern, als isoliertes Element innerhalb der gesamten Lieferkette, spezialisiert sind. Der Verloader als Versender stellt das zu transportierende Gut dem Frachtführer bereit, sodass dieser innerhalb einer festgelegten Lieferfrist den Transport zum Bestimmungsort durchführen kann. Geschäftsgrundlage bildet der Frachtvertrag nach § 407 *Handelsgesetzbuch* (HGB). [GEIGER 2013, S. 63]

<sup>8</sup> Speditionen sind Unternehmen, die die Organisation der Güterbeförderung für Dritte innerhalb eines bestimmten logistischen Teilsystems der Lieferkette übernehmen. Geschäftsgrundlage bildet der Speditionsvertrag nach § 453 HGB. Der Spediteur kann nach § 458 HGB als Frachtführer eintreten und die Beförderungsleistung selbst übernehmen. Zudem obliegt ihm nach § 460 HGB das Recht, den Transport von Gütern unterschiedlicher Versender innerhalb einer Sammelladung durchzuführen. [GEIGER 2013, S. 64 f.]



waltung<sup>9</sup>), dispositiven (Transportstrategie, Transportsteuerung) und operativen Größen (Transporttechnik, Datenübertragungstechnik). Nach seiner Auffassung besteht die zentrale Aufgabe der Transportlogistik darin, die Güterbereitstellung und -verteilung zu den geringsten Kosten zu ermöglichen. Dabei werden die Transporte bezüglich der Beladung, der Entladung, der Kapazitätsauslastung, der Übergabe und der Identifizierung optimiert. Die Ermittlung der Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge kann nach VAHRENKAMP und KOTZAB [2012, S. 257 f.] auf Basis

- der anteiligen Last- und Leerkilometer an der insgesamt zurückgelegten Strecke,
- der durchschnittlichen Gewichtsauslastung (bei Lastfahrten oder bei Last- und Leerfahrten) oder
- der gesamten Beförderungsleistung<sup>10</sup> (bei Lastfahrten oder bei Last- und Leerfahrten) erfolgen.

Die Autoren führen weiter aus, dass häufig nicht das maximal mögliche Ladungsgewicht, sondern die zur Verfügung stehende Flächen- bzw. Volumenkapazität den kritischen Faktor darstellt.

Insbesondere im Zusammenhang mit der Transportsteuerung gewinnt die **Sendungsnachverfolgung**<sup>11</sup> zur transparenten Darstellung der Transportprozesse in den letzten Jahren eine große Bedeutung [SCHULTE 2013, S. 226]. Die lückenlose Nachverfolgung des Transportweges der Güter sowie Transportmittel eröffnet nach GLEISSNER und FEMERLING [2012, S. 246 f.] die Möglichkeit zur Ergreifung steuernder Maßnahmen bei Verspätung, Verlust oder Änderung des Empfangsorts und stellt ein bedeutendes logistisches Qualitätsmerkmal dar.

---

<sup>9</sup> Unter Transportfahrzeugen werden Motorfahrzeuge und Anhänger zusammengefasst.

<sup>10</sup> Die Beförderungsleistung wird in Tonnenkilometer gemessen.

<sup>11</sup> Die Sendungsnachverfolgung wird im englischen als *Tracking & Tracing* bezeichnet.

## 2.2.2 Logistiknetzwerke

Netzwerke bilden die Grundstruktur von **Logistiksystemen** und können je nach Einsatzzweck einfache, unternehmenseigene logistische Teilsysteme oder auch komplexe, unternehmensübergreifende logistische Systeme entlang der gesamten Lieferkette darstellen [PFOHL 2016, S. 97]. Modernen Logistiksystemen liegt das Flussprinzip zugrunde, sodass die logistischen Objekte von der Quelle über Zwischenstationen<sup>12</sup> zu den Senken fließen und dabei Raum- und Zeitdifferenzen sowie Unternehmensschnittstellen überwinden [MATTFELD und VAHRENKAMP 2014, S. 5]. Logistiknetzwerke bestehen grafisch aus einem Geflecht von Knoten und Kanten [KLAUS ET AL. 2012, S. 399]. Während an Knoten die logistischen Objekte vorübergehend festgehalten werden, stellen die Kanten die Bewegungsprozesse innerhalb des Netzwerks dar [PFOHL 2010, S. 5].

In Abbildung 2.3 sind die **Grundstrukturen** von Logistiknetzwerken dargestellt. Hinsichtlich der Stufigkeit lassen sich Logistiknetzwerke in einstufige, mehrstufige und kombinierte Netzwerke unterscheiden [DYCKHOFF und SOUREN 2008, S. 207]. Die Anzahl der Zwischenstationen zwischen Quelle und Senke bestimmt nach GUDEHUS [2012a, S. 15] die jeweilige Stufe des Logistiknetzwerks, sodass ein  $n$ -stufiges Netzwerk aus  $n - 1$  Zwischenstationen und  $n$  Transportabschnitten besteht. Zwischenstationen können seiner Auffassung nach reine Transportknoten, Umschlagpunkte (bestandsführende oder bestandslose), Lagerstationen (mit oder ohne Kommissionierung<sup>13</sup>) oder größere Logistikzentren mit vielfältigen Funktionen<sup>14</sup> sein. Mit dem Einsatz von Zwischenstationen als zentrale Netzknoten werden eine höhere Kapazitätsauslastung der

---

<sup>12</sup> Eine Zwischenstation wird im englischen als *Hub* bezeichnet [ARNOLD und FURMANS 2009, S. 228].

<sup>13</sup> Das Kommissionieren beschreibt das Zusammenstellen von häufig verschiedenen Artikeln zu Aufträgen [FLEISCHMANN 2008, S. 7].

<sup>14</sup> Über die Grundfunktionen Lagern, Kommissionieren und Umschlagen bieten Logistikzentren auch Zusatzleistungen wie bspw. Warenbearbeitung, Montagearbeiten, Reklamationsdienst, Ver- und Entpackungsvorgänge usw. an [GUDEHUS 2012a, S. 20].

Transportmittel, eine Bedarfsglättung und unter Umständen längere Wegstrecken pro Sendung hervorgerufen [BRETZKE 2015, S. 433].

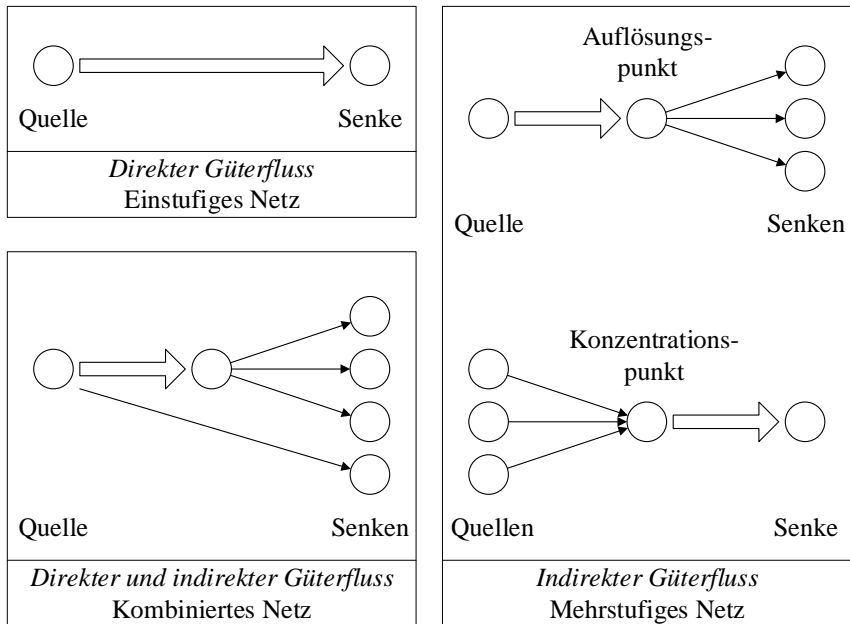


Abbildung 2.3: Grundstrukturen von Logistiknetzwerken nach PFOHL [2010, S. 6]

Bei einstufigen Logistiknetzwerken bestehen zwischen den Quellen und Senken ausschließlich ungebrochene Direktverbindungen<sup>15</sup>. Solange die wirtschaftliche Auslastung des Transportmittels gegeben ist, sind Direktbelieferungen sinnvoll. Die Belieferung mehrerer Senken von einer Quelle aus wird als zielgemischter Transport einer Verteiltour<sup>16</sup> bezeichnet. Bei einem quellengemischten Transport einer Sammeltour hingegen werden Güter mehrerer Quellen an eine ein-

<sup>15</sup> Direktbelieferungen haben eine kürzere Gesamttransportzeit als Lieferungen über Zwischenstationen [BAHRAMI 2003, S. 72].

<sup>16</sup> Hierbei ist nicht die Startauslastung der eingesetzten Transportmittel maßgebend, sondern vielmehr die Dichte der Touren (Abstände zwischen den Stopps) und die Auslieferungsmenge je Stopp [BRETZKE 2014, S. 276].

zige Senke geliefert. In zweistufigen Logistiknetzwerken sind die Quellen und Senken durch eine Zwischenstation getrennt. Hierbei sind Zwischenstationen als Sammelstationen in Quellennähe sinnvoll, wenn Güter von mehreren Quellen an wenige Senken transportiert werden müssen. Zwischenstationen als Verteilstationen in Senkennähe eignen sich bei Verkehren von wenigen Quellen zu mehreren Senken. Die Anordnung einer Zwischenstation zwischen Quellen und Senken bildet die einfachste Ausprägung eines Nabe-Speiche-Netzes<sup>17</sup>. Dreistufige Logistiknetzwerke sind durch zwei Zwischenstationen charakterisiert. Diese Netzstruktur kann dann vorteilhaft sein, wenn die Belieferung vieler Senken von einer großen Anzahl an Quellen erfolgen soll. Die Quellen und Senken liegen hierbei räumlich sehr weit auseinander. Zwischen den Sammel- und Verteiltouren verkehren auf den Hauptläufen zwischen den Zwischenstationen Ferntransporte. Die Stufigkeit von Logistiknetzwerken ist nicht begrenzt. Je nach Anforderung an das Netzwerk kann dieses durchaus auch mehr als eine dreistufige Ausprägung annehmen. In Abbildung 2.4 ist beispielhaft ein einstufiges Logistiknetzwerk durch Direkttransporte sowie ein dreistufiges Logistiknetzwerk mit Sammel- und Verteilstationen dargestellt. Zur Ausgestaltung eines Logistiknetzwerks und zur Festlegung der Stufigkeit sind die folgenden Strukturparameter nach GUDEHUS [2012a, S. 15–17] maßgeblich:

- Anzahl, Standorte und Funktionen der Quellen.
- Anzahl, Standorte und Funktionen der Zwischenstationen.
- Anzahl, Standorte und Funktionen der Senken.

---

<sup>17</sup> Das Nabe-Speiche-Netz wird im englischen als *Hub and Spoke* bezeichnet [ARNOLD und FURMANS 2009, S. 228].

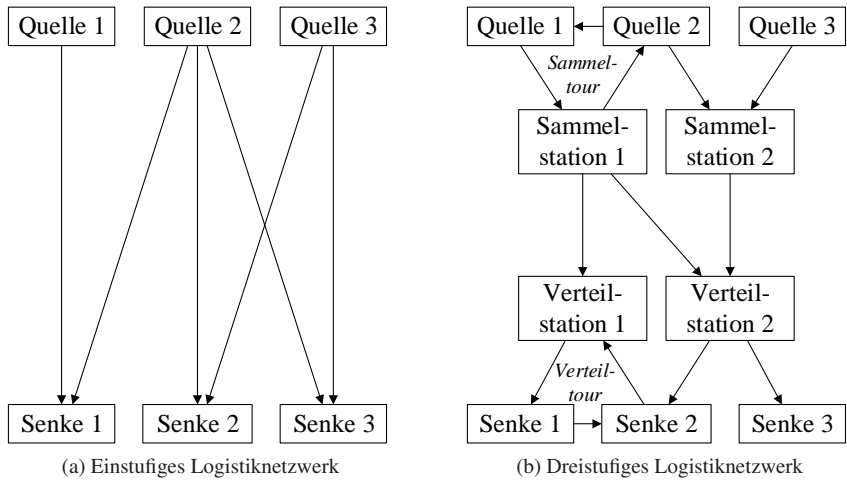


Abbildung 2.4: Beispielhafte Logistiknetzwerke in Anlehnung an GUDEHUS [2012a, S. 16 f.]

Nach BRETZKE [2015, S. 102 f.] lassen sich Logistiknetzwerke in **geschlossene und offene Transportnetze** unterscheiden. Als geschlossene Transportnetzwerke werden auf die eigenen Bedürfnisse abgestimmte Beschaffungs- und Distributionsnetzwerke von Industrie- oder Handelsunternehmen bezeichnet, die diese eigenmächtig betreiben [DABIDIAN und LANGKAU 2013, S. 147]. Im Gegensatz dazu bieten Betreiber offener Netzwerke ihren Kunden einen flächendeckenden Transportservice an [BRETZKE 2014, S. 42]. Anbieter offener Netze sind vorrangig Stückgutspediteure<sup>18</sup> oder Kurier-, Express- und Paket (KEP)-Dienstleister, die für Industrie- oder Handelsunternehmen Transportleistungen über ihr bestehendes Netzwerk abwickeln, aber kein Eigentum an den beförderten Gütern erlangen [DABIDIAN und LANGKAU 2013, S. 149 f.].

<sup>18</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.4.

### 2.2.3 Tourenplanung

Die Tourenplanung ist fester Bestandteil der **Transportplanung** und bildet nach ABERLE [2009, S. 415] einen Teil der logistischen Unternehmensplanung. In Anlehnung an VASTAG [2008, S. 425–427] kann der distributive Anteil der logistischen Unternehmensplanung in die nachfolgenden Planungsebenen unterteilt werden, die ausgehend von der strategischen Ebene in gegenseitiger Wechselwirkung stehen:

- Strategische Planung: Langfristige Grundsatzentscheidungen zur Planung von Absatzwegen und Lieferservice.
- Taktische Planung: Mittelfristiger Planungshorizont zur Festlegung der Struktur und Stufigkeit des Distributionssystems, der Auswahl geeigneter Verkehrsträger sowie der Entscheidung hinsichtlich Anzahl, geographischer Lage und Kundenzuordnung der Lager je Stufe.
- Operative Planung: Kurzfristige Gestaltung von Abläufen zur Lagerdisposition, Auftragsabwicklung oder Tourenplanung.

DOMSCHKE und SCHOLL [2010, S. 198] definieren den Begriff Tour als eine Menge an Knoten und Kanten, die auf derselben Fahrt bedient werden und in einem Depot<sup>19</sup> startet und endet. Als Route bezeichnen sie die Reihenfolge der anzufahrenden Kunden einer Tour. In Abbildung 2.5 sind beispielhaft zwei Touren ( $T_A$  und  $T_B$ ) ausgehend von einem gemeinschaftlichen Depot 0 dargestellt. Während sich die Bedienreihenfolge von  $T_A$  durch die Route  $R_A = 0, A_1, A_2, A_3, A_4, 0$  definiert, verläuft  $T_B$  gemäß der Route  $R_B = 0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, 0$ . Nach BLUTNER ET AL. [2009, S. 256] ist unter dem Begriff Tourenplanung die möglichst optimale Zuordnung von Transportaufträgen zu Transportmitteln zu verstehen. In Abhängigkeit der verschiedenen Problemkomponenten können viele

---

<sup>19</sup> Ein Depot bezeichnet den Standort, an dem eine Auslieferungs-, Sammel-, Ver- oder Entsorgungsfahrt beginnt und endet [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 198].

unterschiedliche Tourenplanungsprobleme<sup>20</sup> identifiziert werden [DOMSCHKE und SCHOLL 2008, S. 167]. Der Tourenplan bezeichnet die zulässige Lösung eines Tourenproblems und umfasst somit eine Menge an Touren mit dazugehörigen Routen [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 199].

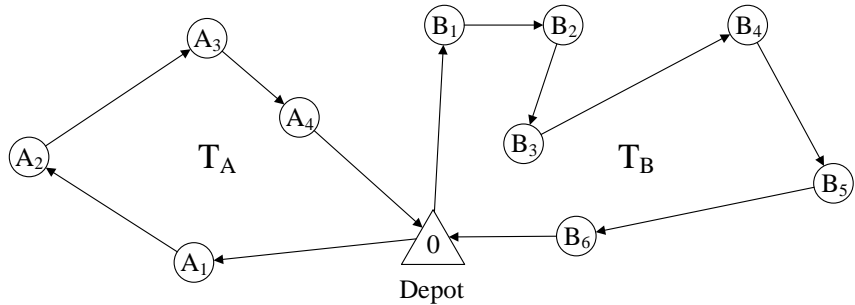


Abbildung 2.5: Beispielhafte Touren mit Routenverlauf

Die Aufgabe der Transportplanung besteht nach GLEISSNER und FEMERLING [2012, S. 198] darin, die Prozesse des Warentransports zwischen Quellen und Senken zu organisieren und damit das bestehende Infrastrukturnetz zwischen den unterschiedlichen Standorten möglichst effizient zu nutzen. Somit ist festzulegen, welche Kunden zu Touren zusammengefasst werden (Tourenbildung) und in welcher Reihenfolge diese anzufahren sind (Routenbildung) [BLUTNER ET AL. 2009, S. 256]. Als bedeutendstes Ziel gilt es im Zuge der Transportplanung die anfallenden Transportkosten – u. a. durch eine optimierte Fahrstreckenplanung – zu minimieren [OHRT 2008, S. 12]. Weitere Zielgrößen sind nach BUXMANN ET AL. [2003, S. 89] die Verringerung der Lieferzeiten und die Steigerung der Liefertreue unter Wahrung einer gewissen Lieferflexibilität.

In Tabelle 2.1 werden bedeutende Faktoren aufgelistet, die in der Regel maßgeblichen Einfluss auf eine Tourenplanung nehmen.

<sup>20</sup> In Anlehnung an die Literatur [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 197] werden in der vorliegenden Arbeit die Tourenplanungsprobleme vereinfacht als Tourenprobleme bezeichnet.

Tabelle 2.1: Bedeutende Determinanten der Tourenplanung nach GLEISSNER und FEMERLING [2012, S. 245]

Kategorie	Bedeutende Determinanten
Entfernungsermittlung	– Digitale Netzwerkmethode
Fahrzeitberechnung	– Digitales Straßennetz – Durchschnittsgeschwindigkeit – Entfernungsabhängige Geschwindigkeit – Straßenabhängige Geschwindigkeit – Wetterfaktoren – Verkehrsaufkommen
Be-/Entlade- und Standzeiten	– Mindeststandzeit pro Kunde – Mengenabhängige Zeiten – Kundenabhängige Zeiten (Zeitfenster)
Sonstige Restriktionen	– Lenk- und Ruhezeitvorschriften des Gesetzgebers – Regelungen zu Einsatz- und Arbeitszeiten für Fahrer sowie Be- und Entladepersonal – Unterschiedliche Transportfahrzeugtypen mit abwechselnder Nutzlast für die Auslieferung notwendiger Zusatzausrüstungen (z. B. Hebebühne, Ladekran) – Leergut/Rückladungen – Unkalkulierte Wartezeiten bei Kunden – Fahrverbote an Feiertagen, bei Emissionswetterlagen und in Innenstädten

Die in Tabelle 2.1 genannten gesetzlichen Regelungen zu den Lenk- und Ruhezeiten basieren vorrangig auf der durch die europäische Gesetzgebung verabschiedeten *Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr* (VO(EG)561/2006) sowie dem *Europäisches Übereinkommen über die Arbeit*



des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals (AETR) [EBEL 2013, S. 19]. Weiterhin müssen im Zuge der zulässigen Arbeitszeit das *Arbeitszeitgesetz* (ARBZG) und das *Gesetz zur Regelung der Arbeitszeit von selbständigen Kraftfahrern* (KRFBZG) beachtet werden. In Tabelle 2.2 sind die bedeutendsten gesetzlichen Regelungen zusammengefasst.

Tabelle 2.2: Gesetzliche Regelungen zu den Lenk- und Ruhezeiten nach VO(EG)561/2006

Art der Zeit	Beschreibung	Gesetzlicher Verweis nach VO(EG)561/2006
Tägliche Lenkzeit	– Max. 9 Stunden	Art. 6, Abs. 1
	– Erhöhung zweimal pro Woche auf max. 10 Stunden	Art. 6, Abs. 1
Wöchentliche Lenkzeit	– Max. 56 Stunden	Art. 6, Abs. 2
	– Max. 90 Stunden in zwei aufeinander folgenden Wochen	Art. 6, Abs. 3
Fahrunterbrechung	– Mind. 45 Minuten nach 4,5 Stunden Lenkdauer	Art. 7
	– Aufteilung in zwei Abschnitte (mind. 15 Minuten und mind. 30 Minuten)	Art. 7
Tägliche Ruhezeit	– Regelmäßig mind. 11 Stunden	Art. 4, Buchst. g
	– Aufteilung in zwei Abschnitte (mind. 3 Stunden und mind. 9 Stunden)	Art. 4, Buchst. g
Wöchentliche Ruhezeit	– Regelmäßig mind. 45 Stunden	Art. 4, Buchst. h
	– Reduziert mind. 24 Stunden, wenn in der Vor- oder Folgewoche mind. 45 Stunden eingehalten werden. Innerhalb von 3 Wochen muss die Reduzierung ausgeglichen sein.	Art. 8, Abs. 6

Unter den Lenkzeiten werden nach dem *Bundesamt für Güterverkehr* (BAG) alle mit der Fahrtätigkeit in Zusammenhang stehenden Zeiten angesehen. Dazu zählen bspw. Fahrverzögerungen durch Aufenthalte vor Ampeln, Bahnübergängen oder bei Staus. Dagegen gelten bspw. das Be- und Entladen der Transportgüter oder auch die Grenzabfertigung als Warte- und nicht als Lenkzeit, wohl aber als Arbeitszeit, sofern die Dauer der Unterbrechung im Vorhinein nicht bekannt ist. [BAG 2015a, S. 15]

Zur Beschreibung des logistischen Materialflusses innerhalb der Transportplanung werden unterschiedliche Logistikdaten benötigt. Die Logistikdaten können in Stammdaten und Bewegungsdaten eingruppiert werden. Die Stammdaten beinhalten grundlegende Informationen unabhängig von der Materialbewegung und können nach VAN BONN [2013, S. 293–295] in nachfolgende Typen unterschieden werden:

- Kundenstammdaten: Informationen über genaue Kunden- und Lieferanschrift, Zeitfenster der Belieferung und Anlieferrestriktionen (z. B. keine Anfahrt mit Anhänger oder Anlieferung nur durch bestimmtes Fahrzeug möglich).
- Standortdaten: Informationen zu den Logistikstandorten (z. B. Adressinformationen oder Angaben zur vorhandenen Lagerfläche).
- Artikelstammdaten: Informationen zu den einzelnen Artikeln (z. B. Zuordnung zu einer Warengruppe oder Gewicht je Einheit).
- Verpackungsdaten: Informationen über die Transporteinheit, Transportvorschriften, Gefahrgutdeklaration (z. B. Palette als Ladehilfsmittel oder Gewicht).
- Warengruppenstammdaten: Informationen zu den Warengruppen in denen verschiedene Artikel zusammengefasst werden (z. B. durchschnittliches Gewicht oder durchschnittliche Abmessungen).
- Fuhrparkstammdaten: Informationen zu den zur Verfügung stehenden Fahrzeugen (z. B. Abmessungen der Ladefläche oder Anzahl der Fahrer).

- Tarifdaten: Informationen zur Berechnung der Transportkosten (z. B. kilometerabhängige Kosten oder Kosten bei Lagernutzung).

Zusätzlich zu den überwiegend statischen Stammdaten bedarf es zur Materialflussplanung die Erfassung von Bewegungsdaten. Diese in direktem Zusammenhang stehenden Informationen können im Zuge einer Tourenplanung auf Tagesdaten basieren und werden nach VAN BONN [2013, S. 295 f.] in die beiden nachfolgenden Typen unterschieden:

- Auftragsdaten: Informationen zur Beschreibung der Materialbewegung auf Artekelebene (z. B. welche Artikel werden zu einem Auftrag zusammengefasst oder die Zuordnung einer Sendungsnummer).
- Sendungsdaten: Informationen zur Beschreibung der Materialbewegung in Transportfahrzeugen (z. B. Start- und Zieladresse der Sendung oder zu transportierende Sendungsmenge).

Im Zuge einer Tourenplanung unterscheiden GLEISSNER und FEMERLING in taktische und operative Tourenplanung. Die taktische Tourenplanung ist mittelfristig ausgelegt und umfasst die Ausgestaltung von sich wiederholenden Standard- bzw. Rahmentouren<sup>21</sup> mit zeitlich festgelegten Wiederholvorgängen. Die operative Tourenplanung hingegen organisiert die täglichen Transportvorgänge auf Basis der aktuellen Auftragslage oder der vordefinierten Rahmentouren. Zur effizienteren Ausgestaltung der Tourenplanung werden vorhandene Softwareprogramme oftmals mit Systemen der Auftragsabwicklung verknüpft. [GLEISSNER und FEMERLING 2012, S. 244]

---

<sup>21</sup> Eine Rahmentour beschreibt die Route eines Transportfahrzeugs und die damit fest verbundene Kundenanbindung über einen mittelfristigen Planungszeitraum von ca. ein bis sechs Monate. Die festgelegten Rahmentouren werden täglich abgefahren und neue Aufträge darin nicht berücksichtigt. [GIETZ 2008, S. 146]

Die **Disposition** umfasst den zur Transportplanung und -steuerung verantwortlichen Arbeitsbereich [KLAUS ET AL. 2012, S. 124]. Die hierbei entwickelten Touren- und Routenplanungsalgorithmen in Softwaresystemen stellen dem Disponenten nach BUCHHOLZ ET AL. [1998, S. 206] eine wichtige Hilfe für die erste Entwicklung der Tourenpläne dar. Die Feinplanung dieser bleibt unter Berücksichtigung aktueller betrieblicher Gegebenheiten, besonderer Kundenwünsche sowie der Überprüfung der logischen Sinnhaftigkeit letztendlich dem Disponenten vorbehalten. Aufgrund der hohen Komplexität und zahlreichen Planungsrestriktionen ist es nicht möglich, eine vollautomatische Tourenplanung mittels Softwaresystem zu erhalten. Statt dessen ist dem erfahrenen Disponenten eine bedeutende Stellung zuzuordnen [GUDEHUS 2012b, S. 876].

In Tabelle 2.3 sind bedeutende Potentiale bei der Nutzung einer **softwaregestützten Tourenplanung** den verschiedenen Akteuren zugeordnet. Während SCHULTE [2013, S. 232] darüber hinaus die Senkung der Fehlerquote und die Erhöhung der Flexibilität bei Änderungen in geplanten Touren als weitere Vorteile der softwaregestützten Tourenplanung sieht, beziffern BRÄYSY und HASLE [2014, S. 352] die Einsparpotentiale mit der Reduzierung der zurückgelegten Kilometer, Fahrzeit und Anzahl der eingesetzten Transportfahrzeuge um bis zu 30 % sowie die Verringerung menschlicher Ressourcen im Zuge der Tourenplanungszeit um bis zu 80–90 %.

Tabelle 2.3: Nutzenpotentiale einer softwaregestützten Tourenplanung nach GLEISSNER und FEMERLING [2012, S. 246]

Akteure	Bedeutende Potentiale
Nutzen Unternehmensleitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rationalisierungspotentiale zwischen 3 % und 5 % der Transportkosten</li> <li>– Transparenz über den gesamten Transportprozess</li> <li>– Qualifizierte Informationen für taktische und strategische Entscheidungen</li> </ul>
Nutzen Fuhrpark-Disponenten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualifizierte Disposition in der zur Verfügung stehenden Zeit</li> <li>– Transparenz in der gesamten Transportabwicklung</li> <li>– Reduzierung des administrativen Aufwands</li> <li>– Erleichterung im Arbeitsablauf</li> <li>– Systematisierung des Planungsablaufs</li> <li>– Reduzierung der Risiken in Urlaubs- und Krankheitszeiten</li> </ul>
Nutzen Fahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gleichmäßige Auslastung und Belastung aller Fahrer</li> <li>– Bessere Einhaltung der Anlieferzeiten</li> <li>– Höherer Informationsgehalt über die auszuführenden Aufträge und Touren</li> </ul>
Nutzen Kunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Besserer Lieferservice durch Verlängerung der Bestellzeiten</li> <li>– Bessere Einhaltung der Lieferrestriktionen</li> </ul>

Nach NICKEL ET AL. [2014, S. 117] bildet die **Graphentheorie** die Grundlage zur Darstellung räumlicher Strukturen in der Transportplanung. Die flussorientierte Abbildung eines Netzwerks<sup>22</sup> erfolgt durch einen aus Knoten und

<sup>22</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.2.

Kanten bestehenden Graph [Ziems 2012, S. 73]. Den Knoten und Kanten obliegen Kapazitätsbeschränkungen, die im Zuge einer Transportplanung beachtet werden müssen [Pfohl 2016, S. 265]. Beispielsweise können hierzu Restriktionen aufgrund von Transportfahrzeugkapazitäten oder Kundenöffnungszeiten benannt werden.

Ein Graph  $G$  besteht aus einer nichtleeren Knotenmenge  $V = v_1, \dots, v_n$  und einer Kantenmenge  $E = e_1, \dots, e_m$ . Jedem Element  $e \in E$  wird ein Knotenpaar  $i, j \in V$  zugeordnet. Der Graph  $G = [V, E]$  wird als ungerichteter Graph bezeichnet, wenn das einer Kante  $e \in E$  zugeordnete Knotenpaar  $[i, j]$  ungeordnet ist. Ist das Knotenpaar  $(i, j)$  geordnet, wird der Graph  $G = (V, E)$  als gerichteter Graph und die Elemente  $e \in E$  als gerichtete Kanten oder Pfeile bezeichnet. [Nickel et al. 2014, S. 117]

Ergänzend wird der Unterschied zwischen Knoten und Pfeilen in Abbildung 2.6 beispielhaft dargestellt. Unterabbildung 2.6a beschreibt einen ungerichteten Graph  $G = [V, E]$  mit der Knotenmenge  $V = 1, 2, 3, 4, 5$  und der Kantenmenge  $E = [1, 2], [1, 3], [1, 4], [2, 5], [4, 5]$ . Unterabbildung 2.6b zeigt einen gerichteten Graph  $G = (V, E)$  mit der Knotenmenge  $V = 1, 2, 3, 4, 5$  und der Kantenmenge  $E = (1, 2), (1, 4), (2, 1), (3, 1), (5, 2), (5, 4)$ .

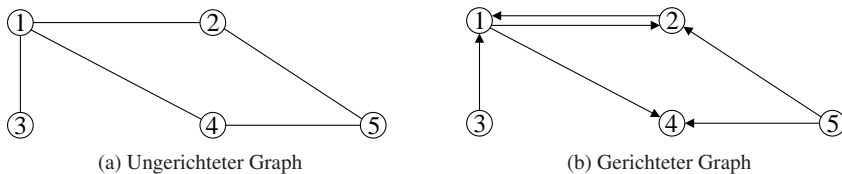


Abbildung 2.6: Beispielhafte Graphen zur Lösung eines Tourenproblems in Anlehnung an DOMSCHKE ET AL. [2015, S. 71 f.]

Kanten und Pfeile sind bewertbar, sodass einer damit ausgedrückten Strecke zwischen einem Knotenpaar z. B. die Fahrzeit oder Kosten zugeordnet werden können. Eine Knotenbewertung kann z. B. durch Zuweisung eines Belieferungsbedarfs  $b_i$  oder auch Servicezeiten  $sz_i$  des Kunden  $i$  erfolgen. [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 198]

Tourenprobleme lassen sich in kantenorientierte Probleme und knotenorientierte Probleme unterscheiden. Ist der Kunde als Kante identifizierbar (z. B. bei der Schneeräumung von Straßen) liegt ein kantenorientiertes Problem vor. Ist der Kunde direkt einem Knoten zuzuordnen (z. B. bei der Belieferung von Fertigungsstandorten) liegt ein knotenorientiertes Problem vor. Eine knotenorientierte Tourenplanung bildet die Basis der vorliegenden Arbeit. Daher wird auf die Darstellung von Kantenlösungsverfahren verzichtet und es werden lediglich die Grundlagen von Knotenlösungsverfahren erläutert. [ABERLE 2009, S. 541 f.]

Die Ausgangsbasis **knotenorientierter Lösungsverfahren** bildet nach ZIMMERMANN [2011, S. 286 f.] das *Traveling Salesman Problem*<sup>23</sup> (TSP), bei dem ein Handlungsreisender  $n$  Städte nacheinander besuchen und wieder zur Ausgangsstadt zurückkehren muss. Das TSP bestimmt dabei die Route mit dem kürzesten Weg der Reise und unterliegt der Annahme, dass alle Zwischenziele in der Tour einmalig angefahren werden müssen. Die Tourenplanung muss jeweils verschiedenartigste Restriktionen beachten. Nach DESROCHERS ET AL. [1990, S. 324] können die zahlreichen Planungsrestriktionen aufgrund ihres Ursprungs in vier Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Quelle und Senke (z. B. Anzahl der Depots, Vorgabe von Belieferungszeitfenstern)
- Fahrzeug (z. B. Anzahl der zur Verfügung stehenden Transportfahrzeuge, Zeitbeschränkung der Tourdauer)

---

<sup>23</sup> Auch unter dem deutschen Begriff „Problem des Handlungsreisenden“ bekannt.

- Problemcharakteristik (z. B. Art des Graphen<sup>24</sup>, gewünschte periodische Belieferung)
- Zielsetzung (z. B. Minimierung der Fahrstrecke, Minimierung der Fahrkosten)

Je nach vorliegenden Planungsrestriktionen kommen verschiedene standardisierte Lösungsverfahren zum Einsatz. Das VRP stellt eine Erweiterung des TSP dar, in dem mehrere Fahrzeuge eines Depots unterschiedlichen Touren zugeordnet werden können [GRAF 2009, S. 108]. Aufbauend auf dem klassischen VRP existieren zahlreiche Variationen, die unterschiedlichste Randbedingungen aufweisen und erfüllen [SOMBUNTHAMA und KACHITVICHYANUKUL 2010, S. 71]. Eine Auswahl von Varianten des VRP werden nachfolgend kurz beschrieben.

Das *Periodic Vehicle Routing Problem* (PVRP) fokussiert Transporte, die sich über einen langfristigen Planungshorizont periodisch wiederholen [IRNICH ET AL. 2014, S. 11]. Nach ARCHETTI ET AL. [2006, S. 226] erweitert das *Split Delivery Vehicle Routing Problem* (SDVRP) das klassische VRP dahingehend, dass Kunden durch Aufteilung der Gesamtbeförderungsleistung in Teillieferungen mehrfach angefahren werden dürfen. Darauf aufbauend umfasst das *Split Delivery Vehicle Routing Problem with Alternative Period* (SDVRPA) die Möglichkeit, Teillieferungen zusätzlich alternative Lieferperioden zuzuweisen [BREIER 2014, S. 101]. Nach WEISE ET AL. [2009, S. 31] beinhaltet das *Distance Vehicle Routing Problem* (DVRP) die Option, jedem Fahrzeug eine maximale Distanz- oder Zeitbeschränkung zuzuordnen. Weiter kann beim *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) jedem Fahrzeug eine gleiche Transportkapazität zugeteilt werden. Das *Distance-constrained Capacitated Vehicle Routing Problem* (DCVRP) basiert auf dem DVRP sowie dem CVRP. Hierbei kann dem Fahrzeug eine Distanz- oder Zeitbeschränkung sowie eine Transportkapazität zugeordnet werden [IRNICH ET AL. 2014, S. 15]. Die Modelle *Vehicle*

---

<sup>24</sup> Als gerichteter oder ungerichteter Graph.



*Routing Problem with Pickup*<sup>25</sup> and *Delivery*<sup>26</sup> (VRPPD), *Vehicle Routing Problem with Backhauls* (VRPB) und *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (HFVRP) sind Weiterentwicklungen des CVRP. Während nach DOMSCHKE und SCHOLL [2010, S. 246 f.] beim VRPPD die Aufteilung der Kunden einer Tour in Abhol- oder Auslieferstandort möglich ist, können beim VRPB Güter innerhalb einer Tour nicht nur zugestellt, sondern auch eingesammelt und zurück ins Depot gebracht werden. Die Autoren erklären weiter, dass beim HFVRP erstmalig Fahrzeugen unterschiedliche Kapazitätsbeschränkungen zuzuweisen sind. Aufbauend auf dem VRPPD kann mit dem *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery* (VRPSPD) einem Standort ein Ausliefer- und Abholbedarf zugeordnet werden, sodass ein Güterfluss innerhalb der Tour entsteht und eingesammelte Waren nicht erst im Depot entladen werden müssen [BATTARRA ET AL. 2014, S. 168]. Das *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) eröffnet die Möglichkeit, dass der Kunde explizite Zeitfenster für den Belieferungszeitpunkt vorgibt [BALDACCI ET AL. 2008, S. 3]. Beim klassischen VRP erfolgt die Kundenbelieferung nur durch ein Depot, wohingegen das *Multiple Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP) die Planung mit mehreren verschiedenen Depots gleichzeitig gestattet [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 246]. Während hierbei eine Tour nur an ein Depot gebunden sein darf, kann nach CREVIER ET AL. [2007, S. 772] bei einem *Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Inter-Depot Routes* (MDVRPI) das Fahrzeug innerhalb einer Tour an weiteren Depots neue Güter hinzuladen. In Abbildung 2.7 sind die Zusammenhänge der ausgewählten Varianten des VRP dargestellt.

---

<sup>25</sup> Unter *Pickup* (Abholung) sind Transportvorgänge zu verstehen, die Güter von einem Kunden ins Depot befördern.

<sup>26</sup> Unter *Delivery* (Auslieferung) sind Transportvorgänge zu verstehen, die Güter vom Depot zu einem Kunden befördern.

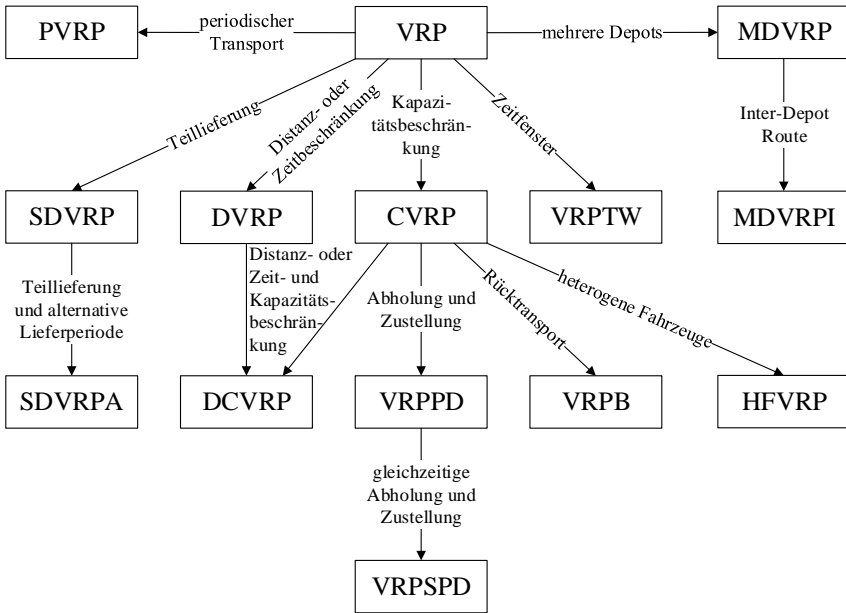


Abbildung 2.7: Variationen des VRP in Anlehnung an WEISE ET AL. [2009, S. 32]

Zur Beschreibung der **Komplexität von Algorithmen** wird der zur exakten Lösung des Problems benötigte Rechenaufwand veranschlagt. Nach DOMSCHKE [2007, S. 20] unterscheidet die Komplexitätstheorie die zur Problemlösung angewandten Algorithmen wesentlich in zwei Klassen:

- Klasse der polynomial lösbaren Probleme.
- Klasse der  $\mathcal{NP}$ -schweren Probleme.

Algorithmen der Klasse polynomial lösbarer Probleme können in polynomialem Aufwand berechnet, während Algorithmen der Klasse  $\mathcal{NP}$ -schwerer Probleme nur mit einem exponentiellen Aufwand exakt gelöst werden können [NICKEL ET AL. 2014, S. 188]. Der entsprechende Aufwand wird nach DOMSCHKE und SCHOLL [2008, S. 80] in Abhängigkeit der vorhandenen Pro-

blemgröße (z. B. Anzahl der Kunden) bestimmt. In Tabelle 2.4 ist das Laufzeitverhalten von Algorithmen bei polynominaler und exponentieller Komplexität  $O$  – unter der Annahme einer Berechnungszeit von einer Mikrosekunde ( $10^{-6}$  Sekunden) pro Rechenschritt – dargestellt. Lediglich polynomiale Algorithmen können bei niedrigen Problemgrößen in angemessener Zeit eine exakte Lösung hervorbringen. Selbst der rasante Fortschritt der Prozessortechnologie in den letzten Jahrzehnten bringt keinen wesentlichen Fortschritt zur Egalisierung der durch  $\mathcal{NP}$ -schweren Probleme hervorgerufenen Berechnungszeiten zur Findung einer exakten Lösung [MATTFELD und VAHRENKAMP 2014, S. 49].

Tabelle 2.4: Rechenzeiten für beispielhafte Komplexitäten nach NICKEL ET AL. [2014, S. 189] und DOMSCHKE [2007, S. 21]

Komplexität	Problemgröße $n$				
	10	25	50	100	1000
$O(n)$	$10^{-5}$ s	$2,5 \cdot 10^{-5}$ s	$5 \cdot 10^{-5}$ s	$10^{-4}$ s	$10^{-3}$ s
$O(n^2)$	$10^{-4}$ s	$6 \cdot 10^{-4}$ s	$25 \cdot 10^{-4}$ s	$10^{-2}$ s	1,0 s
$O(n^3)$	$10^{-3}$ s	$16 \cdot 10^{-3}$ s	0,1 s	1,0 s	0,3 h
$O(n^5)$	0,1 s	9,8 s	312,5 s	2,8 h	31,7 a
$O(2^n)$	$10^{-3}$ s	33,6 s	35,7 a	$4 \cdot 10^{16}$ a	–
$O(3^n)$	$59 \cdot 10^{-3}$ s	9,8 d	$2 \cdot 10^{10}$ a	–	–
$O(n!)$	3,6 s	$5 \cdot 10^{11}$ a	$10 \cdot 10^{50}$ a	$3 \cdot 10^{144}$ a	–

Die Prinzipien zur Bestimmung einer exakten Lösung von Optimierungsproblemen sind nach DOMSCHKE ET AL. [2015, S. 134]:

- Entscheidungsbaumverfahren<sup>27</sup>
  - Vollständige Enumeration<sup>28</sup>
  - Unvollständige Enumeration
  - Dynamische Optimierung
- Schnittebenenverfahren<sup>29</sup>
- Kombination aus Entscheidungsbaumverfahren und Schnittebenenverfahren<sup>30</sup>

Das TSP als ein Standardproblem der kombinatorischen Optimierung – wie auch das klassische VRP und dessen zahlreichen Varianten – ist der Klasse der  $\mathcal{NP}$ -schweren Probleme zuzuordnen [DOMSCHKE ET AL. 2015, S. 131]. Nach GRITZMANN [2013, S. 15] existieren bei einem symmetrischen TSP mit  $n = 21$  Knoten  $\tau_n = (n - 1)!/2 \approx 1,2 \cdot 10^{18}$  Möglichkeiten der Routenausbildung. Er gibt weiter an, dass unter Verwendung eines Teraflop-Rechners mit einer Berechnungsleistung von  $10^{12}$  Touren pro Sekunde ein vollständiges Enumerationsverfahren mit 21 Knoten zur Findung einer exakten Lösung etwa zwei Wochen dauern würde. Bei 25 Knoten steigt die Berechnungszeit auf fast 10.000 Jahre an.

Aufgrund der Berechnungszeitproblematik exakter Lösungsverfahren bei immer komplexeren Algorithmen wegen steigender Planungsrestriktionen kommen **Heuristiken** zur Lösung von Tourenproblemen zum Einsatz [GUDEHUS 2012b, S. 876]. Heuristische Verfahren sind Näherungsverfahren, die nach MATTFELD und VAHRENKAMP [2014, S. 50] zwar nicht die Findung der besten Lösung garantieren, aber meist in polynomialem Rechenaufwand durch Definition ei-

---

<sup>27</sup> Beispielhaft ist das *Branch-and-Bound*-Verfahren zu nennen. Für weitere Erklärungen siehe GROSSMANN und TERNO [1993, S. 283–296].

<sup>28</sup> Lösung durch Aufzählung aller möglicher Lösungsmöglichkeiten.

<sup>29</sup> Beispielhaft ist das *Branch-and-Cut*-Verfahren zu nennen. Für weitere Erklärungen siehe CONFORTI ET AL. [2014, S. 15 f.].

<sup>30</sup> Beispielhaft ist das *Branch-and-Price*-Verfahren zu nennen. Für weitere Erklärungen siehe DELL'AMICO ET AL. [2006, S. 241 f.].

ner Zielsetzung mit Nebenbedingungen Probleminstanzen hinreichend lösen können. Durch Reduktion des Lösungsraums und somit auch möglicher Lösungsmöglichkeiten ist der Rechenaufwand im Vergleich zu exakten Verfahren deutlich geringer [PFOHL 2016, S. 272]. Die Güte der gefundenen Lösung und die Abweichung zum Optimum lässt sich bei Heuristiken nicht bestimmen [ZIMMERMANN 2008, S. 274]. Heuristische Verfahren lassen sich nach NICKEL ET AL. [2014, S. 209] allgemein in folgende Klassen einteilen:

- Eröffnungsverfahren<sup>31</sup>: Findung von zulässigen Ausgangslösungen.
- Verbesserungsverfahren: Verbesserung des Zielwerts auf Basis einer Ausgangslösung.
- Heuristiken zur Bestimmung von Schranken: Identifikation einer oberen und unteren Schranke zur Durchführung exakter Lösungsverfahren.

Die Kombination aus Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren findet häufig bei Tourenproblemen Anwendung [SCHOLL 2008, S. 4 f.].

Zur Lösungsfindung knotenorientierter Transportprobleme sind zwei Teilprobleme zu beachten und miteinander zu verknüpfen. Zum einen muss jeder Kunde genau einer Tour zugeordnet<sup>32</sup> und zum anderen die Reihenfolge der Kunden innerhalb einer Tour festgelegt<sup>33</sup> werden. Sukzessivverfahren lösen die beiden Teilprobleme nacheinander. Je nach Lösungsreihenfolge werden die Lösungsverfahren in *Route first-Cluster second* oder in *Cluster first-Route second* unterteilt. Erstere legen die Reihenfolge aller Kunden fest und teilen danach diese in Touren ein. Letztere definieren Teilmengen der Kunden, die jeweils von einem Fahrzeug bedient werden können und legen daraufhin die Fahrroute innerhalb der Tour fest. Simultanverfahren hingegen lösen die beiden angesprochenen Teilprobleme gleichzeitig. Hierbei wird weiter zwischen simultanen Eröffnungsverfahren sowie lokalen Such- und Verbesserungsverfahren differenziert. Die

---

<sup>31</sup> Eröffnungsverfahren werden auch als Konstruktionsverfahren bezeichnet.

<sup>32</sup> Die Tourenzuordnung wird im englischen als *clustering* bezeichnet.

<sup>33</sup> Die Festlegung der Reihenfolge wird im englischen als *routing* bezeichnet.

Erstellung der Touren bei Sukzessiv- und Simultanverfahren erfolgt immer unter Berücksichtigung vorhandener Kapazitäts- und Zeitrestriktionen. [FANDEL ET AL. 2009, S. 195, 197]

Der *Sweep*-Algorithmus zählt zu den bekanntesten VRP. Er ist den Sukzessivverfahren als *Route first-Cluster second*-Prinzip zuzuordnen. Bei diesem Verfahren werden die Standorte des Depots 0 und der Kunden  $n$  durch Koordinaten  $x_i, y_i$  beschrieben. Das Depot liegt im Ursprung des Koordinatensystems und die Entfernungen zwischen den zwei Standorten  $i$  und  $j$  werden als euklidische Distanz  $d_{ij}$  angegeben. Die Kunden sind nach aufsteigendem Polarwinkel<sup>34</sup> zu sortieren. Die Erstellung der Touren erfolgt im Zusammenfassen der Kunden nach fortlaufender Nummerierung  $(1, 2, 3, \dots, n)$ . Eine Tour wird unter Einhaltung der Planungsparameter (z. B. Lkw-Kapazität) mit weiteren Kunden gemäß fortlaufender Nummerierung ergänzt. Ist die Tour ausgelastet, beginnt bei nächst folgendem Kunden eine neue Tour. Die Summe aller Touren bildet den Tourenplan. Ist der erste Tourenplan (beginnend bei Kunde 1) erstellt, werden weitere Tourenpläne angefertigt. Bei jedem neu zu erstellenden Tourenplan wird mit dem nächst höher nummerierten Kunden begonnen (zweiter Tourenplan beginnt mit Kunde 2). Es werden insgesamt  $n$  Tourenpläne erzeugt. Jedem Tourenplan dient ein anderer Kunde als Startknoten. Die Reihenfolge der Kunden innerhalb einer Tour kann mit einem nachgeschalteten Optimierungsverfahren weiter verbessert werden. Schlussendlich ist der Tourenplan maßgeblich, der den besten Zielwert (z. B. kürzeste Gesamtstrecke) erreicht. Der *Sweep*-Algorithmus erzielt bei einer zentralen Depotlage in Relation zu den Kundenstandorten gute Ergebnisse, jedoch zieht er zur Entscheidungsfindung nicht das Straßennetz, sondern das Luftliniennetz heran. [MATTFELD und VAHRENKAMP 2014, S. 278–280]

Der *Saving*-Algorithmus ist in den meisten Softwaresystemen implementiert und gilt als bedeutendster Vertreter der Simultanverfahren. Hierbei wird zunächst jeder Kunde mit dem Depot durch eine separate Pendeltour  $(0, i, 0)$  verbunden.

---

<sup>34</sup> Der Polarwinkel verläuft gegen den Uhrzeigersinn.

Auf Basis der Distanz zwischen den einzelnen Standorten ist die jeweilige Ersparnis<sup>35</sup>  $s_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$  zu bestimmen. Je näher  $i$  und  $j$  beieinander liegen und je weiter sie vom Depot entfernt sind, desto größer wird die Ersparnis. Die Ausgangslösung ist durch sukzessives Zusammenfügen einzelner Pendeltouren unter Berücksichtigung der ermittelten *Savings* zu verbessern, sodass die Gesamtstrecke verkürzt wird als auch die Anzahl der Fahrzeuge verringert werden. Hierbei ist zwischen dem parallelen und dem sequentiellen *Saving*-Algorithmus zu differenzieren. Während beim parallelen Verfahren verschiedene Touren erweitert oder auch zusammengefasst werden können, erfolgt der Aufbau der Touren beim sequentiellen Verfahren nacheinander durch das Hinzufügen einzelner Pendeltouren (in der Reihenfolge abnehmender *Savings*) zwischen Endkunde und Depot einer bestehenden Tour. Kann keine Pendeltour in die aktuelle Tour  $T$  mehr eingefügt werden, beginnt die Bildung einer neuen Tour  $T + 1$ . [DOMSCHKE und SCHOLL 2008, S. 171 f.]

In Abbildung 2.8 ist beispielhaft ein Iterationsschritt des parallelen *Saving*-Algorithmus zur Reduzierung der Gesamtstrecke durch Wegfall der Rückfahrten zum Depot beim Verbinden zweier Touren dargestellt.

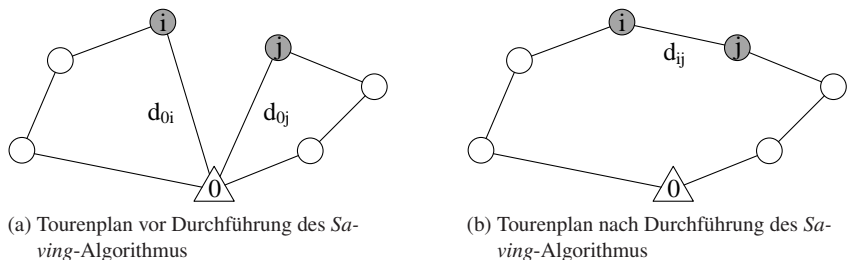


Abbildung 2.8: Beispielhafte Anwendung des *Saving*-Algorithmus nach MATTFELD und VAHRENKAMP [2014, S. 285]

<sup>35</sup> Die Ersparnis wird im englischen als *Saving* bezeichnet.

Zur Erzeugung von weiteren Tourplänen wird nach DOMSCHKE und SCHOLL [2010, S. 239] die Einführung des Gewichtungsfaktors  $\gamma$  (mit  $0 < \gamma < 3$ ) auf die Distanz  $d_{ij}$  empfohlen, sodass sich die Berechnungsformel der *Savings* entsprechend  $s_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - \gamma \cdot d_{ij}$  ändert. Durch verschiedene  $\gamma$ -Werte lassen sich eventuell bessere Ergebnisse als mit  $\gamma = 1$  erzielen.

Aufbauend auf einer zulässigen Lösung des Eröffnungsverfahrens erfolgt die Suche nach optimierten Lösungsvarianten mit Verbesserungsheuristiken. Diese lassen sich nach NICKEL ET AL. [2014, S. 214] in die nachfolgenden Gruppen unterteilen:

- Lokale Suchverfahren
- Metaheuristiken

Ein bedeutender Vertreter lokaler Suchverfahren ist das  $k$ -optimale-Verfahren ( $k$ -opt-Verfahren). Ausgehend von einer bestehenden Tour werden  $k$  Kanten miteinander vertauscht, sodass eine  $k$ -fache Änderung der Bedienreihenfolge der Knoten entsteht. Alternativ kann ein  $k$ -facher Austausch auch tourenübergreifend stattfinden. Das Verfahren endet bei dem Erreichen eines zuvor definierten Abbruchkriteriums. Dies ist häufig dann erreicht, wenn die letzte Überprüfung der  $k$ -fachen Kantenvertauschung kein besseres Ergebnis mehr liefert oder wenn eine bestimmte Anzahl an Iterationen durchgeführt wurde. [NICKEL ET AL. 2014, S. 215 f.]

Die einfachste Ausprägung des  $k$ -opt-Verfahren ist der zweifache Kantentausch (2-opt-Verfahren). Die Komplexität ist hierbei mit  $O(n^2)$  zu bewerten. Für jede Erhöhung von  $k$  auf  $k + 1$  steigt die Komplexität etwa um  $n$  an. Das bedeutet, dass ein 3-opt-Verfahren die Komplexität  $O(n^3)$  aufweist. Aufgrund der nur geringfügig besseren Lösungsergebnisse für  $k \geq 3$  sind 2- und 3-opt-Verfahren – in Anbetracht der steigenden Komplexität – maßgeblich. [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 111]



In Abbildung 2.9 ist das 2-opt-Verfahren beispielhaft dargestellt. Die Kanten  $i, i+1$  und  $j, j+1$  wurden aufgelöst und zu  $i, j$  sowie  $i+1, j+1$  neu disponiert. Die Bedienreihenfolge der Knotenmenge ändert sich von  $V = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$  in  $V = 1, 2, 3, 6, 5, 4, 7, 8$ .

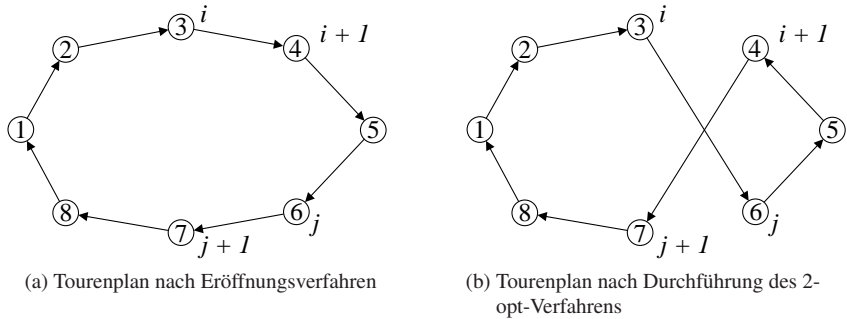


Abbildung 2.9: Beispielhafte Darstellung des 2-opt-Verfahrens nach NICKEL ET AL. [2014, S. 216]

Ein variables  $k$ -opt-Verfahren wurde 1973 von Lin und Kernighan<sup>36</sup> entwickelt, in dem bei jeder Iteration ein  $k \geq 2$  Tausch vorgenommen wird. Der jeweils vollzogene  $k$ -Tausch basiert auf nacheinander auszuführenden 1-Tausch. Der Rechenaufwand ist wesentlich höher als beim 2- und 3-opt-Verfahren, jedoch liefert dieses nahezu exakte Lösungen. [DOMSCHKE und SCHOLL 2010, S. 115]

Lokale Suchverfahren besitzen den Nachteil, dass sie nur die unmittelbare Nachbarschaft der Ausgangslösung des Eröffnungsverfahrens untersuchen und daher häufig sehr schnell in einem lokalen Optimum enden. Das globale Optimum eines exakten Lösungsverfahrens wird möglicherweise weit verfehlt. Metaheuristiken hingegen lassen zeitweise eine Verschlechterung der Lösungsergebnisse zu, um aus einem lokalen Optimum heraus weitere Verbesserungen finden zu können. [DOMSCHKE und SCHOLL 2008, S. 82]

<sup>36</sup> Für weitere Erklärungen siehe HELSGAUN [2000].

Das *Tabu-Search*-Verfahren<sup>37</sup> ist ein bedeutender Vertreter der Metaheuristiken. Hierbei wird in jeder Iteration, ausgehend von einer zulässigen Ausgangslösung, die Nachbarschaft  $N(x)$  untersucht und das beste Ergebnis dieser Iterationsstufe für weitere Berechnungszyklen festgelegt. Im Vergleich zur Ausgangslösung sind auch schlechtere Lösungen des Zielfunktionswerts zulässig. Mit Hilfe der Tabu-Liste wird die entsprechende Iteration dokumentiert und für die definierte Dauer weiterer Berechnungszyklen<sup>38</sup> festgesetzt. Somit wird der unmittelbare Rücksprung auf die vorangegangene Lösung unterbunden. *Tabu-Search* endet mit Erreichen eines zuvor definierten Abbruchkriteriums, das vielfach im Durchlaufen einer maximalen Anzahl an Iterationsstufen insgesamt oder im Durchlaufen einer maximalen Anzahl an Iterationsstufen ohne Verbesserungen liegt. Als Beispiel einer *Tabu-Search*-Anwendung ist ein mögliches Tabukriterium im Rahmen einer Tourenplanung das Verbot der Rückeinführung eines kürzlich von Tour  $T_A$  nach  $T_B$  verschobenen Knotens zurück nach  $T_A$ . [SCHEUERER 2004, S. 96 f.]

