

Slow Logistics

Eine simulationsgestützte Analyse der ökonomischen und ökologischen Potentiale der Sendungsbündelung

von Jonas Wiese



University
of Bamberg
Press

15 Logistik and Supply Chain Management

Logistik and Supply Chain Management

Band 15

Herausgegeben von
Prof. Dr. Eric Sucky



Slow Logistics

Eine simulationsgestützte Analyse der ökonomischen
und ökologischen Potentiale der Sendungsbündelung

Jonas Wiese

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Diese Arbeit hat der Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Dissertation vorgelegen.

1. Gutachter: Prof. Dr. Eric Sucky

2. Gutachter: Prof. Dr. Alexander Pflaum

Tag der mündlichen Prüfung: 06.10.2016

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Hochschulschriften-Server (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universitätsbibliothek Bamberg erreichbar. Kopien und Ausdrucke dürfen nur zum privaten und sonstigen eigenen Gebrauch angefertigt werden.

Herstellung und Druck: docupoint, Magdeburg

Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press, Anna Hitthaler

© University of Bamberg Press Bamberg, 2017

<http://www.uni-bamberg.de/ubp/>

ISSN: 2191-2424

ISBN: 978-3-86309-471-3 (Druckausgabe)

eISBN: 978-3-86309-472-0 (Online-Ausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus4-477091

Schriftenreihe

Logistik und Supply Chain Management

Herausgegeben von Prof. Dr. Eric Sucky

Kontakt: Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Lehrstuhl für BWL, insb. Produktion und Logistik, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg

Das erfolgreiche Management sowohl unternehmensinterner als auch unternehmensübergreifender Wertschöpfungsprozesse, Wertschöpfungsketten und ganzer Wertschöpfungsnetzwerke basiert im Besonderen auf dem zielgerichteten Einsatz von bestehenden und weiterentwickelten Methoden und Konzepten des Produktions- und Logistikmanagements sowie des Operations Research, dem Einsatz von innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie theoretischen und praktischen Erkenntnissen des Kooperationsmanagements. Die Schriftenreihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten Logistik und Supply Chain Management. Aufgenommen werden Publikationen, die einen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt in Logistik und Supply Chain Management liefern.

Geleitwort

In Logistiksystemen besteht die Tendenz zu einer immer schnelleren Belieferung. Viele Versandhändler sprechen bereits von „Same Day“ – Zustellung noch am gleichen Tag. Die Schnelligkeit ist ein Marketing-Argument in einem sich verschärfenden Wettbewerb. Neben den damit verbundenen ökologischen Belastungen kann aber argumentiert werden, dass weniger die Schnelligkeit als vielmehr die Zuverlässigkeit bei der Belieferung das entscheidende Qualitätskriterium ist. In der Seeschifffahrt beispielsweise ist der Fachbegriff „Slow Logistics“ bereits bekannt. Ohne ihre Supply-Chain-Partner zu fragen, haben Reeder als Reaktion auf hohe Ölpreise das Slow Steaming durchgesetzt und die Geschwindigkeit herabgesetzt. Sie nutzen die gegenläufige Abhängigkeit von Transportdauer und Treibstoffverbrauch. Die Variante „langsam“ lässt sich auch auf der letzten Meile beobachten. Da der stockende Verkehr in den Innenstädten bereits ein langsames Fahren erzwingt, wird mit Fahrrädern experimentiert oder die Nutzung von Flüssen und Kanälen erprobt. Die Deutsche Post DHL bietet im Briefsegment von Massensendungen den Geschäftskunden die Wahlmöglichkeit von langsamer und schneller Beförderung an. Die langsamere Variante bearbeitet die Post in Tagesabschnitten von niedriger Kapazitätsauslastung – und kann diese Form daher preisgünstiger anbieten.¹

„Noch folgt die Logistik dem Leitbild einer „Nachhaltigkeit 2.0“. Sie strebt nach einer technologischen Transformation der Wirtschaft: Die Treibhausgase sollen durch Technologie- und Effizienzinvestitionen reduziert werden. Das wird in Zukunft jedoch nicht mehr ausreichen: Nach meiner Überzeugung brauchen wir eine „Nachhaltigkeit 3.0“, die auf einem grundlegenden Verhaltens- und Strukturwandel beruht. In Zukunft wird es immer mehr Kunden geben, die ihre Waren nicht um jeden Preis schnell, sondern vielmehr sicher und ressourcenschonend erhalten wollen. Indem sie wirtschaftliche mit sozial-ökologischer Wertschöpfung verbindet, kann die Logistik die nötigen Transformationsprozesse im Sinne einer nachhaltigen Nachhaltigkeit als Leitbranche aktiv mitgestalten. [Es muss die Frage gestellt werden], ob es – über die Effizienz der Logistik hinaus – in Zukunft nicht vielmehr darum gehen muss, Kreislaufprozesse und Suffizienzwirtschaft im Sinne von Slow Logistics zu implementieren. Die Entschleunigung komplexer Logistikprozesse ermöglicht eine höhere Robustheit und geringere Fehleranfälligkeit und generiert gleichzeitig neue Marktpotenziale.“²

Hier setzt die Arbeit von Herrn Jonas Wiese an. Indem er Slow Logistics in den Fokus seiner Arbeit stellt, schafft er eine der ersten wissenschaftlichen Abhandlungen zu diesem Thema. So liefert die Entwicklung einer umfassenden Definition von Slow Logistics, die Erarbeitung der spezifischen Ziele und Aufgaben sowie eine Abgrenzung gegenüber anderen logistischen Konzepten die theoretische Basis für die Analyse spezifi-

¹ Vgl. Prof. Richard Vahrenkamp, 2014, <http://www.dvz.de/rubriken/logistik-verlader/single-view/nachricht/bild-bu-langsam-versandoption-vermisst.html>.

² Prof. Dr. Ludger Heidbrink, Direktor des Center for Responsibility Research am Kulturwissenschaftlichen Institut Essen (KWI), http://www.effizienzcluster.de/de/newsletter/newsletter_01_2012/newsletter_1_csr_download.pdf.

scher Forschungsfragen. Hierfür konzentriert sich die vorliegende Arbeit von Herrn Jonas Wiese auf die Sendungsbündelung. Kernpunkt dieser zentralen und bedeutenden Methode innerhalb der Slow Logistics besteht darin, dass viele kleine Einzelsendungen gesammelt werden, um dann als große gebündelte Sendung positive Skaleneffekte zu generieren. Es werden längere Lieferzeiten aufgrund der Sammelvorgänge bewusst in Kauf genommen, da eine geringere Anzahl notwendiger Transporte und eine bessere Auslastung dieser in der Gesamtbetrachtung zu Kosteneinsparungen und einer gleichzeitigen Reduzierung der Umweltbelastungen führen. Für den zielgerichteten Einsatz der Sendungsbündelung gilt es u. a. folgende Fragen zu klären:

- Welche Produkte aus einem vielfältigen Produktportfolio eines Unternehmens sollen im Versand gebündelt werden?
- Welche Supply Chains eignen sich für eine Sendungsbündelung?
- Welche Verfahren zur Auswahl der richtigen Güter und Supply Chains stehen zur Verfügung und wie erfolgreich sind diese?

Aus dem Anspruch heraus, dass wirtschaftswissenschaftliche Arbeiten sowohl einen Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung der Disziplin leisten als auch für die Unternehmenspraxis relevantes Wissen generieren sollen, leitet Herr Wiese insgesamt neun Forschungsfragen ab:

- Was sind die zentralen Elemente des Slow-Logistics-Konzepts und wie lassen sich die wichtigsten Inhalte in einer einheitlichen Definition zusammenfassen?
- Wie differenziert sich Slow Logistics im Speziellen von weiteren Logistikkonzepten, wie zum Beispiel Grüne Logistik oder Nachhaltige Logistik?
- Welche Bedeutung hat die Methode der Sendungsbündelung für das Slow-Logistics-Konzept?
- Auf welche Weise lassen sich die unterschiedlichen Ausprägungen und Arten der Sendungsbündelung differenzieren und klassifizieren?
- Welche Auswirkungen einer Sendungsbündelung in Bezug auf die Wettbewerbsfaktoren Zeit, Qualität, Ökologie und Kosten lassen sich aus der Perspektive der Wissenschaftstheorie ableiten?
- Auf welche Weise ist die Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis implementiert und welche zusätzlichen Erkenntnisse lassen sich mithilfe einer empirischen Perspektive gewinnen?
- Welche alternativen Strategien zur Auswahl der richtigen Bündelungselemente stehen den Unternehmen zur Verfügung?
- Welches Verhalten und welche Ergebnisse zeigen die alternativen Auswahlstrategien unter verschiedenen Umweltbedingungen?
- Kann unter verschiedenen Umweltbedingungen die jeweils beste Auswahlstrategie für Unternehmen im Rahmen einer Sendungsbündelung identifiziert werden?

Die Forschungsfragen machen den hohen Anspruch von Herrn Wiese deutlich. Einerseits werden erstmals umfassend die theoretisch fundierten, allgemeinen Grundlagen der Slow Logistics entwickelt und erarbeitet. Andererseits wird auf die Basismethode der Sendungsbündelung fokussiert, wodurch konkrete Handlungsalternativen für die betriebliche Praxis abgeleitet werden können.

Mit der vorliegenden Arbeit greift Herr Wiese einen völlig neuen Denkansatz in der Logistik auf: Slow Logistics. Ein Thema, welches in Zeiten eines nicht mehr weg zu diskutierenden Klimawandels eine hohe Aktualität und Innovation aufweist. Indem sie wirtschaftliche mit sozial-ökologischer Wertschöpfung verbindet, kann Slow Logistics die nötigen Transformationsprozesse im Sinne der Nachhaltigkeit gestalten, denn die Entschleunigung komplexer Logistikprozesse ermöglicht eine höhere Robustheit und geringere Fehleranfälligkeit und generiert gleichzeitig neue Marktpotenziale. Herr Wiese beschränkt sich jedoch nicht mit der Entwicklung eines konzeptionellen Ansatzes. Indem er mit der Sendungsbündelung gezielt eine zentrale Methode der Slow Logistics in den Fokus seiner Analyse stellt, werden detaillierte, für die betriebliche Praxis wertvolle, konkrete Ergebnisse und Handlungsempfehlungen generiert. Herr Wiese verbindet somit eine starke Praxisorientierung mit der theoretischen Fundierung eines innovativen Konzepts. Insgesamt leistet die Arbeit von Herrn Wiese einen bedeutsamen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt sowohl im Forschungsfeld der Sendungsbündelung als auch für die Logistik im Allgemeinen. Darüber hinaus weist sie einen sehr hohen Anwendungsbezug für die betriebswirtschaftliche Praxis auf.

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky

Vorwort

„Wenn Wissen und Gelassenheit sich gegenseitig ergänzen, entstehen Harmonie und Ordnung.“
(*Dschuang Dsi, taoistischer Philosoph*)

In der heutigen schnelllebigen Welt ist die Geschwindigkeit ein relevanter Wettbewerbsfaktor. Selbst die Belieferung von Endkunden ist teilweise schon in wenigen Stunden nach Bestellung möglich. Im Rausch der Geschwindigkeit wird jedoch häufig vergessen, dass nicht alle Produkte und nicht alle Kunden ein solch hohes Belieferungstempo benötigen. Dieses Buch ist ein Denkanstoß, die Distribution mal aus einer neuen Perspektive zu betrachten und sich der Potentiale einer Entschleunigung in der Logistik bewusst zu werden. Slow Logistics ist keine Abkehr von den bisherigen Grundsätzen der Logistik, sondern ein ergänzendes Konzept, das in passenden Supply Chains zu nachhaltigen Verbesserungen führen kann. Diese Arbeit soll das Wissen fördern, wann und in welchen Logistikprozessen mehr Gelassenheit möglich ist, um die Supply Chain in Harmonie und Ordnung zu managen und ökologische und ökonomische Effizienz zu realisieren. Im Folgenden möchte ich die Gelegenheit nutzen, einigen wichtigen Menschen, die mich im Rahmen meines Dissertationsprojekts begleitet haben, meinen herzlichen Dank auszusprechen:

Elementare Personen für meine erfolgreiche Promotion waren die Betreuer, Gutachter und Prüfer meiner Arbeit, die sich durch ihre wertvolle Unterstützung sowie eine faire Begutachtung und Prüfung auszeichneten.

- An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater und Leiter unseres Lehrstuhls Prof. Dr. Eric Sucky für die Betreuung meines Dissertationsprojekts. Er fand stets das perfekte Gleichgewicht zwischen konstruktiven Kritikanstößen und einer hohen individuellen Forschungsfreiheit. Sehr dankbar bin ich ihm auch als Mitarbeiter, dass er mir die Vereinbarkeit von Beruf und Familie ermöglicht und stets unterstützt hat.
- Herrn Prof. Dr. Alexander Pflaum gilt mein Dank für die Übernahme der Rolle des Zweitgutachters. Die konstruktive Zusammenarbeit und wertvolle inhaltlichen Hinweise waren hilfreich bei der Erstellung der Dissertation.
- Vielen Dank auch an Herrn Prof. Dr. Niels Biethahn, der spontan und unkompliziert die Rolle als dritter Prüfer bei der Disputation übernahm.

Ein wesentlicher Faktor für den erfolgreichen Abschluss meiner Promotion war das geniale Umfeld, in dem ich die letzten acht Jahre arbeiten durfte. Eine wunderbare Mischung aus Freiheit, Freundschaft, Loyalität, Inspiration, Motivation, Spaß, Arbeitsintensität und wissenschaftlichen Diskussionen sorgte für eine einmalige Arbeitsatmosphäre. Und wie sagte *Aristoteles* so passend?

„Freude an [und bei] der Arbeit lässt das Werk trefflich geraten.“

- Herzlichen Dank an meinen Freund und Kollegen Björn Asdecker, der als damaliger Hauptinitiator bzw. -motivator für den Beginn meiner Dissertation ein wesentlicher Baustein des jetzigen Erfolges war und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand.
- Ein herzliches Dankeschön auch an alle meine langjährigen Kollegen Immanuel Zitzmann, Sabine Haas, David Karl, Christiane Reinshagen, Anja Böhnlein, Alex Dobhan und Michael Oberländer sowie unserer guten Lehrstuhl-Seele Roswitha Laukenmann und ihrer Nachfolgerin Sophie Kurbjuhn, die mir alle mit der bereits beschriebenen „Wohlfühlatmosphäre“ am Lehrstuhl den langen Weg meiner Dissertation erleichterten.

Eine Dissertation beeinflusst nicht nur das direkte Arbeitsumfeld, sondern betrifft durch das hohe Zeitpensum auch den privaten Kreis aus Familie und Freunden. Über die Unterstützung bei der Arbeit und die wohltuende Ablenkung von der Arbeit war ich immer sehr glücklich.

- Ganz herzlich danken möchte ich hier allen meinen Freunden, die mir vor allem abseits des Dissertationsprojekts stets zur Seite standen und für die notwendigen Ablenkungen und das Auffüllen der Energiereserven sorgten.
- Die Wurzeln meiner Promotionsfähigkeit befinden sich in meinem familiären Umfeld. Hier möchte ich speziell meinen Eltern Barbara und Roland für ihre Erziehung und Förderung sowie bedingungslose Unterstützung in allen Lebensphasen danken. Auch meinen Schwestern (Susanne, Anna, Lisa, Ulrike und Mareike), die das familiäre Miteinander und damit meine Persönlichkeit wesentlich mitprägten, gilt an dieser Stelle ein besonderer Dank.
- Das Beste kommt zum Schluss. Ein ganz herzliches Dankeschön gilt meiner Frau Julia, die mich stets unterstützte und motivierte, meine geistigen und körperlichen Abwesenheiten an Abenden und Wochenenden ertrug und immer wieder für notwendige Entspannungsphasen sorgte. Ihr und meinen beiden Töchtern Ricarda und Felicia widme ich diese Arbeit und speziell die beiden Herzen sowie den Gruß in diesem Buch.

Jonas Wiese

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Symbolverzeichnis	XV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation	1
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Wissenschaftliche Methodik der Arbeit	6
1.4 Gang der Untersuchung	7
2 Grundlagen der Slow Logistics	9
2.1 Herkunft und Entwicklung des Begriffs „Slow Logistics“	9
2.1.1 Die Suche nach dem Begriff „Slow Logistics“ in der Literatur und Praxis.....	9
2.1.1.1 Literaturrecherche	9
2.1.1.2 Globale Recherche.....	11
2.1.1.3 Herkunft und Entwicklung des Begriffs in der Unternehmenspraxis	13
2.1.2 Herleitung des Begriffs „Slow Logistics“ als Definitions- grundlage.....	15
2.1.2.1 Die Bedeutung der Wörter „Slow“ und „Logistics“ im Einzelnen und in Kombination	15
2.1.2.2 Literaturgestützte Herleitung der Begriffsdefinition für Slow Logistics	20
2.1.3 Definition von Slow Logistics.....	22
2.2 Aufgaben und Ziele der Slow Logistics.....	23
2.2.1 Detaillierte Betrachtung der Aufgaben.....	23
2.2.1.1 Strategische Aufgaben der Slow Logistics	24
2.2.1.2 Operative Aufgaben der Slow Logistics.....	26
2.2.2 Analyse der Ziele der Slow Logistics	27
2.2.2.1 Allgemeines Zielsystem einer Unternehmung.....	27
2.2.2.2 Spezifische Ziele im Bereich Logistik.....	27
2.2.2.3 Spezifische Ziele der Slow Logistics	28

2.3	Abgrenzungen zu weiteren Logistikkonzepten.....	29
2.3.1	Nachhaltige Logistik.....	30
2.3.2	Grüne Logistik.....	31
2.3.3	Abgrenzung der Slow Logistics von Grüner Logistik und Nachhaltiger Logistik	33
2.4	Instrumente der Slow Logistics.....	35
2.4.1	Kurzvorstellung der Methoden und Instrumente der Slow Logistics	35
2.4.2	Die besondere Bedeutung der Sendungsbündelung	40
2.4.2.1	Die zentrale Bedeutung der Sendungsbündelung für Slow Logistics	41
2.4.2.2	Die Sendungsbündelung als bedeutendes Instrument einer nachhaltigen Logistik.....	43
3	Theoretische Grundlagen der Sendungsbündelung.....	45
3.1	Entwicklung, Definition und Abgrenzung der Sendungsbündelungsmethoden	45
3.1.1	Definitionen und Abgrenzungen einzelner Begrifflichkeiten im Rahmen der Sendungsbündelung	45
3.1.2	Definition des Begriffs „Bündelung“	48
3.1.3	Die verschiedenen Formen der Sendungsbündelung im weiteren Sinne	50
3.1.3.1	Kurzcharakterisierung der Milkrun-Systeme.....	51
3.1.3.2	Kurzcharakterisierung der Cross Docking Systeme.....	52
3.1.3.3	Kurzcharakterisierung der Merge-in-Transit-Systeme	56
3.1.3.4	Kurzcharakterisierung der Sendungsbündelung im engeren Sinne	59
3.1.3.5	Zusammenfassung weiterer Bündelungs- und Konsolidierungskonzepte und ihre Einordnung in das bestehende Begriffsverständnis	61
3.1.4	Klassifizierung der Sendungsbündelungskonzepte.....	64
3.1.4.1	Literaturbasierter Klassifizierungsansatz nach Zeit-Raum-Dimensionen.....	65
3.1.4.2	Eigener Klassifizierungsansatz nach der neuen V/E/B-Methode.....	67
3.1.4.3	Kritische Würdigung der V/E/B-Klassifizierung.....	70

3.1.5	Einschränkung des Untersuchungsfeldes auf die Sendungsbündelung i.e.S.	71
3.2	Erkenntnisse aus der Literatur zur Sendungsbündelung i.e.S.	72
3.2.1	Existierende Literaturanalysen und -überblicke.....	73
3.2.1.1	Literaturüberblick von <i>Min/Cooper</i> (1990)	73
3.2.1.2	Literaturüberblick von <i>Çetinkaya</i> (2005)	75
3.2.1.3	Zusammenfassung der beiden Literaturüberblicke	77
3.2.2	Ein ergänzender Literaturüberblick im Strukturrahmen der allgemeinen Aufgaben einer Sendungsbündelung i.e.S.	78
3.2.2.1	(„WAS?“) Was wird gebündelt?	79
3.2.2.2	(„WANN?“) Wann ist der richtige Versandzeitpunkt der gebündelten Sendung?.....	80
3.2.2.3	(„WO?“) An welcher Stelle im Prozess wird die Bündelung vollzogen?.....	88
3.2.2.4	(„WER?“) Wer führt die Bündelung durch?	90
3.2.2.5	(„WIE?“) Wie wird die Bündelung durchgeführt?.....	91
3.2.3	Zusammenfassung und Darlegung der Forschungslücke.....	92
3.3	Analyse der Effekte einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.	94
3.3.1	Zusammenfassung der Abläufe und Funktionsweise einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.....	94
3.3.2	Analyse des Kosteneffekts	96
3.3.3	Analyse des Zeiteffekts	104
3.3.4	Analyse des Qualitätseffekts.....	106
3.3.5	Analyse des Ökologieeffekts.....	109
3.3.6	Zusammenfassung der Effektanalyse	111
4	Empirische Studie zur Untersuchung des Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis.....	113
4.1	Entwicklung des Online-Fragebogens für die empirische Studie	113
4.1.1	Auswahl des Forschungsproblems	113
4.1.2	Bestimmung der Untersuchungsform	114
4.1.3	Auswahl der Untersuchungseinheiten.....	115
4.1.4	Datenerhebung	117
4.1.5	Datenerfassung	125

4.2	Datenanalyse.....	125
4.2.1	Beschreibung der Datenanalysemethoden	126
4.2.2	Deskriptive Ergebnisse zum Status Quo der Sendungs- bündelung.....	128
4.2.3	Dependenzanalyse der Umfrageergebnisse	138
4.2.3.1	Untersuchung der Einflüsse auf die Implementierungsentscheidung	138
4.2.3.2	Untersuchung der Einflüsse auf die Sendungsbündelungs- charakteristiken.....	145
4.2.3.3	Untersuchung der Einflüsse auf die Effekte der Sendungsbündelung.....	147
4.3	Fazit aus den Ergebnissen der empirischen Studie	150
4.3.1	Gegenüberstellung der wichtigsten Studienergebnisse und der theoretischen Ergebnisse aus der Literatur	150
4.3.2	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse aus der Studie ..	152
5	Simulationsgestützte Analyse allgemeiner Sendungsbündelungsstrategien bei begrenzter Bündelungskapazität und heterogenem Produktportfolio ...	155
5.1	Die Simulation als Analyse-Methode.....	155
5.1.1	Zum allgemeinen Begriff der Simulation	155
5.1.2	Die Eignung der Simulation als Analyse-Methode	158
5.1.3	Kritische Würdigung des Simulationseinsatzes.....	159
5.2	Die Entwicklung des Simulationsmodells und Durchführung der Simulationsstudie	160
5.2.1	Ein grundlegendes Vorgehensmodell für Simulationsprojekte ..	161
5.2.2	Aufgabenanalyse und Modellformulierung.....	162
5.2.2.1	Aufgabe und Ziel der Simulationsstudie	162
5.2.2.2	Das Grundmodell	162
5.2.2.3	Die Modellierung der Verteilung der Bestellungenankünfte	163
5.2.2.4	Die Modellierung des heterogenen Produktportfolios	164
5.2.2.5	Die Modellierung der entscheidungsrelevanten Kosten	165
5.2.2.6	Die Modellierung der Kapazitätsbeschränkung.....	167
5.2.2.7	Die Entwicklung der Bündelungsstrategien	168
5.2.2.8	Die Herleitung der Bündelungsszenarien	175
5.2.2.9	Mess- und Zielgrößen für die Bündelungsszenarien.....	176

5.2.3	Implementierung des theoretischen Modells in den Simulator	178
5.2.3.1	Auswahl des Simulators.....	178
5.2.3.2	Die Umsetzung der Modellstruktur im Simulator.....	179
5.2.3.3	Die Umsetzung der weiteren Modelldetails im Simulator	181
5.2.3.4	Die Umsetzung der Mess- und Zielgrößenerhebung im Simulator	183
5.2.4	Verifikation und Validierung des Simulationsmodells	183
5.2.5	Ablauf der Simulationsexperimente	184
5.3	Simulationsergebnisse	185
5.3.1	Analyse des Simulationsexperiments mit konstanten Parameterwerten (Experiment 1).....	185
5.3.1.1	Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Logistikkosten.....	186
5.3.1.2	Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Logistikqualität	188
5.3.1.3	Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Zeit	189
5.3.1.4	Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Ökologie	190
5.3.2	Analyse der Erfolgsfaktoren bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Experiment 2).....	193
5.3.2.1	Die Robustheit des Erfolgsfaktors Logistikkosten.....	193
5.3.2.2	Die Robustheit des Erfolgsfaktors Zeit	194
5.3.2.3	Die Robustheit des Erfolgsfaktors Qualität.....	195
5.3.2.4	Die Robustheit des Erfolgsfaktors Ökologie	195
5.3.3	Analyse der Zusammenhänge zwischen Parameterwerten und Erfolgsfaktoren.....	197
5.3.3.1	Einfluss der Bündelungskapazität auf Logistikkosten und Lieferzeit	198
5.3.3.2	Einfluss der Produktheterogenität auf die Logistikkosten..	199
5.3.3.3	Statistische Untersuchung der Parametereinflüsse mithilfe der Regression.....	203
5.3.4	Ergebnisinterpretation und Ableitung von Handlungsempfehlungen	213
5.3.4.1	Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse	214
5.3.4.2	Kritische Würdigung des Simulationsprojekts	215
5.3.4.3	Ableitung von Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen	216

5.4	Eine Fallstudie zur Implementierung des Simulationsmodells in der Unternehmenspraxis	217
5.4.1	Der Distributionsprozess des betrachteten Unternehmens	217
5.4.2	Anpassung des Grundmodells an die neue Situation.....	218
5.4.2.1	Anpassung der Transportsituation	218
5.4.2.2	Berücksichtigung neuer Kostenfunktionen	219
5.4.2.3	Berücksichtigung der Zielorte.....	220
5.4.2.4	Anpassung einzelner Parameterwerte sowie deren Ausprägungen.....	220
5.4.2.5	Anpassung einzelner Strategien sowie der Erfolgsfaktoren.....	221
5.4.3	Verifikation und Validierung des angepassten Simulationsmodells	222
5.4.4	Auswertung und Analyse der Simulationsergebnisse	223
5.4.5	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	226
6	Abschließende Betrachtung des Konzepts Slow Logistics und des Instruments der Sendungsbündelung	229
6.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	229
6.2	Kritische Würdigung der Ergebnisse.....	241
6.3	Ausblick für zukünftige Forschungsansätze	242
ANHANG	XVII
A1	Herleitung des optimalen Mengenlimits nach Cetinkaya/Bookbinder (2003)	XVII
A2	Fragebogenaufbau der Studie „Bündelungskonzepte im Versand“	XXIII
A3	Berechnung der CO ₂ -Emissionsätze.....	XLI
A4	Häufigkeitsverteilung der Mitarbeiteranzahl und Umsatzwerte der bei der Umfrage beteiligten Unternehmen	XLIII
Literaturverzeichnis	XLIII

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Deduktive Vorgehensweise der Untersuchung	8
Abb. 2:	Das Verständnis des Logistiksystems.....	18
Abb. 3:	Mengenlehrebezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte	33
Abb. 4:	Aufgabenbezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte ..	34
Abb. 5:	Zielbezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte.....	34
Abb. 6:	Beispielhafte Ausprägungen für Transportladungen	46
Abb. 7:	Milkrun-Konzepte der Beschaffung und der Distribution	51
Abb. 8:	Beispiel für ein Cross Docking Distributionssystem.....	53
Abb. 9:	Beispielhafte Merge-in-Transit-Distributionsmodelle	57
Abb. 10:	Integration der Sendungsbündelung i.e.S. in unterschiedlichen Distributionsnetzwerken	60
Abb. 11:	Klassifizierung der Bündelungskonzepte nach Zeit-Raum- Dimensionen.....	66
Abb. 12:	V/E/B - Klassifizierungsmethode mit allen Ausprägungsvarianten.....	69
Abb. 13:	Potentielle Bündelungsorte im Rahmen der Sendungsbündelung.....	88
Abb. 14:	Effekte der Sendungsbündelung auf die Transportkosten im Fall eines eigenen Fuhrparks	98
Abb. 15:	Effekte der Sendungsbündelung auf die Lagerkosten	102
Abb. 16:	Unternehmensklassifizierung	129
Abb. 17:	Branchenverteilung	129
Abb. 18:	Fertigungsstrategien	130
Abb. 19:	Handelsbeziehungen.....	130
Abb. 20:	Outsourcingstrategien	131
Abb. 21:	Vergleich der Liefer- und Bestellzeiten	132
Abb. 22:	Entscheidung bei potentieller Bündelung.....	133
Abb. 23:	Gründe für eine negative Bündelungsentscheidung.....	133
Abb. 24:	Generelle Bündelungsstrategie	134
Abb. 25:	Gründe gegen eine vollständige Bündelung aller Sendungen.....	134
Abb. 26:	Gründe gegen den Einsatz von Bündelungsstrategien	135
Abb. 27:	Klassifizierungsmerkmale der Sendungsbündelungsmethoden ..	136
Abb. 28:	Auswirkungen der Sendungsbündelung	137
Abb. 29:	Ökologische Effekte der Sendungsbündelung.....	137
Abb. 30:	Zusammenfassung der Bündelungsstufen und Auswahlverfahren	169
Abb. 31:	Das Auswahlverfahren der kundenorientierten Umsatz-Strategie	171
Abb. 32:	Ablauf der statischen Auswahl-Strategien der Sendungsbündelung.....	172

Abb. 33:	Übersicht der Simulationsebenen.....	179
Abb. 34:	Die Informations- und Entitätenflüsse des Simulationssystems ...	181
Abb. 35:	Auswirkungen der relativen Bündelungskapazität auf die relativen Gesamtkosten und die mittleren Lieferzeiten der Szenarien (Experiment 2)	198
Abb. 36:	Einfluss der Produktheterogenität auf die relativen Kosten der Szenarien bei den drei relativen Bündelungskapazitäten von 10 %, 50 % und 90 %.....	200
Abb. 37:	Zusammenhang zwischen der relativen Bündelungskapazität und den relativen Gesamtkosten bei einem sehr heterogenen Produktportfolio (90 %).....	201
Abb. 38:	Der Einfluss der Lieferzeitabweichung auf die relativen Kosten der Szenarien bei einer Bündelungskapazität von 90 %.....	202
Abb. 39:	Der Einfluss der Volumenabweichung auf die relativen Kosten der Szenarien bei einer Bündelungskapazität von 10 %.....	202
Abb. 40:	Einfluss der Bündelungskapazität auf die Kostensituation	223
Abb. 41:	Mitarbeiteranzahl der teilnehmenden Unternehmen	XLIII
Abb. 42:	Umsatzgröße der teilnehmenden Unternehmen	XLIII

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verteilung der Suchergebnisse für „Slow Logistics“	10
Tab. 2:	Veröffentlichungen der DVZ zum Thema „Slow Logistics“	13
Tab. 3:	Methodenansätze im Konzept Slow Logistics und die betroffenen Logistikaktivitäten	21
Tab. 4:	Definitionen der Grünen Logistik	32
Tab. 5:	Eingesetzte Instrumente der Slow Logistics in der Unternehmenspraxis	41
Tab. 6:	Trefferbild für grundlegende deutsche Begriffe der Sendungsbündelung.....	49
Tab. 7:	Klassifizierung der Cross Docking Systeme	55
Tab. 8:	Merkmalsausprägungen unterschiedlicher Merge-in-Transit-Ansätze	58
Tab. 9:	Merkmalsausprägungen unterschiedlicher Ansätze der Sendungsbündelung i.e.S.	60
Tab. 10:	Klassifizierung nach der V/E/B - Methode	68
Tab. 11:	Merkmalsausprägungen zur Klassifizierung der „Was?“-Entscheidung	80
Tab. 12:	Überblick über die Transportformen in der relevanten Literatur....	91
Tab. 13:	Optionen zur Ausgestaltung einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.	92
Tab. 14:	Gliederung des Fragebogens.....	118
Tab. 15:	Interpretation des Korrelationskoeffizienten nach Spearman.....	127
Tab. 16:	Interpretation der Cramers V Werte.....	128
Tab. 17:	Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und der Sendungsbündelung.....	139
Tab. 18:	Zusammenhang zwischen MTO und der Sendungsbündelung ...	139
Tab. 19:	Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und der Sendungsbündelung.....	140
Tab. 20:	Zusammenhang zwischen spezifischen Fertigungskombinationen und der Sendungsbündelung	140
Tab. 21:	Zusammenhang zwischen MTO und der Sendungsbündelung bei einer Sortenfertigung	141
Tab. 22:	Zusammenhang zwischen MTS und der Sendungsbündelung bei einer Kleinserienfertigung	141
Tab. 23:	Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und der Sendungsbündelung bei einer MTO-Strategie	142
Tab. 24:	Zusammenhang zwischen dem Lagerzustand und der Sendungsbündelung.....	142
Tab. 25:	Zusammenhang zwischen der Lagereinheit und dem Lagerzustand	143