## 2.2.4 Straßengüterverkehr

Die Straßeninfrastruktur ist der in Deutschland bedeutendste **Verkehrsträger** zum Transport von Wirtschaftsgütern. Im Jahr 2015 wurde in Deutschland durch in- und ausländische Lkw eine Beförderungsleistung von 474.400 Mio. Tonnenkilometer umgesetzt [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016b]. Das entspricht einem Anteil von 71,3 % bezogen auf die Gesamtbeförderungsleistung aller Güterverkehre, die sich aus dem Eisenbahnverkehr, dem Straßenverkehr, der Binnenschifffahrt, den Rohöl-Rohrleitungen und dem Luftverkehr zusammensetzen. Die ausgeprägte Dominanz des Straßengüterverkehrs sehen DYCKHOFF

---

<sup>37</sup> Das *Tabu-Search*-Verfahren wird im Deutschen oftmals als Tabu-Such-Verfahren bezeichnet.

<sup>38</sup> Beispielhaft bedeutet die Tabudauer zwei in der Anwendung von *Tabu-Search* bei VRP, dass innerhalb von den nächsten zwei Iterationsstufen ein in der Bedienreihenfolge geänderter Knoten nicht „verschoben“ werden darf.

und SOUREN [2008, S. 207] vor allem in der ökonomischen Vorteilhaftigkeit durch oftmals geringere Transportkosten sowie höheren Lieferservice (z. B. schnellere Lieferzeit, flexiblere und direkte Anbindung der Quellen und Senken) begründet. Selbst die ökologischen Vorteile der anderen Güterverkehre gegenüber dem Straßengüterverkehr reichen ihrer Auffassung nach oftmals nicht aus, um gegen die ökonomischen Aspekte zu bestehen.

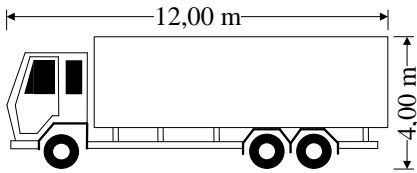
Das *Straßenverkehrsgesetz* (StVG) bildet mit der *Straßenverkehrsordnung* (StVO) und der *Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung* (StVZO) die **rechtliche Basis** für den Bau und den Betrieb von Kraftfahrzeugen (Kfz) [HOEPKE und BREUER 2016, S. 11 f.]. Vor allem die Bestimmungen über die Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen (§ 32 STVZO) sowie die zulässige Achslast und das zulässige Gesamtgewicht (zGG) (§ 34 Nr. 1 STVZO) bilden wichtige Kriterien im Straßengüterverkehr. Die bedeutendsten Kriterien hierbei sind in Abbildung 2.10 zusammenfassend dargestellt. Es erfolgt die Unterscheidung der Lkw in Motorkraftfahrzeuge mit und ohne Anhänger<sup>39</sup> sowie in Sattelkraftfahrzeuge<sup>40</sup>. Die Fahrzeugbreite darf 2,55 m nicht überschreiten. Ein „Kombinierter Verkehr“ beinhaltet hierbei den Gütertransport mit mindestens zwei unterschiedlichen Verkehrsträgern (z. B. Schienenverkehr und Straßenverkehr) ohne Wechsel des Transportbehälters [IHME 2011, S. 322].

---

<sup>39</sup> Motorkraftfahrzeuge mit Anhänger werden als Lastzug oder Gliederzug bezeichnet.

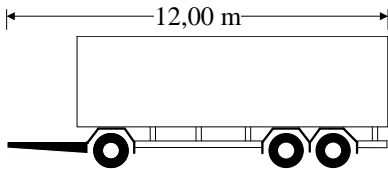
<sup>40</sup> Die Sattelzugmaschine selbst kann keine Güter transportieren, sondern dient lediglich der Fortbewegung des Sattelauffiegers. Sattelkraftfahrzeuge werden auch Sattelzug genannt.

Lkw (Motorfahrzeug als Einzelfahrzeug)



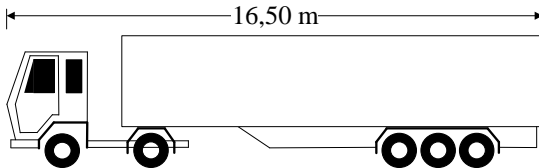
zGG:	
2 Achsen	18 t
3 Achsen	25 t
4 Achsen	32 t

Anhänger



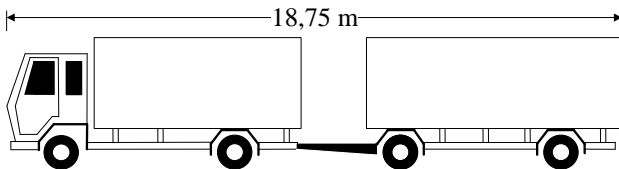
zGG:	
2 Achsen	18 t
3 Achsen	24 t

Sattelkraftfahrzeug



zGG:	
< 4 Achsen	28 t
4 Achsen	36-38 t
<i>(je nach Achsabstand)</i>	
> 4 Achsen	40 t
Kombinierter Verkehr	44 t

Lkw mit Anhänger (Gliederzug)



zGG:	
< 4 Achsen	28 t
4 Achsen	36 t
> 4 Achsen	40 t

Abbildung 2.10: Abmessungen und zGG von Lkw in Anlehnung an IHME [2006, S. 146]

In Anlehnung an SHELL [2010, S. 19] lassen sich die Transportfahrzeuge im Straßengüterverkehr anhand des zGG in Klassen einteilen. Die Übersicht einer möglichen Klassenkategorisierung mit Verweis auf ein typisches Einsatzgebiet ist in Tabelle 2.5 dargestellt.

Tabelle 2.5: Transportfahrzeugklassen im Straßengüterverkehr in Anlehnung an SHELL [2010, S. 19]

Transport- fahrzeugklasse	zGG	Typisches Einsatzgebiet
Leichte Nutzfahrzeuge	$< 3,5\text{t}$	Dienstleistungs- und Lieferfahrzeuge
Leichte Lkw	$\geq 3,5\text{t bis } < 7,5\text{t}$	Auslieferung im Nahverkehr
Mittelschwere Lkw	$\geq 7,5\text{t bis } < 12,0\text{t}$	Auslieferung im Regionalverkehr, Transport von Volumengütern
Schwere Lkw	$\geq 12,0\text{t}$	Als Motorwagen eines Gliederzugs im Güterfernverkehr oder Baustellenverkehr
Sattelfkraft- fahrzeuge	In der Regel $\leq 40,0\text{t}$ oder $\leq 44,0\text{t}$ als Kombinierter Verkehr	Güterfernverkehr

Während die Lkw-Fahrgestelle ein Serienprodukt darstellen, charakterisiert die **Aufbauvariante** den eigentlichen Lkw. Die Anforderungen an Aufbauten sind vielfältig und individuell, sodass im Nachfolgenden nach HOEPKE und BREUER [2016, S. 143–155] nur die bedeutendsten Aufbauvarianten aufgelistet werden. Zur Be- und Entladung können Aufbauten mit Ladehilfen ausgestattet werden. Beispielhaft sind Ladekrane, Ladebordwände oder Laderampen zu nennen.

- Plattformaufbau: Ebene Ladefläche ohne Bordwände.
- Pritschenaufbau: Allseitig umschließende Bordwände mit und ohne laderaumüberdeckender Plane.

- Kofferaufbau: Allseitig umschließende feste Bordwände mit Dach.
- Kippaufbau: Neigbare Ladefläche oder Vorrichtung zum Aufnehmen und Absetzen von verschiedenartigen Behältern (z. B. Container, Silo).
- Tank- und Siloaufbau: Ladefläche als Behälter in zylindrischer oder Kofferbauweise.
- Fahrgestellaufbau für Wechselbehälter: Absenkbare Fahrgestellrahmen zur Unterfahrung von Wechselbehältern (z. B. Wechselbrücke oder Container).
- Spezialaufbau: Bspw. Fahrmischer, Mülltransportfahrzeug, Pkw- und Lkw-Transporter.

Aus Tabelle 2.6 ist ersichtlich, dass der gewerbliche Straßengüterverkehr nach der jeweiligen **Verkehrsart** in die Bereiche Nahverkehr, Regionalverkehr und Fernverkehr unterteilt werden kann. Vor allem die überwiegend im Nah- und Regionalverkehr stattfindenden Baustellentransporte haben einen bedeutenden Einfluss auf die in diesen Verkehrsarten verursachten Leerkilometer [BAG 2013, S. 14]. Die derzeit positive bauwirtschaftliche Entwicklung sorgt für eine erhöhte Transportnachfrage im Segment der Baustellenfahrzeuge, die wiederum zu einer Preissteigerung der Transportkosten im Nah- und Regionalverkehr führt [BAG 2015b, S. 22].

Tabelle 2.6: Aufteilung des Straßengüterverkehrs nach der Verkehrsart in Anlehnung an BAG [2014, S. 9, 13]

Verkehrsart	Transportentfernung	Durchschnittliche Leerkilometer
Nahverkehr	bis 50 km	41,9 %
Regionalverkehr	51 km bis 150 km	32,3 %
Fernverkehr	ab 151 km	10,5 %

Anhand der Art der zu transportierenden Güter sowie des damit verbundenen Sendungsgewichts lässt sich der Straßengüterverkehr in die in Abbildung 2.11 aufgelisteten **Versandarten** einteilen. Der Übergang zwischen den Versandarten Ladungsverkehr und Stückgutsendung kann alleine durch das Sendungsgewicht nicht festgelegt werden. Die Wahl der entsprechenden Versandart ist teilweise dispositionsabhängig und richtet sich nach den übrigen zu transportierenden Warensendungen [BRETZKE 2014, S. 273]. Kann eine bestimmte Warensendung in eine bestehende Tour integriert werden, ist eine Abwicklung über den Ladungsverkehr gegebenenfalls vorteilhafter als über das Stückgutnetz. Als Anhaltswert zur Abgrenzung zwischen Ladungsverkehr und Stückgutsendung nennt BRETZKE [2015, S. 296] ein Sendungsgewicht von 1,5 t. KLAUS ET AL. [2012, S. 545] nennen hierzu ein Sendungsgewicht von 2,5 t.

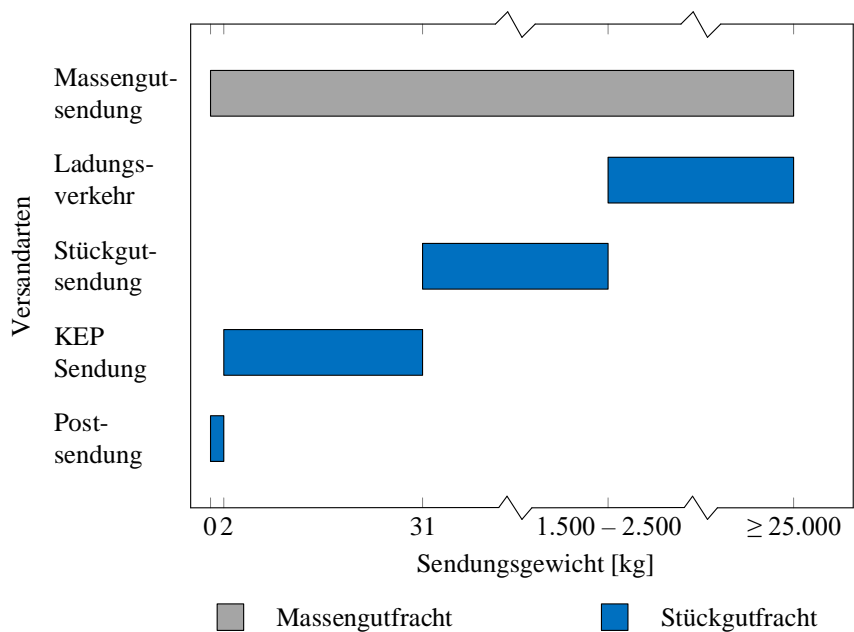


Abbildung 2.11: Versandarten im Straßengüterverkehr in Abhängigkeit des Sendungsgewichts in Anlehnung an KLAUS ET AL. [2012, S. 9, 263, 464, 545]

Die Einteilung der möglichen Versandarten im Straßengüterverkehr erfolgt zunächst nach der Art des zu transportierenden Gutes. Hierbei wird zwischen Einzelstückgütern und Massenstückgütern unterschieden. Eine Massengutfracht beinhaltet eine unabgepackte Versandmenge von Gas, Flüssigkeit oder Schüttgut (z. B. Schotter/Kies), während die Stückgutfracht aus einzelnen Stückgütern oder aus in diskreten Ladeeinheiten zusammengefassten Massen- oder Stückgütern besteht [GUDEHUS 2012b, S. 823]. Stückgutfracht ist konsolidierbar und es können somit mehrere unterschiedliche Sendungen auf einem Transportmittel zusammengefasst werden. Zur effizienteren Handhabung des Be- und Entladeprozesses finden vielfach unterfahrbare Ladehilfsmittel Anwendung. LANGE [2008, S. 703–705] unterscheidet diese in

- Ladungsträger mit tragender Funktion (bspw. Euro-Palette<sup>41</sup>),
- Ladungsträger mit tragender und umschließender Funktion (bspw. Gitterbox für kleinteilige Güter) und
- Ladungsträger mit tragender, umschließender und abschließender Funktion (bspw. Tank- oder Silo-Palette zur Aufnahme von Flüssigkeiten oder Schüttgüter).

Bei der Massengutsendung werden ausschließlich Massengüter in dafür eigens bestimmten Transportbehältnissen befördert. Eine Unterteilung anhand des jeweiligen Sendungsgewichts wird nicht weiter vorgenommen. Massengüter werden nicht nach Stückzahl der einzelnen zu transportierenden Einheiten, sondern nach Gewicht oder Volumen bestimmt [KLAUS ET AL. 2012, S. 426].

Die Versandarten innerhalb der Stückgutfracht sind je nach Sendungsgewicht weiter zu unterscheiden. Der Ladungsverkehr ist hierbei am einfachsten und schnellsten zu disponieren, da die Ware ohne Umschlag transportiert wird [KOETHER 2014, S. 81]. Je nach Sendungsmenge ist der Ladungsverkehr als Vollladung (komplette Lkw Ladung) oder Teilladung (mehrere Sendungen wer-

---

<sup>41</sup> Standardisierte Abmessungen: 1200 mm × 800 mm × 144 mm (Länge/Breite/Höhe).



den in einem Lkw zusammengefasst) durchzuführen [KLAUS ET AL. 2012, S. 199, 319]. Während Vollladungsverkehre per Direkttransport abgewickelt werden, erfolgt der Teilladungsverkehr durch sukzessives Einsammeln und Ausliefern der Waren bei verschiedenen Quellen und Senken [KOETHER 2014, S. 83 f.]. Eine Stückgutsendung umfasst den Transport mehrerer Lieferaufträge. Die Abgrenzung zum Teilladungsverkehr liegt hierbei darin, dass das jeweilige Sendungsgewicht leichter ist und somit eine höhere Anzahl an Lieferaufträgen zusammengefasst werden kann. Nach GUDEHUS [2012b, S. 952 f.] sind die einzelnen Sendungen an den Quellen einzusammeln, in einer Sammelstation umzuschlagen und in einer nachfolgenden Verteilstation wieder aufzuteilen sowie anschließend zu den jeweiligen Senken zu transportieren. Nach BRETZKE [2015, S. 370] entfallen bei Stückgutsendungen bis zu 40 % der Beförderungskosten auf den Streckenabschnitt der sogenannten „letzten Meile“<sup>42</sup>. Dieser stellt somit den kostenintensivsten Teilabschnitt einer Tour dar [BRETZKE 2015, S. 297]. Dem Transportsystem der Stückgutsendung liegt ein oftmals mehrstufiges Logistiknetzwerk zugrunde. Sendungen aus dem Bereich des KEP-Markts unterscheiden sich nach KLAUS ET AL. [2012, S. 264] von den zuvor genannten Versandarten zum einen durch ein geringeres Sendungsgewicht und Sendungsvolumen, zum anderen durch den Einsatz eines umfangreichen und engmaschigen Logistiknetzwerks (flächendeckender Betrieb von Zwischenstationen) mit ausgeprägter Automatisierungstechnik (Sortieranlagen inkl. Identifizierung und Sendungsverfolgung). Weiter differenzieren sie die Postsendung, bei denen weit mehr Senken zur Briefauslieferung als bei KEP-Diensten existieren und daher vornehmlich in Ballungsgebieten kostendeckend ausgeliefert werden kann. Aufgrund der kleinen Auslieferungsmengen je Stopp steigt bei KEP-Sendungen und Postsendungen der Anteil der Beförderungskosten auf der letzten Meile deutlich an [BRETZKE 2015, S. 363].

---

<sup>42</sup> Bezeichnet die letzte Fahrstrecke innerhalb eines Logistiknetzwerks, in der die Warenzustellung zur Senke erfolgt.

Wie zuvor dargestellt, kann die Einteilung der Transporte im Straßengüterverkehr anhand der Versandarten erfolgen. Darüber hinaus ist die **Sendungssegmentierung** nach GUDEHUS [2012a, S. 125] weiter durch folgende Merkmale differenzierbar:

- Dringlichkeit (Express-, Termin- und Normalsendungen)
- Inhalt (Einzelstück- und Massensendungen oder Gefahrgut-, Schwergut- und Wertsendungen)
- Größe (Klein- und Großsendungen)
- Zusammensetzung (homogene und heterogene Sendungen)

Die Berechnung von **Transportfahrzeugkosten** zum Straßengütertransport richtet sich nach FIEDLER [2007, S. 74] an den nachfolgenden vier Hauptkostengruppen:

- Allgemeine kilometerabhängige Kosten (z. B. Diesel-, Reifen-, Werkstattkosten, Straßenbenutzungsgebühren)
- Zeitabhängige Personalkosten (z. B. Löhne, Arbeitgeberanteile, Spesen)
- Sonstige zeitabhängige Kosten (z. B. Steuern, Versicherung, Abschreibungen)
- Gemeinkosten (z. B. Disposition, Personalverwaltung, IT)

Je nach Einsatzgebiet ist die Bedeutung der einzelnen Hauptkostengruppen unterschiedlich. So stellen im Nahverkehr die zeitabhängigen Personalkosten und im Fernverkehr die kilometerabhängigen Kosten die größten Kostentreiber dar. [WITTENBRINK 2014, S. 73]

Einen bedeutenden Wandel im Straßengüterverkehr sieht VUKOVIC [2016, S. 63] im Einsatz von **Elektromobilität zur Güterverteilung**. Maßgeblicher Treiber dieser Entwicklung sind neben den Kundenansprüchen die kommunalen Klima- und Einfahrrestriktionen zur Emissionsregulierung sowie das allgemein wachsende Nachhaltigkeitsverständnis [JANSEN und VUKOVIC 2015, S. 96 f.]. So dürfen bspw. in Paris Fahrzeuge ab einem zGG von 3,5 t mit einer Zulas-

sung vor Oktober 2001 zwischen 8 Uhr und 20 Uhr nicht in die Stadt einfahren [BURGDORF und GIESSE 2015, S. 10]. Auch Deutschland wurde von der EU-Kommission bezüglich anhaltender Überschreitung des Grenzwerts für den Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) ermahnt, die hauptsächlich durch Dieselfahrzeuge freigesetzt wird [DEUTSCHE PRESSE-AGENTUR 2015, S. 13]. Während Dieselfahrzeuge für den Fernverkehr noch unverzichtbar sind, eignen sich Elektro-Lkw besonders im Nahverkehr [GRÜNIG 2015a, S. 49] und somit auf der letzten Meile zur Innenstadtbelieferung [STÜTZ 2015, S. 5]. Erste Praxisbeispiele zur Implementierung von Elektro-Lkw sind vor allem in dem Bereich der LDL [KRANKE 2015, S. 9] und speziell bei der Warenversorgung im Einzelhandel [GRÜNIG 2015b, S. 44] ersichtlich.

## **2.3 Baulogistik**

### **2.3.1 Definition und Zielsetzung**

Die Baulogistik stellt die branchenspezifische Ausprägung der Logistik im Bauwesen dar [KRAUSS 2005, S. 13]. Im Vergleich zu logistischen Anwendungsfeldern anderer Branchen ist die Baulogistik ein noch relativ junges Teilgebiet der Logistik [WALLERANG 2013]. Obwohl die Logistik einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis eines Bauprojekts hat [BAUER 2007, S. 632], wird in der Baubranche – im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen – logistischen Überlegungen derzeit noch ein geringer Stellenwert zugesprochen [KARGUL ET AL. 2014, S. 16]. Die Betrachtung logistischer Fragestellungen gewinnt in der Bauwirtschaft jedoch immer mehr an Bedeutung [GIRMSCHIED 2014, S. 17].

Nach SCHACH und SCHUBERT [2009, S. 59] befasst sich die Baulogistik generell

„mit der Planung, Ausführung und Steuerung von Material-, Personal- und Informationsflüssen unter dem Gesichtspunkt einer optimierten baubetrieblichen Leistungserstellung hinsichtlich Terminen, Kosten und Qualitäten unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Sicherheit und Gesundheitsschutz sowie ökologischen Aspekten.“

Etwas kompakter stellt GIRMSCHEID [2015, S. 235] die Baulogistik dar, indem seiner Auffassung nach die Logistik alle Beteiligten einer Baumaßnahme mit einem störungsfreien Informations-, Material-, Energie und Leistungserstellungsfluss verknüpft und versorgt.

Im Rahmen der Arbeit wird die Definition nach SCHACH und SCHUBERT zugrunde gelegt, in dem die Baulogistik die wertschöpfenden Prozesse<sup>43</sup> der Bauprojekte bestmöglich unterstützt. Demzufolge schafft die Baulogistik die Voraussetzungen für einen reibungslosen Bauablauf und verbessert dadurch die Effizienz auf der Baustelle [WALLERANG 2013]. Es wird das Ziel verfolgt, Ressourcen einzusparen und die Kosten zu optimieren [GIRMSCHEID 2015, S. 235]. Nicht nur einzelwirtschaftliche Aspekte, sondern auch volkswirtschaftliche Kosten können mit baulogistischen Überlegungen reduziert werden [HAGHSHENO ET AL. 2014, S. 82].

Obwohl der Fokus von Schwachstellen und Verbesserungspotential vielfach im Transportmanagement zu und auf den Baustellen liegt [WÖHRLE 2012, S. 26f.], ist die Logistik nicht nur als reine Transportleistung zu sehen, sondern sie ist für die Bereitstellung aller zur Bauproduktion benötigten Ressourcen verantwortlich [GIRMSCHEID 2014, S. 17]. Eine genauere Betrachtung wird in Unterabschnitt 2.3.2 vorgenommen.

---

<sup>43</sup> Siehe DENZER ET AL. [2015b, S. 728 f.].

Die Baulogistik stellt ein zentrales Element der Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten dar [SCHACH und SCHUBERT 2009, S. 63] und muss bereichsübergreifend sorgfältig geplant und gesteuert werden [VON HEYL 2016, S. 243]. Vor allem bei Großbauprojekten sowie beim Bauen unter beengten Verhältnissen (z. B. bei innerstädtischen Baumaßnahmen) [SCHACH und SCHUBERT 2009, S. 63] ist eine frühzeitige Betrachtung logistischer Zusammenhänge bereits in der Planungs- und Ausschreibungsphase für den späteren Projekterfolg unumgänglich [RUHL ET AL. 2015, S. 12].

In Anlehnung an die Struktur der *Honorarordnung für Architekten und Ingenieure* (HOAI) wurde durch den *Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.* (AHO) mit der Herausgabe des Heftes 25 erstmals das Leistungsbild der Baulogistik als Empfehlung veröffentlicht. Diese Empfehlung hat sich in der Praxis nur bedingt durchgesetzt. Insbesondere der vorgeschlagene Leistungsumfang der einzelnen Arbeitspakete der Baulogistik sowie die damit verbundene Honorierung ist nicht deutlich genug dargestellt, sodass oftmals die Vergleichbarkeit von verschiedenen Angeboten zur Baulogistikplanung und -ausführung fehlt. Dies führt weiter zu einer zusätzlichen Verunsicherung beim Bauherrn über den Nutzen und die Vorteilhaftigkeit der baulogistischen Überlegungen. [RUHL ET AL. 2015, S. 12]

### 2.3.2 Gegenstände

Innerhalb eines Produktionssystems obliegt logistischen Prozessen eine Veränderung des Systemzustands von Gegenständen hinsichtlich Zeit, Ort, Menge, Zusammensetzung und Qualität [JÜNEMANN 1989, S. 12]. Mit Bezug zur Baulogistik sind in Tabelle 2.7 die bedeutendsten Gegenstände der Baulogistik dargestellt, die sich aufgrund der Besonderheiten des Bauwesens von den Gegenständen der Logistik<sup>44</sup> teilweise unterscheiden [DEML 2008, S. 42]. Die Gegen-

---

<sup>44</sup> Siehe Abschnitt 2.1 oder auch SCHMIDT und SCHNEIDER [2008, S. 371].

stände der Baulogistik lassen sich in die beiden Hauptbereiche Objekte und Infrastruktur mit den jeweiligen Unterbereichen baubeteiligte Personen, Material und Informationen sowie Gebäude und Flächen einteilen.

Tabelle 2.7: Bedeutende Gegenstände der Baulogistik in Anlehnung an DEML [2008, S. 43 f.] und MEINS-BECKER [2011, S. 18]

Objekte	Baubeteiligte Personen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auftraggeber</li> <li>– Planer</li> <li>– Personal der ausführenden Unternehmen</li> <li>– Zulieferer</li> <li>– Behördenvertreter</li> <li>– Besucher</li> </ul>
	Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbrauchs- und Gebrauchsstoffe (z. B. Bauprodukte, Bauelemente, Bauhilfsstoffe, Betriebsstoffe oder Medien wie Strom, Wasser und Energie)</li> <li>– Bauproduktionsmittel (z. B. Baumaschinen, Bauwerkzeug, Baugeräte oder Bauanlagen)</li> <li>– Mehrwegtransportbehälter</li> </ul>
	Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auditiv</li> <li>– Visuell</li> </ul>
Infrastruktur	Gebäude, Flächen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baustelleneinrichtung</li> <li>– Infrastruktur der Baustellenumgebung</li> </ul>

Die Gegenstände der Baulogistik können nach GIRMSCHIED [2015, S. 243] weiter in materielle wie auch immaterielle Güter unterteilt werden. Er sieht zusätzlich zu den zuvor genannten das Finanzmittel als weiteres Objekt.

### 2.3.3 Handlungsfelder

Die Baulogistik kann nach zahlreichen Autoren<sup>45</sup> nach phasenorientierter Betrachtung des Materialflusses in die Handlungsfelder Versorgungslogistik, Baustellenlogistik und Entsorgungslogistik unterteilt werden. Die Informationslogistik bildet das vierte Handlungsfeld, das sich parallel zu den zuvor genannten erstreckt. In Abbildung 2.12 sind die vier Handlungsfelder der Baulogistik dargestellt.

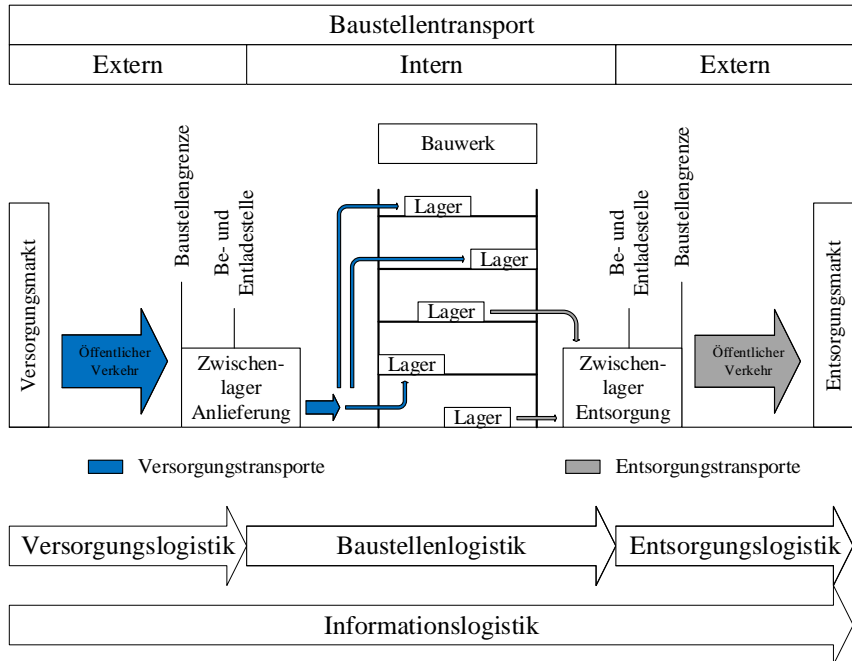


Abbildung 2.12: Handlungsfelder der Baulogistik in Anlehnung an KRAUSS [2005, S. 19] und BOENERT und BLÖMEKE [2006, S. 31]

<sup>45</sup> Siehe u. a. KRAUSS [2005, S. 19 f.], HOFSTADLER [2007, S. 42–47], DEML [2008, S. 44–50], HELMUS ET AL. [2009, S. 32 f.], MEINS-BECKER [2011, S. 19].

Die Be- und Entladestellen bilden den Übergang zwischen den Handlungsfeldern Versorgungs-, Baustellen- und Entsorgungslogistik [SEEMANN 2007, S. 39] als auch zwischen den zwei verschiedenen Arten des Baustellenverkehrs. Als externe Baustellenverkehre werden die baubedingten Verkehrsströme außerhalb der Grenzen des Baufeldes verstanden [GIRMSCHIED 2015, S. 259]. Die internen Baustellenverkehre umfassen die Anordnung und den Betrieb notwendiger Infrastruktur für den Personen- und Fahrzeugverkehr auf dem Baufeld selbst [GIRMSCHIED 2015, S. 263].

Der **Versorgungslogistik**<sup>46</sup> obliegt die Aufgabe, die Baustelle unter den jeweils spezifisch geforderten Anforderungen mit den baulogistischen Gegenständen zu versorgen. Zusammenfassend zu Tabelle 2.7 zählen nach SCHACH und SCHUBERT [2009, S. 60] hierzu insbesondere:

- Bauprodukte
- Personal
- Geräte und Werkzeuge
- Bauhilfsstoffe
- Schalung und Rüstung

Der Transport der baulogistischen Gegenstände erfolgt im Zuge des externen Baustellenverkehrs aufgrund der Flexibilität zur Erreichbarkeit der Baustelle sowie der relativ kurzen Transportentfernungen vorrangig mit dem Lkw. Ein schienegebundener Transport oder die Beförderung der Güter per Schiff bildet die Ausnahme und wird nur bei großen Transportmengen, großen Transportentfernungen oder sonstigen spezifischen Rahmenbedingungen der Baustelle in Betracht gezogen. [SCHACH und SCHUBERT 2009, S. 60]

Vor allem innerstädtische Bauvorhaben weisen oftmals geringe Rangier-, Lager- und Pufferzonen auf, sodass die Organisation und Koordination der Transporte mit großen Herausforderungen verbunden sind [MEINS-BECKER 2011, S. 29].

---

<sup>46</sup> Auch Beschaffungslogistik genannt [DEML 2008, S. 46].



Um diese Herausforderungen zu bewältigen, erfolgt bei Großprojekten die Anlieferung und Zufahrt der Transporte häufig unter Vergabe von Zeitfenstern [MEINS-BECKER 2011, S. 32]. Zusätzlich werden Pufferzonen als Wartebereich für Lkw in Baustellennähe eingerichtet, um eine störungsfreie Anfahrt zu den vorgegebenen Zeitfenstern zu ermöglichen [WÖHRLE 2012, S. 27]. Die Baustellentransporte können hinsichtlich des Transportzeitpunktes in Lagertransporte<sup>47</sup> und JIT-Transporte<sup>48</sup> eingeteilt werden [HOFSTADLER 2009, S. 148].

Eine besondere Form der Versorgung von Baustellen bietet die Nutzung von Logistikzentren. Hierbei werden die Materialströme der vorwiegend externen Baustellentransporte einer oder mehrerer, hauptsächlich innerstädtischer Baumaßnahmen in einem Logistikzentrum konsolidiert. Der Funktionsumfang zielt auf den Transport, die Lagerung, die Konsolidierung, die Pufferung von Transportfahrzeugen, das Anbieten von Mehrwertdiensten<sup>49</sup> (z. B. für Reparaturarbeiten an Werkzeugen oder Fahrzeugen) oder auch das Bereitstellen von Flächen für Mehrwertdienste (z. B. für das Aufstellen einer mobilen Betonmischanlage) ab. Durch ein Logistikzentrum für Bauvorhaben kann nach DENZER ET AL. [2014, S. 57–60] folgender Mehrwert entstehen:

- Reduzierung des baustellenrelevanten Transportaufkommens
- Reduzierung der Transportzeit für den Lieferanten
- Gewährleistung von zuverlässigen JIT-Lieferungen
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen auf dem Baufeld
- Erhöhung der Arbeitsproduktivität
- Erhöhter Diebstahlschutz und geringere Materialschäden

Die Versorgungslogistik umfasst häufig auch die Baustellenzutrittskontrolle, die vor allem bei großen Baustellen sehr bedeutsam ist, um die Personen- und Ma-

---

<sup>47</sup> Güter werden nach dem Transport zwischengelagert.

<sup>48</sup> Güter werden nach dem Transport direkt verwendet.

<sup>49</sup> Unter Mehrwertdiensten werden zusätzliche Leistungen verstanden, die die Basisdienste des Logistikzentrums ergänzen.

terialströme transparent darzustellen sowie kontrollieren und steuern zu können. Weiterhin lassen sich dadurch die illegale Beschäftigung sowie Diebstähle und Vandalismus verringern. [SCHACH und SCHUBERT 2009, S. 61]

Die **Baustellenlogistik**<sup>50</sup> beinhaltet sämtliche Logistikprozesse auf dem Bau- und Baufeld und bildet das Bindeglied zwischen der Versorgungs- und der Entsorgungslogistik. Hierbei gilt es, die Prozesse des Gütertransports zwischen der Anlieferung, der Lagerung, dem Einbauort und der Entsorgung effektiv und effizient umzusetzen [RUHL ET AL. 2015, S. 13]. Die wertschöpfenden Tätigkeiten in der Bauproduktion und die logistischen Prozesse zu deren Generierung beeinflussen sich gegenseitig sehr stark und bilden somit wechselseitig die Voraussetzungen füreinander [DEML 2008, S. 48]. Aufgrund dieser engen Verzahnung der Prozesse ist vor allem die Baustellenlogistik umfassend mit dem Bauverfahren abzustimmen, um eine effiziente Bauausführung zu gewährleisten [BINDER 2014, S. 27].

Im Zuge der **Entsorgungslogistik** werden die Baurestmassen sowie die Elemente der Baustelleneinrichtung (insbesondere Schalung, Rüstung und Baugeräte) von dem Baufeld abtransportiert [SCHACH und SCHUBERT 2009, S. 62]. Baurestmassen können nach HOFSTADLER [2007, S. 47] aus Aushub, Bauschutt, Straßenaufbruch, Baustellenabfällen oder Sonderabfällen bestehen. HOFSTADLER fügt weiter an, dass die Aufgaben und Probleme des Güterflusses in den Handlungsbereichen Versorgungs- und Entsorgungslogistik bestehen, jedoch mit der Unterscheidung, dass die Güter nicht zur oder innerhalb der Baustelle transportiert, sondern von dieser abgefahren werden.

Neben Güter- und Personalfüssen umfasst die Baulogistik auch die Steuerung und Verteilung von Informationen. Auf Basis der **Informationslogistik** werden nicht nur die vorgelagerten, begleitenden und nachgelagerten Informationen der Logistikprozesse innerhalb der Handlungsbereiche Versorgungs-, Baustellen-,

---

<sup>50</sup> Auch Produktionslogistik der Baubranche genannt [DEML 2008, S. 47].

und Entsorgungslogistik gesteuert und verteilt, sondern auch anderweitige Informationen, die für den Wertschöpfungsprozess auf der Baustelle erforderlich sind [KRAUSS 2005, S. 20].

Mittels Sensorik u. a. auf Baugeräten können Messdaten aus einem physikalischen Kontext in Echtzeit in digitale IT-Werkzeuge überführt werden [BINDER und MOTZKO 2013, S. 13]. Mit Hilfe dieser **automatisierten Datenerfassung** logistischer Prozesse kann eine Echtzeitsteuerung der baubetrieblichen Vorgänge erfolgen<sup>51</sup> sowie zur allgemeinen Sicherstellung der Transparenz der Prozesse genutzt werden [BINDER 2014, S. 158]. Vor allem für die Ortung der Baustellenverkehre bieten positionsgenaue Sensoren erhebliche Vorteile [BINDER 2014, S. 17 f.].

Den AutoID-Techniken wie bspw. Barcode, RFID oder biometrische Verfahren<sup>52</sup> werden zur Erfassung, Steuerung, Dokumentation und Kontrolle von Material-, Personal- und Informationsströmen großes Optimierungspotential eingeräumt [HELMUS ET AL. 2011, S. 1]. Nicht nur die dezentrale Speicherung von Materialdaten im Bauteil selbst und die Nutzung von Informationsdaten für die Steuerung baulogistischer Prozesse [MEINS-BECKER 2011, S. 145 f.], sondern auch die Überführung von Daten in ein zentrales Informationssystem mit einem durchgängigen Informationsfluss [KLAUBERT 2011, S. 64 f.] stellen ein bedeutendes Nutzungsfeld von AutoID-Techniken dar. Im Gegensatz dazu gilt es, nicht nur digitale Logistikdaten in ein System einzuspielen, sondern aus IT-Werkzeugen – wie dem Gebäudedatenmodell des *Building Information Modeling* (BIM) – Informationen für die Logistikprozesse zu generieren. Ein mögliches Anwendungsfeld ist hierbei die Unterstützung in der Materialbedarfsplanung in Verbindung mit der Analyse des Transportaufkommens [CHENG und

---

<sup>51</sup> Eine mögliche Anwendung im Erdbau wird in KIRCHBACH [2014] aufgezeigt.

<sup>52</sup> Unter biometrischen Verfahren der AutoID-Techniken wird bspw. das Einlesen des Fingerabdrucks, der Iris-, Gesichts- oder Stimmerkennung verstanden [LI und JAIN 2009, B129].

KUMAR 2015, S. 33] sowie die Dimensionierung und Belegung der Materiallager [BORTOLINI ET AL. 2015, S. 361 f.].

### 2.3.4 Bedeutende Konzepte

Baulogistische Teilkonzepte können thematisch den zuvor genannten Handlungsbereichen direkt zugeordnet werden. So nennt GIRMSCHIED [2015, S. 237–240] die folgenden wesentlichen Planungsbereiche als Teil einer gesamtheitlichen Baulogistik:

- Geräte- und Materialabruf
- Transportlogistik
- Anliefer-, Lager- und Umschlaglogistik
- Planung von Lagerflächen<sup>53</sup>
- Entsorgungslogistik

Nach SEPPÄNEN und PELTOKORPI [2016, S. 74] ist bei der Ausgestaltung baulogistischer Konzepte darauf zu achten, dass nicht nur die Reduzierung von Logistikkosten oder die Lieferzuverlässigkeit der Bauprodukte im Vordergrund der Betrachtung stehen sollten, sondern vielmehr auch der mit dem Logistikkonzept einhergehende Einfluss auf die Produktivität der Arbeitskräfte auf der Baustelle als maßgebliche Kunden der logistischen Planungen.

In Anlehnung an den thematischen Kontext der vorliegenden Arbeit muss der Avisierung der Transportfahrzeuge im Zuge der Anlieferlogistik eine besondere Bedeutung zugemessen werden. Ein Avisierungssystem ist eine onlinebasierte Anwendung, die die Koordination insbesondere der externen Baustellen Transporte durch Zuweisung von Anlieferzeitfenstern maßgeblich unterstützt. Durch die Vergabe von Anlieferzeitfenstern wird der Verkehrsfluss an der Baustellenzufahrt, auf den Puffer- und Entladestellen sowie im gesamten Baufeld aufrecht

---

<sup>53</sup> Wird auch als Lagerflächenmanagement bezeichnet.

erhalten, sodass es nicht durch eine unkontrollierte Lkw-Anlieferwelle zu einem Verkehrschaos vor und auf dem Baufeld kommt. Ein Avisierungssystem ist ein sehr hilfreiches Werkzeug für die Baulogistikkoordination, das insbesondere bei innerstädtischen Großbaustellen regelmäßig Anwendung findet. [HELMUS ET AL. 2011, S. 90 f.]

Im Zuge einer Baulogistikplanung finden vermehrt Simulationen zur Abschätzung unsicherer Randbedingungen und deren Auswirkungen auf baulogistische sowie baubetriebliche Prozesse Anwendung [VOIGTMANN und BARGSTÄDT 2010, S. 109 f.]. Als beispielhafte Anwendungsfelder sind hierbei die Prozesssimulation zur Analyse von Logistik- und Wartungsprozessen im Tunnelbau [CONRADS 2016, S. 31–41], die deterministische Berechnung der Anzahl der Baustellentransporte mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation [HOFSTADLER 2009, S. 146] oder auch die Eignungsprüfung verschiedener Logistikstrategien und Strategiekombinationen für Ausbauprozesse im Hochbau [VOIGTMANN und BARGSTÄDT 2008, S. 135] zu nennen.

GIRMSCHIED [2015, S. 245–249] betont die Notwendigkeit eines zentralen Logistikmanagements, das bauphasen- und handlungsfeldübergreifend logistische Teilkonzepte in einer übergeordneten Planung für alle Baubeteiligten einer Baumaßnahme zusammenführt. Insbesondere zur Planung und Durchführung des Materialflusses ist ein zentrales Logistikmanagement, im Gegensatz zur Materialdisposition auf Nachunternehmerbasis, als sehr vorteilhaft anzusehen [LANGE und SCHILLING 2015, S. 733 f.]. Im Zuge der baulogistischen Untersuchungen und Planungen darf das Bauvorhaben nicht isoliert von dessen Umfeld (z. B. innerstädtische Stadtsituation) betrachtet werden [ZIMMERMANN und HAAS 2009, S. 15]. Die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Baumaßnahmen untereinander sind ebenfalls zu berücksichtigen [RICHTER 2015, S. 55].



# 3 Baustoff-Fachhandel als Akteur in der Wertschöpfungskette Bau

## 3.1 Begriffliche Abgrenzung

Der Baustoff-Fachhandel kann in vertikaler sowie horizontaler Sichtweise von den anderen Akteuren der Wertschöpfungskette Bau abgegrenzt werden.

Zur **vertikalen Abgrenzung** ist der Baustoff-Fachhandel vor allem von den vorgelagerten Baustoffherstellern der Baustoffindustrie zu unterscheiden. Nach § 4 Abs. 1 *Produkthaftungsgesetz* (PRODHFTG) ist ein Hersteller derjenige, der das Endprodukt, einen Grundstoff oder ein Teilprodukt hergestellt hat. Ein Baustoffhersteller ist ein Inverkehrbringer<sup>1</sup> von Bauprodukten. Im Umkehrschluss sind Baustoff-Fachhändler Handelsunternehmen<sup>2</sup>, die auf die Erstellung von Handelsleistungen, insbesondere Beschaffungs- und Absatzaufgaben spezialisiert sind [KLAUS ET AL. 2012, S. 217 f.]. Der Baustoff-Fachhandel kann dem Produktionsverbindungshandel<sup>3</sup> zugeordnet werden, da er mit Bauprodukten zwischen den Produktionsstufen Baustoffindustrie und Baubranche handelt. Er bringt im Gegensatz zu Baustoffherstellern keine Bauprodukte in

---

<sup>1</sup> Erstmalige Bereitstellung von Bauprodukten auf dem Markt der Europäischen Union [VO(EU)305/2011, Kap. I, Art. 2, Nr. 17].

<sup>2</sup> Stellen selbst keine Produkte her, sondern übernehmen ausschließlich die Distribution der angebotenen Güter [OLFERT 2016, S. 29].

<sup>3</sup> Güterhandel zwischen zwei Produktionsstufen [HENNIG und SCHNEIDER 2016]. Hierbei erfolgt häufig eine Kombination der Warenauslieferung von Lager- und Streckengeschäft [LERCHENMÜLLER 2014, S. 85].

Verkehr, sondern stellt diese dem Markt im Rahmen seiner Geschäftstätigkeit bereit [VO(EU)305/2011, Kap. I, Art. 2, Nr. 16 ].

Weiterhin ist der Baustoff-Fachhandel in **horizontaler Abgrenzung** vor allem von den Baumärkten zu unterscheiden, obwohl diese vielfach durch Baustoffhandelsunternehmen selbst betrieben werden [BDB 2016, S. 4]. Die horizontale Abgrenzung erfolgt anhand der folgenden Kriterien:

### **Absatzmarkt und Handelsklassifikation**

Die Einteilung eines Handelsunternehmens in eine Handelsklassifikation wird wesentlich durch den Absatzmarkt bestimmt [LERCHENMÜLLER 2014, S. 27]. So setzt nach THOMMEN und ACHLEITNER [2012, S. 207, 211] sowie MÜLLER-HAGEDORN ET AL. [2012, S. 46] der Einzelhandel seine Handelswaren vermehrt an private Endverbraucher für deren persönlichen Konsum und der Großhandel überwiegend an Wiederverkäufer, Weiterverarbeiter, gewerbliche Nutzer oder Großverbraucher ab. 75,7 % des Umsatzes erwirtschaftet der Baustoff-Fachhandel durch gewerbliche Kunden [BDB 2016, S. 13] und ist dementsprechend dem Großhandel zuzuordnen. Lediglich 24,3 % des Umsatzes werden durch private Endverbraucher generiert [BDB 2016, S. 14]. Baumärkte hingegen decken vorrangig den durch Endverbraucher charakterisierten Do-it-yourself-Markt<sup>4</sup> ab und sind nach BARTH ET AL. [2015, S. 89] dem Einzelhandel zuzuordnen. Es ist aber auch gewerblichen Kunden möglich, Bauprodukte aus dem Baumarkt zu beziehen. THOMMEN und ACHLEITNER [2012, S. 214] merken hierzu an, dass sich die Absatzwege nicht immer streng auseinander halten lassen und Unternehmen sich auch auf mehrere Absatzwege fokussieren.

---

<sup>4</sup> Unter Do-it-yourself wird in Anlehnung an KÖMPF [1989, S. 64] die selbstständige Ausführung handwerklicher Bau- und Handwerkerleistungen verstanden.



### Sortimentsstruktur

Die Sortimentsstruktur ist nach LERCHENMÜLLER [2014, S. 42] durch die Sortimentsbreite<sup>5</sup> sowie Sortimentstiefe<sup>6</sup> beschreibbar. Der Baustoff-Fachhandel ist ein Fachgeschäft und weist entsprechend ein branchenspezifisch tiefes Sortiment mit unterschiedlichen Qualitäten und Preislagen auf [ZENTES ET AL. 2012, S. 333]. Bezüglich der Sortimentsbreite charakterisiert sich der Baustoff-Fachhandel durch Vollsortimenter<sup>7</sup> sowie durch Spezial-Fachhändler<sup>8</sup> [BDB 2016, S. 4]. Nicht auf Lager befindliche Bauprodukte können meistens individuell für den Kunden beschafft werden. Baumärkte hingegen können der Gruppe der Verbrauchermärkte zugeordnet werden und weisen dementsprechend ein vermehrt breites, aber kein tiefes Sortiment auf [THOMMEN und ACHLEITNER 2012, S. 210]. So bieten nach Auffassung des *Handelsverband Heimwerken, Bauen und Garten e.V.* (BHB) Baumärkte ihren Kunden neben klassischen Bauprodukten auch oftmals Artikel aus dem Heimwerkersortiment (z. B. Eisenwaren, Heimtextilien, Beschläge usw.), Gartensortiment (z. B. Düngemittel, Erden, Gartenmöbel usw.) sowie erweitertem Sortiment (z. B. Freizeit, Autozubehör, Bastelwaren usw.) an [BHB 2016].

### Produktpräsentation

Im Verhältnis zu Baumärkten stellt sich die Produktpräsentation im Baustoff-Fachhandel wesentlich kleiner dar. Mit Ausnahme der Lagerflächen für die vorrätigen Lagerprodukte werden beim Baustoff-Fachhandel nur bestimmte Artikel dem Kunden präsentiert. Dem gegenüber stellen Baumärkte die überwiegende Anzahl ihrer Produkte, infolge des Selbstbedienungskonzepts, den primär privaten Endverbrauchern auf ihren Verkaufsflächen aus. Nach Ansicht des BHB [2016] handelt es sich erst dann um einen Bau- und Heimwerkermarkt, wenn

---

<sup>5</sup> Anzahl unterschiedlicher Produktgruppen in einem Sortiment [WÖHE und DÖRING 2013, S. 407].

<sup>6</sup> Anzahl verschiedener Artikel innerhalb einer Produktgruppe [WÖHE und DÖRING 2013, S. 407].

<sup>7</sup> Handelsgeschäft, dessen Warenangebot ein breites Sortiment einer Branchengruppe darstellt.

<sup>8</sup> Handelsgeschäft, dessen Warenangebot sich auf einen bestimmten Produktbereich innerhalb einer Branchengruppe fokussiert.

mindestens 1000 m<sup>2</sup> Verkaufsfläche<sup>9</sup> den Kunden zugänglich sind. Die durchschnittliche Verkaufsfläche eines Baumarktes in Deutschland betrug zum Jahresanfang 2016 6230 m<sup>2</sup> [VON SCHWANENFLUG 2016, S. 11]. Weiterhin muss das Sortiment vorrangig aus den Warenfeldern Bauen, Garten sowie Heimwerken bestehen.

### **Transportdienstleistung**

Der Baustoff-Fachhandel unterscheidet sich weiter von den Baumärkten bezüglich der Transportdienstleistung. Bei Baumärkten wird in der Regel kein Transport zur Auslieferung der Produkte an den Kunden angeboten, sodass nur die Möglichkeit der Selbstabholung besteht<sup>10</sup>. Dem gegenüber kann beim Baustoff-Fachhandel – je nach erworbenem Bauprodukt – der Kunde häufig zwischen der Selbstabholung oder der Auslieferung der Produkte wählen.

## **3.2 Stellung innerhalb der Wertschöpfungskette**

Die Wertschöpfungskette Bau bildet nach den VERBÄNDE DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE BAU [2013, S. 5] den Wertschöpfungsprozess von der Planung über die Finanzierung, den Bau, die Bauunterhaltung, das Facility-Management bis hin zum Rückbau ab. Hierbei leisten Architekten und Ingenieure ebenso wie Unternehmen des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes oder auch der Gebäudebewirtschaftung ihren jeweiligen Beitrag zum Wertschöpfungsprozess. Innerhalb der Wertschöpfungskette Bau betrug das Bauvolumen in Deutschland im Jahr 2014 etwa 329 Mrd. € [GORNIG und MICHELSEN 2014, S. 1265].

---

<sup>9</sup> Es zählen aufsummiert die Teilflächen aus geschlossener Halle (zu 100 %), überdachte Freifläche (zu 50 %), Baustoff-*Drive-In* (zu 50 %) und nicht überdachte Freifläche (zu 25 %).

<sup>10</sup> Ausnahme hierbei ist der Onlinehandel, der auch im Sektor der Baumärkte aufgrund der Ausrichtung an private Endverbraucher an Bedeutung gewinnt [DIE WELT 2014]. In diesem Fall erfolgt der Transport der Waren häufig über extern beauftragte Frachtführer.

Der Baustoff-Fachhandel ist ein Akteur innerhalb der Wertschöpfungskette Bau und nimmt als Bindeglied zwischen der Baustoffindustrie und den Bauunternehmen, Architekten sowie Bauherren eine wichtige und zentrale Funktion ein. Als Absatzmittler versorgt er die Baubranche und private Endverbraucher mit Bauprodukten aus der Baustoffindustrie. Im Berichtsjahr 2014 entfielen im Baugewerbe<sup>11</sup> 27,1 % vom Bruttoproduktionswert<sup>12</sup> auf den Materialverbrauch und den Einsatz an Handelswaren [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016c, S. 80]. Abbildung 3.1 verdeutlicht die Stellung des Baustoff-Fachhandels innerhalb der Wertschöpfungskette Bau und zeigt die Warenströme vom Hersteller zum Kunden auf, die mit und ohne Einwirkung des Baustoff-Fachhandels abgewickelt werden. Der Baustoff-Fachhandel bildet vielfach die Schnittstelle zwischen der Baustoffindustrie und der Baubranche sowie der Baustoffindustrie und den privaten Endverbrauchern. Obwohl die Mehrheit der Baustoffhersteller ihre Produkte über den Baustoff-Fachhandel absetzen [BDB 2016, S. 4], besteht die Möglichkeit, dass der Kunde seine Bauprodukte direkt beim Hersteller oder über einen Baumarkt bezieht<sup>13</sup>. Ein typisches Beispiel für die Direktbeschaffung beim Hersteller ohne Einbezug des Baustoff-Fachhandels ist die Versorgung mit Beton aus einem Betonmischwerk oder Gesteinskörnung aus einem Steinbruch.

---

<sup>11</sup> Stichprobenerhebung von Unternehmen mit 20 oder mehr Beschäftigten [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016c, S. 3].

<sup>12</sup> Wert des Produktionsergebnisses inkl. Vorleistungen (entspricht der Summe des Gesamtumsatzes ohne Umsatzsteuer sowie den zu Herstellkosten bewerteten selbst erstellten Anlagen und Bestandsveränderungen an Halb- und Fertigerzeugnissen) [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016c, S. 4].

<sup>13</sup> Vgl. die Prozesse *Abwicklung ohne Baustoff-Fachhandel* in Abbildung 3.1.

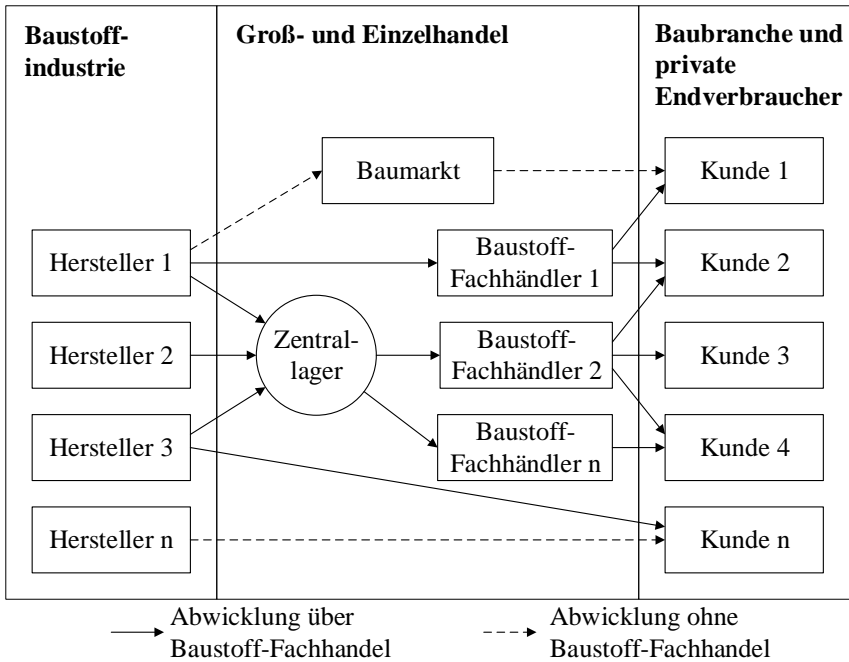


Abbildung 3.1: Wertschöpfungskette im Baustoff-Fachhandel in Anlehnung an den BDB [2011, S. 4]

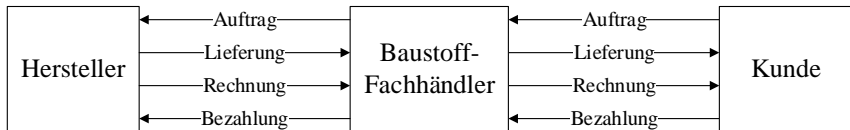
### 3.3 Besonderheiten der Bauprodukttransporte

Dem in Deutschland hauptsächlich mittelständisch geprägten und sehr stark regional verankerten Baustoff-Fachhandel können die Leistungsmerkmale Lagerhaltung, Logistik, Kreditfunktion, Fachkompetenz/Beratung, Sortimentsgestaltung, Ausstellungen und Service sowie Marketing/Vertrieb zugeteilt werden [BDB 2016, S. 4].

Vor allem für das Leistungsmerkmal Logistik ist die Transportdienstleistung von großer Bedeutung. Die in Abbildung 3.2 dargestellten Einzelprozesse des Lager- und Streckengeschäfts unterscheiden sich dahingehend, dass der Bau-

stoff-Fachhändler beim Streckengeschäft ausschließlich die dispositive akquisitorische Distribution und nicht noch wie beim Lagergeschäft, die physische Distribution in Form des Warentransports übernimmt. Der Baustoff-Fachhändler disponiert somit beim Streckengeschäft seinen Hersteller im eigenen Namen sowie für eigene Rechnung und lässt das bestellte Produkt direkt durch den Hersteller – mit dessen eigenen Transportfahrzeugen oder durch Beauftragung eines externen Frachtführers – an den Kunden ausliefern [BARTH ET AL. 2015, S. 85]. Durch das Streckengeschäft werden im Baustoff-Fachhandel vor allem großvolumige (z. B. Mineralwolle) oder schwere Bauprodukte (z. B. Dachziegeln) abgewickelt, sofern diese in entsprechender Menge bestellt werden [BDB 2016, S. 4 f.].

#### Lagergeschäft



#### Streckengeschäft

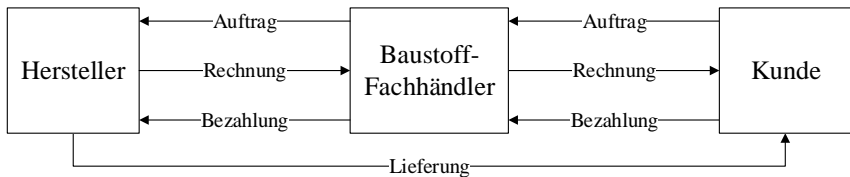


Abbildung 3.2: Lager- und Streckengeschäft im Baustoff-Fachhandel [LERCHENMÜLLER 2014, S. 85]

Die Umsatzaufteilung zwischen dem Lager- und Streckengeschäft im Baustoff-Fachhandel ist in Abbildung 3.3 dargestellt. Die Berechnung erfolgt sowohl auf Basis der Daten des BDB [2016, S. 7, 11 f.] als auch von DENZER und HAGSHENO [2016, S. 57 f.]. 46,0 % des Umsatzes  $U$  wird durch das Streckengeschäft  $U_S$  abgewickelt. Beim Lagergeschäft erfolgt die Unterteilung weiter anhand der Auslieferung durch den Baustoff-Fachhandel  $U_{L,Au} = 32,4\%$  und der

Selbstabholung  $U_{L,Sa} = 21,6\%$  durch den Kunden. Es wird angemerkt<sup>14</sup>, dass die Logistikkosten im Baustoff-Fachhandel vielfach nur als Gesamtblock erfasst und auf die Kalkulation der Bauprodukte als prozentuale Zuschlagssätze berücksichtigt werden. Eine verursachergerechte Kostenaufteilung erfolgt hierbei selten. Nach JUNG [2012, S. 452] geht die nicht verursachergerechte Kostenerfassung damit einher, dass die Bedeutung der Logistik verkannt wird.

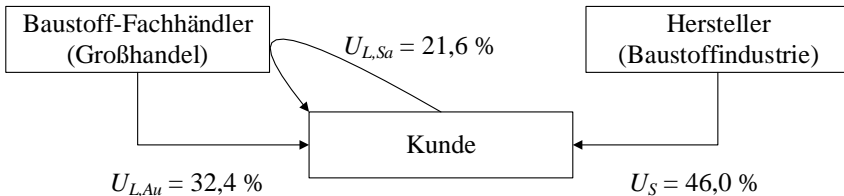


Abbildung 3.3: Umsatzaufteilung von Lager- und Streckengeschäft im Baustoff-Fachhandel

Während im Streckengeschäft vielfach Sattelkraftfahrzeuge oder Lkw mit und ohne Anhänger als Transportmittel im Einsatz sind, erfolgt die Warenauslieferung im Lagergeschäft häufig mit Lkw ohne Anhänger. Nach DENZER und HAGSHENO ist der Fuhrpark im Baustoff-Fachhandel maßgeblich durch Lkw mit einem zGG zwischen 18 t und 26 t charakterisiert<sup>15</sup>. Der Anteil an Sattelkraftfahrzeugen ist mit 4,1 % bezogen auf die Anzahl der gesamten Lkw sehr gering. Nur jedem dritten Lkw ist ein Anhänger zugeordnet, sodass dieser als Lastzug eingesetzt werden kann. Der Warentransport im Lagergeschäft vom Baustoff-Fachhandel zu dessen Kunden wird meistens mit einem Lkw ohne Anhänger als zielgemischter Transport einer Verteiltour<sup>16</sup> ausgeführt. [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 49–51]

<sup>14</sup> Diese Informationen entstammen aus Gesprächen mit mehreren Baustoff-Fachhändlern.

<sup>15</sup> Etwa 75 % aller Lkw gehören dieser Eingruppierung an.

<sup>16</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.2.

Die Transportkosten der Bauprodukte im Lagergeschäft des Baustoff-Fachhandels lassen sich nach DENZER und HAGSHENO [2016, S. 58] auf ca. 8 %<sup>17</sup> des Gesamtumsatzes beziffern.

### **3.4 Branchenspezifische Herausforderungen**

Die Leistungsmerkmale und Aufgaben im Baustoff-Fachhandel sind vielfältig. Die Logistik zählt hierbei zu den Hauptkompetenzen [ERNST 2014, S. 25]. So wird der Warentransport zum Kunden nach DENZER und HAGSHENO [2016, S. 51] als derjenige Unternehmensbereich angesehen, der im Baustoff-Fachhandel das größte Optimierungspotential bietet. Die Lagerung der Waren sowie der Wareneinkauf werden als weitere Unternehmensbereiche mit Verbesserungspotential genannt.

DENZER und HAGSHENO [2016, S. 52–57] führen auf Basis einer Studie die Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten und die kurzfristige Materialbestellung der Kunden als die beiden zentralen Herausforderungen im Rahmen der Disposition und Durchführung der Bauproduktauslieferungen im Baustoff-Fachhandel an. Vor allem die Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten in möglicherweise kürzeren, wiederkehrenden Zeitabständen resultiert hauptsächlich aus geringer Lagerfläche auf der Baustelle sowie der kundenseitigen Nachfrage an der Baustellenbelieferung nach dem JIT-Prinzip. Die wesentlichen Konsequenzen aus der Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten werden mit einem höheren Aufwand in der Disposition der Transporttouren, steigenden Transportpreisen sowie steigenden zu fahrenden Gesamtkilometern angegeben. Die Gesamtsituation im Baustoff-Fachhandel – bezogen auf die Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten – wird sich nach den Angaben der Befragungsteilnehmer der

---

<sup>17</sup> Zum Vergleich: Nach RING [1986, S. 44] betragen die Transportkosten im Baustoff-Fachhandel mindestens 25 % des Marktpreises.

Studie zukünftig weiter verschlechtern. Gleichzeitig wird eine Problemlösung als sehr wichtig angesehen.

Um insbesondere diese Herausforderungen zukünftig bewältigen zu können, teilt z. B. *Hagebau*<sup>18</sup> zukünftig das Unternehmen organisatorisch und strukturell in die Geschäftsbereiche Logistik-Services und Warengeschäft auf. Mit der daraus entstandenen *Hagebau-Logistik* wird der Logistik ein höherer Stellenwert im Unternehmen, sowohl für den Groß- als auch für den Einzelhandel, zugeordnet. [BAUSTOFFMARKT 2016]

Eine weitere Herausforderung für den Baustoff-Fachhandel lässt sich aus der Untersuchung von JANCKE [2012, S. 152] ableiten, nach der der Fokus der Beschaffung von Bauprodukten seitens internationaler Baukonzerne nicht mehr ausschließlich auf ökonomischen Aspekten beruht, sondern immer mehr soziale und ökologische Entscheidungskriterien Berücksichtigung finden. Die Betrachtung der gesamten Nachhaltigkeit, zur Auswahl von Akteuren des Versorgungsmarktes und deren Bauprodukte, wird für alle Strukturgrößen von Bauunternehmen in Deutschland immer bedeutsamer.

---

<sup>18</sup> *Hagebau* ist ein europaweiter Verbund aus Unternehmen der Branchen Baumarkt und des Baustoff-Fachhandels.



# 4 Kooperationen zur Konsolidierung von Transportvorgängen

## 4.1 Kooperationen

Bei einer **Kooperation** handelt es sich nach KAUPP [1997, S. 96] um eine

„bewußte, explizit vereinbarte, auf einzelne Teilfunktionen beschränkte zielgerichtete Zusammenarbeit von zwei oder mehr wirtschaftlich und rechtlich selbständigen Unternehmen, die auf längere Dauer angelegt, aber einseitig kündbar ist.“

Eine Kooperation ist nach ROSCHELLE und TEASLEY [1995, S. 70] primär durch eine Arbeitsteilung gekennzeichnet, sodass ein Gesamtziel infolge einer parallelen, aber getrennten Bearbeitung von Teilzielen verschiedener Parteien erreicht wird. Sie führen weiter aus, dass bei einer Kollaboration hingegen die Arbeitsteilung entfällt und alle Teilnehmer gemeinsam die Lösung zum Erreichen des Gesamtziels erarbeiten. Ferner ist das Ergebnis kollaborativer Arbeit als hochwertiger anzusehen als das einer kooperativen Arbeitsteilung, wobei beide Formen der Zusammenarbeit auch scheitern und negative Arbeitsergebnisse hervorbringen können.

Umgangssprachlich und im Rahmen dieser Arbeit werden kooperative und kollaborative Prozesse bei Unternehmensverbindungen unter Kooperation zusammengefasst, wobei sich diese nicht gegenseitig ausschließen, sondern idealerweise ergänzen. So eignen sich kooperative Phasen bestens für eine arbeitstei-

lige Bearbeitung von Teilaufgaben, während kollaborative Phasen zur Zusammenführung von Teilergebnissen zu einer Gesamtlösung wesentliche Bedeutung aufweisen. Die Motivation kooperativen Verhaltens beruht hauptsächlich darauf, dass gemeinsam Ziele schneller und besser erreicht werden können, Gewinne größer als die eigenen Investitionen sind oder Problemstellungen ohne Kooperation nicht lösbar wären. [STOLLER-SCHAI 2003, S. 38–40]

Als generelle **Ziele** einer Unternehmenskooperation nennen THOMMEN und ACHLEITNER [2012, S. 89 f.] ein angestrebtes Wachstum des Unternehmens durch Erweiterung der Kapazitäten, Zugang zu neuen Märkten, die Nutzung von Synergieeffekten durch Vermeidung von Doppelarbeiten, was insbesondere zu einer Ertragssteigerung bzw. Kostensenkung führt, und die Risikostreuung bei der Ausweitung der Produkte sowie Umsatzmärkte. Im Hinblick auf die Transportlogistik unterstreicht BAHRAMI [2003, S. 66] das Ziel der Effizienzsteigerung. Dies kann bereits durch Weitergabe von Informationen über geplante Absatzdaten, Auftrags- und Lagerbestände sowie zur Verfügung stehender Ressourcen entlang der Wertschöpfungskette bewirkt werden [GUDEHUS 2012a, S. 62]. Speziell Transportunternehmen oder LDL zielen nach ERD [2015, S. 60] bei Unternehmenskooperationen auf die Einsparung von Transportfahrzeugen, die Vereinfachung des Informationsaustausches mit Empfängern sowie die Verbesserung des Lieferservices oder des Unternehmensimages durch Verringerung der Verkehrs- und Umweltbelastung ab. Somit können die Kooperationspartner auf veränderte Marktbedingungen reagieren [SUCKY 2008, S. 938] und ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken [BEUMER ET AL. 2009, S. 76]. Beispielhaft sind Unternehmenskooperationen im Zuge der City-Logistik zu nennen, die die zuvor genannten Potentiale zur Bewerkstelligung der Transporte auf der letzten Meile nutzen [BRETZKE 2014, S. 275].

Anhand der Produktionsstufe werden nach PFOHL [2010, S. 288] drei **Kooperationsrichtungen** unterschieden:

- Horizontale Unternehmensverbindung: Kooperation gleicher Produktions- oder Handelsstufen (z. B. Zusammenschluss mehrerer Betonfertigteilwerke).
- Vertikale Unternehmensverbindung: Kooperation nachfolgender Produktions- oder Handelsstufen (z. B. Zusammenschluss von Betonfertigteilwerk und Zementwerk).
- Laterale Unternehmensverbindung: Kooperation zwischen Unternehmen verschiedener Branchen (z. B. Zusammenschluss von Betonfertigteilwerk und IT-Dienstleister).

Unternehmenskooperationen können verschiedene **Formen** annehmen. Neben den in Tabelle 4.1 beschriebenen bedeutenden Formen von Unternehmensverbindungen stellen beispielhaft Kartelle [THOMMEN und ACHLEITNER 2012, S. 94], Franchising Vertriebssysteme oder zwischenbetriebliche Zusammenschlüsse im Zuge des SCM [KILLICH 2011, S. 13] eine besondere Art der Unternehmenskooperation dar. Es sei darauf verwiesen, dass nicht immer nur gesamte Unternehmen miteinander kooperieren können, sondern sich der Zusammenschluss auf ausgewählte Abteilungen beschränken kann. Beispielhaft ist die Untersuchung von ARNDT [2010] zu nennen, die durch eine kooperative Gestaltung betrieblicher Beschaffungsprozesse unternehmensseitige sowie volkswirtschaftliche Kosteneinsparungen und eine Verkehrsreduzierung nachweist.

Tabelle 4.1: Bedeutende Formen der Unternehmensverbindung in Anlehnung an KILLICH [2011, S. 13–17] und THOMMEN und ACHLEITNER [2012, S. 94]

Form der Unternehmensverbindung	Beschreibung	Bindungsintensität
Arbeitsgemeinschaft/Konsortium	Vereinigung mehrerer selbstständiger Unternehmen zur Durchführung einer bestimmten Aufgabe.	Niedrig
Virtuelles Unternehmen	Am Markt als eigenständiges Unternehmen erscheinende Kooperation, bei der die rechtlich selbstständigen Kooperationspartner nicht mit eigenem Namen auftreten.	Mittel
Strategische Allianz	Auf häufig bestimmte Geschäftsfelder fokussierte Kooperation zur Bewältigung konkreter strategischer Ziele.	Mittel
Joint Venture (Gemeinschaftsunternehmen)	Gründung eines gemeinsamen, rechtlich eigenständigen Unternehmens. Die Gesellschaftsunternehmen bringen unterschiedliche Ressourcen mit ein und halten in ausgewogenem Verhältnis die Geschäftsanteile.	Mittel
Konzern	Zusammenschluss rechtlich eigenständig bleibender Unternehmen unter einer gemeinsamen Leitung.	Hoch
Fusion/Merger	Umfassende Verschmelzung von Unternehmen zu einer neuen Wirtschaftseinheit.	Hoch

Unabhängig von der Form der Unternehmensverbindungen kann diese durch weitere Merkmale differenziert werden. Die jeweiligen wesentlichen **Kooperationsmerkmale** sowie deren Ausprägungsmöglichkeiten sind in Tabelle 4.2 dargestellt. Die exakte Zuordnung einer Ausprägungsmöglichkeit ist nicht immer gegeben. Die Übergänge zwischen diesen können fließend erfolgen. So grenzt KILLICH [2011, S. 19 f.] bspw. die Bindungsintensität von niedrig (le-

diglich Informationsaustausch) über mittel (teilweise Abstimmung von Aktivitäten) bis zu hoch (Abstimmung aller Aktivitäten) ab. Im Zuge der Zielidentität bedeutet redistributive Kooperation durch Zusammenlegung von Ressourcen die beidseitigen gleichen Schwächen gemeinsam zu beheben. Reziproke Kooperation bezeichnet hingegen mit der Stärke des Kooperationspartners die eigenen Schwächen zu egalisieren.

Tabelle 4.2: Wesentliche Kooperationsmerkmale und deren mögliche Ausprägung in Anlehnung an KILLICH [2011, S. 18]

Kooperationsmerkmal	Mögliche Ausprägung
Form	Horizontal, vertikal, lateral
Geografische Wirkungsebene	Lokal, regional, national, global
Bindungsintensität	Niedrig, mittel, hoch
Verbindlichkeit	Mündliche Absprache, schriftlicher Vertrag, Kapitalbeteiligung
Zeitdauer	Temporär, unbegrenzt
Zielidentität	Redistributiv, reziprok

Zur erfolgreichen Umsetzung von Unternehmenskooperationen müssen nach ARNDT [2015, S. 128 f.] wesentliche **erfolgsrelevante Faktoren** beachtet werden. Er rät zur sorgfältigen Wahl des Kooperationspartners, da durch diesen individuelle Werte und Kompetenzen zum Gelingen oder Scheitern der Kooperation eingebracht werden. Darüber hinaus sollten seiner Auffassung nach der Zweck und die Ziele konkret definiert sowie dokumentiert werden. Es ist darauf zu achten, dass die Zielvorstellungen der Kooperationspartner weitestgehend kongruent sind. Ferner weist er dem kontinuierlichen Aufbau gegenseitigen Vertrauens, durch einen durch Fairness und Respekt geprägten gegenseitigen Umgang, eine essenzielle Bedeutung zu. Die Schaffung einer Win-win-Situation unter den Kooperationspartnern sieht er ebenfalls als zentralen Aspekt zur erfolgreichen Umsetzung der Kooperation. Als weitere untergeordnete aber erfolgsrelevante

Aspekte nennen PAUSENBERGER und NÖCKER [2000, S. 409] das Gleichgewicht der eingebrachten Aufwendungen u. a. in Form von Sachmittel, Kapital, Erfahrung sowie die Ähnlichkeit der jeweiligen Unternehmenskultur.

Im Rahmen einer **laufenden Unternehmenskooperation** sieht DAMMER [2011, S. 37] in der Kooperationskultur einen bedeutenden, erfolgsrelevanten Faktor. Die jeweiligen Einzelfaktoren wie gegenseitiges Vertrauen, Art der Kommunikation, Transparenz der Kooperation, Verbindlichkeit von Zusagen sowie die Konfliktfreudigkeit und die Lösungsorientierung der Partner bilden seiner Auffassung nach ein Spannungsgefüge, dessen Ausprägung die Zusammenarbeit fördert oder scheitern lässt. Neben der Kooperationskultur tragen die getroffenen Regelungen zu kooperationsinternen Verrechnungspreisen für gegenseitige Leistungen ebenfalls erheblich zum Gelingen oder Scheitern der Zusammenarbeit bei. Nach WEDDEWER [2007, S. 276 f.] stellt die Gestaltung eines Verrechnungspreissystems bei Kooperationen allgemein ein komplexes Problem dar. Aus diesem Grund entwickelte sie speziell für kooperierende Speditionen im Stückgutnetzwerk ein Verrechnungsmodell zur verursachergerechten Kostenumlage. Sie verdeutlicht, dass ein Verrechnungspreissystem unter den jeweils spezifischen Anforderungen der Kooperation entwickelt werden muss und dass dieses oftmals nur eine Näherungslösung bieten kann. Ein ausschließlich transparenter und mit akzeptablem Aufwand überprüfbarer Mechanismus wird von den Kooperationsteilnehmern anerkannt [VANOVERMEIRE ET AL. 2014, S. 342].

Als **mögliche Hemmnisse und Risiken**, die den Erfolg einer Unternehmenskooperation gefährden können, sehen PAUSENBERGER und NÖCKER [2000, S. 409] unterschiedliche Erwartungen an den Zweck der Kooperation sowie sich über die Zeit ändernde Ziele der Partner. Diese können bspw. durch eine geänderte Problemlage hervorgerufen werden [HOWALDT und ELLERKMANN 2011, S. 29]. Ergänzend betont WEDDEWER [2007, S. 14] die unerwünschte Wissensweitergabe durch Informationsbereitstellung, das opportunistische Verhalten einzelner Kooperationspartner, die eingeschränkte eigene Autonomie, einen

höheren Koordinationsaufwand durch die Abstimmung von Einzelinteressen sowie unter Umständen vorhandene Unterschiede in der Unternehmenskultur als mögliche Hemmnisse einer erfolgreichen Zusammenarbeit. Wurden bedeutende Nachteile der Kooperation im Vorhinein nicht erkannt oder entsteht eine einseitige Ausnutzung der Kooperation durch einen Partner, entwickelt sich weiteres Konfliktpotential [ARNDT 2015, S. 128]. XU [2013, S. 34] verweist auf die Beachtung rechtlicher Aspekte, die eine Kooperation untersagen oder Auflagen festsetzen könnten. Weiter legt WITTENBRINK [1995, S. 59] den Fokus auf die Transaktionskosten, die insbesondere vor Kooperationsbeginn aufgrund der Ungewissheit über die Erfolge der Zusammenarbeit als wesentliches Hemmnis anzusehen sind. Zusammenfassend müssen seiner Auffassung nach die monetären Anreize die Hemmnisse und Risiken übersteigen, damit eine langfristige Unternehmenskooperation sinnvoll erscheint.

Die **Bewertung einer Zusammenarbeit** bzw. der daraus entstehende Erfolg oder Misserfolg sind schwer quantifizierbar. Während nach BEUMER ET AL. [2009, S. 74 f., 77] ein gesteigerter Umsatz zeitnah erfasst werden kann, können gemeinsam erarbeitete Prozesse unter Umständen erst nach einiger Zeit monetär bewertet werden. Sie sehen eine Prozesskostenrechnung als geeignetes Werkzeug zur Bewertung einer Kooperation und auch zur Kostenanalyse indirekter Leistungsbereiche wie der Logistik, der Administration und dem Vertrieb an.

## 4.2 Transportkonsolidierung

Während eine **Konsolidierung** allgemein mit einer Bündelung und somit mit dem Zusammenfassen von Gütern zu größeren Loseinheiten gleichgesetzt werden kann [KLAUS ET AL. 2012, S. 284], stellt die Transportkonsolidierung eine besondere Form der Bündelung dar. VOIGT [1973, S. 537] bezeichnet die Transportkonsolidierung als das

“Zusammenfassen von Verkehrsströmen mit unterschiedlichen Ausgangsorten und/ oder unterschiedlichen Zielorten zu einem einheitlichen Verkehrsstrom auf einem bestimmten Weg innerhalb einer bestimmten Zeitspanne.“

Der Grundgedanke und die **Zielsetzung** der Transportkonsolidierung resultieren aus dem Ansatz der Optimierung des Logistiknetzwerks zur vorzugsweisen Senkung der Transportkosten sowie zur Erhöhung des Lieferservices [ZÄPFEL und IRREITER 2010, S. 118]. Nach GUDEHUS [2012b, S. 956] besteht die Möglichkeit zur Verbesserung der eigenen Lieferkette darin, entweder das eigene Sendungsaufkommen zu nutzen, oder – sofern dieses nicht ausreicht – fremdes Sendungsaufkommen zur Optimierung hinzuzufügen. BERNECKER ET AL. [2016, S. 147] ordnen der Bündelung von Transporten ein hohes Potential für logistische Innovationen ein. BRETZKE [2015, S. 120] verdeutlicht weiter, dass die Transportkonsolidierung zukünftig noch mehr an Bedeutung gewinnt. Als wesentliche Gründe seiner Prognose verweist er auf die zunehmenden Infrastrukturengpässe, Ausweitung der Mautgebühren, restriktive Regelungen der Fahrzeiten, wachsender Mangel an Fahrpersonal sowie steigende Energie- und Treibstoffkosten, die zwangsläufig zu steigenden Transportkosten führen. Ferner erhöhen seiner Auffassung nach das wachsende Umweltbewusstsein und die politisch getriebene Reduzierung von Schadstoffimmissionen den Druck auf die Akteure im Güterverkehr, sodass die bestehenden Logistiknetzwerke und Transportstrategien ständig verbessert werden müssen, um weiterhin Wettbewerbsvorteile geltend zu machen. Der Transportkostenentwicklung kann im Rahmen der Anlieferungsstrategie durch Konsolidierung und Koordination der Güter- und Verkehrsströme entgegengewirkt werden [ARNOLDS ET AL. 2016, S. 245].

Wie in der Literatur vielfach beschrieben<sup>1</sup>, werden hauptsächlich Kooperationen als **Voraussetzung** für die Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten ge-

---

<sup>1</sup> Siehe AUFFERMANN und LANGE [2008, S. 525], FLEISCHMANN [2008, S. 17], HANDELSVERBAND BAYERN E.V. [2014] oder WITTENBRINK [2014, S. 234].



sehen. Insbesondere im Stückgut- und Teilladungsverkehr bestehen nach WITTENBRINK [2014, S. 40] und BRETZKE [2015, S. 40] bedeutende Konsolidierungsvorteile. Hierzu müssen die Transportvorgänge der kooperierenden Unternehmen von den gleichen oder benachbarten Quellen beginnen und in den gleichen oder benachbarten Senken enden [GUDEHUS 2012b, S. 956]. MÜLLER [2012, S. 3] verdeutlicht in diesem Zusammenhang, dass gerade bei regionalen Agglomerationen von Unternehmen einer Branche vielfach eine günstige Quelle-Senke-Charakteristik vorliegt, sodass durch das Zusammenlegen von einzelnen Transportnetzwerken zu einem Kooperationsnetzwerk höhere Effizienzen erzielt werden können. Er führt weiter aus, dass insbesondere bei branchengleichen Kooperationen ein homogeneres logistisches Anforderungsprofil zur Ausgestaltung der Güterströme vorliegt – im Gegensatz zu Branchen durchmischter Agglomerationen – was die Konsolidierung der Transportprozesse vereinfacht. Ferner verweisen ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 119] auf die Besonderheit direkter Konkurrenten, die oftmals in die gleichen Absatzgebiete ausliefern, respektive die gleichen Kunden bedienen. Bei Vollladungsverkehren stuft BRETZKE [2015, S. 40] die Konsolidierungsmöglichkeiten als sehr begrenzt ein. Er sieht lediglich die Möglichkeit zur Nutzung von Synergien aus einer gemeinsamen Transportkoordination.

Bei der Umsetzung von Transportkooperationen unterscheiden KLAUS ET AL. [2012, S. 194] in räumliche und zeitliche **Konsolidierungsstrategien**. Während die räumliche Bündelung von Transportgütern die Sendungsaufträge von einer oder mehreren Quellen zu einer oder mehreren Senken zusammenfasst, erfolgt bei der zeitlichen Konsolidierung das Hinauszögern von Transportvorgängen, um weitere Aufträge abzuwarten [ERDMANN 1999, S. 38, 40]. Beide Ansätze finden autark Anwendung oder können kombiniert werden [BRETZKE 2015, S. 120]. Die räumliche Konsolidierung besteht weiter aus zwei Wirkungsmechanismen. Während bei der Tourenverdichtung die Zusammenlegung von bisher überlappenden Tourengebieten der Kooperationspartner erfolgt, umfasst die Sendungsverdichtung das Zusammenfassen von Sendungen aus unterschied-

lichen Quellen für einen Empfänger [SUCKY 2008, S. 938]. Die Auswirkung auf die Tourenplanung ist beispielhaft in Abbildung 4.1 dargestellt. Während in Unterabbildung 4.1a eine getrennte Tourenplanung erfolgt, ist in Unterabbildung 4.1b das Konsolidierungspotential der räumlichen Konsolidierungsstrategie ersichtlich. In Bezug zur regionalen Flächenauslieferung<sup>2</sup> äußert BRETZKE [2015, S. 368], dass insbesondere die größtmögliche Tourendichte und weniger eine Sendungsverdichtung im Vordergrund der Betrachtung steht. Im Gegensatz zur autonomen Netzwerkgestaltung lassen sich durch einen kooperativen Tourenplan sowohl zeitliche, als auch räumliche Konsolidierungspotentiale ausschöpfen und somit erhebliche Effizienzsteigerungen umsetzen [MÜLLER 2012, S. 112].

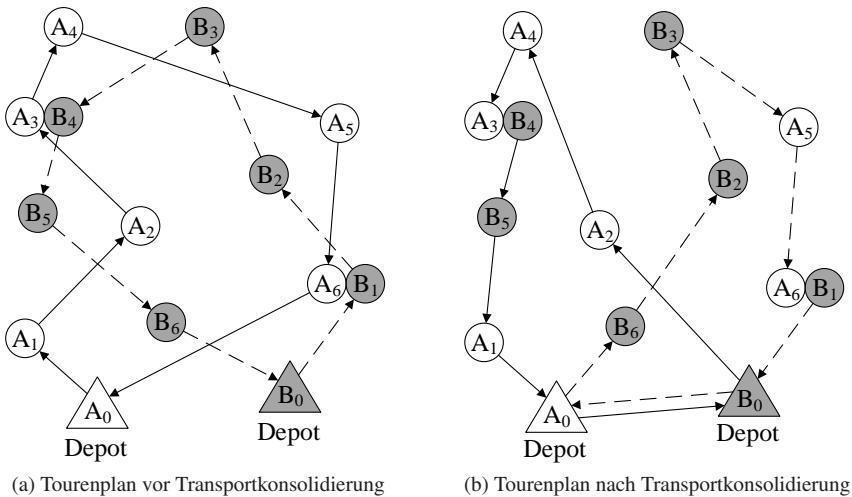


Abbildung 4.1: Beispielhafte räumliche Konsolidierung durch Touren- und Sendungsverdichtung

<sup>2</sup> Die Flächenauslieferung umfasst die Transporte der letzten Meile. Siehe Unterabschnitt 2.2.4.

Im Zuge der **räumlichen Transportkonsolidierung** lassen sich zahlreiche Synergien erzielen. Die bedeutendsten einzelwirtschaftlichen Effekte sind in Tabelle 4.3 den Wirkungsmechanismen der Touren- und Sendungsverdichtung separat und in Tabelle 4.4 der Kombination beider zugeordnet. Die Effekte sind alphabetisch sortiert aufgelistet.

Tabelle 4.3: Bedeutende einzelwirtschaftliche Effekte der räumlichen Transportkonsolidierung durch Touren- und Sendungsverdichtung

Wirkungsmechanismus	Effekt	Ausprägung	Quellennachweis
Tourenverdichtung	Entfernung zwischen Senken	Reduzierung	KAUPP [1997, S. 25]; SUCKY [2008, S. 938]
	Fahrzeit	Reduzierung	ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 122]
	Gesamtstrecke	Reduzierung	BAHRAMI [2003, S. 75]; SUCKY [2008, S. 938]; ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 122]
Sendungsverdichtung	Anzahl Transportfahrzeuge je Senke	Reduzierung	BAHRAMI [2003, S. 76]; PFOHL [2010, S. 277]; BRETZKE [2014, S. 280]
	Anzahl Senken je Tour	Reduzierung	KAUPP [1997, S. 25]; SUCKY [2008, S. 938]
	Auslieferungsmenge je Senke	Erhöhung	KAUPP [1997, S. 25]; BAHRAMI [2003, S. 76]; WITTENBRINK [2014, S. 237]; BRETZKE [2015, S. 297]
	Warenannahme an der Senke	Vereinfachung	KAUPP [1997, S. 25]; BAHRAMI [2003, S. 77]; WITTENBRINK [2014, S. 237]

Tabelle 4.4: Bedeutende einzelwirtschaftliche Effekte der räumlichen Transportkonsolidierung durch die Kombination der Touren- und Sendungsverdichtung]

Wirkungs- mechanismus	Effekt	Ausprägung	Quellennachweis
Touren- verdichtung und Sendungs- verdichtung	Anzahl an Trans- portfahrzeuge insgesamt	Reduzierung	KAUPP [1997, S. 26]; PFOHL [2010, S. 276]; BRETZKE [2014, S. 280]
	Lieferservice	Erhöhung	BAHRAMI [2003, S. 72] ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 124]
	Transport- kapazitäts- auslastung	Erhöhung	KAUPP [1997, S. 26]; BAHRAMI [2003, S. 77]; FLEISCHMANN [2008, S. 17]; SUCKY [2008, S. 938]; BRETZKE [2014, S. 280]; WITTENBRINK [2014, S. 237]
	Transportkosten	Reduzierung	BAHRAMI [2003, S. 71]; FLEISCHMANN [2008, S. 17]; SUCKY [2008, S. 938]; KICK ET AL. [2014, S. 59]; WITTEN- BRINK [2014, S. 237]; PFOHL [2016, S. 147]

Anhand der in Tabelle 4.3 und Tabelle 4.4 aufgelisteten einzelwirtschaftlichen Effekte lassen sich zwei wesentliche volkswirtschaftliche Synergien ableiten. Die Touren- und Sendungsverdichtung tragen durch den verringerten Einsatz von Lkw zum einen zu einer reduzierten Schadstoffbelastung [BRETZKE 2014, S. 280] sowie Lärmbelästigung [FLEISCHMANN 2008, S. 17] und infolgedessen zur Entlastung der Umwelt bei [PFOHL 2010, S. 276]. Zum anderen folgt daraus eine gesamtwirtschaftliche Verkehrsreduzierung [WAGNER 2002, S. 310], die

sich durch reduzierte Stau-Situationen und höhere Durchschnittsgeschwindigkeit kenntlich macht [BRETZKE 2014, S. 280]. ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 132 f.] verweisen darauf, dass mit einer Konsolidierung der Warenströme infolge der Umsetzung einer räumlichen Konsolidierungsstrategie ökonomische wie auch ökologische Verbesserungen erzielt werden können. Im vermehrten Einsatz umweltschonender Transportfahrzeuge sehen sie weiteres ökologisches Optimierungspotential.

Als **Voraussetzung** zur Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten respektive zur Senkung der gemeinsamen Transportkosten müssen nach BAHRAMI [2003, S. 78 f.] die Bedingungen der Kostensubadditivität und der Kostenkomplementarität erfüllt sein. Unter der Kostensubadditivität versteht er die Wirkung, dass bei einem Kooperationspartner  $m$  mit steigender Ausbringungsmenge einer Leistungseinheit  $x$  die Grenzkosten sinken, sodass die Stückkosten reduziert werden können. Am Beispiel einer Transportkooperation verdeutlicht er, dass die gesamten Transportkosten  $K_{T,ges}$  einer konsolidierten Ausbringungsmenge mehrerer Transporteure  $\sum_{m=1}^n x_m$  geringer sind, als die Summe der Kosten einzelner Ausbringungsmengen  $K_T(x_m)$ . Die Kostensubadditivität stellt sich dar als:

$$\sum_{m=1}^n K_T(x_m) > K_{T,ges} \left( \sum_{m=1}^n x_m \right) \quad (4.1)$$

Die Kostenkomplementarität beschreibt den Effekt, dass die Grenzkosten einer Ausbringungsmenge mit Hinzunahme jeder weiteren Produktart sinken. Am Beispiel einer Transportkooperation aufgezeigt, erweitert die Kostenkomplementarität die Kostensubadditivität um die Konsolidierung mehrerer Transportgüter  $x_1, \dots, x_n$  auf einem Transportmittel. Die Kostenkomplementarität ergibt sich nach BAHRAMI [2003, S. 81 f.] aus:

$$K_T(x_1, 0) + K_T(x_2, 0) > K_T(x_1, x_2) \quad (4.2)$$

Entgegen den räumlichen Konsolidierungsstrategien weisen die **zeitlichen Konsolidierungsstrategien** eine untergeordnete Bedeutung im Hinblick auf einzel- und volkswirtschaftliche Verbesserungen auf. Jedoch kann in kombinierter Anwendung die zeitliche Konsolidierung den Effekt der Tourenverdichtung (räumlichen Konsolidierung) verstärken. [ZÄPFEL und IRREITER 2010, S. 125 f.]

Den durch Transportkonsolidierung erzielbaren Effekten stehen auch einige mögliche **Nachteile bzw. Hemmnisse** gegenüber. WITTENBRINK [2014, S. 237] nennt in diesem Zusammenhang den Initial- und Koordinationsaufwand, die Gefahr einer Einschränkung der eigenen unternehmerischen Freiheit, die Verringerung direkter eigener Kundenkontakte oder die Notwendigkeit zur Sicherung des Kundenschatzes. ZÄPFEL und IRREITER [2010, S. 122] verweisen zusätzlich auf die durch Konsolidierung der Warenströme anfallenden Mehrkosten durch die Verbindungsstrecke zwischen den Standorten der Kooperationsunternehmen.

Als Alternative zur zuvor diskutierten Möglichkeit der Transportkonsolidierung stellen **elektronische Fracht- und Laderaumbörsen**<sup>3</sup> ein ebenfalls wichtiges Instrument zur Verbesserung der Transportfahrzeugauslastung im gewerblichen Güterverkehr dar [VAHRENKAMP und KOTZAB 2012, S. 258]. CARDENEO [2008, S. 732 f.] beschreibt Frachtbörsen als Informationsaustauschplattform auf der online-basierend Angebot und Nachfrage an Laderaum und Frachtkapazitäten zusammengeführt werden, sodass eine Konsolidierung von Güterströmen mit den daraus resultierenden Synergien entstehen. Ferner sieht er die Frachtbörsen für die Speditionen und Frachtführer als geeignet an, die zur Vermeidung von Leerfahrten nicht auf größere Unternehmensnetzwerke oder Unternehmenskooperationen zurückgreifen können. Trotz vielfacher Vorteile zur Nutzung dieser Möglichkeit der Effizienzsteigerung stehen diesen auch einige Probleme gegenüber. So sieht WERNER [2013, S. 198] den mangelnden Bekanntheitsgrad, die nutzerseitige Angst in Bezug auf Datensicherheit, die Verwendung einer

---

<sup>3</sup> Auch als „virtuelle Frachtbörsen“ bekannt [WERNER 2013, S. 197].

isolierten Onlineanwendung als Inzellösung und nutzungseinschränkende Restriktionen von Transportauftragseigenschaften (bspw. zeitkritische Sendungen oder komplexe Lieferstrukturen) als wesentliche Kriterien, die eine flächendeckende Inanspruchnahme der Frachtbörsen hemmen. Lediglich drei Prozent des gesamten Gütervolumens wird nach seinen Informationen in Deutschland über elektronische Frachtbörsen abgewickelt.

Die Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten ist nach GUDEHUS [2012b, S. 957] entweder durch eine – wie zuvor beschriebene – Logistikkoooperation oder durch den Einsatz eines LDL als **Gebietsspediteur** möglich. Der Gebietsspediteur wird vorrangig durch einen Abnehmer beauftragt, Einzelsendungen in einem räumlich begrenzten Gebiet in einer Sammeltour<sup>4</sup> zu bündeln und diese als Komplettladung zu ihm zu transportieren [BECKMANN und SCHMITZ 2008, S. 285]. PIONTEK [2007, S. 114] verdeutlicht, dass der Einsatz eines Gebietsspediteurs nicht nur auf der Seite des Wareneingangs, sondern auch distributionsseitig zur Kundenbelieferung Anwendung findet. Je nach Umfang sind die Einzelsendungen nach FLEISCHMANN [2008, S. 14] zusätzlich an einem Umschlagpunkt für den Transport zum Abnehmer oder Kunden zu konsolidieren. Er verweist darauf, dass tägliche, sich wiederholende Sammeltouren durch die gleichen Lieferanten als *Milk Runs* bezeichnet werden. Weiter führt er an, dass das versorgungsseitige Gebietsspediteurkonzept vielfach in der Automobilindustrie Anwendung findet.

Das durch den Abnehmer initiierte Konzept zum Einsatz eines Gebietsspediteurs beruht nach PIONTEK [2007, S. 114] auf den folgenden wesentlichen Motivatoren:

- Konsolidierung von Einzelsendungen zu einer Komplettladung.
- Senkung der Anzahl eingehender Transportfahrzeuge sowie Verringerung der Verkehrsprobleme inner- und außerhalb des Werksgeländes.

---

<sup>4</sup> Siehe Abbildung 2.4.

- Senkung der Transportkosten.
- Vereinfachung der Terminsteuerung durch zentralen gebietsdefinierten LDL.
- Rationalisierung der administrativen Vorgänge durch Vereinheitlichung der Transportdokumente.
- Vereinfachte Rückführung von Leergutbehältern und Verpackungsmaterial zur Reduzierung der Umlaufbestände.

Die **Praxisrelevanz** der zuvor diskutierten theoretischen Ansatzpunkte von Kooperationen zur Transportkonsolidierung soll am Beispiel des Stückgutverkehrs verdeutlicht werden. Die Speditionskooperationen *Cargoline* und *IDS Logistik* prüfen nach Auskunft der Geschäftsführer einen Kooperationsansatz zur Privatkundenbelieferung<sup>5</sup> im Zwei-Mann-Handling-Segment [HASSA 2015a, S. 22 f.]. So lässt sich durch ein höheres konsolidiertes Sendungsvolumen eine Effizienzsteigerung erreichen. HEYMANN verdeutlicht in diesem Zusammenhang in einem Interview, dass er vor allem im kostenintensiven Nahverkehr großes Potential für Kooperationen sieht [HASSA 2015c, S. 21]. Gerade in Ballungsgebieten sind seiner Auffassung nach die Zustellkilometer im Verhältnis zum Sendungsvolumen sehr hoch, sodass viele Spediteure bereit wären – im Zuge der Kosteneinsparung – die defizitären Sendungen an einen starken Partner abzugeben.

Transportkooperationen können sich nicht nur zwischen Unternehmen, sondern auch zwischen Verbänden als vorteilhaft erweisen. So schlossen sich die drei Speditionsverbände *Vernetzte-Transport-Logistik*, *International Logistics Network* und *Systemtransport auf Rädern* zu einer strategischen Allianz mit insgesamt 426 Partnerunternehmen im Fernverkehr zusammen. Durch die Kooperation ist ein neues Speditionsnetz im Stückgutmarkt entstanden, das den vorrangig mittelständisch geprägten Mitgliedsunternehmen Wettbewerbsvorteile sowie zusätzliche Netzsicherheit bringt. Durch die Nutzung gemeinschaftlicher Um-

---

<sup>5</sup> In der Literatur als *B2C*-Geschäft bezeichnet [HASSA 2015a, S. 22].



schlagstandorte sollen eine Mengenkonsolidierung der Transportgüter und daraus resultierend geringere Transportkosten realisiert werden. [HASSA 2015b, S. 18–20]

Kooperationen lassen sich in ersten Ansätzen auch für den speziellen Transportbereich von Bauprodukten identifizieren. Während Effizienzsteigerungen im Streckengeschäft durch Kooperationsnetzwerke im nationalen Teilladungsverkehr angestrebt werden [O. V. 2015, S. 84], versuchen innovative Baustoff-Fachhändler, die bisweilen auf Ebene der Niederlassungen verantwortete Transportplanung und Transportdurchführung, unternehmensintern zu zentralisieren [ERNST 2014, S. 25; VOIGT 2015, S. 24]. Beweggründe für die unternehmensinterne Zusammenlegung der Transporte lassen sich nach deren Auffassung auf folgende wesentliche Aspekte zurückführen:

- Erhöhung der Auslastung der Lkw.
- Erhöhung der Entlademenge pro Lkw auf der Baustelle.
- Reduzierung des Fuhrparkbestands.
- Streckeneinsparung infolge einer Tourenoptimierung.
- Vermeidung von Mehrfachanlieferungen der Kunden.

Es ist hierbei erkennbar, dass insbesondere einzelwirtschaftliche Interessen sowie die Verbesserung des Lieferservices im Vordergrund stehen.



# 5 Entwicklung des Kooperationsmodells

## 5.1 Gültigkeitsbereich und Definitionen

Am zu entwickelnden Kooperationsmodell wirken verschiedene Akteure als Beteiligte mit. Infolgedessen ist der Gültigkeitsbereich unter Nennung des jeweiligen Beteiligten zu bestimmen, der anhand der nachfolgenden Fragen definiert werden kann:

- Für welche Akteure ist das Kooperationsmodell bestimmt?
- Welche Aufgaben sind mit diesem Kooperationsmodell zu bearbeiten?
- Welche Kunden werden bedient?
- Für welche Transporte ist das Kooperationsmodell umzusetzen?

Das Kooperationsmodell ist an **Akteure** aus dem Baustoff-Fachhandel adressiert. Aufgrund des einschränkenden Fokus auf die Branche des Baustoffhandels, wird nachfolgend unter einem *Händler* ein Baustoff-Fachhändler verstanden. Es ist untergeordnet, ob die einzelnen händlerseitigen Anwender verschiedenen Niederlassungen innerhalb eines Unternehmens angehören oder ob es unterschiedliche Unternehmen sind. Da die Nutzung des Kooperationsmodells an die Grundzüge eines kooperativen Handels geknüpft ist, werden im Rahmen der Arbeit die händlerseitigen Anwender als *Partner* und die Summe aller Partner als *Kooperationspartner* bezeichnet.

Die zentrale **Aufgabe** des Kooperationsmodells besteht in der kooperativen Disposition der Warentransporte der Kooperationspartner. Die Disposition umfasst dabei die Aufgabenbereiche der Transportplanung und Transportsteuerung. Innerhalb der Transportplanung ist die Touren- und Routenplanung der Transportfahrzeuge ein wesentliches Arbeitsfeld. Als Transportfahrzeuge kommen nach der in Unterabschnitt 2.2.4 festgelegten Definition leichte Nutzfahrzeuge, leichte Lkw, mittelschwere Lkw, schwere Lkw und Sattelkraftfahrzeuge zum Einsatz. Die Aufgabe der kooperativen Disposition ist von einem LDL als externes Unternehmen zu übernehmen. Als Alternative könnte auch internes Personal der Kooperationspartner eingesetzt werden. Hierbei ist jedoch die Neutralität gegenüber den Kooperationspartnern zur Erarbeitung der bestmöglichen Disposition entscheidend. Der LDL wird nachfolgend als *Logistiker* bezeichnet. Zur Abgrenzung umfasst die Aufgabe der *Disponenten* die partnerseitige Durchführung dispositiver Aufgaben der Kooperationspartner mit eigenem Personal. Die Kooperationspartner und der Logistiker werden zusammenfassend als *Anwender* bezeichnet.

Als **Kunden** werden gewerbliche Akteure der Baubranche und private Endverbraucher verstanden, die Bauprodukte bei einem Partner beziehen. Insbesondere Unternehmen der Baubranche zählen zu den klassischen Kunden im Baustoff-Fachhandel. Hierbei ist es irrelevant, ob der physische Transport für ein durch den Kunden bestelltes Bauprodukt durch den Partner direkt vom Hersteller erfolgt, oder ob die Ware zuvor an einem Standort des Partners eingelagert sein muss. Folglich resultiert die Partner-Kunde-Beziehung nicht in Abhängigkeit vom tatsächlichen physischen Transport, sondern an der Tatsache, wer bei einem Partner ein Bauprodukt erwirbt.

Das Kooperationsmodell umfasst die durch die Partner zu verantwortenden **Transporte** innerhalb des Lagergeschäfts, die durch ihn selbst disponiert und durchgeführt werden. Hierbei können die Waren respektive Bauprodukte vom

Standort eines Partners zu dessen Kunden<sup>1</sup>, vom Hersteller direkt zu dem Kunden, vom Hersteller zum Partner oder Rücknahmen vom Kunden zum Partner transportiert werden. Die Warensendung muss die Charakteristik des Teilladungsverkehrs aufweisen, sodass dieser zur Transportkonsolidierung geeignet ist. Warensendungen im Vollladungsverkehr weisen ausschließlich ein Koordinierungspotential auf. Diese werden – beim Transport im Zuge des Lagergeschäfts – auch im Kooperationsmodell beachtet. Darüber hinaus werden Warensendungen innerhalb des Streckengeschäfts nicht berücksichtigt, da in Anlehnung an Abschnitt 3.3 der Hersteller für solche Transporte die physische Distribution übernimmt und nicht der jeweilige Partner. Ebenso sind die Warenabholungen durch den Kunden selbst als nicht konsolidierbar einzustufen und werden deshalb im Kooperationsmodell nicht beachtet. Zusammenfassend entscheidet die Zuordnung des physischen Transports über die Zugehörigkeit zum Kooperationsmodell. Alle durch die Partner verantworteten physischen Transporte werden durch den Logistiker disponiert.

Zur Begriffsklärung gilt es zudem, eine Abgrenzung nach der **Art der Standorte** eines Partners vorzunehmen. Ein Standort kann die Ausprägung eines Depots oder eines Lagers aufweisen. Depots sind Lagerstandorte, denen zusätzlich Transportfahrzeuge zugeordnet wurden. Somit beginnen und enden die Transportfahrten immer in einem Depot. In einem Lager können Bauprodukte direkt an den Kunden zur Selbstabholung verkauft, oder im Zuge einer Transporttour einem Transportfahrzeug eines Depots zugeladen oder von diesem entladen werden. Somit können Depots und Lager Quellen und Senken einer Transporttour darstellen.

---

<sup>1</sup> Dies stellt den Standardfall dar und wird durch Tabelle B.1 im Anhang belegt. Auf Grundlage dessen wird im Folgenden nur von Transporten gesprochen. Hierbei sind die durch den Partner durchzuführenden Transporte vom Hersteller zum Kunden, vom Hersteller zum Partner oder vom Kunden zum Partner mit inbegriffen.

## 5.2 Konzeption

Dieser Abschnitt beschreibt die Konzeption des Kooperationsmodells zum konsolidierten Transport von Bauprodukten innerhalb des Lagergeschäfts im Baustoff-Fachhandel und fokussiert somit die Beantwortung von Forschungsfrage I der Arbeit aus Abschnitt 1.2.

Die Konzeption des Kooperationsmodells basiert auf den **theoretischen Ansatzpunkten der Transportkonsolidierung** aus Abschnitt 4.2. Die Bündelung der Warenströme im Baustoff-Fachhandel – zum Transport der Bauprodukte zu deren Kunden – ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Auf Basis des primär räumlichen Konsolidierungspotentials soll ein Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel unter Berücksichtigung von Anforderungen der Baubranche entwickelt werden. Durch den regionalen Bezug überschneidender Transportgebiete tritt insbesondere der Wirkungsmechanismus der Tourenverdichtung in Erscheinung. Es ist nicht davon auszugehen, dass eine bedeutende Anzahl konsolidierter Sendungsaufträge an die gleiche Senke transportiert wird. Demzufolge weist der Wirkungsmechanismus der Sendungsverdichtung nur eine sekundäre Bedeutung auf.

In Anlehnung an die theoretischen Effekte einer räumlichen Transportkonsolidierung besteht die primäre **Zielsetzung** des Kooperationsmodells darin, die durch die Kooperationspartner zu fahrende Gesamtstrecke zu reduzieren. Mit Fokus auf die bereits diskutierte Thematik zum prognostizierten Anstieg der Fahrleistung im Baustoff-Fachhandel aufgrund der kundenseitigen Bestellung kleinteiliger Materialeinheiten (Chargen), tritt das Kooperationsmodell dieser Wirkung ebenfalls entgegen. Durch eine Verringerung der Gesamtstrecke werden noch weitere Effekte erzielt, die in Ergänzung eine Transportkostenreduktion hervorrufen können. Somit erreichen die Kooperationspartner Wettbewerbsvorteile und eine Verbesserung des Lieferservices.

Die **Umsetzung** des Kooperationsmodells beruht auf der Integration eines neutralen Logistikers in den Prozess der Disposition der Kooperationspartner. Dieser soll als rechtlich eigenständiger Akteur die Aufgabe der Disposition für die beteiligten Händler übernehmen. Der Kundenkontakt und insbesondere der physische Transport verbleiben weiterhin im Aufgabenbereich der Kooperationspartner. Somit verfügt der Logistiker über keinen eigenen Fuhrpark oder Standort. Er führt lediglich eine logistische Dienstleistung aus. Der gesamte Warentransport erfolgt mit den bereits vorhandenen Transportfahrzeugen der beteiligten Partner. Es liegt im Verantwortungsbereich der Partner, die zu transportierende Ware ordnungsgemäß zu laden und zu sichern. Die bestehenden Standorte können mit den vorhandenen Flurförder- und Hubgeräten weiter genutzt werden. Eine separate Anmietung eines Umschlagzentrums ist nicht erforderlich. Durch das Konsolidieren der Transportdaten verschiedener Partner wird eine effizientere Disposition durch den neutralen Logistiker ermöglicht. Die Neutralität dieses Akteurs gegenüber den einzelnen Partnern sorgt für eine vertrauensvolle und aufgeschlossene Basis zur Übermittlung von Unternehmensinformationen und teilweisen Einsichtnahme durch die Anwender.

Die bedeutendsten **Planungskriterien** der einzelnen Warensendungen sind das zu transportierende Sendungsgewicht und die dafür benötigte Ladefläche, die nachfolgend als Sendungsfläche bezeichnet wird. Als Ladehilfsmittel werden Euro-Paletten verwendet. Dadurch kann das Be- und Entladen der Transportfahrzeuge mit maschineller Unterstützung erfolgen, was den Prozess beschleunigt und erleichtert. Der Sendungsauftrag eines jeden Kunden ist auf getrennten Paletten zu verteilen. Infolgedessen übernimmt das Kooperationsmodell keine Laderaumoptimierung.

Nachfolgend ist die **Konzeption** des Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel dargestellt. Zur Veranschaulichung beinhaltet Abbildung 5.1 drei Kunden  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  und zwei Partner  $P_1$ ,  $P_2$ . Die Anzahl der Kunden und der Partner kann beliebig erweitert werden, wobei die Mindestan-

zahl an unabhängigen Händlern zur Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten zwei betragen muss.

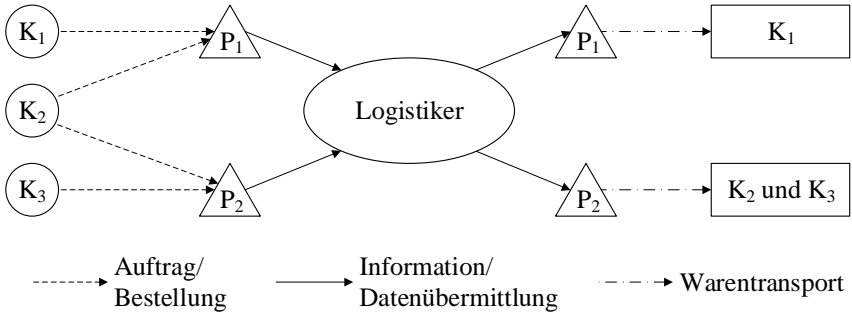


Abbildung 5.1: Konzept des Kooperationsmodells

Der Kunde kann weiterhin den Händler zur Bestellung seiner benötigten Bauprodukte frei wählen. So bleibt es durchaus realistisch, dass die Partner unterschiedliche sowie auch gemeinsame Kunden aufweisen. Die Transportinformationen sind vom jeweiligen Partner an den Logistiker zu übermitteln. Er fügt als neutraler Akteur die Transportinformationen der Kooperationspartner zusammen und übernimmt die Transportplanung und Transportsteuerung im Zuge der kooperativen Disposition. Die Transportinformationen nach Abschluss der kooperativen Transportplanung werden vom Logistiker an den jeweiligen Partner zurückgegeben, sodass dieser eigenverantwortlich den physischen Transport übernehmen kann. Hinsichtlich der Kundenzuordnung zum Partner sind zwei Arten des Transports zu unterscheiden. Ein *Eigentransport* charakterisiert sich dadurch, dass ein Partner einen eigens erzeugten Sendungsauftrag selbst ausführt, während bei einem *Partnertransport* der durchzuführende Sendungsauftrag von einem anderen Partner stammt.



Die **Voraussetzungen** zur erfolgreichen Umsetzung des Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel sind:

- Ausgeprägter Kooperationswille der Kooperationspartner.
- Erfüllung der Voraussetzungen zur Transportkonsolidierung.

Die Umsetzung des Kooperationsmodells basiert auf einer horizontalen Unternehmenskooperation zwischen mindestens zwei Händlern. Wie in Abschnitt 4.1 diskutiert, ist zur erfolgreichen Umsetzung einer Kooperation und zur Erfüllung der Zielerfordernisse des Kooperationsmodells von den Anwendern eine durch Fairness und gegenseitigem Respekt gekennzeichnete Partnerschaft aufzubauen. Die Offenlegung von Unternehmens- und Kundendaten innerhalb der Kooperation verlangt ein ausgeprägtes Vertrauen zwischen den Partnern. Diese Grundhaltung innerhalb der Kooperation ist nicht nur für die Kooperationspartner, sondern auch für den Logistiker maßgeblich, da er Einblicke in die Unternehmensdaten erhält sowie mit vertraulichen Informationen zur Disposition arbeitet. Eine der Kooperation oder einzelnen Partnern gegenüber voreingenommene negative Haltung oder kooperationschädigende Handlung eines Anwenders allgemein kann zum Scheitern führen.

Als primär zum Einsatz kommende Kooperationsform ist die strategische Allianz anzusehen. Die Kooperationspartner und der Logistiker stehen in keinem unternehmerischen Zusammenhang. Als kooperativer LDL kann ein am Markt agierendes Unternehmen eintreten, das durch die Kooperationspartner für die kooperative Disposition beauftragt wird. Je nach gewünschter Bindungsintensität der Anwender ist alternativ auch die Kooperationsform eines aus der Kooperation heraus neu zu gründenden Gemeinschaftsunternehmens möglich, das die Aufgaben des kooperativen LDL übernimmt. Die Vor- und Nachteile der beiden möglichen Kooperationsformen als Entscheidungsgrundlage sind im jeweiligen Anwendungsfall individuell zu bewerten. Im Falle einer erstmaligen Kooperation zwischen den Anwendern ist die strategische Allianz vorzuziehen. Zusammenfassend ist eine im Kontext der Arbeit fokussierte Kooperation als

strategische Allianz durch die in Tabelle 5.1 beschriebenen Merkmale charakterisierbar.

Tabelle 5.1: Charakteristische Kooperationsmerkmale zur Anwendung des Kooperationsmodells

Kooperationsmerkmal	Ausprägung	Begründung
Form	Horizontal	Kooperation zwischen Unternehmen auf gleicher Wertschöpfungsebene.
Geografie	Lokal bis regional	Aufgrund der Anforderungen der Transportkonsolidierung sowie der Unternehmensstrukturen im Baustoff-Fachhandel.
Bindungsintensität	Mittel	Austausch von vertraulichen Unternehmensinformationen, aber keine intensive Unternehmensverschmelzung nötig.
Verbindlichkeit	Vertrag	Zur Vereinbarung der Ziele und Randbedingungen der Kooperation. Insbesondere auch wegen der Beauftragung eines neutralen Logistikers.
Zeitdauer	Unbegrenzt	Disposition ist fester Bestandteil im Baustoff-Fachhandel.
Zielidentität	Redistributiv oder reziprok	Beide Ausprägungen sind möglich. Kooperationspartner mit gleichem Sendungsvolumen: redistributiv. Kooperationspartner mit starkem ungleichem Sendungsvolumen: reziprok.

Zusätzlich zum Kooperationswillen der Partner basiert die Erfolgswahrscheinlichkeit und der Erfolgsgrad des Kooperationsmodells auf dem jeweils vorliegenden Erfüllungsgrad der Voraussetzungen zur Transportkonsolidierung. Es können nur dann Transportkonsolidierungseffekte eintreten, wenn

- mindestens zwei Partner ihr Sendungsvolumen bündeln,
- die zu transportierenden Bauprodukte konsolidierbar sind und

- eine günstige Quelle-Senke-Charakteristik vorliegt.

Das Zusammenfügen des Sendungsvolumens von mindestens zwei Partnern sowie die Konsolidierbarkeit der Transportprodukte können als bedeutende Rahmenbedingungen zur Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten angesehen werden. Während die Waren im Baustoff-Fachhandel normalerweise palettierbar sind und sich somit sehr gut bündeln lassen, besteht bei Massengütern wie bspw. losem Sand oder Beton kein Konsolidierungspotential. Somit ist eine Transportkonsolidierung im Baustoff-Fachhandel umsetzbar. Das Zusammenwirken von mehreren Händlern kann als branchengleiche Kooperation angesehen werden, sodass ein vorteilhaftes, homogenes, logistisches Anforderungsprofil zugrunde liegt. Ausschlaggebend ist die räumliche Nähe zwischen den jeweiligen Quellen und den jeweiligen Senken der Kooperationspartner und damit die Dichte der überlagernden Transportnetze. Je dichter sich diese ausgestalten, desto ausgeprägter sind die Konsolidierungseffekte. Da der Baustoff-Fachhandel vielfach die lokale bis regionale Kundenversorgung fokussiert, ist die Wahrscheinlichkeit der Überlagerung der Transportnetze von lokal benachbarten Standorten als sehr hoch anzusehen. In diesem Fall lässt sich vermuten, dass sich teilweise sogar die Kundenstandorte benachbarter Partner überlagern. Das Zusammenführen von räumlich weit getrennten Zustellgebieten führt hingegen zu keinem Konsolidierungsvorteil.

## 5.3 Anforderungsanalyse

Der Erfolg eines Entwicklungsprojekts ist maßgeblich abhängig von der Qualität der dokumentierten Anforderungen [POHL und RUPP 2010, S. 11]. Das *Requirements Engineering* beschreibt nach EBERT [2012, S. 35 f.] die systematische Vorgehensweise zur Entwicklung von Anforderungen unter kundenorientierten, technischen und wirtschaftlichen Vorgaben. Somit ist das *Requirements Engineering* seiner Auffassung nach eine fachübergreifende Disziplin, die außer in

der Software- und Systemtechnik auch in anderen Ingenieurwissenschaften eine große Bedeutung hat.

Die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Anforderungsanalyse erfolgt in Anlehnung an die Vorgehensweise nach RUPP. Vor der Durchführung der eigentlichen vier Haupttätigkeiten

- Erhebung,
- Dokumentation,
- Prüfung und
- Verwaltung

im Rahmen des *Requirements Engineering* [RUPP 2014, S. 14] ist es das Ziel, den Systemkontext und die Anforderungsquellen festzulegen [RUPP und GEIS 2014, S. 75].

Die Anforderungsanalyse **zielt** auf die qualitativ hochwertige Gewinnung von insbesondere funktionalen Anforderungen<sup>2</sup> als maßgebende Parameter des Kooperationsmodells für den Baustoff-Fachhandel ab. Der **Systemkontext** bildet den Bereich, der das zu entwickelnde System umgibt und beeinflusst [NIEBISCH 2013, S. 58 f.]. Im vorliegenden Fall stellt der Systemkontext die Branche des Baustoff-Fachhandels mit deren Kunden – vorrangig die Unternehmen der Baubranche sowie auch private Endverbraucher – dar. In Anlehnung an die Empfehlung von POHL und RUPP [2010, S. 28] werden als **Anforderungsquellen** u. a. Projektakteure<sup>3</sup> und Informationen aus Dokumenten angesehen. Während die Projektakteure für die vorliegende Untersuchung den Praxisbezug herstellen und als primäre Anforderungsgeber anzusehen sind, erfolgt die Ergänzung der Modellanforderungen durch Schlussfolgerungen des Autors auf Basis der Recherche der Literaturquellen aus Kapitel 2 bis Kapitel 4.