Tab. 26:	Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Europalette“ und der Sendungsbündelung.....	143
Tab. 27:	Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Paket“ und der Sendungsbündelung.....	144
Tab. 28:	Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der Auslösebedingung.....	145
Tab. 29:	Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und dem Bündelungsort.....	146
Tab. 30:	Zusammenhang zwischen MTS-Fertigung und der Bündelungsverantwortung.....	146
Tab. 31:	Zusammenhang zwischen MTO-Fertigung und den Flexibilitätseffekten.....	147
Tab. 32:	Zusammenhang zwischen MTS-Fertigung und den Flexibilitätseffekten.....	147
Tab. 33:	Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und den Kosteneffekten.....	148
Tab. 34:	Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Europalette“ und den Ökologieeffekten.....	149
Tab. 35:	Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Paket“ und den Kosteneffekten.....	149
Tab. 36:	Klassifikation von Simulationsarten.....	156
Tab. 37:	Übersicht der variablen Transportkostensätze für Bündelungstransporte.....	166
Tab. 38:	Charakteristika der Sendungsbündelungsstrategien.....	175
Tab. 39:	Werteausprägungen der Simulationsparameter.....	180
Tab. 40:	Werte der Simulationsparameter für Experiment 1.....	186
Tab. 41:	Die relativen Gesamtkosten der Bündelungsszenarien (Experiment 1).....	186
Tab. 42:	Mittlere Rangpositionen der Szenarien im Kostenvergleich (Experiment 1).....	187
Tab. 43:	Die mittleren Lieferzeiten der Bündelungsszenarien (Experiment 1).....	189
Tab. 44:	Mittlere Rangposition der Szenarien im Lieferzeitvergleich (Experiment 1).....	190
Tab. 45:	Die relativen CO ₂ -Emissionen der Bündelungsszenarien (Experiment 1).....	191
Tab. 46:	Mittlere Rangpositionen der Szenarien im Ökologievergleich (Experiment 1).....	191
Tab. 47:	Maximale Emissionssätze für den Lageraufwand zur Erzielung positiver CO ₂ -Effekte durch die Bündelung (Experiment 1).....	192
Tab. 48:	Die relativen Gesamtkosten sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungsszenarien (Experiment 2).....	193

Tab. 49:	Die mittleren Lieferzeiten sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungsszenarien (Experiment 2)	194
Tab. 50:	Die relativen CO ₂ -Emissionen sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungsszenarien (Experiment 2).....	196
Tab. 51:	Maximale Emissionssätze für den Lageraufwand zur Erzielung positiver CO ₂ -Effekte durch die Bündelung sowie die mittleren Rangpositionen (Experiment 2)	197
Tab. 52:	Zusammenhang zwischen R ² und der Effektstärke.....	204
Tab. 53:	Kennzahlen zur Modellgüte.....	204
Tab. 54:	β -Werte der Regressionskoeffizienten	207
Tab. 55:	Modellgüte für den Erfolgsfaktor Zeit.....	210
Tab. 56:	Modellgüte für den Erfolgsfaktor Ökologie.....	211
Tab. 57:	β -Koeffizienten der linearen Regression für den Erfolgsfaktor Zeit.....	211
Tab. 58:	β -Koeffizienten der linearen Regression für den Erfolgsfaktor Ökologie.....	212
Tab. 59:	Vergleich der β -Koeffizienten der Erfolgsfaktoren bei der KVSV-Strategie	213
Tab. 60:	Vergleich der β -Koeffizienten der Erfolgsfaktoren bei der KESV-Strategie	213
Tab. 61:	Paketgrößen und Paketgebühren	219
Tab. 62:	Die relativen Kosten bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität	225
Tab. 63:	Der Zeitaufwand bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität	225
Tab. 64:	Der CO ₂ -Aufwand bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität	226
Tab. 65:	Verwendete Forschungsmethoden	230
Tab. 66:	Zusammenfassung der Sendungsbündelungseffekte.....	234
Tab. 67:	Die Komponenten einer Sendungsbündelungsstrategie	238
Tab. 68:	Fragebogenaufbau der empirischen Studie „Bündelungskonzepte im Versand“	XXIII
Tab. 69:	Energieverbrauchswerte für Transportfahrzeuge mit maximal 3,5t	XLI
Tab. 70:	Energieverbrauchswerte für Transportfahrzeuge mit 40t	XLI

Abkürzungsverzeichnis

3PW	Third Party Warehousing
4PL	Fourth Party Logistics Provider
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BVL	Bundesvereinigung für Logistik e. V.
DTS	Direkte Transport-Strategie
DVZ	Deutsche Verkehrs-Zeitschrift
FTL	Full-Truckload
GE	Geldeinheit
i.e.S.	im engeren Sinn
IfM	Institut für Mittelstandsforschung Bonn
JSTOR	Journal Storage, Datenbank
KESV	kundenorientierte Ersparnis Strategie mit Vorauswahl
KUSV	kundenorientierte Umsatz Strategie mit Vorauswahl
KVSV	kundenorientierte Volumen Strategie mit Vorauswahl
LTL	Less-Than-Truckload
ME	Mengeneinheit
MTO	Make-to-Order
MTS	Make-to-Stock
o. A.	ohne Autor
o. D.	ohne Dimension
o. J.	ohne Jahr
PES	produktorientierte Ersparnis-Strategie
PESV	produktorientierte Ersparnis-Strategie mit Vorauswahl

PFCFSS	produktorientierte First-Come-First-Serve-Strategie
PUS	produktorientierte Umsatz-Strategie
PUSV	produktorientierte Umsatz-Strategie mit Vorauswahl
PVS	produktorientierte Volumen-Strategie
PVSV	produktorientierte Volumen-Strategie mit Vorauswahl
TDD	Time Definite Delivery
UPS	United Parcel Service, Logistikunternehmen
VGE	Volumen-Gewichts-Einheit
Vgl.	Vergleiche
VIL	Vlaams Institute of Logistics
VMI	Vendor Managed Inventory
ZE	Zeiteinheit

Symbolverzeichnis

c	variabler Transportkostensatz [GE/ME]
$C(w)$	Gesamtkosten der Distribution pro Zeiteinheit [GE/ZE]
d	Transportstrecke [SE]
FTK	Fixer Transportkostensatz pro Transporttour [GE]
GK	Gesamtkosten der Betrachtungsperiode [GE]
h	Lagerkostensatz [GE/(ZE · ME)]
i	Index der Kunden [o. D.]
j	Index der Produkte [o. D.]
K_s	fixe Kosten pro Bestellung [GE]
K_D	fixe Transportkosten pro Transporttour [GE]
K_{ST}	Kosten für den Sammeltransport [GE]
K_{ET}	Kosten für den Einzeltransport [GE]
K_{WK}	Wartekosten [GE]
LK	Lagerkostensatz pro Volumeneinheit und Zeiteinheit [GE/(VE · ZE)]
n	Variable für eine natürliche Zahl größer als 1 [o. D.]
p_s	Wahrscheinlichkeit für einen Schadensfall bei einer Sendung S
$PW_{i,j}$	Produktwert [GE]
r_z	Portogebühr der Paketgröße Z [GE]
T	Zeitdauer des Bündelungszyklus [ZE]
TK	gesamte Transportkosten [GE]
VLK	variable Lagerkosten [GE]
$VTKB$	variable Transportkostensätze für die Bündeltransporte [GE]
$VTKE$	variabler Transportkostensatz für den Einzeltransport [GE]

$V_{i,j}$	Volumen des Produktes j von Kunde i [VGE]
$VKap_{LKW}$	Volumenkapazität des LKW [VGE]
w	Mengenlimit bei der Sendungsbündelung [ME]
W_z	Volumen der jeweiligen Paketgröße Z [VGE]
$WZ_{i,j}$	Wartezeit des Produkts j für Kunden i [ZE]
Z	Paketgröße [o. D.]
α	Kehrwert des Mittelwerts der Exponentialverteilung der Bestellgewichte [1/ME]
λ	Kehrwert des Mittelwerts der Exponentialverteilung der Zwischenankunftszeiten der Bestellungen [1/ZE]
μ	Kehrwert von α [ME]
τ	Kehrwert von λ [ZE]

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

„Gut Ding braucht Weile“ (Dt. Sprichwort).

Schon der Volksmund erkannte einen Zusammenhang zwischen der Qualität („Gut Ding“) und der dafür benötigten Zeit („braucht Weile“). Die strategischen Ansätze in der Wirtschaft im Allgemeinen und der Logistik im Speziellen lassen sich jedoch besser ohne das „W“ dieser Redensart beschreiben. Der Faktor Zeit dominierte in den vergangenen Dekaden zunehmend die beiden anderen Wettbewerbsparameter Kosten und Qualität.¹ Die Beschleunigung betrieblicher Prozesse generierte Wettbewerbsvorteile und sicherte den wirtschaftlichen Erfolg.² Seit den 1990er Jahren verstärkte zudem das Lean Management die Fokussierung auf die Zeit im Wertschöpfungsprozess.³ Dieser strategische Ansatz vermeidet Verschwendungen, steigert die Geschwindigkeit sowie Reaktionsfähigkeit im System und führt damit zu einer kontinuierlichen Verbesserung von Qualität und Kosten.⁴

Die intensivere Wettbewerbssituation durch die Globalisierung sorgt als zusätzliche Rahmenbedingung des Wirtschaftens für einen noch höheren Druck bei den Unternehmen, die Prozesszeiten zu verringern. Eine Verkürzung der Produktlebenszyklen und die von der Gesellschaft geforderte Individualisierung der Produkte führen ebenfalls dazu, dass beispielsweise Produktionszeiten für die Wiederbeschaffung und Entwicklungszeiten für innovative Güter reduziert werden sollen. Zudem verstärkt die Konzentration auf eine Maximierung der Kundenzufriedenheit den Fokus auf die Zeitminimierung. Insbesondere Liefer- und Durchlaufzeiten stehen in diesem Zusammenhang im Fokus der Unternehmen.⁵ Den noch immer bestehenden Drang nach höherer Geschwindigkeit in der Distributionslogistik verdeutlicht der Marktführer im Versandhandel. Amazon bietet neben dem schon etablierten Expressversand mit einer Lieferzeit von einem Werktag ebenfalls die Liefermöglichkeiten am selben Abend der Bestellung oder direkt am darauffolgenden Morgen an.⁶ Die maximale Geschwindigkeit des Versands ist damit aber nach den Plänen von Amazon noch nicht erreicht. Sobald die notwendigen gesetzlichen Grundlagen geregelt sind, soll mithilfe von Drohnen die automatische Auslieferung der bestellten Waren innerhalb weniger Stunden erfolgen.⁷ Darüber hinaus

¹ Vgl. Voigt (2000), S. 197.

² Vgl. Voigt/Wettengl (1999), S. 416.

³ Vgl. Töpfer (2009), S. 28.

⁴ Vgl. Zsifkovits (2012), S. 323.

⁵ Vgl. Voigt (2000), S. 197.

⁶ Expressversand (auch Premiumversand): Lieferung am nächsten Werktag. Morning-Express: Lieferung am nächsten Werktag vor 12 Uhr. Evening-Express: Lieferung am selben Werktag zwischen 18 und 21 Uhr. Vgl. dazu Amazon (2014a).

⁷ Vgl. Amazon (2014b).

meldete Amazon 2014 ein Patent für ein Verfahren namens „anticipatory package shipping“ an, das eine Lieferung noch vor der eigentlichen Bestellung ermöglichen soll.⁸

Im B2B-Segment streben die Unternehmen ebenfalls nach hohen Geschwindigkeiten für den Güterfluss zu den Kunden, da sie als Lieferant einen entscheidenden Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der Supply Chain leisten.⁹ Die zunehmende Verbreitung der Just-in-Time Konzepte verstärkt zusätzlich die Nachfrage nach schnellen und zuverlässigen Transporten innerhalb kurzer Zeitintervalle. Eine entsprechende Transportgeschwindigkeit gewährleisten in diesen Fällen Transportmittel wie Flugzeug und LKW, die jedoch einen hohen Energieressourcenverbrauch und Schadstoffausstoß verursachen. Hinzu kommt, dass schnelle und effiziente Logistiksysteme intensiver und häufiger genutzt werden und dadurch die negativen Folgen für die Ökologie noch verstärken.¹⁰

Die bisher dargestellten Argumente und Beispiele zeigen den Drang zu immer schnelleren Prozessen und Verfahren, um Zeitdauern zu minimieren und Logistikeffizienz zu erhöhen. Eine ganz andere Sichtweise basiert auf dem Konzept der nachhaltigen Logistik, deren Bedeutung in den vergangenen Jahren ebenfalls stark zugenommen hat.¹¹ Zukunftsprojekte mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit fordern eine Verlangsamung und Vereinfachung logistischer Prozesse auf Basis von Suffizienzstrategien, um robuste Systeme mit geringer Fehleranfälligkeit zu erreichen.¹² Dass Logistiksysteme mit einer verringerten Geschwindigkeit ebenfalls wettbewerbsfähig sind und sogar zu einer höheren Effizienz führen können, zeigen einige Fallbeispiele aus der Unternehmenspraxis.

Seit der Weltwirtschaftskrise setzen Reedereien vermehrt das sogenannte „Slow Steaming“ ein und generieren dabei signifikante Einsparungen von Treibstoffkosten.¹³ Die Drosselung der Schiffsgeschwindigkeit verursacht zwar längere Transportzeiten und eine somit notwendige Erhöhung der verfügbaren Kapazitäten, aber die Kosteneinsparungen aufgrund des Verbrauchs einer wesentlich geringeren Treibstoffmenge führen insgesamt zu einer positiven Kostenauswirkung für die Unternehmen.¹⁴ Darüber hinaus reduziert sich parallel zum Treibstoffverbrauch auch die Schadstoffemission, so dass neben der Kosteneffizienz auch die ökologischen Ziele der Logistik berücksichtigt werden.¹⁵ Diese positiven Auswirkungen auf die Umwelt sind für den gesellschaftlichen Wandel in Richtung eines höheren Bewusstseins für Ökologie und Nachhaltigkeit ein bedeutender Vorteil der „Slow Steaming“-Strategie. Die Grundidee, neben den Verbesserungspotentialen für die Kosteneffizienz gleichzeitig eine Steigerung der Ökologiefizienz bei Inkaufnahme längerer logistischer Prozesszeiten zu generieren, lässt sich auch mithilfe weiterer Methoden und Verfahrensweisen verwirklichen. Entsprechende Dienstleistungen bieten die beiden Hamburger Logistikberatungen *Nalogis* und *Light-*

⁸ Vgl. Amazon (2014c).

⁹ Vgl. Sucky/Durst (2009), S. 38 und Wagner (2006), S. 554.

¹⁰ Rodrigue/Slack/Comtois (2007), S. 344.

¹¹ Vgl. u. a. Bretzke/Barkwai (2012), S. 1f., Srivastava (2007), S. 53f. und Souren (2012), S. 134.

¹² Für diesen und folgenden Satz vgl. Reidel (2014).

¹³ Vgl. u. a. Jorgensen (o. J.) S. 2f. und Fagerholt/Laporte/Norstad (2010), S. 523.

¹⁴ Vgl. Fagerholt/Laporte/Norstad. (2010), S. 523 und Ronen (1982), S. 1040.

¹⁵ Vgl. Cariou (2011), S. 263f.

house ihren Kunden unter dem Konzeptbegriff „Slow Logistics“ an. Erfolgreiche Umsetzungsprojekte in etablierten Unternehmen sowie Veröffentlichungen in praxisorientierten Fachzeitschriften haben in der jüngeren Vergangenheit bereits für eine Verbreitung des Namens in der Unternehmenspraxis gesorgt.¹⁶ In der Wissenschaft konnte sich der Begriff „Slow Logistics“ bisher jedoch noch nicht durchsetzen, wobei einzelne Methoden und Verfahrensweisen dieses Konzepts schon intensiv erforscht worden sind.

Eine zentrale und bedeutende Methode innerhalb der Slow Logistics ist die Sendungsbündelung. Statt viele kleine Einzelsendungen in kurzen aufeinanderfolgenden Zeitintervallen zu verschicken, werden diese gesammelt, um dann als große gebündelte Sendung positive Skaleneffekte zu generieren. Es entstehen zwar längere Lieferzeiten aufgrund der Sammelvorgänge, aber eine geringere Anzahl notwendiger Transporte und eine bessere Auslastung dieser führen in der Gesamtbetrachtung zu Kosteneinsparungen und einer gleichzeitigen Reduzierung der Umweltbelastungen. Im Rahmen einer Forschungsstudie der Logistikberatung *4flow* wurde die Konsolidierung von Gütern und Transporten als eine ideale Variante für die kombinierte Erreichung der beiden Ziele Kosten- und Ökologiefizienz identifiziert.¹⁷ Im Gegensatz zum Begriff „Slow Logistics“ ist die Sendungsbündelung ein verbreitetes Thema in der wissenschaftlichen Literatur, das im Zusammenhang mit grüner und nachhaltiger Logistik in den vergangenen Jahren wieder an Bedeutung gewonnen hat.¹⁸ Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in der Unternehmenspraxis. Die aktuelle Relevanz der Sendungsbündelung sowie deren Erfolgspotential wird durch die Verleihung des Deutschen Logistikpreises 2013 an *Lekkerland* für die Implementierung einer solchen Methode deutlich.¹⁹ Das Unternehmen verzeichnete durch die Entwicklung und den Einsatz von Mehrkammerfahrzeugen zur Unterstützung der Sendungsbündelung im Rahmen ihrer Distributionslogistik deutliche quantitative und qualitative Verbesserungen.²⁰

Obwohl die Sendungsbündelung in der wissenschaftlichen Literatur schon eine lange Tradition hat, existieren im strategischen Bereich noch offene Fragestellungen. Die vielfältigen Ausprägungsformen der Sendungsbündelung, wie z. B. Cross Docking, Merge-in-Transit, Milkrun oder Shipment Consolidation, werden zwar im Einzelnen detailliert

¹⁶ Zum Beispiel setzten *Nike* und *RollsRoyce* dieses Konzept bereits erfolgreich ein. Eine ausführliche Darstellung dazu sowie weitere Beispiele befinden sich im Gliederungspunkt 2.3.1 oder in der Slow Logistics-Studie (vgl. VIL (2010), S. 17ff.). Die Fachzeitschrift DVZ veröffentlichte beispielsweise entsprechende Beiträge in unterschiedlichen Magazinen und Online-Rubriken (vgl. u. a. Hennig (2013), Fuchs (2013) und Vahrenkamp (2014)).

¹⁷ Vgl. Gross et al. (2013), S. 9.

¹⁸ Bereits in den 1970er und 1980er Jahren gab es die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen zur Sendungsbündelung (u. a. Newbourne/Barret (1972), Pollock (1978), Masters (1980), Jackson (1981)). Als mögliches Instrument für eine ökologische und nachhaltige Logistik besitzt es nun wieder eine hohe Aktualität (vgl. u. a. Bretzke/Barkawi (2012), S. 251f. und Souren (2011), S. 146f.).

¹⁹ Vgl. BVL (2013).

²⁰ *Lekkerland* beliefert unter anderem Tankstellenshops und Imbissbuden. Die speziell entwickelten Mehrkammerfahrzeuge mit unterschiedlichen Temperaturräumen für den Transport von Lebensmitteln ermöglichen dem Unternehmen statt mehrere Einzellieferungen pro Tag an denselben Kunden nur noch eine einzige Lieferung mit dem LKW durchführen zu müssen. Neben deutlichen Kostenersparnissen reduzierte das Unternehmen auch seine Umweltbelastung (Vgl. Lekkerland (2013)).

untersucht, jedoch nur selten gemeinsam in einen Zusammenhang gestellt. Die vorliegende Arbeit schließt eine Forschungslücke durch die Klassifizierung der unterschiedlichen Ausprägungsformen und stellt die Unterschiede und Gemeinsamkeiten heraus, sodass für individuelle Distributionssituationen jeweils die geeignete Bündelungsmethode gefunden werden kann. Während vor allem die verschiedenen Merkmale der Bündelungsstrategien schon intensiv mit quantitativen und qualitativen Methoden erforscht sind, gibt es kaum Beiträge, die auf die Auswahl der richtigen Bündelungsgüter fokussieren und folgende Fragen klären:

- Welche Produkte aus einem vielfältigen Produktportfolio eines Unternehmens sollen im Versand gebündelt werden?
- Welche Supply Chains eignen sich für eine Sendungsbündelung?
- Welche Verfahren zur Auswahl der richtigen Güter und Supply Chains stehen zur Verfügung und wie erfolgreich sind diese?

Die positiven Auswirkungen einer Sendungsbündelung tragen maßgeblich zu den Erfolgen des Konzepts Slow Logistics bei. Während die ersten Ansätze der Slow Logistics in einigen Unternehmen bereits große Erfolge verzeichnen und in praxisorientierten Veröffentlichungen die bedeutende Rolle der Sendungsbündelung darin thematisiert wird, gibt es in der wissenschaftlichen Literatur noch keine fundierte Begriffsdefinition zur Slow Logistics. Die vorliegende Arbeit schließt diese Forschungslücke und widmet sich zudem den Verknüpfungen von Sendungsbündelung und Slow Logistics.

1.2 Zielsetzung

Wirtschaftswissenschaftliche Arbeiten sollen einen Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung der Disziplin leisten und zusätzlich für die Unternehmenspraxis relevantes Wissen generieren.²¹ Die beiden zentralen Zielsetzungen der vorliegenden Arbeit orientieren sich an diesen Forderungen.

1. Die Entwicklung einer umfassenden Definition von Slow Logistics, die Erarbeitung der spezifischen Ziele und Aufgaben sowie eine Abgrenzung gegenüber anderen logistischen Konzepten erweitert die wissenschaftliche Disziplin und trägt zur Schließung relevanter Forschungslücken in diesem Bereich bei. Der wissenschaftliche Blickwinkel fokussiert ebenfalls auf die Sendungsbündelung und schafft mit neuen inhaltlichen und theoretischen Erkenntnissen die Grundlage für die Untersuchungen aus praktischer Perspektive.
2. Im Rahmen der Sendungsbündelung müssen Unternehmen entscheiden, welche Güter für die Bündelung infrage kommen bzw. in welchen Supply Chains diese stattfinden soll. Die vorliegende Arbeit entwickelt mehrere Planungsstrategien für diese Auswahl-situation und evaluiert sie mithilfe eines Simulationsmodells. Auf Basis der Ergebnisse können aus einer praktischen Perspektive

²¹ Vgl. Hodgkinson/Herriot/Anderson (2001), S. 42.

heraus Handlungsempfehlungen für Unternehmen für die Implementierung einer Sendungsbündelung generiert werden.

Eine detaillierte Darstellung des inhaltlichen Beitrags dieser Arbeit führt zu einer Formulierung von insgesamt acht Forschungsfragen. Die aus der wissenschaftlichen Perspektive abgeleiteten Fragestellungen lassen sich zum Zweck einer besseren Übersicht in zwei Gruppen („Slow Logistics“ und „Sendungsbündelung“) unterteilen.

1. Slow Logistics (wissenschaftliche Perspektive)

- 1.1. Was sind die zentralen Elemente des Slow Logistics-Konzepts und wie lassen sich die wichtigsten Inhalte in einer einheitlichen Definition zusammenfassen?
- 1.2. Wie differenziert sich Slow Logistics im Speziellen von weiteren Logistikkonzepten, wie zum Beispiel Grüne Logistik oder Nachhaltige Logistik?

Slow Logistics ist ein modischer und aktueller Begriff, der häufig als Slogan im Kontext nachhaltiger, ressourcenschonender Logistik verwendet wird, jedoch ohne gleichzeitig eine klare Definition vorzunehmen oder auf eine derartige zu verweisen. Im Rahmen der Forschungsfrage 1.1 soll deshalb die „leere Worthülse“ Slow Logistics mit Inhalt gefüllt werden. Für die grundlegende Entwicklung einer Definition ist zunächst die Herkunftsfrage zu beantworten („Woher stammt der Begriff“). Darüber hinaus ist zu klären, in welchem Kontext dieser Begriff Verwendung findet und welche Inhalte damit transportiert werden sollen. Nach der Identifizierung der spezifischen Kernelemente des Konzepts, können diese dann abschließend in einer Definition zusammengefasst werden. Forschungsfrage 1.2 fokussiert auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Slow Logistics-Konzepts zu anderen Alternativen, die in gleichem oder ähnlichem Kontext verwendet werden. Die Differenzierung zu den Konzepten Grüne Logistik und Nachhaltige Logistik erfolgt auf Basis der jeweiligen Definitionen, Aufgaben und Ziele.

2. Sendungsbündelung (wissenschaftliche Perspektive)

- 2.1. Welche Bedeutung hat die Methode der Sendungsbündelung für das Slow Logistics-Konzept?
- 2.2. Auf welche Weise lassen sich die unterschiedlichen Ausprägungen und Arten der Sendungsbündelung differenzieren und klassifizieren? Welche Auswirkungen einer Sendungsbündelung in Bezug auf die Wettbewerbsfaktoren Zeit, Qualität, Ökologie und Kosten lassen sich aus der Perspektive der Wissenschaftstheorie ableiten?
- 2.3. Auf welche Weise ist die Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis implementiert und welche zusätzlichen Erkenntnisse lassen sich mithilfe einer empirischen Perspektive gewinnen?

Praxisorientierte Veröffentlichungen führen die Methode der Sendungsbündelung als ein mögliches Instrument für die Umsetzung des Slow Logistics-Konzept an. Die Forschungsfrage 2.1 setzt an diesem Punkt an, zeigt die wirkungsvolle Verbindung der Sendungsbündelung mit alternativen Instrumenten auf und legt die zentrale Bedeutung für das Gesamtkonzept dar. In der deutschsprachigen wissenschaftlichen Literatur ist der Begriff der Sendungsbündelung wenig vertreten. Stattdessen werden viele unterschiedliche Begriffe verwendet, die sich originär auf die Aufgabe der Bündelung von Gütern

zurückführen lassen. Im Rahmen der Forschungsfrage 2.2 sollen die Zusammenhänge und Unterschiede der alternativen Formen und Begriffe der Sendungsbündelung erläutert werden. Eine Klassifizierung anhand bestimmter Merkmale soll als Entscheidungsunterstützung für die Auswahl der passenden Bündelungsalternative dienen. Im weiteren Verlauf fokussiert die Arbeit auf eine ausgewählte Bündelungsform, die ebenfalls mit dem Begriff „Sendungsbündelung“ bezeichnet wird. Aus der wissenschaftstheoretischen Perspektive heraus werden schließlich die Auswirkungen dieser Sendungsbündelung auf die Faktoren Zeit, Qualität, Ökologie und Kosten dargelegt. Eine empirische Studie unterstützt die Forschungsfrage 2.3 und untersucht den Status Quo der Sendungsbündelung in der Praxis. Im Detail werden unter anderem die folgenden Fragen geklärt. Wie viele Unternehmen setzen bereits eine Bündelung in welcher Form um? Haben bestimmte Eigenschaften der Unternehmen oder der Güter einen Einfluss auf die Auswahl der Form oder den Erfolg der Bündelung? Welche Auswirkungen der Sendungsbündelung werden in der Unternehmenspraxis wahrgenommen?

3. Sendungsbündelung (managementorientierte Perspektive)

- 3.1. Welche alternativen Strategien zur Auswahl der richtigen Bündelungselemente stehen den Unternehmen zur Verfügung?
- 3.2. Welches Verhalten und welche Ergebnisse zeigen die alternativen Auswahlstrategien unter verschiedenen Umweltbedingungen? Kann unter diesen Aspekten die beste Auswahlstrategie für Unternehmen im Rahmen einer Sendungsbündelung identifiziert werden?

Die vorliegende Arbeit bewertet die richtige Auswahlentscheidung der zu bündelnden Elemente als zentralen Faktor für den erfolgreichen Einsatz einer Sendungsbündelung. Das Gros der bisherigen wissenschaftlichen Beiträge setzt diese Auswahl als gegeben voraus und untersucht die Entscheidungen im weiteren Prozessverlauf der Bündelung. Zur Schließung dieser Forschungslücke sollen im Rahmen der Forschungsfrage 3.1 mehrere Strategien entwickelt werden, welche die für eine Bündelung geeigneten produktspezifischen Supply Chains identifizieren. Als Basis für die Entwicklung dienen die empirischen und theoretischen Erkenntnisse der vorherigen Kapitel. Forschungsfrage 3.2 identifiziert mit der Unterstützung eines Simulationsmodells die jeweils beste Auswahlstrategie unter verschiedenen Umweltbedingungen. Aus den Ergebnissen der Simulationsstudie werden Handlungsempfehlungen für die Unternehmenspraxis abgeleitet und ausformuliert.

1.3 Wissenschaftliche Methodik der Arbeit

Der folgende Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über die verwendete wissenschaftliche Forschungsmethodik zum Erreichen der dargelegten Zielsetzungen. Die vorliegende Arbeit kombiniert quantitative und qualitative Wissenschaftsmethoden, um ein objektives und mehrschichtiges Erkenntnisbild der Problemstellung zu gewinnen. Die vielfältigen Betrachtungsperspektiven ergänzen sich gegenseitig und führen zu einem ganzheitlichen Überblick über das Forschungsthema. Kapitel 2 und 3 basieren jeweils

auf einer ausführlichen qualitativen Auseinandersetzung mit der vorhandenen wissenschaftlichen Literatur. Im vierten Abschnitt wird das Forschungsspektrum mithilfe einer empirischen Studie in der Unternehmenspraxis erweitert. Der dabei verwendete Fragebogen weist sowohl einen explorativen als auch deskriptiven Untersuchungscharakter auf. Kapitel 5 vervollständigt schließlich die Betrachtungsperspektiven dieser Arbeit mit dem Einsatz einer Simulationsstudie als quantitative Forschungsmethode. Die Grenzen und Nachteile bei der Verwendung einzelner Methoden führen auch zunehmend in der wissenschaftlichen Praxis zu einem entsprechenden Methoden-Mix.²² Dieser ganzheitlichere Forschungsansatz erhöht durch die komplementären Eigenschaften der jeweiligen Methoden den möglichen Erkenntnisgewinn.²³ Die Untersuchung in der vorliegenden Arbeit verläuft deduktiv, indem ausgehend von einem allgemein umfassenden Konzept (Slow Logistics) zunächst die Auswahl und Analyse eines spezifischen Instruments (Sendungsbündelung) erfolgt, bevor eine spezielle Forschungslücke (Bündelung bei begrenzter Kapazität) in diesem Bereich identifiziert und geschlossen wird. Das folgende Unterkapitel erläutert die zugehörige inhaltliche Struktur.

1.4 Gang der Untersuchung

Das Kapitel 2 behandelt als Kernthema das Konzept Slow Logistics. Im Unterkapitel 2.1 wird zunächst die Herkunft und Entwicklung dieses Begriffs geklärt. Die daraus resultierenden wissenschaftlichen Erkenntnisse bilden schließlich die Grundlage für eine fundierte Definition von Slow Logistics. Der folgende Gliederungsabschnitt 2.2 nimmt sowohl eine detaillierte Betrachtung der Aufgaben als auch eine genaue Untersuchung der Slow Logistics Ziele vor. Eine ausführliche Abgrenzung gegenüber ähnlichen Konzepten, namentlich Grüne Logistik und Nachhaltige Logistik, findet in Unterkapitel 2.3 statt. Der letzte Teilabschnitt (2.4) des zweiten Kapitels widmet sich ausführlich dem Zusammenhang zwischen der Sendungsbündelung und der Slow Logistics und stellt dabei die zentrale Bedeutung der Sendungsbündelung innerhalb dieses Konzepts heraus.

Das dritte Kapitel beleuchtet die Sendungsbündelung aus einer wissenschaftstheoretischen Perspektive. Im Gliederungspunkt 3.1 werden zunächst die grundlegenden Begrifflichkeiten erläutert und die Sendungsbündelung definiert, um eine Basis für die weiteren Ausführungen zu generieren. Anschließend erfolgt ein kurzer Überblick über die unterschiedlichen Arten der Sendungsbündelung sowie eine Abgrenzung dieser mithilfe von zwei Klassifizierungsverfahren. Im weiteren Verlauf fokussiert die Arbeit auf die spezifische Methode der Sendungsbündelung im engeren Sinn (i.e.S.). Das Unterkapitel 3.2 nimmt eine Strukturierung des Aufgabenfeldes der Sendungsbündelung vor und identifiziert mithilfe eines Literaturüberblicks relevante Forschungslücken. Der darauffolgende Abschnitt 3.3 beschließt das dritte Kapitel und untersucht detailliert die

²² Vgl. Patton (2002), S. 247.

²³ Vgl. Wrona/Fandel (2010), S. 3.

Auswirkungen der Sendungsbündelung auf die vier Wettbewerbsfaktoren Zeit, Qualität, Kosten und Ökologie.

Kapitel 4 analysiert den Status Quo der Sendungsbündelung aus der empirischen Perspektive mithilfe eines Online-Fragebogens. Der erste Teilabschnitt (4.1) zeigt die Entwicklung des Fragebogens detailliert auf. Die Datenanalyse sowie Ergebnispräsentation und -interpretation folgt daraufhin im zweiten Unterkapitel (4.2). Ein Zwischenfazit zur aktuellen Situation der Sendungsbündelung auf Basis der empirischen Erkenntnisse schließt das vierte Kapitel ab (4.3).