---

<sup>2</sup> Für weitere Informationen siehe POHL [2008, S. 14].

<sup>3</sup> Projektakteure werden in der Fachliteratur vielfach als *Stakeholder* bezeichnet. Diese können sich als natürliche oder juristische Personen darstellen, die direkten oder indirekten Einfluss auf die zu erhebenden Anforderungen haben. [POHL und RUPP 2010, S. 29]

Das Interview stellt nach RUPP und SCHÜPFERLING [2014, S. 106 f.] eine gute Möglichkeit zur **Erhebung** der Anforderungen dar. In diesem Zuge wurden sechs anonymisierte Experteninterviews<sup>4</sup> geführt. Drei der Experten lassen sich dem Baustoff-Fachhandel und drei der Baubranche zuordnen. Beide Anforderungsgebergruppen (Baustoff-Fachhandel und Baubranche) nehmen bedeutenden direkten Einfluss auf die Entwicklung des Kooperationsmodells und sind infolgedessen als aktive Projektakteure<sup>5</sup> zu bezeichnen. Zu Beginn der Interviews erfolgte zunächst eine einleitende Erklärung der Thematik und des Kontextes der Befragung. Die an die Gesprächspartner gerichteten Fragen zielten vorrangig auf die Identifikation der Anforderungen aus der allgemeinen Disposition und Warenzusendung sowie auf die theoretische Implementierung eines Logistikers ab. Neben der eigentlichen Nennung der einzelnen Anforderungen erfolgte zugleich die Priorisierung der Wichtigkeit durch den jeweiligen Gesprächspartner. In Anlehnung an POHL [2008, S. 533] wird die Priorisierungstechnik der Ein-Kriterien-Klassifikation ausgewählt, bei der jeder genannten Anforderung ein Kriterium der Wichtigkeit (muss, soll oder kann) zuzuordnen ist oder aus dem Kontext der beschriebenen Anforderung hervorgeht. Während Muss-Anforderungen (Priorität 1) unbedingt beachtet und umgesetzt werden müssen, sind Soll-Anforderungen (Priorität 2) zwar wichtig, gefährden aber nicht den Erfolg des Entwicklungsprojekts. Kann-Anforderungen (Priorität 3) sind – wenn möglich – zu integrieren und haben einen nur wünschenswerten Charakter. Es ist davon auszugehen, dass durch die jeweiligen drei durchgeführten Experteninterviews je Anforderungsgeber, die wesentlichen Anforderungen identifiziert wurden.

---

<sup>4</sup> Eine anonymisierte Kurzübersicht der wesentlichen Merkmale der Experteninterviews ist in Tabelle A.1 im Anhang dargestellt.

<sup>5</sup> Aktive Akteure müssen eigenverantwortlich Handlungen durchführen, damit der Materialtransportprozess ausgelöst oder durchgeführt wird. Passive Akteure hingegen müssen keine Handlungen vornehmen um den Materialtransportprozess auszulösen oder durchzuführen, können diesen aber unter Umständen durch ihr Handeln beeinflussen. Beispielhaft können als passive Akteure der Bauherr, die Stadt, die Kommune oder auch die Bürger angeführt werden.

Die durchgeführten Experteninterviews wurden nach Empfehlung von MAYRING [2016, S. 96] mit Hilfe eines zusammenfassenden Protokolls **dokumentiert** und im Nachgang dem Gesprächspartner mit der Bitte um Prüfung und Bestätigung zugestellt. Die Dokumentation der Anforderungen unter Verwendung der natürlichen Sprache ist nach POHL und RUPP [2010, S. 59] eine oftmals eingesetzte Methode. Im Anhang<sup>6</sup> sind die aus den jeweiligen Protokollen der Experteninterviews abgeleiteten Anforderungen mit zugehöriger Priorisierung vollständig aufgelistet.

Die **Prüfung** der dokumentierten und priorisierten Anforderungen erfolgt in Anlehnung an CZIHARZ und BUBENHEIMER [2014, S. 303] anhand der Qualitätsaspekte Inhalt (Prüfung auf inhaltliche Fehler), Dokumentation (Prüfung auf Mängel in der Dokumentation) und Abgestimmtheit (Prüfung auf Unstimmigkeiten zwischen den Aussagen der Gesprächspartner). Hierbei stellt sich heraus, dass einige Anforderungen durch mehrere Interviewpartner genannt wurden, wobei die Priorisierung teilweise differiert. Aus diesem Grund erfolgt die Zusammenfassung inhaltlich gleicher Anforderungen zu einer Anforderungsgruppe, sodass im Ergebnis der Anforderungsanalyse sich jede Anforderung (als Einzelnennung eines Projektakteurs oder als Anforderungsgruppe) als Kurzbeschreibung singular darstellen lässt. Bei unterschiedlicher Priorisierung innerhalb einer Anforderungsgruppe wird das Kriterium der mittleren Wichtigkeit festgelegt. Darüber hinaus wurde eine Anforderung in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, da diese den untersuchten Systemkontext nicht tangiert<sup>7</sup>.

Die **Verwaltung** der Anforderungen zielt insbesondere auf die Erfassung und Integration von Anforderungsänderungen über die Projektlaufzeit zur Entwicklung von Softwaresystemen ab [EBERT 2012, S. 225 f.]. Da die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Anforderungsanalyse zur Entwicklung eines Kooperations-

---

<sup>6</sup> Siehe Tabelle A.2, Tabelle A.3, Tabelle A.4 und Tabelle A.5.

<sup>7</sup> Die Transportfahrzeug-Standzeiten auf einer Baustelle werden vom Kooperationsmodell nicht beeinflusst. Siehe Anforderung-III-04 in Tabelle A.3 im Anhang.

modells eine Momentaufnahme durch Erhebung von Expertenwissen darstellt, wird auf die fortlaufende Aktualisierung der Anforderungen bewusst verzichtet.

Als **Ergebnis** der zuvor beschriebenen Herangehensweise sind in Tabelle 5.2 und Tabelle 5.3 die aus den Experteninterviews identifizierten Anforderungen<sup>8</sup> als Kurzbeschreibung mit Priorisierung und Anzahl der Nennungen zusammenfassend aufgelistet<sup>9</sup>. Diese Zusammenstellungen bilden die Anforderungsgrundlage zur Entwicklung des Kooperationsmodells.

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Anforderungsgeber aus dem Baustoff-Fachhandel

Kurzbeschreibung der Anforderung	Priorität	Anzahl der Nennungen der Anforderungsgeber
Flexibilität und kurzfristige Lieferung	1	3
Lkw-Beladung am Vorabend	1	1
Zusätzlicher Service	2	3
Kommunikation zwischen Händler und Kunde sowie Händler-intern	2	2
Termintreue und pünktliche Lieferung	2	1
Transportkosteneinsparung	2	1
Geschäftsumsatz nicht mit Partner teilen	3	1

Von Seiten des Autors wurde auf Basis der einleitenden Literaturrecherche den Anforderungen des Baustoff-Fachhandels die „Beachtung rechtlicher Regelungen“ ergänzend hinzugefügt. Diese Anforderung bezieht sich insbesondere auf

<sup>8</sup> Die ausführlichen Anforderungen aus den Experteninterviews mit den Baustoff-Fachhändlern sind in Tabelle A.2 und Tabelle A.3 sowie aus den Experteninterviews mit Vertretern der Baubranche sind in Tabelle A.4 und Tabelle A.5 im Anhang aufgelistet.

<sup>9</sup> Die Anforderungen sind anhand der Priorität, der Anzahl der Nennungen sowie letztlich der alphabetischen Reihenfolge sortiert.

die Einhaltung der Lenk- und Arbeitszeiten<sup>10</sup> sowie die zulässige Transportfahrzeugbeladung<sup>11</sup>.

Tabelle 5.3: Ergebnisse der Anforderungsgeber aus der Baubranche

Kurzbeschreibung der Anforderung	Priorität	Anzahl der Nennungen der Anforderungsgeber
Flexibilität und kurzfristige Lieferung	1	3
Termintreue und pünktliche Lieferung	1	3
Keine Mehrkosten	1	2
Mangelfreie Ware	1	2
Kein zusätzliches Verpackungsmaterial	1	1
Datenschutz	2	2
Preistransparenz	2	2
Regionale Händler	2	2
Kommunikation zwischen Händler und Kunde	2	1
Kranbare Ware	2	1
Kein Transportfahrzeug anderer Händler	3	3

Aus den Ergebnissen der Anforderungsanalyse ist erkennbar, dass sich die Erwartungen der einzelnen Akteure an das Kooperationsmodell teilweise überschneiden, aber hauptsächlich ergänzen. Während alle befragten Experten die *Flexibilität und kurzfristige Lieferung* als bedeutende Anforderungen nennen, differenzieren sich die übrigen Aussagen je Anforderungsgebergruppe. Unter der *Kommunikation* sind die Abstimmung zwischen dem Händler und dessen Kunden (bspw. Liefertermin, Ansprechpartner oder Art der Entladung auf der Baustelle) und der interne Informationsaustausch des Händlers (bspw. zwischen Disponent und Lagermitarbeiter) zusammengefasst.

<sup>10</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.3.

<sup>11</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.4.



## 5.4 Ein- und Ausgabedaten

Das Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel basiert auf dem zentralen Ansatz der Integration eines neutralen Logistikers in die Prozesskette der Disposition zur Planung und Steuerung der Materialtransporte in Anlehnung an den in Abschnitt 5.1 definierten Gültigkeitsbereich. Auf dieser Basis wird dem Informationsaustausch zwischen den Kooperationspartnern und dem Logistiker eine sehr hohe Bedeutung zugesprochen. Die Qualität des digitalen Informationsflusses hat maßgeblichen Einfluss auf das Dispositionsergebnis und somit auf die Zufriedenheit der Kunden. Nachfolgend werden die für die Prozessdarstellung des Kooperationsmodells wesentlichen Informationen und Daten detailliert beschrieben.

Die Rahmenbedingungen der Disposition werden durch die einzelnen Standorte der Partner mit dem dort vorhandenen Fuhrpark definiert. Hierzu sind von jedem Partner entsprechende Angaben zu tätigen. Die benötigten **Standortdaten** umfassen die Aspekte:

- Adresse des Standorts
- Vorhandene Flurförder- und Hubgeräte
- Öffnungszeiten für die Be- und Entladung der Transportfahrzeuge
- Kontaktdaten eines Ansprechpartners am Standort

Die **Fuhrparkdaten** enthalten Informationen zu den einzelnen Transportfahrzeugen. Es sind für jedes Motorfahrzeug und Anhänger folgende Angaben zu tätigen:

- Amtliches Kfz-Kennzeichen
- Fahrzeugtyp und Bezeichnung (z. B. 3-Achser Lkw)
- Zulässige Nutzlast und zGG
- Fahrzeugabmessungen, Größe der Ladefläche und Anzahl an Paletten-Ladepplätze

- Aufbauvariante der Ladefläche
- Ausstattungsmerkmale des Transportfahrzeugs (z. B. Ladekran vorhanden)
- Motorfahrzeug-Anhänger-Kombinationen
- Transportfahrzeugstandort
- Kontaktdaten des Fahrers
- Mögliche Alternativ-Fahrer

Jede zu transportierende Warensendung weist individuelle Merkmale auf. Zur Planung eines kundenspezifischen Warentransports sind die folgenden Informationen in einem **Sendungsauftrag** zusammenzufassen und vom Partner an den Logistiker zu übermitteln:

### **Identifikationsnummer der Sendung**

Der Partner teilt jeder Warensendung eine eindeutige Identifikationsnummer zu, sodass anhand dieser die Sendung im weiteren Verlauf der Disposition und des physischen Transports eindeutig zuzuordnen ist. Die Identifikationsnummern der Kooperationspartner sollen eine einheitliche Struktur aufweisen, aus der darüber hinaus ersichtlich wird, welchem Händler der jeweilige Sendungsauftrag zugeordnet ist.

### **Quelle**

Die Adresse der Quelle beschreibt den Startpunkt der Warensendung. Sollte der Warentransport von unterschiedlichen Standorten aus erfolgen können, sind diese Alternativen ebenfalls mit anzugeben.

### **Senke**

Die Adresse der Senke bildet den Zielpunkt der Warensendung. Nur durch eine vollständige und korrekte Angabe kann eine fristgerechte Warenanlieferung erfolgen.

### **Sendungsgewicht und Sendungsfläche**

Durch das Sendungsgewicht und der zum Transport benötigten Ladefläche ist die jeweilige Kapazitätsauslastung des Transportfahrzeugs bestimmbar. Demzufolge bilden diese beiden Angaben die beschränkenden Kriterien einer Transportfahrzeug-Beladung. Als Bezugseinheit der Sendungsfläche und als Ladungsträger wird eine Euro-Palette herangezogen. Somit stellt sich die Frage, wie viele Euro-Paletten zum Transport der jeweiligen Warensendung benötigt werden. Die Angabe der Sendungsfläche erfolgt in der Maßeinheit Paletten-Einheiten (PE). Eine Zusammenlegung von Warensendungen unterschiedlicher Kunden auf einem Ladungsträger ist in der Regel nicht vorgesehen<sup>12</sup>. Durch Verwendung der Euro-Paletten wird der Be- und Entladeprozess beschleunigt. Diese Zeiteinsparung wirkt sich positiv auf die Transportfahrzeug-Standzeit aus.

### **Kurzbeschreibung der Waren**

Die Zuordnung der Warensendung zu Paletten-Stellplätzen als Ladeflächenbedarf führt nicht immer zu einer effizienten Kapazitätsausnutzung des Transportfahrzeugs. Insbesondere für Langgüter (z. B. Stabstahl), Kleinstprodukte (z. B. Einzelpackung an Schrauben) oder allgemein kleine Sendungsgrößen ist der Ladungsträger nur geringfügig belegt. Eine Kurzbeschreibung der Waren – in Anlehnung an den Detaillierungsgrad eines Lieferscheins – ermöglicht dem Logistiker eine genauere Abschätzung der wirklichen Auslastung der Transportkapazität. Manuelle Zuweisungen von Warensendungen können eine Steigerung der Kapazitätsausnutzung des Transportfahrzeugs sowie eine Effizienzsteigerung insgesamt hervorrufen. Darüber hinaus ist der Hinweis auf den Transport von Gefahrgut für den Logistiker notwendig.

---

<sup>12</sup> Eine Ausnahme hiervon bilden Materiallieferungen, bestehend aus einer geringen Anzahl an Kleinstprodukten. Diese ohnehin händisch zu verladenden Waren können entweder direkt im Fahrerhaus oder auf freien Plätzen auf der Ladefläche transportiert werden.

### **Anforderungen an das Transportfahrzeug**

Abhängig von der zu transportierenden Warensendung und von der Beschaffenheit der Senke respektive der Quelle, können besondere Anforderungen an das Transportfahrzeug entstehen. Als wesentliche Angaben sind u. a. die Notwendigkeit einer Lkw-Kran-Entladung, die Möglichkeit der Anhängernutzung oder einschränkende Aspekte aufgrund eines standardmäßigen witterungs geschützten Transports aufzunehmen.

### **Liefertermin**

Der Liefertermin beschreibt den vom Kunden gewünschten Zeitpunkt der Warenanlieferung. Dieser kann durch eine exakte Angabe der Uhrzeit eines bestimmten Tages (z. B. 15.11.2017 um 16 Uhr) oder durch Zuweisung eines Zeitfensters (z. B. innerhalb von KW 46) erfolgen. Das Zeitfenster kann unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Es kann sich von minutenbasiert bis wochenbasiert erstrecken. Auch bilden die Öffnungszeiten insbesondere bei gewerblichen Kunden eine wichtige Randbedingung des Liefertermins. Mit steigender Größe des Zeitfensters steigt auch die Flexibilität in der Disposition.

### **Ladezeit**

Die Ladezeit stellt den zu kalkulierenden Zeitbedarf für die Be- und Entladung dar. Diese wird vorrangig durch den Logistiker aufgrund der auszuliefernden oder einzusammelnden Warensendung abgeschätzt. Sind dem Ersteller des Sendungsauftrags jedoch Umstände bekannt (z. B. durch Angabe des Kunden), die sich auf die Be- und Entladezeit auswirken, können hier individuelle Angaben gemacht werden.

### **Kundenseitiger Ansprechpartner**

Der Name und die Kontaktdaten eines Ansprechpartners beim Kunden sind wichtige Informationen. Es ist anzunehmen, dass durch die kurzfristigen Absprachen zwischen Frachtführer und Kunde die Warensendung bei der Senke zügiger entladen und die geplante Entladezeit eher eingehalten werden kann.

**Sonstiges**

In diesem Feld können für individuelle Anmerkungen zum Sendungsauftrag oder Sonderwünsche des Kunden eingetragen werden.

**Belastbarkeit der Dateneingabe**

Die taktische Disposition fasst die Sendungsaufträge aus einem größeren Zeit-horizont zusammen, denn es besteht keine zeitliche Grenze mit welchem Vorlauf ein Sendungsauftrag angelegt werden darf. Dies hat zur Folge, dass eventuelle Vorleistungen zur Durchführung eines Transports noch nicht erbracht wurden. Beispielsweise könnte eine zur Auslieferung benötigte Ware noch nicht vom Hersteller ins Lager des Partners geliefert worden sein. Daher ist es wichtig dem Logistiker mitzuteilen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein angelegter Sendungsauftrag zum geplanten Transportzeitpunkt durchgeführt werden kann.

**Ersteller des Sendungsauftrags**

Für eventuelle Rückfragen des Logistiklers und zur Nachvollziehbarkeit des Datenflusses sind die Kontaktdaten des Erstellers sowie das Datum und die Uhrzeit der Erstellung des Sendungsauftrags anzugeben.

In Tabelle 5.4 werden die einzelnen Parameter eines Sendungsauftrags, anhand von Beispielangaben dargestellt.

Tabelle 5.4: Beispielhafter Informationsgehalt eines Sendungsauftrags

Aspekt	Beispiel
Identifikationsnummer der Sendung	S-DEN-2017-825-A (S=Bezeichnung Sendungsauftrag, DEN=Abkürzung des Partners, 2017=Jahresangabe, 825=fortlaufende Nummerierung des Sendungsauftrags, A=Versionierung)
Quelle	Beispielstraße 100, 12345 Quellenstadt Alternativstandort: Im Handelsweg 50, 12345 Quellenstadt
Senke	Max Mustermann, Forschungsallee 1, 98765 Sendendorf
Sendungsgewicht und Sendungsfläche	850 kg, 2 PE
Kurzbeschreibung der Waren	32,4 m <sup>2</sup> Wandfliesen 30 cm × 60 cm, 10 Eimer Wandfarbe (10 L)
Anforderungen an das Transportfahrzeug	Lkw mit Ladekran erforderlich: ja Einsatzmöglichkeit Lkw-Anhänger: nein Ware witterungsempfindlich: ja
Liefertermin	06.03.2017 bis 08.03.2017 täglich von 8:00 Uhr bis 17:00 Uhr
Ladezeit	15 min Beladung, 20 min Entladung
Kundenseitiger Ansprechpartner	Max Mustermann, Musterfirma, Tel.: 0123 456789
Sonstiges	Ansprechpartner 30 min vor Anfahrt benachrichtigen
Belastbarkeit der Dateneingabe	Transport ausführbar
Ersteller des Sendungsauftrags	Markus Möglich, DEN, 01.03.2017 um 13:37 Uhr

Die Ausgabe des **Planungsstandes** dient als vorzeitiger Entwurf der Touren-  
daten. Infolgedessen werden hierbei lediglich die wichtigsten vorläufigen Touren-  
daten ausgegeben:

- Identifikationsnummer der Tour
- Zuweisung des Transportfahrzeugs (amtliches Kfz-Kennzeichen und Fahr-  
zeugtyp)
- Festgelegte Motorfahrzeug-Anhänger-Kombinationen
- Routendaten (Adressen der Quellen und Senken, zeitlicher Ablauf, zu fah-  
rende Route sowie Abfolge der Anlieferungspunkte)
- Identifikationsnummern der zu transportierenden Sendungen

Die **Ladedaten** beinhalten alle Angaben zu den zu beladenden und entladenden  
Bauprodukten eines Standorts. Diese werden nach erfolgter Tourenplanung vom  
Logistiker an den jeweiligen Partner übermittelt. Somit ist es der Lagerabtei-  
lung eines Partners möglich, die einzelnen Warensendungen vor der eigentlichen  
Transportfahrzeugbeladung fristgerecht zu kommissionieren und vorzubereiten.  
Die Ladedaten beinhalten nicht nur die Daten der eigenen, durch den Partner  
selbst durchzuführenden Sendungen, sondern auch diejenigen Daten, die von  
einem anderen Partner zu transportieren sind. Die Ladedaten bestehen aus An-  
gaben zu den Parametern:

- Identifikationsnummer der Sendung
- Kurzbeschreibung der Waren
- Sendungsgewicht, Sendungsfläche
- Prognostizierte Ankunftszeit des Transportfahrzeugs zur Be- und Entla-  
dung
- Anfahrendes Transportfahrzeug (amtliches Kfz-Kennzeichen und Fahr-  
zeugtyp)
- Kontaktdaten des Fahrers

Innerhalb der durch den Logistiker zu erstellenden **Tourendaten**, sind alle nöti-  
gen Angaben zur Durchführung des Transports zusammengefasst. Hierbei liegt

der Schwerpunkt des Informationsgehalts nicht auf den Angaben der zu transportierenden Bauprodukte, sondern auf der Reihenfolge der Kundenbelieferung. Zur eindeutigen Zuordnung ist jeder Transporttour durch den Logistiker eine Identifikationsnummer zuzuweisen. Diese kann in Anlehnung an die Struktur der Identifikationsnummer der Sendung erfolgen. Beispielhaft kann die Struktur T-DEN-2017-71-A<sup>13</sup> verwendet werden. Die Tourendaten beinhalten folgende Angaben:

- Identifikationsnummer der Tour
- Zuweisung des Transportfahrzeugs (amtliches Kfz-Kennzeichen und Fahrzeugtyp)
- Festgelegte Motorfahrzeug-Anhänger-Kombinationen
- Benennung des Fahrers
- Routendaten (Adressen der Quellen und Senken, zeitlicher Ablauf, zu fahrende Route sowie Abfolge der Anlieferungspunkte)
- Identifikationsnummern der zu transportierenden Sendungsaufträge
- Kurzbeschreibung der Waren
- Sendungsgewicht, Sendungsfläche
- Kundenseitiger Ansprechpartner
- Sonstiges (z. B. Angaben aus dem Sendungsauftrag)

## 5.5 Modellbeschreibung und Prozessdarstellung

Das Kooperationsmodell gliedert sich in die folgenden zwei Bereiche:

- Taktische Disposition
- Operative Disposition

---

<sup>13</sup> T=Bezeichnung Tourendaten, DEN=Abkürzung des Partners der den physischen Transport durchführt, 2017=Jahresangabe, 71=fortlaufende Nummerierung der Touren, A=Versionierung.



Beide Bereiche stehen in einem zeitlichen Bezug zueinander. Der Übergang wird durch den geplanten Tag der Durchführung des Sendungsauftrags bestimmt. Infolgedessen umfasst die taktische Disposition alle Prozesse sowie den Informationsaustausch vor der zeitlichen Schnittstellengrenze von 14 Uhr des Vortags<sup>14</sup> eines Sendungstransports. Danach wird die taktische Disposition in die operative Disposition überführt. Somit ist es möglich, dass ein der operativen Disposition zugeteilter Sendungsauftrag aufgrund einer kurzfristigen Auftragsänderung durch den Kunden<sup>15</sup> wieder zurück in den Bereich der taktischen Disposition zurückfällt. Ebenso kann der Fall eintreten, dass durch eine Eilbestellung des Kunden der Sendungsauftrag aufgrund des zeitlichen Bezugs die taktische Disposition „überspringt“ und direkt der operativen Disposition zugeführt wird. Der zeitliche Übergang von der taktischen in die operative Disposition kann je nach Vereinbarung der Kooperationspartner und des Logistikers unter Rücksichtnahme der jeweils vorliegenden Anforderungen sowie Rahmenbedingungen angepasst werden. Innerhalb der beiden Bereiche stehen die jeweiligen Prozesse untereinander nicht in einem zeitlichen Verhältnis. Lediglich die Prozessabfolge spiegelt den zeitlichen Kontext wider.

Aufgrund der speziellen Charakteristik der Baubranche – einhergehend mit den festgelegten Rahmenbedingungen eines Sendungstransports – ist damit zu rechnen, dass bei dem Kooperationsmodell, in Anlehnung an die Beschreibung von OHRT [2008, S. 31 f.], eine dynamische Planungssituation gegeben ist. Zu Be-

---

<sup>14</sup> Mit der Definition einer zeitlichen Schnittstellengrenze wird dem Logistiker ein fester Bearbeitungszeitraum für die Transportdisposition des Folgetages eingeräumt. Verschiebt sich die zeitliche Schnittstellengrenze nach vorne, wird den Kooperationspartnern die Möglichkeit zur Erstellung eines Sendungsauftrags für den Folgetag eingegrenzt. Verschiebt sich die zeitliche Schnittstellengrenze nach hinten, bleibt dem Logistiker immer weniger Zeit für die Transportdisposition. Da die Qualität des Dispositionsergebnisses von der zur Verfügung stehenden Berechnungszeit abhängig ist wurde die zeitliche Schnittstellengrenze auf 14 Uhr festgelegt. Somit verbleiben dem Logistiker etwa zwei Stunden Zeit für die Transportdisposition und Vorabend-Übermittlung des Ergebnisses an die Kooperationspartner.

<sup>15</sup> Z. B. durch Aussetzen der Bauarbeiten infolge eines Unwetters und der dadurch bedingten Verschiebung der Anlieferung von benötigten Bauprodukten.

ginn der Transportplanung werden noch nicht alle Planungsparameter<sup>16</sup> sowie insbesondere nicht die gesamten Sendungsaufträge vollständig vorliegen, sodass sich im Laufe des Planungsprozesses die Parameter ändern und gegebenenfalls noch weitere Sendungsaufträge dazukommen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und eine effiziente Disposition durchführen zu können, sollte die Tourenplanung in beiden Bereichen unter Einsatz einer bewährten Softwarelösungen zur Transportplanung erfolgen.

Die Grundlage der **taktischen Disposition** bilden die in Abschnitt 5.4 beschriebenen Standort- und Fuhrparkdaten als Basis der Tourenplanung. Diese partnerspezifischen Daten sind anfänglich dem Logistiker mitzuteilen. Somit werden u. a. die Standorte der Partner und die Parameter der Transportfahrzeuge festgelegt. Während sich die Standortdaten in der Regel nicht oder nur in großen Zeitspannen ändern, müssen die Fuhrparkdaten unter Umständen kurzzyklischer modifiziert werden. Als Beispiel sei die bevorstehende Reparatur eines Lkws genannt. In dieser Zeit kann der Lkw nicht für Sendungsaufträge eingeplant werden. Somit sind die Fuhrparkdaten anzupassen.

Der eigentliche Prozess der taktischen Disposition beginnt mit der kundenseitigen Bestellung von Bauprodukten beim Partner und ist in Abbildung 5.2 dargestellt. Der Partner nimmt die Bestellung entgegen und bearbeitet diese zur Erstellung des in Abschnitt 5.4 beschriebenen Sendungsauftrags. Die Sendungsaufträge werden – als weitere Komponente neben den Standort- und Fuhrparkdaten – an den Logistiker zur Berücksichtigung in das Kooperationsmodell übermittelt. Somit ist es dem Logistiker möglich, anhand der übermittelten Sendungsaufträge sowie der Standort- und Fuhrparkdaten eine erste Tourenplanung zu erarbeiten. Der zeitliche Horizont der taktischen Tourenplanung umfasst die Sendungsaufträge von wenigen Wochen.

---

<sup>16</sup> Unter Planungsparameter werden die Informationen aus den Standortdaten, Fuhrparkdaten und Sendungsaufträgen verstanden.

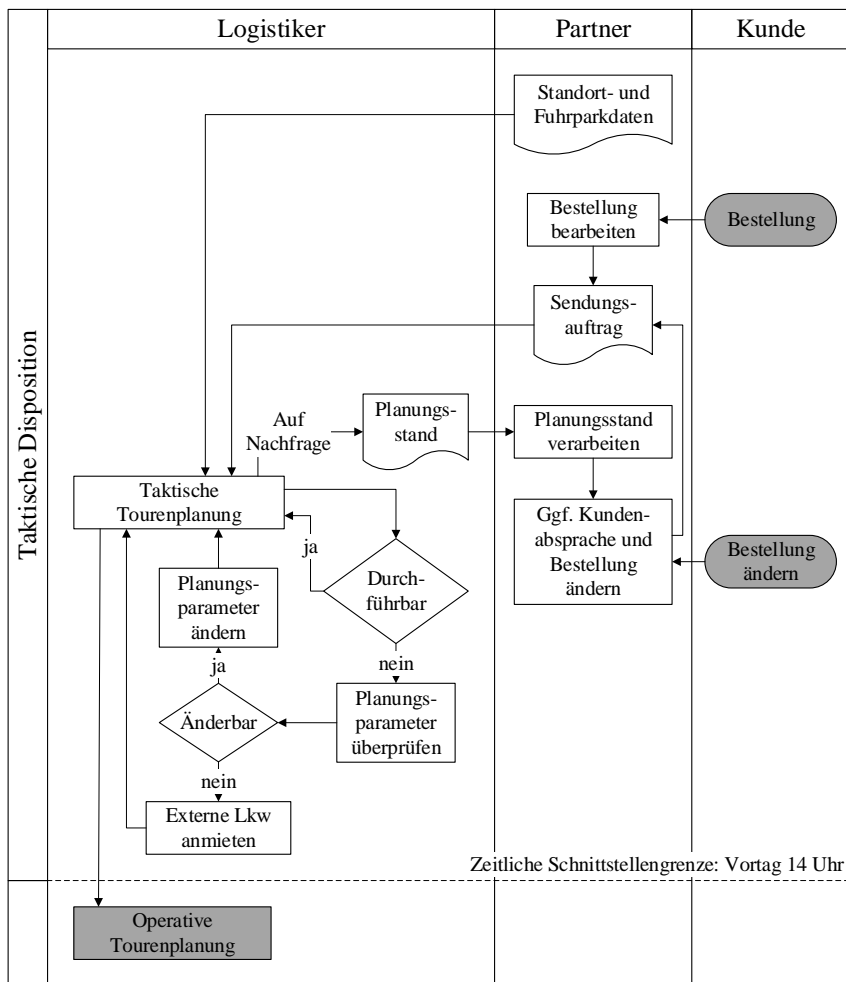


Abbildung 5.2: Prozessmodell: Taktische Disposition

Im Zuge der taktischen Tourenplanung legt der Logistiker auf Basis des Kooperationsmodells einen ersten Tourenplan<sup>17</sup> an und überprüft diesen auf Durchführbarkeit anhand der übermittelten Sendungsaufträge. Dies kann als der steuernde Anteil der taktischen Disposition angesehen werden. Hierbei ist zu beachten, dass alle relevanten Sendungsaufträge mit den zur Verfügung stehenden Transportfahrzeugen bedient werden können. Ist das nicht der Fall, muss die temporäre Änderung von Planungsdaten geprüft werden. Bspw. ist in Abstimmung mit dem betreffenden Partner und dem Kunden eine Terminverschiebung zur Durchführung von Sendungsaufträgen zu erwirken. Alternativ dazu kann einem Fahrer – unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben – Mehrarbeit angeordnet werden, sodass die bisher unverplanten Sendungsaufträge bedient werden können. Sind Sendungsaufträge weiterhin nicht planbar, ist die Anmietung zusätzlicher Transportfahrzeuge zur kurzfristigen Erweiterung der Transportkapazität in Erwägung zu ziehen. Vor allem in dem kundenseitigen gewünschten Auslieferungszeitpunkt der Waren werden starke Überschneidungen vermutet, sodass der Logistiker den Tourenplan unter Rücksprache der Kooperationspartner modifizieren muss. Als Beispiel ist der häufig eintretende Fall zu nennen, dass Kunden oftmals morgens zuerst beliefert werden wollen. Für solche Fälle wäre die Priorisierung der Sendungsaufträge anhand eines Preismodells denkbar<sup>18</sup>. Sendungsaufträge, die zu Kundenwunschzeiten durchgeführt werden sollen, sind teurer an den Besteller zu verrechnen als Sendungsaufträge, die nach Einteilung des Logistikers durchgeführt werden.

Auf Nachfrage eines Partners oder dessen Kunden kann der Logistiker den vorzeitigen Planungsstand übermitteln. Partner und Kunde können somit unter Umständen die eigenen internen Prozesse vorzeitig abstimmen. Erfolgt die Ände-

---

<sup>17</sup> In dem Tourenplan sind die Einzeltouren aller Partner zusammengefasst.

<sup>18</sup> Im Zuge der Erstentwicklung des Kooperationsmodells wird auf die Priorisierung der Sendungsaufträge durch ein Preismodell zur Wahrung der Akzeptanz und Praxistauglichkeit bewusst verzichtet.

zung eines bestehenden Transportauftrags, ist durch den Partner der jeweilige Sendungsauftrag zu berichtigen und an den Logistiker zu übermitteln.

Im Regelprozess werden die Sendungsaufträge der taktischen Tourenplanung beim Überschreiten der zeitlichen Schnittstellengrenze in die operative Disposition überführt. Kurzfristige Änderungen der Fuhrparkdaten sind von den Partnern unverzüglich dem Logistiker mitzuteilen und zu übermitteln. Als Beispiel kann hier der kurzfristige Ausfall eines Fahrers aufgrund von Krankheit angeführt werden. Der aktuelle gegebenenfalls schon freigegebene und übermittelte Tourenplan ist teilweise oder im Ganzen zu widerrufen und zu überarbeiten.

Die in Abbildung 5.3 dargestellte **operative Disposition** mit der operativen Tourenplanung zur Finalisierung des Tourenplans beginnt mit Überschreitung der zeitlichen Schnittstellengrenze und dauert etwa zwei Stunden an. Es gilt der Grundsatz, dass mit steigender Bearbeitungszeit zur Fertigstellung des Tourenplans bessere Ergebnisse erzielt werden können. Mit der Festsetzung der Finalisierungsdauer von etwa zwei Stunden wird gewährleistet, dass ein hinreichend gutes Ergebnis unter Berücksichtigung der vorhandenen Planungsparameter erzielt werden kann. Sollte sich abzeichnen, dass aufgrund des Berechnungsaufwands der Planungsparameter das prognostizierte Zeitfenster nicht ausreicht, ist durch den Logistiker und die Kooperationspartner gemeinsam ein geänderter Prozessterminplan zu erstellen.

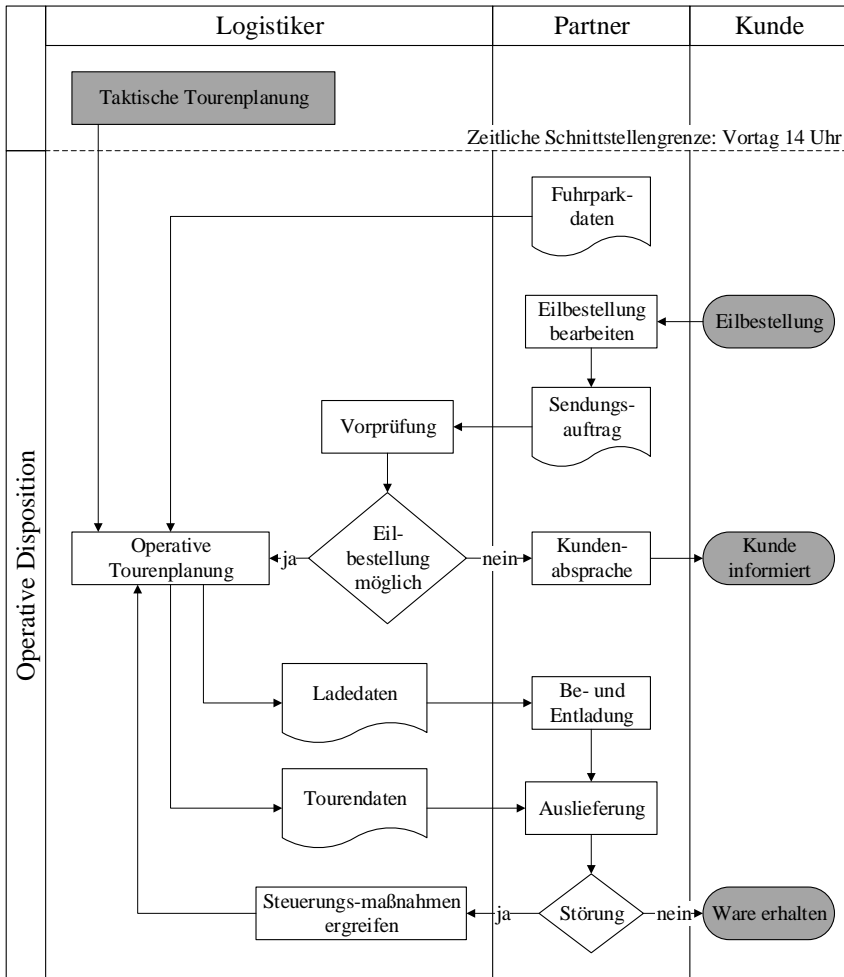


Abbildung 5.3: Prozessmodell: Operative Disposition

Eine Besonderheit des Kooperationsmodells stellt die Möglichkeit der Eilbestellung dar. Eilbestellungen werden dadurch definiert, dass ein geplanter Sendungsauftrag erst im Rahmen der operativen Disposition an den Logistiker übermittelt wird. Im Gegensatz zu einer normalen Bestellung unterzieht der Logistiker die Eilbestellung zuerst einer Vorprüfung, in der die generelle Durchführbarkeit in Abhängigkeit des bestehenden Tourenplans untersucht wird. Erscheint die Bedienung der Eilbestellung möglich, wird der Sendungsauftrag in die operative Tourenplanung integriert. Ist eine Einbeziehung der Eilbestellung in die operative Tourenplanung nicht realisierbar, wird der jeweilige Partner den Kunden entsprechend informieren und mit ihm zusammen das weitere Vorgehen abstimmen. Es bleiben die Alternativen der Selbstabholung der Waren durch den Kunden oder die Bestellung im Gültigkeitsbereich der taktischen Disposition.

Im Zuge der Finalisierung des Tourenplans werden die Lade- und die Tourendaten für jeden Partner separat erstellt und diesen bis etwa 16 Uhr des Vortages der Transportdurchführung übermittelt. Die Ladedaten dienen den Lagermitarbeitern des Partners zur fristgerechten Kommissionierung der Kundenaufträge. Hierbei sind alle von einem Standort zu be- und entladenden Warensendungen zusammengefasst. Die Tourendaten beinhalten alle wesentlichen für den eigentlichen Transportvorgang relevanten Angaben.

Erfolgt der physische Transport störungsfrei, erhält der Kunde plan- und fristgerecht seine bestellten Bauprodukte. Beim Eintreten von Störungen sind durch den Logistiker unter Berücksichtigung des Tourenplans geeignete Steuerungsmaßnahmen zu ergreifen. Als Beispiel kann ein unvorhersehbarer Verkehrsstau dazu führen, dass sich das Transportfahrzeug wesentlich verspätet. Durch den Partner müssen die betroffenen Kunden benachrichtigt und die Auswirkungen der Störung innerhalb der jeweils betroffenen sowie der übrigen Touren durch den Logistiker verarbeitet werden. Hierzu ist es unter Umständen nötig, die Durchführung geplanter Sendungsaufträge zu verschieben oder die operative Tourenplanung für den Folgetag anzupassen.

Die taktische und operative Disposition innerhalb des Kooperationsmodells werden durch den Logistiker durchgeführt. Jedoch bedarf es gerade im Hinblick auf die Schnittstelle zu den Kooperationspartnern interner Mitarbeiter, die die partnerseitige Koordination der Dispositionsprozesse verantworten. Als bedeutende Aufgaben werden hierbei die ordnungsgemäße und zeitnahe Bereitstellung der Sendungsaufträge oder die Änderungsmitteilung der Fuhrparkdaten an den Logistiker angesehen. Weiterhin ist der interne Informationsfluss im Hinblick auf die Lade- und die Tourendaten zu koordinieren. Aus diesem Grund sollten den bisherigen Disponenten eines Partners nicht gänzlich andere Aufgaben zugeteilt werden, sondern sie sollten sich zumindest anteilig um die internen Dispositionsprozesse des Partners kümmern.

## 5.6 Umsetzung der Modellanforderungen

Das Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel basiert auf den Ergebnissen der Anforderungsanalyse aus Abschnitt 5.3. Im folgenden Abschnitt wird die Integration der einzelnen, durch die beiden Anforderungsgebergruppen genannten Anforderungen geprüft. Die Prüfung der **Anforderungen des Baustoff-Fachhandels**, zuzüglich der Anforderung aus der Recherche der Literaturquellen stellt sich wie folgt dar:

### **Flexibilität und kurzfristige Lieferung**

Die Flexibilität wird vorrangig durch die Berücksichtigung der Kundenwünsche bestimmt. Hierzu kann der Partner bei der Erstellung der Sendungsaufträge z. B. durch Angabe des Liefertermins die Kundenwünsche berücksichtigen. Die Berücksichtigung von Kundenwünschen ist jedoch nur möglich, wenn diesem keine wesentlichen dispositiven Restriktionen entgegen stehen<sup>19</sup>. Ebenso ist ein

---

<sup>19</sup> Das wäre dann der Fall, wenn z. B. anderen Kunden zuvor die Durchführung deren Sendungsaufträge zum gleichen Zeitpunkt zugesichert wurden und für die Bedienung des neuen Kundenwunsches kein freies Transportfahrzeuge mehr zur Verfügung steht.



Kundenwunsch nur bedingt umsetzbar, wenn dieser die Effizienz des gesamten kooperativen Tourenplans maßgeblich negativ beeinflusst<sup>20</sup>. Eine mögliche Erweiterung des Kooperationsmodells zur Priorisierung der Sendungsaufträge unter Verwendung eines Preismodells<sup>21</sup> könnte ein einheitliches Regelwerk darstellen, mit dessen Hilfe terminliche Kundenwünsche finanziell bewertet werden können. Weiterhin bietet das Kooperationsmodell die Möglichkeit der Eilbestellung, sodass auch kurzfristige Sendungsaufträge innerhalb weniger Stunden durchgeführt werden können. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Lkw-Beladung am Vorabend**

Durch die Übermittlung der Lade- und Tourendaten, nach Abschluss der etwa zweistündigen operativen Tourenplanung – gegen 16 Uhr des Vortags des Warentransports – kann die Vorabend-Beladung der Transportfahrzeuge durch den Partner vollzogen werden. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

### **Zusätzlicher Service**

Ein zusätzlicher Service wird durch die Anforderungsgeber dahingegen definiert, dass dem Kunden bereits auf der Baustelle gelagerte Bauprodukte mit einem Lkw-Ladekran umgesetzt werden können. Dieser Service ist durch das Kooperationsmodell ebenfalls abzubilden. Hierzu entfällt im Sendungsauftrag die Angabe zu dem Sendungsgewicht und der Sendungsfläche. Somit entsteht eine Leerfahrt zum Kunden. In der vorgesehenen Ladezeit kann der Fahrer vor Ort die Materialumsetzung durchführen. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

---

<sup>20</sup> Die Effizienz eines Tourenplans kann u. a. durch weit auseinander liegende Quellen und/oder Senken (Verringerung der Konsolidierungseffekte) maßgeblich negativ beeinflusst werden.

<sup>21</sup> Siehe Abschnitt 5.5.

### **Kommunikation zwischen Händler und Kunde sowie händler-intern**

Zwischen den Anwendern sind die Kommunikationsschnittstellen eindeutig definiert. Die Abstimmung der Kundenanforderungen bei der Bestellung oder kurzfristige Absprachen während der Transportdurchführung obliegen weiterhin dem Aufgabenbereich der Kooperationspartner. Durch den Disponenten ist diese Kommunikationsschnittstelle sowie der partnerinterne Informationsaustausch zu koordinieren. Der Logistiker setzt lediglich die übermittelten Planungsparameter im Sinne der Kooperation bestmöglich um. Ferner bestimmen die Kooperationspartner die Qualität der internen Kommunikation sowie die Kommunikation mit deren Kunden. Eine Direktkommunikation zwischen der Lagerabteilung des Partners und dem Logistiker ist ergänzend möglich. Durch die verschiedenen Schnittstellen (auch durch die zusätzliche Einführung des Logistikers) können jedoch Kommunikationsprobleme oder Fehlinformationen nie ganzheitlich ausgeschlossen werden. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Termintreue und pünktliche Lieferung**

Durch Konsolidierung von Sendungsaufträgen im Kooperationsmodell wird aufgrund der Zusammenführung von unternehmensübergreifenden Transportinformationen bessere und genauere Tourenplanungsergebnisse erwartet. Auf dieser Basis lässt sich eine höhere Termintreue und eine pünktlichere Durchführung der Sendungsaufträge begründen. Ungeachtet dessen, können auch im Kooperationsmodell durch unerwartete Verkehrereignisse (z. B. Verkehrsstau infolge eines Unfalls) Verzögerungen in der Durchführung von Sendungsaufträgen kommen. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Transportkosteneinsparung**

Wie in Abschnitt 4.2 theoretisch beschrieben und in Abschnitt 1.3 durch praxisnahe Forschungsvorhaben für ausgewählte Anwendungsfälle bestätigt, kann eine Konsolidierung des Sendungsvolumens kooperierender Partner eine Kosteneinsparung hervorrufen. Es ist jedoch nicht immer für alle denkbaren Anwendungsszenarien von einer Transportkosteneinsparung auszugehen. Für das

Kooperationsmodell wird eine entsprechende Nachweisführung in Abschnitt 6.4 diskutiert. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Geschäftsumsatz nicht mit Partner teilen**

Das Kooperationsmodell fokussiert die Verbesserung des Warentransports im Lagergeschäft. Hierzu müssen Kundendaten unter den Partnern ausgetauscht werden. Dies betrifft aber nur die Daten derjenigen Kunden, die nicht durch ihren Partner direkt, sondern durch einen Kooperationspartner beliefert werden. In solch einem Fall erhält der Kooperationspartner Einblicke in fremde Kundendaten bezüglich der transportierten Bauprodukte. Der Austausch von Preisinformationen ist im Kooperationsmodell nicht nötig und nicht vorgesehen. Da die Einsichtnahme von Kundendaten innerhalb des Kooperationsnetzwerks alle Partner betrifft, ist von einer ausgeglichenen und fairen Gesamtsituation auszugehen. Der eigentliche Geschäftsumsatz der Partner wird durch diese selbst – insbesondere durch den Verkauf von Bauprodukten – generiert. Dementsprechend wird das Umsatzgeschäft unter den Partnern nicht geteilt. Jedoch kann durch das Kooperationsmodell nicht unterbunden werden, dass ein Partner die ihm übermittelten Kundendaten eines anderen Partners für interne Akquisetätigkeiten nutzt. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Beachtung rechtlicher Regelungen**

Durch das Kooperationsmodell erfolgt eine unternehmensübergreifende Tourenplanung. Es wird stark vermutet, dass eine fehlende Berücksichtigung der rechtlichen Regelungen (z. B. die gesetzlichen Vorgaben zu den Lenk- und Arbeitszeiten) durch den Logistiker bei der Transportdisposition von den Kooperationspartnern nicht toleriert werden würde, da ein Verstoß zu Lasten der Kooperationspartner ausgelegt wird. Infolgedessen fördert das Kooperationsmodell im Zuge der Disposition die Beachtung rechtlicher Regelungen. Die ordnungsgemäße Transportfahrzeugbeladung liegt außerhalb des Wirkungsbereichs des Kooperationsmodells. Hierzu müssen die Angaben über das jeweilige Sendungsgewicht sowie die Sendungsfläche vom Partner im Zuge der Erstellung der Sendungsaufträge korrekt erfasst werden. Die Qualität der Daten wird maßgeblich

durch das Fachwissen des Erstellers des Sendungsauftrags bestimmt. Wird das tatsächliche Sendungsgewicht durch den Partner zu niedrig angegeben, droht eine Überladung des Transportfahrzeugs. In einer Datenbank hinterlegte Baumaterialkennwerte können diese Gefahr unterbinden. Für die Berücksichtigung der korrekten Ladungssicherung ist das Lagerpersonal des Partners sowie der jeweilige Fahrer des Transportfahrzeugs verantwortlich. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

Als Zwischenergebnis ist zusammenzufassen, dass die Anforderungen des Baustoff-Fachhandels sowie die Ableitung der Anforderung aus der Literatur im Kooperationsmodell berücksichtigt sind. Die Prüfung der **Anforderungen** aus den Expertengesprächen mit Vertretern der **Baubranche** wird nachfolgend beschrieben. Bei den beiden Anforderungen

- Flexibilität und kurzfristige Lieferung sowie
- Termintreue und pünktliche Lieferung

sei auf die Ausführungen zur Prüfung der gleichnamigen Anforderungen aus dem Anforderungsbereich des Baustoff-Fachhandels verwiesen.

### **Keine Mehrkosten**

Das Kooperationsmodell zielt auf die Verringerung der zu fahrenden Gesamtstrecke ab. Zwar werden durch den Logistiker im Kooperationsmodell zunächst Mehrkosten hervorgerufen, jedoch stehen diesen auch Kosteneinsparungen durch das Konsolidierungspotential gegenüber. Diese Korrelation wurde in Abschnitt 4.2 erläutert. Im Gesamten ist eine Kosteneinsparung der Transportlogistik der Kooperationspartner durch das Kooperationsmodell zu erwarten. Somit scheint eine Kostensteigerung für den Kunden unwahrscheinlich, wobei sie pauschal nicht ausgeschlossen werden kann. Es ist viel mehr mit einer Kostenreduktion zu rechnen. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

**Mangelfreie Ware**

Durch die Konsolidierung der Sendungsaufträge entsteht kein zusätzlicher Be- oder Entladevorgang der zu transportierenden Bauprodukte. Demzufolge besteht kein gesteigertes Risiko, die Ware zu beschädigen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der Beschädigung der Bauprodukte ist mit oder ohne Anwendung des Kooperationsmodells gleich hoch. Dadurch, dass nicht ausschließlich die eigenen Sendungsaufträge durchgeführt werden, ist zu vermuten, dass der jeweilige Transporteur die Waren des Partners besonders vorsichtig behandelt. Das lässt sich dadurch begründen, dass im Falle des Transports mangelhafter Ware der Transporteur sich nicht nur dem Kunden gegenüber erklären muss, sondern auch dem Partner. Weiterhin ist anzunehmen, dass der Zustand der Ware bei Übergabe zwischen den Partnern besonders kontrolliert wird, um das Haftungsrisiko bei Beschädigung eindeutig zuordnen zu können. Die Ablehnung des Transports mangelhafter Ware durch einen Partner wird erwartet. Demzufolge wird voraussichtlich die Anzahl mangelfrei gelieferter Bauprodukte bei Kunden steigen. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

**Kein zusätzliches Verpackungsmaterial**

Die zu transportierenden Bauprodukte werden ausschließlich auf Paletten geladen. Zusätzliches Verpackungsmaterial wird nicht angebracht. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

**Datenschutz**

Bei Anwendung des Kooperationsmodells müssen die relevanten Kundendaten aus dem Sendungsauftrag an den Logistiker zur Disposition übermittelt werden. Die Partner erhalten nur diejenigen Fremdkundendaten, dessen Sendungsaufträge sie für einen anderen Partner durchführen. Die Weitergabe von Preisen ist nicht nötig und nicht vorgesehen. Aufgrund des unternehmensübergreifenden Datenaustausches und der zusätzlichen Schnittstellen ist es jedoch im Falle einer Datenschutzmissachtung schwieriger, den Verursacher zu identifizieren. Ergebnis: Die Anforderung ist überwiegend erfüllt.

### **Preistransparenz**

Die kundenseitige Preistransparenz ist nach wie vor gegeben. Die Partner legen die Transportkosten wie üblich prozentual auf die Bauproduktkosten um. Demzufolge ist für den Kunden bei Bestellung der Ware der Endpreis ersichtlich. Versteckte Kosten infolge der Anwendung des Kooperationsmodells sind nicht existent. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

### **Regionale Händler**

Der Grundgedanke der konsolidierten Sendungsaufträge basiert auf einer günstigen Quelle-Senke-Charakteristik der Kooperationspartner und somit auf einer flächigen Überlagerung der Transportgebiete. Dies ist insbesondere durch die Kooperation regionaler Händler möglich. Die Waren, die bei einem Partner durch den Kunden bestellt werden, werden auch von diesem Partner bezogen. Lediglich der physische Transport kann von einem regionalen Kooperationspartner durchgeführt werden. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

### **Kommunikation zwischen Händler und Kunde**

Durch Verwendung standardisierter Eingabefelder zur Erstellung der Sendungsaufträge werden die Kundenwünsche beachtet. So sind in diesem frühen Stadium der Auftragserfassung die Kontaktdaten eines kundenseitigen Ansprechpartners anzugeben oder etwaige Entladepunkte bei der Senke zu bestimmen. Während die Kommunikation des Kunden direkt über den Partner erfolgt, ist es dem späteren Transporteur – insbesondere beim physischen Transportprozess – jederzeit möglich sich mit dem Kunden in Verbindung zu setzen. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

### **Kranbare Ware**

Die Berechnung der Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge im Zuge der Tourenplanung erfolgt u. a. auf Basis von PE. Demzufolge sind alle Sendungsaufträge auf Grund einer effizienteren Handhabung auf Paletten zusammenzufassen. Die Kranbarkeit der relevanten Bauprodukte ist somit gegeben. Ergebnis: Die Anforderung ist voll erfüllt.

### **Kein Transportfahrzeug anderer Händler**

Der Kerngedanke des Kooperationsmodells beruht auf dem gegenseitigen Transport der Bauprodukte verschiedener Händler als Partnertransporte. Dementsprechend ist die als wünschenswert eingestufte Anforderung nicht umsetzbar. Ergebnis: Die Anforderung ist nicht erfüllt.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass mit Ausnahme des Aspekts der Fremdhändler-Fahrzeuge alle Anforderungen in das Kooperationsmodell eingeflossen sind. Abbildung 5.4 stellt den Erfüllungsgrad der einzelnen Anforderungen zusammenfassend gegenüber. Durch die konsequente Berücksichtigung der primär von Fachexperten aufgestellten Anforderungen ist davon auszugehen, dass das Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel entsprechende Akzeptanz in der Praxis finden kann.

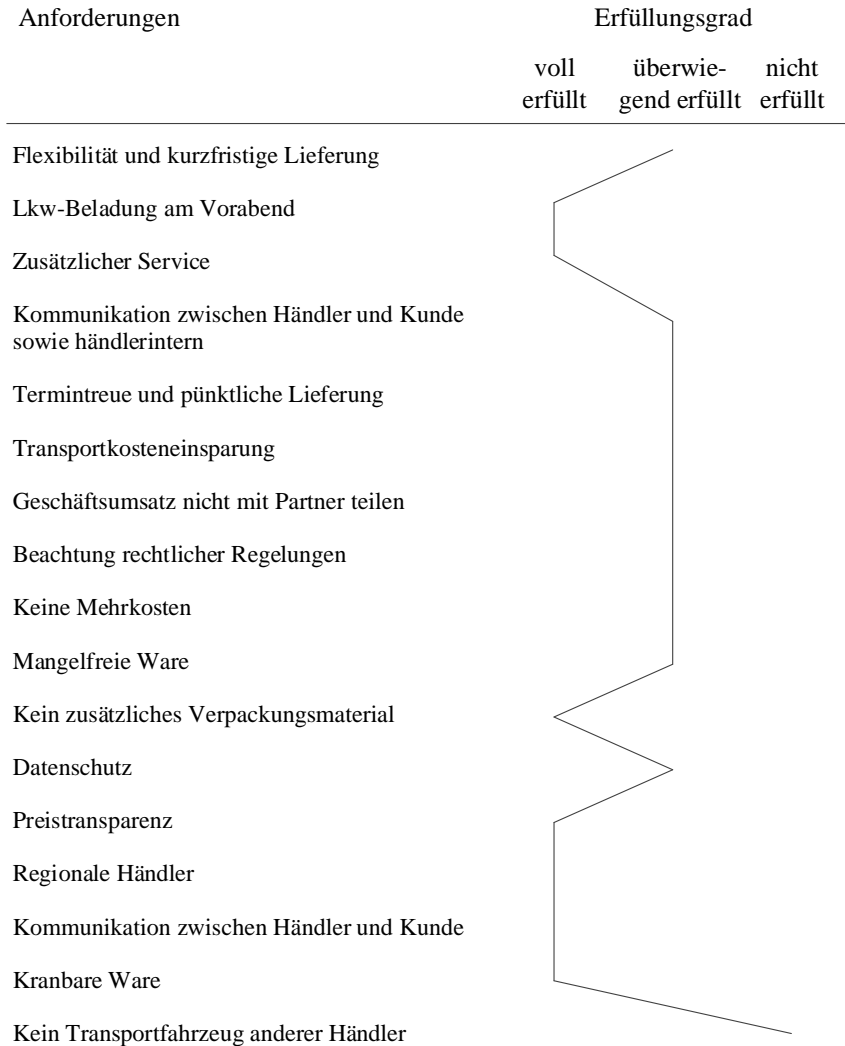


Abbildung 5.4: Erfüllungsgrad der Anforderungen



## 5.7 Nutzen- und Risikoanalyse

### 5.7.1 Diskussion der Nutzenpotenziale

Aus der theoretischen Betrachtung des Kooperationsmodells lassen sich unterschiedliche Nutzenpotenziale ableiten. Während der Logistiker seinen Umsatz steigert, ist der Vorteil für die Kooperationspartner und deren Kunden im Hinblick auf die theoretischen Grundlagen der Transportkonsolidierungseffekte, differenzierter zu betrachten. In Anlehnung an die in Abschnitt 4.2 beschriebenen möglichen Konsolidierungseffekte werden nachfolgend die für das Kooperationsmodell bedeutenden Nutzenpotenziale diskutiert. Es erfolgt hierbei die Unterscheidung in

- direkter einzelwirtschaftlicher Nutzen für die Kooperationspartner,
- direkter einzelwirtschaftlicher Nutzen für die Kunden,
- direkter volkswirtschaftlicher Nutzen und
- indirekter Nutzen für die Kooperationspartner.

Unter einem **direkten einzelwirtschaftlichen Nutzen für die Kooperationspartner** wird eine Vorteilhaftigkeit für mindestens einen Partner verstanden, die direkt aus der Anwendung des Kooperationsmodells resultiert. Hierbei überwiegt die Summe der Vorteile eines Partners die Summe der Nachteile der restlichen Partner. Im Zuge der vollzogenen Touren- und Sendungsverdichtung durch den Logistiker lassen sich für die Kooperationspartner folgende, logisch gegliederten Nutzeneffekte begründen:

#### **Gesamtstrecke**

Als Hauptziel des Kooperationsmodells wird die Verringerung der durch die Kooperationspartner zu fahrende Gesamtstrecke angesehen. Auf Grundlage der zuvor erläuterten Überlagerung der Transportgebiete ist zu vermuten, dass sich die Gesamtstrecke reduzieren wird.

### **Fahrzeit**

Einhergehend mit einer Verringerung der Gesamtstrecke ist auch mit einer Reduzierung der Fahrzeit zu rechnen.

### **Entfernung zwischen Senken**

In der Überlagerung der insbesondere regionalen Transportgebiete der Kooperationspartner wird eine korrelierende Quelle-Senke-Charakteristik gesehen. Infolgedessen ist zu erwarten, dass die Entfernung zwischen den Senken oder auch zwischen den einzelnen Stopps einer Tour stark reduziert wird.

### **Transportkapazitätsauslastung und Leerstrecke**

Die Zusammenführung der Sendungsaufträge der Kooperationspartner ermöglicht dem Logistiker mehr Flexibilität in der Ausgestaltung der Tourenplanung. Kapazitätsfreiräume und Leerstrecken der Transportfahrzeuge können infolge der größeren Sendungsmenge insgesamt besser ausgenutzt bzw. reduziert werden. Somit kann sich die Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge u. a. wegen der verringerten Leerstrecke durch das Kooperationsmodell erhöhen.

### **Anzahl an Transportfahrzeugen insgesamt**

Durch die Erhöhung der Transportkapazitätsauslastung, verbunden mit der gesteigerten Flexibilität des Logistiklers bei der Tourenplanung ist zu erwarten, dass die Kooperationspartner dauerhaft Transportfahrzeuge einsparen können.

### **Anzahl Senken je Tour**

In einem optimalen Fall kann die Belieferung ein und derselben Senke aus Sendungsaufträgen von verschiedenen Partnern mit einem Transportfahrzeug erfolgen. Dadurch wird die Anzahl der Senken je Tour verringert. Im Einsatzbereich des Baustoff-Fachhandels ist dies durchaus möglich – es ist aber nicht von einem Standardszenario auszugehen. Dementsprechend wird dieser Nutzeneffekt voraussichtlich nur gering ausfallen.

### **Transportkosten**

Die Summe der zuvor beschriebenen Nutzeneffekte, allen voran die dauerhaf-

te Reduzierung von Transportfahrzeugen, bewirkt eine Transportkostenreduzierung. Je nach Stärke der Ausprägung der vorherigen Nutzeneffekte kann die Transportkosteneinsparung sehr bedeutend werden.

Eine Transportkonsolidierung bewirkt nicht nur auf der Seite der Quellen, sondern auch bei den Senken verschiedene Vorteile. Nachfolgend wird der **direkte einzelwirtschaftliche Nutzen für die Kunden** durch das Kooperationsmodell erläutert:

#### **Anzahl Transportfahrzeuge je Senke**

Nur dann, wenn ein Kunde seine benötigten Bauprodukte bei unterschiedlichen Partnern bestellt, die in einem Transportfahrzeug zusammengefasst und zeitgleich ausgeliefert werden können, lässt sich durch das Kooperationsmodell die Anzahl der Transportfahrzeuge an der Senke reduzieren. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Szenarios wird als gering angesehen.

#### **Transportmenge je Senke**

Für den Fall, dass sich die Anzahl der Transportfahrzeuge je Senke reduziert, wird sich die Transportmenge in den Transportfahrzeugen je Senke erhöhen.

#### **Warenannahme an der Senke**

Durch die Anwendung des Kooperationsmodells ist es möglich, die Anzahl der Transportfahrzeuge zu verringern sowie die Transportmenge je Senke zu erhöhen, sodass sich die Warenannahme für den Kunden erheblich vereinfacht. Beispielhaft werden die Koordinationsprozesse zwischen Partner und Kunde im Zuge der Bauproduktanlieferung, die Standzeiten der Transportfahrzeuge sowie die kundenseitigen Unterstützungsprozesse beim Be- und Entladevorgang durch die Bereitstellung stationärer Krane verringert. Es scheint effizienter, einen voll beladenen Lkw zu entladen, als vier teil beladene Lkw.

#### **Lieferservice**

Der Lieferservice ist ein bedeutendes Qualitätsmerkmal zur Bewertung eines Händlers. Durch die Anwendung des Kooperationsmodells ist es den Koopera-

tionspartnern möglich, entlegene Kundenstandorte kurzzyklischer zu bedienen sowie generell ein dichteres Transportnetz aufzubauen. Hierdurch werden die Lieferflexibilität und der Lieferservice bedeutend erhöht.

Als Zwischenfazit lässt sich zusammenfassen, dass die Anwendung des Kooperationsmodells für den Logistiker, die Kooperationspartner sowie deren Kunden bedeutende Vorteile aufweist.

Auf Basis der einzelwirtschaftlichen Effekte ist auch ein **direkter volkswirtschaftlicher Nutzen** ableitbar. Es wird angenommen, dass die Anwendung des Kooperationsmodells die Anzahl an Bauprodukttransporten maßgeblich reduzieren kann. Infolgedessen werden schadhafte Umweltauswirkungen verringert und der gesamtwirtschaftlichen Verkehrsproblematik entgegengewirkt. Hieraus entsteht ein volkswirtschaftlicher Nutzen.

Durch eine langfristige Anwendung des Kooperationsmodells lassen sich nicht nur die zuvor genannten direkten Nutzeneffekte erzielen, sondern es können darüber hinaus auch **indirekte weitere Vorteile für die Kooperationspartner** generiert werden. Durch eine erfolgreiche Kooperation ist das gesteigerte Vertrauen zwischen den Anwendern generell sowie zwischen den Kooperationspartnern speziell als wesentlicher Nutzen anzusehen. Dies bildet die Grundlage zur Ausweitung der Kooperation und gegebenenfalls zum Einbezug weiterer Unternehmensbereiche. Beispielhaft ist die Gründung einer Einkaufskooperation zur Generierung eines höheren Einkaufsvolumens und dadurch eine Preisvorteilhaftigkeit sowie die kooperative Bearbeitung von Forschungs- und Entwicklungsthemen denkbar. Weiterhin könnte eine gemeinschaftliche größere Produktbreite angeboten werden. Mit dem nachgewiesenen Erfolg des Kooperationsmodells lassen sich noch weitere Händler finden und diese als Partner integrieren, sodass eine zusätzliche Effizienzsteigerung ermöglicht wird. Der Ausbau von Wettbewerbsvorteilen ist die Folge. Es ist zu beachten, dass durch die prognostizierte Transportkosteneinsparung die Bauproduktpreise gesenkt und infolgedessen mittelfristig mehr Handelsumsatz generiert werden kann.

## 5.7.2 Diskussion der Risikopotenziale

Den theoretisch erzielbaren Nutzeneffekten durch das Kooperationsmodell stehen auch mögliche Anwendungsrisiken gegenüber, die nachfolgend diskutiert werden:

### **Abhängigkeit der Kooperationspartner**

Der Durchführungserfolg von Sendungsaufträgen ist nicht mehr einzig von einem Partner abhängig. Die Anwender des Kooperationsmodells müssen sich gegenseitig aufeinander verlassen können. Die verschiedenen Schnittstellen zwischen den Anwendern bedingen, dass nur das gemeinschaftliche Zusammenwirken zum Erfolg eines jeden einzelnen durchgeführten Sendungsauftrags führen kann.

### **Reduzierte Autonomie**

Zur Transportplanung und Durchführung von Sendungsaufträgen müssen im Kooperationsmodell die zwischen den Anwendern vereinbarten Regelungen und zeitlichen Fristen (z. B. die zeitliche Schnittstellengrenze<sup>22</sup>) zwingend eingehalten werden, um geordnete, verlässliche sowie planbare Abläufe zu erlangen. Hierzu müssen sich die Kooperationspartner in ihrer Autonomie einschränken lassen und können insbesondere bei kurzfristigen Entscheidungen nicht uneingeschränkt situativ und agil handeln. Es bedarf immer die Einbeziehung des Logistikers bei dispositionsbezogenen Handlungen.

### **Verlust von Know-How**

Durch die Implementierung des Logistikers werden die Kernprozesse der Disposition – die eigentliche Transportplanung – aus Sicht der Kooperationspartner ausgegliedert. Die Disponenten übernehmen lediglich noch koordinierende Tätigkeiten. Für den Fall, dass ein Partner aus dem Kooperationsmodell aussteigt, ist die Wahrscheinlichkeit gegeben, dass er mit dem eigenen Wissen zeitnah kei-

---

<sup>22</sup> Siehe Abschnitt 5.5.

ne effiziente Disposition erbringen kann. Die internen Prozesse wurden an die Abläufe des Kooperationsmodells angepasst, sodass eine Loslösung einen zusätzlichen Aufwand mit sich bringt.

### **Haftungsrisiken**

Infolge der Schaffung von Unternehmensschnittstellen müssen die Haftungsbedingungen beim Warenübergang vom bereitstellenden Partner zum ausliefernden Partner klar geregelt sein. Insbesondere die Nachvollziehbarkeit von Bauproduktbeschädigungen ist zweifelsfrei zu dokumentieren, ansonsten kann ein Partner für die Beschädigung der Waren zur Haftung herangezogen werden, obwohl er diese nicht zu verantworten hat. Im Allgemeinen liegt das Haftungsrisiko bei demjenigen Partner, dem die Sorgfaltspflicht obliegt. Als Beispiel geht das Haftungsrisiko von Partner A (stellt die Bauprodukte zum Transport bereit) auf Partner B (übernimmt den physischen Transport für die Bauprodukte von Partner A) über, sobald die Ware auf dem Transportfahrzeug von Partner B verladen ist. Beschädigt der Verloader von Partner A zuvor die Ware bei der Beladung des Lkw von Partner B, so muss Partner A die Haftung übernehmen. Weitere Haftungsrisiken können in der Weitergabe fehlerhafter Informationen an den Logistiker oder Kooperationspartner bestehen.

### **Außendarstellung der Kooperationspartner**

Die Durchführung der Sendungsaufträge kann im Kooperationsmodell als Eigentransport oder Partnertransport erfolgen. Beim Eigentransport ist dem Kunden der Zusammenhang zwischen dem Partner als Besteller und dem gleichen Partner als Transporteur ersichtlich. Somit bewirkt die Durchführung von Sendungsaufträgen im Eigentransport auch wirksame Marketingeffekte. Werden die Sendungsaufträge hingegen im Partnertransport durchgeführt, so kann der Kunde den Zusammenhang zwischen dem Partner als Besteller und dem Transporteur vermutlich nicht nachvollziehen. Wirksame Marketingeffekte bleiben für den Partner des Kunden aus. Im Umkehrschluss hat jedoch der den Partnertransport durchzuführende Partner die Möglichkeit, durch die wirksame Marketingeffekte im Zuge der Durchführung von Sendungsaufträgen Neukunden zu gewin-

nen. Es besteht sogar das Risiko, dass wenn ein Partner keine Eigentransporte mehr durchführt und somit nicht mehr sichtbar transportiert, dessen Kunden zu dem Partner wechselt, der die Partnertransporte durchführt.

### **Langfristige Unternehmensstrategie**

Die Entscheidung, dass ein Händler dem Kooperationsmodell beitrifft, sollte auf einer langfristig ausgelegten Unternehmensstrategie beruhen. Eine auf kurze Zeit ausgelegte Anwendung des Kooperationsmodells wird als nicht sinnvoll erachtet, da die Vorzüge des Kooperationsmodells erst wesentlich durch eine dauerhafte Unternehmenskooperation zum Tragen kommen.

## **5.8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Kostenallokation**

Wie bereits in Abschnitt 4.1 dargelegt, ist der Kooperationserfolg maßgeblich durch das Erreichen einer **wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit** geprägt. Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit ist durch die Kooperationspartner zu definieren und kann verschiedene Facetten, in Abhängigkeit der jeweiligen branchenspezifischen Anforderungen der Kooperationspartner, annehmen. Im Kontext der vorliegenden Arbeit gilt die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit als erfüllt, wenn unter Anwendung des Kooperationsmodells die Transportkosten der Kooperationspartner geringer ausfallen, als diese ohne Transportkonsolidierung betragen<sup>23</sup>. Verringerte Transportkosten bewirken bei gleichem Umsatz eine Steigerung des Gewinns und der Umsatzrentabilität. Die verringerten Transportkosten können durch einen Direktvergleich zwischen den Kosten mit und ohne Anwendung des Kooperationsmodells ermittelt werden. Diese Herangehensweise bedingt die Zusammenstellung der gesamten Transportkosten  $K_{T,ges} = \sum_{m=1}^n K_{T,m}$  aller Partner  $m$ , die sich aus der Summe der Kosten des physischen Transports  $K_{pT}$ ,

---

<sup>23</sup> Siehe die Kostensubadditivität aus Abschnitt 4.2.

der partnerseitigen Disposition  $K_{pD}$  sowie für den Einsatz des Logistikers  $K_L$  zusammensetzen. Es besteht folgender Zusammenhang:

$$K_{T,ges} = \sum_{m=1}^n K_{T,m} = \sum_{m=1}^n K_{pT,m} + \sum_{m=1}^n K_{pD,m} + \sum_{m=1}^n K_{L,m} \quad (5.1)$$

Mit dem gleichen Ansatz können die Transportkosten für jeden Partner separat berechnet werden.

$$K_{T,m} = K_{pT,m} + K_{pD,m} + K_{L,m} \quad (5.2)$$

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Kooperation auf der Ebene eines jeden Partners ist eine genaue **Kostenallokation** erforderlich. Hierbei können nicht alle Kosten direkt und transparent dem verursachenden Partner zugeordnet werden. Daher ist es im Zuge der Kostenallokation oftmals nötig, ein Verrechnungssystem<sup>24</sup> zu implementieren, das die gegenseitig erbrachten Leistungen finanziell bewertet und als Kompensationsmechanismus dient. Die im Rahmen des Kooperationsmodells zu erbringenden gegenseitigen Leistungen der Kooperationspartner fokussieren sich auf die physische Transportdurchführung von Sendungsaufträgen eines anderen Partners als Partnertransporte. Für diese zusätzlichen Transporte ist eine finanzielle Ausgleichsregelung zu treffen, sodass für jeden Partner differenziert eine genaue Kostenbetrachtung vorgenommen werden kann. Im Rahmen der Kostenallokation können zur Bestimmung der Ausgleichszahlungen von Sendungsaufträgen vorrangig folgende Bezugsgrößen in Betracht gezogen werden:

---

<sup>24</sup> Bereits entwickelte Kostenmodelle können aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen nicht adaptiert werden. Beispielsweise fokussiert das Kostenmodell von WEDDEWER [2007, S. 273–277] den Hauptlauf in Stückgutnetzwerken und ist weniger für die Bedienung eines Flächennetzes wie bei dem vorliegenden Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel geeignet. Die Kostenstruktur und Kostenbestandteile sowie die Art der Leistungen (z. B. regelmäßige und unregelmäßige abzurechnende Leistungen [WEDDEWER 2007, S. 163]) unterscheiden sich weiter.



- Anzahl der bereitgestellten Sendungsaufträge
- Sendungsgewicht
- Sendungsfläche
- Fahrstrecke zur Durchführung eines Sendungsauftrags

Diese vier Bezugsgrößen können zur Erarbeitung eines **Verrechnungspreissystems** herangezogen werden. Hierbei ist nicht zwingend nur eine Bezugsgröße auszuwählen, sondern es kann auch eine Kombination der Bezugsgrößen erfolgen. Das für die Anwendung des Kooperationsmodells zugrundeliegende Verrechnungspreissystem zur Kostenallokation greift auf die zur Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge bedeutende Bezugsgröße der Sendungsfläche zurück und basiert auf nachfolgender Systematik:

### **Kosten für den physischen Transport**

Die Kosten für den physischen Transport der Sendungsaufträge sind zunächst durch den jeweiligen Partner selbst zu tragen. Dabei ist es irrelevant, ob es sich um einen Eigen- oder Partnertransport handelt. In einem durch die Kooperationspartner definierten Turnus (z. B. täglich, wöchentlich oder monatlich) erfolgt eine interne Verrechnung der durch einen Partner durchgeführten Partnertransporte. Als Bezugsgröße wird die durch die Kooperationspartner benötigte Sendungsfläche zur Durchführung aller Sendungsaufträge einer Zeitperiode festgelegt. Es wird empfohlen, den Verrechnungssatz jährlich auf der Datenbasis des vorangegangenen Zeitraums zu bestimmen. Die Berechnung des erstmaligen Verrechnungssatzes kann auf Basis von Simulationsdaten einer Probeanwendung des Kooperationsmodells erfolgen. Der Verrechnungssatz  $VS$  stellt die Gesamtkosten des physischen Transports der Kooperationspartner  $K_{pT}$  der für den Transport benötigten Gesamtungsfläche  $S_A$  einer definierten Periode in €/PE ins Verhältnis zueinander. Der Verrechnungssatz stellt sich dar als:

$$VS = \frac{K_{pT}}{S_A} = \frac{\sum_{m=1}^n K_{pT,m}}{\sum_{m=1}^n S_{A,m}} \quad (5.3)$$

Infolgedessen bekommt ein Partner die durchgeführten Partnertransporte rückwirkend vergütet und muss für seine durch einen anderen Partner durchgeführten Partnertransporte eine Kompensationszahlung leisten. Da der Verrechnungssatz für die Kompensationszahlung in beiden Fällen gleich hoch ist, können die Kooperationspartner die gegenseitig durchgeführten Partnertransporte untereinander direkt verrechnen, sodass der insgesamt aufsummierte Betrag an gezahlten und erstatteten Kompensationszahlungen innerhalb der Kooperationspartner gleich hoch ist.

### **Kosten für die partnerseitige Disposition**

Diese Kosten entfallen direkt beim jeweiligen Partner. Größere Standorte mit mehr Sendungsaufträgen haben einen höheren Koordinierungsbedarf durch einen Disponenten als kleinere Standorte. Dementsprechend werden die Kosten mit dem erwirtschafteten Umsatz und dem Nutzen durch die Anwendung des Kooperationsmodells weitestgehend korrelieren.

### **Kosten für den Einsatz des Logistikers**

Die Kosten, die durch die Implementierung des Logistikers anfallen, sind durch die Kooperationspartner im jeweiligen Verhältnis der im Kooperationsmodell bereitgestellten Sendungsfläche zur Gesamtungsfläche zu tragen. Demzufolge hat ein Partner mit einer höheren bereitgestellten Sendungsfläche eine höhere Kostenbelastung, da diese auch einen höheren Arbeitsaufwand für den Logistiker impliziert. Partner mit einer geringen bereitgestellten Sendungsfläche werden infolgedessen nur mit geringeren Kosten belastet. Somit bietet die Kostenaufteilung anhand der jeweiligen bereitgestellten Sendungsfläche eine ausgeglichene und faire Kostenumlage.

Das Sendungsgewicht wird bei der Kostenallokation nicht berücksichtigt, da dieses vielfach eine untergeordnete Bedeutung bei der Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge aufweist. Sollte dem Sendungsgewicht in einem speziellen Kooperationsfall eine wichtige Bedeutung zukommen, kann dieses für die Kostenallokation ebenfalls herangezogen werden. Weiter ist aufgrund der transpa-

renten Darstellung und einfacheren Handhabung auf die Verwendung der einem Sendungsauftrag zugrundeliegenden Fahrstrecke generell zu verzichten. Je nach Ausgangssituation und Rahmenbedingungen ist die Kostenallokation unter Umständen im Bereich der Bezugsgröße, des Verrechnungssystemes oder generell anzupassen.

Zusammenfassend sind die bedeutendsten Einzelkosten der jeweiligen Kostengruppe in Tabelle 5.5 aufgezeigt. In der Kostengruppe des physischen Transports werden die Kosten für die Motorfahrzeuge sowie deren Anhänger zusammengefasst.

Tabelle 5.5: Kostengruppen und deren bedeutende Einzelkosten

Kostengruppe	Bedeutende Einzelkosten
Kosten für den physischen Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Streckenunabhängige Kosten</li> <li>– Streckenabhängige Kosten</li> <li>– Personalkosten der Fahrer</li> </ul>
Kosten für die partnerseitige Disposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Personalkosten der Disponenten</li> <li>– Kosten Büronutzung und Arbeitsmaterialien</li> </ul>
Kosten für den Einsatz des Logistikers	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Personalkosten des Logistikers und dessen Mitarbeiter</li> <li>– Kosten Büronutzung und Arbeitsmaterialien</li> <li>– Software- und Hardwarekosten</li> <li>– Versicherungen</li> <li>– Sonstiges (z. B. Steuerberater, Marketing usw.)</li> <li>– Wagnis und Gewinn</li> </ul>

## 5.9 Modulare Erweiterungsmöglichkeiten

Das zuvor beschriebene Kooperationsmodell bildet die Grundlage einer gemeinschaftlichen Disposition und kann als Basismodell verstanden werden. Aufbauend auf diesen Überlegungen, lassen sich weitere, modulbasierte Varianten als Erweiterung des Basismodells darstellen. Diese einzelnen Erweiterungsmodule können unabhängig voneinander an das Basismodell angegliedert werden. Im Nachfolgenden folgt die Darstellung der einzelnen Erweiterungsmodule:

### **Physischer Transport durch Logistiker**

Ein wesentlicher Grundsatz des Kooperationsmodells besteht darin, dass die Kooperationspartner den physischen Transport der Bauprodukte mit ihren eigenen Transportfahrzeugen durchführen. In Anlehnung an das in Abschnitt 4.2 beschriebene Konzept eines Gebietsspediteurs wäre es denkbar, dass der Logistiker nicht nur die kooperative Disposition, sondern auch die damit verbundenen physischen Transporte übernimmt. Die Kooperationspartner könnten sich somit vollumfänglich auf ihre Kernkompetenz – den Handel mit Bauprodukten – fokussieren. Ein wesentlicher Vorteil dieses Erweiterungsmoduls liegt darin begründet, dass der Logistiker die Anzahl der Transportfahrzeuge einfacher und unter Umständen besser auf den eigentlichen Transportbedarf abstimmen kann. Somit könnte weiteres Verbesserungspotential freigesetzt werden. Weiter bestünde dann die Möglichkeit, die Kosten für den Transportprozess in Abhängigkeit des Transportzeitfensters zu staffeln. Möchte ein Kunde zu einer stark frequentierten Zeit (z. B. Montag morgens um 8 Uhr) beliefert werden, kostet der Warentransport mehr, als im Vergleich zu einer weniger stark nachgefragten Zeit (z. B. Mittwoch mittags um 14 Uhr). Durch die Initiierung einer Preisstaffelung wird prognostiziert, dass die kundenseitige Flexibilität des Transportzeitfensters erhöht wird. Infolgedessen reduziert sich die Komplexität der Disposition für den Logistiker. Im Hinblick auf die steigende Umweltbelastung durch den Transportsektor könnte der Warentransport – wie in der Transportlogistik ande-

rer Branchen bereits schon umgesetzt<sup>25</sup> – durch den Logistiker mit Elektrofahrzeugen durchgeführt werden. Vor allem das regional begrenzte Transportgebiet eignet sich besonders für eine solche Nutzung. Elektrofahrzeuge könnten in den Basismodellen ebenfalls Einsatz finden, jedoch wird der Wechsel des bestehenden Fuhrparks mit Verbrennungsmotoren auf Elektromobilität u. a. aufgrund der häufig traditionell geprägten Sichtweise der Händler als schwierig erachtet.

### **Ganzheitliche Bauverkehre**

Die Basismodelle disponieren die durch einen Partner zu verantwortenden physischen Transporte innerhalb des Lagergeschäfts. Durch die Erweiterung der Transporte im Sinne der ganzheitlichen Bauverkehre, sollen in diesem Erweiterungsmodul alle für das Bauwesen unmittelbar relevanten Transporte innerhalb eines definierten Flächegebiets geplant und gesteuert werden. Somit sind in die kooperative Disposition nicht nur Unternehmen aus dem Bereich des Baustoff-Fachhandels, sondern alle mit dem Bauwesen verbundenen Unternehmen integrierbar. Infolgedessen wären die Transporte des Streckengeschäfts oder generell auch Massengutsendungen (z. B. Erdtransporte oder Schüttgütertransporte) integrierbar. Der Einsatzzweck des Logistikers erweitert sich auf die Umsetzung von Konsolidierungs- und Koordinierungseffekten. Dies liegt darin begründet, dass die potentiellen Kooperationspartner teils nicht bündelbare Warensendungen transportieren. Der Nutzen des Kooperationsmodells im Hinblick auf die Konsolidierungseffekte bleibt vollständig erhalten. Er wird sogar durch die Integration weiterer Transporte noch erhöht. Als Haupteffekt der Transportkoordination ist die Reduktion von Leerfahrten, mit der damit verbundenen verringerten Anzahl an benötigten Transportfahrzeugen sowie einer generellen Effizienzsteigerung anzusehen. Infolgedessen besteht durch die Anwendung des Erweiterungsmoduls nicht nur ein wesentlicher Nutzen für die potentiellen Kooperationspartner, sondern auch ein besonderer Vorteil für die ansässigen Kommunen,

---

<sup>25</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.4.

sodass eine Beeinträchtigung des öffentlichen Verkehrs durch den Bauverkehr verringert wird.

### **Express-Transporte**

Das bestehende Konzept des Kooperationsmodells sieht die Möglichkeit einer Eilbestellung innerhalb der operativen Disposition vor. Bei diesem Prozess erfolgt eine vorgeschaltete Prüfung des Logistikers auf Durchführbarkeit. Dementsprechend kann die Durchführung der Eilbestellung nicht garantiert werden. Mit diesem Erweiterungsmodul soll den Eilbestellungen eine höhere Durchführungswahrscheinlichkeit in Form eines separaten Express-Transports zugeteilt werden. Für diesen Zweck vorgehaltene Express-Transportfahrzeuge sind für eilige Sendungsaufträge einzusetzen, sodass diese kurzfristig bedient werden können. Die Express-Transporte fokussieren insbesondere die Verwendung von leichten Nutzfahrzeugen und leichten Lkw. Die Warensendungen der Eilbestellungen werden dann vorrangig als Direktlieferung ausgeführt. Der Zweck dieses Erweiterungsmoduls liegt im Ausbau des Lieferservices für die Kunden und nicht in der Erhöhung der Transporteffizienz durch Nutzung von Transportkonsolidierungseffekten. Die dabei anfallenden Zusatzkosten u. a. durch die Vorhaltung der Express-Transportfahrzeuge, müssen verursachergerecht vergütet werden.

### **Transportfahrzeug-Pufferungsflächen**

Insbesondere in urbanen Ballungsräumen ist eine pünktliche Anfahrt zu den Baumaßnahmen oftmals mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dies betrifft nicht nur die Transportfahrzeuge zur Einhaltung des zugeteilten Zeitfensters, sondern auch die Handwerkerfahrzeuge, die ganztags auf dem Baufeld oder in dessen unmittelbarer Nähe parken müssen. Aus diesem Grund werden häufig, nach vorheriger Abstimmung mit der Kommune, öffentliche oder von Privatpersonen angemietete Flächen dazu benutzt, um Transportfahrzeuge bei vorzeitigem Eintreffen an der Baumaßnahme zwischenzupuffern, sodass diese nach einer Wartezeit wie geplant auf das Baufeld einfahren können. Weiterhin besteht auf diesen Flächen die Möglichkeit, Handwerkerfahrzeuge für mehrere

Stunden zu parken. Solche Pufferflächen weisen oftmals zu den Stoßzeiten eine zu geringe Kapazität auf und sind in der Regel einer speziellen Baustelle zugeordnet. Eine genaue Planung und Steuerung der Pufferflächenverwendung gibt es nicht. Im Rahmen dieses Erweiterungsmoduls soll die organisatorische Aufgabe der Zuweisung der Pufferfläche von dem Logistiker übernommen werden. Diese Dienstleistung erhöht die Kapazitätsauslastung der zur Verfügung stehenden Pufferflächen und trägt somit maßgeblich zur fristgerechten Anfahrt auf die Baufelder im Zuge eines Ver- oder Entsorgungstransports sowie zur Reduzierung von öffentlichen Verkehrsbeeinträchtigungen durch blockierend-parkende Handwerkerfahrzeuge bei. Eine fristgerechte Anfahrt zur Einhaltung des zugeteilten Zeitfensters bildet die Grundlage einer oftmals geforderten JIT-Lieferung<sup>26</sup>.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die zuvor beschriebenen Erweiterungsmodule einerseits das Kooperationsmodell verbessern und andererseits gänzlich neue Anwendungsfelder aufzeigen. Im Hinblick auf die Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Erweiterungsmodule ergeben sich weitere Synergien, die zur Effizienzsteigerung der Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel sowie der Baubranche generell maßgeblich beitragen können.

---

<sup>26</sup> Auf die Wechselwirkungen mit den eigentlichen Bauprozessen sei verwiesen.





# 6 Evaluation des Kooperationsmodells

## 6.1 Datengrundlage

Die These dieser Arbeit basiert darauf, dass durch eine Konsolidierung von Warentransporten im Baustoff-Fachhandel Effizienzsteigerungen erzielt werden können. Ein entsprechendes Kooperationsmodell wurde in Kapitel 5 erarbeitet. Der Nachweis erfolgt durch eine exemplarische Simulation des Kooperationsmodells auf Basis von Realdaten<sup>1</sup>. Als Datengeber konnten drei Händler im Großraum Karlsruhe gewonnen werden. Die Darlegung von Informationen, die einen Rückschluss auf detaillierte Transport- oder Kundendaten der Datengeber zulassen, wird bewusst unterbunden oder anonymisiert aufgezeigt. Zur genaueren Zuteilung der erhobenen Daten werden die Händler anhand der Buchstaben A, B und C differenziert. Die jeweiligen händlerbezogenen Daten sowie deren zur Verfügung gestellte Transportdaten bilden den wesentlichen Bestandteil der Erhebung. Die **händlerbezogenen Daten** lassen sich hauptsächlich beschreiben durch:

- Geografische Lage der Standorte
- Öffnungszeiten der Standorte
- Amtliches Kfz-Kennzeichen der Transportfahrzeuge
- Ausstattungsmerkmale der Transportfahrzeuge (z. B. Ladekran)

---

<sup>1</sup> Nachfolgend vereinfacht als Daten bezeichnet.

- Zulässige Nutzlast der Transportfahrzeuge
- Ladeflächengröße der Transportfahrzeuge
- Transportfahrzeug-Zuweisung zum Depot
- Motorfahrzeug-Anhänger-Kombinationen
- Verfügbarkeit der Transportfahrzeuge
- Verfügbarkeit der Fahrer
- Vereinzelte Angaben zu den Transportfahrzeugkosten

Die **Transportdaten** der Händler beziehen sich auf den Großraum Karlsruhe und umfassen den Untersuchungszeitraum Juli 2015. Nachfolgend sind die wesentlichen, von den Händlern abgefragten, Transportdaten aufgelistet:

- Transportmerkmale und amtliches Kfz-Kennzeichen der Motorwagen
- Transportmerkmale und amtliches Kfz-Kennzeichen der Anhänger
- Motorfahrzeug-Anhänger-Kombinationen
- Datum der Transporte
- Geografische Lage/Standort der Quellen
- Geografische Lage/Standort der Senken
- Sendungsgewichte
- Sendungsflächen
- Tourenpläne

Die **Datenqualität und -quantität** unterscheidet sich teils erheblich zwischen den Händlern. Während ein Händler alle geforderten Daten in digital aufbereiteter Form bereitstellte, übermittelten die beiden anderen lediglich die von ihren Fahrern händisch ausgefüllten Tourenberichte. Darin sind die Sendungsgewichte und die Sendungsflächen nicht ausgewiesen, sodass nach einer Digitalisierung der vorliegenden Daten, eine umfangreiche Nacherhebung erfolgen musste. Anhand der auf den einzelnen Tourenberichten angegebenen Lieferscheinnummern bzw. Auftrags-Nummern konnten die transportierten Bauprodukte eines jeden Sendungsauftrags identifiziert und zusammen mit den Disponenten das Sendungsgewicht und die Sendungsfläche abgeschätzt werden. Weiter

wurden die digitalisierten und zusammengeführten Transportdaten nach Fehlern bzw. fehlerhaften Werten analysiert sowie die Plausibilität der Tourenpläne geprüft. Bei einigen unstimmgigen Daten erfolgte zur Klärung eine Rücksprache mit dem jeweiligen Händler. Zur Nutzung wurde abschließend die tourenorientierte Form der digitalisierten Daten in eine sendungsorientierte Form überführt. Insgesamt brachte die Erhebung 2946 Datensätze hervor. Ein Datensatz entspricht dabei einem durchzuführenden Sendungsauftrag, der sich aus mehreren Bauprodukten zusammensetzen kann.

Die Bedingung zur Simulation des Kooperationsmodells basiert auf der Prüfung der Voraussetzungen zur Transportkonsolidierung wie in Abschnitt 5.2 beschrieben. Es ist festzuhalten, dass mindestens zwei Partner gefunden wurden und die zu transportierenden Bauprodukte konsolidierbar sind. Demzufolge gilt es, in einer **Voruntersuchung** die Quelle-Senke-Charakteristik der Daten aufgrund der Überlagerung der jeweiligen Transportnetze zu untersuchen und zu bewerten. Die geografische Abgrenzung des Untersuchungsgebiets erfolgte auf Basis der Postleitzahl der Standorte. Es stellte sich heraus, dass eine Überschneidung der Transportnetze nicht flächendeckend gegeben ist. Das Transportnetz eines Händlers ist aus geografischer Sichtweise weitläufiger als bei den beiden anderen Händlern. Infolgedessen werden nur diejenigen Standorte mit den dort zugeordneten Sendungsaufträge weiter betrachtet, die im Postleitzahl-Gebiet 76 liegen. Somit kann eine brauchbare Quelle-Senke-Charakteristik unterstellt werden.

Im **Ergebnis** beinhaltet das abgegrenzte Untersuchungsgebiet 2262 Datensätze. In Tabelle 6.1 sind die einzelnen Standorte der Händler aufgelistet. Es erfolgt die Deklaration nach der Art des jeweiligen Standorts. Hierbei gilt nach Abschnitt 5.1, dass Depots Lagerstandorte mit zusätzlich zugeordneten Transportfahrzeugen sind. Die Differenzierung zwischen Depot- und Lagerstandort erfolgt unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten. So hält bspw. der Standort mit der Kennung C1 mindestens ein Transportfahrzeug vor, das in die Durchführung der Sendungsaufträge eingebunden war. Der Lagerstandort C3 beinhaltet

ebenfalls mindestens ein Transportfahrzeug. Dieses wurde aber zur Durchführung der betrachteten Sendungsaufträge nicht berücksichtigt.

Tabelle 6.1: Standorte der Datengeber

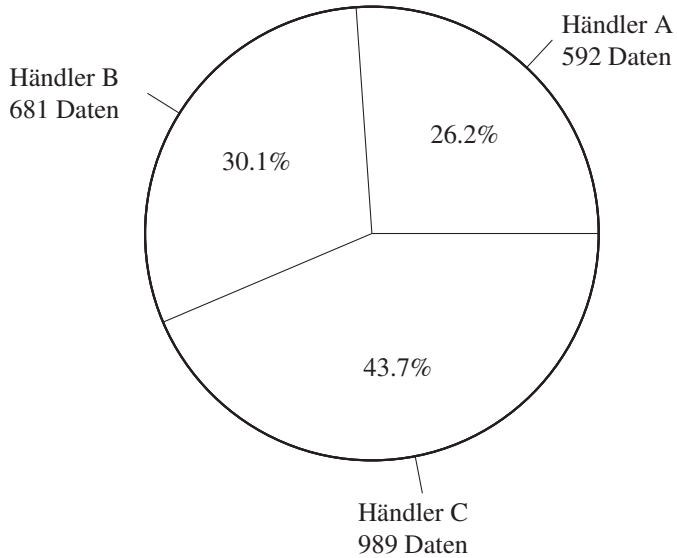
Datengeber	Standort-Kennung	Postleitzahl	Ort	Ausprägung
Händler A	A1	76189	Karlsruhe	Depot
	A2	76437	Rastatt	Lager
	A3	76356	Weingarten	Lager
Händler B	B1	76189	Karlsruhe	Depot
	B2	76185	Karlsruhe	Lager
	B3	76756	Bellheim	Lager
Händler C	C1	76227	Karlsruhe	Depot
	C2	76532	Baden-Baden	Depot
	C3	76547	Sinzheim	Lager

Händler A und Händler B weisen die gleiche Standortstruktur auf. Beide haben jeweils ein Depot und zwei Lager. Händler C hingegen bedient seine Sendungsaufträge aus zwei Depots und einem Lager. Die relative und absolute Verteilung der 2262 Sendungsaufträge auf die einzelnen Händler als maßgebliche Datengrundlage ist in Abbildung 6.1 zusammenfassend abgebildet. Während Händler A und Händler B in etwa gleich viele Sendungsaufträge bereitstellen, dominiert im Vergleich dazu die Anzahl der Datensätze von Händler C. Im Anhang<sup>2</sup> ist eine detailliertere Darstellung der einzelnen Sendungsaufträge mit Angabe des Sendungsgewichts und der Sendungsfläche abgebildet. Sendungsaufträge mit einem Sendungsgewicht von 0 kg und einer Sendungsfläche von 0 PE stellen Servicefahrten zu Kunden dar. Hier steht nicht ein Warentransport, sondern die

<sup>2</sup> Siehe Abbildung B.1, Abbildung B.2 und Abbildung B.3.

Umsetzung von Bauprodukten auf der Baustelle des Kunden<sup>3</sup> im Fokus. Weiter ist im Anhang in Tabelle B.1 die Zusammensetzung der Datengeber anhand der Typisierung der Sendungsaufträge dargestellt.

Abbildung 6.1: Anzahl der Sendungsaufträge der Datengeber



<sup>3</sup> Siehe Abschnitt 5.6.

Zusätzlich zur Anzahl und Verteilung der Sendungsaufträge zwischen den Händlern sind in Tabelle 6.2 das mit der Durchführung der Transporte verbundene aufsummierte Sendungsgewicht und die Sendungsfläche zusammengefasst.

Tabelle 6.2: Sendungsgewicht und Sendungsfläche der Datengeber

Datengeber	Sendungsgewicht		Sendungsfläche	
	Summe	Anteil	Summe	Anteil
Händler A	1052,1 t	23,2 %	3226 PE	33,8 %
Händler B	1333,6 t	29,3 %	2412 PE	25,2 %
Händler C	2159,1 t	47,5 %	3921 PE	41,0 %
Gesamtsumme	4544,8 t	100,0 %	9559 PE	100,0 %

Die **Abgrenzung des Untersuchungsgebiets** und damit die Festlegung der Depots impliziert die relevanten Fuhrparkdaten. Aus Tabelle 6.3 sind die den Depots der Händler zugeordneten Transportfahrzeuge mit deren wesentlichen Merkmalen ersichtlich. Es erfolgt eine Unterscheidung in Motorfahrzeuge und Anhänger. Weiterhin ist erkennbar, dass die aufgelisteten Transportfahrzeuge der in Unterabschnitt 2.2.4 definierten Klasse der mittelschweren und schweren Lkw zugeordnet werden können. Leichte Nutzfahrzeuge kommen nicht zum Einsatz. Die Transportfahrzeug-Kennung setzt sich aus der Kategorie, einer fortlaufenden Nummerierung und dem zugehörigen Transportfahrzeugstandort zusammen.

Tabelle 6.3: Fuhrparkdaten der Datengeber

Datengeber	Kategorie	Kennung	zGG	Nutzlast	Ladefläche
Händler A	Lkw	Lkw-1-A1	18 t	7000 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-2-A1	26 t	11.300 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-3-A1	26 t	11.300 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-4-A1	26 t	13.000 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-5-A1	26 t	11.300 kg	16 PE
	Anhänger	Anh-1-A1	11,99 t	9000 kg	16 PE
Händler B	Lkw	Lkw-1-B1	26 t	11.500 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-2-B1	26 t	11.500 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-3-B1	26 t	11.500 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-4-B1	26 t	11.500 kg	16 PE
	Anhänger	Anh-1-B1	18 t	11.500 kg	16 PE
Händler C	Lkw	Lkw-1-C1	26 t	11.370 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-2-C1	26 t	12.230 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-3-C1	11,99 t	5240 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-4-C2	26 t	12.520 kg	16 PE
	Lkw	Lkw-5-C2	11,99 t	5690 kg	15 PE
	Lkw	Lkw-6-C2	18 t	9300 kg	13 PE
	Lkw	Lkw-7-C2	26 t	10.860 kg	14 PE
	Lkw	Lkw-8-C2	26 t	12.340 kg	14 PE
	Anhänger	Anh-1-C1	18 t	14.200 kg	17 PE
	Anhänger	Anh-2-C2	18 t	14.100 kg	15 PE
Anhänger	Anh-3-C2	18 t	14.445 kg	17 PE	

Im Zuge der Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Motorfahrzeugen und den Anhängern gilt folgender Grundsatz: Alle Lkw und Anhänger eines Händlers sind beliebig kombinierbar. Ausnahme bilden die Transportfahrzeuge von Händler C. Hier gilt die explizite Zuordnung zwischen Motorfahrzeug und Anhänger:

- Lkw-1-C1 zu Anh-1-C1
- Lkw-4-C2 zu Anh-2-C2
- Lkw-7-C2 zu Anh-3-C2

Die restlichen Lkw von Händler C können nicht mit einem Anhänger kombiniert werden.

Diese Primärdaten bilden die Basis für die nachfolgende Untersuchung, die den Erfolg des entwickelten Kooperationsmodells nachweist. Weitere ergänzende Sekundärdaten werden insbesondere in Abschnitt 6.2 zur Festlegung der Modellierungsparameter aufbereitet und diskutiert. Zur stringenten Nomenklatur in Bezug auf die Ausführungen in Kapitel 5 werden die Datengeber Händler A, Händler B und Händler C nachfolgend weiter als Partner A, Partner B und Partner C bezeichnet.



## 6.2 Modellierungsparameter

Die Modellierung des Transportsystems erfolgt durch Anwendung einer **Tourenplanungssoftware**<sup>4</sup>. Mit deren Hilfe sollen anhand verschiedener Simulationsmodelle insbesondere die Auswirkungen der zu fahrenden Gesamtstrecke der Kooperationspartner bei Übertragung der Daten auf das Kooperationsmodell untersucht werden.

Das verwendete Tourenplanungsprogramm ist eine am Markt erhältliche Software, die durch Nutzung von vorwiegend heuristischen Berechnungsalgorithmen ein Tourenproblem löst und einen Tourenplan erzeugt. Der mathematische Ansatz basiert auf einem in Unterabschnitt 2.2.3 beschriebenen simultanen Eröffnungsverfahren nach dem Saving-Algorithmus zur Findung einer zulässigen Anfangslösung. Darauf aufbauend kann der ermittelte Tourenplan durch die nachfolgenden vier Verbesserungsverfahren schwerpunktorientiert optimiert werden:

- Nachoptimierung: Standardverfahren zur Nachverbesserung.
- Tourenreduktion: Verfahren zur Verringerung der Anzahl der Touren.
- Reihenfolgeoptimierung: Verfahren zur Intra-Tourenoptimierung im Hinblick auf die Routen.
- Einsatzoptimierung: Verfahren zur Verbesserung der Transportfahrzeug-Zuordnung.

Die im Zuge der Arbeit erstellten Tourenpläne des Eröffnungsverfahrens wurden alle mit der Nachoptimierung verbessert.

---

<sup>4</sup> Als Simulationssoftware findet das Programm Smartour der *PTV AG* Anwendung.

Die **Grundkonfiguration** der Tourenplanungssoftware basiert auf den planungsrelevanten Angaben der Datengeber. Aufgrund teilweise mangelnder oder inkonsistenter Informationen der Datengeber, wird die Grundkonfiguration für alle Kooperationspartner vereinheitlicht. Als Resultat der Grundkonfiguration ergeben sich nachfolgende Festsetzungen:

### **Öffnungszeiten**

Die Öffnungszeiten definieren das Zeitfenster des Warentransports. Diese sind hinsichtlich der Standorte, der Ladestellen<sup>5</sup> und der Transportfahrzeuge zu unterscheiden. Als Öffnungszeit wird der Zeitraum von Montag bis Freitag zwischen 7 Uhr und 17 Uhr festgelegt. Öffnungszeitüberschreitungen sind nur zur Nachstellung der wirklich durchgeführten Touren in einigen wenigen Fällen zugelassen. Die Zuteilung einer pauschalen Öffnungszeittoleranz erfolgt nicht.

### **Servicezeitklassen**

Die Servicezeitklassen beschreiben die Dauern, die zum Be- und Entladen der Bauprodukte eingeplant werden. Es wird hinsichtlich der Standorte und der Ladestellen beim Hersteller sowie Kunden differenziert. Die Berechnung der benötigten Servicezeit setzt sich aus einem mengenunabhängigen (fix) und einem mengenabhängigen (variabel) Anteil zusammen. Der variable Zeitanteil erfolgt in Abhängigkeit der benötigten Sendungsfläche und ist als exponentielle Funktion dargestellt, sodass sich mit ansteigender Sendungsfläche die planmäßige Be- und Entladezeit im Verhältnis zu kleineren Sendungsaufträgen verkürzt. Der Maximalwert begrenzt die Servicezeit insgesamt. Die unterschiedlichen Zeitansätze der fixen Servicezeit resultieren daraus, dass bei den Standorten der Kooperationspartner u. a. infolge von Zuweisung neuer Tourendaten durch den Disponenten mehr Zeit benötigt wird, als bei den Ladestellen. Innerhalb der variablen Servicezeit wird unterstellt, dass die Be- und Entladung bei den Standorten der Kooperationspartner sowie bei den Ladestellen der Hersteller mit dort vorhan-

---

<sup>5</sup> Ladestellen werden all diejenigen Quellen und Senken bezeichnet, die nicht als Standorte definiert sind.

denen Flurförder- und Hubgeräten stattfindet und auf die Verwendung des Lkw-Ladekrans verzichtet werden kann. Daher ist eine schnellere Be- und Entladung der Bauprodukte möglich. Die Servicezeitklassen mit den definierten Zeitangaben sind in Tabelle 6.4 aufgelistet.

Tabelle 6.4: Servicezeitklassen

Servicezeitklasse	Zeitanteil		Exponent	Maximum
	Fix	Variabel		
Standorte Partner	8,0 min	2,0 min	0,98	60,0 min
Ladestellen Hersteller	5,0 min	2,0 min	0,98	60,0 min
Ladestellen Kunden	5,0 min	3,5 min	0,98	60,0 min

### Transportfahrzeugstandorte und Vorabend-Beladung

Die Transportfahrzeuge sind fest an ein Depot gebunden. Infolgedessen beginnt und endet der Arbeitstag des Fahrers an diesem Depot. Die Möglichkeit der Vorabend-Beladung der Transportfahrzeuge wird im Zuge der Simulation nicht integriert.

### Ausstattungsmerkmale

Die Festlegung von Ausstattungsmerkmalen kann aus unterschiedlichen Gründen erfolgen. In der Regel werden dadurch Planungsbeschränkungen definiert. Mit Bezug zur vorliegenden Arbeit ist anzumerken, dass die Sendungsaufträge mit Kundenbezug das Ausstattungsmerkmal eines Ladekrans benötigten. Be- und Entladevorgänge an den Standorten der Kooperationspartner oder der Hersteller können mit den dort vorhandenen Flurförder- und Hubgeräten durchgeführt werden. Da alle zur Verfügung stehenden Transportfahrzeuge mit einem Ladekran ausgestattet sind, kann jeder Sendungsauftrag von jedem Lkw durchgeführt werden. Weiterhin kann sich ein Ausstattungsmerkmal auf die Witterungsempfindlichkeit der zu transportierenden Bauprodukte beziehen, so dass bspw. Dämmmaterialien bei einem erwarteten Regenschauer nur in einem

Pritschen-Lkw mit Plane befördert werden dürfen. Die vorliegende Datengrundlage lässt keine Rückschlüsse auf die Wetterlage zum Transportzeitpunkt zu. Infolgedessen wird die Annahme getroffen, dass die zu transportierenden Bauprodukte witterungsunempfindlich sind oder durch geeignete Maßnahmen entsprechend gegen die Witterung geschützt werden können. Somit entfällt der Planungsaspekt der aktuell vorherrschenden Umwelteinflüsse bei der Disposition. Jeder Sendungsauftrag kann unabhängig vom jeweiligen Transportfahrzeug transportiert werden.

### **Aufteilung Sendungsaufträge**

Eine Aufteilung der Sendungsaufträge in Teilsendungen und somit eine Zerlegung der kapazitätsrelevanten Planungsbedingungen hinsichtlich des Sendungsgewichts und der Sendungsfläche ist nicht möglich.

### **Lenk- und Ruhezeiten**

Die Simulationen erfolgten unter Beachtung der gesetzlich vorgeschriebenen Lenk- und Ruhezeiten<sup>6</sup>. Servicezeiten  $\geq 15$  min können im Sinne der Lenk- und Ruhezeiten als Pausenzeit genutzt werden. Diese sind jedoch bei aktiver Ver- oder Entladetätigkeit des Fahrers als Arbeitszeit einzuordnen.

### **Arbeitszeiten**

Die Simulationen erfolgten unter Beachtung der zulässigen gesetzlichen Arbeitszeitregelungen<sup>7</sup>. Hierbei wird bei der Tourenbildung – insbesondere aufgrund des regional begrenzten Transportgebiets – auf die Zuweisung eines zweiten Fahrers explizit verzichtet.

---

<sup>6</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.3.

<sup>7</sup> Siehe Unterabschnitt 2.2.3.

Die zuvor beschriebene Grundkonfiguration ist direkt an die Einstellungen der Tourenplanungssoftware geknüpft und über alle Simulationsmodelle<sup>8</sup> hinweg konstant. Die Basismodelle ergeben sich weiter anhand der nachfolgend definierten Modellierungsparameter, die je nach Untersuchungsvariante des Konsolidierungsmodells angepasst werden:

### **Warenstandort**

Die Bauprodukte werden einem Standort oder einer Ladestelle fest zugeordnet. Diese Zuordnung basiert auf der vorliegenden Datengrundlage. Somit sind die Quellen und Senken klar definiert und nicht veränderbar. Weiterhin erfolgt die Abholung der Bauprodukte bei einem Partnertransport erst mit Beginn der entsprechenden Tour. Der vorzeitige Transport von Bauprodukten zum Partner für eine spätere Tour ist nicht vorgesehen.

### **Durchführungszeitpunkt**

Es gilt die Bedingung, dass innerhalb der Basismodelle der Durchführungstag der einzelnen Sendungsaufträge gleich bleibt. Demzufolge wird der ursprüngliche Tag der Durchführung auf Basis der Datengrundlage beibehalten. Der genaue Zeitpunkt des Transports innerhalb des Durchführungstages ist nicht festgesetzt.

### **Anhängernutzung**

Die Möglichkeit der Nutzung eines Anhängers im Zuge der Durchführung eines Sendungsauftrags ist an die Datengrundlage gebunden. Es können nur diejenigen Sendungsaufträge mit einem Anhänger durchgeführt werden, die in der Realität auch mit einem Anhänger angedient wurden. Für alle anderen Sendungsaufträge besteht ein Anhängerladeverbot.

---

<sup>8</sup> Die Simulationsmodelle setzen sich aus den Basismodellen (Realsituation, Referenzmodell und Konsolidierungsmodell) im Zuge der Basisuntersuchung sowie verschiedener Untersuchungsvarianten des Konsolidierungsmodells zusammen. Die Bedeutung und Inhalte aller Simulationsmodelle werden nachfolgend genauer beschrieben.

## 6.3 Basisuntersuchung

### 6.3.1 Basismodelle

Dieser Abschnitt untersucht das Potential des Kooperationsmodells zur Reduktion der zu fahrenden Gesamtstrecke innerhalb des Lagergeschäfts im Baustoff-Fachhandel und fokussiert somit die Beantwortung von Forschungsfrage II (a) aus Abschnitt 1.2.

Die Evaluation des Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel anhand der Daten der Kooperationspartner erfolgt durch den Vergleich der drei Basismodelle:

- Realsituation
- Referenzmodell
- Konsolidierungsmodell

Die **Realsituation** bildet die tatsächlich durchgeführten Touren der Datengeber unter Beibehaltung der jeweiligen Fahrrouten nach. In einigen wenigen Fällen muss von den zuvor festgelegten Öffnungszeiten innerhalb der Grundkonfiguration abgewichen werden, sodass die ursprüngliche, zeitlich längere Tour nachzubilden ist. Die Durchführung der Sendungsaufträge erfolgt für jeden Partner getrennt. Abbildung 6.2 stellt das Ergebnis der Tourenplanung der Realsituation für den 08.07.2015 dar. Es gelten die Erläuterungshinweise<sup>9</sup>, dass die Standorte der Partner als Dreieck und die Ladestellen als Würfel dargestellt sind. Die Touren, als euklidische Fahrstrecken<sup>10</sup>, sind von Partner A in rot, von Partner B in blau und von Partner C in grün visualisiert. Transparente Fahrstrecken symbolisieren Fahrten vom oder zurück zum Startdepot.

---

<sup>9</sup> Diese gelten ebenfalls für Abbildung 6.3 und Abbildung 6.4.

<sup>10</sup> Die Darstellung der Fahrstrecken ist als euklidische Distanz zu sehen, wobei die Tourenberechnung anhand der wirklichen Distanz des Straßenverlaufs erfolgt.

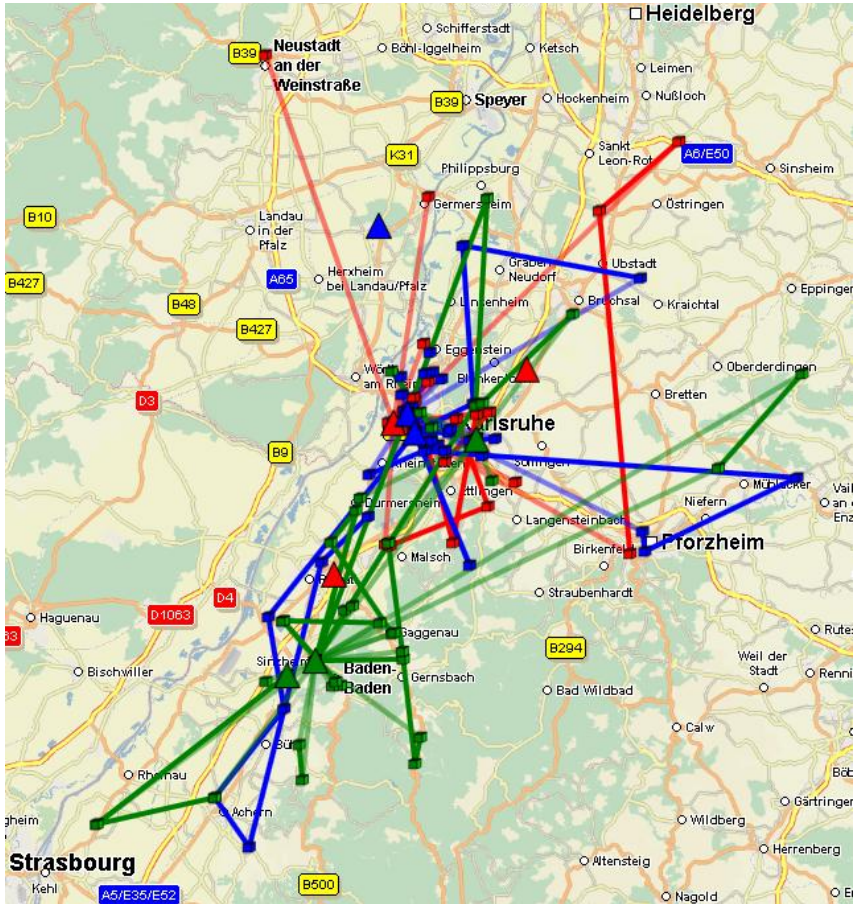


Abbildung 6.2: Ergebnis der Tourenplanung der Realsituation vom 08.07.2015

Im **Referenzmodell** werden die tatsächlichen Touren aufgelöst und unter Einhaltung der Modellierungsparameter neu simuliert. Die partnerseitige Trennung der Sendungsaufträge bleibt bestehen. Der Zweck des Referenzmodells besteht darin, einen neuen Tourenplan ohne unbestimmbare – insbesondere nicht abschätzbare partnerseitige – Einflussfaktoren zu erlangen.

Mit dem Referenzmodell wird ein von unbestimmbaren Einflussfaktoren bereinigter Tourenplan erzeugt, mit dem die Auswirkungen des Konsolidierungsansatzes des Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel besser aufgezeigt werden können. Abbildung 6.3 stellt das Ergebnis der Tourenplanung im Referenzmodell für den 08.07.2015 dar. Im Vergleich zum Ergebnis der Tourenplanung der Realsituation in Abbildung 6.2 ist u. a. ersichtlich, dass die von Partner A durchgeführten Direktlieferungen nach Neustadt und Germersheim<sup>11</sup> im Referenzmodell in eine bestehende Tour integriert werden.

---

<sup>11</sup> Beide Ladestellen befinden sich am oberen Rand des Kartenausschnitts.



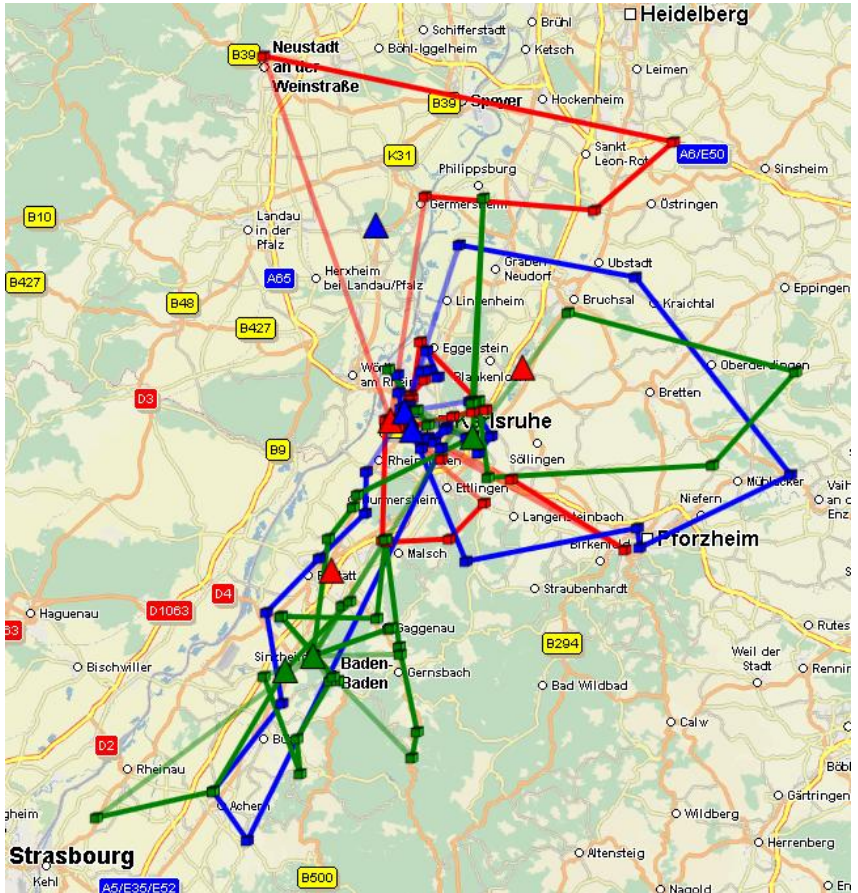


Abbildung 6.3: Ergebnis der Tourenplanung des Referenzmodells vom 08.07.2015

Folgende Faktoren können das Ergebnis des Referenzmodells in Bezug zur Realsituation wesentlich beeinflussen:

- Dispositionsstrategie (z. B. Anweisung der Geschäftsleitung immer nur einen Sendungsauftrag zu transportieren oder Sendungsaufträge innerhalb einer Tour zu konsolidieren.)
- Priorisierung der Reihenfolge der Kundenbelieferung (z. B. ein Kundenwunsch wird berücksichtigt, sodass dieser morgens als erstes beliefert wird, obwohl sich dadurch die gesamte Tour verschlechtert.)
- Art der Transportplanung (z. B. manuelle Planung oder Nutzung einer Tourenplanungssoftware.)
- Fähigkeit und Qualifikation des Disponenten (z. B. Transportplanung durch ungelehrten Mitarbeiter oder erfahrenen Disponenten.)
- Nicht alle Sendungsaufträge sind bei Planungsbeginn bekannt (z. B. Sendungsaufträge werden kurzfristig innerhalb des Tage erst erfasst und eingeplant.)
- Sonstige Besonderheiten (z. B. aufgrund von Starkregen muss der Transport von nässeempfindlichen Bauprodukten um einige Stunden verschoben werden.)