Das Kernthema des fünften Kapitels ist das Simulationsmodell zur Evaluierung der Auswahlstrategien für eine Sendungsbündelungsentscheidung. Zunächst werden mit der Entwicklung alternativer Strategien die theoretischen Grundlagen für das Modell geschaffen (5.1). Der notwendige Einsatz der Simulation als Untersuchungsinstrument wird im folgenden Teilabschnitt kurz dargelegt (5.2.1), bevor die Modellierungsschritte detailliert erklärt werden (5.2.2). Weitere wichtige Information zur Durchführung der Simulationsläufe und den Vorgängen bei den Auswertungen runden das zweite Unterkapitel ab (5.2.3). Die Präsentation und Interpretation der Simulationsergebnisse findet anschließend in Abschnitt 5.3 statt. Am Ende des fünften Kapitels wird der Zweck des Modells für die Unternehmenspraxis am Beispiel der Implementierung einer Sendungsbündelung im Rahmen einer Fallstudie dargestellt (5.4).

Das abschließende Kapitel 6 fasst alle wichtigen Ergebnisse der Arbeit unter Berücksichtigung der in der Zielsetzung formulierten Forschungsfragen noch einmal zusammen. Eine kritische Würdigung stellt zum einen die neuen Erkenntnisse heraus und weist zum anderen auf die Grenzen der Betrachtung hin. Mit einem Fazit und einem Ausblick auf zukünftige Forschungsansätze endet die vorliegende Dissertation. Die folgende Abbildung fasst die deduktive Vorgehensweise der Arbeit übersichtlich zusammen.

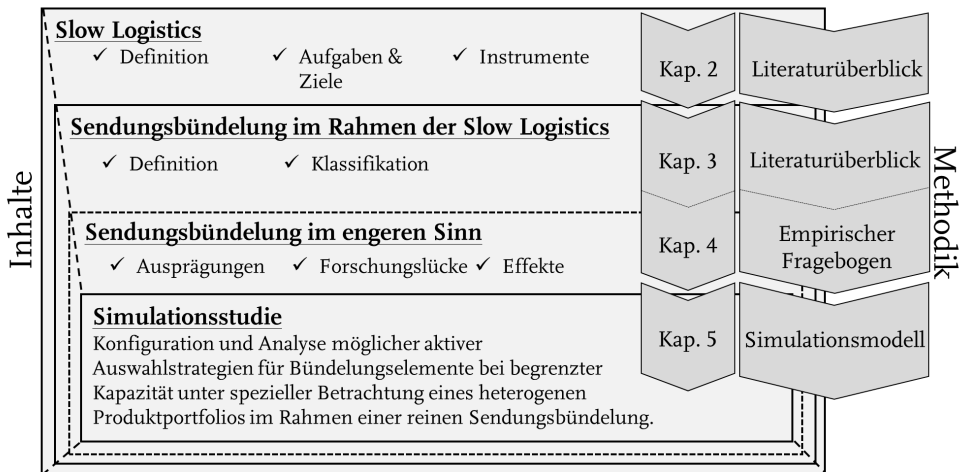


Abb. 1: Deduktive Vorgehensweise der Untersuchung²⁴

²⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

2 Grundlagen der Slow Logistics

Das einheitliche Begriffsverständnis des Untersuchungsgegenstandes ist ein zentraler Kernpunkt einer wissenschaftlichen Arbeit. Dieses Kapitel widmet sich jener Aufgabe und schafft mit der Definition des Begriffs Slow Logistics die Grundlage für weitere Analysen. Hierfür beleuchtet es zunächst die Entstehung und die Hintergründe des Begriffs Slow Logistics. Im weiteren Verlauf werden die Aufgaben und Ziele der Slow Logistics detailliert betrachtet. Zudem findet eine Abgrenzung zu ähnlichen Konzepten statt, um den für die Arbeit relevante Forschungsbereich einheitlich und nachvollziehbar festzuhalten. Abschließend werden die Zusammenhänge zu den weiteren Kernthemen der Dissertation dargestellt.

2.1 Herkunft und Entwicklung des Begriffs „Slow Logistics“

Die zentrale Frage in diesem Abschnitt ist, ob Slow Logistics ein theorie- oder praxisgetriebenes Konzept ist. Akzeptieren und Verwenden die Praxisunternehmen eine Entwicklung aus der wissenschaftlichen Literatur und Forschung oder vermarktet der Begriff lediglich Aktivitäten und Dienstleistungsangebote in der Unternehmenspraxis ohne ein zugehöriges theoretisches Fundament? Zur Klärung der Frage untersuchen die folgenden Abschnitte das Thema aus beiden Perspektiven. Nach einem kurzen Überblick über die bisherigen Quellen zur Slow Logistics, erfolgt eine detaillierte Herleitung des Begriffs, die schließlich in einer fundierten Definition mündet.

2.1.1 Die Suche nach dem Begriff „Slow Logistics“ in der Literatur und Praxis

Neben der Recherche in Suchmaschinen und Datenbanken für wissenschaftliche Texte werden in diesem Abschnitt ebenfalls die Quellen aus der Unternehmenspraxis mit berücksichtigt. Letzteres findet mithilfe einer globalen *Google*-Suche statt, um Informationen aus praxisorientierten Zeitschriften, Veröffentlichungen auf Firmen-Homepages sowie aus Foren- und Blogeinträgen zu gewinnen.

2.1.1.1 Literaturrecherche

Das Konzept Slow Logistics ist ein bisher in der wissenschaftlichen Literatur kaum beachtetes Thema. Die Anzahl der Forschungsarbeiten, die sich intensiv mit den Inhalten des Themengebietes auseinandersetzen tendiert gegen null. Tabelle 1 zeigt die Fundstellen einer Suche nach dem Begriff „Slow Logistics“ in fünf weit verbreiteten Suchmaschinen bzw. Datenbanken für wissenschaftliche Texte auf.

Suchmaschine	JSTOR ²⁷	Wiso ²⁸	Elsevier Scopus ²⁹	Business Source Premier ³⁰	Google Scholar ³¹
Treffer	1	2	0	0	43

Tab. 1: Verteilung der Suchergebnisse für „Slow Logistics“³²

In den ersten vier spezifischen Suchmaschinen für wirtschaftswissenschaftliche Zeitschriften ergeben sich lediglich drei Treffer. Die beiden positiven Funde bei *Wiso* verweisen zudem auf keine wissenschaftlichen Artikel, sondern zum einen auf ein Zitat aus einem Konferenzbeitrag zum Thema Kraftstoffeffizienz und zum anderen auf einen Kommentar des Redaktionsleiters der DVZ.³³ Auch der bei *JSTOR* gefundene Artikel bietet keine wissenschaftlichen Erkenntnisse zu dem Thema, da hier der Begriff *Slow Logistics* nur einmalig im inhaltlichen Kontext einer zu langsamen Logistik im Katastrophenfall verwendet wird und nicht als Logistikkonzept.³⁴ Die spezifischen Suchmaschinen verbleiben somit hinsichtlich wissenschaftlicher Artikel zum Thema *Slow Logistics* ergebnislos.

Google Scholar weist zwar eine deutlich größere Anzahl an Fundstellen aus, die den Begriff *Slow Logistics* beinhalten, aber qualitativ wertvolle Artikel über das gleichnamige Logistikkonzept sind auch hier kaum zu finden. Mithilfe der folgenden Filterkriterien sollen die Treffer identifiziert werden, die für diese Arbeit interessant erscheinen:

- Der Artikel ist in deutscher oder englischer Sprache geschrieben.
- Der Artikel hat einen betriebswirtschaftlichen Kontext.
- Der Artikel hat ein gehobenes wissenschaftliches Niveau.³⁵
- *Slow Logistics* wird als Konzept-Begriff verwendet.

Die ersten drei Filterkriterien reduzieren die Treffermenge bereits erheblich. Für die etwas zeitaufwendigere Untersuchung des letzten Kriteriums verbleiben somit nur elf weitere Fundstellen. Direkt im ersten Artikel beschreibt *Busch* (1988) nicht das Konzept *Slow Logistics*, sondern vergleicht das Umfeld des unternehmerischen Handelns aus der

²⁷ Sucheinstellungen: Suchfelder: „full-text“; Inhalte: Keine Beschränkung auf Inhalte mit Zugriffsberechtigung; Zugang; „Include links to external content“.

²⁸ Sucheinstellungen: Medien: Ausschließlich Berücksichtigung von „ebooks“ und „Literaturnachweise“.

²⁹ Sucheinstellungen: Suchfelder: „All Fields“; Zeitraum: „Published All Years to Present“; Dokumententyp: „All“; Datenbanken: „Life Sciences“, „Physical Sciences“, „Health Sciences“ und „Social Sciences & Humanities“.

³⁰ Sucheinstellungen: Suchfelder: „TX All Text“; Suchmodus: „Find all my search terms“.

³¹ Sucheinstellungen: „Artikel finden mit allen Wörtern“, „Zitate einschließen“, „Jederzeit“.

³² Quelle: Suchabfrage am 26.02.2014.

³³ Vgl. zum einen den Diskussionsbeitrag auf dem Goodyear Dunlop Lkw-Symposium 2012 zum Thema Kraftstoffeffizienz im Güterkraftverkehr (DVZ (2012)) und zum anderen den Kommentar von Kümmerlen (2012).

³⁴ Vgl. Lodree Jr/Taskin (2007), S. 674.

³⁵ Dieses Kriterium filtert Abschlussarbeiten (Bachelor, Master) oder Konzeptpapiere heraus.

Vergangenheit mit dem der Gegenwart und Zukunft.³⁶ Ein Merkmal dabei ist der Übergang von langsamen („slow logistics“) hin zu schnellen („quick logistics“) Logistikprozessen. Diese adverbiale Verwendung von „slow“ im Sinne von langsam prägt auch das Gesamtbild der übrigen Texte. Weitere sechs Autoren beschreiben mit dieser Wortkombination eine für bestimmte Situationen nachteilige Eigenschaft der jeweils auftretenden Logistikleistung.³⁷ Drei weitere Treffer, die keinen konkreten Bezug zum Suchbegriff aufweisen, führt *Google* nur aufgrund der Funktionsweise seines Suchalgorithmus an.³⁸ Der vorletzte Artikel von *Hulett* (2011) nutzt die beiden Begriffe, um im Rahmen einer Risikoanalyse die Situation wiederzugeben, dass Nebeneffekte die Logistikleistung verlangsamen.³⁹ Es wird somit auch hier kein Konzept diskutiert, sondern nur mögliche Einflüsse auf die Logistikleistung kurz beschrieben. Am Ende kann zumindest ein Artikel identifiziert werden, der Slow Logistics als Konzept bzw. Strategie verwendet und den Begriff erklärt. *Talagavaram und Dutta* (2011) untersuchen IT-getriebene Ansätze, nachhaltige und grüne Strategien in bestehende Geschäftsmodelle zu implementieren. Slow Logistics ordnen sie als nachhaltiges Supply Chain Konzept ein und definieren es als bewusste Verlangsamung der Logistikaktivitäten in der Supply Chain durch langsamere Touren mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit statt Geschwindigkeit.⁴⁰ Der fehlende Verweis auf weitere Quellen, die diese Begriffsbestimmung unterstützen bzw. weiter ausführen, ist an dieser Stelle ein weiteres Indiz, dass eine grundlegende Verankerung des Konzepts in der wissenschaftlichen Literatur nicht gegeben ist.

2.1.1.2 Globale Recherche

Nach der wenig erfolgreichen Suche zur Konkretisierung des Konzepts Slow Logistics in wissenschaftlichen Datenbanken, erfolgt nun eine globale *Google*-Suche, um Hinweise auf die Entstehung des Begriffes in der Unternehmenspraxis zu finden. Unter Slow Logistics sind mehr als 2650 Treffer ausgewiesen, von denen jedoch für den gesuchten Hintergrund nur wenige relevant sind.⁴¹ Die interessanten Ergebnisse der ersten Seiten sind hauptsächlich geprägt durch zwei Logistikberatungsunternehmen, zwei Logistikzeitschriften sowie eine belgische Studie zum Thema „Slow Logistics“.

Die beiden Unternehmensberatungen *Lighthouse* und *Nalogis* bewerben Slow Logistics als neuen Ansatz im Rahmen einer nachhaltigen Logistik. Da dieses Konzept ihrer Meinung nach nicht nur ökologische sondern zusätzlich Effizienz- und Kostenvorteile birgt,

³⁶ Vgl. Busch (1988), S. 28.

³⁷ Vgl. Peterson (2012), Haas (2002), Wen-Ling (2003), Kimura (2013), Hanwu/Yan (2010) und Katzy/Schuh (1998).

³⁸ Bei wenigen Fundstellen führt *Google* zusätzlich die Ergebnisse ähnlicher Suchbegriffe an. So weist ein Treffer überhaupt keine zusammenstehende Wortkombination „Slow Logistics“ aus (Vgl. Ruijgrok (2010)) und bei den anderen beiden befindet sich jeweils ein Satzzeichen zwischen den beiden Suchwörtern (Vgl. Hoffmann (2007) und Baird (1997)).

³⁹ Vgl. Hulett (2011), S. 11ff.

⁴⁰ Vgl. Talagavaram/Dutta (2011), S. 22f.

⁴¹ Suchabfrage am 12.03.2014. Suchbegriff: „Slow Logistics“.

vermarkten sie diese Ansätze unter dem Begriff Slow Logistics statt beispielsweise Green Logistics.⁴²

Direkt der erste Treffer verweist auf eine praxisorientierte Studie aus dem Jahr 2010 eines belgischen Logistikinstitutes, die im Folgenden als „VIL-Studie“ bezeichnet wird.⁴³ Dort werden nach einer kurzen grundlegenden Einführung in das Konzept Slow Logistics in erster Linie unterschiedliche Fallstudien aus der Unternehmenspraxis vorgestellt und analysiert. Zum Beispiel differenzierte *Nike* die Logistikgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Kundengruppen und *Rolls-Royce* verringerte die Logistikgesamtkosten durch eine Erhöhung der Lieferzeiten.⁴⁴

Weitere Fundstellen verweisen auf die deutsche Fachzeitung für Logistik „Deutsche Verkehrs Zeitung“ (DVZ). Gleich mehrere Artikel und Veröffentlichungen thematisieren hier das Konzept Slow Logistics. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Titel und Autoren, Erscheinungsform und -jahr sowie eine stichpunktartige Zusammenfassung der jeweiligen Inhalte.

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass keiner der aufgelisteten Artikel eine Definition des Begriffs bzw. des Konzepts Slow Logistics vornimmt. Vielmehr spezifizieren die Autoren einzelne Konzepte, Methoden und Strategien, die unter Slow Logistics zusammengefasst werden können. Auf den nachfolgenden Ergebnisseiten der Google-Suche sind keine weiteren relevanten Treffer zu erkennen.⁴⁵

In einer Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die globale Google-Suche unter Einbeziehung der Unternehmenspraxis eine etwas höhere Erfolgsquote bei der Identifizierung von inhaltlich relevanten Beiträgen und Informationen zum Thema Slow Logistics hat. Zwar findet sich hier ebenfalls keine genaue Begriffserklärung, doch auf Basis der gewonnen Erkenntnisse lässt sich zumindest die Entwicklung einer Definition für Slow Logistics aufbauen.

⁴² Vgl. Lighthouse (2012), Nalogis (2013) und Slow Logistics (2014). Für eine Abgrenzung der Begriffe Slow Logistics und Green Logistics vgl. auch Kapitel 2.1.3.

⁴³ Die Abkürzung VIL steht für das verantwortliche Institut „Vlaams Instituut of Logistics“.

⁴⁴ Vgl. VIL (2010), S. 17. Eine ausführliche Beschreibung und Diskussion der Praxisbeispiele erfolgt in Kapitel 2.3.1.

⁴⁵ Um genau zu sein, gibt es lediglich einen verlinkten Eintrag bei Twitter zur belgischen Studie des logistischen Instituts (vgl. Twitter, 2014). Die restlichen Links haben wiederum nicht das Konzept „Slow Logistics“ als Thema, sondern zum Beispiel die langsame Logistikentwicklung („slow logistics growth“, vgl. Bourke (2008), S. 13). Ein Blick auf die nächsten zehn Ergebnisseiten zeigt ein ganz ähnliches Bild. Die meisten Einträge haben keinen direkten Bezug zum Logistikkonzept oder verweisen auf bereits bekannte Seiten und Erkenntnisse. Da die Erfahrungen bei Google-Suchen tendenziell auf eine abnehmende Trefferqualität mit steigender Seitenanzahl schließen lassen, wird hier aufgrund der zu teuer erscheinenden Aufwand-Nutzen-Relation auf eine vollständige Bearbeitung der 2650 Treffer verzichtet.

Titel (Autor)	Erscheinungsform (-jahr)	Inhalt
„Schnell, Schneller, Stopp!“ (Rainer Hennig)	XXL-Themenheft: „Alles außer gewöhnlich“ (Nr. 56, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • City Logistik (Cycle Logistics) • Erfolgsfaktor Pünktlichkeit • Überwertung der Schnelligkeit • Binnenschifffahrt • Das Konzept „Slow Logistics“ • Praxisbeispiele (Nike, Colruyt)
„Langsam-Ver-sandoption fehlt!“ (Prof. Richard Vahrenkamp)	Online Rubrik: „Logistik & Verlader“ (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Slow Steaming • City Logistik • Slow Logistics: Vorteile B2C • Slow Logistics: Vorteile KEP
„Tchibo gewinnt Nachhaltigkeitspreis.“ (Claus Grimm)	Online Rubrik: „Logistik & Verlader“ (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Praxisbeispiel Tchibo (Slow Steaming)
„Konzept mit Köpfchen: Slow Logistics kennt nur Gewinner.“ (Uta Fuchs)	„DVZ Nachhaltigkeitsreport – Transport & Logistik“ (2013/2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Slow Logistics • Praxisbeispiele (Nike, Colruyt) • Einsatz im B2B-Bereich

Tab. 2: Veröffentlichungen der DVZ zum Thema „Slow Logistics“⁴⁶

2.1.1.3 Herkunft und Entwicklung des Begriffs in der Unternehmenspraxis

Der in Fallstudien belegte erfolgreiche Einsatz des Konzepts Slow Logistics in großen Unternehmen sowie die intensiven Marketingbemühungen etablierter Logistikberatungen in diesem Gebiet deuten auf eine zunehmende Relevanz und Bedeutung in der Praxis hin. Die bereits erwähnte Lücke in der wissenschaftlichen Literatur in diesem Bereich lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Begriff aus der Unternehmenspraxis entstammt. Die Verknüpfung des Adjektivs „langsam“ („slow“) mit dem Aufgabengebiet der Logistik, hier speziell mit der Logistikaktivität des Transports, gibt es hingegen schon seit den 1960er Jahren. Das sogenannte „Slow Steaming“ wurde im Rahmen der Containertransporte als mögliche Strategie propagiert, die aufgrund gedrosselter Schiffsgeschwindigkeit weniger Energieressourcen verbraucht und damit Kosten einspart sowie Emissionen reduziert.⁴⁷ Eine Renaissance erlebte diese Strategie in der Weltwirtschaftskrise ab 2007. Slow Steaming war, vor allem auch aufgrund hoher Rohstoffpreise, eine Möglichkeit, den enormen Ressourcenverbrauch der Containerschiffe und die damit einhergehenden Kosten zu senken.⁴⁸ In Zeiten zunehmenden Umweltbewusstseins in der Gesellschaft

⁴⁶ Quellen: vgl. Hennig (2013), Vahrenkamp (2014), Grimm (2013) und Fuchs (2013).

⁴⁷ Vgl. z. B. Gudehus (1963), Meyer/Stahlbock/Voß (2010), Fagerholt/Laporte/Norstad (2010) und Ronen (1982).

⁴⁸ Vgl. Meyer/Stahlbock/Voß (2010), S. 1306.

und stärkerer Fokussierung auf ökologische Ziele in den Unternehmen war die daraus folgende Reduzierung des Schadstoffausstoßes eine zusätzliche positive sowie die Akzeptanz und Verbreitung fördernde Begleiterscheinung. Trotz verlängerter Transportzeiten war es aufgrund einer angepassten Planung möglich, weiterhin die Liefertermine einzuhalten. Zumindest sind keine aus Verspätungen resultierenden Probleme dokumentiert.

Das Potential, Kostenersparnisse zu generieren und gleichzeitig ökologisch nachhaltig zu operieren, ohne das Leistungsniveau des Wertschöpfungsnetzwerkes wesentlich zu beeinträchtigen, macht diese Grundidee auch für andere Einsatzbereiche in der Logistik interessant. Denkbar ist die direkte Übertragung auf die Straße, indem die Energieeffizienz der LKW-Transporte verbessert wird. Erste Untersuchungen der Möglichkeiten sind in dieser Richtung bereits erfolgt.⁴⁹ Solche unmittelbaren Umsetzungen, aber auch die generelle Untersuchung, welche Potentiale sich durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit in der Logistik eines Wertschöpfungsnetzwerkes ergeben, lassen sich unter dem Begriff *Slow Logistics* subsumieren. Wer den Begriff *Slow Logistics* das erste Mal im Sinne eines Logistikkonzepts verwendete bzw. zu welchem Zeitpunkt dies auftrat, lässt sich nicht mehr exakt klären. Die beiden Logistikberatungen *Nalogis* und *Lighthouse* nehmen jedoch eine prägende Rolle ein und proklamieren die eigenständige Benennung des Konzepts mit „*Slow Logistics*“, da ihre alternative Namensversion „*Green Logistics*“ zu stark auf den ökologischen Aspekt ausgerichtet gewesen wäre.⁵⁰ Der Begriff fasst die zentrale Idee kurz und prägnant zusammen. Im Rahmen aktueller Trends in anderen Bereichen, wie beispielsweise *Slow Food*, *Slow Travel* oder *Slow Retail*, lässt sich dieser Slogan gut verknüpfen und spiegelt Modernität und Aktualität wieder.

Während die globale Suche zeigt, dass der Begriff *Slow Logistics* bei Unternehmensberatungen sowie in praxisorientierten Forschungsstudien bereits etabliert und verbreitet ist, deckt die Literaturrecherche im wissenschaftlichen Bereich eine Forschungslücke zu diesem Thema auf. Eine allgemein gültige Definition des Logistikkonzepts *Slow Logistics* sowie die Identifikation der zugehörigen Aufgaben, Ziele und Instrumente existiert noch nicht. Aus diesem Grund soll im nächsten Abschnitt die folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Was sind die zentralen Kernelemente des Konzepts *Slow Logistics* und wie lassen sich die wichtigsten Inhalte in einer einheitlichen Definition zusammenfassen?

⁴⁹ Neben dem Einsatz technischer Mittel zur Verringerung des Energieverbrauchs (aerodynamisches Layout, effiziente Motoren, alternative Energien) werden auch manuelle Maßnahmen überprüft (Fahrtraining, Tempolimit). Vgl. dazu u. a. Koch (2012), S. 307ff. und Gross et al. (2013), S. 56f.

⁵⁰ Vgl. Nalogis (2012).

2.1.2 Herleitung des Begriffs „Slow Logistics“ als Definitionsgrundlage

Eine detaillierte Betrachtung der beiden Bestandteile des Begriffs Slow Logistics schafft zunächst ein grundlegendes Verständnis der zwei Worte. Zusammen mit dem bisherigen Begriffsverständnis in der Literatur bietet sich im Anschluss eine argumentative Basis für eine fundierte Entwicklung der Definition.

2.1.2.1 Die Bedeutung der Wörter „Slow“ und „Logistics“ im Einzelnen und in Kombination

Auf den ersten Blick erscheint der Begriff Slow Logistics wie ein Oxymoron⁵¹, gebildet durch „Contradictio in adiecto“⁵². Logistikdienstleister vermarkten häufig ihre Leistungen intensiv mit Werbeslogans wie „Same-Day-Delivery“ oder „24h-Service“ und suggerieren so, dass für den Transport als Teilaufgabe der Logistik gilt: „Je schneller, desto besser.“ Auch die Deutsche Post hat in ihrer Universaldienstleistungsverordnung von 1999 vermerkt, dass 80 % der Briefe innerhalb eines Tages und 95 % innerhalb von zwei Tagen an die richtige Adresse ausgeliefert werden müssen.⁵³ In einem solchen Zusammenhang wächst die Vermutung, dass das hinzugefügte Adjektiv „langsam“ einen Widerspruch bildet. Die detaillierte Betrachtung der beiden Wörter im Einzelnen und deren anschließende Kombination sollen in den folgenden Absätzen diese These bestätigen oder widerlegen, um Klarheit über die Begriffsgrundlage zu gewinnen und eine Basis für eine spätere Definition zu haben.

Slow. „Slow“ ist im Englischen sowohl Adjektiv als auch Verb und bedeutet übersetzt „langsam“, „träge“ bzw. „verlangsamen“, „entschleunigen“. Rund um das zugehörige Substantiv „Entschleunigung“ hat sich Ende des 20. Jahrhunderts eine Bewegung entwickelt, die sich der zunehmenden Schnelllebigkeit in der Gesellschaft entgegen stellt. In unterschiedlichen Lebensbereichen entdeckten die Menschen die Vorzüge der Langsamkeit und Ruhe und gründeten Organisationen, um Gleichgesinnte zu vereinen und die Ideen zu verbreiten. Die 1986 in Italien gegründete Organisation „Slow Food“, die sich für bewusstes und regionales Essen einsetzt, ist die vielleicht bekannteste Vertretung dieser Bewegung. Statt schnell und standardisiert zu essen, wie zum Beispiel in den überall verfügbaren Fastfood-Ketten, steht hier der Wert des eigenen Genusses und die Qualität der Speisen im Vordergrund.⁵⁴ Inspiriert von dieser Idee gründete sich auch die Bewegung Cittaslow⁵⁵ mit dem Hauptziel, die Lebensqualität und Individualität der

⁵¹ „Zusammenstellung zweier sich widersprechender Begriffe in einem Kompositum oder in einer rhetorischen Figur.“ (Duden (2015a)).

⁵² „Widerspruch im Hinzugefügten“; Widerspruch zwischen der Bedeutung eines Substantivs und dem hinzugefügten Adjektiv, Sonderform des Oxymorons (Das große Fremdwörterbuch (2015)).

⁵³ Vgl. PUDLV (1999), §2, Absatz 3.

⁵⁴ Vgl. o. A. (2013).

⁵⁵ ital. Citta = Stadt.

Städte zu verbessern und so der Vereinheitlichung der Stadtbilder entgegen zu wirken.⁵⁶ Slow Design⁵⁷, Slow Travel⁵⁸ und Slow Retail⁵⁹ sind weitere Beispiele für die Umsetzung der grundlegenden Philosophie auf andere Lebensbereiche. Das Wort „Slow“ in den jeweiligen Begriffen ist der Ausdruck für diese gemeinsame Basis, auf die sich diese Bewegungen stützen. In allen erwähnten Beispielen geht es darum, durch eine Entschleunigung das Bewusstsein für die entsprechende Tätigkeit bzw. das entsprechende Objekt zu vertiefen und dabei die Qualität und Nachhaltigkeit besonders zu berücksichtigen, mit dem Ziel, die Individualität in einer zunehmend standardisierten Welt nicht zu verlieren.

Für das Verständnis und die Definition des Begriffs Slow Logistics ist es ebenfalls von Bedeutung zu klären, ob „slow“ als Adjektiv im Sinne von „langsam“ oder als Verb im Sinne von „entschleunigen“ bzw. „verlangsamen“ eingesetzt wird. Im ersten Fall wäre es dann zu klären, ob eine absolute oder eine relative Größe die Eigenschaft „langsam“ eines Logistikprozesses definiert. Die Benutzung als Verb hingegen erfordert weitere Information über das ausführende Subjekt („Wer verlangsamt?“) und das betroffene Objekt („Was wird verlangsamt?“). In beiden Fällen ist zusätzlich zu bestimmen, auf welche Weise sich die Langsamkeit bzw. Verlangsamung in der Logistik manifestiert.

Logistics. Für den Begriff Logistik (engl. logistics) gibt es in der Wissenschaft eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen. Die Betrachtungsweise aus verschiedenen Perspektiven und eine fortschreitende Begriffsentwicklung beeinflussen diese Heterogenität. Im Weiteren erfolgt ein kurzer Überblick über die für diese Arbeit entscheidenden Begriffe und Grundlagen der Logistik, ohne einen Anspruch auf die vollständige Erfassung der wissenschaftlichen Literatur im Rahmen der Logistikdefinitionen zu erheben.

Allgemein betrachtet bedeutet Logistik die „Gestaltung logistischer Systeme sowie die Steuerung der darin ablaufenden logistischen Prozesse“.⁶⁰ Aufgrund der vielfältigen Ausprägungen eines logistischen Systems ist für den weiteren Verlauf eine Eingrenzung des Themengebietes zielführend. Im Folgenden werden nur Logistiksysteme untersucht, deren Logistikobjekte Güter sind, d. h. der Fokus der Betrachtung liegt auf der Sachgüterlogistik.⁶¹ Die Personenverkehrslogistik soll hier nicht weiter beachtet werden. Die IK-Logistik (Informations- und Kommunikationslogistik) fließt in Teilaspekten mit ein, da diese mitverantwortlich für die Steuerung des logistischen Güterflusses ist. Zwischen der Güterbereitstellung mithilfe der Produktionsprozesse auf der einen Seite und

⁵⁶ Vgl. o. A. (2011b).

⁵⁷ Slow Design ist eine Kunstbewegung, in der Kunstwerke mit klassischer Technik und antiken Fertigkeiten mit besonderer Berücksichtigung (und Schonung) der Natur gefertigt werden. Vgl. o. A. (2014c).

⁵⁸ Slow Travel ist eine touristische Vereinigung, in der langsame Fortbewegungsmittel, Respekt vor der Natur, den Kulturen und den Einheimischen sowie Interesse an lokalen Gepflogenheiten und Lebensmitteln die grundlegenden Prinzipien sind. Vgl. Gardner (2009).

⁵⁹ „Slowretail ist eine Kommunikationsplattform für individuelle, spannende Einzelhändler und Märkte, ein Kommunikationsort über entschleunigten Handel.“ o. A. (2014b).

⁶⁰ Fleischmann (2008), S. 3.

⁶¹ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Fleischmann (2008), S. 4.

der Güterverwendung im Rahmen der Konsumption auf der anderen Seite bedarf es einer Güterverteilung, die diese beiden Punkte verknüpft und den Fluss koordiniert.⁶² Wichtig ist dabei die Gewährleistung einer bedarfsgerechten Verfügbarkeit der Logistikobjekte als Sachziel der Logistik.⁶³ Die ebenfalls zu beachtenden Formalziele legen fest, wie die logistischen Aktivitäten zu managen sind. Neben dem bekannten wirtschaftlichen Formalziel, die Gesamtkosten zu minimieren, gibt es zusätzlich ein ökologisches Ziel, bei dem die durch die Logistik verursachten Schadstoffe minimiert werden sollen.⁶⁴ Für die Erfüllung des Sachziels ist eine Überbrückung des räumlichen bzw. zeitlichen Abstands zwischen den Orten und Zeitpunkten der Herstellung und des Konsums notwendig. Diese raumzeitliche Transformation der Logistikobjekte, ausgeführt mithilfe des Transports und der Lagerung, stellt bereits die Grundfunktion der Logistik dar.⁶⁵ Hinzu kommt eine mögliche Veränderung der Objektordnung (Kommissionierung).⁶⁶ Die klassischen Bestandteile der TUL-Logistik, Transport, Umschlag und Lagerung, bilden bei allen gängigen Abhandlungen über Logistik die Kernprozesse.⁶⁷ Während *Pfohl* (2000) die Verpackung und Signierung als Unterstützungsprozesse ergänzt, fügt *Isermann* (1998) das Sortieren und Kommissionieren hinzu und unterteilt außerbetrieblichen und innerbetrieblichen Transport (Fördern). *Fleischmann* (2008) ergänzt das Kommissionieren sowie die Verpackung als Hilfsfunktion.⁶⁸ Die vorliegende Arbeit orientiert sich an den Ausführungen von *Isermann* (1998) und legt folgende logistische Prozessaktivitäten für den weiteren Verlauf fest:⁶⁹

- Transportieren
- Umschlagen
- Lagern
- Kommissionieren
- Sortieren
- Fördern

Für ein einfacheres Verständnis des weiten Feldes der Logistik bietet sich die Differenzierung funktioneller Subsysteme der Logistik an. Dem Güterfluss durch das Unternehmen folgend, lassen sich zunächst anhand der verschiedenen Phasen drei funktionale Bereiche klassifizieren. Als Verbindung zwischen dem Beschaffungsmarkt und den Unternehmen agiert die Beschaffungslogistik. Die Aktivitäten der nächsten Phase lassen sich dem Bereich der Produktionslogistik zuordnen und für den Kontakt zum Absatzmarkt und die Verteilung der Güter ist schließlich die Distributionslogistik zuständig.

⁶² Vgl. *Pfohl* (2000), S. 4.

⁶³ Vgl. *Isermann* (1998), S. 23.

⁶⁴ Vgl. *Isermann* (1998), S. 22.

⁶⁵ Vgl. *Isermann* (1998), S. 26 und *Pfohl* (2000), S. 12.

⁶⁶ Vgl. *Fleischmann* (2008), S. 3.

⁶⁷ Vgl. *Pfohl* (2000), S. 8, *Isermann* (1998), S. 26 und *Fleischmann* (2008), S. 6.

⁶⁸ Vgl. *Fleischmann* (2008).

⁶⁹ Vgl. *Isermann* (1998).

Die Abbildung 2 fasst das der Arbeit zugrundeliegende Verständnis des logistischen Systems zusammen.