Das **Konsolidierungsmodell** basiert auf den gleichen Modellierungsparametern wie das Referenzmodell, jedoch mit dem Unterschied, dass die Unternehmensgrenzen der Kooperationspartner nicht berücksichtigt werden. Innerhalb des Konsolidierungsmodells erfolgt die Disposition aller Sendungsaufträge gemeinschaftlich. Dadurch, dass beim Übergang vom Referenzmodell zum Konsolidierungsmodell lediglich die Unternehmensgrenzen wegfallen, kann das Verbesserungspotential des Kooperationsmodells eindeutig bestimmt und aufgezeigt werden. Abbildung 6.4 stellt das Ergebnis der Tourenplanung im Kooperationsmodell für den 08.07.2015 dar. Die Konsolidierung der Touren wird im Vergleich zu Abbildung 6.3 ersichtlich. Beispielhaft werden im rechten Rand des Kartenausschnitts im Kooperationsmodell alle Ladestellen von Partner C be-

dient. Im Referenzmodell zuvor wird dieser Bereich von Partner B und Partner C parallel angefahren.

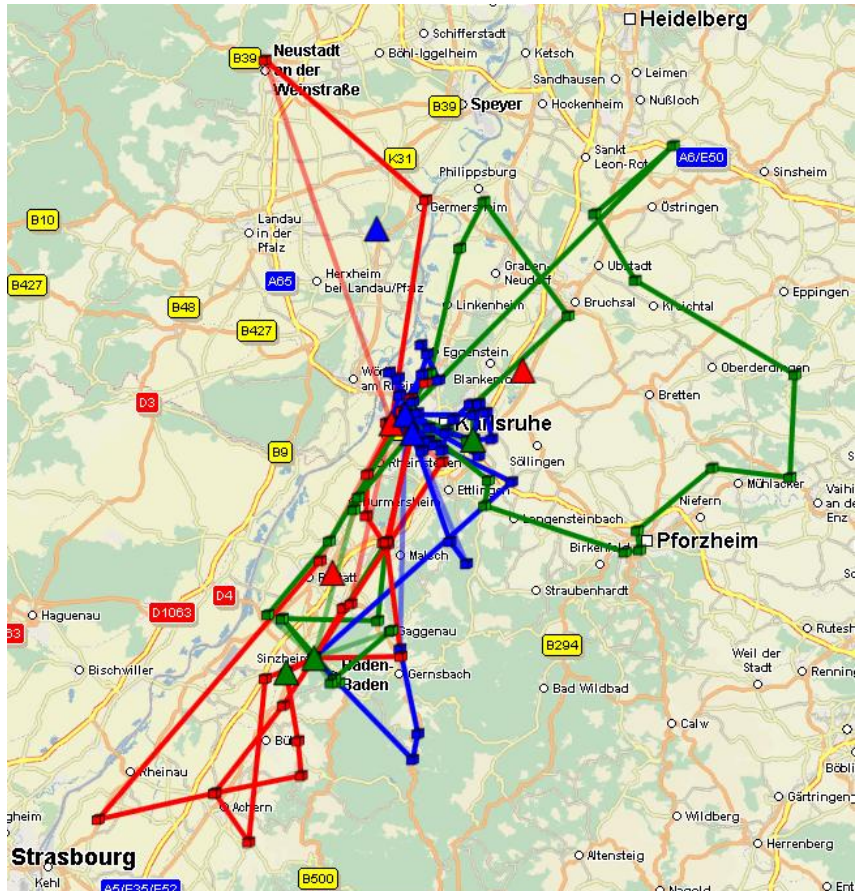


Abbildung 6.4: Ergebnis der Tourenplanung des Kooperationsmodells vom 08.07.2015

### 6.3.2 Ergebnisauswertung

Die Ergebnisauswertung der **Basisuntersuchungen** sind in Abbildung 6.5 dargestellt. Bei Simulation des Kooperationsmodells auf Basis der Datengrundlage ist erkennbar, dass hinsichtlich der festgelegten Optimierungsvariable eine Reduzierung der Gesamtstrecke der Kooperationspartner in Höhe von 10,9 % erzielt werden kann. Aus dem Unterschied zwischen der Realsituation und dem Referenzmodell wird ersichtlich, dass die zuvor genannten unbestimmbaren Einflussfaktoren einen wesentlichen Anteil (in Höhe von 28,1 %) an der Gesamtstrecke ausmachen. Es wäre jedoch nicht korrekt von einer Gesamtstreckeneinsparung durch die Simulation des Kooperationsmodells von 35,9 % zu sprechen. Aus diesem Grund wird bei den Ergebnissen der weiteren Untersuchungen nur noch der Vergleich zwischen Referenzmodell und Konsolidierungsmodell dargestellt. Auf den Unterschied zwischen der Realsituation und dem Konsolidierungsmodell wird weitgehend verzichtet.

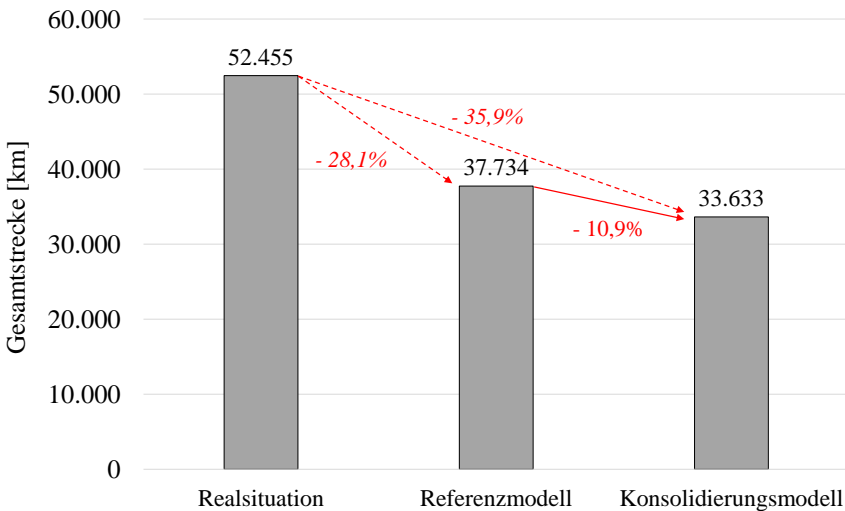


Abbildung 6.5: Ergebnis der Basismodelle

Im Hinblick auf Forschungsfrage II (a) aus Abschnitt 1.2 kann zusammengefasst werden, dass auf Basis der vorhandenen Datengrundlage mit dem Kooperationsmodell ein Reduzierungspotential der zu fahrenden Gesamtstrecke in Höhe von 10,9 % festzustellen ist.

Ergänzend zur Gesamtstreckenauswertung der Basismodelle erfolgt in Tabelle 6.5 die Darstellung der Ergebnisse in Anlehnung an den direkten einzelwirtschaftlichen Nutzen für die Kooperationspartner gemäß Unterabschnitt 5.7.1. Der Faktor *Senkenanzahl je Tour* wird aufgrund seiner untergeordneten Bedeutung nicht explizit ausgewertet. Weiterhin erfolgt die Darstellung der Transportkosten in einer separaten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Abschnitt 6.4. Die nachfolgend bewerteten Nutzen basieren auf dem Effekt der Tourenverdichtung. Die ermittelten Durchschnittswerte für die *Tourstopp-Entfernung*<sup>12</sup>, die *Anzahl der Lkw* und die *Anzahl der Anhänger* basieren allesamt auf dem arithmetischen Mittel. Eine Darstellung der Ergebnisse zum einzelwirtschaftlichen Nutzen über alle Basismodelle ist im Anhang in Tabelle B.2 dargestellt.

---

<sup>12</sup> Unter der Tourstopp-Entfernung wird die durchschnittliche Streckenentfernung zwischen den Haltepunkten (Quellen oder Senken) einer Tour verstanden.

Tabelle 6.5: Ergebnisse zum einzelwirtschaftlichen Nutzen

Bezeichnung	Referenzmodell	Konsolidierungsmodell	Veränderung
Gesamtstrecke	37.734 km	33.633 km	-10,9 %
Fahrzeit	962 h	904 h	-6,0 %
Einsatzdauer	1950 h	1910 h	-2,1 %
∅ Tourstopp-Entfernung	13,3 km	11,0 km	-17,3 %
Leerstrecke	5960 km	5412 km	-9,2 %
∅ Anzahl Lkw	12,8 Lkw/d	10,5 Lkw/d	-18,0 %
Max. Anzahl Lkw	17 Lkw	12 Lkw	-29,4 %
∅ Anzahl Anhänger	1,6 Anh./d	1,3 Anh./d	-18,8 %
Max. Anzahl Anhänger	5 Anh.	3 Anh.	-40,0 %

Zur Auswertung der **Konsolidierungseffekte** ist der Vergleich zwischen dem Referenzmodell und dem Konsolidierungsmodell entscheidend. Infolgedessen fällt in Tabelle 6.5 auf, dass im Gegensatz zur Gesamtstreckeneinsparung die Verringerung der Fahrzeit<sup>13</sup> geringer ausfällt. Das ist dadurch begründbar, dass sich der Anteil der Service- und Pausenzeiten zwischen den Basismodellen infolge der gleichen Grundkonfiguration der Simulationssoftware kaum ändert. Somit wird lediglich die Fahrzeit verkürzt. Bemerkenswert ist die bedeutende Einsparung der maximalen Anzahl der Lkw und Anhänger. Die ermittelten Maximalwerte beziehen sich im Referenzmodell entgegen der übrigen Nutzeneffekte auf eine unternehmensgetrennte Darstellung, da die Kooperationspartner voneinander losgelöst agieren. Es ist zu beachten, dass die Lkw und Anhänger im Referenzmodell allesamt benötigt werden. Die dem Depot eines Partners zugewiesenen Transportfahrzeuge waren mindestens an einem Tag vollständig im

<sup>13</sup> Die Fahrzeit bildet zusammen mit der Servicezeit und der Pausenzeit (zur Einhaltung der Lenk- und Arbeitszeiten) die Einsatzdauer.

Einsatz. Folglich kann im Referenzmodell die Anzahl der Transportfahrzeuge nicht reduziert werden, da sonst an einer Vielzahl von Tagen die durchzuführenden Sendungsaufträge nicht zu bewältigen sind. Zusammenfassend ist anzumerken, dass die theoretisch beschriebenen Nutzeneffekte nach Unterabschnitt 5.7.1 durch die Simulation des Kooperationsmodells bestätigt werden können.

Das Ergebnis des Konsolidierungsmodells und somit die Nutzendifferenz zum Referenzmodell ist wesentlich abhängig von den nachfolgenden Einflussfaktoren:

#### **Art der Sendungsaufträge**

Je geringer das Sendungsgewicht und die Sendungsfläche der Sendungsaufträge ist, desto flexibler stellt sich die Disposition dar. Dadurch kann die Kapazitätsauslastung der Transportfahrzeuge gesteigert, die Leerstrecke reduziert und infolgedessen das Dispositionsergebnis verbessert werden. Für die Steigerung der Flexibilität ist es unerheblich, ob das Sendungsgewicht und die Sendungsfläche der Sendungsaufträge reduziert werden, oder ob die Transportkapazität durch Nutzung von bspw. Lkw-Anhängern erhöht wird. In Abschnitt 6.5 wird in Untersuchungsvariante C die Auswirkung der Anhängernutzung analysiert. Das Ergebnis bestätigt die Aussage, dass die Art der Sendungsaufträge einen Einfluss auf das Dispositionsergebnis hat.

#### **Verteilung der Sendungsaufträge**

Es ist anzunehmen, dass sich die Aufteilung der Sendungsaufträge zwischen den Kooperationspartnern auf die prozentuale Reduzierung der Gesamtstrecke auswirkt. Kooperiert ein – bezogen auf die bereitgestellten Sendungsaufträge – großer Partner mit einem kleinen Partner, kann nur eine untergeordnete Gesamtstreckeneinsparung erreicht werden. Die Sendungsaufträge des kleineren Partners ergänzen das Logistiknetzwerk nur marginal und ein Großteil des Tourenplans bleibt gleich. Kooperieren hingegen zwei gleichgroße Partner, liegt die Vermutung einer ganzheitlichen Vermischung der Sendungsaufträge nahe und das prozentuale Einsparpotential steigt. Im Hinblick auf diesen Aspekt erfolgt



anschließend die Simulation der Daten auf Grundlage bilateraler Kooperationskombinationen.

### **Anzahl der Sendungsaufträge**

Je mehr Sendungsaufträge vorhanden sind, desto höher ist das Konsolidierungspotential. Da die Anzahl der Sendungsaufträge von der Anzahl der Kooperationspartner abhängig ist, folgt hieraus, dass je mehr Partner das Kooperationsmodell nutzen, desto mehr Sendungsaufträge der Disposition zugrunde liegen und desto größer das Konsolidierungspotential sowie der Gesamtnutzen sind. Dies ist auch daraus ersichtlich, dass die Simulationsergebnisse bezogen auf die Gesamtstrecke der bilateralen Kooperationskombinationen (mit immer nur zwei Partnern) schlechter sind wie die Basisuntersuchung mit drei Partnern. Folglich ist davon auszugehen, dass sich das Simulationsergebnis mit steigender Anzahl an Partnern verbessert.

### **Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet und somit die Verortung der Quellen und Senken der Kooperationspartner hat maßgeblichen Einfluss auf den Überschneidungsgrad der Logistiknetze. Je mehr sich diese überschneiden, desto günstiger ist die Quelle-Senke-Charakteristik und infolgedessen das Konsolidierungspotential. In vorliegendem Fall stammen die Daten von Kooperationspartnern aus dem Großraum Karlsruhe. Es ist anzunehmen, dass das Kooperationsmodell bei Simulation von größeren urbanen Gebieten (z. B. Großraum Köln, Hamburg oder München) wesentlich höhere Nutzenvorteile für die Kooperationspartner hervorbringen kann.

### **Untersuchungszeitraum**

Der Baustoff-Fachhandel unterliegt – bedingt durch das witterungsabhängige Bauwesen – saisonalen Schwankungen. Demzufolge ist der Bauproduktebedarf im Winter geringer als im Sommer. Daraus leitet sich die Annahme ab, dass die Anzahl der Sendungsaufträge bei einer gleichen Anzahl von Partnern im Sommer (mit Ausnahme der Ferienzeiten) in der Regel höher ist als im Winter.



Es ist anzumerken, dass mit einer steigenden Anzahl an Sendungsaufträgen die Lösungsmenge und damit der Berechnungsaufwand steigt, sodass heuristische Verfahren unter Umständen schlechtere Ergebnisse erzielen als mit geringeren Datensätzen. Ebenso ist festzuhalten, dass mit einer höheren Flexibilität und steigenden Planungsrestriktionen die Komplexität und infolgedessen ebenfalls der Berechnungsaufwand erheblich steigen.

In Tabelle 6.6 sind die Ergebnisse der **bilateralen Kooperationskombinationen** im Hinblick auf die Gesamtstrecke zusammenfassend dargestellt. Aufgrund der Daten der Kooperationspartner lassen sich drei verschiedene bilaterale Kombinationsmöglichkeiten bilden. Es besteht die Tendenz, dass mit ausgewogenerem Sendungsauftragsverhältnis die prozentual besseren Ergebnisse erreicht werden können. Die bilaterale Kooperation zwischen Partner A und Partner B bewirkt das beste Ergebnis mit einer Gesamtstreckeneinsparung in Höhe von 10,6%. Aus Abbildung 6.1 ist erkennbar, dass Partner A und Partner B eine fast ausgewogene Anzahl an Sendungsaufträgen bereitstellen. Die Anzahl der Sendungsaufträge von Partner C sind demgegenüber dominierend, sodass infolgedessen die bilaterale Kooperation zwischen Partner A und Partner C sowie Partner B und Partner C schlechtere Ergebnisse hervorbringen. Dieses Resultat verdeutlicht den Einfluss der Sendungsauftragsverteilung auf die Reduzierung der Gesamtstrecke bei Simulation des Kooperationsmodells. Die Unschärfe der Ergebnisse auf Basis des heuristischen Lösungsansatzes bleibt bestehen.

Tabelle 6.6: Ergebnisse der bilateralen Kooperationskombinationen

Bilaterale Partnerkombination	Gesamtstrecke Referenzmodell	Gesamtstrecke Konsolidierungsmodell	Veränderung
Partner A und Partner B	21.685 km	19.392 km	-10,6 %
Partner A und Partner C	28.006 km	25.703 km	-8,2 %
Partner B und Partner C	25.777 km	23.929 km	-7,2 %

Auf die weiteren Nachweise des direkten einzelwirtschaftlichen Nutzens für die Kooperationspartner und die Kunden, des direkten volkswirtschaftlichen Nutzens sowie des indirekten Nutzens für die Kooperationspartner nach Unterabschnitt 5.7.1 wird im Zuge der bilateralen Kooperationskombinationen verzichtet, da diese Sichtweisen nicht den Forschungsschwerpunkt der Arbeit umfassen.

## 6.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Kostenallokation

### 6.4.1 Abschätzung der Einzelkosten

Die in Abschnitt 5.8 beschriebene Herangehensweise zur Analyse der Wirtschaftlichkeit wird nachfolgend aufgegriffen. Die Transportkosten des Referenzmodells werden den Transportkosten des Konsolidierungsmodells zur Beurteilung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit gegenübergestellt. Im Einzelnen müssen in Anlehnung an Gleichung 5.1 die Kosten für den physischen Transport, die partnerseitige Disposition und den Einsatz des Logistikers ermittelt sowie in eine Gesamtzusammenstellung überführt werden.

Zur Bestimmung der Kosten des **physischen Transports** werden die 17 Lkw und die fünf Anhänger durch eine Kostenkalkulation finanziell bewertet. Fehlende Angaben der Datengeber werden mit Werten aus der Literatur ergänzt. Der Grundaufbau der Kostenkalkulation richtet sich nach BICKER [2016, S. 286 f.] und der WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH [2017].

Auf die Berücksichtigung des Restverkaufserlöses nach der Abschreibungsdauer wird aus kalkulatorischen Grundsätzen<sup>14</sup> sowie als Rücklage für eine Preis-

---

<sup>14</sup> Nichtrealisierte Gewinne sind nicht anzusetzen.

steigerung verzichtet. Bei den streckenunabhängigen Kosten erfolgt die Berechnung der Kapitalverzinsung auf Basis des betriebsnotwendigen Kapitals<sup>15</sup> und einem Zinssatz von 8,4 % pro Jahr [BICKER 2016, S. 290]. Die Versicherung beinhaltet eine Haftpflicht- und Kaskoversicherung. Als sonstige Kosten sind bspw. die für eine 14-tägige Reinigung anfallenden Aufwände anzurechnen. Bei den streckenabhängigen Kosten wird den Kraftstoffkosten ein Zuschlag von 1 % für Schmierstoffe hinzugerechnet [WITTENBRINK 2014, S. 83].

Da aus den Daten der Kooperationspartner die Bruttolöhne der Fahrer nicht hervorgehen, können die exakten periodenbezogenen Personalkosten nicht berechnet werden. Infolgedessen werden die fahrzeugbezogenen periodischen Personalkosten in Anlehnung an WITTENBRINK [2014, S. 94 f.] ermittelt. Diese setzen sich aus dem Bruttolohn des Fahrers (26.000 €/a), den Arbeitgeberbeiträgen zur Sozialversicherung (28 %) sowie der Beaufschlagung eines Personalfaktors<sup>16</sup> (20 %) zusammen. In Summe resultieren daraus die wesentlichen fahrzeugbezogenen periodischen Personalkosten in Höhe von 39.936 €/a. Ein bedeutender Aspekt der Kostenkalkulation der streckenunabhängigen Kosten ist der Fahrzeuganschaffungswert<sup>17</sup>. Dieser geht aus den Daten der Kooperationspartner nicht für jeden vorhandenen Lkw explizit hervor, sodass Lkw-Gruppen<sup>18</sup> definiert, und jeder Gruppe ein Referenz-Lkw zugeteilt wird.

In Tabelle 6.7 ist die Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 11,99 t abgebildet. Als Referenz-Lkw wird ein *MAN TGL 12.220 BL* gewählt. Der Lkw besitzt einen Pritschen-Aufbau und einen Ladekran als Anbauelement.

---

<sup>15</sup> Das betriebsnotwendige Kapital ist das Kapital, das durchschnittlich während der gesamten Nutzungsdauer gebunden und zu verzinsen ist [BICKER 2016, S. 286].

<sup>16</sup> Aufgrund von Urlaubs- und Krankheitstagen müssen einem Lkw anteilig mehrere Fahrer zugeteilt werden.

<sup>17</sup> Der Fahrzeuganschaffungswert bildet sich aus dem Listenpreis zzgl. Auf- und Einbauten.

<sup>18</sup> Die jeweilige Lkw-Gruppe richtet sich nach dem zGG.

Tabelle 6.7: Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 11,99 t

Bezeichnung	Werte	Quelle
<b>Basisdaten</b>		
Fahrzeuganschaffungswert	63.500 €	BICKER [2016, S. 290]
Zusatzkosten (u. a. Ladekran)	35.000 €	Datengeber
Nutzungsdauer	5 a	WITTENBRINK [2014, S. 81]
Betriebsnotwendiges Kapital	39.494 €	BICKER [2016, S. 290]
Kalkulatorischer Zinssatz	8,4 %	BICKER [2016, S. 290]
Kraftstoffverbrauch (je 100 km)	17,8 l	BICKER [2016, S. 290]
∅ Kraftstoffpreis 2016	107,2 Ct/l	STATISTISCHES BUNDESAMT [2017a]
Zuschlag Schmierstoffe	1 %	WITTENBRINK [2014, S. 83]
Reifengarniturkosten	2502 €	BICKER [2016, S. 290]
Reifenlaufleistung	69.000 km	BICKER [2016, S. 290]
<b>Streckenunabhängige Kosten</b>		
Kalkulatorische lineare Abschreibung	19.700 €/a	Berechnet
Kapitalverzinsung	3317 €/a	Berechnet
Versicherung	4812 €/a	BICKER [2016, S. 290]
Steuer	534 €/a	BICKER [2016, S. 290]
Sonstige Kosten	1950 €/a	WITTENBRINK [2014, S. 86]
<i>Summe</i>	<i>30.313 €/a</i>	
<b>Streckenabhängige Kosten</b>		
Kraftstoffkosten inkl. Schmierstoffe	0,19 €/km	Berechnet
Reifenkosten	0,04 €/km	Berechnet
Reparatur- und Wartungskosten	0,14 €/km	BICKER [2016, S. 290]
<i>Summe</i>	<i>0,37 €/km</i>	
<b>Periodenbezogene Personalkosten</b>		
Fahrerkosten	39.936 €/a	Berechnet

In Tabelle 6.8 ist die Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 18 t abgebildet. Als Referenz-Lkw wird ein *MAN TGS 18.360 BL* gewählt. Der Lkw besitzt einen Pritschen-Aufbau und einen Ladekran als Anbauelement.

In Tabelle 6.9 ist die Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 26 t abgebildet. Als Referenz-Lkw wird ein *MAN TGX 18.440 XLX* gewählt. Der Lkw besitzt einen Pritschen-Aufbau und einen Ladekran als Anbauelement.

Im Vergleich zur Kostenkalkulation für die Lkw reduziert sich die Anzahl der Einzelkosten für die Kalkulation der Anhänger. In diesem Zusammenhang sind besonders die entfallenen periodenbezogenen Personalkosten zu nennen. Der zusätzliche Kraftstoffverbrauch der Lkw im Zugbetrieb mit Anhänger wird auf 6 l je 100 km abgeschätzt. Als Referenzanhänger<sup>19</sup> wird ein *Zweiachs-Pritschenanhänger* mit einem zGG von 18 t gewählt. Dieses Modell wird im Rahmen der Kostenkalkulation, aufgrund der unwesentlichen Kostenabweichung zu einem Anhänger mit einem zGG von 12 t, für alle fünf Anhänger ausgewählt. In Tabelle 6.10 ist die Kostenkalkulation eines Anhängers abgebildet.

---

<sup>19</sup> Gleiche Vorgehensweise zur Gruppierung wie bei den Lkw.

Tabelle 6.8: Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 18 t

Bezeichnung	Werte	Quelle
<b>Basisdaten</b>		
Fahrzeuganschaffungswert	75.200 €	BICKER [2016, S. 291]
Zusatzkosten (u. a. Ladekran)	40.000 €	Datengeber
Nutzungsdauer	5 a	WITTENBRINK [2014, S. 81]
Betriebsnotwendiges Kapital	46.508 €	BICKER [2016, S. 291]
Kalkulatorischer Zinssatz	8,4 %	BICKER [2016, S. 291]
Kraftstoffverbrauch (je 100 km)	25,0l	BICKER [2016, S. 291]
∅ Kraftstoffpreis 2016	107,2 Ct/l	STATISTISCHES BUNDESAMT [2017a]
Zuschlag Schmierstoffe	1 %	WITTENBRINK [2014, S. 83]
Reifengarniturkosten	3588 €	BICKER [2016, S. 291]
Reifenlaufleistung	108.000 km	BICKER [2016, S. 291]
<b>Streckenunabhängige Kosten</b>		
Kalkulatorische lineare Abschreibung	23.040 €/a	Berechnet
Kapitalverzinsung	3907 €/a	Berechnet
Versicherung	5355 €/a	BICKER [2016, S. 291]
Steuer	665 €/a	BICKER [2016, S. 291]
Sonstige Kosten	1950 €/a	WITTENBRINK [2014, S. 86]
<i>Summe</i>	<i>34.917 €/a</i>	
<b>Streckenabhängige Kosten</b>		
Kraftstoffkosten inkl. Schmierstoffe	0,27 €/km	Berechnet
Reifenkosten	0,03 €/km	Berechnet
Reparatur- und Wartungskosten	0,12 €/km	BICKER [2016, S. 291]
<i>Summe</i>	<i>0,42 €/km</i>	
<b>Periodenbezogene Personalkosten</b>		
Fahrerkosten	39.936 €/a	Berechnet

Tabelle 6.9: Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 26 t

Bezeichnung	Werte	Quelle
<b>Basisdaten</b>		
Fahrzeuganschaffungswert	99.000 €	BICKER [2016, S. 292]
Zusatzkosten (u. a. Ladekran)	45.000 €	Datengeber
Nutzungsdauer	5 a	WITTENBRINK [2014, S. 81]
Betriebsnotwendiges Kapital	61.452 €	BICKER [2016, S. 292]
Kalkulatorischer Zinssatz	8,4 %	BICKER [2016, S. 292]
Kraftstoffverbrauch (je 100 km)	27,11	WITTENBRINK [2014, S. 84]
∅ Kraftstoffpreis 2016	107,2 Ct/l	STATISTISCHES BUNDESAMT [2017a]
Zuschlag Schmierstoffe	1 %	WITTENBRINK [2014, S. 83]
Reifengarniturkosten	3588 €	BICKER [2016, S. 292]
Reifenlaufleistung	98.000 km	BICKER [2016, S. 292]
<b>Streckenunabhängige Kosten</b>		
Kalkulatorische lineare Abschreibung	28.800 €/a	Berechnet
Kapitalverzinsung	5162 €/a	Berechnet
Versicherung	6374 €/a	BICKER [2016, S. 292]
Steuer	665 €/a	BICKER [2016, S. 292]
Sonstige Kosten	1950 €/a	WITTENBRINK [2014, S. 86]
<i>Summe</i>	<i>42.951 €/a</i>	
<b>Streckenabhängige Kosten</b>		
Kraftstoffkosten inkl. Schmierstoffe	0,29 €/km	Berechnet
Reifenkosten	0,04 €/km	Berechnet
Reparatur- und Wartungskosten	0,13 €/km	BICKER [2016, S. 292]
<i>Summe</i>	<i>0,46 €/km</i>	
<b>Periodenbezogene Personalkosten</b>		
Fahrerkosten	39.936 €/a	Berechnet

Tabelle 6.10: Kostenkalkulation eines Anhängers mit einem zGG von 18 t

Bezeichnung	Werte	Quelle
<b>Basisdaten</b>		
Fahrzeuganschaffungswert	29.000 €	BICKER [2016, S. 301]
Nutzungsdauer	10 a	WITTENBRINK [2014, S. 81]
Betriebsnotwendiges Kapital	16.371 €	BICKER [2016, S. 301]
Kalkulatorischer Zinssatz	8,4 %	BICKER [2016, S. 301]
Zusätzlicher Kraftstoffverbrauch (je 100 km)	6,0l	WITTENBRINK [2014, S. 84]
∅ Kraftstoffpreis 2016	107,2 Ct/l	STATISTISCHES BUNDESAMT [2017a]
Zuschlag Schmierstoffe	1 %	WITTENBRINK [2014, S. 83]
Reifengarniturkosten	2220 €	BICKER [2016, S. 301]
Reifenlaufleistung	140.000 km	BICKER [2016, S. 301]
<b>Streckenunabhängige Kosten</b>		
Kalkulatorische lineare Abschreibung	2900 €/a	Berechnet
Kapitalverzinsung	1375 €/a	Berechnet
Versicherung	383 €/a	BICKER [2016, S. 301]
Steuer	671 €/a	BICKER [2016, S. 301]
<i>Summe</i>	<i>5329 €/a</i>	
<b>Streckenabhängige Kosten</b>		
Kraftstoffkosten inkl. Schmierstoffe	0,06 €/km	Berechnet
Reifenkosten	0,02 €/km	Berechnet
Reparatur- und Wartungskosten	0,02 €/km	BICKER [2016, S. 301]
<i>Summe</i>	<i>0,10 €/km</i>	



Die Kosten für die **partnerseitige Disposition**<sup>20</sup> werden hauptsächlich durch die Personalkosten der Disponenten bestimmt. Diese setzen sich in Anlehnung an die periodenbezogenen Personalkosten des physischen Transports aus dem Bruttolohn des Disponenten (40.000 €/a<sup>21</sup> nach Information eines Datengebers und in Anlehnung an das STATISTISCHES BUNDESAMT [2016a]), den Arbeitgeberbeiträgen zur Sozialversicherung (28 % [WITTENBRINK 2014, S. 94 f.]) sowie eines Personalfaktors<sup>22</sup> (20 % [WITTENBRINK 2014, S. 94]) zusammen. Die Personalkosten für einen Disponenten belaufen sich somit auf 61.440 €/a. Zusätzlich werden die Kosten für die anteilige Büronutzung und der Verbrauch von Arbeitsmaterialien für einen Vollzeit-Disponenten mit 9970 €/a [FRANKE 2015, S. 34] veranschlagt.

Die Kosten für den Einsatz des **Logistikers** setzen sich aus den folgenden Teilen zusammen:

#### **Personalkosten Projektleiter**

Aufgrund gestiegener Anforderungen und erforderlicher Qualifikationen wird ein Bruttolohn von 80.000 €/a veranschlagt. Zuzüglich müssen die Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung (28 % [WITTENBRINK 2014, S. 94 f.]) sowie Ausfallzeiten aufgrund von Urlaubs- und Krankheitstagen (20 % [WITTENBRINK 2014, S. 94]). Daraus resultieren Personalkosten eines Projektleiters in Höhe von 122.880 €/a.

#### **Personalkosten Mitarbeiter**

Projektmitarbeiter werden überwiegend als Disponenten eingesetzt. Infolgedessen werden die Personalkosten aus der partnerseitigen Disposition übernommen. Somit belaufen sich die Kosten für einen Projektmitarbeiter auf 61.440 €/a.

---

<sup>20</sup> Die Kostenbetrachtung der partnerseitigen Disposition enthält keine Beachtung der sonstigen unternehmensbezogenen Kosten, da das Kerngeschäft der Kooperationspartner der Handel mit Bauprodukten und nicht die Disposition darstellt.

<sup>21</sup> Der Brutto-Arbeitslohn des Disponenten ist je nach Bundesland und Region anzupassen. Im Rahmen der Arbeit wird der Landkreis Karlsruhe in Baden-Württemberg als Bezugsbasis festgelegt.

<sup>22</sup> Aufgrund von Urlaubs- und Krankheitstagen.

### **Kosten Büronutzung und Arbeitsmaterialien**

Die Kosten für die anteilige Büronutzung und der Verbrauch von Arbeitsmaterialien für einen Vollzeit-Mitarbeiter wird in Anlehnung an FRANKE [2015, S. 34] mit 9970 €/a veranschlagt.

### **Kosten Tourenplanungssoftware**

Infolge der relevanten Bedeutung der Soft- und Hardware werden diese Kosten für den Logistiker gesondert erfasst. Die Softwarekosten inkl. Schulungsmaßnahmen können für je zwei Arbeitskräfte mit 10.000 € für die Lizenzgebühr (alle 2 Jahre) und 1500 € für Hardwarekosten (alle 3 Jahre<sup>23</sup>) abgeschätzt werden. Somit belaufen sich die Kosten für die Nutzung einer Tourenplanungssoftware für je zwei Arbeitskräfte auf 5500 €/a.

### **Sonstige unternehmensbezogene Kosten**

Hierunter fallen die Kosten für Versicherungen, Rückstellungen, Steuerberater, Marketing, Wagnis & Gewinn usw. Die Kosten orientieren sich an der Unternehmensgröße des Logistikers und werden mit einer Beaufschlagung von 15 % auf die Personal- und Tourenplanungssoftwarekosten abgeschätzt.

## **6.4.2 Kostenvergleich zwischen Referenzmodell und Kooperationsmodell**

Durch den Vergleich zwischen dem Referenzmodell und dem Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung können Einsparungen identifiziert und die Wirtschaftlichkeit analysiert werden. Sofern nicht anders gekennzeichnet, orientieren sich die nachfolgenden Kostenwerte an dem Untersuchungszeitraum. Die angegebenen Strecken sowie die ermittelten Kosten werden – mit Ausnahme des Verrechnungssatzes – vereinfacht auf ganze Zahlen gerundet.

---

<sup>23</sup> Angabe zur Abschreibungsdauer nach den AfA-Tabellen.

In der Kostengruppe des physischen Transports können die in Tabelle 6.11 aufgelisteten fünf Lkw als Einsparpotential im Zuge der Simulation des Kooperationsmodells identifiziert werden. Die Anzahl der vorzuhaltenden Lkw verringert sich von 17 auf 12. Die Auswahl fällt auf die Lkw mit der geringsten Anzahl an Einsätzen in der Basisuntersuchung. Zur Prüfung der Durchführbarkeit aller Sendungsaufträge infolge der Lkw-Reduzierung wird eine erneute Simulation des Konsolidierungsmodells der Basisuntersuchung mit dem Ergebnis durchgeführt, dass sich die zu fahrende Gesamtstrecke<sup>24</sup> sowie auch die Einsatzdauer<sup>25</sup> ohne Beachtung der fünf reduzierten Lkw nur unwesentlich verändert. Dies soll als Beleg dafür dienen, dass die fünf identifizierten Lkw ohne nennenswerte Konsequenzen aus der Modellierung entfernt werden können.

Tabelle 6.11: Lkw-Einsparpotential

Datengeber	Kennung	Nutzlast	Ladefläche	zGG
Partner A	Lkw-5-A1	11.300 kg	16 PE	26 t
Partner B	Lkw-4-B1	11.500 kg	16 PE	26 t
Partner C	Lkw-3-C1	5240 kg	16 PE	11,99 t
Partner C	Lkw-5-C2	5690 kg	15 PE	11,99 t
Partner C	Lkw-6-C2	9300 kg	13 PE	18 t

Die in Tabelle 6.7, Tabelle 6.8 und Tabelle 6.9 dargestellten generalisierten Kostenskalkulationen dienen als Basis zur Berechnung der in Tabelle 6.12 zusammengefassten Kosten für den physischen Transport der jeweiligen im Referenzmodell und im Konsolidierungsmodell<sup>26</sup> eingesetzten Lkw.

<sup>24</sup> Anstieg der Gesamtstrecke von 33.633 km um 0,3 % auf 33.725 km.

<sup>25</sup> Die Einsatzdauer bleibt mit 1910 h konstant.

<sup>26</sup> Zur Berechnung der Kostengruppe des physischen Transports wird auf die Simulationsergebnisse des Lkw-reduzierten Kooperationsmodells zurückgegriffen.

Tabelle 6.12: Kosten für den physischen Transport pro Monat: Lkw

Kennung	Referenzmodell		Konsolidierungsmodell	
	Strecke	Kosten	Strecke	Kosten
<b>Lkw mit einem zGG von 12 t</b>				
Lkw-3-C1	1176 km	6289 €	–	–
Lkw-5-C2	1451 km	6391 €	–	–
<i>Summe</i>		<i>12.680 €</i>		<i>0 €</i>
<b>Lkw mit einem zGG von 18 t</b>				
Lkw-1-A1	2508 km	7291 €	2125 km	7131 €
Lkw-6-C2	1628 km	6922 €	–	–
<i>Summe</i>		<i>14.213 €</i>		<i>7131 €</i>
<b>Lkw mit einem zGG von 26 t</b>				
Lkw-2-A1	3637 km	8580 €	3142 km	8353 €
Lkw-3-A1	3433 km	8486 €	3462 km	8500 €
Lkw-4-A1	732 km	7244 €	2356 km	7991 €
Lkw-5-A1	1647 km	7665 €	–	–
Lkw-1-B1	3486 km	8511 €	3072 km	8320 €
Lkw-2-B1	2987 km	8281 €	3091 km	8329 €
Lkw-3-B1	2844 km	8216 €	2309 km	7969 €
Lkw-4-B1	411 km	7096 €	–	–
Lkw-1-C1	2162 km	7902 €	2833 km	8210 €
Lkw-2-C1	2904 km	8243 €	2527 km	8070 €
Lkw-4-C2	2506 km	8060 €	3711 km	8614 €
Lkw-7-C2	2219 km	7928 €	2129 km	7887 €
Lkw-8-C2	2003 km	7829 €	2968 km	8273 €
<i>Summe</i>		<i>104.041 €</i>		<i>90.516 €</i>
<b>Gesamtsumme</b>		<b>130.934 €</b>		<b>97.647 €</b>

Die Kosten je Lkw summieren sich in Tabelle 6.12 aus den streckenunabhängigen Kosten, den streckenabhängigen Kosten<sup>27</sup> und den periodenbezogenen Personalkosten<sup>28</sup>.

Die in Tabelle 6.13 zusammengefassten Kosten der Anhänger basieren auf den in Tabelle 6.10 gezeigten generalisierten Kostenkalkulationen. Auf eine Verringerung der Anhängeranzahl wird aufgrund der geringen Kostenrelevanz<sup>29</sup> im Verhältnis zu den Lkw-Kosten und zur Bewahrung der Flexibilität im Transportprozess verzichtet. Die Berechnungsmethodik gleicht der aus Tabelle 6.12.

Tabelle 6.13: Kosten für den physischen Transport pro Monat: Anhänger

Kennung	Referenzmodell		Konsolidierungsmodell	
	Strecke	Kosten	Strecke	Kosten
Anh-1-A1	672 km	511 €	468 km	491 €
Anh-1-B1	25 km	447 €	146 km	459 €
Anh-1-C1	1187 km	563 €	1684 km	613 €
Anh-2-C2	54 km	450 €	163 km	460 €
Anh-3-C2	1845 km	629 €	1397 km	584 €
Gesamtsumme		2600 €		2607 €

Zusammenfassend ergeben sich die in Tabelle 6.14 aufgezeigten Kosten je Kostengruppe<sup>30</sup> für das Referenzmodell und das Konsolidierungsmodell. Während im Referenzmodell für die partnerseitige Disposition je ein Disponent pro Depot vorhanden ist, reduziert sich die Anzahl beim Konsolidierungsmodell um die Hälfte, sodass von diesen Disponenten noch anderweitige Aufgaben übernom-

<sup>27</sup> Die streckenabhängigen Kosten werden mit der aus den beiden Simulationen hervorgekommenen gefahrenen Strecke multipliziert.

<sup>28</sup> Die streckenunabhängigen Kosten und die periodenbezogenen Personalkosten werden auf eine monatliche Bezugsbasis umgerechnet.

<sup>29</sup> Siehe Tabelle 6.14.

<sup>30</sup> Die Datengrundlage richtet sich nach den zuvor erarbeiteten Kostenkalkulationen.

men werden können. Für den vorliegenden Fall wird der Aufwand des Logistikers so abgeschätzt, dass die anfallenden Aufgaben durch einen anteiligen Projektleiter (50 %-Stelle) sowie einen Vollzeit-Mitarbeiter (100 %-Stelle) durchgeführt werden können.

Tabelle 6.14: Vergleich der monatlichen Kosten zwischen dem Referenzmodell und Konsolidierungsmodell

Bezeichnung	Referenzmodell		Konsolidierungsmodell	
	Faktor	Kosten	Faktor	Kosten
<b>Kosten für den physischen Transport</b>				
Kosten Lkw 11,99 t zGG		12.680 €		–
Kosten Lkw 18 t zGG		14.213 €		7131 €
Kosten Lkw 26 t zGG		104.041 €		90.516 €
Kosten Anhänger		2600 €		2607 €
<i>Summe</i>		<i>133.534 €</i>		<i>100.254 €</i>
<b>Kosten für die partnerseitige Disposition</b>				
Personalkosten Disponenten für jedes Depot	4,0	20.480 €	2,0	10.240 €
Kosten Büronutzung und Arbeitsmaterialien	4,0	3324 €	2,0	1662 €
<i>Summe</i>		<i>23.804 €</i>		<i>11.902 €</i>
<b>Kosten für den Einsatz des Logistikers</b>				
Personalkosten Projektleiter		–	0,5	5120 €
Personalkosten Mitarbeiter		–	1,0	5120 €
Kosten Büronutzung und Arbeitsmaterialien		–	1,5	1246 €
Kosten Tourenplanungssoftware		–		458 €
Sonstige unternehmensbezogene Kosten		–		1682 €
<i>Summe</i>		<i>0 €</i>		<i>13.626 €</i>
<b>Gesamtsumme</b>		<b>157.338 €</b>		<b>125.782 €</b>

Im Untersuchungszeitraum belaufen sich in Anlehnung an Gleichung 5.1 die Transportkosten im Referenzmodell auf 157.338 €.

$$\begin{aligned}
 K_{T,Ref} &= \sum_{m=1}^n K_{pT,m} + \sum_{m=1}^n K_{pD,m} + \sum_{m=1}^n K_{L,m} \\
 &= 133.534\text{€} + 23.804\text{€} + 0\text{€} \\
 &= 157.338\text{€}
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

Demgegenüber können die Kosten im Konsolidierungsmodell um 31.556 € von 157.338 € auf 125.782 € gesenkt werden. Dies entspricht einer Kostenreduzierung durch Simulation des Kooperationsmodells von 20,1 %.

$$\begin{aligned}
 K_{T,Koop} &= \sum_{m=1}^n K_{pT,m} + \sum_{m=1}^n K_{pD,m} + \sum_{m=1}^n K_{L,m} \\
 &= 100.254\text{€} + 11.902\text{€} + 13.626\text{€} \\
 &= 125.782\text{€}
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

Anhand der Literatur können die prozentualen Kosten für den Warentransport im Lagergeschäft des Baustoff-Fachhandels gemessen am Gesamtumsatz mit 8,0 % abgeschätzt werden [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 58]. Die Umsatzrentabilität im Baustoff-Fachhandel beträgt nach Aussage eines Händlers zwischen 4 % und 6 %<sup>31</sup>. Die Senkung der Transportkosten um 20,1 % von 8,0 % auf 6,4 % erhöht gleichermaßen die Umsatzrentabilität der Kooperationspartner von im Mittel 5,0 % auf 6,6 %. Dies bedeutet eine mittlere Erhöhung der Umsatzrentabilität auf Basis der Simulation des Kooperationsmodells von 32,0 %. Eine wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit ist somit gegeben.

<sup>31</sup> Als Vergleichswert betrug die durchschnittliche Umsatzrentabilität im deutschen Mittelstand 2013 branchenweit 6,7 % [SCHWARTZ 2014, S. 4].

### 6.4.3 Kostenallokation zwischen den Kooperationspartnern

Die Aufteilung der Transportkosten u. a. infolge der Kostenverzerrung durch die Wirkung von Eigen- und Partnertransporte soll nicht willkürlich, sondern nach der in Abschnitt 5.8 beschriebenen Systematik erfolgen. Somit ist gewährleistet, dass die durch Simulation des Kooperationsmodells erzielten Einsparungen gerecht auf die Kooperationspartner verteilt werden. Die Kostenallokation gliedert sich nach den drei definierten Kostengruppen. Als zeitliche Bezugsbasis für die Kostenallokation wird der Untersuchungszeitraum ausgewählt.

Die Kosten für den **physischen Transport** basieren auf den tatsächlich angefallenen Transportkosten zuzüglich einer Verrechnungszahlung oder einer Verrechnungserstattung. In Anlehnung an Tabelle 6.12 und Tabelle 6.13 lassen sich die tatsächlich angefallenen Transportkosten ableiten. Im Zuge des Konsolidierungsmodells belaufen sich die Kosten für Lkw und Anhänger bei Partner A auf 32.466 €, bei Partner B auf 25.077 € und bei Partner C auf 42.711 €.

Der Verrechnungsbetrag orientiert sich an der jedem Sendungsauftrag zugrundeliegenden Sendungsfläche. Tabelle 6.15 stellt die Summe der dem Kooperationsmodell bereitgestellten Sendungsflächen den durch das Konsolidierungsmodell ermittelten durchzuführenden Sendungsflächen je Partner gegenüber. Die sich daraus ergebende Differenz bildet unter Verwendung des Verrechnungssatzes die Basis der kooperativen Ausgleichszahlung infolge der Eigen- und Partnertransporte.



Tabelle 6.15: Vergleich der Sendungsflächen zwischen Referenzmodell und Konsolidierungsmodell

Partner	Sendungsfläche		Veränderung	
	Bereitgestellt	Durchgeführt	Absolut	Relativ
Partner A	3226 PE	3411 PE	185 PE	5,7 %
Partner B	2412 PE	2380 PE	-32 PE	-1,3 %
Partner C	3921 PE	3768 PE	-153 PE	-3,9 %
Gesamtsumme	9559 PE	9559 PE	0 PE	

Der Verrechnungssatz für das Konsolidierungsmodell ermittelt sich nach Gleichung 5.3.

$$VS = \frac{K_{pT}}{S_A} = \frac{100.254 \text{ €}}{9559 \text{ PE}} = 10,49 \text{ €/PE} \quad (6.3)$$

Anhand des Verrechnungssatzes bekommt Partner A für den Untersuchungszeitraum 1941 € (= 185 PE \* 10,49 €/PE) von den beiden anderen Partnern erstattet. Hierbei übernimmt Partner B 336 € (= 32 PE \* 10,49 €/PE) und Partner C 1605 € (= 153 PE \* 10,49 €/PE) der Ausgleichszahlung. Die Summe der geleisteten und empfangenen Ausgleichszahlungen gleicht sich aus.

Die Kosten für die **partnerseitige Disposition** muss jeder Partner selbst tragen. In Anlehnung an Tabelle 6.14 ist jedem Depot ein Disponent zugeteilt, der 50 % seiner Arbeitszeit für die partnerseitige Disposition aufbringt. In der restlichen Arbeitszeit können dieser Person andere Aufgaben aufgetragen werden. Dementsprechend muss Partner A 2976 €, Partner B 2976 € und Partner C 5950 € für die eigene partnerseitige Disposition aufbringen.

Die Kosten für den Einsatz des **Logistikers** in Höhe von 13.626 €<sup>32</sup> werden auf die Kooperationspartner im jeweiligen Verhältnis der im Kooperationsmodell

<sup>32</sup> Siehe Tabelle 6.14 oder Gleichung 6.2.

bereitgestellten Sendungsfläche zur Gesamtungsfläche verteilt. Infolgedessen setzt sich die Umlage der Kosten für den Einsatz des **Logistikern**, wie in Tabelle 6.16 dargestellt, zusammen.

Tabelle 6.16: Umlage der Kosten für den Einsatz des Logistikern

Partner	Sendungsfläche		Kosten
	Bereitgestellt	Anteil	
Partner A	3226 PE	33,8 %	4605 €
Partner B	2412 PE	25,2 %	3434 €
Partner C	3921 PE	41,0 %	5587 €
Gesamtsumme	9559 PE	100,0 %	13.626 €

Die Kosten für den Einsatz des Logistikern werden durch Partner A mit 4605 €, durch Partner B mit 3434 € und durch Partner C mit 5587 € getragen.

In Anlehnung an Gleichung 5.2 entstünden den Partnern im Untersuchungszeitraum für die Simulation des Kooperationsmodells folgende Transportkosten<sup>33</sup>.

$$K_{T,Partner A} = 30.525 € + 2976 € + 4605 € = 38.106 € \quad (6.4)$$

$$K_{T,Partner B} = 25.413 € + 2976 € + 3434 € = 31.823 € \quad (6.5)$$

$$K_{T,Partner C} = 44.316 € + 5950 € + 5587 € = 55.853 € \quad (6.6)$$

In Tabelle 6.17 sind die Transportkosten für den Untersuchungszeitraum im Referenzmodell und im Kooperationsmodell sowie das daraus hervorgehende finanzielle Einsparpotential zusammenfassend dargestellt.

<sup>33</sup> Die Kosten für den physischen Transport sind mit dem Verrechnungsbetrag infolge des Verrechnungssatzes aufzurechnen.

Tabelle 6.17: Transportkosten-Einsparpotential je Partner durch die Simulation des Kooperationsmodells

Partner	Transportkosten	Transportkosten	Einsparung	
	Referenzmodell	Konsolidierungsmodell	Absolut	Relativ
Partner A	45.728 €	38.106 €	7622 €	16,7 %
Partner B	38.502 €	31.823 €	6679 €	17,4 %
Partner C	73.108 €	55.853 €	17.255 €	23,6 %
Gesamtsumme	157.338 €	125.782 €	31.556 €	

## 6.5 Untersuchungsvarianten

Auf Grundlage des Konsolidierungsmodells der Basisuntersuchung werden nachfolgend die in Abschnitt 6.2 beschriebenen Modellierungsparameter verändert, um die Auswirkung auf die zu fahrende Gesamtstrecke der Kooperationspartner zu untersuchen und Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Die Grundkonfiguration bleibt hierbei unverändert und es wird je Untersuchungsvariante immer nur ein Modellierungsparameter im Vergleich zur Basisuntersuchung modifiziert. Dieser Abschnitt der Arbeit beantwortet Forschungsfrage II (b) aus Abschnitt 1.2.

Mit Bezug auf die Modellierungsparameter werden drei Untersuchungsvarianten des Konsolidierungsmodells aufgezeigt:

- Untersuchungsvariante A: Änderung der Warenstandorte
- Untersuchungsvariante B: Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte
- Untersuchungsvariante C: Erhöhung der Anhängernutzung

Die **Untersuchungsvariante A** zur Änderung der Warenstandorte basiert auf dem Ansatz, dass die Sendungsaufträge nicht mehr an einen Partner-Standort gebunden sind, sondern, dass die Bauprodukte von jedem Standort aus ausgeliefert

und an jeden Standort angeliefert werden können<sup>34</sup>. Die alternativen Standorte werden nicht durch die Unternehmensgrenzen beschränkt.

Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 31.955 km ermittelt werden. Dies stellt eine Verringerung in Bezug zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung von 5,0 % dar. Eine ausführliche Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante A ist im Anhang in Tabelle B.3 zu sehen.

Die **Untersuchungsvariante B** zur Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte orientiert sich an der zeitlichen Konsolidierung der Warenströme. Hierzu werden zwei Szenarien analysiert. In der Untersuchungsvariante B<sub>1</sub> erfolgt die Einteilung der Sendungsaufträge in zwei Zeitzonen innerhalb einer Kalenderwoche:

- Zeitzone 1: Montag und Dienstag
- Zeitzone 2: Mittwoch bis Freitag

Ein ursprünglich montags durchzuführender Sendungsauftrag darf in dieser Untersuchungsvariante innerhalb Zeitzone 1 (am Montag oder Dienstag) bedient werden. Ebenso ist es möglich ein Sendungsauftrag von Freitag innerhalb Zeitzone 2 (bspw. auf Mittwoch) zu verschieben. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 30.444 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 9,5 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante B<sub>1</sub> ist im Anhang in Tabelle B.4 zu sehen.

---

<sup>34</sup> Hinweis zur Simulation: Die Herangehensweise der verwendeten Tourenplanungssoftware zeichnet sich dadurch aus, dass die ursprünglichen Quellen und Senken mit den Alternativen geprüft und dabei die zulässige Kombination mit der kürzesten Entfernung bestimmt wird. Diese optimierte Quelle-Senke-Kombination bildet dann die Grundlage der Tourenplanung. Eine softwareseitige Prüfung der Quelle-Senke-Kombination im Hinblick auf die Einbindung in bestehende Touren ist aufgrund der damit schnell ansteigenden Komplexität und Rechenzeit nicht möglich.

In der Untersuchungsvariante B<sub>2</sub> wird die Flexibilität des Durchführungszeitpunktes dahingehend erweitert, dass ein Sendungsauftrag in der Kalenderwoche, in der er ursprünglich terminiert war, flexibel durchgeführt werden kann. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 27.598 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 17,9 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante B<sub>2</sub> ist im Anhang in Tabelle B.5 zu sehen.

Die **Untersuchungsvariante C** zur Erhöhung der Anhängernutzung ist in fünf Varianten gegliedert. Hierbei wird den Sendungsaufträgen stufenweise die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung zugeteilt. Das bedeutet, dass der damit ausgewiesene Sendungsauftrag auf einem Anhänger transportiert werden kann, aber nicht muss. Die geringste Stufe der Anhängernutzung bildet Untersuchungsvariante C<sub>1</sub>. Hierbei wird allen Sendungsaufträgen, die dem Werkverkehr zuzuordnen sind, die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung zugeteilt. Als Werkverkehr gelten alle Transporte zwischen den Standorten der Kooperationspartner sowie zwischen den Standorten der Kooperationspartner und den Ladestellen der Hersteller. Die Besonderheit des Werkverkehrs liegt u. a. darin, dass erstens die Be- und Entladung der Transportfahrzeuge mit vorhandenen Flurförder- und Hubgeräten stattfinden kann und zweitens ausreichende Rangiermöglichkeiten zur Anhängernutzung vorzufinden sind. Während im Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung 9,0 % der Sendungsaufträge eine mögliche Anhängernutzung zugewiesen ist, erhöht sich der Anteil in der Untersuchungsvariante C<sub>1</sub> auf 22,4 %. Im Ergebnis konnte im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 32.819 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 2,4 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante C<sub>1</sub> ist im Anhang in Tabelle B.6 zu sehen.

In der Untersuchungsvariante  $C_2$  wurde 25 % der Sendungsaufträge die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung zugewiesen. Die Zuteilung erfolgt nach dem Zufallsprinzip. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 32.678 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 2,8 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante  $C_2$  ist im Anhang in Tabelle B.7 zu sehen.

In der Untersuchungsvariante  $C_3$  wurde 50 % zufällig ausgewählter Sendungsaufträge die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung zugeteilt. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 32.064 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 4,7 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante  $C_3$  ist im Anhang in Tabelle B.8 zu sehen.

75 % zufällig ausgewählter Sendungsaufträge wurde in der Untersuchungsvariante  $C_4$  die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung übertragen. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 29.985 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 10,9 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante  $C_4$  ist im Anhang in Tabelle B.9 zu sehen.

In der Untersuchungsvariante  $C_5$  wird allen Sendungsaufträgen die Eigenschaft der möglichen Anhängernutzung zugeteilt. Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke von 28.554 km ermittelt werden. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 15,1 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse aus Untersuchungsvariante  $C_5$  ist im Anhang in Tabelle B.10 zu sehen.

Die Ergebnisse aus der Untersuchungsvariante C zur Erhöhung der Anhänger-  
nutzung in Verbindung mit dem Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung  
sind zusammenfassend in Abbildung 6.6 abgebildet. Anhand der Trendlinie und  
dem ausgewiesenen Korrelationskoeffizient von  $-0,99$  kann die lineare Abhän-  
gigkeit der Anhängernutzung auf die Gesamtstrecke begründet werden. Je mehr  
Anhänger eingesetzt werden oder je höher sich die Transportfahrzeugkapazität  
darstellt, desto geringer ist die Gesamtstrecke.

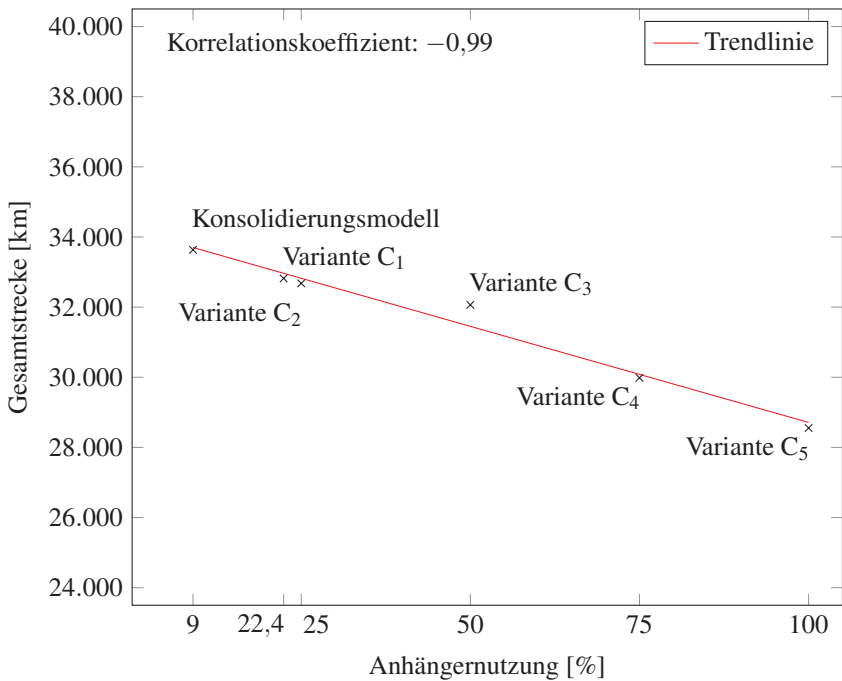


Abbildung 6.6: Ergebnisse der Untersuchungsvariante C

Mit Fokus auf die Gesamtstrecke der Kooperationspartner sind in Abbildung 6.7  
die **Ergebnisse der gesamten Untersuchungsvarianten** zusammenfassend dar-  
gestellt. Als bedeutendster Parameter zur Reduzierung der Gesamtstrecke ist die  
zeitliche Bündelung zu nennen. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass die identifi-

zierten Modellierungsparameter in Bezug auf das Einsparpotential der Gesamtstrecke als wesentlich zu bezeichnen sind und dass anhand dieser auf Basis der vorliegenden Daten die Gesamtstrecke im Kooperationsmodell weiter verringert werden kann.

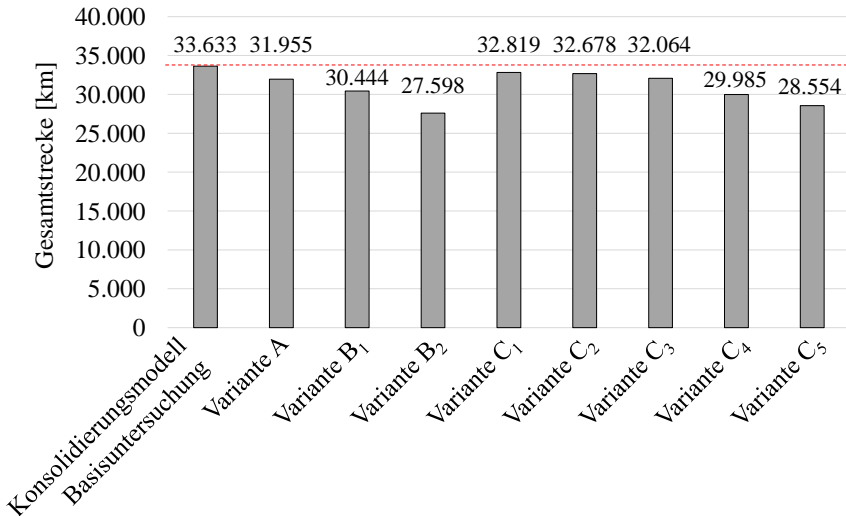


Abbildung 6.7: Ergebnisvergleich der Untersuchungsvarianten

Während zuvor durch die Änderung der Warenstandorte, die Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte und die Erhöhung der Anhängernutzung mögliche Gesamtstreckeneinsparungen der Kooperationspartner auf Basis der Simulationsdaten aufgezeigt wurden, besteht in der Überlagerung dieser Einzeluntersuchungen weiteres Verbesserungspotential. Hierzu werden die Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> miteinander kombiniert. In Abbildung 6.8 sind die Ergebnisse der Überlagerungen der drei Untersuchungsvarianten im Hinblick auf die Gesamtstrecke zusammenfassend dargestellt. Zur besseren Übersicht ist die Gesamtstrecke des Konsolidierungsmodells der Basisuntersuchung sowie der Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> ebenfalls abgebildet.



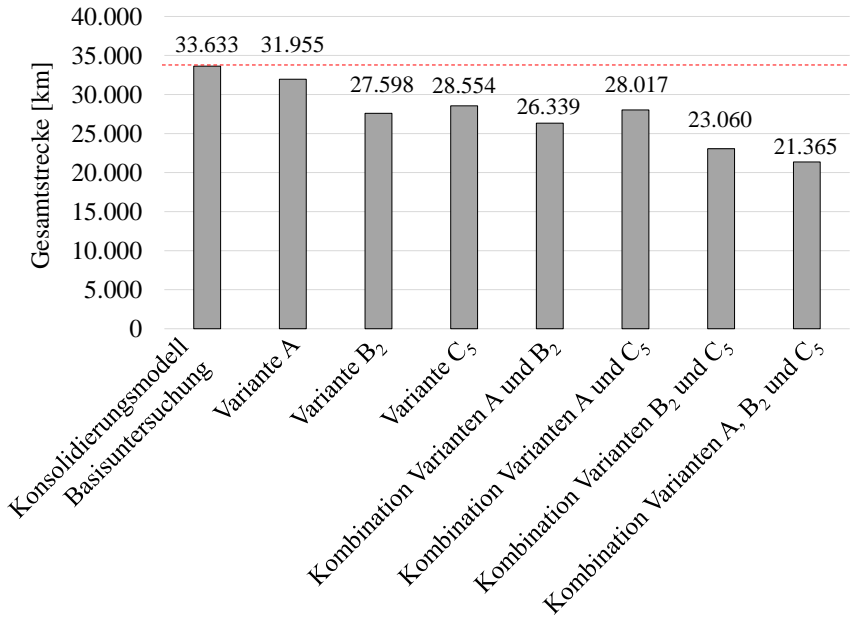


Abbildung 6.8: Ergebnisvergleich der Kombinationen aus den Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub>

Im Ergebnis kann im Untersuchungszeitraum eine Gesamtstrecke mit der Kombination der Untersuchungsvarianten A und B<sub>2</sub> von 26.339 km (Streckeneinsparung im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung in Höhe von 21,7 %), mit der Kombination der Untersuchungsvarianten A und C<sub>5</sub> von 28.017 km (Streckeneinsparung im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung in Höhe von 16,7 %) und mit der Kombination der Untersuchungsvarianten B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> von 23.060 km (Streckeneinsparung im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung in Höhe von 31,4 %) ermittelt werden. Bei der Überlagerung aller drei Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> beläuft sich die Gesamtstrecke auf 21.365 km. Dies stellt im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung eine Verringerung von 36,5 % dar. Eine ausführlichere Zusammenstellung der jeweiligen Ergebnisse aus den

Kombinationen der einzelnen Untersuchungsvarianten ist im Anhang in Tabelle B.11, Tabelle B.12, Tabelle B.13 und Tabelle B.14 zu sehen.

## 6.6 Ergebnisdiskussion

Die in den theoretischen Grundlagen beschriebene Verbesserungsmöglichkeit des eigenen Logistiknetzwerks durch die unternehmensübergreifende Konsolidierung von Sendungsvolumen bildet die Grundlage des in Kapitel 5 entwickelten Kooperationsmodell für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel. Anhand der Daten von drei Händlern wird das Kooperationsmodell in Kapitel 6 evaluiert. Die zu verbessernde Zielgröße ist die Reduzierung der durch die Kooperationspartner zu fahrende Gesamtstrecke.

Im Zuge der Evaluation des Kooperationsmodells erfolgte die Nutzung einer Tourenplanungssoftware. Die Qualität der einzelnen Ergebnisse wird maßgeblich durch die Qualität der Simulationen beeinflusst. Aufgrund der zugrundeliegenden heuristischen Berechnungsalgorithmen der Software kann nicht von einem optimalen Planungsergebnis ausgegangen werden. Es ist denkbar, dass bei einer mehrmaligen Simulation einer bestimmten Untersuchung verschiedene Ergebnisse erzielt werden. Ungeachtet dessen ist die Qualität der Ergebnisse mit den definierten Modellierungsparametern als Grundkonfiguration in dem untersuchten Kontext und für die Ableitung der Erkenntnisse im Sinne eines allgemeinen Erkenntnisgewinns als sehr geeignet anzusehen.

Mittels Einführung des Referenzmodells konnte in der Basisuntersuchung eine bedeutende Gesamtstreckeneinsparung in Höhe von 10,9 % infolge der konsolidierten Sendungsaufträge nachgewiesen werden. Auch andere aufgeführte einzelwirtschaftliche Nutzeneffekte werden durch den Konsolidierungsansatz gefördert und bestätigen die prognostizierten theoretischen Verbesserungspotentiale. Während sich die gesamte Einsatzdauer im Verhältnis zur Gesamtstreckeneinsparung nur geringfügig verkürzt (2,1 %), birgt die Reduzierung der maxima-

len Anzahl der Lkw (29,4 %) und Anhänger (40,0 %) ein ebenfalls bedeutendes einzelwirtschaftliches Optimierungspotential, das die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit durch Simulation des Kooperationsmodells belegt. Anhand der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird der bedeutende Einfluss des Kooperationsmodells auf die Transportkosten und darüber hinaus auf den Unternehmensgewinn ersichtlich.

Das Potential der Verbesserung des Ist-Zustandes im Baustoff-Fachhandel wurde durch den Unterschied zwischen der Realsituation und dem Referenzmodell ebenfalls aufgezeigt. Es ist davon auszugehen, dass durch eine Realanwendung des Kooperationsmodells dieses Potential zusätzlich zu den nachgewiesenen Konsolidierungseffekten aufgegriffen und großteils umgesetzt werden kann. Somit generiert das Kooperationsmodell in praktischer Anwendung einen ausgeprägteren Nutzen für die Kooperationspartner, als dies in der theoretischen Betrachtung im Rahmen der Arbeit nachgewiesen wurde. Die Interpretation dieser zusätzlichen Verbesserungspotentiale ist jedoch nicht Bestandteil der Arbeit und wird infolgedessen nicht weiter diskutiert.

Abbildung 6.7 zeigt über die Basisuntersuchung hinaus mögliche Verbesserungsvarianten des Konsolidierungsmodells auf. Die Gesamtstreckeneinsparung in Untersuchungsvariante A<sup>35</sup> lässt sich auf 5,0 % beziffern, jedoch konnte das gesamte Potential der alternativen Warenstandorte aufgrund der stark ansteigenden Berechnungskomplexität nicht vollends dargelegt werden. Im Hinblick auf die Ergebnisse von Untersuchungsvariante A ist zunächst verwunderlich, dass die Gesamtstrecke und die Einsatzdauer sinken, jedoch die Leerstrecke um 53,0 % ansteigt. Dies kann gegebenenfalls dadurch begründet werden, dass durch die Neuzuweisung der Sendungsaufträge zu einem entfernungsmäßig günstigeren Standort eines Partners sich die Verteilung innerhalb der gesamten Standorte verschiebt, die Lkw-Zuordnung aber bestehen bleibt. So sind unter Umständen mehr Sendungsaufträge an Lager gebunden, die Lkw aber in den

---

<sup>35</sup> Siehe Tabelle B.3 im Anhang.

Depots stationiert, sodass sich hieraus eine größere Leerstrecke ergibt. In Bezug zur Wirtschaftlichkeit des Kooperationsmodells könnte die maximale Anzahl der benötigten Lkw weiter reduziert werden.

Das größte Verbesserungspotential der Gesamtstrecke ist in Untersuchungsvariante B<sup>36</sup> mit zeitlicher Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte zu verzeichnen. Bei Variante B<sub>1</sub> konnte eine Reduzierung um 9,5 % und bei Variante B<sub>2</sub> eine Verringerung um 17,9 % im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung nachgewiesen werden. Die weiteren Ergebnisse stellen sich in den beiden Varianten ebenfalls erwartungsgemäß besser als im Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung dar. Während Variante B<sub>2</sub> durchweg bessere einzelwirtschaftliche Ergebnisse erzielt, sind die Ergebnisse bei der maximalen Anzahl der Lkw und Anhänger sowie der durchschnittlichen Anzahl der Anhängernutzung gleich. Somit ist Untersuchungsvariante B<sub>2</sub> in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit nur geringfügig vorteilhafter als Variante B<sub>1</sub> einzuschätzen.

Je nach Grad der Anhängernutzung lassen sich durch Untersuchungsvariante C<sup>37</sup> ebenfalls bedeutende Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Gesamtstreckeneinsparung nachweisen. Eine genaue Übersicht der Gesamtstreckeneinsparung ist in Abbildung 6.6 dargestellt. Besonders hervorzuheben ist bei dieser Untersuchungsvariante der erwartungsgemäße Anstieg der durchschnittlichen (in Variante C<sub>5</sub> um 277,0 %) sowie der maximalen (in Variante C<sub>4</sub> und C<sub>5</sub> um 66,7 %) Anzahl der Anhänger mit steigender zugeleiteter Möglichkeit der Anhängernutzung. Überraschend ist im Gegensatz dazu, dass die durchschnittliche und maximale Anzahl der Lkw stagniert oder sich nur geringfügig verringert. In Untersuchungsvariante C<sub>1</sub> und C<sub>3</sub> erhöht sich sogar mindestens einer der beiden Parameter.

---

<sup>36</sup> Siehe Tabelle B.4 und Tabelle B.5 im Anhang.

<sup>37</sup> Siehe Tabelle B.6, Tabelle B.7, Tabelle B.8, Tabelle B.9 und Tabelle B.10 im Anhang.

Die Gesamtstrecke der Kooperationspartner lässt sich durch die Überlagerung der Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> weiter verringern<sup>38</sup>. Dies betrifft auch die Parameter der Fahrzeit, der Einsatzdauer und der durchschnittlichen Tourstopp-Entfernung. Darüber hinaus ist festzustellen, dass sich mit Ausnahme der Kombination der Untersuchungsvarianten A und C<sub>5</sub> die Leerstrecke sowie die maximale Anzahl der Lkw weiter reduziert. Im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung kann die Kombination der Untersuchungsvarianten A und C<sub>5</sub> bezüglich der Leerstrecke und der maximalen Anzahl der Lkw keine Verbesserungen hervorbringen. Das beste Ergebnis ist erwartungsgemäß durch die Kombination der Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> erzielbar. Während im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung die Gesamtstrecke um 36,5 % reduziert werden kann, verringert sich die maximale Anzahl der Lkw um 33,3 %.

Zusammenfassend ist erkennbar, dass infolge des Kooperationsmodells zahlreiche bedeutende einzelwirtschaftliche Verbesserungspotentiale erzielt werden können. Die Ausprägung der Höhe der einzelnen Potentiale richtet sich maßgeblich nach den zugrundeliegenden Modellierungsparametern. Darüber hinaus ist besonders darauf hinzuweisen, dass sich die Wirtschaftlichkeit des Kooperationsmodells unter zusätzlicher Berücksichtigung der einzelnen Untersuchungsvarianten oder der Kombinationen von Untersuchungsvarianten noch vorteilhafter, als im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung, darstellen würde.

---

<sup>38</sup> Siehe Tabelle B.11, Tabelle B.12, Tabelle B.13 und Tabelle B.14 im Anhang.



## 7 Schlussbetrachtung

Zunächst lässt sich **resümieren**, dass sich die Logistik in den letzten Jahren zu einem wichtigen Wirtschaftszweig in Deutschland entwickelt hat [BUNDESVEREINIGUNG LOGISTIK 2017]. Aufgrund des steigenden Bewusstseins über den bedeutenden Anteil der Logistikkosten sowie das branchenübergreifende Einsatzgebiet wird ihr in vielen Industriezweigen eine hohe Wertstellung zugesprochen [PFOHL 2013, S. 304]. Innerhalb der Bauwirtschaft ist dieses Verständnis noch untergeordnet, obwohl die Potentiale logistischer Überlegungen in Wissenschaft und Praxis schon mehrmals dargelegt wurden [BÜHREN 2016, S. 6].

Im Zuge der Versorgung von Bauprojekten mit Bauprodukten und der damit verbundenen Transportlogistik nimmt der Baustoff-Fachhandel eine bedeutende Stellung in der Wertschöpfungskette Bau ein. Der Warentransport vom Baustoff-Fachhandel zu deren Kunden wurde als derjenige Unternehmensbereich mit dem größten Verbesserungspotential identifiziert [DENZER und HAGSHENO 2016, S. 51].

Auf Basis dieser Ausgangssituation zielte die Arbeit auf die Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel ab. Anhand des Kooperationsmodells sollen die zu fahrende Gesamtstrecke für den Warentransport im Lagergeschäft reduziert und infolgedessen Wettbewerbsvorteile generiert werden.

Die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen basierte auf einer vertiefenden Literaturrecherche der relevanten Fachdisziplinen und stellte die Ausgangslage zur

Herleitung des Forschungsbedarfs dar. So bildeten die theoretischen Potentiale bei der Konsolidierung von Sendungsvolumen die Grundlage des Kooperationsmodells zur Verbesserung des gemeinschaftlichen Logistiknetzwerks.

Der Entwicklung des Kooperationsmodells wurde zunächst die Durchführung einer Anforderungsanalyse anhand von sechs Expertenbefragungen aus dem Bereich des Baustoff-Fachhandels und der Baubranche vorgeschaltet. Unter Beachtung der damit identifizierten Anforderungen konnte das Kooperationsmodell von der Konzeption in die detaillierte Modellbeschreibung und Prozessdarstellung überführt werden. Im Rahmen einer Nutzen- und Risikoanalyse konnten das theoretische Potential sowie die damit verbundenen Gefahren herausgearbeitet werden. Zudem wurde eine Systematik zur grundlegenden Abschätzung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit und der in diesem Zuge notwendigen Kostenallokation entwickelt. Abschließend wurden modulare Erweiterungsmöglichkeiten des Kooperationsmodells zur Ausweitung des Aufgabengebiets des Logistiklers und zur weiteren potentiellen Steigerung des Anwendungsgebiets dargestellt.

Die Evaluation des Kooperationsmodells erfolgte durch die exemplarische Simulation von Realdaten. Drei Baustoff-Fachhändler stellten hierzu insgesamt 2946 Datensätze zur Verfügung, die sich nach einer Abgrenzung des Untersuchungsgebiets auf 2262 Sendungsaufträge reduzierten. Unter Verwendung einer Tourenplanungssoftware wurden im Zuge der Basisuntersuchung die Realsituation, ein Referenzmodell und ein Konsolidierungsmodell simuliert. Im Ergebnis konnte mit den vorliegenden Daten eine Einsparung der Gesamtstrecke – als Vergleich zwischen dem Referenzmodell und dem Konsolidierungsmodell – durch Simulation des Kooperationsmodells und der darin ausgeschöpften Konsolidierungseffekte in Höhe von 10,9 % erzielt werden.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten konnte dem Kooperationsmodell durch die Simulation der Realdaten eine bedeutende Vorteilhaftigkeit zugewiesen werden. Anhand der durchgeführten Kostenabschätzung wurde eine mittlere Sen-



kung der Transportkosten um 20,1 % für die Kooperationspartner ermittelt. Diese Transportkostensenkung bewirkte eine mittlere Steigerung der Umsatzrentabilität in Höhe von 32,0 %. Zudem wies eine durchgeführte Kostenallokation eine Transportkosteneinsparung für Partner A von 16,7 %, für Partner B von 17,4 % und für Partner C von 23,6 % auf.

Mit der Identifikation der drei wesentlichen Modellierungsparameter

- Änderung der Warenstandorte,
- Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte und
- Erhöhung der Anhängernutzung

erfolgte die Analyse von deren Einflüssen auf die zu fahrende Gesamtstrecke des Kooperationsmodells im Untersuchungszeitraum. Es wurden die Gesamtstrecken der einzelnen Untersuchungsvarianten im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung angegeben. Dabei konnte die Untersuchungsvariante  $B_2$  mit der Flexibilisierung des Durchführungszeitpunktes innerhalb der ursprünglichen Kalenderwoche das beste Ergebnis mit einer Gesamtstreckeneinsparung von 17,9 % erzielen. Danach folgte die Untersuchungsvariante  $C_5$  mit der Erweiterung der Anhängernutzung für alle Sendungsaufträge mit einer Verringerung um 15,1 %. Untersuchungsvariante A mit der Änderung der Warenstandorte brachte eine Reduzierung der Gesamtstrecke in Höhe von 5,0 % hervor, die in etwa mit dem Resultat aus Untersuchungsvariante  $C_3$  zu vergleichen ist.

Durch die Kombination der Untersuchungsvarianten konnte weiteres Verbesserungspotential identifiziert werden. Das beste Ergebnis brachte hierbei die Überlagerung der Untersuchungsvarianten A,  $B_2$  und  $C_5$  hervor. Die Gesamtstrecke verringerte sich um 36,5 % durch im Vergleich zum Konsolidierungsmodell der Basisuntersuchung.

Im Gesamtergebnis wurde durch die Simulation von Realdaten die Vorteilhaftigkeit des Kooperationsmodells belegt. Die Konsolidierung von Sendungsauf-

trägen weist im Baustoff-Fachhandel ein hohes Potential hinsichtlich der Reduzierung der durch die Kooperationspartner zu fahrenden Gesamtstrecke auf. Weiterhin konnten zahlreiche andere einzelwirtschaftliche Nutzenpotentiale im Basismodell aufgezeigt werden, sodass sich hierbei in Summe eine bedeutende wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit ergibt. Durch den weiteren Nutznachweis der Untersuchungsvarianten – als Einzeluntersuchungen oder als Kombinationen – wurde belegt, dass die einzelwirtschaftlichen Potentiale des Basismodells weiter erheblich gesteigert werden können.

Auf Basis dieser Forschungserkenntnisse lässt sich der folgende **Ausblick** ableiten. Mit der Steigerung der Transporteffizienz und der einhergehenden Möglichkeit zur Senkung der Transportkosten im Baustoff-Fachhandel können

- die Preise der Bauprodukte für die Kunden zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen reduziert oder
- der kundenseitige Bedarf an der Zusendung kleinteiliger Materialeinheiten sowie der kurzfristige Materialtransport kostenneutraler durchgeführt werden.

Durch die Analyse der identifizierten Modellierungsparameter im Rahmen der Untersuchungsvarianten in Abschnitt 6.5 wurde weiteres einzelwirtschaftliches Verbesserungspotential aufgezeigt. Die Nutzung verschiedener Warenstandorte für Bauprodukte kommt vor allem dann in Betracht, wenn diese ohnehin an unterschiedlichen Standorten der Kooperationspartner vorgehalten werden. Durch den Kooperationsvertrag der Händler ist eine entsprechende Regelung zur Durchführung vorzunehmen. Im Gegensatz dazu verlangt die Flexibilisierung der Durchführungszeitpunkte sowie die Möglichkeit zur Erhöhung der Anhängernutzung das Mitwirken der Kunden. Zum einen müssten die Kunden bereit sein, dem Händler einen Freiraum in der Wahl des Lieferzeitpunktes einzuräumen, was aufgrund der un stetigen Arbeitsprozesse in der Baubranche, der vermehrten Anwendung von JIT-Anlieferungskonzepten sowie durch die oftmals mangelhafte Lagerfläche bei Bauprojekten zu Schwierigkeiten führen

kann. Die Möglichkeit des kundenseitigen Zugeständnisses zur Flexibilisierung des Durchführungszeitpunktes ist nicht pauschal zu bewerten und einzelfallabhängig. Zum anderen wären durch den Bauherrn sowie seinen beauftragten Bauunternehmen dafür Sorge zu tragen, dass die Anlieferung als Glieder- oder Sattelzug möglich ist. Diese Restriktion müsste bei größeren Bauvorhaben bereits in der Baulogistik-Konzeption berücksichtigt werden. Es wird auch bei diesem Anliegen eine flächendeckende Umsetzung bei allen Kunden nicht möglich sein. Jedoch wurde in den Untersuchungsvarianten belegt, dass die anteilige Veränderung der Modellierungsparameter eine Verbesserung bewirken kann.

Hinsichtlich der **kritischen Würdigung** der Arbeit sei angeführt, dass die Akzeptanz zur Anwendung des Kooperationsmodells in einem Realszenario vielfach von den in der Anforderungsanalyse erarbeiteten Grundlagen zur Modellentwicklung abhängig ist. Darüber hinaus ist das Kooperationsmodell insbesondere bei der Festlegung der Aufgaben des Logistikers sowie bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung inklusive Kostenallokation zwar neutral beschrieben, muss aber gegebenenfalls je nach Einsatz- und Bestimmungszweck angepasst werden.

Weiterhin ist die Qualität der in Kapitel 6 aufgezeigten Ergebnisse stark von den eingebrachten Realdaten der Kooperationspartner abhängig. Durch die Verwendung von Berechnungsheuristiken – aufgrund der vorliegenden thematischen Komplexität – anstatt exakter Lösungsverfahren können die Ergebnisse bei nochmaliger Durchführung der Untersuchung abweichen. Eine softwareseitige exakte Tourenplanung ist mit den derzeit am Markt erhältlichen Programmen und unter akzeptablen Berechnungszeiten nicht möglich.

Auf Basis der in der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse lässt sich weiterer **Forschungsbedarf** ableiten. Hinsichtlich des in den Untersuchungsvarianten dargestellten Potentials der zeitlichen Konsolidierung der Sendungsaufträge besteht ein weiterer Untersuchungsbedarf in der Analyse der tatsächlich vorhandenen Flexibilität der Durchführungszeitpunkte und deren Auswirkung auf das Ko-

operationsmodell. Weiterhin wäre die Untersuchung der volkswirtschaftlichen Potentiale durch Anwendung des Kooperationsmodells erstrebenswert. Darüber hinaus lassen sich die Modellerweiterung hinsichtlich der Laderaumoptimierung und die Erfordernis zur Anwendung des Kooperationsmodells in einer Real-situation sowie mit einer geänderten Realdatenbasis (abweichende Anzahl der Kooperationspartner und Sendungsaufträge sowie Änderung der regionalen Situation) als weitere potentielle Forschungsaktivitäten ableiten.

# A Anhang Modellentwicklung

Die wesentlichen Merkmale der im Zuge der Anforderungsanalyse zum Kooperationsmodell in Abschnitt 5.3 durchgeführten Experteninterviews sind nachfolgend in Tabelle A.1 anonymisiert aufgelistet.

Tabelle A.1: Merkmale der Experteninterviews

Bezeichnung	Beschreibung des Unternehmens	Gesprächspartner	Art des Interviews
Interview I	Regionaler Baustoff-Fachhandel	Niederlassungsleiter	Telefonat
Interview II	Nationaler Baustoff-Fachhandel	Logistiker	Telefonat
Interview III	Nationaler Baustoff-Fachhandel	Transportleiter	Telefonat
Interview IV	Internationaler Baukonzern	Leiter Einkaufsabteilung	Persönliches Gespräch
Interview V	Regionales Bauunternehmen	Bauleiter	Persönliches Gespräch
Interview VI	Internationaler Baukonzern	Leiter Einkaufsabteilung	Telefonat

Tabelle A.2 bis Tabelle A.5 stellen die Anforderungen aus den Experteninterviews im Zuge der Anforderungsanalyse in Abschnitt 5.3 zusammenfassend dar.

Tabelle A.2: Anforderungen aus Experteninterview I

---

Bezeichnung	Anforderungsbeschreibung	Priorität
Anf-I-01	Kommunikation zwischen Lager und Disposition soll möglich sein.	2
Anf-I-02	Kosten der Lkw sollen durch sinnvolles Ausnutzen der Kapazitäten minimiert werden.	2
Anf-I-03	Baustellenbeschaffenheit (Zufahrtswege, Ladeplätze) und die Art der Entladung müssen im Vorfeld geklärt werden.	1
Anf-I-04	Lkw müssen abends für den nächsten Tag beladen werden.	1
Anf-I-05	Terminreue soll beibehalten werden.	2
Anf-I-06	Kurzfristige Lieferungen sollen beibehalten werden.	2
Anf-I-07	Wünschenswert, wenn das Geschäft nicht mit anderen Händlern geteilt wird.	3
Anf-I-08	Dienstleistungsgeschäft (Extrawünsche/Service) können (müssen nicht) weiterhin möglich sein.	3

---

Tabelle A.3: Anforderungen aus Experteninterview II und III

Bezeichnung	Anforderungsbeschreibung	Priorität
Anf-II-01	Wünschenswert, wenn Kunde bei Bestellung alle nötigen Kontaktdaten angibt, damit bei der Anlieferung direkt der richtige Ansprechpartner gefunden werden kann.	3
Anf-II-02	Verkäufer müssen sich durch guten Service abheben.	1
Anf-II-03	Müssen jederzeit so flexibel wie möglich sein und schnellstmöglich auf Kundenwünsche eingehen.	1
Anf-III-01	Baustoffhändler müssen sich durch Flexibilität von anderen absetzen.	1
Anf-III-02	Zusätzlich angebotene Serviceleistungen heben uns von anderen Händlern ab.	1
Anf-III-03	Müssen so schnell wie möglich liefern können.	1
Anf-III-04	Standzeiten auf der Baustelle müssen eingehalten werden.	2

Tabelle A.4: Anforderungen aus Experteninterview IV

---

Bezeichnung	Anforderungsbeschreibung	Priorität
Anf-IV-01	Baustoffe müssen aus der Region geliefert werden.	1
Anf-IV-02	Zeit ab Bestellung bis zum Erhalt der Ware muss kurz sein.	1
Anf-IV-03	Lieferzeitpunkt muss exakt abgestimmt werden.	1
Anf-IV-04	Lkw Entladung muss im vorgegebenen Zeitfenster erfolgen.	1
Anf-IV-05	Ware muss schadlos angeliefert und abgeladen werden.	1
Anf-IV-06	Es sollen keine versteckten Kosten entstehen.	2
Anf-IV-07	Art der Abladung soll im Vorfeld geklärt werden.	2
Anf-IV-08	Ware soll kranbar geladen werden.	2
Anf-IV-09	Abruf der Ware soll kurzfristig möglich sein.	2
Anf-IV-10	Ware kann (muss nicht) durch den Händler geliefert werden, bei dem sie bestellt wurde.	3
Anf-IV-11	Ware darf beim Transport nicht zusätzlich verpackt werden – Vermeidung von Verpackungsmüll.	1
Anf-IV-12	Kundendaten müssen vertraulich behandelt werden.	1

---



Tabelle A.5: Anforderungen aus Experteninterview V und VI

Bezeichnung	Anforderungsbeschreibung	Priorität
Anf-V-01	Ware muss kurzfristig abgerufen werden können.	1
Anf-V-02	Ware muss termingerecht auf die Baustelle geliefert werden.	1
Anf-V-03	Ware kann (muss nicht) durch den Baustoff-Fachhandel geliefert werden, bei dem sie bestellt wurde.	3
Anf-V-04	Keine Preiserhöhung durch zusätzlichen Dienstleister.	1
Anf-VI-01	Ware kann (muss nicht) von regionalen Händlern kommen.	3
Anf-VI-02	Zulieferer muss zeitlich flexibel sein und spontan liefern können.	1
Anf-VI-03	Festgelegter Liefertermin muss zuverlässig eingehalten werden.	1
Anf-VI-04	Es sollen alle Kosten im Voraus gedeckt werden.	2
Anf-VI-05	Preise dürfen durch eine weitere Dienstleistung nicht steigen.	1
Anf-VI-06	Ware kann (muss nicht) durch den Baustoff-Fachhändler geliefert werden, bei dem sie bestellt wurde.	3
Anf-VI-07	Ware muss trotz Umladung weiterhin schadenfrei angeliefert werden.	1
Anf-VI-08	Kundendaten sollen vertraulich behandelt werden.	2



## **B Anhang Modellevaluation**

Die Trendlinien in Abbildung B.1, Abbildung B.2 und Abbildung B.3 zeigen, dass mit steigendem Sendungsgewicht ebenfalls die Sendungsfläche zunimmt. Anhand der ausgewiesenen Korrelationskoeffizienten wird jedoch ersichtlich, dass lediglich ein untergeordneter linearer Zusammenhang zwischen den Datenpaaren besteht. Selbst eine polynomiale Betrachtung des Korrelationskoeffizienten bewirkt keinen wesentlich verbesserten Zusammenhang.

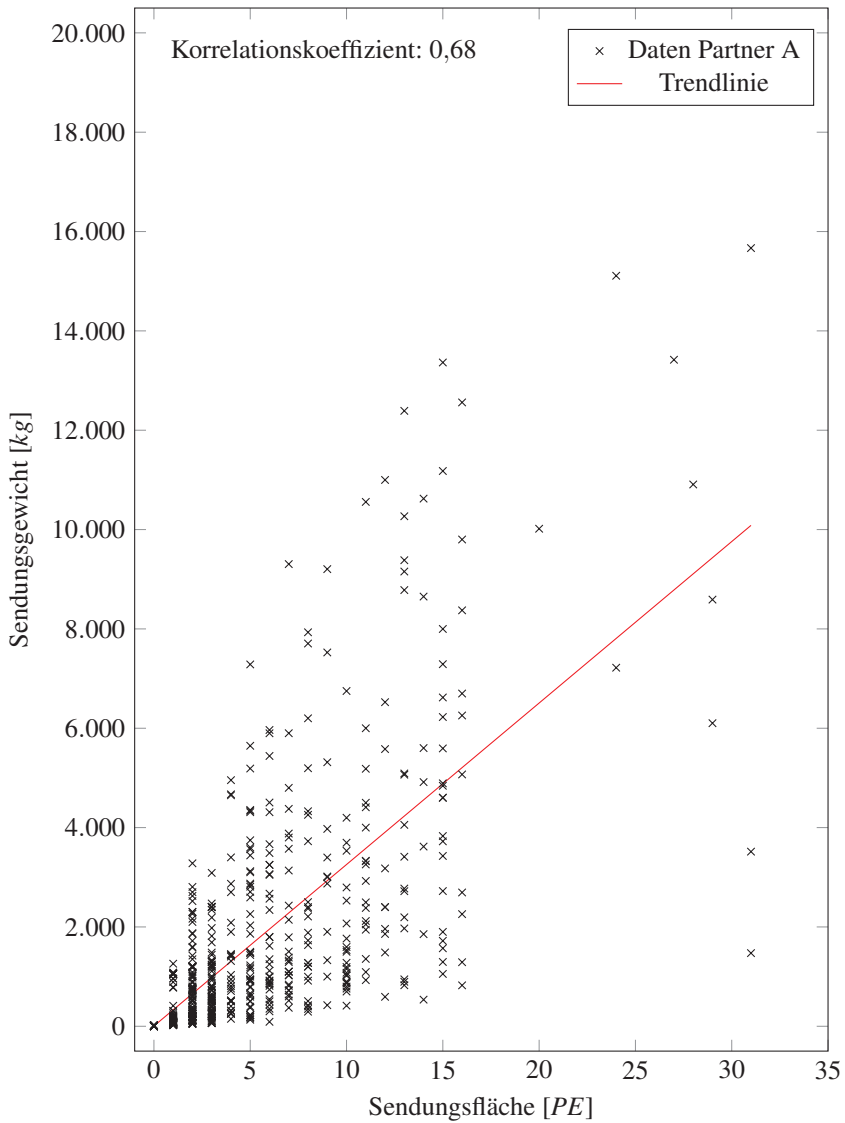


Abbildung B.1: Detaildarstellung der 592 Sendungsaufträge von Händler A

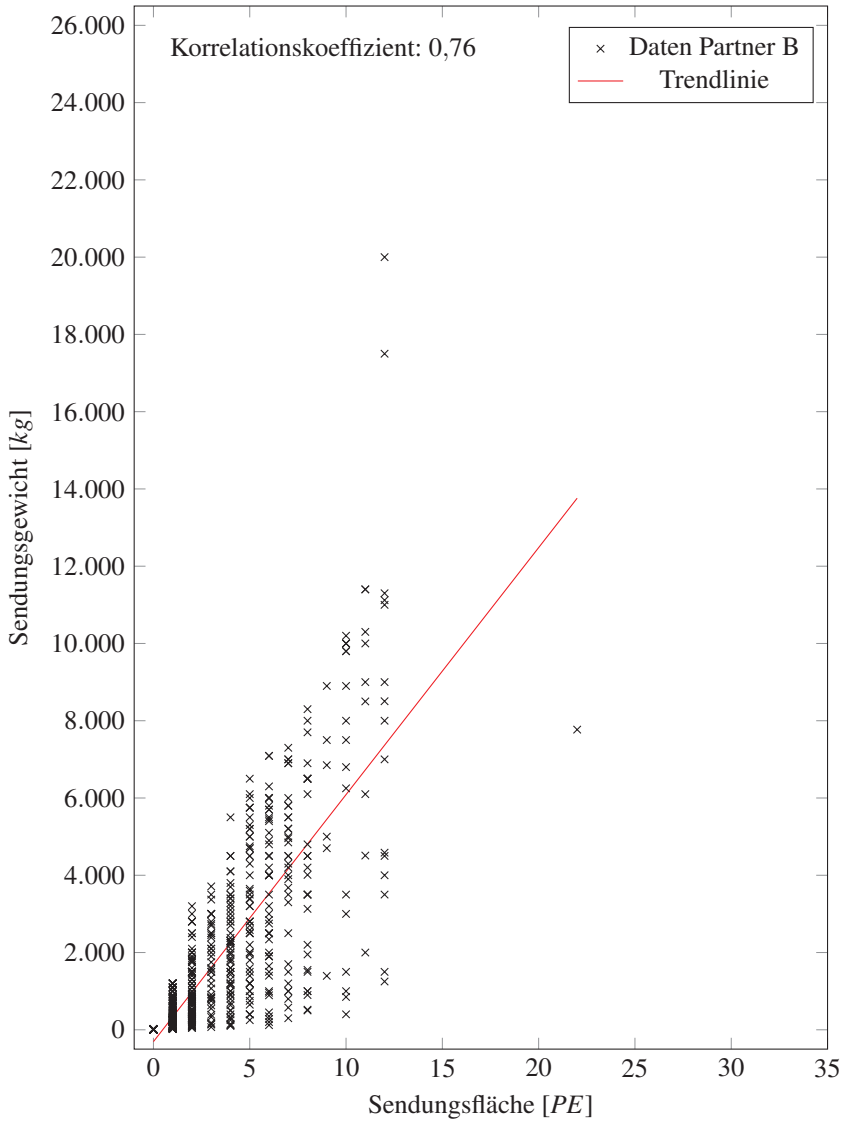


Abbildung B.2: Detaildarstellung der 681 Sendungsaufträge von Händler B

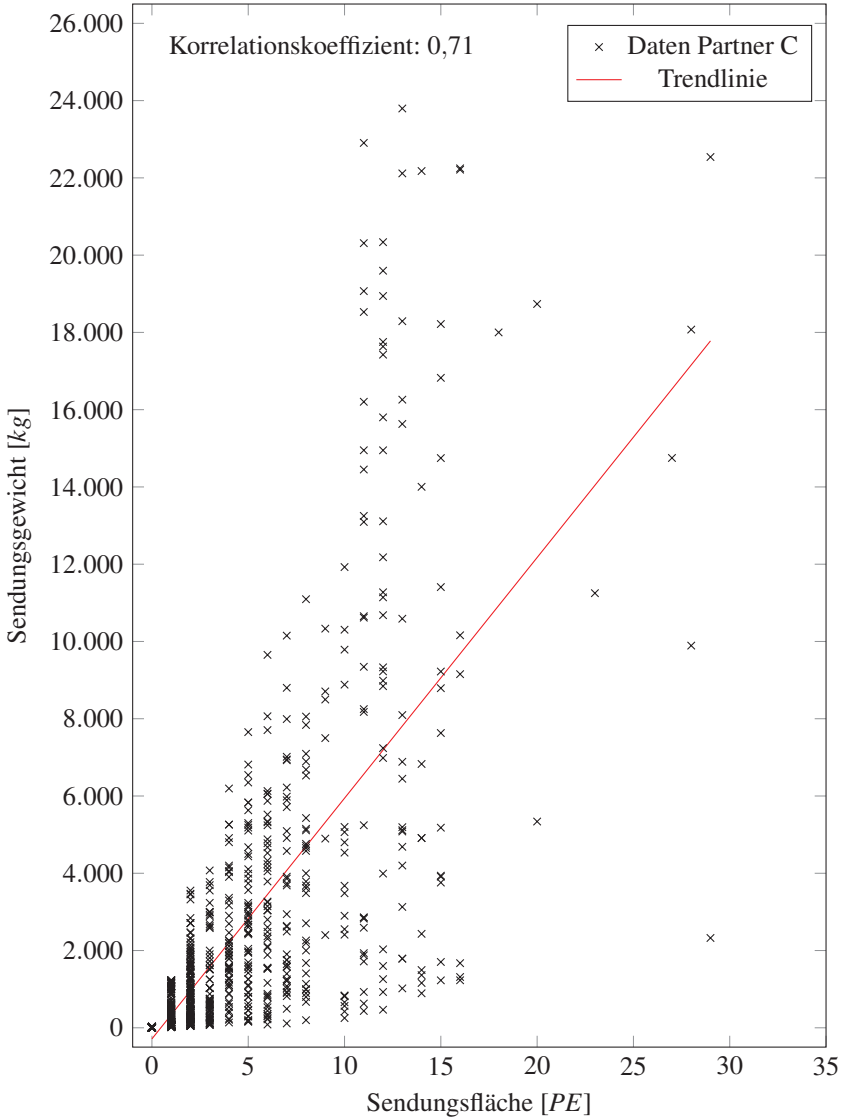


Abbildung B.3: Detaildarstellung der 989 Sendungsaufträge von Händler C

Tabelle B.1 typisiert die Sendungsaufträge nach Abholung, Auslieferung und Transport. Während Abholungen und Auslieferungen immer aus Sicht eines Partner-Standorts in Bezug zu deren Kunden oder zu den Herstellern zu verstehen ist, beschreibt der Transport-Typ den Warenfluss zwischen zwei Standorten oder ohne Standortbezug. Es ist ersichtlich, dass der Warenfluss zwischen einem Standort eines Partners zu dessen Kunden die bedeutendste Stellung einnimmt.

Tabelle B.1: Aufteilung der Sendungsaufträge nach Typen

Datengeber	Abholung	Auslieferung	Transport	Summe
Partner A	57	421	114	592
Partner B	64	490	127	681
Partner C	80	676	233	989
Gesamtsumme	201	1587	474	2262

In Tabelle B.2 geben die Spalten 2, 3 und 5 die absoluten Zahlen der Simulationsergebnisse der Basismodelle aus Abschnitt 6.3 an, während die Spalten 4, 6 und 7 die Veränderungen der jeweiligen Modelle untereinander abbilden. Als Hinweis ist beizufügen, dass die Darstellung der maximal benötigten Anzahl an Lkw und Anhänger im Real- und Referenzmodell auf einer unternehmensgetrennten Sichtweise basieren.

Tabelle B.2: Ergebnisse zum einzelwirtschaftlichen Nutzen der Basismodelle

Bezeichnung	Real-situation	Referenzmodell	Ref. zu Real.	Konsolidierungsmodell	Kons. zu Real.	Kons. zu Ref.
Gesamtstrecke	52.455 km	37.734 km	-28,1 %	33.633 km	-35,9 %	-10,9 %
Fahrzeit	1305 h	962 h	-26,3 %	904 h	-30,7 %	-6,0 %
Einsatzdauer	2369 h	1950 h	-17,7 %	1910 h	-19,4 %	-2,1 %
Ø Tourstopp-Entfernung	15,5 km	13,3 km	-14,2 %	11,0 km	-29,0 %	-17,3 %
Leerstrecke	17.327 km	5960 km	-65,6 %	5412 km	-68,8 %	-9,2 %
Ø Anzahl Lkw	16,0 Lkw/d	12,8 Lkw/d	-20,0 %	10,5 Lkw/d	-34,4 %	-18,0 %
Max. Anzahl Lkw	17 Lkw	17 Lkw	0,0 %	12 Lkw	-29,4 %	-29,4 %
Ø Anzahl Anhänger	2,3 Anh./d	1,6 Anh./d	-30,4 %	1,3 Anh./d	-43,5 %	-18,8 %
Max. Anzahl Anhänger	5 Anh.	5 Anh.	0,0 %	3 Anh.	-40,0 %	-40,0 %



Tabelle B.3 bis Tabelle B.10 stellt die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsvarianten nach Abschnitt 6.5 im Hinblick auf den gesamten einzelwirtschaftlichen Nutzen dar. In Tabelle B.11 bis Tabelle B.14 sind die Ergebnisse der Kombination der Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub> dargestellt.

Tabelle B.3: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante A

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante A	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	31.955 km	-5,0 %
Fahrzeit	904 h	854 h	-5,5 %
Einsatzdauer	1910 h	1847 h	-3,3 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,3 km	-6,4 %
Leerstrecke	5412 km	8282 km	53,0 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	10,0 Lkw/d	-4,8 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	11 Lkw	-8,3 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,3 Anh./d	0,0 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	3 Anh.	0,0 %

Tabelle B.4: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante B<sub>1</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante B <sub>1</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	30.444 km	-9,5 %
Fahrzeit	904 h	814 h	-10,0 %
Einsatzdauer	1910 h	1803 h	-5,6 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,5 km	-4,5 %
Leerstrecke	5412 km	5038 km	-6,9 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	9,5 Lkw/d	-9,5 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	10 Lkw	-16,7 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,1 Anh./d	-15,4 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	2 Anh.	-33,3 %

Tabelle B.5: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante B<sub>2</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante B <sub>2</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	27.598 km	-17,9 %
Fahrzeit	904 h	747 h	-17,4 %
Einsatzdauer	1910 h	1723 h	-9,8 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	9,9 km	-10,0 %
Leerstrecke	5412 km	4264 km	-21,2 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	9,2 Lkw/d	-12,4 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	10 Lkw	-16,7 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,1 Anh./d	-15,4 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	2 Anh.	-33,3 %

Tabelle B.6: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C<sub>1</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante C <sub>1</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	32.819 km	-2,4 %
Fahrzeit	904 h	887 h	-1,9 %
Einsatzdauer	1910 h	1894 h	-0,8 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,8 km	-1,8 %
Leerstrecke	5412 km	4671 km	-13,7 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	10,7 Lkw/d	1,9 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	13 Lkw	8,3 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,7 Anh./d	30,8 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	4 Anh.	33,3 %

Tabelle B.7: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C<sub>2</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante C <sub>2</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	32.678 km	-2,8 %
Fahrzeit	904 h	884 h	-2,2 %
Einsatzdauer	1910 h	1890 h	-1,1 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,8 km	-1,8 %
Leerstrecke	5412 km	4429 km	-18,2 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	10,5 Lkw/d	0,0 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	12 Lkw	0,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,7 Anh./d	30,8 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	4 Anh.	33,3 %

Tabelle B.8: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C<sub>3</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante C <sub>3</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	32.064 km	-4,7 %
Fahrzeit	904 h	874 h	-3,3 %
Einsatzdauer	1910 h	1878 h	-1,7 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,6 km	-3,6 %
Leerstrecke	5412 km	3790 km	-30,0 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	10,4 Lkw/d	-1,0 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	13 Lkw	8,3 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	2,4 Anh./d	84,6 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	4 Anh.	33,3 %

Tabelle B.9: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C<sub>4</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante C <sub>4</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	29.985 km	-10,9 %
Fahrzeit	904 h	836 h	-7,5 %
Einsatzdauer	1910 h	1831 h	-4,1 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	10,1 km	-8,2 %
Leerstrecke	5412 km	2928 km	-45,9 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	9,8 Lkw/d	-6,7 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	12 Lkw	0,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	3,7 Anh./d	184,6 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	5 Anh.	66,7 %

Tabelle B.10: Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C<sub>5</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Variante C <sub>5</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	28.554 km	-15,1 %
Fahrzeit	904 h	806 h	-10,8 %
Einsatzdauer	1910 h	1798 h	-5,9 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	9,8 km	-10,9 %
Leerstrecke	5412 km	2376 km	-56,1 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	9,2 Lkw/d	-12,4 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	12 Lkw	0,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	4,9 Anh./d	277,0 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	5 Anh.	66,7 %

Tabelle B.11: Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A und B<sub>2</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Kombination der Varianten A und B <sub>2</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	26.339 km	-21,7 %
Fahrzeit	904 h	704 h	-22,1 %
Einsatzdauer	1910 h	1674 h	-12,4 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	9,2 km	-16,4 %
Leerstrecke	5412 km	8020 km	48,2 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	8,3 Lkw/d	-21,0 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	9 Lkw	-25,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	1,0 Anh./d	-23,1 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	3 Anh.	0,0 %

Tabelle B.12: Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A und C<sub>5</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Kombination der Varianten A und C <sub>5</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	28.017 km	-16,7 %
Fahrzeit	904 h	781 h	-13,6 %
Einsatzdauer	1910 h	1761 h	-7,8 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	9,4 km	-14,5 %
Leerstrecke	5412 km	5470 km	1,1 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	9,2 Lkw/d	-12,4 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	12 Lkw	0,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	4,5 Anh./d	246,2 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	5 Anh.	66,7 %

Tabelle B.13: Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Kombination der Varianten B <sub>2</sub> und C <sub>5</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	23.060 km	-31,4 %
Fahrzeit	904 h	650 h	-28,1 %
Einsatzdauer	1910 h	1614 h	-15,5 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	8,9 km	-19,1 %
Leerstrecke	5412 km	2181 km	-59,7 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	7,7 Lkw/d	-26,7 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	9 Lkw	-25,0 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	4,9 Anh./d	277,0 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	5 Anh.	66,7 %

Tabelle B.14: Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A, B<sub>2</sub> und C<sub>5</sub>

Bezeichnung	Konsolidierungsmodell	Kombination der Varianten A, B <sub>2</sub> und C <sub>5</sub>	Veränderung
Gesamtstrecke	33.633 km	21.365 km	-36,5 %
Fahrzeit	904 h	608 h	-32,7 %
Einsatzdauer	1910 h	1558 h	-18,4 %
∅ Tourstopp-Entfernung	11,0 km	7,9 km	-28,2 %
Leerstrecke	5412 km	4687 km	-13,4 %
∅ Anzahl Lkw	10,5 Lkw/d	7,3 Lkw/d	-30,5 %
Max. Anzahl Lkw	12 Lkw	8 Lkw	-33,3 %
∅ Anzahl Anhänger	1,3 Anh./d	4,8 Anh./d	269,2 %
Max. Anzahl Anhänger	3 Anh.	5 Anh.	66,7 %





# Abbildungsverzeichnis

1.1	Verbesserungspotential der Unternehmensbereiche im Baustoff-Fachhandel . . . . .	7
1.2	Vorgehensweise nach DSR . . . . .	16
1.3	Aufbau der Arbeit . . . . .	17
2.1	Prinzipdarstellung einer <i>Supply Chain</i> . . . . .	25
2.2	Einordnung der Logistikbereiche in betriebliche Funktionen . . . . .	26
2.3	Grundstrukturen von Logistiknetzwerken . . . . .	31
2.4	Beispielhafte Logistiknetzwerke . . . . .	33
2.5	Beispielhafte Touren mit Routenverlauf . . . . .	35
2.6	Beispielhafte Graphen zur Lösung eines Tourenproblems . . . . .	42
2.7	Variationen des VRP . . . . .	46
2.8	Beispielhafte Anwendung des <i>Saving</i> -Algorithmus . . . . .	51
2.9	Beispielhafte Darstellung des 2-opt-Verfahrens . . . . .	53
2.10	Abmessungen und zGG von Lkw . . . . .	56
2.11	Versandarten im Straßengüterverkehr in Abhängigkeit des Sendungsgewichts . . . . .	59
2.12	Handlungsfelder der Baulogistik . . . . .	67
3.1	Wertschöpfungskette im Baustoff-Fachhandel . . . . .	80
3.2	Lager- und Streckengeschäft im Baustoff-Fachhandel . . . . .	81
3.3	Umsatzaufteilung von Lager- und Streckengeschäft im Baustoff-Fachhandel . . . . .	82

4.1	Beispielhafte räumliche Konsolidierung durch Touren- und Sendungsverdichtung . . . . .	94
5.1	Konzept des Kooperationsmodells . . . . .	108
5.2	Prozessmodell: Taktische Disposition . . . . .	127
5.3	Prozessmodell: Operative Disposition . . . . .	130
5.4	Erfüllungsgrad der Anforderungen . . . . .	140
6.1	Anzahl der Sendungsaufträge der Datengeber . . . . .	161
6.2	Ergebnis der Tourenplanung der Realsituation vom 08.07.2015 . . .	171
6.3	Ergebnis der Tourenplanung des Referenzmodells vom 08.07.2015 .	173
6.4	Ergebnis der Tourenplanung des Kooperationsmodells vom 08.07.2015	175
6.5	Ergebnis der Basismodelle . . . . .	176
6.6	Ergebnisse der Untersuchungsvariante C . . . . .	203
6.7	Ergebnisvergleich der Untersuchungsvarianten . . . . .	204
6.8	Ergebnisvergleich der Kombinationen aus den Untersuchungsvarianten A, B <sub>2</sub> und C <sub>5</sub> . . . . .	205
B.1	Detaildarstellung der 592 Sendungsaufträge von Händler A . . . . .	224
B.2	Detaildarstellung der 681 Sendungsaufträge von Händler B . . . . .	225
B.3	Detaildarstellung der 989 Sendungsaufträge von Händler C . . . . .	226

# Tabellenverzeichnis

2.1	Bedeutende Determinanten der Tourenplanung . . . . .	36
2.2	Gesetzliche Regelungen zu den Lenk- und Ruhezeiten . . . . .	37
2.3	Nutzenpotentiale einer softwaregestützten Tourenplanung . . . . .	41
2.4	Rechenzeiten für beispielhafte Komplexitäten . . . . .	47
2.5	Transportfahrzeugklassen im Straßengüterverkehr . . . . .	57
2.6	Aufteilung des Straßengüterverkehrs nach der Verkehrsart . . . . .	58
2.7	Bedeutende Gegenstände der Baulogistik . . . . .	66
4.1	Bedeutende Formen der Unternehmensverbindung . . . . .	88
4.2	Wesentliche Kooperationsmerkmale und deren mögliche Ausprägung	89
4.3	Bedeutende einzelwirtschaftliche Effekte der räumlichen Transport- konsolidierung durch Touren- und Sendungsverdichtung . . . . .	95
4.4	Bedeutende einzelwirtschaftliche Effekte der räumlichen Transport- konsolidierung durch die Kombination der Touren- und Sendungs- verdichtung . . . . .	96
5.1	Charakteristische Kooperationsmerkmale zur Anwendung des Ko- operationsmodells . . . . .	110
5.2	Ergebnisse der Anforderungsgeber aus dem Baustoff-Fachhandel . .	115
5.3	Ergebnisse der Anforderungsgeber aus der Baubranche . . . . .	116
5.4	Beispielhafter Informationsgehalt eines Sendungsauftrags . . . . .	122
5.5	Kostengruppen und deren bedeutende Einzelkosten . . . . .	151

6.1	Standorte der Datengeber . . . . .	160
6.2	Sendungsgewicht und Sendungsfläche der Datengeber . . . . .	162
6.3	Fuhrparkdaten der Datengeber . . . . .	163
6.4	Servicezeitklassen . . . . .	167
6.5	Ergebnisse zum einzelwirtschaftlichen Nutzen . . . . .	178
6.6	Ergebnisse der bilateralen Kooperationskombinationen . . . . .	181
6.7	Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 11,99 t. . . . .	184
6.8	Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 18 t . . . . .	186
6.9	Kostenkalkulation eines Lkws mit einem zGG von 26 t . . . . .	187
6.10	Kostenkalkulation eines Anhängers mit einem zGG von 18 t . . . . .	188
6.11	Lkw-Einsparpotential . . . . .	191
6.12	Kosten für den physischen Transport pro Monat: Lkw . . . . .	192
6.13	Kosten für den physischen Transport pro Monat: Anhänger . . . . .	193
6.14	Vergleich der monatlichen Kosten zwischen dem Referenzmodell und Konsolidierungsmodell . . . . .	194
6.15	Vergleich der Sendungsflächen zwischen Referenzmodell und Kon- solidierungsmodell . . . . .	197
6.16	Umlage der Kosten für den Einsatz des Logistikers . . . . .	198
6.17	Transportkosten-Einsparpotential je Partner durch die Simulation des Kooperationsmodells . . . . .	199
A.1	Merkmale der Experteninterviews . . . . .	217
A.2	Anforderungen aus Experteninterview I . . . . .	218
A.3	Anforderungen aus Experteninterview II und III . . . . .	219
A.4	Anforderungen aus Experteninterview IV . . . . .	220
A.5	Anforderungen aus Experteninterview V und VI . . . . .	221
B.1	Aufteilung der Sendungsaufträge nach Typen . . . . .	227
B.2	Ergebnisse zum einzelwirtschaftlichen Nutzen der Basismodelle . . . . .	228
B.3	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante A . . . . .	229
B.4	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante B <sub>1</sub> . . . . .	230

---

B.5	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante B <sub>2</sub>	230
B.6	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C <sub>1</sub>	231
B.7	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C <sub>2</sub>	231
B.8	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C <sub>3</sub>	232
B.9	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C <sub>4</sub>	232
B.10	Ergebnisse zur Untersuchungsvariante C <sub>5</sub>	233
B.11	Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A und B <sub>2</sub>	233
B.12	Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A und C <sub>5</sub>	234
B.13	Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten B <sub>2</sub> und C <sub>5</sub>	234
B.14	Ergebnisse zur Kombination der Untersuchungsvarianten A, B <sub>2</sub> und C <sub>5</sub>	235



# Literaturverzeichnis

ABERLE, G. [2009]. *Transportwirtschaft: Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen*. München: Oldenbourg.

AETR [2011]. *Europäisches Übereinkommen über die Arbeit des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals (AETR) vom 1. Juli 1970 (BGBl. II S. 1475 vom 20.12.1974) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 1985 (BGBl. II S. 889 vom 09.08.1985), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 02. November 2011 (BGBl II - Nr. 29 - S. 1095)*.

ALSEHAIMI, A., KOSKELA, L. und TZORTZOPOULOS, P. [2012]. „Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies“. In: *Journal of Management in Engineering* 29 [4], S. 407–413.

ARBZG [1994]. *Arbeitszeitgesetz*. Arbeitszeitgesetz vom 06. Juni 1994 (BGBl. I S. 1170 f.)

ARCHETTI, C., SAVELSBERGH, M. W. P. und SPERANZA, M. G. [2006]. „Worst-Case Analysis for Split Delivery Vehicle Routing Problems“. In: *Transportation Science* 40 [2], S. 226–234.

ARNDT, H. [2010]. „Optimierungspotenziale im Wirtschaftsverkehr durch bestellerseitige Kooperation“. Dissertation. Technische Universität Berlin.

ARNDT, H. [2015]. *Logistikmanagement*. Wiesbaden: Springer Gabler.