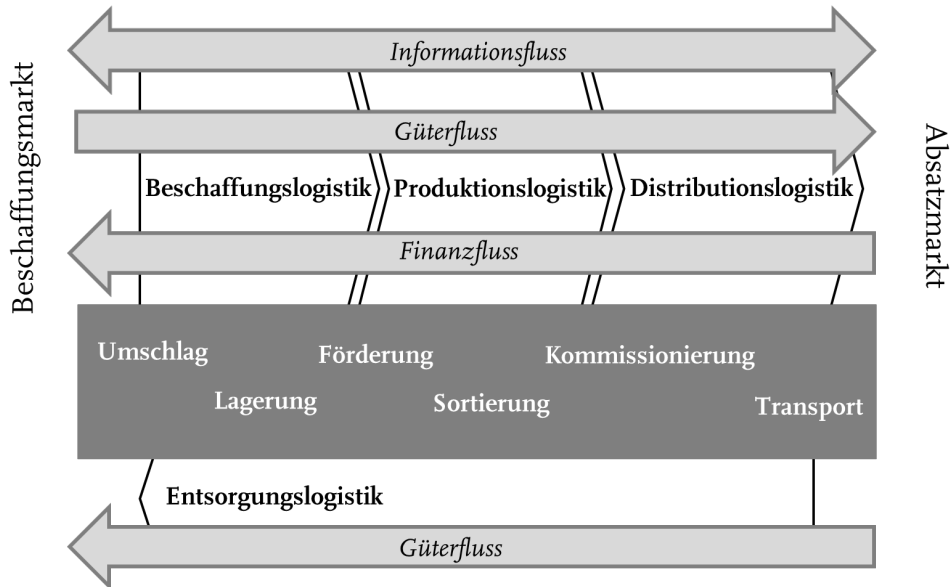


Abb. 2: Das Verständnis des Logistiksystems⁷⁰

Eine weit verbreitete Perspektive ist die flussorientierte Betrachtung der Logistik.⁷¹ So definiert beispielsweise das *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)* Logistik als einen Prozess „that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services, and related information between the origin and the point of consumption in order to meet customers’ requirements.“⁷² Die *European Logistics Association (ELA)* betrachtet die Logistik ebenfalls flussorientiert und definiert sie als “the organisation, planning, control and execution of the goods flow from development and purchasing, through production and distribution, to the final customer in order to satisfy the requirements of the market at minimum costs and capital use.”⁷³ Wie es die gemeinsame Perspektive schon ausdrückt, ist das zentrale und wesentliche Element das Flusssystem, welches effizient und effektiv die Kundenanforderungen erfüllen soll.

Darüber hinaus existieren lebenszyklusorientierte und dienstleistungsorientierte Definitionen.⁷⁴ Bei ersterem Ansatz steht nicht mehr der Fluss sondern der komplette Lebens-

⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷¹ Vgl. Pfohl (2000), S. 14.

⁷² CSCMP (2014).

⁷³ ELA (1993), S. 1.

⁷⁴ Vgl. für folgenden Absatz: Pfohl (2000), S. 13.

zyklus der Güter im Fokus, währenddessen eine effiziente Nutzung der Ressourcen sowie eine effektive Steuerung des Ressourcenverbrauchs gewährleistet werden muss. Die letztere Betrachtungsweise fokussiert auf die Erfüllung der Logistikdienstleistung, indem alle notwendigen immateriellen Aktivitäten auf eine kosten- und kundeneffektive Art und Weise erledigt werden.

Als Zwischenfazit bleibt festzuhalten, dass in allen Definitionen und in der Herleitung der Logistikbegriffe die Geschwindigkeit der logistischen Leistung keine explizite Erwähnung findet, sondern im Speziellen nur die Effizienz, Effektivität und die Befriedigung der Kundenbedürfnisse berücksichtigt werden. Die Schnelligkeit ist demnach definitionsgemäß keine Grundvoraussetzung für logistische Aktivitäten, zumindest wird sie nicht explizit vermerkt. Unter Umständen kann sie ein Bestandteil spezifischer Kundenbedürfnisse sein, wobei eine detaillierte Aufschlüsselung dieser in den bisherigen Definitionen ebenfalls nicht stattfindet.

Eine Erweiterung des Betrachtungshorizontes bei Logistikdefinitionen schließt in der wissenschaftlichen Literatur häufig die Logistikanforderungen mit ein und ergänzt dadurch relevante Details der Kundenbedürfnisse. *Plowman* (1964) definierte die Anforderungen mit der weit verbreiteten und akzeptierten „7-R-Regel“ („Seven Rights“): die richtige Ware soll zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge, mit der richtigen Qualität, beim richtigen Kunden und zu den richtigen Kosten verfügbar sein.⁷⁵ Während die Art und Weise der Formulierung über die Jahre hinweg konstant geblieben ist, variiert die Anzahl der Anforderungen und damit die Anzahl der „R“s von Autor zu Autor. *Jünemann* (1989) verallgemeinert den Begriff „Ware“ zu „Objekt“ und ordnet die Anforderung „an den richtigen Kunden“ der Anforderung „am richtigen Ort“ zu, sodass er eine „6-R-Regel“ anbietet.⁷⁶ *Pfohl* (1972) beschränkt sich bei seiner Definition auf vier „R“ und führt an, dass die Logistik das richtige Produkt, im richtigen Zustand, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort zu den minimalen Kosten zur Verfügung stellt.⁷⁷ Konsistent beinhalten alle Ansätze immer den richtigen Zeitpunkt und die richtigen bzw. minimalen Kosten, was unter anderem die große Bedeutung der Zeit im Rahmen der Logistik unterstreicht. Es verbleibt aber weiterhin ein expliziter Interpretationsspielraum, was genau der Terminus „richtige Zeit“ bzw. „richtiger Zeitpunkt“ ausdrücken soll. Ist es ziel führend und ausreichend, die Liefertermine stets einzuhalten und nicht zu überschreiten oder ist es notwendig, die richtige Ware so schnell wie möglich an den richtigen Ort zu transportieren? Die gleichzeitige Hinzunahme des Kriteriums „richtige (minimale) Kosten“ zeigt aufgrund der gegenläufigen Beeinflussung der beiden Faktoren, dass eine einseitige Konzentration auf die Minimierung der Zeit unter Kostenaspekten nicht ziel führend sein kann, sondern stets der Trade-off dieser Merkmale berücksichtigt werden muss. Sehr einfach formuliert, wäre zum Beispiel der durchgängige Lufttransport in

⁷⁵ Vgl. *Plowman* (1964).

⁷⁶ Vgl. *Jünemann* (1989), S. 18.

⁷⁷ Vgl. *Pfohl* (1972), S. 28f.

Asien gefertigter Waren nach Europa zwar schnell und zeitminimal, wegen der sehr hohen Kosten aber ökonomisch unsinnig. Ein implizierter Schluss, dass die „richtige Zeit“ immer die „kürzeste Zeit“ bzw. der „schnellste Durchlauf“ ist, lässt sich deshalb nicht ziehen.

Slow Logistics. Obwohl die Zeit im Rahmen der Logistikdefinitionen grundsätzlich eine wichtige Rolle innehat und explizite Erwähnung findet, ist eine spezielle Hervorhebung der Zeitdauer und damit der Geschwindigkeit weder aus der engen noch aus der weiteren Betrachtungsperspektive zu erkennen. Es ist somit kein direkter Bezug zwischen der Logistik und dem Adjektiv „schnell“ zu finden. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine Widerlegung der eingangs des Kapitels formulierten Vermutung, dass Slow Logistics ein Oxymoron, gebildet durch „*Contradictio in adiecto*“, ist. Da Logistik nicht grundsätzlich durch Schnelligkeit definiert ist, bildet das Adjektiv „langsam“ auch keinen Widerspruch dazu.

2.1.2.2 Literaturgestützte Herleitung der Begriffsdefinition für Slow Logistics

In der wissenschaftlichen Literatur ist Slow Logistics, wie in Kapitel 2.1.1 bereits erläutert, ein bisher sehr selten genutzter Begriff. Lediglich *Talagavaram und Dutta (2011)* setzen sich mit dem Begriff Slow Logistics auseinander. Die beiden Autoren definieren Slow Logistics als eine bewusste Verlangsamung der Logistikaktivitäten in der Supply Chain aufgrund langsamerer Touren, bei denen nachhaltige statt schnelle Methoden eingesetzt werden.⁷⁸ Zudem ordnen Sie das Konzept innerhalb einer Matrix für nachhaltige Planungsmethoden den beiden Dimensionsausprägungen „interner Fokus“ und „proaktive Handlung“ zu.⁷⁹ Neben dezentralen Fertigwarenlagern bezeichnen sie Slow Logistics als ein weiteres Beispiel für eine nachhaltige Supply Chain Management Strategie.

Die Studie des belgischen Logistikinstituts bereitet zu Beginn die theoretischen Grundlagen und Hintergründe des Konzepts Slow Logistics auf. Das Ziel der Studie war, heraus zu finden, in welchem Maße durch eine kritische und innovative Hinterfragung der Liefergeschwindigkeit und mit einem stärkeren Fokus auf die Liefertreue nachhaltige Verbesserungen der Logistik erzielt werden können.⁸⁰ Eine klare Begriffsdefinition nimmt die Studie jedoch nicht vor. In erster Linie wird der bereits erwähnte Kerngedanke, dass Geschwindigkeit nicht der Hauptantrieb der Logistik sein soll, detaillierter ausgeführt. Zudem fokussiert die Zusammenfassung auf die Kostensituation in der Logistik. Das Ziel des Slow Logistics Managements ist dabei die Berücksichtigung der Trade-Off-Beziehungen zwischen der kostenintensiven Beschleunigung des Wertschöpfungsprozesses sowie den auftretenden Kosten und den möglichen Potentialen bei

⁷⁸ Vgl. Talagavaram und Dutta (2011), S. 23.

⁷⁹ Die beiden weiteren Ausprägungen sind „externer Fokus“ und „reaktive Maßnahmen“. Vgl. für diese Aussagen und folgenden Satz: Talagavaram und Dutta (2011), S. 22.

⁸⁰ Vgl. VIL (2010), S. 8.

einer Verlangsamung der logistischen Prozesse.⁸¹ Zu den Potentialen zählen u. a. die folgenden:

- Integration alternativer Transportmittel,
- bessere Planungsergebnisse,
- größere Zuverlässigkeit,
- höhere Flexibilität,
- entspanntes Arbeitsumfeld.

Die Studie identifiziert insgesamt sieben Ansätze für die Umsetzung des Konzepts Slow Logistics, um die genannten Potentiale der Verlangsamung auszunutzen. Tabelle 3 listet die einzelnen Varianten auf und ordnet diesen jeweils die in Kapitel 2.1.2 herausgestellten Logistikaktivitäten zu, die von der Verlangsamung betroffen sind.

Umsetzungsvarianten	Betroffene Logistikaktivität
Vendor Managed Inventory (VMI)	Lagerung
Modal Shift	Transport
Sendungsbündelung	Alle Logistikaktivitäten
Produktionspostponement	Produktionslogistik, Fördern
Dezentralisierung Fertigwarenlager	Lagerung, Transport, Umschlag
Interne Organisation	Alle Logistikaktivitäten außer Transport
Nachhaltigkeitsverbesserung	Alle Logistikaktivitäten

Tab. 3: Methodenansätze im Konzept Slow Logistics und die betroffenen Logistikaktivitäten

Die Tabelle zeigt, dass grundsätzlich in allen Logistikaktivitäten Potentiale für die Umsetzung des Slow Logistics Konzepts generiert werden können. Diese Erkenntnis ist für die Entwicklung der Definition im nächsten Gliederungspunkt ein zentrales Element. Auf eine detaillierte Analyse der beschriebenen Forschungsergebnisse des belgischen Institutes wird an dieser Stelle verzichtet. Eine ausführliche Diskussion und Auseinandersetzung mit den einzelnen Umsetzungsmöglichkeiten und ihren Auswirkungen findet in Kapitel 2.3 statt.

Eine letzte wichtige Erkenntnis aus der Studie ist, dass das Konzept innerhalb eines Unternehmens häufig nur für einzelne Produkte oder Kunden sinnvoll anwendbar ist.⁸² Der Einsatz betrifft dementsprechend jeweils die produktspezifischen Supply Chains eines Unternehmens und nicht die Institution selbst.

⁸¹ Vgl. VIL (2010), S. 10.

⁸² Vgl. VIL (2010), S. 10.

2.1.3 Definition von Slow Logistics

Der folgende Abschnitt entwickelt auf Basis der bisherigen Erkenntnisse eine Definition für das Konzept Slow Logistics und ordnet es in den Gesamtkontext des unternehmerischen Handelns ein. Ausgehend von der Analyse der beiden Einzelbegriffe soll die Definition zum einen die bewusste Verlangsamung thematisieren und zum anderen die Bestandteile der Logistik beinhalten. Bei der Begriffsbestimmung im Artikel von *Talagavaram und Dutta* (2011) ist die erste Bedingung erfüllt, indem die Autoren von einer bewussten Verlangsamung der Logistikaktivitäten schreiben.⁸³ Jedoch wird die anschließende reine Fokussierung auf die Transportperspektive und die Routenplanung dem vielfältigen Charakter der Slow Logistics, der vor allem in der VIL-Studie ausführlich dargelegt wird, nicht gerecht. Hier sind die Erkenntnisse aus Kapitel 2.1.3 von Bedeutung, die durch die Gegenüberstellung der möglichen Konzeptansätze und der Logistikaktivitäten aufzeigen, dass potentiell jeder Logistikprozess für eine Verlangsamung in Frage kommt und immer mindestens einer dieser Prozesse tatsächlich betroffen ist.⁸⁴ Ein weiterer Punkt, der bei der Begriffsbestimmung von *Talagavaram und Dutta* (2011) bereits Berücksichtigung findet, ist die Produktorientierung. Die Verwendung des Begriffs Supply Chain, der definitionsgemäß unter anderem ein „produktorientiertes Wertschöpfungsnetzwerk“ bezeichnet, weist dies deutlich aus.⁸⁵ Bei der zu entwickelnden Definition müssen diese Aspekte ebenfalls integriert werden.

Die Anpassung bzw. Verlangsamung der relevanten Prozesszeiten durch das Ausschöpfen vorhandener Zeitpotentiale impliziert ein aktives Handeln, das wie die allgemeine Logistik verschiedene Aufgaben bzw. Phasen beinhaltet. Diese können entsprechend von den Logistikdefinitionen übernommen werden. Für das Konzept Slow Logistics ist somit eine Planung auf strategischer und taktischer Ebene, eine Durchführung und Steuerung auf operativer Ebene und eine Kontrolle für die Überprüfung und Rückkopplung der Planungs- und Steuerungsprozesse notwendig.

Während sich die Wissenschaft in der Definition der Sachziele der Logistik weitestgehend einig ist, wird ein mögliches ökologisches Formalziel sehr unterschiedlich behandelt. *Isermann* (1998) priorisiert in seinen Ausführungen keines der beiden Formalziele der Logistik, sondern behandelt diese gleichberechtigt.⁸⁶ Bei *Pfohl* (2000) steht das ökonomische Effizienzziel im Vordergrund, während die ökologische und soziale Dimensionen, wie bei anderen Unternehmensbereichen auch, im Hintergrund agieren.⁸⁷ *Fleischmann* (2008) hingegen spricht den ökologischen Zielen eine wachsende Bedeutung zu

⁸³ “Slow logistics can be defined as deliberate slowing down of the logistic activities in the supply chain by using slower routes, thereby substituting speed with sustainable practices.” Talagavaram/Dutta (2011), S. 23.

⁸⁴ Siehe Tabelle 3.

⁸⁵ Vgl. Sucky (2004), S. 18.

⁸⁶ Vgl. Isermann (1998), S. 23.

⁸⁷ Für die Effizienzziele vgl. Pfohl (2000), S. 41f.; für die ökologische Dimension vgl. Pfohl (2000), S. 43.

und erläutert mögliche Zielkonflikte zum ökonomischen Effizienzdenken.⁸⁸ Das Konzept Slow Logistics nimmt diesen Trend auf und verstärkt den Fokus auf die ökologische Verantwortung der Logistik, ohne dabei jedoch den wirtschaftlichen Aspekt zu vernachlässigen.

Unter Beachtung der vorangestellten Überlegungen und Recherchen wird Slow Logistics wie folgt definiert:

Slow Logistics bezeichnet die Gesamtheit der Denkprinzipien, Methoden und Verfahrensweisen zur Planung, Durchführung und Kontrolle logistischer Aktivitäten innerhalb einer Supply Chain unter expliziter Ausschöpfung zur Verfügung stehender Zeitpotentiale mit Inkaufnahme einer Verlangsamung der Logistikprozesse bei gleichzeitiger Verbesserung der Kosten- und Ökoeffizienz.

2.2 Aufgaben und Ziele der Slow Logistics

Das folgende Unterkapitel beschreibt die zentralen Aufgaben und Ziele des Konzepts Slow Logistics. Auf Basis der entwickelten Definition sowie den grundlegenden logistischen Prozessen und Abläufen werden zunächst die Aufgaben detailliert betrachtet, bevor anschließend die Strategien und Ziele im Fokus stehen.

2.2.1 Detaillierte Betrachtung der Aufgaben

Ganz allgemein lassen sich die grundsätzlichen Aufgaben der Logistik als „Gestaltung und Steuerung der logistischen Systeme und Prozesse“⁸⁹ zusammenfassen. Die Slow Logistics als spezifisches Konzept der Logistik orientiert sich ebenfalls an diesen übergeordneten Leitlinien, beschränkt sich dabei jedoch auf einen kleineren Teil. Die Aufgaben der Slow Logistics lassen sich zusammenfassen als (Um-)Gestaltung und Steuerung der logistischen Systeme und Prozesse hinsichtlich einer möglichen Verlangsamung zur Generierung von ökonomischen und ökologischen Effizienzsteigerungen. Die Gestaltung des Logistiksystems findet auf der strategischen Planungsebene statt. In diesem Rahmen sind vor allem die folgenden Aufgaben zu erledigen:⁹⁰

- Auswahl der anzupassenden Supply Chain (Institutionen, Ressourcen).
- Anpassung der Supply Chain (bzw. des Logistiksystems).
- Anpassung des Logistikservice (v. a. bezüglich der Lieferzeit).
- Anpassung der Informations- und Kommunikationssysteme.

⁸⁸ Vgl. Fleischmann (2008), S. 8.

⁸⁹ Fleischmann (2008), S. 9.

⁹⁰ Die grundlegenden Planungsaufgaben der Logistik (vgl. Fleischmann (2008), S. 9f.) werden an die speziellen Anforderungen der Slow Logistics angepasst.

Die Steuerung des Logistiksystems findet schließlich auf der operativen Planungsebene statt. Die originären operativen Aufgaben der Logistik, wie z. B. Auswahl der Transportmittel und -wege, müssen an den neuen Zieldimensionen der Slow Logistics ausgerichtet werden:

- Anpassung der Ablaufplanung des Güterflusses (Transportmittel, -wege, -men-gen)
- Anpassung allgemeiner Steuerungs- und Kontrollaufgaben.

Im Folgenden sollen die genannten Aufgaben der Slow Logistics auf strategischer und operativer Ebene kurz ausgeführt werden.

2.2.1.1 Strategische Aufgaben der Slow Logistics

Auswahl der anzupassenden Supply Chain. Die jeweilige Produktart bzw. die jeweiligen Produkteigenschaften sind ein zentrales Entscheidungsmerkmal im Rahmen der Slow Logistics. Bestimmte Produkte sind beispielsweise stark zeitabhängig aufgrund ihres schnellen Wertverlustes im Zeitverlauf oder dringenden Lieferterminen und somit tendenziell ungeeignet für eine Verlangsamung der logistischen Prozesse. Aus diesem Grund ist die erste und wichtigste Aufgabe der Slow Logistics die Identifikation der relevanten Produkte und der entsprechenden Zeitpotentiale. Zum einen müssen die Produkteigenschaften und die Kundenbedürfnisse die Möglichkeiten einer längeren Lieferzeit bieten, zum anderen müssen die Potentiale eines positiven Trade-Offs bezüglich der Logistikgesamtkosten in der jeweiligen Supply Chain vorhanden sein, damit eine Verlangsamung neben den ökologischen Vorteilen auch ökonomisch sinnvoll ist.⁹¹ Darüber hinaus ist eine ganzheitliche Analyse die Voraussetzung für die Generierung eines möglichst großen Nutzens der Logistik hinsichtlich der Unternehmensziele.⁹²

Anpassung der Supply Chain (bzw. des Logistiksystems). Im weiteren Verlauf der strategischen Planung gibt es mehrere Überschneidungen mit den traditionellen Logistikaufgaben. Je nach planerischem Handlungsfeld müssen die jeweiligen Leistungspotentiale für die spätere Verwendung generiert und aufgebaut werden. Allerdings sind dabei zusätzlich die ökologischen Effekte und die Auswirkungen auf die Gesamtlogistikkosten im Rahmen der zeitlichen Ablaufplanung zu berücksichtigen. Hinsichtlich der ökonomischen Effizienz ist eine ganzheitliche Betrachtung des logistischen Wertschöpfungsprozesses notwendig, um sicherzustellen, dass die lokalen Planungen einen entsprechenden Beitrag zum maximalen globalen Erfolg leisten. Neben diesen Interdependenzen gilt es, maßgebliche Rahmenbedingungen bei der Gestaltung des Logistikservices einzuhalten. Für die Integration der ökologischen Komponente ist es wichtig, die bedeutende Rolle der Logistik innerhalb der Supply Chain für die Erreichung der gesetzten Ziele zu betonen und zu kommunizieren.⁹³ Sowohl im eigenen Unternehmen als auch

⁹¹ Vgl. VIL (2010), S. 9.

⁹² Vgl. Ralston/Grawe/Daugherty (2013), S. 138.

⁹³ Vgl. Mollenkopf et al. (2010), S. 19 und Goldsby/Stank (2000), S. 189f.

bei den Partnerinstitutionen muss das Bewusstsein für den Einfluss der einzelnen Logistikaktivitäten auf den Erfolg der Supply Chain geschaffen werden. Die Autoren Enz (1988) sowie Zacharia und Mentzer (2004) identifizieren dadurch sogar eine positive Auswirkung auf die Leistungsbereitschaft.⁹⁴

Anpassung des Logistikservice (v. a. bezüglich der Lieferzeit). Die Ausgestaltung der Lieferzeit als zentrale Größe des Logistikservices wird durch technische, ökonomische und rechtliche Aspekte beschränkt. Pfohl (2004) spricht hier innerhalb der vorgegebenen Grenzen von einem Spielraum des Logistikservices.⁹⁵ Im Rahmen der strategischen Planung der Slow Logistics wird dieser sogenannte Spielraum zusätzlich vom ökologischen Aspekt begrenzt. Eine kurze Ausführung der vier Faktoren soll dem besseren Verständnis dienen.

Rechtlicher Aspekt. In einer Handelsbeziehung zwischen zwei Unternehmen müssen stets schuldrechtliche Verpflichtungen berücksichtigt werden.⁹⁶ Zusätzlich sind, je nach logistischer Aktivität, spezifische Regelungen und Vorschriften des Gesetzgebers zu beachten sowie terminliche Fristen einzuhalten. Das Konzept Slow Logistics beinhaltet im Allgemeinen keine weitere spezifische Gesetzesvorschrift. Jedoch können im Zusammenhang mit bestimmten eingesetzten Instrumenten und Methoden zusätzliche oder neue zu berücksichtigende Gesetze hinzukommen. Zum Beispiel müssen bei der Transportmitteländerung (Modal Shift) vom LKW zum Binnenschiff neue Verkehrsvorschriften beachtet werden.

Technischer Aspekt. Die physischen Produkteigenschaften sind der bei der Planung logistischer Systeme wichtigste zu beachtende technische Aspekt.⁹⁷ In Abhängigkeit der natürlichen Gütereigenschaften, wie Verderblichkeit, Stoß- oder Temperaturempfindlichkeit, sind die entsprechenden logistischen Mittel und Prozesse auszuwählen. Vor allem das erstgenannte Kriterium spielt bei der Auswahl der Supply Chains eine entscheidende Rolle. Ferner sind Größe, Gewicht und räumliche Abmessungen der Güter und Verpackungen wichtige Kriterien beim Einsatz von Methoden und Instrumenten der Slow Logistics.

Ökonomischer Aspekt. Die ökonomische Komponente ist die dritte Rahmenbedingung für die Gestaltung des Logistikservices.⁹⁸ Der Spielraum wird durch ein Mindestmaß an Servicequalität auf der einen Seite (Serviceminimum)⁹⁹ und durch die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Lieferservices auf der anderen Seite (Servicemaximum) begrenzt. Die letztendlich verfügbare Größe des Spielraums

⁹⁴ Vgl. Enz (1988), S. 285ff. und Zacharia/Mentzer (2004), S. 194.

⁹⁵ Vgl. für weitere Ausführungen zum Spielraum des Logistikservices: Pfohl (2004), S. 94ff.

⁹⁶ Vgl. Wilmowsky (2002), S. 6.

⁹⁷ Vgl. für den folgenden Absatz: Pfohl (2004), S. 94f.

⁹⁸ Vgl. Pfohl (2004), S. 95.

⁹⁹ Für den Absatz ist unabhängig von der Qualität und dem Preis ein Minimum an Serviceleistung notwendig. Vgl. dazu Daugherty/Stank/Ellinger (1998), S. 46.

hängt von der Differenzierbarkeit der Serviceleistungen ab.¹⁰⁰ Im Rahmen der Slow Logistics ist vor allem eine Gesamtkostenbetrachtung wichtig, um die Kostwirkungen der eingesetzten Instrumente ganzheitlich erfassen und bewerten zu können.

Ökologischer Aspekt. Eine zusätzliche Integration dieses Parameters in die Planungen des Logistikservices erhöht im Allgemeinen die Komplexität aufgrund der konträren Zielausrichtung gegenüber des ökonomischen Aspekts. Beim Slow Logistics Konzept hingegen verlaufen beide Planungsziele komplementär, da durch die Instrumente sowohl ökonomische als auch ökologische Verbesserungen erzielt werden. Eine stetige Überwachung der ökologischen Leistungsfähigkeit ist trotzdem unerlässlich.

Anpassung der Informations- und Kommunikationssysteme. Im strategischen Planungsbereich wird außerdem eine Basis für den Daten- und Informationsaustausch im operativen Geschäft gelegt. Von zentraler Bedeutung bei der Gestaltung der Informationsversorgung ist die begriffliche Festlegung der Ergebnisse der einzelnen Logistikaktivitäten.¹⁰¹ Eine schnelle und reibungslose Kommunikation ist ein entscheidender Faktor, um auch kurzfristig im Rahmen des Spielraums des Logistikservices agieren zu können.

2.2.1.2 Operative Aufgaben der Slow Logistics

Anpassung der Ablaufplanung des Güterflusses (Transportmittel, -wege, -mengen). Da Slow Logistics die verfügbaren Pufferzeiten durch die Verlangsamung der Prozesse (zum Großteil) ausschöpft, ist ein reibungsloser Ablauf für die Lieferzuverlässigkeit von großer Bedeutung. Erfolgskritisch hierfür ist besonders eine fortlaufende Kommunikation und stetiger Informationsaustausch zur Unterstützung des Güterflusses. So sind bei auftretenden Problemen kurz- und mittelfristige Anpassungen des logistischen Systems möglich, um den Lieferservicegrad aufrecht zu erhalten und die negativen ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einzudämmen.

Anpassung allgemeiner Steuerungs- und Kontrollaufgaben. Die Steuerung und Kontrolle des während der strategischen Planung generierten Leistungspotentials des logistischen Systems sind die zentralen operativen Aufgaben der Slow Logistics. Der Hauptunterschied zur klassischen Logistik liegt dabei im erhöhten Steuerungsaufwand aufgrund der zusätzlich zu berücksichtigenden ökologischen Dimension. Vor allem bei der Kontrolle sind weitere Kennzahlen und Messwerte zur Beurteilung der ökologischen Effizienz zu beachten. Des Weiteren erschweren mögliche Zielkonflikte zwischen ökonomischer und ökologischer Effizienz die Koordination der verschiedenen Teilaufgaben.¹⁰² Bei der Steuerung der logistischen Aktivitäten, inklusive der kurzfristigen Anpassungen, ist stets die

¹⁰⁰ Vgl. Pfohl (2004), S. 96.

¹⁰¹ Vgl. Weber (2012), S. 135.

¹⁰² Die Zielkonflikte werden im nächsten Gliederungspunkt ausführlich dargestellt.

ganzheitliche Perspektive einzunehmen, um die Interdependenzen der Veränderungen im Voraus zu erkennen.

2.2.2 Analyse der Ziele der Slow Logistics

Die Zielsetzungen der Slow Logistics werden in diesem Gliederungspunkt aus den allgemeinen Zielen einer Unternehmung sowie den spezifischen Zielen im Bereich der Logistik abgeleitet.

2.2.2.1 Allgemeines Zielsystem einer Unternehmung

Strategische Ziele. Analog zur Aufgaben- und Planungsstruktur lässt sich das Zielsystem eines Unternehmens hierarchisch untergliedern. Strategische Ziele bilden die übergeordnete langfristige Ausrichtung der Unternehmung ab. Häufig als Unternehmensziele bezeichnet, determinieren diese die grundlegenden Leistungskriterien als Sachziel und die entsprechenden Mittel und Wege, diese zu erreichen, als Formalziel.¹⁰³

Operative Ziele. Auf einer untergeordneten Ebene, im Aufgabenbereich der Prozesssteuerung, findet schließlich die Festlegung der operativen Ziele statt.¹⁰⁴ Aus den strategischen Zielvorgaben werden dabei jeweils, für die einzelnen Aktivitäten und Prozesse entsprechende, detaillierte Zielvorstellungen abgeleitet und ausformuliert. Bei der Definition der operativen Ziele ist es wichtig, die Wirkungszusammenhänge der einzelnen Prozesse im Unternehmen zu beachten. Durch die Interdependenzen einzelner Ziele impliziert die Verfolgung bzw. Erfüllung eines bestimmten Ziels die gleichzeitige Verfolgung bzw. Erfüllung eines (oder mehrerer) anderer. Unter der Voraussetzung, dass zufriedene Kunden zu langfristigen Kundenbeziehungen führen, die helfen ein stabiles Umsatzniveau zu erreichen und so die langfristige Wettbewerbsfähigkeit sichern, ist die Steigerung der Kundenzufriedenheit ein sinnvolles Ziel. Dies impliziert eine parallele Berücksichtigung bzw. Beobachtung des Kostenniveaus, welches den Preis und damit gleichfalls die Kundenzufriedenheit beeinflusst.¹⁰⁵

2.2.2.2 Spezifische Ziele im Bereich Logistik

Als Teil des unternehmerischen Wertschöpfungsprozesses orientieren sich ebenfalls die langfristigen Ziele der Logistik an diesen übergeordneten Unternehmenszielen und dem Betriebszweck.¹⁰⁶ Die Logistik kann dabei als Erfüllungsgehilfe zur Erreichung der Wettbewerbsstrategie, wie beispielsweise einer Kostenführerschaft, dienen, aber auch

¹⁰³ Vgl. Koch (2012), S. 19.

¹⁰⁴ Vgl. Koch (2012), S. 19.

¹⁰⁵ Vgl. Rhea/Shrock (1987), S. 35f.

¹⁰⁶ Vgl. Ehrmann (2008), S. 55.

ein eigenständiger Wettbewerbsvorteil sein.¹⁰⁷ Die Bedeutung der Logistik im Allgemeinen für den Erfolg des Unternehmens unterstreicht eine Studie von *Dehler* (1999).¹⁰⁸ Die Auswertung der Antworten bestätigt eine starke Abhängigkeit des wirtschaftlichen Erfolgs von der Logistikleistung sowie einen hohen Einfluss des Logistikerfolgs auf den Markterfolg.¹⁰⁹

Abgeleitet vom bereits zitierten klassischen Unternehmensziel, lässt sich das strategische Sachziel der Logistik als Gewährleistung der bedarfsgerechten Verfügbarkeit der Güter und der dadurch erfolgten Befriedigung der Kundenbedürfnisse beschreiben. Unter Hinzunahme der Anforderungen an die Logistik, die *Plowman* mit der bereits erwähnten „7-R-Regel“ („Seven Rights“) beschrieb, lässt sich der Begriff „bedarfsgerecht“ spezifizieren und ein Formalziel ableiten. Bedarfsgerechte Verfügbarkeit bedeutet, dass die richtige Ware, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge, mit der richtigen Qualität, beim richtigen Kunden ankommt. Die Erfüllung des Sachziels soll dabei unter dem Formalziel der Kosteneffizienz erfolgen („richtige Kosten“).

Um die Erreichung der logistischen Ziele in ausreichendem Maße beurteilen zu können, ist neben den reinen Logistikkosten ebenfalls die Serviceleistung der Logistik zu berücksichtigen.¹¹⁰ Mithilfe der Kennzahlen Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferflexibilität, Lieferqualität und Informationsfähigkeit findet die Bewertung des Logistikservices statt. Bei den Logistikkosten müssen Bestands-, Transport-, Lager- und Handlingskosten sowie Planungs-, Steuerungs- und Systemkosten berücksichtigt werden. Für die Formulierung der Logistikziele eines unternehmerischen Wertschöpfungs-systems sind somit zwei Dimensionen zu beachten. Während es sich im Rahmen der Logistikkosten nahezu ausschließlich um Minimierungsziele handelt, wird im Zusammenhang mit dem Logistikservice vorwiegend von Maximierungszielen gesprochen.

2.2.2.3 Spezifische Ziele der Slow Logistics

Die bedarfsgerechte Verfügbarkeit der Güter zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse zu gewährleisten, gilt auch für das Konzept Slow Logistics als strategisches Sachziel. Die originären Anforderungen an die Logistik müssen trotz der möglichen Umgestaltung logistischer Aktivitäten ebenfalls erfüllt werden. Der Unterschied liegt in der Beantwortung der Frage, wie die Verfügbarkeit der Güter gemäß den Kundenbedürfnissen sichergestellt wird, also im Formalziel. Wie die Definition der Slow Logistics aus Abschnitt 2.1.2 bereits aussagt, soll eine Steigerung der Ökoeffizienz bei gleichzeitiger Kosteneffizienz erreicht werden.

Das entscheidende Problem sind die zentralen Zielkonflikte zwischen Ökonomie und Ökologie.¹¹¹ Die Implementierung ökologischer Strategien verursacht im Allgemeinen

¹⁰⁷ Vgl. Weber (2012), S. 13 und Fawcett et al. (1993), S. 6.

¹⁰⁸ Vgl. Weber/Dehler (2000), S. 64f.

¹⁰⁹ Vgl. Weber (2012), S. 27.

¹¹⁰ Vgl. Koch (2012), S. 16.

¹¹¹ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Fleischmann (2008), S. 8f.

höhere Kosten und widerspricht damit dem Kostenminimierungsziel der Logistik. Eine Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang der Transport, bei dem eine parallele Verfolgung der Ziele möglich ist, da der wesentliche Kostentreiber gleichzeitig auch für die Schadstoffemissionen und den Ressourcenverbrauch verantwortlich zeichnet.¹¹² Corsten (2011) identifiziert die drei Grundstrategien Konsistenz, Effizienz und Suffizienz für die Verfolgung nachhaltiger Ziele.¹¹³ Grundsätzlich im Einklang mit der natürlichen Umwelt und damit ökologisch konsistent zu agieren, ist im Rahmen der Logistik aufgrund der beschriebenen Zielkonflikte schwierig umzusetzen, aber in Teilbereichen durchaus möglich (z. B. Biogasfahrzeuge). Die weit verbreitete Ökoeffizienz beschreibt die Maßnahmen, das Verhältnis aus dem generierten Nutzen und den verursachten Umweltschäden zu maximieren. Bei gleichbleibenden Nutzen sind entsprechend die Umweltschäden zu minimieren. Ein Beispiel im Rahmen der Transportlogistik ist das Prinzip der Sammeltouren. Eine Verringerung des Nutzenniveaus und die Akzeptanz dieser Veränderung ist hingegen eine Möglichkeit für eine suffiziente Strategie. Genügsame Kunden verzichten auf einen (zusätzlichen) Teil ihrer Bedürfnisbefriedigung. Das Konzept Slow Logistics findet sich in den letzten beiden Strategien wieder. Auf der einen Seite besteht die Gefahr, dass eine Verlangsamung der Logistikprozesse die Logistikleistung, hier vor allem die Lieferzeit, negativ beeinflusst und die Kunden in Zusammenhang mit der Lieferzeit ein suffizientes Verhalten zeigen müssen. Gelingt es jedoch auf der anderen Seite, in erster Linie durch eine Verbesserung der Liefertreue, das Nutzen- und Leistungsniveau stabil zu halten, lässt sich das Konzept besser der Ökoeffizienz zuordnen.

2.3 Abgrenzungen zu weiteren Logistikkonzepten

Das in der entwickelten Definition integrierte Ziel, ökologische Verbesserungen zu erreichen, deutet eine Schnittmenge zu weiteren aktuellen Forschungsfeldern im Bereich nachhaltigen Wirtschaftens an. Zu nennen sind hier vor allem die Begriffe der Nachhaltigen und Grünen Logistik.¹¹⁴ Eine kurze Betrachtung der beiden Konzepte soll im Folgenden sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zur Slow Logistics aufzeigen, um anschließend notwendige Abgrenzungen vornehmen zu können.

Eine Trennung zwischen den Begriffen der Grünen und der Nachhaltigen Logistik ist schwierig vorzunehmen, da sich für beide Konzepte bisher keine einheitliche Definition in der Literatur durchsetzen konnte. Dem synonymen Verständnis beider Begriffe von einigen Autoren wird in dieser Arbeit nicht gefolgt, sondern eine klare Abgrenzung zwischen den Konzepten vollzogen.

¹¹² Für eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Konfliktpotential vgl. z. B. Bretzke/Barkawi (2012), S. 434ff.

¹¹³ Vgl. für folgenden Absatz: Corsten (2011), S. 136.

¹¹⁴ Bzw. die englischen Begriffe Green Logistics und Sustainable Logistics.

2.3.1 Nachhaltige Logistik

Nachhaltigkeit wird auf Basis des Brundtland-Berichtes meistens mit dem Begriff der Generationengerechtigkeit in Verbindung gebracht.¹¹⁵ Die Bedürfnisse der Gegenwart sollen ohne Beeinträchtigung der zukünftigen Generationen erfüllt werden. Die substanzerhaltende Nutzung der Ressourcen bei der Verfolgung ökologischer, sozialer und ökonomischer Interessen in gleichem Maße ist das Grundprinzip einer nachhaltigen Logistik.¹¹⁶ Neben der bekannten ökonomischen Dimension stehen Umweltschutz und bessere Arbeitsbedingungen ebenfalls im Fokus des logistischen Zielsystems. Eine praxisorientierte Präzisierung der drei Zielkomponenten bieten beispielsweise *George und Ströhm* (2010): „Eine nachhaltige Logistik zeichnet sich durch nachhaltige Transportmittel, optimierte Logistiknetzwerke – inkl. einer Rückführungslogistik – und soziale Arbeitsbedingungen für Spediteure aus.“¹¹⁷

Einige Autoren verzichten bei der Betrachtung der Nachhaltigen Logistik jedoch speziell auf die Integration der sozialen Komponente, da die Zielkonflikte aufgrund der Interdependenzen der drei Dimensionen ihrer Meinung nach kaum lösbar sind. Dieses nur auf die Ökonomie und Ökologie beschränkte Verständnis der Nachhaltigen Logistik erschwert die Abgrenzung zum Themengebiet der Grünen Logistik.

Eine ganz andere Herangehensweise präsentieren *Bretzke und Barkawi* (2012), indem sie statt der sozialen Dimension die Mobilität im Verkehrssektor als dritte Säule der Nachhaltigkeit betrachten.¹¹⁸ Die schwierige logische Verknüpfung der Gedanken einer „sozialen Verteilungsgerechtigkeit“ mit den Aufgaben und Zielen der Logistik auf der einen Seite sowie die kaum lösbaren Zielkonflikte der ursprünglichen drei Dimensionen auf der anderen Seite führte die beiden Autoren zu ihrem neuen Ansatz.¹¹⁹ Unter Mobilität ist im Zusammenhang mit der Nachhaltigen Logistik vor allem die Fließfähigkeit des Güterverkehrs zu verstehen.¹²⁰ Die beiden Autoren begründen die Wahl dieser neuen Dimension mit der hohen Bedeutung der Mobilität für die Gesellschaft, die Ökologie und den Wirtschaftssektor. So bremsen Mobilitätskrisen das Wirtschaftswachstum, Verkehrsstaus schädigen die Umwelt und die Kapazität der Infrastruktur stärkt die Standortattraktivität des Wirtschaftssektors.

Obwohl die soziale Dimension im Rahmen der Nachhaltigen Logistik nicht komplett ausgeschlossen werden sollte, ist die Fokussierung auf die Mobilität als eine der drei Hauptaspekte im Zusammenhang mit logistischen Systemen nachvollziehbar und sinnvoll. Auch die Zielvorstellungen im Rahmen der Slow Logistics Konzepte allgemein und

¹¹⁵ Vgl. für diesen und folgenden Satz: WCED (1987), S. 43.

¹¹⁶ Vgl. Straube et al. (2013), S. 7. Die Grundlage zu diesem klassischen Drei-Säulen-Modell (Ökonomie, Ökologie und Soziales) liefert Elkington (1998).

¹¹⁷ *George/Ströhm* (2010), S. 253.

¹¹⁸ Vgl. *Bretzke/Barkawi* (2012), S. 31.

¹¹⁹ Vgl. *Bretzke/Barkawi* (2012), S. 28–31. Ergänzend zu den Zielkonflikten der Dimensionen vgl. *Gößling-Reisemann* (2008), S. 267f.

¹²⁰ Vgl. für diesen und folgende Sätze: *Bretzke/Barkawi* (2012), S. 32.

speziell bei der im weiteren Verlauf der Arbeit behandelten Sendungsbündelung lassen sich gut mit den Handlungsfeldern der Nachhaltigen Logistik verknüpfen. In den weiteren Ausführungen folgt diese Arbeit deshalb dem neuen Ansatz von *Bretzke und Barkawi* (2012) und berücksichtigt im Rahmen der Nachhaltigen Logistik die Gleichstellung der drei Zieldimensionen Ökonomie, Ökologie und Mobilität.¹²¹

2.3.2 Grüne Logistik

Die bereits erwähnte schwierige Abgrenzung der Themengebiete bzw. das häufig synonyme Verständnis Nachhaltiger und Grüner Logistik spiegelt sich ebenfalls in einem kurzen Überblick über drei charakteristische Begriffsbestimmungen zur Grünen Logistik aus der Wissenschaft und Unternehmenspraxis wider (vgl. auch Tab. 4 auf der folgenden Seite). *Sbihi und Eglese* (2007) heben bei ihrer Definition der Grünen Logistik die zusätzliche Integration ökologischer und sozialer Aspekte hervor und nehmen durch die Hinzunahme letzterer Dimension keine Trennung zur Nachhaltigen Logistik vor. Die zweite Definition hingegen, aus einer praxisorientierte Studie, konzentriert sich auf die zusätzliche ökologische Dimension und präzisiert dabei mit „CO₂-Ausstoss reduzieren“, „Auslastungsoptimierung, Bündelung und Tourenoptimierung“ oder „Nutzung von Geothermie im Lager“ alternative Umsetzungsmöglichkeiten der Grünen Logistik.¹²² Das Problem dieser spezifischen Betrachtungsweise ist, dass bestimmte Teilgebiete durch die fehlende explizite Aufzählung von der Definition ausgeschlossen werden. Den allgemeinen Beschreibungen hingegen fehlt in einigen Fällen die Präzision, das Themengebiet eindeutig zu charakterisieren und abzugrenzen.

Çetinkaya (2011) findet mit seiner Definition einen Mittelweg und schafft es, das Feld der Grünen Logistik eindeutiger abzugrenzen als *Sbihi und Eglese* (2007), ohne spezifische Implementierungsmöglichkeiten zu nennen. Die nachhaltige Betrachtungsweise der Logistik reduziert er dabei auf die ökologische Perspektive. Diese Arbeit folgt deshalb im weiteren Verlauf dem Verständnis der Grünen Logistik von *Çetinkaya*.

¹²¹ Die exakten Bezeichnungen der drei Dimensionen bei *Bretzke/Barkawi* (2012) sind Wirtschaftlichkeit/Wohlstand, intakte Umwelt und Mobilität. Die vorliegende Arbeit verwendet für die ersten beiden Dimensionen im Folgenden jedoch die Begriffe Ökonomie und Ökologie.

¹²² Die Studie wurde durchgeführt vom Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL). Die in der Tabelle beschriebene Definition entstand aus den drei Teilen a, b und c, die den Befragten jeweils als „Grüne Logistik“-Definition zur Zustimmung bzw. Ablehnung vorgelegt wurden. Alle drei Teile fanden mit deutlichen Mehrheit den Zuspruch der Studienteilnehmer. Am besten schnitt Definitionspart a ab (vgl. *Lohre/Herschlein* (2010), S. 4ff.).

Autor(en) / Autorengruppe	Jahr	Definition
Sbihi, A.; Eglese, R. W.	2007	"Green Logistics is concerned with producing and distributing goods in a sustainable way, taking account of environmental and social factors. Thus the objectives are not only concerned with the economic impact of logistics policies on the organization carrying them out, but also with the wider effects on society, such as the effects of pollution on the environment. Green Logistics activities include measuring the environmental impact of different distribution strategies, reducing the energy usage in logistics activities, reducing waste and managing its treatment." ¹²³
Studie der Hochschule Heilbronn, INVL	2010	„a) „Grüne Logistik“ umfasst alle Maßnahmen zur Auslastungsoptimierung, Bündelung und Tourenoptimierung, um so Verkehr und verkehrsbedingte Emissionen zu reduzieren (CO ₂ Ausstoss/ Carbon Footprint) b) „Grüne Logistik“ umfasst zusätzlich zu a) weitere Maßnahmen zur Vermeidung verkehrsbedingter und stationärer Umweltbelastungen der Logistik, wie z.B. die Nutzung von Geothermie im Lager oder eine gezielte Veränderung des Modal Split c) „Grüne Logistik“ bezeichnet die bewusste Gestaltung umweltfreundlicher Logistikprodukte, die für Kunden im Vergleich zu klassischen Logistikprodukten einen umweltrelevanten Mehrwert bieten.“ ¹²⁴
Çetinkaya, B.	2011	„Ökologisch nachhaltige Logistik ("Grüne Logistik") ist die kollaborative und ganzheitliche Transformation und Erweiterung von Logistik-Visionen, -Strategien, -Netzwerkstrukturen, -Prozessen und -Systemen in Unternehmen und Unternehmensnetzwerken zur Sicherung des/r Ressourcennachschubs/-regeneration der Supply Chain und zur Schaffung umweltgerechter und ressourceneffizienter Logistikaktivitäten.“ ¹²⁵

Tab. 4: Definitionen der Grünen Logistik

Kersten, Brockhaus und Berlin (2011) erweitern die bestehenden Ansätze der Grünen Logistik, indem sie mit der Definition der „Grünere Logistik“ eine zusätzliche Spezifikation einfügen.¹²⁶ Das Problem, ein absolutes Maß für Nachhaltigkeit bzw. die für die Definition von Grüner Logistik häufig zitierte Ökoeffizienz¹²⁷ zu finden oder zu bestimmen, umgehen sie mit einer relativen Begriffsauffassung. In Verbindung mit der Definition von Çetinkaya (2011), umfasst die „Grünere“ Logistik damit alle Logistik-Visionen,

¹²³ Sbihi/Eglese (2007), S. 99.

¹²⁴ Lohre/Herschlein (2010), S. 4.

¹²⁵ Çetinkaya (2011).

¹²⁶ Vgl. Kersten/Brockhaus/Berlin (2011), S. 58.

¹²⁷ Das World Business Council for Sustainable Development definiert Ökoeffizienz als Verhältnis des Produkt- bzw. Dienstleistungswertes zur Umweltbeeinträchtigung.

-Strategien, -Netzwerkstrukturen, -Prozesse und -Strukturen, die zu einer Steigerung der Ökoeffizienz der Logistikaktivitäten beitragen.

2.3.3 Abgrenzung der Slow Logistics von Grüner Logistik und Nachhaltiger Logistik

Ein Vergleich der Konzepte Grüne Logistik, Nachhaltige Logistik und Slow Logistics zeigt einige aufgabenbezogene Gemeinsamkeiten und einige Unterschiede im Grad der Spezifizierung und der Ausprägung der Zieldimensionen. Die Zusammenhänge und Abgrenzungen der Alternativen lassen sich auf verschiedene Arten abbilden. Werden die einzelnen Konzepte als Mengen interpretiert, denen Elemente, wie z. B. die unterschiedlichen Strategien, Maßnahmen und Verfahren der Logistik, zugeordnet sind, ergibt sich das folgende Bild mit Teilmengen und Schnittmengen (vgl. Abb. 3).

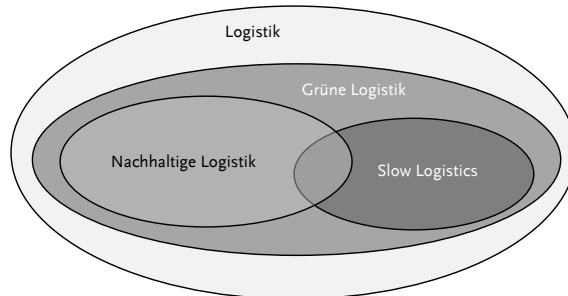


Abb. 3: Mengenlehrebezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte¹²⁸

Jede durchgeführte Strategie oder Maßnahme im Rahmen der Konzepte Grüne Logistik, Nachhaltige Logistik und Slow Logistics ist grundsätzlich ein logistisches Vorgehen, weshalb die drei Alternativen als Teilmengen innerhalb der Logistik eingeordnet sind. Da Slow Logistics und Nachhaltige Logistik jeweils die ökologische Perspektive mit berücksichtigen, sind diese Teilmengen innerhalb der Grünen Logistik dargestellt. Einige Verfahren, wie z. B. die Sendungsbündelung, lassen sich sowohl der Nachhaltigen Logistik als auch der Slow Logistics zuordnen. Dementsprechend existiert eine Schnittmenge der beiden Konzepte.

Die grundlegenden Aufgaben und zentralen Forderungen der Logistik bleiben jeweils in den einzelnen Konzepten bestehen. Durch die Berücksichtigung zusätzlicher Zieldimensionen erweitern sich jedoch innerhalb der Konzepte die Forderungen und es entstehen neue Aufgaben. Während eine stärkere Fokussierung auf die ökologische Ausrichtung der Logistik eine übereinstimmende neue Komponente der Alternativen ist,

¹²⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

nimmt das Aufgabenspektrum ausgehend von der Grünen Logistik über die Slow Logistics hin zur Nachhaltigen Logistik zu. Die Kernaufgaben der Logistik werden von Konzept zu Konzept weiter ergänzt, wie die folgende Abbildung 4 anschaulich darstellt.

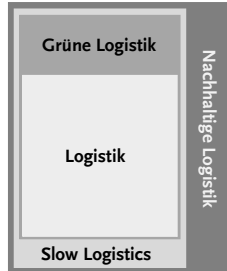


Abb. 4: Aufgabenbezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte¹²⁹

Die Grüne Logistik schränkt die gleichmäßige trianguläre Perspektive der Nachhaltigen Logistik auf die beiden Dimensionen ökologisch und ökonomisch ein. Slow Logistics befasst sich, wie z. B. auch die Grünere Logistik, mit den Möglichkeiten der Ökoeffizienzsteigerung, schränkt zusätzlich aber noch die Art und Weise ein, wie diese Verbesserungen zu erreichen sind. Das Mittel ist in diesen Fällen speziell die Ausschöpfung der Zeitpotentiale innerhalb der logistischen Prozesse und Aktivitäten.

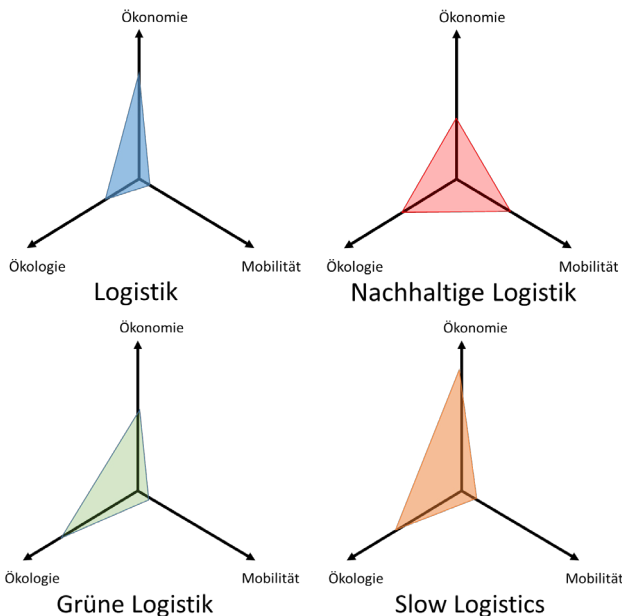


Abb. 5: Zielbezogene Abgrenzung verschiedener Logistikkonzepte¹³⁰

¹²⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

¹³⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Eine Darstellung der unterschiedlichen Zielausprägungen der Konzepte bezüglich der drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Mobilität ermöglicht eine klare Abgrenzung (Abb. 5).¹³¹ Die Logistik im Allgemeinen verfolgt in erster Linie ökonomische Ziele. Ökologische und mobilitätsorientierte Ziele hingegen werden eher vernachlässigt. Während die Nachhaltige Logistik alle drei Zieldimensionen in gleichem Maße beachtet, fokussiert die Grüne Logistik speziell auf ökologische und ökonomische Ziele. In beiden Fällen ist eine Steigerung der anderen Dimensionen mit einer Verringerung der ökonomischen Effizienz verbunden. Die Besonderheit der Slow Logistics ist die Verbesserung der ökonomischen Effizienz bei gleichzeitiger Steigerung der ökologischen Ausprägung.

2.4 Instrumente der Slow Logistics

Das Ziel des Kapitels ist es, zunächst die wichtigsten inhaltlichen Charakteristiken der eingesetzten Methoden und Instrumente innerhalb des Slow Logistics Konzepts aufzuzeigen. Nach dem kurzen Überblick werden die Zusammenhänge und Verbindungen der Instrumente untereinander hervorgehoben. Die anschließende Identifikation der Sendungsbündelung als zentrales und bedeutendes Kernelement der Slow Logistics erfolgt argumentativ auf Basis der wissenschaftlichen und praxisorientierten Erkenntnisse.

2.4.1 Kurzvorstellung der Methoden und Instrumente der Slow Logistics

Aus der vorhandenen Literatur, den dokumentierten Erfahrungen von Beratungsunternehmen sowie den bereits bekannten und durchgeführten Projekten in der Unternehmenspraxis lassen sich sieben verschiedene Instrumente identifizieren, mit deren Hilfe sich eine Entschleunigung in der Logistik eines Wertschöpfungs-systems implementieren lässt.¹³²

1. Güter- und Sendungsbündelung
2. Transportmittelveränderung (Modal Shift)
3. Zusätzliche dezentrale Lagerhaltung
4. Produktionspostponement
5. Vendor Managed Inventory (VMI)
6. Interne Prozessablaufoptimierung
7. Slow Steaming

¹³¹ Eine Darstellung mit dem traditionellen „Drei-Säulen-Modell“ der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) ergäbe ein sehr ähnliches Bild, da die dritte Dimension (Soziales bzw. hier Mobilität) in erster Linie bei den Zielen der Nachhaltigen Logistik berücksichtigt wird.

¹³² Vgl. dazu auch VIL (2010), S. 11ff.

Die *VIL-Studie* (2010) listet darüber hinaus die „Nachhaltigkeitsverbesserung innerhalb der Supply Chain“ auf, erläutert in der detaillierten Betrachtung jedoch nur die zusätzlich auftretenden ökologischen Effekte bei der Verlangsamung der logistischen Prozesse durch eine Implementierung der Sendungsbündelung oder der Transportmitteländerung.¹³³ Es stellt in diesem Sinne also kein eigenes Instrument dar, sondern fasst lediglich die ökologischen Auswirkungen zusammen. Dies erklärt den Verzicht auf die Aufnahme der Nachhaltigkeitsverbesserung als Instrument in die vorausstehende Liste. Neu hinzugefügt wird dafür „Slow Steaming“. Obwohl keine explizite Darstellung hierzu in der Logistikstudie erfolgte, ist die Aufnahme des Instruments sinnvoll, da es zum einen die Definitionskriterien der Slow Logistics erfüllt und sich zum anderen in der Hochseeschifffahrt als bedeutende Strategie etabliert hat.

Güter- und Sendungsbündelung. Die Güter- und Sendungsbündelung als erstes Instrument soll vor allem die Kapazitätsauslastung der Transporte verbessern und den Handlingsaufwand in den Aufgabenbereichen der Verpackung, Kommissionierung, Be- und Entladung sowie Warenannahme reduzieren.¹³⁴ Ferner ist auf diese Weise ebenfalls eine Einsparung von Transportrouten möglich. Aufgrund der so sinkenden Transportanzahl und der dadurch erfolgten Reduzierung von Schadstoff-emissionen, Benzinverbrauch und Transportkosten werden sowohl ökologische als auch ökonomische Zielvorgaben erreicht. Die Generierung der möglichen Bündelungspotentiale, d. h. eine ausreichende Menge an Gütern zu einem bestimmten Transportzeitpunkt, entsteht durch die bewusste Ausschöpfung der Lieferzeitpotentiale ausgewählter Güter. Das Auflockern des entsprechenden Termindrucks bei der Auslieferung soll zudem ein qualitativ hochwertiges Arbeiten ermöglichen.

Es gibt zahlreiche Beispiele für erfolgreiche Umsetzungen der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis. Die Aktualität und Bedeutung dieses Konzepts unterstreicht am besten der Einsatz der Sendungsbündelung durch das Handelsunternehmen *Lekkerland*, das damit den Deutschen Logistikpreis 2013 der *Bundesvereinigung Logistik (BVL)* gewonnen hat.¹³⁵ Statt mehrere einzelne Transporte sendet das Unternehmen nun nur noch einen gebündelten Transport pro Auftrag. Die Voraussetzung dafür war die Entwicklung von Mehrkammer-LKW mit flexiblen Einsatzwänden, sodass sogar Tiefkühlprodukte und frische Waren als Bündel zusammengefasst werden können. Der internationale Großkonzern *Nike* setzt ebenfalls das Konzept der Sendungsbündelung ein.¹³⁶ Im Anschluss an eine Kundensegmentierung nach den beiden relativen Merkmalen Größe und Umsatz entwickelt *Nike* für jedes Segment spezifische Logistiksysteme. Eine

¹³³ Vgl. VIL (2010), S. 13.

¹³⁴ Asdecker (2011) führt einen geringeren administrativen Aufwand und weniger Verpackungsentsorgung an (S. 56). Fuchs (2014) zeigt in zwei Fallstudien die potentielle Einsparung von Verpackungen und die Reduzierung der Teilprozesse beim Verpacken (S. 17).

¹³⁵ Vgl. für diesen und folgende Sätze: Lekkerland (2013).

¹³⁶ Vgl. bis zum Ende des Absatzes: VIL (2010), S. 17ff.

Kundengruppe, die 70 % aller Kunden von *Nike* beinhaltet, aber nur für 10 % des gesamten Umsatzes verantwortlich ist, wird mit einer Push-Strategie beliefert. Das bedeutet, *Nike* entscheidet, wann diese Unternehmen beliefert werden, und hat dadurch die Möglichkeit, die Auslieferungsprozesse zu optimieren, indem beispielsweise das Konzept der Sendungsbündelung genutzt wird. Die Grundlage für eine Implementierung der Sendungsbündelung und weiterer Slow Logistics Instrumente bei *Nike* war die Favorisierung der Liefertreue gegenüber der Liefergeschwindigkeit von einem Großteil der Kunden.

Transportmitteländerung (Modal Shift). Ein zweites mögliches Instrument ist die Transportmitteländerung, ein sogenannter Modal Shift. Das auch unter dem Begriff Verkehrsverlagerung bekannte Konzept beschreibt den Umstieg von einem Transportmittel zu einem anderen aus ökonomischen und/oder ökologischen Aspekten.¹³⁷ Gerade aus der letztgenannten Perspektive ist es ein häufig diskutierter Ansatzpunkt in logistischen Systemen. Damit dieses Konzept ebenfalls im Rahmen der Slow Logistics seine Gültigkeit besitzt, ist es entscheidend, dass die Veränderung in Richtung eines langsameren Transportmittels geschieht, beispielsweise also ein Wechsel vom LKW zum Binnenschiff.¹³⁸ Die Voraussetzungen sind auch hier entsprechende Zeitpotentiale innerhalb der produktorientierten Supply Chains, um die Lieferzeiten zu verlängern und mehrere Güterströme zu bündeln. Die entstehenden größeren Transportmengen ermöglichen bessere Kapazitätsauslastungen der Transportmittel und reduzieren die ökonomischen sowie ökologischen Belastungen auf Basis des einzelnen Gutes. Teure Transporte, mit dem Risiko die Liefertreue zu beeinträchtigen, werden durch günstigere Transporte mit einer höheren Liefertreue ersetzt. Hinzu kommt die Verschiebung der Lagerbestandskosten aus den Fertigwarenlagern auf die Straße.

Das Unternehmen *Colruyt* nutzt das Konzept Slow Logistics, um unter anderem den Transport zwischen dem Produktionsstandort in Porto (Portugal) und dem Distributionszentrum in Gellingen (Belgien) zu verbessern.¹³⁹ Statt LKW-Transporte setzt *Colruyt* hier nun den Kurzstreckenseeverkehr ein. Die Verlängerung der Lieferzeit nimmt das Unternehmen bewusst in Kauf, da durch die mögliche Bündelung des Güterstroms, neben der Senkung der Logistikgesamtkosten um 5 %, auch die eigene CO₂-Bilanz verbessert wird.

Das Unternehmen *Atlas Copco* implementierte ebenfalls über die Transportmitteländerung das Konzept Slow Logistics in ihrem Wertschöpfungsnetzwerk.¹⁴⁰ Die Liefertreue der Ausgangstransporte hatte einen höheren Stellenwert als deren Geschwindigkeit. Aus diesem Grund nutzte das Unternehmen dann den Binnenschiffverkehr als

¹³⁷ Vgl. für diesen und folgenden Satz sowie für eine ausführliche Diskussion des Konzepts Modal Shift aus ökologischer und nachhaltiger Sicht z. B. Souren (2012), S. 141–144, Bretzke/Barkawi (2012), S. 214–222.

¹³⁸ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 11f.

¹³⁹ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 20ff.

¹⁴⁰ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 25ff.

Alternative zum LKW, um die Strecke vom Werk bis zum Hafen in Antwerpen zurückzulegen. Zusätzlich veränderte *Atlas Copco* das Transportmittel für die Überseefracht. Der Hochseeschiffsverkehr in Verbindung mit einem neuen Zwischenlager ersetzte die teuren Transporte mit dem Flugzeug. Durch die Konzentration auf die Lieferzuverlässigkeit wurden gleichzeitig die Flexibilität erhöht und die Logistikkosten gesenkt.

Zusätzliches dezentrales Lager. Ein zusätzliches dezentrales Fertigwarenlager in der Nähe der Kunden bzw. des Absatzmarktes lässt sich aufgrund der relevanten Merkmale ebenfalls dem Konzept der Slow Logistics zuordnen.¹⁴¹ Durch die Unterbrechung des direkten Transportwegs zum Kunden eröffnen sich wegen der Verlängerung der Lieferzeit die Gelegenheiten für höhere Flexibilität und Lieferzuverlässigkeit. Das grundlegende Ziel ist hier die Verbesserung der ineffizienten letzten Meile. Trotz der zusätzlich entstehenden fixen Lagerkosten durch die Errichtung eines neuen Lagers, erfolgt eine Reduzierung der Gesamtlogistikkosten aufgrund des nun möglichen Einsatzes weiterer hilfreicher Methoden. In Verbindung mit Bündelungsstrategien und Transportmittelveränderungen sinken die Kosten und steigt die Effizienz des logistischen Systems. Im Rahmen des Forschungsfeldes City Logistics werden derartige Kombinationen aus dezentralen stadtnahen Distributionslagern, gebündelten Anlieferungen und Modal Shifts bei den Auslieferungen in das Stadtgebiet ausführlich diskutiert.¹⁴²

Das Beispiel von *Atlas Copco* zeigt, dass in der Unternehmenspraxis mehrere Slow Logistics Instrumente kombiniert eingesetzt werden können.¹⁴³ Neben der bereits beschriebenen Transportmittelveränderung setzte das Unternehmen auch ein neues Fertigwarenlager in Übersee bei den Kunden ein, um die Lieferzuverlässigkeit und Flexibilität zu erhöhen.

Rolls-Royce installierte ebenfalls eine zusätzliche Zwischenstation innerhalb des Versandstroms.¹⁴⁴ Der Fokus lag dabei jedoch nicht auf der Lagerung, sondern der Bündelung der Fertigwaren. Die Voraussetzung für eine sinnvolle Bündelung, nämlich eine entsprechend große Menge an Sendungen, wurde wiederum durch die Verlängerung einzelner Lieferzeiten erreicht.

Produktionspostponement. Die auch unter dem Begriff der Aufschubstrategie bekannte Postponement-Strategie beschreibt allgemein das Hinauszögern einer Entscheidung in Produktions- und Logistikprozessen zur Verbesserung der Informationsgrundlage.¹⁴⁵ Das betroffene Produkt wird innerhalb des Wertschöpfungs-systems möglichst lange in einem neutralen Zustand gehalten, um die Spezifizierung bzw. die individuelle Zuordnung zu Kunden oder Teilmärkten (=Kundenentkopplungspunkt) aufzuschieben. Ohne den Zeitdruck in Wertschöpfungsprozessen kann die Implementierung einer Produktionspostponement-Strategie die jeweiligen positiven Eigenschaften von kosteneffizienten

¹⁴¹ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 12.

¹⁴² Vgl. u. a. Kaupp (1997), S. 27ff., Crainic et al. (2009), S. 2ff., Taniguchi/Van Der Heijden (2000), S. 70ff.

¹⁴³ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 25ff.

¹⁴⁴ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 28ff.

¹⁴⁵ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Pfohl (2004), S. 122ff.

und agilen Supply Chains kombinieren.¹⁴⁶ Bis zum Kundenentkopplungspunkt ist die Supply Chain kosteneffizient orientiert, anschließend werden die Vorteile einer agilen Struktur genutzt. Die höheren Aufwendungen im Bereich der kundenorientierten Agilität werden durch die generierten Kostenersparnisse aufgrund der Größendegressionseffekte überkompensiert, sodass die Logistikgesamtkosten reduziert werden können. Die zusätzlichen Verbesserungen der Flexibilität und der Lieferzuverlässigkeit wirken sich positiv auf die Kundenbeziehungen aus.

Vendor Managed Inventory (VMI). Ein weiteres bekanntes Instrument des Supply Chain Managements, das sich unter bestimmten Rahmenbedingungen der Slow Logistics zuordnen lässt, ist das Vendor Managed Inventory (kurz: VMI). Dieses Konzept ist eine Möglichkeit des Logistik-Outsourcings, bei dem das Bestandsmanagement des Wareneingangslagers durch den Lieferanten erfolgt.¹⁴⁷ Im Allgemeinen trägt der Lieferant dann innerhalb eines vordefinierten Reichweitenkorridors des Bestands die eigenständige Verantwortung für die Planung und Steuerung des Nachschubs. Er erhält dadurch bessere Bedarfsinformationen und hat einen größeren Spielraum bei der Produktions- und Transportplanung. Vor allem letzteres ist entscheidend im Zusammenhang mit dem Slow Logistics Konzept.¹⁴⁸ Die Umstellung von einer Pull-orientierten zu einer Push-orientierten Nachfüllmethode erlaubt es dem Lieferanten, die Bestandsplanungen und damit seine Lieferpläne hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Aspekte zu verbessern.¹⁴⁹ In den so optimierten¹⁵⁰ Lieferplänen, die häufig eine geringere Lieferfrequenz aufweisen, sind weitere Instrumente, wie beispielsweise Sendungsbündelung oder Modal Shift, implementiert.

In der Unternehmenspraxis muss für das Ausnutzen der VMI-Vorteile nicht unbedingt ein komplettes Lager beim Kunden errichtet werden. Die grundlegende Idee eines lieferantengesteuerten Bestandsmanagements lässt sich bereits mit dem Übergang von einer Pull- zu einer Push-Strategie realisieren. Diese Möglichkeit nutzen zum Beispiel die Unternehmen *Jumbo Supermarkets* und *Nike*.¹⁵¹ *Jumbo Supermarkets* verlangsamte die Transportprozesse zur Generierung von Synchronisierungsoptionen und eröffnete den Lieferanten dadurch die Möglichkeit, auf eine Pull-Steuerung zu wechseln und selbst zu entscheiden, wann der Transport stattfindet.¹⁵² Die durch die Lieferanten erzielten Einsparungen können im Sinne des Supply Chain Managements als Kompensationszahlungen für die längeren Lieferzeiten geteilt werden.¹⁵³

¹⁴⁶ Vgl. für diesen und folgende Sätze: VIL (2010), S. 12.

¹⁴⁷ Vgl. für diesen und folgende Sätze: Bretzke/Barkawi (2012), S. 271f.

¹⁴⁸ Vgl. für folgenden Absatz: VIL (2010), S. 13.

¹⁴⁹ Vgl. für diesen und folgenden Satz: VIL (2010), S. 12f.

¹⁵⁰ Optimierung bedeutet hier die Minimierung der ökonomischen (Kosten) und ökologischen Auswirkungen.

¹⁵¹ Für Nike ist die Umsetzung dieser Idee bereits unter dem Punkt der Güter- und Sendungsbündelung erläutert.

¹⁵² Vgl. bis zum Ende des Absatzes: VIL (2010), S. 30ff.

¹⁵³ Zur Problematik von Kompensationszahlungen siehe z. B. Sucky (2004).

Interne Prozessoptimierungen. Unter der Berücksichtigung zusätzlich zur Verfügung stehender Zeitpotentiale durch die Verlangsamung der logistischen Prozesse lassen sich weitere interne Prozessabläufe innerhalb der Unternehmung umstrukturieren und verbessern.¹⁵⁴ Ein geringerer Zeitdruck im Wertschöpfungsprozess kann die Genauigkeit bei Produktions- und Kontrollprozessen fördern und damit einen positiven Einfluss auf die Qualität haben.

Das Beispiel des Unternehmens *Colruyt* zeigt, dass die Optimierungen der Transportprozesse mithilfe des Slow Logistics Konzepts auch intern erfolgen können. In diesem Fall ist es die bereits beschriebene Transportmitteländerung bei der Lieferung zwischen zwei verschiedenen Unternehmensstandorten.

Slow Steaming. Das bereits in der Einleitung erwähnte Instrument beschreibt die Drosselung der Transportgeschwindigkeit bei Containerschiffen. Durch die geringere durchschnittliche Transportgeschwindigkeit verlängert sich zwar die Lieferzeit, aber die positiven Effekte der gleichzeitigen Kosten- und Emissionsreduzierung kompensieren diesen Nachteil über. Diese in der Hochseeschifffahrt erfolgreich eingesetzte Methode eignet sich auch für den Straßentransport. Ein LKW, der mit durchgängig reduzierter Geschwindigkeit transportiert, verbraucht weniger Benzin. Dies spart Geld und schont die Umwelt. In der Hochseeschifffahrt führte der große Erfolg dieser Methode schon zur Entwicklung und zum Bau neuer Containerschiffe, die durch eine Verringerung der Antriebsmaschinengröße mehr Kapazitäten für Container anbieten.¹⁵⁵

Seit dem Jahr 2009 setzt *Maersk* standardmäßig Slow Steaming im operativen Geschäft der Containerschifffahrt ein. Eine Reduzierung der durchschnittlichen Schiffsgeschwindigkeit auf die Hälfte führt zu deutlichen Ersparnissen aufgrund des geringeren Energieverbrauchs und wesentlich geringeren Schadstoffemissionen.¹⁵⁶

Tchibo gewann 2013 den „Nachhaltigkeitspreis Logistik“ der BVL für den eingesetzten nachhaltigen Maßnahmen-Mix innerhalb ihres Wertschöpfungsnetzwerkes.¹⁵⁷ Unter anderem reizt das Unternehmen, wenn es die Planungen zulassen, seine Vorlaufzeit aus und setzt gezielt Slow Steaming Containerschiffe ein.

2.4.2 Die besondere Bedeutung der Sendungsbündelung

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, aufzuzeigen, dass die Sendungsbündelung eine zentrale und bedeutende Rolle innerhalb der vorgestellten Instrumente der Slow Logistics spielt. Eine Beurteilung der Zusammenhänge zu den anderen Instrumenten und der Potentiale im Hinblick auf die erfolgreiche Umsetzung der ökologischen und ökonomi-

¹⁵⁴ Vgl. für diesen und folgenden Satz: VIL (2010), S. 13.

¹⁵⁵ Vgl. Jorgensen (o.J.), S. 7.

¹⁵⁶ Vgl. Jorgensen (o.J.), S. 2f.

¹⁵⁷ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Grimm (2013).

schen Ziele dient am Ende des Abschnitts als Basis für die Hervorhebung der Sendungsbündelung als wichtigstes Instrument, das anschließend intensiver untersucht werden soll.

2.4.2.1 Die zentrale Bedeutung der Sendungsbündelung für Slow Logistics

Zunächst ist festzuhalten, dass sich die einzelnen Instrumente ergänzen und damit kombinierbar sind, was sich gut an den Praxisbeispielen in Abschnitt 2.3.1 erkennen lässt. Die Unternehmen implementieren nach dem ersten Instrument in der Regel direkt ein weiteres, um die geschaffenen Potentiale möglichst komplett ausnutzen zu können. Die folgende Tabelle ordnet auf Grundlage der bekannten Praxisbeispiele den Unternehmen jeweils die eingesetzten Instrumente der Slow Logistics zu.

Unternehmen	Eingesetzte Instrumente der Slow Logistics
Nike	<ul style="list-style-type: none"> • Sendungsbündelung, • Modal Shift, • Push-Strategie
Colruyt	<ul style="list-style-type: none"> • Interne Prozessoptimierung, • Sendungsbündelung, • Modal Shift
RollsRoyce	<ul style="list-style-type: none"> • Sendungsbündelung, • Modal Shift
Jumbo Supermarket	<ul style="list-style-type: none"> • Sendungsbündelung, • Push-Strategie
Lekkerland	<ul style="list-style-type: none"> • Sendungsbündelung
Atlas Copco	<ul style="list-style-type: none"> • Modal Shift

Tab. 5: Eingesetzte Instrumente der Slow Logistics in der Unternehmenspraxis¹⁵⁸

Die zentrale Bedeutung der Sendungsbündelung ist dabei offensichtlich. Bis auf *Atlas Copco*, die bereits ein hohes Transportvolumen besitzen, greift jedes Unternehmen auf dieses Instrument zurück. In vier von diesen fünf Fällen ist die Bündelung Teil einer Kombination. Eine genauere Betrachtung dieser Fälle zeigt, dass die Sendungsbündelung die Basis ist, um weitere Ideen und Instrumente implementieren zu können.

Eine Grundvoraussetzung für eine Transportmitteländerung ist eine entsprechend große Transportmenge. Eine gute Möglichkeit letztere zu generieren ist die Güter- und Sendungsbündelung. Durch die vorübergehende Lagerung einzelner Sendungen während des Wartens auf weitere, lassen sich diese am Ende zusammenfassen. Anschließend können die zur Verfügung stehenden höheren Kapazitäten eines Hochsee- oder Binnenschiffes sinnvoll ausgenutzt werden.

¹⁵⁸ Die Tabelleninhalte basieren auf den Fallstudien aus VIL (2010).

Eine Push-Strategie, die z. B. im Rahmen eines lieferantengeführten Lagers (VMI) eingesetzt wird, bietet die idealen Voraussetzungen für die Implementierung einer Sendungsbündelung. Da die Entscheidung über den Liefertermin nun beim Lieferanten liegt, kann dieser den Transportzeitpunkt besser planen und bis dahin die einzelnen Sendungen zu einer größeren Menge bündeln. Damit die Einführung einer Push-Strategie zu einer wesentlichen Steigerung der Kosten- und Ökoeffizienz führt, ist ein kombinierter Einsatz mit einem weiteren Instrument sinnvoll. Hierfür eignet sich die eben beschriebene Verbindung mit der Sendungsbündelung.

Die Errichtung eines zusätzlichen Fertigwarenlagers in Kundennähe eröffnet ebenfalls die Möglichkeit zur Sendungsbündelung bzw. führt bei sonst konstanten Bedingungen automatisch dazu.¹⁵⁹ Da sich die vom Herstellungsort aus anzusteuern Ziele nun auf die Anzahl der errichteten Fertigwarenlager reduzieren, ist eine bessere Planung durchführbar. Die Zusammenfassung der Mengen führt auf einzelnen Routen zu einer höheren Transportmenge und damit zu einer höheren Auslastung.

Die längeren Transportzeiten bei der Umsetzung des Slow Steaming benötigen bei sonst gleichen Bedingungen eine höhere Anzahl an Transportmitteln, um das Serviceniveau aufrecht zu erhalten.¹⁶⁰ Die Implementierung einer Sendungsbündelung, d. h. der Transport von größeren Mengen pro Transportmittel, kann den notwendigen Transportkapazitätsbedarf auch ohne zusätzliche Mittel decken. Allerdings kommen in diesem Fall bei einigen Produkten zu den längeren Transportzeiten noch zusätzliche Wartezeiten auf entsprechende Bündelungspartner hinzu, was für enge Terminrahmen nicht geeignet ist.

Postponementstrategien in der Produktion ermöglichen die Zusammenfassung gleichartiger Erzeugnisse zu Bündeln innerhalb des Wertschöpfungsprozesses, um Kapazitäten besser auszulasten und Skaleneffekte zu nutzen.¹⁶¹ Diese Methoden und Vorgänge lassen sich jedoch besser dem Forschungsbereich der Batch-Produktion oder der innerbetrieblichen Transportbündelung zuordnen. Die originäre Sendungsbündelung hingegen zeigt keine auffälligen Interdependenzen zum Produktionspostponement auf.

Die Kombination interner Prozessoptimierung mit der Sendungsbündelung birgt unter bestimmten Umständen ebenfalls ein Potential für Synergieeffekte. So lässt sich beispielsweise eine Bündelungsstrategie in der Produktion effizient mit der Sendungsbündelung verknüpfen. Aus der Perspektive der internen Optimierung ist diese analytische Untersuchung vor allem Gegenstand des Forschungsbereichs der Batch-Produktion.¹⁶²

¹⁵⁹ Für die zuvor einzelnen Sendungen zu den jeweiligen Kunden bietet sich nun für den Hauptlauf von der Produktionsstätte zum neuen Fertigwarenlager eine Bündelung an.

¹⁶⁰ Die Transportmittel sind länger gebunden und stehen den nächsten Transporten somit erst wesentlich später zur Verfügung.

¹⁶¹ Die kundenindividuelle Gestaltung der Produkte findet spät im Wertschöpfungsprozess statt. Die Anzahl der unfertigen gleichartigen Standardprodukte mit gleichem Ziel im Wertschöpfungsprozess nimmt zu.

¹⁶² Vgl. für eine ausführliche Zusammenfassung des Forschungsbereichs zum Thema des Batch-Scheduling: Mathirajan/Sivakumar (2006), S. 990ff.

Die Betrachtung der Zusammenhänge zu internen Prozessen aus Sicht der Sendungsbündelung erfolgt in erster Linie in Bezug auf Lagerhaltungsabläufe.¹⁶³

An den Ausführungen der letzten Absätze ist zu erkennen, dass die Sendungsbündelung eine zentrale und wichtige Rolle unter den Instrumenten der Slow Logistics innehat. Dies gilt insbesondere in Bezug auf nachhaltig gestaltete Logistiksysteme, die nachfolgender Abschnitt aufgreift.

2.4.2.2 Die Sendungsbündelung als bedeutendes Instrument einer nachhaltigen Logistik

Wie bereits erwähnt, führt eine Sendungsbündelung zu einer Steigerung der Transporteffizienz. Eine bessere Kapazitätsauslastung und geringere Anzahl an Transporten führt sowohl zu ökonomischen als auch ökologischen Verbesserungen in der Logistik. Darüber hinaus entstehen ebenfalls bessere Mobilitätsbedingungen, sodass dieses Instrument der Slow Logistics sogar eine direkte Wirkung auf die drei Dimensionen der logistischen Nachhaltigkeit beinhaltet.

Im Allgemeinen existiert bei der Logistikaufgabe des Transports auch eine gute Vereinbarkeit von ökologischen und ökonomischen Zielen. Gilt diese Erkenntnis ebenfalls für weitere Instrumente im Rahmen der Nachhaltigen Logistik? Wie erfolgreich sind diese Instrumente generell im ökonomischen und ökologischen Bereich? Diese Fragen greifen Gross *et al.* (2013) in der Studie „Costs and Benefits of Green Logistics“ auf, die elf Maßnahmen der Grünen Logistik auf ihre tatsächlichen ökonomischen und ökologischen Auswirkungen überprüft. Das Ergebnis zeigt insgesamt vier Instrumente, die beide Zielsetzungen in einem positiven Ausmaß erfüllen können.¹⁶⁴ Alle vier Fallbeispiele lassen sich dabei dem Bereich der Slow Logistics zuordnen und auf das Konzept der Sendungsbündelung zurückführen. Im Folgenden werden diese kurz vorgestellt.

Integration der Beschaffungsnetzwerke.¹⁶⁵ Diese Verfahrensweise entspricht einer unternehmensübergreifenden Bündelung der Versandströme aus Kundenperspektive. Der Zusammenschluss von mindestens zwei bisher eigenständig geplanten Transportflüssen unterschiedlicher Lieferanten zum Kunden führt zu positiven Konsolidierungseffekten. Aus Sicht des Kunden ist dies eine Integration der Beschaffungsnetzwerke, dessen Planung entweder selbst oder mithilfe eines 4PL (Fourth Party Logistics Provider) stattfinden kann. Umgekehrt betrachtet, kann diese Bündelung auch auf Initiative der Lieferanten erfolgen, die sich um entsprechende Partner für eine gemeinsame Sendungsbündelung bemühen.

Gigaliner auf Hauptläufen.¹⁶⁶ Der Einsatz von Gigaliner impliziert eine weitere Umladestation bzw. ein weiteres Lager für den Umschlag zu den Nachläufen und lässt damit

¹⁶³ Vgl. für eine ausführliche Zusammenfassung des Forschungsbereichs zum integrierten Sendungsbündelungs- und Bestandsmanagement: Çetinkaya (2005), S. 13ff.

¹⁶⁴ Vgl. Gross *et al.* (2013), S. 9.

¹⁶⁵ Vgl. für den folgenden Absatz: Gross *et al.* (2013), S. 29ff.

¹⁶⁶ Vgl. für den folgenden Absatz: Gross *et al.* (2013), S. 45ff.

Gemeinsamkeiten zum Slow Logistics Instrument „zusätzliches Fertigwarenlager in Kundennähe“ erkennen. Darüber hinaus findet ein Modal Shift von LKW zu Gigalinern statt. Für die Kapazitätsauslastung der Gigaliner ist es zudem notwendig, den Güterstrom bzw. die Sendungen zu bündeln.

Reduzierung der Anlieferstage.¹⁶⁷ Bei einer Reduzierung der Anlieferstage im Handel lassen sich die für die jeweiligen Tage geplanten Einzelsendungen zusammenfassen. Durch diese klassische Form der Sendungsbündelung sinken wiederum die Kosten und die Schadstoffemissionen.

Längere Anlieferzeiten.¹⁶⁸ Die längeren Anlieferzeiten in der Distribution lassen sich vor allem im Rahmen einer Push-Strategie durchsetzen. Durch die eigenständige Planung des Lieferanten können die einzelnen Anlieferungen besser abgestimmt werden und so ebenfalls die Sendungsbündelung eingesetzt werden. Grundsätzlich führt sowohl eine Einigung mit dem Kunden über eine Verlängerung der Anliefertermine als auch die eigenständige Entscheidung über den Liefertermin im Rahmen der Push-Steuerung zu einer besseren Planbarkeit der Transporte und damit zu einer besseren Auslastung und einer höheren Effizienz.

Gross et al. (2011) identifizieren somit die Sendungsbündelung, durch ihre Verbindung zu diesen vier Methoden, als sehr wirkungsvolles Instrument bei der gemeinsamen Verfolgung ökologischer und ökonomischer Ziele.¹⁶⁹

Die positiven Auswirkungen sowie die wichtige Bedeutung der Sendungsbündelung für das Konzept Slow Logistics sind die beiden zentralen Gründe für die folgende Fokussierung auf dieses Instrument. Damit wird sowohl der grundlegende Ansatz der Slow Logistics gebührend berücksichtigt als auch ein in der betrieblichen Praxis effizient einsetzbares Instrument zum Zwecke weiterer nutzbarer Erkenntnisgewinne detailliert untersucht.

¹⁶⁷ Vgl. für den folgenden Absatz: Gross et al. (2013), S. 59ff.

¹⁶⁸ Vgl. für den folgenden Absatz: Gross et al. (2013), S. 61ff.

¹⁶⁹ Zum einen wird die Sendungsbündelung direkt im Rahmen der Konsolidierung der Sendungen durch weniger Anlieferstage im Handel angesprochen und zum anderen ist dieses Instrument auch zu Teilen in den übrigen drei Maßnahmen integriert.

3 Theoretische Grundlagen der Sendungsbündelung

In diesem Kapitel wird auf Basis der vorhandenen Literatur die Sendungsbündelung detailliert analysiert. Aus einem theoretischen Blickwinkel heraus stehen zunächst die Entwicklungen und Hintergründe der Sendungsbündelung sowie das Verständnis der wichtigsten Begriffe auf diesem Gebiet im Fokus. Das Herausarbeiten der einzelnen Charakteristika der jeweiligen Bündelungsmethoden unterstützt die gegenseitige Abgrenzung und anschließende Klassifizierung der Begriffe. Eine explizite Betrachtung der Sendungsbündelung im engeren Sinn zeigt am Ende des Kapitels die potentiellen Auswirkungen auf die Wettbewerbsfaktoren Zeit, Qualität, Kosten und Ökologie.

3.1 Entwicklung, Definition und Abgrenzung der Sendungsbündelungsmethoden

Das Ziel dieses Unterkapitels ist es, zunächst das notwendige Begriffsverständnis zu schaffen, um mit einer fundierten theoretischen Grundlage der Sendungsbündelung einen Bezugsrahmen für die weiteren Forschungsschritte abzugrenzen. Nach der Definition der wichtigsten Fachtermini im Zusammenhang mit der Distributionslogistik und der Sendungsbündelung, werden die unterschiedlichen Bündelungsmethoden kurz vorgestellt. Eine anschließende Klassifizierung dieser Verfahren mithilfe eines neu entwickelten Ansatzes bildet die Grundlage für die Abgrenzung der Sendungsbündelung im engeren Sinn, die dann in den folgenden Abschnitten und Kapiteln ausführlich analysiert wird.

3.1.1 Definitionen und Abgrenzungen einzelner Begrifflichkeiten im Rahmen der Sendungsbündelung

Die **Distributionslogistik** ist ein Teil der Unternehmenslogistik und sorgt für die zeitliche und räumliche Überbrückung zwischen der Produktion und den Kunden.¹⁷⁰ Sie beinhaltet die Aufgaben der Auftragsabwicklung, Lagerhaltung, Kommissionierung, Verpackung, Warenausgangsabwicklung sowie die inner- und außerbetrieblichen Transporte.¹⁷¹ Damit einhergehend liegen auch die **Sendungen**, allgemein definiert als „Gesamtheit der Güter, die im Rahmen eines Transportauftrags von einem Versender zu

¹⁷⁰ Vgl. Martin (2011), S. 6.

¹⁷¹ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 42.

einem Empfänger zu befördern sind“,¹⁷² im Verantwortungsbereich der Distributionslogistik, wenn der Kunde der entsprechende Empfänger ist.¹⁷³ Die Bündelung dieser Sendungen betrifft potentiell alle genannten Aufgabenbereiche. Die tatsächliche Intensität der Auswirkungen ist dann letztendlich von der spezifischen Ausgestaltung der Bündelungsmethode abhängig. Die Gesamtheit aller Sendungen, die sich auf einem Transportmittel befinden, wird in der folgenden Arbeit als **Ladung** definiert.¹⁷⁴ Wie bereits definiert, setzt sich eine Sendung aus mindestens einem Gut zusammen. Hall (1987) bezeichnet dieses elementare Teil einer Sendung mit dem englischen Begriff „item“. ¹⁷⁵ Nach der Verpackung des Gutes bzw. der Güter zum Zweck der Transportfähigkeit, ist die Bezeichnung als **Packstück** geläufig.¹⁷⁶ Ein einzelnes Stückgut kann auch ohne Verpackung als Packstück definiert sein, wenn es spezifische Größeneigenschaften erfüllt und es sich mechanisch oder automatisch bewegen, handhaben, lagern oder kommissionieren lässt.¹⁷⁷ Die Zusammenfassung von Packstücken zu Ladeeinheiten führt aufgrund verbesserter Handhabung und somit schneller durchführbaren Logistikprozessen unter anderem zu einer Erhöhung der Umschlagsleistung.¹⁷⁸ Dafür notwendige Ladehilfsmittel und Sicherungsmittel verursachen jedoch auch zusätzlichen Kostenaufwand.¹⁷⁹ Die Abbildung 6 fasst das Verhältnis der definierten Begriffe noch einmal zusammen und stellt zwei beispielhafte Ausprägungen von Ladungen dar.

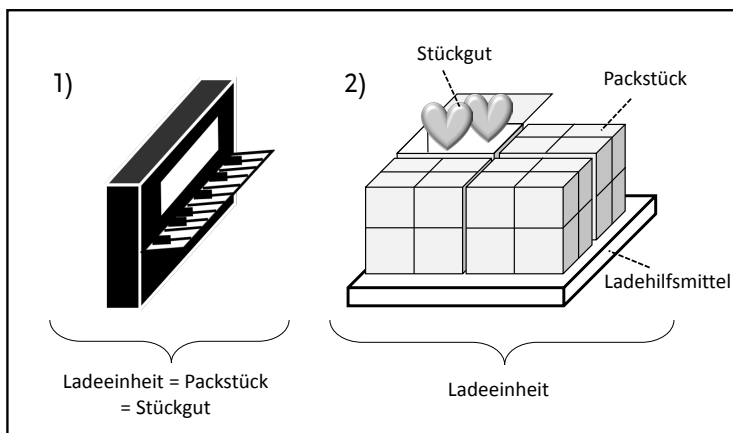


Abb. 6: Beispielhafte Ausprägungen für Transportladungen.¹⁸⁰

¹⁷² Bichler et al. (2011), S. 164.

¹⁷³ Die Einschränkung auf die Kunden als Empfänger ist notwendig, da Sendungen auch im Rahmen der Beschaffungslogistik sowie beim innerbetrieblichen Warenfluss auftreten, deren Bündelungsmöglichkeiten jedoch nicht Bestandteil dieser Arbeit sind.

¹⁷⁴ Vgl. Hall (1987), S. 58 (engl. „load“).

¹⁷⁵ Ebda.

¹⁷⁶ Gemäß DIN 30781, Teil 1, S. 5, vgl. DIN (1983).

¹⁷⁷ Vgl. Martin (2011), S. 75.

¹⁷⁸ Vgl. Muschkiet/Ebel (2013), S. 127f.

¹⁷⁹ Für eine ausführlichere Diskussion der Vor- und Nachteile der Zusammenfassung von Packstücken zu Ladeeinheiten sei an dieser Stelle auf Martin (2011), S. 76f. verwiesen.

¹⁸⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

In der einfachsten Form ist ein Stückgut mit den weiter oben erwähnten Eigenschaften zugleich das Packstück. Der Empfänger bekommt vom Versender genau eine Sendung mit einer Ladeinheit, bestehend nur aus diesem einen Packstück. Der zweite Fall zeigt dann, dass im Rahmen einer einzelnen Sendung auch jeweils mehrere Einheiten der jeweiligen Untergruppen vertreten sein können.

Ladungsträger, die synonym auch als Transport-, Lager- und Ladehilfsmittel bezeichnet werden, erleichtern die Durchführung physischer Logistikprozesse an den jeweiligen Ladeeinheiten.¹⁸¹ Die Quantifizierung einer Ladeinheit erfolgt vor allem bei standardisierten Gütern häufig über die Nennung des jeweiligen Ladungsträgers.¹⁸²

Im Prozessablauf einer Sendung können drei unterschiedliche Gruppen an beteiligten **Akteuren** unterschieden werden. Neben dem Versender und dem Empfänger der Ware nimmt der Logistikdienstleister eine wichtige Rolle ein. Letzterer verantwortet beispielsweise spezifische ausgelagerte Aufgaben aus der Distributionslogistik. Transportdienstleister sind dabei die am häufigsten genutzten Partnerunternehmen, denkbar sind aber auch die Übernahme der Lager- und Verpackungslogistik sowie der Kommissionierung.¹⁸³

Für den Transport werden die Ladungen in die drei spezifischen Klassen **Komplettladung, Teilladung** und **Sammelladung** eingeteilt.¹⁸⁴ Bei einer Komplettladung werden die Ladungen über eine direkte Verbindung vom Versender zum Empfänger ohne Zwischenstationen transportiert. Der entscheidende Kostentreiber ist in diesem Fall die Strecke zwischen Be- und Entladestelle. Für einen möglichst kostengünstigen Transport der einzelnen Ladeeinheiten ist die vollständige Ausschöpfung der Transportkapazitäten das wichtigste Zielkriterium. „Full Truckload“ (FTL) ist die entsprechende englischsprachige Bezeichnung für solche ausgelastete Direkttransporte. Stehen hingegen noch freie Ladekapazitäten zur Verfügung, handelt es sich um sogenannte „Less Than Truckload“ (LTL) Systeme. Die Teilladungsverkehre nutzen die verfügbaren Ladekapazitäten von LTL-Systemen aus, indem sie durch eine geeignete Routenplanung die Kapazität mit der Aufnahme zusätzlicher Ladeeinheiten vor der Hauptlaufstrecke ausfüllen. Dementsprechend gibt es sowohl vor dem Hauptlauf mehrere Stopps für die Beladung als auch mehrere Stopps für die Entladung nach dem Hauptlauf. Wie die Ausführungen in den folgenden Kapiteln zeigen, findet hier auch schon eine Bündelung im Sendungsverlauf statt. Einen ganz ähnlichen Nutzen bei anderen Systemvoraussetzungen und Abläufen generieren die Sammelladungsverkehre. Mithilfe geeigneter Umschlags- und Sammelstellen im Distributionsnetzwerk findet eine Zusammenfassung mehrerer Güterströme

¹⁸¹ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 104.

¹⁸² Aus dem alltäglichen Sprachgebrauch sind z. B. die Begriffe ein „Kasten Wasser“, ein „Karton Milch“ oder eine „Palette Bier“ bekannt. Vgl. hierzu auch DIN 30781 Teil 1, S. 2 in DIN (1983).

¹⁸³ Für einen allgemeinen Überblick zum Outsourcing logistischer Dienstleistungen vgl. Haas/Hartmann/Sucky (2013), S. 122. Für eine spezifische Zusammenfassung der häufigsten outsourceten Logistikleistungen in der Unternehmenspraxis vgl. Langley et al. (2014), S. 12.

¹⁸⁴ Vgl. für den folgenden Absatz: Muschkiel/Ebel (2013), S. 146f.

statt. Das Ziel ist wiederum, vollständig ausgelastete Transporte für die Hauptlaufstrecke zu generieren und damit die Transportkosten zu senken. Der entscheidende Nachteil sind die zu installierenden zeit- und kostenintensiven Zusatzprozesse.¹⁸⁵

3.1.2 Definition des Begriffs „Bündelung“

Gemäß *Duden* wird ein Bündel als ein „Packen lose zusammengefasster oder zusammengeschnürter [gleichartiger] Dinge“¹⁸⁶ bezeichnet. Das Adjektiv „lose“ kennzeichnet dabei den temporären, vorübergehenden Zustand des Packens. Das Bündeln bzw. die Bündelung beschreibt somit den Vorgang zur Entstehung eines Bündels, durch das Zusammenfassen einzelner Elemente zu einer größeren Einheit. Im wirtschaftlichen Kontext wird der Begriff Bündelung, je nach Art der zusammengefassten Elemente, in unterschiedlichen Teilbereichen verwendet. Eine Literaturrecherche in elektronischen Datenbanken¹⁸⁷ nach den Begriffen Bündelung bzw. Bundling führt in erster Linie zu Veröffentlichungen im betriebswirtschaftlichen Fachgebiet des Marketings. Die Treffer bei einer Suche nach Konsolidierung bzw. Consolidation verweisen vor allem auf politische Themengebiete oder finanzwissenschaftliche bzw. -wirtschaftliche Texte.

Im Bereich des Marketings ist die Bündelung ein weit verbreitetes Instrument zur Preisdifferenzierung.¹⁸⁸ Das Wirtschaftslexikon von *Gabler* (2014) versteht im Allgemeinen darunter eine „Bündelung von Leistungsangeboten zu Paketen, die zu einem Gesamtpreis angeboten werden.“¹⁸⁹ In diesem Zusammenhang werden vor allem die Begriffe der Preisbündelung und Produktbündelung genutzt.¹⁹⁰ Der Schnittpunkt zur Logistik und dem Supply Chain Management besteht in der Möglichkeit auf der Angebotsseite logistischer Dienstleistungen ebenfalls das Instrument der Preis- und Produktbündelung einzusetzen.¹⁹¹

¹⁸⁵ Hier vor allem Umschlag- und Sammelprozesse.

¹⁸⁶ *Duden* (2015b), Stichwort: „Bündel“.

¹⁸⁷ Verwendete Datenbanken sind hier Google Scholar, EBSCO Host, Business Source Premier und WISO.

¹⁸⁸ Die englischsprachige Literatur verwendet für dieses Forschungsgebiet als allgemeinen Überbegriff „Bundling“.

¹⁸⁹ *Gabler* (2014), Stichwort: „Bundling“.

¹⁹⁰ Ausführliche Informationen und Hintergründe zu den jeweiligen Begriffen, zu den verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten bei unterschiedlichen Wettbewerbsbedingungen sowie zu den Strategien und Zielen finden sich u. a. bei *Priemer* (2000) und *Nalebuff* (2003).

¹⁹¹ Die zu bündelnden Elemente sind in diesem Fall die anzubietenden Logistikdienstleistungen. Das Ziel dabei ist, ebenfalls die Möglichkeiten der Preisdifferenzierung zu nutzen. *Acciaro* (2012) untersucht speziell die Bündelungsoptionen für Logistikdienstleistungen im Bereich der Containerschifffahrt. In diesem Zusammenhang legt er auch den aktuellen Forschungsstand auf dem Gebiet der Bündelung von Logistikdienstleistungen ausführlich dar.

Der Begriff der Konsolidierung wird in den deutschsprachigen Veröffentlichungen im Bereich der Wirtschaftswissenschaften in erster Linie mit der Finanzwissenschaft und -wirtschaft in Verbindung gebracht.¹⁹²

Wie sich an den Trefferlisten der Begriffe Konsolidierung und Bündelung schon erkennen lässt, ist die Identifikation der relevanten Suchbegriffe für eine grundlegende Literaturrecherche im Bereich der Sendungsbündelung schwierig. Die beiden direkt übersetzten Begriffe „Shipment Consolidation“ und „Freight Consolidation“ führen zumindest in wichtigen englischsprachigen Logistikjournals¹⁹³ zu zahlreichen Artikeln. Die reine quantitative Trefferanzahl bei einer Google-Scholar-Suche beträgt 1880¹⁹⁴ bzw. 1170¹⁹⁵. Während sich hier die Forschungen hauptsächlich auf die Begriffe „freight consolidation“ und „shipment consolidation“ fokussieren, ist die Heterogenität der Benennungen in deutschsprachigen Veröffentlichungen größer. Synonyme und ähnliche Wörter von Sendung wie z. B. Transport, Versand oder Lieferung bzw. Fracht oder Ladung verknüpft mit den bereits genannten Begriffen der Bündelung oder Konsolidierung dienen als Suchbegriffe im deutschsprachigen Raum. Für die unterschiedlichen Kombinationen der einzelnen Begriffsausprägungen ergibt sich bei Google-Scholar das in der folgenden Tabelle 6 zusammengefasste Trefferbild.

	Transport...	Sendungs...	Versand...	Ladungs...	Fracht...	Liefer...
...bündelung	54	23	17	14	8	2
...konsolidierung	28	7	3	16	17	1

Tab. 6: Trefferbild für grundlegende deutsche Begriffe der Sendungsbündelung¹⁹⁶

Auffallend ist hier zunächst die wesentlich niedrigere Gesamtzahl an Veröffentlichungen. Aufgrund der breiten Streuung und der gleichmäßigen Verteilung lässt sich keine eindeutige Kombination identifizieren, die einen zentralen Forschungsterminus vorgibt. Im Weiteren soll deshalb, ausgehend von einem allgemeinen Ansatz der Sendungsbündelung, das für diese Arbeit relevante Teilgebiet identifiziert und abgegrenzt werden.

¹⁹² „Im Bereich der Finanzwissenschaft wird unter der (Haushalts-)Konsolidierung eine „Begrenzung und Rückführung von öffentlichen Defiziten in den Haushalten der Gebietskörperschaften und Parafisci“ verstanden. In der Betriebswirtschaft ist es als Synonym für Sanierung („Transformation von Schulden in Eigenkapital oder langfristige Verbindlichkeiten.“) oder im Rahmen eines Konzernabschlusses („Aufrechnung konzerninterner Vorgänge“) zu verwenden. Das Bankwesen nutzt diesen Begriff als alternative Bezeichnung für Unifizierung („Zusammenziehung unterschiedlicher Anleihen zu einer einheitlichen.“ Gabler (2014), Stichwort: „Konsolidierung“.

¹⁹³ Wie z. B. Journal of Business Logistics oder Journal of Physical Distribution and Transport Management.

¹⁹⁴ Suchbegriff: „freight consolidation“. Abrufdatum: 11.07.2014.

¹⁹⁵ Suchbegriff: „shipment consolidation“. Abrufdatum: 11.07.2014.

¹⁹⁶ Abrufdatum: 11.07.2014.

Das Kompaktlexikon der Logistik verwendet Bündelung und Konsolidierung synonym, ohne weiteren Zusatz, und definiert diese als Zusammenfassung von Gütern oder Sendungsstücken zu einer größeren Transporteinheit.¹⁹⁷ Das allgemeine Begriffsverständnis in der englischsprachigen Literatur von „Shipment Consolidation“ bzw. „Freight Consolidation“ als „policy under which several small loads are dispatched as a single, larger, and more economical load on the same vehicle“¹⁹⁸, stimmt mit diesem Ansatz überein. *Souren* (2012) bezeichnet die Erhöhung der Quantitäten innerhalb eines Transportvorgangs zum Zweck der besseren Transportmittelauslastung ebenfalls als Kern der verschiedenen Bündelungsarten.¹⁹⁹

Die vorliegende Arbeit folgt der allgemein formulierten Definitionen aus den bereits zitierten Quellen. Unter der Voraussicht, dass dieses Begriffsverständnis ein weites, durch unterschiedliche Konzepte und Methoden gekennzeichnetes Forschungsfeld mit einschließt und eine weitere Spezifizierung zu einem späteren Zeitpunkt notwendig ist, wird der Bezeichnung der Sendungsbündelung die Ergänzung „im weiteren Sinn“ beigefügt.

Die **Sendungsbündelung im weiteren Sinne (i.w.S.)** beinhaltet definitionsgemäß die Zusammenfassung von Gütern, Sendungsstücken oder Ladungen zu einer größeren und ökonomischeren Transporteinheit.

3.1.3 Die verschiedenen Formen der Sendungsbündelung im weiteren Sinne

Die bekannten und verbreiteten Distributionskonzepte Cross Docking, Merge-in-Transit und Milkrun ordnen sich aufgrund des weitgefassten Begriffsverständnisses ebenfalls unter der eben formulierten Definition ein. Zudem ist im Zusammenhang mit Beiträgen zu den Themen City Logistik, Frachtbörsen, Spediteursnetzwerken und Industrieparks häufig von „Bündelung“ die Rede. Im Folgenden soll eine kurze Vorstellung der jeweiligen Konzepte mit ihren charakteristischen Merkmalen eine anschließende Abgrenzung und Klassifizierung ermöglichen. Mithilfe dieser Differenzierung lässt sich eine begrifflich enger gefasste Form der allgemeinen Sendungsbündelung als relevantes Themengebiet von den übrigen Konzepten unterscheiden und eindeutig identifizieren.

¹⁹⁷ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 99.

¹⁹⁸ Çetinkaya (2005), S. 1.

¹⁹⁹ Vgl. Souren (2012), S. 147.

3.1.3.1 Kurzcharakterisierung der Milkrun-Systeme

Als Milkrun wird eine Rundtour mit mehreren sequentiellen Stopps zum Einsammeln oder Verteilen von Gütern ohne zwischenliegende Konsolidierungspunkte verstanden.²⁰⁰ Die Bündelung der einzelnen Sendungen findet dabei auf dem Transportfahrzeug statt. Ein Milkrun-System ist eine spezielle Ausführungsmethode eines Gebietsspediteur-Konzepts. Gebietsspediteure sammeln einzelne Sendungen von verschiedenen Lieferanten innerhalb eines bestimmten Flächenbereiches ein und bündeln diese jeweils zu einer Tour. *Fleischmann* (2008) sieht die Bedingungen eines Milkruns schon durch die regelmäßige (tägliche) Anfahrt zu den gleichen Lieferanten erfüllt, *Vahrenkamp und Kotzab* (2012) hingegen setzen eine streckenoptimierte Anfahrtsreihenfolge unter zeitlichen und mengenmäßigen Restriktionen voraus.²⁰¹ Weitere spezifische Bedingungen eines Milkruns sind der feste Fahrplan und die direkte Abhängigkeit der Liefermenge vom Verbrauch.²⁰² Das originär aus der Beschaffungslogistik stammende Milkrun-Konzept lässt sich analog auf die Distribution anwenden, indem statt den Sammelvorgängen die Güterverteilung ausgeführt wird (Abb. 7).²⁰³

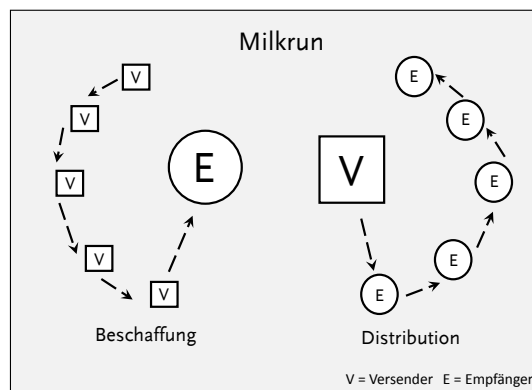


Abb. 7: Milkrun-Konzepte der Beschaffung und der Distribution²⁰⁴

Die deutliche Reduzierung von Transportkosten und Prozessbeständen begünstigte unter anderem die weite Verbreitung dieses Distributionskonzepts.²⁰⁵ Auf Seiten der Beschaffungslogistik verbessern Milkrun-Systeme die Schnittstellen zu den Produktionsprozessen und sind deshalb ein geeignetes Konzept für die Integration in Lean Management und Just-In-Time Strategien.²⁰⁶ Die relativen Kosteneinsparungen durch den Einsatz von Milkruns auf kleinen Distributionsflächen sind zwar sehr hoch, aber je größer

²⁰⁰ Vgl. u. a. Bretzke/Barkawi (2012) S. 246f. und Wildemann/Niemeyer (2006), S. 3.

²⁰¹ Vgl. Fleischmann (2008), S. 15 und Vahrenkamp/Kotzab (2012), S. 223.

²⁰² Es wird nur das geliefert, was auch verbraucht worden ist. Vgl. dazu Klug (2010), S. 225f.

²⁰³ Vgl. Metzler (2013), S. 283.

²⁰⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁰⁵ Vgl. Brar/Saini (2011), S. 1.

²⁰⁶ Vgl. Bowersox et al. (2007), S. 95.

die Entfernungen zwischen den einzelnen Stopps und dem Zielort werden, desto geringer fällt der wirtschaftliche Vorteil aus und desto länger ist die beanspruchte Zeitdauer für das Konzept.²⁰⁷ Aus diesem Grund sind Milkruns im Normalfall speziell für regionale Bereiche vorgesehen und werden bei Bedarf in Distributionsnetzwerken mit größeren Entfernungen mit anderen Methoden kombiniert. In erster Linie ist in diesem Zusammenhang der zusätzliche Einsatz von Umschlagspunkten²⁰⁸ zu nennen, die es ermöglichen in den Vor- und/oder Nachläufen die Vorteile des Milkrun-Systems zu nutzen und für den Hauptlauf die gebündelten Sendungen ökonomisch und ökologisch effizient zu transportieren.²⁰⁹ Milkrun-Systeme gehören zur Gruppe der Tourenplanungsprobleme.²¹⁰ Für die Planungen müssen die einzelnen Routen, das Scheduling sowie die Art und Anzahl der Sendungen bestimmt werden.²¹¹

Die Bündelung der einzelnen Sendungen auf den Fahrzeugen steigert die Auslastungsquote und ermöglicht deshalb die Ausschöpfung von Kostenpotentialen.²¹² Das Milkrun-Konzept reduziert durch diese bessere Auslastung der Transporte sowohl die einzusetzende Anzahl an LKW als auch die gefahrene Distanz im Gegensatz zu Direkttransporten und verringert dadurch Kosten sowie Schadstoffemissionen.²¹³

Die in der Theorie hergeleiteten Kostenvorteile durch die Einführung eines Milkrun-Systems werden durch zahlreiche erfolgreiche Implementierungen in der Unternehmenspraxis bestätigt.²¹⁴ *Wildemann und Niemeyer* (2006) geben mit ihren Erfahrungen in Industrieprojekten eine Transportkostensenkung von durchschnittlich 30 % an.²¹⁵

3.1.3.2 Kurzcharakterisierung der Cross Docking Systeme

Die Liefernetzwerke als Verbindung zwischen Empfänger und Versender bestehen aus Transportverbindungen sowie potentiellen Zwischenstationen, in denen eventuell benötigte Umschlags-, Lager- und Umwandlungsprozess stattfinden.²¹⁶ Das direkte Durchlaufen der Waren durch solche Zwischenstationen, ohne wesentliche Lagerprozesse, wird als Cross Docking²¹⁷ bezeichnet. Dieses spezielle Distributionskonzept zielt dabei

²⁰⁷ Vgl. Sadjadi/Jafari/Amini (2008), S. 196 und Bretzke/Barkawi (2012), S. 246.

²⁰⁸ Das Transportsystem mit einem Umschlagspunkt für die Bündelung der Vorläufe nennt sich Quellgebietskonsolidierung, während der Transshipment Point den Umschlagspunkt für die einzelnen Nachläufe bezeichnet. Vgl. dazu Bretzke/Barkawi (2012), S. 243.

²⁰⁹ Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 246.

²¹⁰ Vgl. Du et al. (2007), S. 566.

²¹¹ Vgl. Sadjadi/Jafari/Amini (2008), S. 195.

²¹² Wildemann/Niemeyer (2006) geben eine durchschnittliche Auslastung der LKW-Transporte von 60-70 % bei alternativen Konzepten und 90 % bei Milkruns an (S. 2).

²¹³ Vgl. Brar/Saini (2011), S. 5.

²¹⁴ Zum Beispiel sei hier auf die erfolgreichen Umsetzungen beim Automobilproduzenten „Shanghai GM“ (vgl. Xu (2003)), bei „Ricoh Express“ (Ricoh Express (2009)) und bei Jaguar Land Rover durch DHL (DHL (2009)) verwiesen.

²¹⁵ Vgl. Wildemann/Niemeyer (2006), S. 6.

²¹⁶ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Gudehus (2005), S. 905.

²¹⁷ Andere Schreibweisen sind Crossdocking oder Cross-Docking.

auf einen hohen Durchsatz innerhalb der Zwischenstation ab.²¹⁸ Neben der Bezeichnung Cross Dock oder Cross Docking Center sind Warenverteilzentrum, Transitterminal, Umschlagslager oder Transshipment-Punkt weitere alternative Begriffe, um den Ort der distributionslogistischen Maßnahme zu benennen. Die Tätigkeit Cross Docking lässt sich allgemein als Bündelungsprozess von Sendungen mit dem gleichen Ziel, aber aus unterschiedlichen Quellen, unter der Voraussetzung, dass zwischen dem Ein- und Ausgang ein minimales Handling mit keiner oder nur ganz kurzer Lagerung erfolgt, beschreiben (Abb. 8).²¹⁹

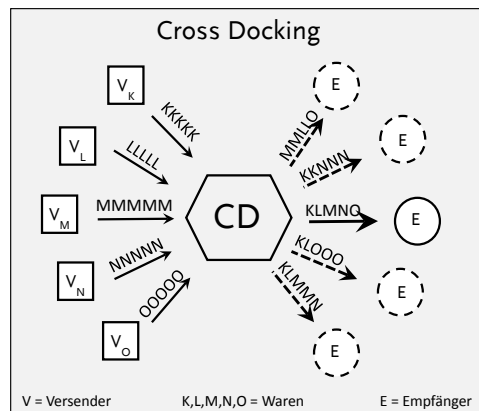


Abb. 8: Beispiel für ein Cross Docking Distributionssystem²²⁰

Kotzab (1997) identifiziert nach einer Auflistung mehrerer Begriffsbestimmungen für Cross Docking die folgenden zwei wesentlichen Gemeinsamkeiten:²²¹

- Direktes Flusssystem vom Ein- zum Ausgang.
- Vermeidung von Lagerbeständen.

Die beiden Merkmale zeigen ebenfalls, dass diese distributionslogistische Tätigkeit auf ein schnelles Umschlagen und bedarfsgerechtes Auflösen der Sendungen abzielt und damit, wie das Milkrun-System, für eine Implementierung in Lean Management und JIT-Strategien geeignet ist.²²²

²¹⁸ Dieses Distributionskonzept mit dem Namen Cross Docking wurde vor allem durch den erfolgreichen Einsatz beim weltweit größten Handelsunternehmen Wal-Mart bekannt. Vgl. dazu u. a. Stalk/Evans/Shulman (1992), S. 61.

²¹⁹ Vgl. Van Belle/Valckenaers/Cattrysse (2012), S. 827f.

²²⁰ Quelle: Eigene Darstellung. Die Umschichtung der Waren weist auf einen Ladungsträgerwechsel und damit ein zweistufiges Cross Docking Verfahren hin.

²²¹ Vgl. Kotzab (1997), S. 157f.

²²² Vgl. Van Belle/Valckenaers/Cattrysse (2012), S. 828.

Durch die Unterteilung des Liefernetzwerkes zwischen den Versendern und Empfängern ist Cross Docking demnach der Gruppe der mehrstufigen Logistiksysteme zuzuordnen.²²³ Die Grundstrukturen eines solchen Systems lassen sich mit einem Auflösungspunkt bzw. einem Konzentrationspunkt darstellen. Während letzterer dafür sorgt, dass mehrere kleine Sendungen zu größeren Sendungen konsolidiert werden, findet im Auflösungspunkt eine Aufteilung einer großen Lieferung in mehrere kleine zielspezifische Sendungen statt.

Klassifizierung

Es gibt zahlreiche verschiedene Arten und Formen Cross Docking zu gestalten und auszuführen. Eine in der Literatur weit verbreitete Möglichkeit der Klassifizierung besteht über die Anzahl der Stufen bzw. der Handlings-Vorgänge. Bei einem sogenannten „reinen Cross Docking“ werden die Güter direkt vom ankommenden LKW auf den wieder weggehenden LKW umgeladen.²²⁴ Das „einstufige Cross Docking“ beinhaltet zwei Handlings-Vorgänge, da die Güter zwischen Ent- und Beladung kurz abgestellt werden. Beim „zwei- oder mehrstufigen Cross Docking“ kommen zusätzliche Sortier- und Kommissioniervorgänge hinzu (vgl. auch Abb. 8). *Gudehus* (2005) unterscheidet die beiden Varianten vor allem durch das Merkmal des Ladungsträgerwechsels, der nur beim zweistufigen Cross Docking stattfindet.²²⁵ Alternativ bezeichnet er diese Variante auch als Transshipment-Verfahren.

Weitere Unterscheidungsmerkmale sind beispielsweise der Zeitpunkt bzw. der Ort, an dem die kundenindividuelle Kommissionierung der Sendung stattfindet,²²⁶ oder die relative Nähe des Cross Docking Standortes zu den Kunden oder Lieferanten.²²⁷

Für mehrstufige Distributionssysteme mit weit entfernt liegenden Quell- und Zielgebieten ergänzen *Stickel* (2006) sowie *Tiedemann/Boysen* (2010) beim letzteren Kriterium noch das Hub-and-Spoke-Netzwerk als dritte Variante, welche die Vorteile der Kunden- und Lieferantennähe vereint.²²⁸ Für die vorliegende Arbeit wird das Hub-and-Spoke-Netzwerk ebenfalls als spezifische Ausprägungsvariante eines Cross Docking Systems betrachtet und nicht als weiteres eigenständiges Sendungsbündelungskonzept.²²⁹

²²³ Vgl. für folgenden Absatz: *Pfohl* (2010), S. 6f. In der Literatur finden sich für die gleiche Vorgehensweise auch die Begriffe Break-Bulk-Point bzw. Break-Bulk-Prozess. Vgl. hierzu *Lambert/Stock* (1993), S. 265 oder *Ballou* (1992), S. 243.

²²⁴ Vgl. für diesen und folgende Sätze: *Van Belle/Valckenaers/Cattrysse* (2012), S. 830.

²²⁵ Vgl. für diesen und folgenden Satz: *Gudehus* (2005), S. 909f.

²²⁶ Die beiden Ausprägungsmerkmale sind hier „pre-distribution“ und „post-distribution“. Bei erstgenannter Strategie erfolgt die kundenindividuelle Kommissionierung bereits beim Lieferanten, beim zweiten Fall geschieht dies während des Cross Dockings. Vgl. dazu *Tang/Yan* (2010), S. 193f.

²²⁷ In diesem Fall differenziert das deutsche Handelsunternehmen Metro-AG zwischen quellen- und zielorientierten Cross Docking Methoden. Vgl. dazu *Kumar* (2008), S. 202.

²²⁸ Vgl. *Stickel* (2006), S. 13 und *Tiedemann/Boysen* (2010), S. 57.

²²⁹ Die grundsätzliche Prozessstruktur des Bündelvorgangs innerhalb des Umschlagspunktes ist beim Hub-and-Spoke-Netzwerk mit dem Cross Docking vergleichbar (für Details zum Hub-and-Spoke-System: vgl. *Delfmann* (2008)). Hub-and-Spoke-Netzwerke sind vor allem für KEP-Dienstleistern mit hohen Warenumschlagsmengen interessant (vgl. *Stickel* (2006), S. 13).

Eine sehr detaillierte Klassifizierung unterschiedlicher Cross Docking Arten bieten *Van Belle, Valckenaers und Cattrysse* (2012), die unter den drei übergeordneten Merkmalsgruppen „physische Charakteristiken“ sowie „Prozess-“ und „Flusscharakteristiken“ jeweils mehrere Indikatoren zusammenfassen, die mit ihren spezifischen Ausprägungen eine Vielzahl an Cross Docking Varianten beschreiben können.²³⁰

Bei den „physischen Charakteristiken“ steht vor allem die Infrastruktur des Cross Docking Centers im Fokus. Die Form des Gebäudes²³¹, die Anzahl der Laderampen²³² sowie die Ausführung der internen Transporte sind mögliche Unterscheidungsmerkmale. Die verschiedenen Arten der „Prozessdurchführung“ der Cross Docking Systeme lassen sich ebenfalls differenzieren. Eine Möglichkeit ist es, die Flexibilität bei der Zuteilung der Laderampen zu Be- und Entladezwecken zu unterscheiden. Ein exklusives Modell ordnet jedes Ladetor bzw. jede Laderampe explizit jeweils dem Inbound- oder Outbound-Prozess zu, während die flexible Variante diese Zuordnung je nach Bedarf bestimmt. Eine dritte Möglichkeit besteht in der Kombination der beiden Modelle.

Merkmale		Ausprägungen					
Anzahl der Stufen		reines CD		einstufiges CD		zwei- und mehrstufiges CD	
kundenspezifische Kommissionierung		pre-distribution			post-distribution		
Cross Docking Standort		quellenorientiert		zielorientiert		Hub-and-Spoke	
physische Eigenschaften	Gebäudeform	I	L	U	T	H	E
	Anzahl Ladetore	n ∈ {1,2,...,500}					
	interne Transportart	automatisch		manuell		kombiniert	
Prozesseigenschaften	Zuteilungsflexibilität	exklusiv		variabel		kombiniert	
	Prioritäten	aktiv			inaktiv		
Fluß-eigenschaften	Ankunftsmodelle	konzentriert			verteilt		
	Abfahrtstermine	frei/frei		fix/frei oder frei/fix		fix/fix	
	Produktaustauschbarkeit	ja			nein		
	Zwischenlagerung	ja			nein		

Tab. 7: Klassifizierung der Cross Docking Systeme

Die letzte Gruppe der „Flusscharakteristiken“ differenziert die verschiedenen Cross Docking Systeme zum Beispiel über die unterschiedliche Art der Ankunftsmodelle²³³ sowie die unterschiedliche Art der Abfahrtsterminierung²³⁴. Ebenfalls lassen sich im Zusam-

²³⁰ Vgl. für die folgenden Merkmalsgruppen: Van Belle/Valckenaers/Cattrysse (2012), S. 831f.

²³¹ Die möglichen Gebäudeformen symbolisieren die liegend zu betrachteten Buchstaben I, L, U, T, H, E.

²³² In der Unternehmenspraxis liegt die Anzahl der Ladetore gewöhnlich zwischen 6 und 200 (vgl. Van Belle/Valckenaers/Cattrysse (2012), S. 831). In Ausnahmefällen können es jedoch auch nur 1 bis 2 oder bis zu 500 Tor(e) sein (vgl. Gue (1999), S. 420).

²³³ Die Ankünfte sind entweder konzentriert in einem begrenzten Zeitintervall pro Periode oder beliebig über die Periode verteilt.

²³⁴ Die Abfahrtsterminierung betrifft sowohl anliefernde als auch abliefernde Fahrzeuge. Der jeweilige Termin ist entweder frei, d. h. zeitunabhängig (Abfahrt, sobald fertig be- oder entladen) oder fix, d. h. an einen bestimmten Zeitpunkt gebunden.

menhang mit dem Durchfluss der Ware unterscheiden, ob eine Zwischenkommissionierung²³⁵ oder -lagerung während des Cross Docking Vorgangs möglich ist. Die Tabelle 7 zeigt eine Zusammenfassung der möglichen Klassifizierungsmerkmale sowie ihre Ausprägungen.

Eine noch ausführlichere Klassifizierung bieten *Boysen und Fliedner* (2010), die selbige, in Anlehnung an beispielsweise die Warteschlangenklassifizierung, als Tupel-Schreibweise darstellen.²³⁶ Neben den auch in der Tabelle 7 vorkommenden Merkmalen nutzen die beiden Autoren darüber hinaus Indikatoren, die Eigenschaften der jeweils verwendeten mathematischen Modelle berücksichtigen.

Auswirkungen des Cross Dockings

Die Beurteilung der Auswirkungen eines Cross Docking Systems bzw. die Bewertung seiner Vor- und Nachteile hängen von der Betrachtungsperspektive ab. Oder anders formuliert, es ist entscheidend, welche Ausgangsbasis für die Implementierung einer solchen distributionslogistischen Maßnahme vorliegt. Typische Ausgangssituationen für die Umgestaltung zu einem Cross Docking System sind beispielsweise Direkttransporte oder Distributionszentren/-lager. Im letzteren Fall liegt der Fokus auf der Beschleunigung der Distribution durch das Reduzieren der Lagertätigkeiten. Die damit verbundenen Auswirkungen lassen sich zusammenfassen mit geringeren Kosten, schnellerer Lieferzeit, besserem Kundenservice, weniger Lagerplatz, schnellerem Lagerumschlag, reduziertem Risiko für Verlust und Schäden sowie weniger Überbestandssituationen.²³⁷ Die Implementierung von Cross Docking bei nicht vollständig ausgelasteten Direkttransporten hingegen verlängert zwar den Lieferprozess, ist allerdings mit vielen Vorteilen wie zum Beispiel Kosteneinsparungen, Sendungsbündelung und besserer Ressourcenauslastung sowie besserer Anpassung zwischen Sendungsmengen und aktueller Nachfrage verbunden. An dieser Stelle, an der eine ökonomische und ökologische Verbesserung des Logistiksystems trotz einer Verlangsamung des Distributionsprozesses stattfindet, ist das Cross Docking als potentielles Instrument der Slow Logistics gut erkennbar.

3.1.3.3 Kurzcharakterisierung der Merge-in-Transit-Systeme

Merge-in-Transit ist eine Distributionsmethode, die der grundsätzlichen Idee des Cross Dockings entspricht. Auch hier werden Güter von unterschiedlichen Quellen auf ihrem Transportweg zu einer einzigen Kundenlieferung gebündelt.²³⁸ *Ala Risku, Kärkkäinen*

²³⁵ Kommissionierung bedeutet in diesem Zusammenhang die Austauschbarkeit von einzelnen Produkten.

²³⁶ Das Tupel besteht aus den drei Variablen α, β und γ , die jeweils eine eigene Merkmalsgruppe, mit mehreren Merkmalen und Ausprägungen symbolisieren. Vgl. *Boysen/Fliedner* (2010), S. 415ff.

²³⁷ Vgl. für diesen und folgenden Satz: *Van Belle/Valckenaers/Cattrysse* (2012), S. 828.

²³⁸ Vgl. u. a. *Bradley et al.* (1998), S. 3, *Dawe* (1997), S. 69f und *Kärkkäinen/Ala-Risku/Holmström* (2003), S. 133.

und Holmström (2003) betonen explizit, dass die Konsolidierungspunkte ohne Lagerhaltung operieren.²³⁹ Der Unterschied zum Cross Docking ist, dass der Kunde beim Merge-in-Transit nur eine Bestellung tätigt, die vom Lieferanten anschließend aus mehreren Quellen während der Lieferung zusammengefügt wird. Die Bestellung kann sowohl eine Sendung aus mehreren Gütern als auch ein Produkt aus mehreren Teilen sein. Das Zusammenfügen der Sendungen bzw. Produkte übernimmt in vielen Fällen auch direkt das Transportunternehmen, wie z. B. ein KEP-Dienstleister. Eine erfolgreiche Implementierung des Merge-in-Transit-Konzepts in der Unternehmenspraxis zeigt die Firma Dell in Zusammenarbeit mit Sony, dem Hersteller der ausgelieferten Monitore.²⁴⁰ Die Abbildung 9 zeigt zwei unterschiedliche Ansätze von Merge-in-Transit-Modellen. Im ersten Fall a) findet die Bündelung der zusammengehörenden Sendungen durch ein weiteres Unternehmen an einem institutionalisierten Merge-Punkt statt, während bei der anderen Alternative b) eine Zusammenführung während der Auslieferungsprozesse durch das Transportunternehmen direkt auf dem Transportmittel oder an einem Umschlagsort erfolgt. Bei Variante a) ist der Merge-Punkt langfristig ausgelegt und bleibt fix bei der ausgewählten Institution bestehen. Im anderen Fall ist die Flexibilität höher, da der Ort der Zusammenführung variabel ist und der jeweiligen Distributionssituation angepasst werden kann. Mögliche Bündelungsstellen sind hier beispielsweise die Lagerstandorte der einzelnen Sendungsteile.

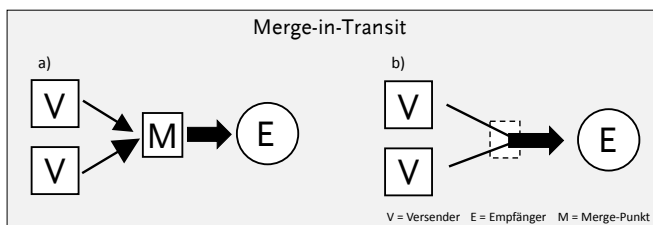


Abb. 9: Beispielhafte Merge-in-Transit-Distributionsmodelle²⁴¹

Klassifizierung

Die Distributionsmethode Merge-in-Transit gibt es ebenfalls in unterschiedlichen Ausführungen. Die einzelnen Arten lassen sich über die verschiedenen Ausprägungen der drei Merkmale Bündelungsort, Bündelungsobjekt und Bündelungsprozess differenzieren.

Bündelungsort. Wie bereits erwähnt, ist die Verantwortung der Konsolidierung in vielen Fällen den externen Logistikdienstleistern, v. a. KEP-Dienstleistern, übertragen.²⁴² Diese koordinieren die Einzelsendungen entsprechend, um das Zusammenfügen jener zu ei-

²³⁹ Vgl. Ala-Risku/Kärkkäinen/Holmström (2003), S. 3.

²⁴⁰ Vgl. Alicke (2003), S. 109.

²⁴¹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁴² Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 304.

ner gebündelten Sendung innerhalb eines eigenen Standortes oder während des Transports vollziehen zu können. Darüber hinaus ist ein kundennaher Konsolidierungspunkt, beispielsweise in Form eines „Contractmanufacturers“, einsetzbar, an dem im Zuge eines Outsourcing-Konzepts Produktions- bzw. Bündelungsprozesse übernommen werden.²⁴³ Der gesamte Transportprozess inklusive einer kundennahen Bündelungsstation kann ebenfalls vom Versender selbst übernommen werden.

*Bündelungsobjekt.*²⁴⁴ Der Ausgangspunkt eines Merge-in-Transit-Prozesses ist immer genau eine Bestellung eines Kunden. Umfasst diese Bestellung mehrere Güter, die aufgrund unterschiedlicher Lagerorte einzelne Sendungen bzw. Pakete verursachen, ist das Bündelungsobjekt die Gesamtsendung, die während des Lieferprozesses zusammengefasst werden soll. Die zweite Alternative eines Bündelungsobjekts ist ein einzelnes bestelltes Produkt. In diesem Fall ist es möglich, einzelne Produktteile aus verschiedenen Orten zusammen zu führen.

Bündelungsprozess. Das dritte Klassifizierungsmerkmal der Merge-in-Transit-Systeme ist der Prozessverlauf während der Bündelung. Die erste Möglichkeit ist gleichzeitig die einfachste Variante, bestehend aus den drei Teilprozessen Ankunft, Zusammenfügung und Weiterleitung. Das Hinzufügen weiterer Prozesse, wie z. B. Verpacken und Etikettieren, führt zu einer zweiten Ausprägung. Speziell beim Bündelungsobjekt Produkt müssen gegebenenfalls zusätzliche Fertigungsprozesse an den Bündelungsorten angeboten werden. Diese letzte Ausprägung ist entsprechend nur für Merge-in-Transit-Systeme sinnvoll, die sich auf einzelne Produkte als Bündelungsobjekt fokussieren.

Die folgende Tabelle 8 fasst die Klassifikationsmerkmale der Merge-in-Transit-Modelle mit ihren Ausprägungen zusammen.

Merkmale	Ausprägungen		
	Bündelungsort/-verantwortung	Transportunternehmen	Eigenregie Versender
Bündelungsobjekt	Einzelne Sendungen		Einzelteile eines Produkts
Bündelungsprozess	nur Zusammenfügen	zusätzl. Verpacken und Etikettieren	zusätzl. Fertigungsprozess

Tab. 8: Merkmalsausprägungen unterschiedlicher Merge-in-Transit-Ansätze

Auswirkungen des Merge-in-Transit

Für die Bewertung der Vorteile bzw. der Auswirkungen von Merge-in-Transit-Systemen ist wie beim Cross Docking die Betrachtungsperspektive entscheidend. Die Effekte entsprechen grundsätzlich denen des Cross Dockings. In Abhängigkeit von den charakteristischen Unterschieden in den Prozessabläufen und der Zielsetzung zwischen den beiden Bündelungsmethoden variiert jedoch die Intensität einzelner Effekte. Stark ausgeprägt bei Merge-in-Transit-Systemen sind die reduzierten Lagerbestandskosten²⁴⁵ sowie

²⁴³ Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 305.

²⁴⁴ Vgl. für diesen Absatz zum Bündelungsobjekt: Bretzke/Barkawi (2012), S. 304.

²⁴⁵ Die potentielle Verlagerung des Entkopplungspunkts sowie Poolingeffekte durch die zentrale Lagerung führen zu niedrigeren Lagerbeständen und damit auch -kosten. Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 305 sowie Ala-Risku/Kärkkäinen/Holmström (2003), S. 69.

der verbesserte Kundenservice²⁴⁶. Darüber hinaus verringern sich gegebenenfalls die Transportkosten, die Transparenz der Supply Chain steigt und die Auftragsersetzungszeit sinkt.

3.1.3.4 Kurzcharakterisierung der Sendungsbündelung im engeren Sinne

Die ausführliche Untersuchung der Eigenschaften, Formen und Auswirkungen der Sendungsbündelung im engeren Sinne (i.e.S.) findet in Abschnitt 3.2 statt. Als Grundlage für die Klassifizierung und Abgrenzung der verschiedenen Bündelungsmethoden wird jene in diesem Abschnitt aber kurz charakterisiert.

Aus verschiedenen methodischen Ansätzen früherer Forschungen, wie z. B. den zeitlichen („temporal“) und produktorientierten („product“) Bündelungsstrategien von Brennan (1981)²⁴⁷ oder der sogenannten Bestandsbündelung („inventory consolidation“) von Hall (1987), entwickelt sich die Grundidee der Sendungsbündelung i.e.S.²⁴⁸ Diese bezeichnet das Vorgehen, Güter bzw. Sendungen solange zu lagern, bis sie mit weiteren passenden Gütern bzw. Sendungen auf demselben Transportmittel gebündelt und ausgeliefert werden können. Die Definition der Sendungsbündelung i.e.S. für die vorliegende Arbeit ist etwas spezifischer formuliert und lautet wie folgt:

Sendungsbündelung i.e.S. bedeutet das Zusammenfassen von mindestens zwei einzelnen Transportaufträgen für denselben Kunden bzw. dasselbe Ziel zu einer gebündelten Ladung auf einem gemeinsamen Transportmittel.

Klassifizierung

Die Sendungsbündelung i.e.S. kann in unterschiedliche Distributionskonzepte bzw. Distributionsnetzwerke eingebettet werden. Die Abbildung 10 verdeutlicht die Integration innerhalb verschiedener Ausprägungsformen einer Versender-Empfänger-Beziehung.

Der Prozess der Sendungsbündelung i.e.S., auf den sich das spezifische Bündelungsmanagement ausschließlich bezieht, ist jeweils als grau gestrichelter Kasten innerhalb der Distributionsnetzwerke dargestellt. Im ersten Fall fungiert der Versender als Händler, indem er bestellte Waren des Empfängers zunächst von Versendern der Vorstufe beziehen muss. Für jede ankommende, verfügbare Ware hat er dann die Optionen, diese als Einzelsendung zum Empfänger weiterzuleiten oder solange zurückzuhalten, bis mehrere Warensendungen für den Empfänger verfügbar sind und ein gebündelter Transport erfolgen kann. Im zweiten Fall nimmt der Empfänger der ersten Stufe eine Bündelungsfunktion ein. Er aggregiert zum einen die einzelnen Nachfragen der Empfänger der

²⁴⁶ Die Verbesserung des Kundenservice zeigt sich zum einen durch die reduzierte Anzahl ankommender Sendungen und damit geringeren Empfangskosten. Zum anderen liegt der Fokus der Merge-in-Transit-Methode auf der Pünktlichkeit und Vollständigkeit der Sendung, welche sich positiv auf die Kundenzufriedenheit auswirken. Vgl. Kärkkäinen/Risku/Holmström (2003), S. 143f.

²⁴⁷ Vgl. Brennan (1981), zitiert nach Min (1996), S. 236.

²⁴⁸ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Hall (1987), S. 58.

zweiten Stufe und dient als Zielobjekt für den möglichen Bündelungstransport. Die Weitersendung der Waren zu den einzelnen Empfängern ist nicht mehr Teil des Sendungsbündelungsprozesses. Der letzte Fall symbolisiert die direkte Versender-Empfänger-Beziehung mit einem vielfältigen Produktangebot des Versenders. Mehrere einzelne Bestellungen unterschiedlicher Produkte des Empfängers können vom Versender optional als gebündelter Transport verschickt werden. Die drei dargestellten Distributionsnetzwerke sind untereinander kombinierbar, der enge Rahmen der Sendungsbündelung i.e.S. bleibt jedoch auch bei möglichen Kombinationen bestehen.

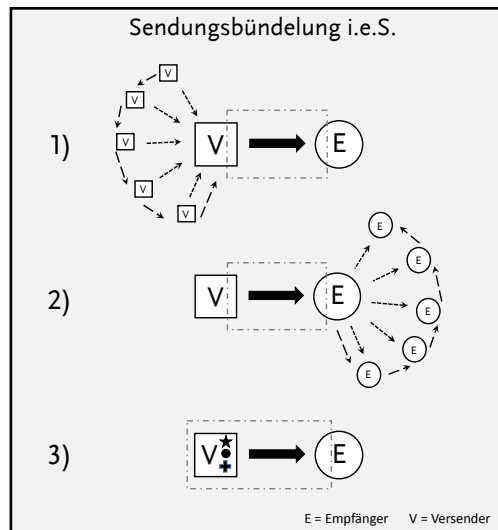


Abb. 10: Integration der Sendungsbündelung i.e.S. in unterschiedlichen Distributionsnetzwerken²⁴⁹

Die Art und Weise der Durchführung einer Sendungsbündelung i.e.S. ist vielfältig, die einzelnen Formen lassen sich mithilfe folgender Merkmale und ihrer Ausprägungen charakterisieren und differenzieren (vgl. Tab. 9).

Merkmale	Ausprägungen		
Detaillierungsgrad Zielobjekt	Kunde	Verteilpunkt	Lager
Aggregationsgrad des Bündelungsobjekts	Einzelne Bestellungen		Einzelne Produkte
Bündelungsstrategie	Zeit	Menge	Hybrid

Tab. 9: Merkmalsausprägungen unterschiedlicher Ansätze der Sendungsbündelung i.e.S.

Bei einer Sendungsbündelung i.e.S. gibt es genau ein Zielobjekt für das transportierte Bündel. Je nach Detaillierungsgrad der Betrachtung kann dies ein einzelner Kunde, ein Verteilpunkt in einem Distributionsnetzwerk oder ein dezentrales kundennahes Lager

²⁴⁹ Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 748.

sein.²⁵⁰ Die obige Definition der Sendungsbündelung i.e.S. zeigt bereits die Unterschiede beim Aggregationsgrad des Bündelungsobjekts. Ein zu transportierendes Bündel beinhaltet entweder mehrere Einzelgüter oder mehrere Einzelsendungen. Das zentrale Differenzierungsmerkmal der Sendungsbündelungen i.e.S. ist die jeweils zugehörige Bündelungsstrategie. Unter Bündelungsstrategie wird in diesem Fall die Wahl der Auslösebedingung für den Transport einer gebündelten Sendung verstanden.²⁵¹ Die in der wissenschaftlichen Literatur etablierten Strategien verwenden entweder einen bestimmten Zeitpunkt, ein bestimmtes Mengenmaß oder eine hybride Form aus Zeitpunkt und Mengenmaß als Auslösebedingung.

Auswirkungen der Sendungsbündelung i.e.S.

Das Ziel dieser Bündelung ist es, eine bessere Auslastung der Transporte zu erreichen, um durch die Skaleneffekte Transportstückkosten zu senken und den Schadstoffausstoß pro Transporteinheit zu reduzieren. Vor allem die Trade-Off-Beziehung zwischen sinkenden Transportkosten auf der einen Seite und steigenden Wartekosten und Lieferzeiten auf der anderen Seite ist bei den strategischen Planungen zu berücksichtigen. Eine ausführliche Betrachtung der Bündelungseffekte und ihrer Wechselwirkungen befindet sich in Gliederungspunkt 3.3.

3.1.3.5 Zusammenfassung weiterer Bündelungs- und Konsolidierungskonzepte und ihre Einordnung in das bestehende Begriffsverständnis

Es gibt einige Methoden und Forschungsfelder im distributionslogistischen Bereich, in deren Kontext das Bündelungsthema ebenfalls integriert oder zumindest optional vorhanden ist. In diesem Zusammenhang werden im Folgenden die vier sehr verbreiteten Konzepte City Logistik, Frachtbörsen, Spediteursnetzwerke und Industrieparks kurz eingeführt sowie ihre Verbindung zur Sendungsbündelung erläutert.

City Logistik

Wachsende Problembereiche bei der Güterverteilung auf der „letzten Meile“ im innerstädtischen Bereich führten zur Entstehung des Forschungsschwerpunktes City Logistik.²⁵² Dieser Begriff umfasst unter anderem spezifische Distributionsverfahren, die für eine ökonomisch und ökologisch effiziente Versorgung in Stadtgebieten eingesetzt werden. *Kaup* (1997) definiert in diesem Zusammenhang die Aufgabe der City Logistik als „kooperative Produktion von Logistikleistungen, die eine Ver- und Entsorgung einer Stadt oder Ballungsraums sicherstellen.“²⁵³ Bei der Umsetzung der City Logistik-Kon-

²⁵⁰ Für eine ausführlichere Darstellung sei an dieser Stelle auf Gliederungspunkt 3.2. verwiesen.

²⁵¹ Auslösebedingung bedeutet, dass ab einem bestimmten Punkt der Prozess des Zusammenfassens beendet ist und die Auslieferung beginnt, d. h. der Bündeltransport startet.

²⁵² Vgl. zu detaillierten Ausführungen der Problembereiche: Vahrenkamp (1998), S. 141f.

²⁵³ *Kaup* (1997), S. 24. Vgl. dazu auch *Isermann* (1994), S. 22–27.

zepte findet zudem eine parallele Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effizienzziele statt.²⁵⁴ Diese Motivation sowie der Fokus auf die Kooperation mehrerer Unternehmen stellen die Besonderheit und Abgrenzung gegenüber weiteren Forschungsfeldern dar. Die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit schließt vor allem die Konsolidierung von Güterströmen durch Sendungs- und Tourenverdichtung mit ein. Ewers (1994) bestätigt zudem die Bündelung als Hauptzweck der City Logistik.²⁵⁵ Die Gründe, warum die City Logistik trotz der starken Verflechtungen mit der Sendungsbündelung in den folgenden Klassifizierungen keine Berücksichtigung als weiteres Konzept findet, werden im nächsten Absatz kurz dargelegt.

An dem weiter oben beschriebenen Begriffsverständnis der City-Logistik von Kaupp (1997) lässt sich gut erkennen, dass die Sendungsbündelung nicht explizit in diesem Zusammenhang genannt wird. Die zentralen Begriffe sind vielmehr „Stadt/Ballungsraum“, „ökonomisch/ökologisch“ sowie „Kooperation/unternehmensübergreifend“. Im Rahmen der detaillierten Ausgestaltung der letztgenannten Begriffe stellt die Sendungsbündelung zwar wieder eine effiziente Umsetzungsmöglichkeit dar, jedoch unterscheiden sich die potentiellen Konzepte nicht von den bisher diskutierten Modellen der Sendungsbündelung. Die gebündelte Ver- oder Entsorgung der Stadtziele erfolgt beispielsweise mit Milkrun-Systemen, über stadtnahe Umschlagsterminals bzw. Cross Docking Center oder durch Sendungsbündelungen i.e.S.²⁵⁶ Die City Logistik beinhaltet dementsprechend zwar verschiedene Konzepte der Sendungsbündelung, stellt aber im ursprünglichen Verständnis keine eigenständige Bündelungsmethode dar. Da die potentiell integrierten Bündelungskonzepte auch als alleinstehende Methoden analysiert und klassifiziert werden, ist eine weitere Berücksichtigung der City Logistik im Folgenden nicht notwendig.

Frachtbörsen

Frachtbörsen zeichnen für die Anbahnung von zusätzlichen Geschäften zwischen Verladern und Frachtführern verantwortlich, sind aber selbst nicht an Speditions- und Frachtverträgen beteiligt.²⁵⁷ In Europa existieren diese vermittelnden Unternehmen zwar schon seit Mitte der 1980er Jahre, die große Verbreitung erfolgte jedoch erst mit der Entwicklung des Internets, das die Kommunikation und den Informationsaustausch wesentlich vereinfachte. Die zur Verfügung gestellten elektronischen Marktplätze steigern die Transparenz bei der Vermittlung von Ladungen bzw. von Laderaum und ermöglichen eine effiziente Abwicklung. Den Frachtführern bieten sich die Gelegenheiten, zusätzliche passende Sendungen mit ihrer bestehenden Ladung zu kombinieren, sodass auch hier Vorgänge der Sendungsbündelung stattfinden.

²⁵⁴ Vgl. Kaupp (1997), S. 25.

²⁵⁵ Vgl. Ewers (1994), S. 28.

²⁵⁶ Durch die Hinzunahme zusätzlicher Senken von kooperierenden Unternehmen während eines Milkruns kann beispielsweise die Auslastung der Verkehrsmittel bei der Verteilung der Güter im Stadtgebiet gesteigert werden. Ausgangspunkt dieser gebündelten Touren sind gemeinsame Umschlagsterminals, die als Cross Docking Systeme effizient genutzt werden können.

²⁵⁷ Für folgenden Absatz vgl. Schulte (2013), S. 221f.

Die Frachtbörse ist in diesen Fällen aber kein direktes Sendungsbündelungskonzept, sondern agiert auf eine indirekte Weise. Sie schafft zwar die Voraussetzungen für potentielle Bündelungsvorgänge, deren tatsächliche Durchführung findet dann aber mithilfe der bereits erläuterten Sendungsbündelungskonzepte statt. In erster Linie ist die Frachtbörse für das Konzept Milkrun geeignet, indem sich die Frachtführer auf ihrer jeweiligen Transportstrecke zusätzliche Quellen oder Senken zur Reduzierung ihres Leerfahranteils suchen. Aufgrund dieser lediglich indirekten Beteiligung an der Sendungsbündelung wird die Frachtbörse bei den folgenden Klassifizierungen nicht integriert.

Spediteursnetzwerk

Der Gebietsspediteur oder auch das Spediteursnetzwerk sind Systeme, die sowohl ihren Ursprung als auch ihr hauptsächliches Einsatzgebiet in der Beschaffungslogistik haben.²⁵⁸ Ein einzelner Spediteur zeichnet dabei für alle Lieferungen aus einem abgegrenzten Gebiet verantwortlich. Im Zusammenhang mit der Beschaffungslogistik sammelt er diese ein und leitet sie als gebündelte Sendung an ein Unternehmen der folgenden Stufe der Supply Chain weiter. Umgekehrt verteilt der Gebietsspediteur in der Distributionslogistik die gebündelte Ware als Einzelsendungen weiter an die jeweiligen Zielorte.²⁵⁹

Das Gebietsspediteur-Konzept ist in diesen Fällen aber ebenfalls nur indirekt beteiligt an den durchgeführten Sendungsbündelungen. Die Unternehmen, die ein solches System einsetzen, verfolgen unter anderem das Ziel, administrative Aufgaben sowie die Kommunikation durch Fokussierung auf einen einzigen Spediteur zu vereinfachen. Die Sendungsbündelung ist eine zusätzliche Gestaltungsmöglichkeit des Spediteurs für eine effiziente Bewältigung seiner Aufgabe. Vor allem der Einsatz von Milkruns, aber auch die Konzepte der Sendungsbündelung i.e.S., des Merge-in-Transits und des Cross Dockings sind in diesem Zusammenhang ökonomisch und ökologisch zielführende Maßnahmen. Wie bei den Frachtbörsen, schafft auch das Spediteursnetzwerk bzw. der Gebietsspediteur lediglich die Voraussetzungen für den Einsatz von Bündelungsmethoden, die dann in Eigenverantwortung von den Spediteuren implementiert werden können. Der indirekte Zusammenhang zur Sendungsbündelung führt deshalb ebenfalls zu einem Ausschluss des Gebietsspediteur-Konzepts bzw. des Spediteursnetzwerks bei den folgenden Klassifizierungen.

Industrieparks

Im Kontext der Begriffe Bündelung und Dienstleistungsbündelung gibt es speziell in der Automobilbranche die Industrieparks²⁶⁰, welche sich als erfolgreiches Konzept im Zusammenhang mit den Just-in-Time-Anlieferungen etabliert haben.²⁶¹ Dort siedeln sich durch eine gemeinschaftliche und gesamtheitliche Planung mehrere Zulieferbetriebe in unmittelbarer Nähe nebeneinander und gleichzeitig in kurzer Distanz zum

²⁵⁸ Für den folgenden Absatz: vgl. Metzler (2013), S. 281 und Bichler et al. (2011), S. 69.

²⁵⁹ Vgl. Klaus/Krieger (2008), S. 197f.

²⁶⁰ Alternativ auch Zulieferpark, Lieferantenpark oder Supplier Park (vgl. Klug (2010), S. 310).

²⁶¹ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 83f.

Kunden an, um Synergieeffekte zu realisieren. Das Ziel solcher Industrieparks sind Kosteneinsparungen, Serviceverbesserungen sowie Erhöhung der Lieferflexibilität und Versorgungssicherheit.²⁶² Darüber hinaus bestehen Bündelungsoptionen bei den Materialströmen im Anlieferungsprozess zu den Kunden.²⁶³

Im Zusammenhang mit der Sendungsbündelung lassen sich die Industrieparks, je nach detaillierter Ausgestaltungsform der gemeinsamen Transport- und Tourenplanung, bereits diskutierten alternativen Konzepten zuordnen. Das besondere charakteristische Merkmal bleibt dabei jeweils die direkte räumliche Nähe der einzelnen Lieferanten. Übernimmt ein Lieferant die gemeinsamen Planungsaufgaben und zeichnet damit verantwortlich für alle Lieferungen, dann ist der Industriepark eine Spezialform des Gebietsspediteur-Konzepts, bei dem die Sammeltouren aufgrund der räumlichen Nähe sehr kurz sind bzw. kaum bis gar nicht stattfinden. Ergänzen sich die einzelnen Teile der jeweiligen Lieferanten zu einem größeren Modul, welches der Kunde direkt in den Produktionsprozess integrieren kann und für das ein einzelner Lieferant in der Hauptverantwortung steht, dann nutzt dieser Lieferant die Merge-in-Transit-Methode für seine Distribution.

Die Sendungsbündelungsmethoden sind auch in diesem Fall eine Folge des Industriepark-Konzepts und der darin implementierten Distributionsstrategie. Die räumlich nahe Standortwahl der Lieferanten als Industriepark lässt sich dementsprechend nicht den direkten Bündelungsmethoden zuordnen und wird bei den folgenden Klassifizierungen nicht berücksichtigt.

3.1.4 Klassifizierung der Sendungsbündelungskonzepte

Die Ausführungen des letzten Abschnitts 3.1.3 zeigen bereits ansatzweise die Unterschiede zwischen den einzelnen Möglichkeiten der Sendungsbündelung auf, ohne jedoch konkret diese Differenzierungsmerkmale hervorzuheben. Dieses Ziel steht nun im Fokus der folgenden Gliederungspunkte. Zunächst wird hierfür ein bereits existierender Klassifizierungsansatz aus den wissenschaftlichen Publikationen präsentiert. Dieser greift jedoch an den entscheidenden Stellen zu kurz, sodass im Anschluss ein neues und verbessertes Klassifizierungsmodell entwickelt wird. Ein wichtiger Aspekt liegt dabei auf einer möglichst einfachen Struktur, um die wesentlichen Unterschiede schnell und deutlich erkennen zu können. Damit soll vor allem auch die Anwendung des Klassifizierungsmodells in der Unternehmenspraxis erleichtert werden, sodass die Auswahl geeigneter Bündelungsmethoden für die spezifischen Distributionssituationen einfach und intuitiv erfolgen kann.

²⁶² Vgl. Klug/Vogl (2003), S. 28f. und Gareis (2002), S. 386.

²⁶³ Vgl. Klug (2010), S. 311.

3.1.4.1 Literaturbasierter Klassifizierungsansatz nach Zeit-Raum-Dimensionen

Ein weit verbreiteter Ansatz für die Klassifizierung von Sendungsbündelungsmethoden ist die Dimension, über welche die Zusammenführung einzelner Sendungen zu einer größeren Bündelmenge erfolgt. Dabei werden die Zeit und der Raum als mögliche Ausprägungen betrachtet.²⁶⁴

Der zentrale Aspekt einer räumlichen Bündelung ist die Zusammenfassung einzelner Güter oder Sendungen mit jeweils unterschiedlichen Distributionszielen. Für eine erfolgreiche Umsetzung der Bündelungsvorhaben ist dabei eine räumliche Nähe zwischen den jeweiligen Zielorten notwendig. Bereits die Umstellung der Distribution von Direkttransporten auf mehrstufige Transportsysteme impliziert eine räumliche Bündelung.²⁶⁵ Durch die Einführung der zusätzlichen Stufe können einzelne Warenströme für den Hauptlauf hin zum Verteilungspunkt entsprechend zusammengefasst werden.²⁶⁶ Im Rahmen der räumlichen Bündelung sind die einzelnen Elemente (Aufträge, Sendungen, Güter, Warenströme, etc.) zum Zeitpunkt des Bündelungsvorgangs bereits vorhanden.²⁶⁷

Eine zeitliche Bündelung findet hingegen dann statt, wenn zum Zeitpunkt der Bündelungsentscheidung die einzelnen Bestandteile noch nicht vollständig verfügbar sind. Ein gemeinsamer Bündelungstermin entsteht somit durch die Verzögerung der Lieferung am Versandpunkt oder durch die Zurückhaltung von Lieferungen am Empfangspunkt.²⁶⁸ Für die Distributionsplanung steht im Rahmen der zeitlichen Bündelung die Antizipation der zu bündelnden Bedarfe eines bestimmten Zielgebiets im Fokus.²⁶⁹ Hier ist ebenfalls ein Zusammenhang zu den klassischen Bestellmengenoptimierungen zu erkennen, mit dem Unterschied, dass die Bestellfrequenz in den Optimierungsmodellen keine zeitliche Steuerungsgröße, sondern ein resultierender Wert ist. Beim Übergang der Distributionsstrategie von einem Pull-System zu einem Push-System und dem entsprechenden Wechsel der Perspektive, ist die Transportfrequenz eine entscheidende Steuerungsvariable für die zeitliche Bündelung.²⁷⁰ Der selbstbestimmte Rhythmus der Transportbeziehungen durch den Versender führt zu verbesserten Planungsmöglichkeiten und einer höheren Auslastungsquote der Transportmittel.

²⁶⁴ Vgl. dazu u. a. Bretzke/Barkawi (2012), S. 252, Souren (2012), S. 146f. und Bichler et al. (2011), S. 99.

²⁶⁵ Vgl. Souren (2012), S. 144.

²⁶⁶ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 99.

²⁶⁷ Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 252.

²⁶⁸ Vgl. Bichler et al. (2011), S. 99.

²⁶⁹ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Bretzke/Barkawi (2012), S. 252.

²⁷⁰ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Souren (2012), S. 146.

Eine exakte Zuordnung und Abgrenzung der vier Sendungsbündelungsmethoden in Bezug auf die beiden Dimensionen Zeit und Raum ist schwierig. Die Klassifizierung erfolgt deshalb auf einer bipolaren Skala, um die Ausprägungsintensität der beiden Dimensionen in den Konzepten deutlicher darstellen zu können (Abb. 11).²⁷¹

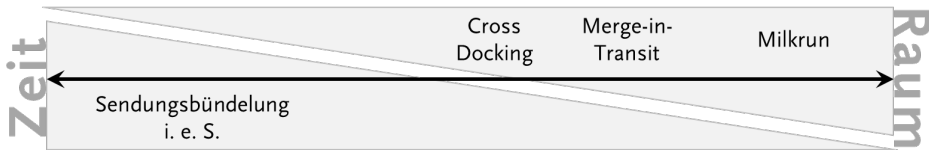


Abb. 11: Klassifizierung der Bündelungskonzepte nach Zeit-Raum-Dimensionen²⁷²

Die Sendungsbündelung i.e.S. hält gemäß ihrer Definition und Kurzcharakterisierung Güter bzw. Sendungen solange zurück, bis die geplanten Konsolidierungselemente verfügbar sind, und entspricht damit den eben ausgeführten Kriterien einer zeitlichen Bündelung.²⁷³ Eine theoretisch mögliche Aggregation mehrerer einzelner Distributionsziele inklusive ihrer Nachfragemenge in einen zentralen Verteilungspunkt, der dann mithilfe einer Sendungsbündelung i.e.S. beliefert werden soll, zeigt jedoch, dass die räumliche Dimension nicht komplett ausgeschlossen ist.²⁷⁴

Während beim Milkrun eine stärkere Ausprägung der räumlichen Dimension zu erkennen ist, gestaltet sich die Einordnung von Cross Docking und Merge-in-Transit anhand ihrer jeweiligen Dimensionsausprägungen schwierig.²⁷⁵ Die grundlegende Idee bei einem Milkrun ist es, unterschiedliche Ziele zu einer Tour zusammenzufassen, um mehrere Direkttransporte durch eine Sammeltour zu ersetzen. Die Bedingungen für eine räumliche Bündelung sind damit erfüllt.

Gemäß seiner Definition ist Cross Docking ein Umschlagpunkt, der ohne bzw. nur mit sehr kurzer Lagerhaltung arbeitet.²⁷⁶ Da die Zurückhaltung der einzelnen Sendungen damit nicht im Fokus steht, ist das Cross Docking grundsätzlich stärker der räumlichen Bündelung zuzuordnen. Die Unternehmenspraxis zeigt jedoch noch immer eine verbreitete Kombination aus Cross Docking Systemen und Distributionslagern, auch wenn

²⁷¹ Die beiden Enden der Skala markieren jeweils eine reine zeitliche bzw. eine reine räumliche Dimension. Dazwischen nimmt der relative Anteil der zeitlichen Dimensionsausprägung von links nach rechts ab, während der relative Anteil der räumlichen Dimensionsausprägung im gleichen Umfang wächst.

²⁷² Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷³ Vgl. Gliederungspunkt 3.1.3.4 zur Kurzcharakterisierung der Sendungsbündelung i.e.S.

²⁷⁴ Die räumliche Bündelung (Aggregation mehrerer Standorte) findet in diesem Fall allerdings vor der tatsächlichen Anwendung der Sendungsbündelung i.e.S. statt. Die im Verteilungspunkt gebündelte Nachfrage der einzelnen Standorte wird als Gesamtes anschließend durch eine zeitliche Bündelung beliefert.

²⁷⁵ Die Methode des Milkruns im Rahmen der Beschaffungslogistik lässt sich auch als zeitlich orientierte Bündelung einsetzen.

²⁷⁶ Vgl. Gliederungspunkt 3.1.3.2 zur Kurzcharakterisierung des Cross Docking Konzepts.

der Anteil der Lagerhaltung im Abfertigungsprozess sinkt.²⁷⁷ Aus diesem Grund ist eine eindeutige Abgrenzung nicht möglich und die Option der zeitlichen Bündelung muss ebenfalls berücksichtigt werden.

In den grundlegenden Merge-in-Transit-Modellen ist die gebündelte Sendung für einen einzigen Kunden bestimmt, d. h. eine räumliche Zusammenfassung mehrerer Distributionsziele besteht hier nicht. Die Bündelung der Sendungen findet, wie bereits beschrieben, stufenübergreifend statt, indem einzelne Liefertouren mit dem Haupttransportstrang verknüpft werden. Dieses Zusammenfügen kann sowohl räumlich wegen verstreuter Lieferantenstandorte als auch zeitlich durch Berücksichtigung verschiedener Verfügungsstermine erfolgen.²⁷⁸ Dem ersteren Fall wird in der vorliegenden Arbeit die höhere Bedeutung für das Merge-in-Transit-Konzept zugeschrieben.

3.1.4.2 Eigener Klassifizierungsansatz nach der neuen V/E/B-Methode

Eine genaue Analyse der jeweiligen Charakteristiken der vier Bündelungsmodelle offenbart drei Merkmale, mithilfe derer eine genaue Abgrenzung möglich ist. Der folgende Abschnitt entwickelt auf dieser Basis einen Klassifizierungsansatz. Die Einführung der spezifischen Notationsform zur kurzen Beschreibung der wichtigsten Merkmalsausprägungen der jeweiligen Bündelungsmethode soll zukünftig eine schnelle Zuordnung der entsprechenden quantitativen Lösungsmodelle zur richtigen Sendungsbündelungsart ermöglichen. Als schematisches Vorbild dienen beispielsweise die Tupel-Notationen von *Kendall* (1953) bezüglich der Warteschlangentheorie sowie von *Sucky* (2004) für Produktionsplanungspolitiken in Supply Chains.²⁷⁹

Der gesamte Ablaufprozess einer Sendung lässt sich auf drei wesentliche Bestandteile reduzieren, mit deren Hilfe eine eindeutige Klassifizierung der vier kennengelernten Bündelungsmethoden möglich ist. Voraussetzung für eine Lieferung ist eine existierende Geschäftsbeziehung zwischen mindestens zwei Teilnehmern, die durch einen Warenstrom verbunden sind. Während erstere im Fortlaufenden als Empfänger und Versender benannt werden, kennzeichnen die Bestellungen der Empfänger bei den Versendern den Warenstrom. Je nach Bündelungsmethode können die drei Hauptmerkmale **Versender (V)**, **Empfänger (E)** und **Bestellungen (B)** gemäß ihrer Menge variieren. Die genaue Anzahl im Falle mehrerer Elemente ist nicht ausschlaggebend, sodass sich

²⁷⁷ Vgl. Apte/Viswanathan (2000) S. 295 für die Kombinationsmöglichkeit von Cross Docking und Lagerhauskonzepten sowie den Cross Docking Trends Report von 2011 (o. A. (2011a), S. 8).

²⁷⁸ Räumliche Bündelung: Die Sendung von Lieferant A wird statt über das Unternehmen B direkt zu Kunde C geliefert. Die Touren AB und BC werden durch AC ersetzt. Befinden sich A, B und C an unterschiedlichen Orten, sind die Bedingungen einer räumlichen Bündelung erfüllt.

Zeitliche Bündelung: Kunde C bestellt eine Sendung, die aus Teil 1 und 2 besteht und einmal von Unternehmen B (Teil 1) und einmal von Lieferant A (Teil 2) geliefert wird. Unter der Annahme, dass beispielsweise Teil 2 erst nächste Zeitperiode zur Verfügung steht und die Sendung komplett beim Kunden ankommen soll, wird Teil 1 solange zurückgehalten, bis eine parallele Lieferung erfolgen kann. In diesem Fall sind die Bedingungen einer zeitlichen Bündelung erfüllt.

²⁷⁹ Vgl. Kendall (1953), S. 338 und Sucky (2004), S. 77.

die notwendigen Merkmalsausprägungen jeweils auf „1“ und „n“ beschränken. Die Variable n symbolisiert in diesem Zusammenhang eine beliebige natürliche Zahl größer als eins.

Ein **Versender** ist jedes Unternehmen, das als potentielle Quelle für mindestens einen Teil der gebündelten Bestellungen in Frage kommt. Wer dabei die Hauptverantwortung für die Distributionspolitik trägt, spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle.

Ein **Empfänger** ist jedes Unternehmen, das als potentielle Senke für mindestens einen Teil der gebündelten Bestellungen in Frage kommt. Es besteht kein Unterschied, ob nur ein Produktteil oder komplette LKW-Ladungen für das jeweilige Ziel bestimmt sind.

Eine **Bestellung** ist jeder Lieferauftrag, den ein Empfänger zu einem bestimmten Zeitpunkt erteilt. Die Anzahl der Positionen pro Bestellung ist in diesem Zusammenhang nicht relevant, entscheidend für die Abgrenzung mehrerer Bestellungen sind die unterschiedlichen Zeitpunkte.²⁸⁰

Auf Basis dieser Begriffsbestimmungen lassen sich die vier Bündelungsmethoden mit den drei Merkmalen „Versender/Empfänger/Bestellungen“ (V/E/B) wie folgt klassifizieren (vgl. Tab. 10).

	Sendungsbündelung i.e.S.	Cross Docking	Merge-in- Transit	Milkrun
Versender	1	n	n	1
Empfänger	1	n	1	n
Bestellungen	n	n	1	n

Tab. 10: Klassifizierung nach der V/E/B - Methode

Die Modelle zur Sendungsbündelung i.e.S. (1/1/n) betrachten für jede gebündelte Sendung jeweils genau einen Versender und einen Empfänger.²⁸¹ Die Zusammenstellung des Bündels erfolgt über mehrere Bestellungen, die gemäß der ersten beiden Merkmale übereinstimmen.

Das Cross Docking (n/n/n) ist die komplexeste Sendungsbündelungsoption, indem zahlreiche Bestellungen von mehreren unterschiedlichen Versendern zu mehreren verschiedenen Empfängern mithilfe gebündelter Ladungen transportiert werden. Das Ziel dieser Methode ist eine jeweils empfangerreine Zusammensetzung der entsprechenden Ladung.

²⁸⁰ Bestellt Empfänger A um 10 Uhr zwei Pakete und anschließend um 11 Uhr erneut ein weiteres Paket, so sind dies zwei eigenständige Bestellungen. Diese können jedoch beispielsweise als gebündeltes Paket versandt werden.

²⁸¹ Der Empfänger kann auch ein einzelner Verteilpunkt sein, in dem mehrere Einzelnachfragen aggregiert sind. Die Betrachtung des Transports erfolgt jedoch in allen Fällen nur bis zum Verteilpunkt.

Die Besonderheit bei der Merge-in-Transit-Methode ($n/1/1$) ist das Vorliegen von nur einer Bestellung eines Empfängers. Damit trotzdem eine Bündelungsmöglichkeit besteht, muss entweder die Gesamtbestellung aus mehreren Einzelpositionen bestehen oder das bestellte Produkt aus mehreren lieferbaren Einzelteilen hergestellt sein. In diesem Zusammenhang ist es ebenfalls notwendig, dass die Einzelteile des