- ARNOLD, D. und FURMANS, K. [2009]. *Materialfluss in Logistiksystemen*. Heidelberg u. a.: Springer.
- ARNOLDS, H., HEEGE, F., RÖH, C. und TUSSING, W., [Hrsg.] [2016]. *Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen, Spezialthemen, Übungen*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- AUFFERMANN, C. und LANGE, V. [2008]. „Spezielle Logistikprozesse“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 525–580.
- BAG [2013]. *Marktbeobachtung Güterverkehr: Jahresbericht 2013*. [Hrsg.] BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR. Online Ressource. Abgerufen am 26.10.2016. URL: [http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Herbst\\_und\\_Jahresberichte/Jahresbericht\\_2013.html](http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Herbst_und_Jahresberichte/Jahresbericht_2013.html).
- BAG [2014]. *Marktbeobachtung Güterverkehr: Jahresbericht 2014*. [Hrsg.] BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR. Online Ressource. Abgerufen am 21.10.2016. URL: [http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Herbst\\_und\\_Jahresberichte/Jahresbericht\\_2014.html](http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Herbst_und_Jahresberichte/Jahresbericht_2014.html).
- BAG [2015a]. *Hinweise zu den Sozialvorschriften im Straßenverkehr*. [Hrsg.] BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR. Online Ressource. Abgerufen am 08.12.2016. URL: [http://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Rechtsvorschriften/Lenk-Ruhezeiten/lenk-ruhezeiten\\_node.html](http://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Rechtsvorschriften/Lenk-Ruhezeiten/lenk-ruhezeiten_node.html).
- BAG [2015b]. *Marktbeobachtung Güterverkehr: Jahresbericht 2015*. [Hrsg.] BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR. Online Ressource. Abgerufen am 21.10.2016. URL: <http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/>



- DE / Marktbeobachtung / Herbst \_ und \_ Jahresberichte / Jahr2015 .  
html.
- BAHRAMI, K. [2003]. „Horizontale Transportlogistik-Kooperationen: Synergiepotenzial für Hersteller kurzlebiger Konsumgüter“. Dissertation. Universität Wien.
- BALDACCI, R., BATTARRA, M. und VIGO, D. [2008]. „Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles“. In: *The Vehicle Routing Problem*. [Hrsg.] B. GOLDEN, S. RAGHAVAN und E. WASIL. Springer: New York, S. 3–27.
- BARTH, K., HARTMANN, M. und SCHRÖDER, H. [2015]. *Betriebswirtschaftslehre des Handels*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- BATTARRA, M., CORDEAU, J.-F. und IORI, M. [2014]. „Pickup and Delivery Problems for Goods Transportation“. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*. [Hrsg.] P. TOTH und D. VIGO. Philadelphia: Siam, S. 161–191.
- BAUER, H., [Hrsg.] [2007]. *Baubetrieb*. Berlin u. a.: Springer.
- BAUSTOFFMARKT, [Hrsg.] [2016]. *Hagebau trennt Warengeschäft von Logistik*. Online Ressource. Abgerufen am 16.08.2016. URL: <http://www.baustoffmarkt-online.de/aktuell/news-fachhandel/detail/118927-hagebau-trennt-warengeschaeft-von-logistik/>.
- BDB [2011]. *Logistikkosten im Baustoffhandel*. [Hrsg.] BUNDESVERBAND DEUTSCHER BAUSTOFF-FACHHANDEL E.V. Online Ressource. Abgerufen am 16.04.2015. URL: <http://www.bdb-bfh.de/bdb/service/downloads.php>.
- BDB [2016]. *Leistungsdaten des deutschen Baustoff-Fachhandels*. [Hrsg.] BUNDESVERBAND DEUTSCHER BAUSTOFF-FACHHANDEL E.V. Online Res-

source. Abgerufen am 20.10.2016. URL: <http://www.bdb-bfh.de/bdb/service/downloads.php>.

BECKMANN, H. und SCHMITZ, M. [2008]. „Beschaffung“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 255–293.

BERGER, S. [2009]. „Kooperative Tourenplanung: Eine quantitative Analyse“. Dissertation. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

BERNECKER, T., SCHWARZ, O., WINTER, E. und RAIBER, S. [2016]. *Logistikinnovationen Baden-Württemberg: Eine Einschätzung aus Verladere- und Dienstleistersicht*. [Hrsg.] FRAUNHOFER. Online Ressource. Abgerufen am 11.11.2016. URL: <http://www.logwert.de/de/unsere-projekte/logistik-innovationen-bw.html>.

BEUMER, C., FURMANS, K., KILGER, C. und GROSCHE, T., [Hrsg.] [2009]. *Logistik im Mittelstand: Best Practices, Strategien für den Erfolg*. Hamburg: DVV.

BHB [2016]. *Der DIY-Markt: Marktabgrenzung und Marktdefinition*. [Hrsg.] HANDELSVERBAND HEIMWERKEN, BAUEN UND GARTEN E.V. Online Ressource. Abgerufen am 04.04.2016. URL: <http://www.bhb.org/markt-statistik/branchendefinitionen.html>.

BICHLER, K., RIEDEL, G. und SCHÖPPACH, F. [2013]. *Kompakt Edition Lagerwirtschaft: Grundlagen, Technologien und Verfahren*. Wiesbaden: Springer Gabler.

BICKER, W., [Hrsg.] [2016]. *Der Lastauto Omnibus Katalog*. Stuttgart: Euro-TransportMedia.

- BINDER, F. [2014]. „Ereignisbasierte Steuerung bauleistungsprozesse mit Echtzeit-Ortungssystemen“. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- BINDER, F. und MOTZKO, C. [2013]. „Netzwerk Baustelle: Baubetriebliche Prozesssteuerung mit Sensoren“. In: *Baumaschinendienst* [7–8], S. 12–18.
- BLUTNER, D., CRAMER, S., KRAUSE, S., MÖNKS, T., NAGEL, L., REINHOLZ, A. und WITTHAUT, M. [2009]. „Anreizsysteme für die Entscheidungsunterstützung“. In: *Große Netze der Logistik: Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs 559*. [Hrsg.] P. BUCHHOLZ und U. CLAUSEN. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 241–270.
- BOENERT, L. und BLÖMEKE, M. [2006]. „Kostensenkung durch ein zentrales Logistikmanagement“. In: *Bauleistungsprozesse: Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen*. [Hrsg.] U. CLAUSEN. Dortmund: Praxiswissen.
- BORTOLINI, R., SHIGAKI, J. S.-I. und FORMOSO, C. T. [2015]. „Site Logistics Planning and Control Using 4d Modeling: A Study in a Lean Car Factory Building Site“. In: *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. [Hrsg.] O. SEPPÄNEN, V. A. GONZÁLEZ und P. ARROYO. Perth: IGLC, S. 361–370.
- BRÄYSY, O. und HASLE, G. [2014]. „Software Tools and Emerging Technologies for Vehicle Routing and Intermodal Transportation“. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*. [Hrsg.] P. TOTH und D. VIGO. Philadelphia: Siam, S. 351–380.
- BREIER, H. [2014]. „Tourenplanung mit alternativen Lieferperioden und Teillieferungen“. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie.
- BRETZKE, W.-R. [2014]. *Nachhaltige Logistik: Zukunftsfähige Netzwerk- und Prozessmodelle*. Berlin und Heidelberg: Springer.

- BRETZKE, W.-R. [2015]. *Logistische Netzwerke*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- BRÖMER, K. [2015]. *Bauwirtschaft und Konjunktur: Bedeutung und Auswirkung staatlicher Nachfragesteuerung auf die Bauwirtschaft*. Wiesbaden: Springer.
- BUCHHOLZ, J., CLAUSEN, U. und VASTAG, A., [Hrsg.] [1998]. *Handbuch der Verkehrslogistik*. Berlin: Springer.
- BÜHREN, K. [2016]. „Mit Logistik zum effizienten Bauablauf“. In: *Immobilien Zeitung* [32], S. 6.
- BUNDESVEREINIGUNG LOGISTIK, [Hrsg.] [2017]. *Bedeutung für Deutschland*. Online Ressource. Abgerufen am 02.02.2017. URL: <http://www.bvl.de/wissen/bedeutung-fuer-deutschland>.
- BURGDORF, J. und GIESSE, A. [2015]. „Paris: Fahrverbot für 3,5-Tonner“. In: *Verkehrsrundschau* [38], S. 10.
- BUSCH, A. und DANGELMAIER, W., [Hrsg.] [2004]. *Integriertes Supply Chain Management: Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse*. Wiesbaden: Gabler.
- BUXMANN, P., KÖNIG, W., FRICKE, M., HOLLICH, F., MARTIN-DIAZ, L. und WEBER, S. [2003]. *Zwischenbetriebliche Kooperation mit mySAP.com: Aufbau und Betrieb von Logistiknetzwerken*. Berlin: Springer.
- CARDENEO, A. [2008]. „Straßengüterverkehr, Speditionen, Logistik-Dienstleistungen“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 727–736.

- CHENG, J. C. P. und KUMAR, S. [2015]. „A BIM-Based Framework for Material Logistics Planning“. In: *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. [Hrsg.] O. SEPPÄNEN, V. A. GONZÁLEZ und P. ARROYO. Perth: IGLC, S. 33–42.
- CHOPRA, S. und MEINDL, P. [2013]. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Boston u. a.: Pearson.
- COLYE, J. J., BARDI, E. J. und LANGLEY, C. J. [2003]. *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*. Mason: South-Western.
- CONFORTI, M., CORNUEJOLS, G. und ZAMBELLI, G. [2014]. *Integer Programming*. Cham u. a.: Springer.
- CONRADS, A. [2016]. „Prozesssimulation im maschinellen Tunnelbau zur Analyse von Logistik- und Wartungsprozessen“. In: *Tagungsband des 27. BBB Assistententreffen*. [Hrsg.] R. SCHACH und P. JEHL. Dresden: Technische Universität Dresden, S. 31–41.
- COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS, [Hrsg.] [2013]. *Supply Chain Management: Terms and Glossary*. Online Ressource. Abgerufen am 28.09.2016. URL: [cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](http://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx).
- CREVIER, B., CORDEAU, J.-F. und LAPORTE, G. [2007]. „The multi-depot vehicle routing problem with inter-depot routes“. In: *European Journal of Operational Research* 176 [2], S. 756–773.
- CZIHARZ, T. und BUBENHEIMER, M. [2014]. „Der Qualitätssicherungsprozess: Menetekel oder Wunderheilung?“. In: *Requirements-Engineering und -Management*. [Hrsg.] C. RUPP. München: Hanser, S. 301–316.

- DABIDIAN, P. und LANGKAU, S. [2013]. „Straßengüterverkehr“. In: *Verkehrs- und Transportlogistik*. [Hrsg.] U. CLAUSEN und C. GEIGER. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, S. 137–159.
- DAMMER, I. [2011]. „Gelingende Kooperation“. In: *Netzwerkmanagement: Mit Kooperation zum Unternehmenserfolg*. [Hrsg.] T. BECKER, I. DAMMER, J. HOWALDT und A. LOOSE. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 37–50.
- DELL'AMICO, M., RIGHINI, G. und SALANI, M. [2006]. „A Branch-and-Price Approach to the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Distribution and Collection“. In: *Transportation Science* 40 [2], S. 235–247.
- DEML, A. [2008]. „Entwicklung und Gestaltung der Baulogistik im Tiefbau: Dargestellt am Beispiel des Pipelinebaus“. Dissertation. Universität Regensburg.
- DENZER, M., AMREIN, T. und HAGSHENO, S. [2015a]. „City-Logistik als Beitrag zur Verbesserung der innerstädtischen Baustellenver- und Baustellenentsorgung“. In: *Tagungsband des 26. BBB Assistententreffen*. [Hrsg.] F. BERNER. Stuttgart: Technische Universität Stuttgart, S. 5–19.
- DENZER, M., BAUER, T. und HAGSHENO, S. [2014]. „Logistikzentren zur Materialversorgung und Materialentsorgung innerstädtischer Bauvorhaben“. In: *Tagungsband des 25. BBB Assistententreffen*. [Hrsg.] D. HECK, G. MAUERHOFER und C. HOFSTADLER. Graz: Technische Universität Graz, S. 49–64.
- DENZER, M. und HAGSHENO, S. [2016]. „Der Baustoff-Fachhandel als Akteur in der baubetrieblichen Wertschöpfungskette: Ergebnisse einer Online-Befragung“. In: *Tagungsband des 27. BBB Assistententreffen*. [Hrsg.] R. SCHACH und P. JEHL. Dresden: Technische Universität Dresden, S. 43–61.

- DENZER, M., MÜNZL, N., SONNABEND, F. A. und HAGSHENO, S. [2015b]. „Analysis of Definitions and Quantification of Waste in Construction“. In: *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. [Hrsg.] O. SEPPÄNEN, V. A. GONZÁLEZ und P. ARROYO. Perth: IGLC, S. 723–732.
- DESROCHERS, M., LENSTRA, J. K. und SAVELSBERGH, M. W. P. [1990]. „A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems“. In: *European Journal of Operational Research* 46 [3], S. 322–332.
- DEUTSCHE PRESSE-AGENTUR [2015]. „EU-Kommission ermahnt Deutschland“. In: *Verkehrsrundschau* [29], S. 13.
- DEUTSCHE PRESSE-AGENTUR [2017]. „Weg frei zur Maut-Ausweitung“. In: *Allgemeine Bauzeitung* 87 [7], S. 1.
- DIE WELT, [Hrsg.] [2014]. *Der nächste Internet-Boom gehört den Baumärkten*. Online Ressource. Abgerufen am 22.06.2016. URL: <http://www.welt.de/wirtschaft/article126807857/Der-naechste-Internet-Boom-gehoert-den-Baumaerkten.html>.
- DOMSCHKE, W. [2007]. *Logistik: Transport*. München: Oldenbourg.
- DOMSCHKE, W., DREXL, A., KLEIN, R. und SCHOLL, A. [2015]. *Einführung in Operations Research*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- DOMSCHKE, W. und SCHOLL, A. [2008]. *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- DOMSCHKE, W. und SCHOLL, A. [2010]. *Logistik: Rundreisen und Touren*. München: Oldenbourg.

- DYCKHOFF, H. und SOUREN, R. [2008]. *Nachhaltige Unternehmensführung: Grundzüge industriellen Umweltmanagements*. Berlin: Springer.
- EBEL, G. [2012]. „Vorgehensmodell für die Anforderungsanalyse in der Baulogistik“. Dissertation. Technische Universität Dortmund.
- EBEL, G. [2013]. „Verkehr: Auswirkungen auf Raum und Mensch“. In: *Verkehrs- und Transportlogistik*. [Hrsg.] U. CLAUSEN und C. GEIGER. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, S. 15–20.
- EBERT, C. [2012]. *Systematisches Requirements Engineering: Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten*. Heidelberg: dpunkt.
- ERD, J. [2015]. *Stand und Entwicklung von Konzepten zur City-Logistik*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- ERDMANN, M. [1999]. „Konsolidierungspotentiale von Speditionskooperationen: Eine simulationsgestützte Analyse“. Dissertation. Universität zu Köln.
- ERNST, E. E. [2014]. „Baustofflogistik im Umbau“. In: *Verkehrsrundschau* [6], S. 24–26.
- FANDEL, G., GIESE, A. und RAUBENHEIMER, H. [2009]. *Supply Chain Management: Strategien, Planungsansätze, Controlling*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- FIEDLER, J. [2007]. „Fahrzeugkostenrechnung und Kalkulation“. In: *Praxis des Controllings in Speditionen*. [Hrsg.] D. LOHRE. Frankfurt am Main: Bildungswerk Spedition und Logistik, S. 71–84.
- FLEISCHMANN, B. [2008]. „Systeme der Transportlogistik“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 12–18.



- FRANKE, P. J. [2015]. „Der Bürokostenreport 2014“. In: *Facility Management* 5, S. 34–37.
- FRAUNHOFER, [Hrsg.] [2015]. *Future construction: Visionen und Lösungen für eine integrierte Wertschöpfungskette im Bauwesen mit Fokussierung auf den digitalen Bauprozess*. Stuttgart: Fraunhofer.
- GEERTS, G. L. [2011]. „A design science research methodology and its application to accounting information systems research“. In: *International Journal of Accounting Information Systems* 12 [2], S. 142–151.
- GEIGER, C. [2013]. „Logistikdienstleister“. In: *Verkehrs- und Transportlogistik*. [Hrsg.] U. CLAUSEN und C. GEIGER. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, S. 61–70.
- GIETZ, M. [2008]. „Transport- und Tourenplanung“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 137–153.
- GIRMSCHIED, G. [2014]. *Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2: Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse*. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg.
- GIRMSCHIED, G. [2015]. *Angebots- und Ausführungsmanagement: Erfolgsorientierte Unternehmensführung*. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg.
- GLEISSNER, H. und FEMERLING, C. [2012]. *Logistik: Grundlagen, Übungen, Fallbeispiele*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- GLEISSNER, H. und FEMERLING, J. C. [2016]. *Kompakt Edition: Transport*. Wiesbaden: Springer Gabler.

- GÖPFERT, I. [2012]. „Die Anwendung der Zukunftsforschung für die Logistik“. In: *Logistik der Zukunft – Logistics for the Future*. [Hrsg.] I. GÖPFERT. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 39–100.
- GORNIG, M. und MICHELSEN, C. [2014]. *Bauwirtschaft: Wohnungsneubau auf konjunkturellem Höhepunkt – öffentlicher Bau gewinnt an Bedeutung*. URL: [http://www.diw.de/de/diw\\_01.c.100404.de/publikationen\\_veranstaltungen/publikationen/wochenbericht/wochenbericht.html](http://www.diw.de/de/diw_01.c.100404.de/publikationen_veranstaltungen/publikationen/wochenbericht/wochenbericht.html).
- GRAF, H.-W. [2009]. „Optimierung des Wechselbrückentransports: Ein Spezialfall der Tourenplanung“. In: *Große Netze der Logistik: Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs 559*. [Hrsg.] P. BUCHHOLZ und U. CLAUSEN. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 101–128.
- GRITZMANN, P. [2013]. *Grundlagen der Mathematischen Optimierung*. Wiesbaden: Springer.
- GROSSMANN, C. und TERNO, J. [1993]. *Numerik der Optimierung*. Wiesbaden: Vieweg.
- GRÜNIG, G. [2015a]. „Mobilität von morgen“. In: *Verkehrsrundschau* [34–35], S. 47–49.
- GRÜNIG, G. [2015b]. „Ohne Kurzschluss“. In: *Verkehrsrundschau* [34–35], S. 44–46.
- GUDEHUS, T. [2012a]. *Logistik 1: Grundlagen, Verfahren und Strategien*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- GUDEHUS, T. [2012b]. *Logistik 2: Netzwerke, Systeme und Lieferketten*. Berlin und Heidelberg: Springer.

- GÜNTNER, W. A., KESSLER, S. und SANLADERER, S. [2006]. *Transportlogistik am Bau: Entwicklung eines Planungs- und Kontrollinstruments mit integrierter Datenerfassung und -bewertung für den Transport veredelter Schütt- und Stückgüter in der Bauindustrie*. München: Technische Universität München.
- GÜNTNER, W. A. und ZIMMERMANN, J., [Hrsg.] [2008]. *Logistik in der Bauwirtschaft: Status quo, Handlungsfelder, Trends und Strategien*. Nürnberg u. a.: Bayern Innovativ – Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer.
- HAGSHENO, S., DENZER, M. und BERGMANN, J. [2014]. „Ein wichtiger Beitrag der Baulogistik: Reduktion volkswirtschaftlicher Kosten der Bauproduktion“. In: *tHIS – Tiefbau, Hochbau, Ingenieurbau, Straßenbau* [8], S. 82–84.
- HANDELSVERBAND BAYERN E.V., [Hrsg.] [2014]. *City-Logistik*. Online Resource. Abgerufen am 02.09.2015. URL: <http://www.hv-bayern.de/downloads/?q=City-Logistik&l=&t=>.
- HASSA, E. [2015a]. „B2C: Nur ein Werbegag?“ In: *Verkehrsrundschau* [17], S. 20–23.
- HASSA, E. [2015b]. „Der Zwang zur Größe“. In: *Verkehrsrundschau* [28], S. 18–21.
- HASSA, E. [2015c]. „Jeder atmet auf, wenn er den Kostenblock Nahverkehr los ist“. In: *Verkehrsrundschau* [28], S. 21.
- HELMIG, J. [2012]. „Bewertung des Einsatzes von nachhaltigen Logistikkonzepten in Unternehmensnetzwerken“. Dissertation. RWTH Aachen.
- HELMUS, M., KELM, A., LAUSSAT, L. und MEINS-BECKER, A., [Hrsg.] [2011]. *RFID-Baulogistikleitstand: Forschungsbericht zum Projekt RFID-unterstütztes Steuerungs- und Dokumentationssystem für die erweiterte Baulo-*

- gistik am Beispiel Baulogistikleitstand für die Baustelle*. Wiesbaden: Vieweg Teubner.
- HELMUS, M., MEINS-BECKER, A., LAUSSAT, L. und KELM, A., [Hrsg.] [2009]. *RFID in der Baulogistik: Forschungsbericht zum Projekt Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft*. Wiesbaden: Vieweg Teubner.
- HELGAUN, K. [2000]. „An Effective Implementation of the Lin-Kernighan Traveling Salesman Heuristic“. In: *European Journal of Operational Research* 126, S. 106–130.
- HENNIG, A. und SCHNEIDER, W. [2016]. *Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Produktionsverbindungshandel*. Online Ressource. Abgerufen am 10.02.2016. URL: <http://www.wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/134470/produktionsverbindungshandel-v5.html>.
- HEVNER, A. R., MARCH, S. T., PARK, J. und RAM, S. [2004]. „Design Science in Information Systems Research“. In: *MIS Quarterly* 28 [1], S. 75–105.
- HGB [1897]. *Handelsgesetzbuch*. Handelsgesetzbuch in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 4100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung.
- HOAI [2013]. *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen*. Köln: Bundesanzeiger.
- HOEPKE, E. und BREUER, S. [2016]. „Einführung in die Nutzfahrzeugtechnik“. In: *Nutzfahrzeugtechnik: Grundlagen, Systeme, Komponenten*. [Hrsg.] E. HOEPKE und S. BREUER. Wiesbaden: Springer, S. 1–36.
- HOFSTADLER, C. [2007]. *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*. Berlin, Heidelberg und New York: Springer.

- HOFSTADLER, C. [2009]. „Beschaffungslogistik für die Phase Bauwerk-Rohbau: Berechnung der Anzahl der Transporte für Stahlbetonarbeiten unter Anwendung der Monte-Carlo-Simulation“. In: *Festschrift anlässlich des 30-jährigen Bestehens des Instituts für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt*. [Hrsg.] C. MOTZKO. Düsseldorf: VDI, S. 144–158.
- HOFSTADLER, C. [2016]. „Einfluss der Bauzeit auf die Produktivität im Baubetrieb: Teil 1“. In: *Bauwirtschaft 1* [1], S. 9–18.
- HOWALDT, J. und ELLERKMANN, F. [2011]. „Entwicklungsphasen von Netzwerken und Unternehmenskooperationen“. In: *Netzwerkmanagement: Mit Kooperation zum Unternehmenserfolg*. [Hrsg.] T. BECKER, I. DAMMER, J. HOWALDT und A. LOOSE. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 23–36.
- IHME, J. [2006]. *Logistik im Automobilbau: Logistikkomponenten und Logistiksysteme im Fahrzeugbau*. München und Wien: Hanser.
- IHME, J. [2011]. „Transporte und außerbetrieblicher Materialfluss“. In: *Taschenbuch der Logistik*. [Hrsg.] R. KOETHER. München: Hanser, S. 311–326.
- IRNICH, S., TOTH, P. und VIGO, D. [2014]. „The family of Vehicle Routing Problems“. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*. [Hrsg.] P. TOTH und D. VIGO. Philadelphia: Siam, S. 1–33.
- JANCKE, F. [2012]. „Nachhaltigkeit im Beschaffungsmanagement der Bauindustrie“. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- JANSEN, R. und VUKOVIC, D. [2015]. „Strategien für einen nachhaltigen Güterverkehr im urbanen Logistikumfeld“. In: *Jahrbuch Logistik 2015*. [Hrsg.] H. WOLF-KLUTHAUSEN. Korschenbroich: free beratung GmbH, S. 96–99.
- JÜNEMANN, R. [1989]. *Materialfluss und Logistik: Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen*. Berlin u. a.: Springer.

- JUNG, H. [2016]. „Konzept einer agentenbasierten Transportsteuerung für komplexe, dynamische und multimodale Logistiknetzwerke“. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie.
- JUNG, K.-P. [2012]. „Der Wertbeitrag der Logistik: Von der Kostensenkung zur Marktpositionierung“. In: *Logistik der Zukunft – Logistics for the Future*. [Hrsg.] I. GÖPFERT. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 451–466.
- KARGUL, A., BÜGLER, M., KESSLER, S., BORRMANN, A. und GÜNTNER, W. [2014]. „Fertigungssynchrone Ablaufsimulation von Unikatbaustellen im Tiefbau“. In: *BauPortal* [2], S. 16–19.
- KAUPP, M. [1997]. „City-Logistik als kooperatives Güterverkehrs-Management“. Dissertation. Universität Frankfurt am Main.
- KICK, A., ALTHOFF, K. und NIETERS, C. [2014]. „Integrierte Transportmanagementsysteme“. In: *Logistik als Arbeitsfeld der Zukunft: Potenziale, Umsetzungsstrategien und Visionen*. [Hrsg.] M. SCHENK. Magdeburg: Fraunhofer, S. 59–64.
- KILLICH, S. [2011]. „Formen der Unternehmenskooperation“. In: *Netzwerkmanagement: Mit Kooperation zum Unternehmenserfolg*. [Hrsg.] T. BECKER, I. DAMMER, J. HOWALDT und A. LOOSE. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 13–22.
- KIRCHBACH, K. [2014]. „Anwendung von Lean-Prinzipien im Erdbau: Entwicklung eines Baustellenleitstands auf Basis von Virtual Reality“. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie.
- KLAUBERT, C. [2011]. „Entwicklung eines RFID-basierten Informations- und Kommunikationssystems für die Baulogistik“. Dissertation. Technische Universität München.

- KLAUS, P., KRIEGER, W. und KRUPP, M., [Hrsg.] [2012]. *Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse*. Wiesbaden: Gabler, S. 212–218.
- KOETHER, R. [2014]. *Distributionslogistik: Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- KÖMPF, W. [1989]. „Unternehmensführung in erfolgreichen Klein- und Mittelbetrieben: Eine empirische Untersuchung“. Dissertation. Universität Stuttgart.
- KRAFT, V. und SCHONEBOOM, J. [2013]. „Transport-Management-Systeme“. In: *IT in der Logistik 2013/2014*. [Hrsg.] M. TEN HOMPEL. Stuttgart: Fraunhofer, S. 114–143.
- KRAMPE, H. und LUCKE, H.-J. [2012]. „Einführung in die Logistik“. In: *Grundlagen der Logistik: Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme*. [Hrsg.] H. KRAMPE, H.-J. LUCKE und M. SCHENK. München: Huss, S. 17–36.
- KRANKE, A. [2015]. „Wie machen sich Ihre Elektro-Lkw in der Praxis?“ In: *Verkehrsrundschau* [46], S. 9.
- KRAUSS, S. [2005]. „Die Baulogistik in der schlüsselfertigen Ausführung“. Dissertation. Universität Stuttgart.
- KRFARBZG [2012]. *Gesetz zur Regelung der Arbeitszeit von selbständigen Kraftfahrern*. Gesetz zur Regelung der Arbeitszeit von selbständigen Kraftfahrern vom 11. Juli 2012 (BGBl. I S. 1479).
- KUECHLER, B. und VAISHNAVI, V. K. [2008]. „Theory Development in Design Science Research: Anatomy of a Research Project“. In: *European Journal of Information Systems* 17 [5], S. 489–504.

- KÜRSCHNER, J. [2015]. „Die neuen Mautzahler“. In: *Verkehrsrundschau* [21], S. 14.
- LANGE, S. und SCHILLING, D. [2015]. „Reasons for an Optimized Construction Logistics“. In: *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. [Hrsg.] O. SEPPÄNEN, V. A. GONZÁLEZ und P. ARROYO. Perth: IGLC, S. 733–742.
- LANGE, V. [2008]. „Verpackungs- und Verladetechnik“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 695–726.
- LEINZ, J. [2004]. „Strategisches Beschaffungsmanagement in der Bauindustrie: Einkauf und Logistik in überregional tätigen Unternehmen des schlüsselfertigen Hochbaus“. Dissertation. Technische Universität Bergakademie Freiberg.
- LERCHENMÜLLER, M. [2014]. *Handelsbetriebslehre*. Herne: NWB.
- LI, S. Z. und JAIN, A., [Hrsg.] [2009]. *Encyclopedia of Biometrics*. Boston: Springer.
- MARCH, S. T. und SMITH, G. F. [1995]. „Design and natural science research on information technology“. In: *Decision Support Systems* 15 [4], S. 251–266.
- MARTIN, H. [2014]. *Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- MATTFELD, D. C. und VAHRENKAMP, R. [2014]. *Logistiknetzwerke: Modelle für Standortwahl und Tourenplanung*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- MAYRING, P. [2016]. *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. Weinheim: Beltz.



- MEINS-BECKER, A. [2011]. „Modell zur Unterstützung bauleistungslogistischer Prozesse entlang der Versorgungskette der Bauwirtschaft“. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal.
- MORLEDGE, R., KNIGHT, A. und GRADA, M. [2009]. „The Concept and Development of Supply Chain Management in the UK Construction Industry“. In: *Construction Supply Chain Management: Concepts and Case Studies*. [Hrsg.] S. PRYKE. Oxford: Wiley-Blackwell, S. 23–41.
- MÜLLER-HAGEDORN, L., TOPOROWSKI, W. und ZIELKE, S. [2012]. *Der Handel: Grundlagen, Management, Strategien*. Stuttgart: Kohlhammer.
- MÜLLER, F. [2012]. *Service Engineering für Logistikkoperationen: Empirische Analyse der Entscheidungskoordination in Cluster-Initiativen*. Lohmar: Eul.
- NICKEL, S., STEIN, O. und WALDMANN, K.-H. [2014]. *Operations Research*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- NIEBISCH, T. [2013]. *Anforderungsmanagement in sieben Tagen: Der Weg vom Wunsch zur Konzeption*. Berlin und Heidelberg: Springer Gabler.
- O. V. [2015]. „Flächendeckende Baustofftransporte“. In: *tHIS – Tiefbau, Hochbau, Ingenieurbau, Straßenbau 7*, S. 84.
- O'BRIEN, W. J., FORMOSO, C. T., LONDON, K. A. und VRIJHOEF, R. [2009]. „Introduction“. In: *Construction Supply Chain Management Handbook*. [Hrsg.] W. J. O'BRIEN, C. T. FORMOSO, R. VRIJHOEF und K. A. LONDON. Boca Raton: CRC, S. 1-1–1-5.
- OFFERMANN, P., LEVINA, O., SCHÖNHERR, M. und BUB, U. [2009]. „Outline of a Design Science Research Process“. In: *Proceedings of the 4th Interna-*

- tional Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*. ACM, S. 1–11.
- OHRT, C. [2008]. „Tourenplanung im Straßengüterverkehr“. Dissertation. Universität Hamburg.
- OLFERT, K. [2016]. *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*. Herne: Kiehl.
- PAUSENBERGER, E. und NÖCKER, R. [2000]. „Kooperative Formen der Auslandsmarktbearbeitung“. In: *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* [4], S. 393–412.
- PFOHL, H.-C. [2010]. *Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- PFOHL, H.-C. [2013]. „Logistik“. In: *Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe: Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung*. [Hrsg.] H.-C. PFOHL. Berlin: Schmidt, S. 275–309.
- PFOHL, H.-C. [2016]. *Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- PIONTEK, J. [2007]. *Bausteine des Logistikmanagements*. Herne: NWB.
- POHL, K. [2008]. *Requirements Engineering: Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. Heidelberg: dpunkt.
- POHL, K. und RUPP, C. [2010]. *Basiswissen Requirements Engineering*. Heidelberg: dpunkt.
- PRODHAFTEG [1989]. *Produkthaftungsgesetz: Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte*. Produkthaftungsgesetz vom 15. Dezember 1989 (BGBl. I S. 2198).

- RICHTER, A. [2015]. „Quo Vadis Baulogistik: Wechselwirkungen zwischen Bauunternehmen, Baulogistik und Gebäude-Management beim Bauen im Bestand“. In: *BauPortal* [5], S. 52–55.
- RING, P. [1986]. *Regionale Besonderheiten der Preisbildung und Ansätze zur Förderung des Wettbewerbs auf dem Berliner Baustoffmarkt*. Berlin: Duncker & Humblot.
- ROCHA, C. G., FORMOSO, C. T., TZORTZOPOULOS-FAZENDA, P., KOSKELA, L. und TEZEL, A. [2012]. „Design Science Research in Lean Construction: Process and Outcomes“. In: *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. [Hrsg.] I. D. TOMMELEIN und C. L. PASQUIRE. San Diego: IGLC.
- ROSCELLE, J. und TEASLEY, S. D. [1995]. „The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving“. In: *Computer Supported Collaborative Learning*. [Hrsg.] C. O’MALLEY. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 69–97.
- RUHL, F. [2016]. „Entwicklung eines Baulogistikprozessmodells“. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- RUHL, F., BINDER, F. und MOTZKO, C. [2015]. „Baulogistik in Planung, Ausschreibung und Bauausführung“. In: *BauPortal* [2], S. 12–16.
- RUPP, C. [2014]. „In medias RE“. In: *Requirements-Engineering und -Management*. [Hrsg.] C. RUPP. München: Hanser, S. 9–30.
- RUPP, C. und GEIS, P. [2014]. „Ziele, Informanten und Fesseln“. In: *Requirements-Engineering und -Management*. [Hrsg.] C. RUPP. München: Hanser, S. 73–88.

- RUPP, C. und SCHÜPFERLING, D. [2014]. „Anforderungsermittlung: Hellsehen für Fortgeschrittene“. In: *Requirements-Engineering und -Management*. [Hrsg.] C. RUPP. München: Hanser, S. 89–121.
- RUSSIG, V., DEUTSCH, S., SPILLNER, A. und GREFEMANN, K. [1996]. *Branchenbild Bauwirtschaft: Entwicklung und Lage des Baugewerbes sowie Einflußgrößen und Perspektiven der Bautätigkeit in Deutschland*. Berlin: Duncker & Humblot.
- SCHACH, R. und SCHUBERT, N. [2009]. „Logistik im Bauwesen“. In: *Logistik: Überlegen vor Bewegen*. [Hrsg.] H. KOKENGE. Dresden: Technische Universität Dresden, S. 59–63.
- SCHUEERER, S. [2004]. „Neue Tabusuche-Heuristiken für die logistische Tourenplanung bei restringierendem Anhängereinsatz, mehreren Depots und Planungsperioden“. Dissertation. Universität Regensburg.
- SCHMIDT, A. und SCHNEIDER, M. [2008]. „Lager- und Materialflussprozesse“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 371–404.
- SCHOLL, A. [2008]. „Optimierungsansätze zur Planung logistischer Systeme und Prozesse“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 43–57.
- SCHULTE, C. [2013]. *Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain*. München: Vahlen.
- SCHWARTZ, M. [2014]. *KfW-Mittelstandspanel 2014*. [Hrsg.] KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU. Frankfurt am Main: KfW.

- SEEMANN, Y. F. [2007]. „Logistikkoordination als Organisationseinheit bei der Bauausführung“. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- SEITZ, K.-F. [2016]. „Modellierung von Transportprozessen in Lieferketten“. Dissertation. Leibniz Universität Hannover.
- SEPPÄNEN, O. und PELTOKORPI, A. [2016]. „A New Model for Construction Material Logistics: From Local Optimization of Logistics Towards Global Optimization of on-Site Production System“. In: *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston: IGLC, S. 73–82.
- SHELL [2010]. *Shell Lkw-Studie: Fakten, Trends und Perspektiven im Straßengüterverkehr bis 2030*. [Hrsg.] SHELL DEUTSCHLAND OIL GMBH. Online Ressource. Abgerufen am 05.12.2016. URL: <http://www.shell.de/medien/shell-publikationen/shell-nutzfahrzeug-studie.html>.
- SIMON, H. A., [Hrsg.] [1996]. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: MIT.
- SOMBUNTHAMA, P. und KACHITVICHYANUKUL, V. [2010]. „Multi-depot Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery Requests“. In: *AIP Conference Proceedings*. [Hrsg.] S.-I. AO, A. H.-S. CHAN, H. KATAGIRI und L. XU. Bd. 1285. Maryland: American Institute of Physics, S. 71–85.
- SPRENGER, R. [2013]. „Kooperative Transportdisposition in einer Allianz komplementärer Lieferanten“. Dissertation. Fernuniversität Hagen.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2016a]. *Durchschnittlicher Bruttojahresverdienst von Disponenten in Deutschland im Jahr 2015*. Online Ressource. Abgerufen am 10.11.2016. URL: [de.statista.com/statistik/daten/studie/449170/umfrage/jahresgehalt-von-disponenten-in-deutschland/](http://de.statista.com/statistik/daten/studie/449170/umfrage/jahresgehalt-von-disponenten-in-deutschland/).

- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2016b]. *Güterverkehr*. Online Ressource. Abgerufen am 21.10.2016. URL: <http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Gueterverkehr/Tabellen/GueterbefoerderungLR.html>.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2016c]. *Produzierendes Gewerbe: Kostenstruktur der Unternehmen im Baugewerbe 2014*. Fachserie 4 Reihe 5.3. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2017a]. *Durchschnittlicher Preis für Dieselkraftstoff in Deutschland in den Jahren 1950 bis 2017*. Online Ressource. Abgerufen am 02.02.2017. URL: [www.de.statista.com/statistik/daten/studie/779/umfrage/durchschnittspreis-fuer-dieselmotorkraftstoff-seit-dem-jahr-1950/](http://www.de.statista.com/statistik/daten/studie/779/umfrage/durchschnittspreis-fuer-dieselmotorkraftstoff-seit-dem-jahr-1950/).
- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2017b]. *Was ist der Unterschied zwischen Betrieben und Unternehmen?* Online Ressource. Abgerufen am 21.02.2017. URL: <http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/FAQ/UnterschiedBetriebUnternehmen.html>.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, [Hrsg.] [2018]. *Produzierendes Gewerbe: Tätige Personen und Umsatz der Betriebe im Baugewerbe 2016*. Fachserie 4 Reihe 5.1. Wiesbaden.
- STOCKBURGER, C. [2016]. *Deutschlands größte Stau-Fallen*. [Hrsg.] SPIEGEL ONLINE. Online Ressource. Abgerufen am 18.03.2016. URL: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/stau-index-2015-das-sind-deutschlands-stau-hoellen-a-1082493.html>.
- STOLLER-SCHAI, D. [2003]. „E-Collaboration: Die Gestaltung internetgestützter kollaborativer Handlungsfelder“. Dissertation. Universität St. Gallen.

- STÜTZ, S. [2015]. „Emissionsfrei, energiearm und leise“. In: *DVZ* [10], S. 5–6.
- STVZO [2012]. *Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung*. Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679).
- SUCKY, E. [2008]. „Netzwerkmanagement“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 934–945.
- SULLIVAN, G., BARTHORPE, S. und ROBBINS, S. [2010]. *Managing Construction Logistics*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- THOMMEN, J.-P. und ACHLEITNER, A.-K. [2012]. *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- TRANSPORT CONSULTING INTERNATIONAL, [Hrsg.] [2015]. *Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr: Kurzfristprognose Sommer 2015*. Online Ressource. Abgerufen am 26.11.2015. URL: [http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Verkehrsprognose\\_Sommer\\_2015.html](http://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Verkehrsprognose_Sommer_2015.html).
- VAHRENKAMP, R. und KOTZAB, H. [2012]. *Logistik: Management und Strategien*. München: Oldenbourg.
- VAISHNAVI, V. K. und KUECHLER, W. [2015]. *Design science research methods and patterns: Innovating information and communication technology*. Boca Raton: CRC.
- VAN BONN, B. [2013]. „Basisdaten der Logistikplanung“. In: *Verkehrs- und Transportlogistik*. [Hrsg.] U. CLAUSEN und C. GEIGER. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, S. 291–298.

- VANOVERMEIRE, C., SÖRENSEN, K., VAN BREEDAM, A. und VERSTREPEN, S. [2014]. „Horizontal logistics collaboration: Decreasing costs through flexibility and an adequate cost allocation strategy“. In: *International Journal of Logistics Research and Applications* 17, S. 339–355.
- VASTAG, A. [2008]. „Distribution“. In: *Handbuch Logistik*. [Hrsg.] D. ARNOLD, H. ISERMANN, A. KUHN, K. FURMANS und H. TEMPELMEIER. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 405–440.
- VERBÄNDE DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE BAU, [Hrsg.] [2013]. *Wertschöpfungskette Bau: Positionspapier zur Bundestagswahl 2013*. Online Ressource. Abgerufen am 19.02.2016. URL: <http://www.bauindustrie.de/presse/presseinformationen/spitzenverbande-der-wertschöpfungskette-bau-stellen-positionspapier-zur-bundestagswahl-2013-vor/>.
- VO(EG)561/2006 [2006]. *Verordnung (EG) Nr. 561/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates*. In: Abl. EU L 102/1 vom 11. April 2006.
- VO(EU)305/2011 [2011]. *Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates*. In: Abl. EU L 88 vom 04. April 2011.
- VOIGT, F. [1973]. *Verkehr: Die Theorie der Verkehrswirtschaft*. Berlin: Duncker & Humblot.



- VOIGT, S. [2015]. „Vom Flickenteppich zum Mastermind“. In: *Verkehrsrundschau* [29], S. 24–25.
- VOIGTMANN, J. K. und BARGSTÄDT, H.-J. [2008]. „Simulation von Baulogistikprozessen im Ausbau“. In: *Advances in Simulation for Production and Logistics Applications*. [Hrsg.] M. RABE. Stuttgart: Fraunhofer, S. 131–140.
- VOIGTMANN, J. K. und BARGSTÄDT, H.-J. [2010]. „Simulationen von Logistikstrategien im Bauwesen“. In: *Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal*. [Hrsg.] G. ZÜLCH und P. STOCK. Karlsruhe: KIT, S. 109–116.
- VON HEYL, J. [2016]. „Kritische Betrachtung der klassischen Bauabwicklung in Deutschland“. In: *Tagungsband 27. BBB-Assistententreffen*. [Hrsg.] R. SCHACH und P. JEHLE. Dresden: Technische Universität Dresden, S. 235–245.
- VON SCHWANENFLUG, C. [2016]. „Baumärkte werden wieder kleiner“. In: *Immobilien Zeitung* [32], S. 11.
- VUKOVIC, D. [2016]. „Effiziente Logistikprozesse“. In: *Pack Report* 49 [11], S. 63–65.
- WAGNER, T. [2002]. „City-Logistik als Teil der Supply-Chain: Entwicklung einer Konzeption vor dem Hintergrund infrastruktureller Veränderungen“. Dissertation. Europ. Business School Oestrich-Winkel.
- WALLERANG, L. [2013]. „Baulogistik tritt heraus aus ihrer Nische“. In: *VDI Nachrichten* [41].
- WEBER, J. [2007]. „Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten“. Dissertation. Technische Universität Dortmund.

- WEDDEWER, M. [2007]. „Verrechnungspreissysteme für horizontale Spediti-  
onsnetzwerke: Simulationsgestützte Gestaltung und Bewertung“. Dissertati-  
on. Universität Paderborn.
- WEISE, T., PODLICH, A. und GORLDT, C. [2009]. „Solving Real-World Vehi-  
cle Routing Problems with Evolutionary Algorithms“. In: *Natural Intelligence  
for Scheduling, Planning and Packing Problems*. [Hrsg.] R. CHIONG und S.  
DHAKAL. Berlin und Heidelberg: Springer, S. 29–54.
- WERNER, H. [2013]. *Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, In-  
strumente und Controlling*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH, [Hrsg.] [2017]. *Lkw-Kalkulation*. On-  
line Ressource. Abgerufen am 03.01.2017. URL: [http://www.dietrans-  
porteure.at/lkw-kalkulation/berechnung.php](http://www.dietrans-<br/>porteure.at/lkw-kalkulation/berechnung.php).
- WITTENBRINK, P. [1995]. „Bündelungsstrategien der Speditionen im Bereich  
der City-Logistik: Eine ökonomische Analyse“. Dissertation. Georg-August-  
Universität Göttingen.
- WITTENBRINK, P. [2014]. *Transportmanagement: Kostenoptimierung, Green  
Logistics und Herausforderungen an der Schnittstelle Rampe*. Wiesbaden:  
Springer Gabler.
- WÖHE, G. und DÖRING, U. [2013]. *Einführung in die Allgemeine Betriebswirt-  
schaftslehre*. München: Vahlen.
- WÖHRLE, T. [2012]. „Hohe Ansprüche an die Logistik“. In: *Verkehrsrundschau*  
[36], S. 26–27.
- XU, X. [2013]. „Collaboration Mechanism in the Horizontal Logistics Collabo-  
ration“. Dissertation. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

- ZÄPFEL, G. und IRREITER, A. [2010]. „Ökoeffiziente Tourenplanung durch Konsolidierung von Warenströmen“. In: *Corporate Sustainability: Der Beitrag von Unternehmen zu einer nachhaltigen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft*. [Hrsg.] H. K. PRAMMER. Wiesbaden: Gabler, S. 116–138.
- ZENTES, J., SWOBODA, B. und FOSCHT, T. [2012]. *Handelsmanagement*. München: Vahlen.
- ZIEMS, D. [2012]. „Planung logistischer Lösungen“. In: *Grundlagen der Logistik: Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme*. [Hrsg.] H. KRAMPE, H.-J. LUCKE und M. SCHENK. München: Huss, S. 59–98.
- ZIMMERMANN, H.-J. [2008]. *Operations Research: Methoden und Modelle*. Wiesbaden: Vieweg.
- ZIMMERMANN, J. und HAAS, B. [2009]. „Bau Logistik: Motivation, Definition, Konzeptentwicklung“. In: *Tiefbau* [1], S. 11–16.
- ZIMMERMANN, J. [2011]. „Mathematische Methoden zur Lösung von Logistikproblemen“. In: *Taschenbuch der Logistik*. [Hrsg.] R. KOETHER. München: Hanser, S. 273–288.



---

## **FORSCHUNGSBERICHTE DES INSTITUTS FÜR TECHNOLOGIE UND MANAGEMENT IM BAUBETRIEB**

Heft 1–62 institutsintern verlegt

---

Heft 1	<b>HANS PINNOW</b> Vergleichende Untersuchungen von Tiefbauprojekten in offener Bauweise	1972
Heft 2	<b>HEINRICH MÜLLER</b> Rationalisierung des Stahlbetonbaus durch neue Schalverfahren und deren Optimierung beim Entwurf	1972
Heft 3	<b>DIETER KARLE</b> Einsatzdimensionierung langsam schlagender Rambäre aufgrund von Rammsondierungen	1972
Heft 4	<b>WILHELM REISMANN</b> Kostenerfassung im maschinellen Erdbau	1973
Heft 5	<b>GÜNTHER MALETON</b> Wechselwirkungen von Maschine und Fels beim Reißvorgang	1973
Heft 6	<b>JOACHIM HORNUNG</b> Verfahrenstechnische Analyse über den Ersatz schlagender Rammen durch die Anwendung lärmarmen Baumethoden	1973
Heft 7	<b>THOMAS TRÜMPER / JÜRGEN WEID</b> Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von Schneidköpfen bei Unterwasserbaggerungen	1973
Heft 8	<b>GEORG OELRICHS</b> Die Vibrationsrammung mit einfacher Längsschwingwirkung – Untersuchungen über die Kraft- und Bewegungsgrößen des Systems Rambär plus Rammstück im Boden	1974
Heft 9	<b>PETER BÖHMER</b> Verdichtung bituminösen Mischgutes beim Einbau mit Fertigern	1974
Heft 10	<b>FRITZ GEHBAUER</b> Stochastische Einflußgrößen für Transportsimulationen im Erdbau	1974

Heft 11	<b>EMIL MASSINGER</b> Das rheologische Verhalten von lockeren Erdstoffgemischen	1976
Heft 12	<b>KAWUS SCHAYEGAN</b> Einfluß von Bodenkonsistenz und Reifeninnendruck auf die fahrdynamischen Grundwerte von EM-Reifen	1975
Heft 13	<b>CURT HEUMANN</b> Dynamische Einflüsse bei der Schnittkraftbestimmung in standfesten Böden	1975
Heft 14	<b>HANS-JOSEF KRÄMER</b> Untersuchung der bearbeitungstechnischen Bodenkennwerte mit schwerem Ramm-Druck- Sondiergerät zur Beurteilung des Maschineneinsatzes im Erdbau	1976
Heft 15	<b>FRIEDRICH ULBRICHT</b> Baggerkraft bei Eimerkettenschwimmbaggern - Untersuchungen zur Einsatzdimensionierung	1977
Heft 16	<b>BERTOLD KETTERER</b> Einfluß der Geschwindigkeit auf den Schneidvorgang in rolligen Böden - <b>vergriffen</b> -	1977
Heft 17	<b>JOACHIM HORNUNG/THOMAS TRÜMPER</b> Entwicklungstendenzen lärmarmen Tiefbauverfahren für den innerstädtischen Einsatz	1977
Heft 18	<b>JOACHIM HORNUNG</b> Geometrisch bedingte Einflüsse auf den Vorgang des maschinellen Reißens von Fels - untersucht an Modellen	1978
Heft 19	<b>THOMAS TRÜMPER</b> Einsatzoptimierung von Tunnelvortriebsmaschinen	1978
Heft 20	<b>GÜNTHER GUTH</b> Optimierung von Bauverfahren - dargestellt an Beispielen aus dem Seehafenbau	1978
Heft 21	<b>KLAUS LAUFER</b> Gesetzmäßigkeiten in der Mechanik des drehenden Bohrens im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgestein - <b>vergriffen</b> -	1978

Heft 22	<b>URS BRUNNER</b> Submarines Bauen - Entwicklung eines Bausystems für den Einsatz auf dem Meeresboden - vergriffen -	1979
Heft 23	<b>VOLKER SCHULER</b> Drehendes Bohren in Lockergestein - Gesetzmäßigkeiten und Nutzenanwendung - vergriffen -	1979
Heft 24	<b>CHRISTIAN BENOIT</b> Die Systemtechnik der Unterwasserbaustelle im Offshore-Bereich	1980
Heft 25	<b>BERNHARD WÜST</b> Verbesserung der Umweltfreundlichkeit von Maschinen, insbesondere von Baumaschinen-Antrieben	1980
Heft 26	<b>HANS-JOSEF KRÄMER</b> Geräteseitige Einflußparameter bei Ramm- und Drucksondierungen und ihre Auswirkungen auf den Eindringwiderstand	1981
Heft 27	<b>BERTOLD KETTERER</b> Modelluntersuchungen zur Prognose von Schneid- und Planierkräften im Erdbau	1981
Heft 28	<b>HARALD BEITZEL</b> Gesetzmäßigkeiten zur Optimierung von Betonmischern	1981
Heft 29	<b>BERNHARD WÜST</b> Einfluß der Baustellenarbeit auf die Lebensdauer von Turmdrehkränen	1982
Heft 30	<b>HANS PINNOW</b> Einsatz großer Baumaschinen und bisher nicht erfaßter Sonderbauformen in lärmempfindlichen Gebieten	1982
Heft 31	<b>WALTER BAUMGÄRTNER</b> Traktionsoptimierung von EM-Reifen in Abhängigkeit von Profilierung und Innendruck	1982
Heft 32	<b>KARLHEINZ HILLENBRAND</b> Wechselwirkung zwischen Beton und Vibration bei der Herstellung von Stahlbetonrohren im Gleitverfahren	1983
Heft 33	<b>CHRISTIAN BENOIT</b> Ermittlung der Antriebsleistung bei Unterwasserschauflerrädern	1985

Heft 34	<b>NORBERT WARDECKI</b> Strömungsverhalten im Boden-/Werkzeugsystem	1986
Heft 35	<b>CHRISTIAN BENOIT</b> Meeresbergbau - Bestimmung der erforderlichen Antriebskraft von Unterwasserbaggern	1986
Heft 36	<b>ROLF VICTOR SCHMÖGER</b> Automatisierung des Füllvorgangs bei Scrapern	1987
Heft 37	<b>ALEXANDER L. MAY</b> Analyse der dreidimensionalen Schnittverhältnissen beim Schaufelradbagger	1987
Heft 38	<b>MICHAEL HELD</b> Hubschraubereinsatz im Baubetrieb	1989
Heft 39	<b>GUNTER SCHLICK</b> Adhäsion im Boden-Werkzeug-System	1989
Heft 40	<b>FRANZ SAUTER</b> Optimierungskriterien für das Unterwasser-schaufelrad (UWS) mittels Modellsimulation - vergriffen -	1991
Heft 41	<b>STEFAN BERETITSCH</b> Kräftespiel im System Schneidwerkzeug-Boden	1992
Heft 42	<b>HEINRICH SCHLICK</b> Belastungs- und Fließverhältnisse in Silos mit zentralen Einbauten und Räumarmaustrag	1994
Heft 43	<b>GÜNTHER DÖRFLER</b> Untersuchungen der Fahrwerkbodeninteraktion zur Gestaltung von Raupenfahrzeugen für die Befahrung weicher Tiefseeböden	1995
Heft 44	<b>AXEL OLEFF</b> Auslegung von Stellelementen für Schwingungserregerzellen mit geregelter Parameterverstellung und adaptive Regelungskonzepte für den Vibrationsrammprozeß	1996
Heft 45	<b>KUNIBERT LENNERTS</b> Stand der Forschung auf den Gebieten der Facility- und Baustellen-Layoutplanung	1997
Heft 46	<b>KUNIBERT LENNERTS</b> Ein hybrides, objektorientiertes System zur Planung optimierter Baustellen-Layouts	1997



Heft 47	<b>UWE RICKERS</b> Modellbasiertes Ressourcenmanagement für die Rettungsphase in Erdbebengebieten	1998
Heft 48	<b>ULRICH-PETER REHM</b> „Ermittlung des Antriebsdrehmomentes von Räumarmen in Silos mit Einbaukörper und kohäsivem Schüttgut“	1998
Heft 49	<b>DIRK REUSCH</b> Modellierung, Parameterschätzung und automatische Regelung mit Erschütterungsbegrenzung für das langsame Vibrationsrammen	2001
Heft 50	<b>FRANZ DIEMAND</b> Strategisches und operatives Controlling im Bauunternehmen	2001
Heft 51	<b>KARSTEN SCHÖNBERGER</b> Entwicklung eines Workflow-Management- Systems zur Steuerung von Bauprozessen in Handwerkernetzwerken	2002
Heft 52	<b>CHRISTIAN MEYENBURG</b> Ermittlung von Grundlagen für das Controlling in öffentlichen Bauverwaltungen	2002
Heft 53	<b>MATTHIAS BURCHARD</b> Grundlagen der Wettbewerbsvorteile globaler Baumärkte und Entwicklung eines Marketing Decision Support Systems (MDSS) zur Unternehmensplanung	2002
Heft 54	<b>JAROSŁAW JURASZ</b> Geometric Modelling for Computer Integrated Road Construction (Geometrische Modellierung für den rechnerintegrierten Straßenbau)	2003
Heft 55	<b>SASCHA GENTES</b> Optimierung von Standardbaumaschinen zur Rettung Verschütteter	2003
Heft 56	<b>GERHARD W. SCHMIDT</b> Informationsmanagement und Transformationsaufwand im Gebäudemanagement	2003
Heft 57	<b>KARL LUDWIG KLEY</b> Positionierungslösung für Straßenwalzen - Grundlage für eine kontinuierliche Qualitätskontrolle und Dokumentation der Verdichtungsarbeit im Asphaltbau	2004

Heft 58	<b>JOCHEN WENDEBAUM</b> Nutzung der Kerntemperaturvorhersage zur Verdichtung von Asphaltmischgut im Straßenbau	2004
Heft 59	<b>FRANK FIEDRICH</b> Ein High-Level-Architecture-basiertes Multiagentensystem zur Ressourcenoptimierung nach Starkbeben	2004
Heft 60	<b>JOACHIM DEDEKE</b> Rechnergestützte Simulation von Bauproduktions- prozessen zur Optimierung, Bewertung und Steuerung von Bauplanung und Bauausführung	2005
Heft 61	<b>MICHAEL OTT</b> Fertigungssystem Baustelle - Ein Kennzahlensystem zur Analyse und Bewertung der Produktivität von Prozessen	2007
Heft 62	<b>JOCHEN ABEL</b> Ein produktorientiertes Verrechnungssystem für Leistungen des Facility Management im Krankenhaus	2007

---

**HEFT 63–68 BEI KIT SCIENTIFIC PUBLISHING KARLSRUHE  
VERLEGT, ISSN 1868-5951**

---

Heft 63	<b>JÜRGEN KIRSCH</b> Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme – Entwicklung eines Gestaltungsmodells eines ganzheitlichen Produktions- systems für den Bauunternehmer	2009
Heft 64	<b>MARCO ZEIHNER</b> Ein Entscheidungsunterstützungsmodell für den Rückbau massiver Betonstrukturen in kerntechnischen Anlagen	2009
Heft 65	<b>MARKUS SCHÖNIT</b> Online-Abschätzung der Rammguttragfähigkeit beim langsamen Vibrationsrammen in nichtbindigen Böden	2009
Heft 66	<b>JOHANNES KARL WESTERMANN</b> Betonbearbeitung mit hydraulischen Anbaufräsen	2009
Heft 67	<b>FABIAN KOHLBECKER</b> Projektbegleitendes Öko-Controlling Ein Beitrag zur ausgewogenen Bauprojektrealisierung beispielhaft dargestellt anhand von Tunnelbauprojekten	2010
Heft 68	<b>AILKE HEIDEMANN</b> Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien - Entwicklung eines Lean-Projektabwicklungssystems: Internationale Untersuchungen im Hinblick auf die Umsetzung und Anwendbarkeit in Deutschland	2011

---

**AB HEFT 69 BEI KIT SCIENTIFIC PUBLISHING KARLSRUHE  
UNTER DEM TITEL KARLSRUHER REIHE TECHNOLOGIE UND  
MANAGEMENT IM BAUBETRIEB VERLEGT, ISSN 2363-8222**

---

Heft 69	<b>KIM KIRCHBACH</b> Anwendung von Lean-Prinzipien im Erdbau – Entwicklung eines Baustellenleitstands auf Basis von Virtual Reality	2015
Heft 70	<b>PATRICK KERN</b> Elastomerreibung und Kraftübertragung beim Abscheren von aktiv betriebenen Vakuumgreifern auf rauen Oberflächen	2017
Heft 71	<b>GERNOT HICKETHIER</b> Communication Structures in the Design Phase of Lean Project Delivery	2019
Heft 72	<b>AHLAM MOHAMAD</b> Managing the Potential of Modularization and Standardization of MEP Systems in Industrial Buildings. Guidelines for improvement based on lean principles	2019
Heft 73	<b>MICHAEL DENZER</b> Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel	2019



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE  
UND MANAGEMENT IM BAUBETRIEB**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Shervin Haghsheno

Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes

In vielen Industriezweigen wird der Logistik eine hohe Wertstellung zugesprochen. Innerhalb der Bauwirtschaft ist das Bewusstsein über die Bedeutung der logistischen Potentiale noch untergeordnet, obwohl die Logistik einen bedeutenden Einfluss auf die Bauproduktivität hat. Mit Fokus auf die Versorgung von Baustellen mit Bauprodukten, stellt sich der Baustoff-Fachhandel als ein wichtiger Akteur innerhalb der Wertschöpfungskette Bau dar.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Entwicklung eines Kooperationsmodells für die Transportlogistik im Baustoff-Fachhandel. Durch die Konsolidierung des Sendungsvolumens von kooperierenden Baustoff-Fachhändlern wird die Verbesserung des Logistiknetzwerks angestrebt, um somit die Transporteffizienz der Kooperationspartner zu erhöhen. Zusätzlich zur Entwicklung des Kooperationsmodells wird dieses durch Simulationen anhand von Realdaten evaluiert und die Auswirkung des Kooperationsmodells auf die zu fahrende Gesamtstrecke der Kooperationspartner untersucht.



ISSN 2363-8222 | ISBN 978-3-7315-0884-7

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier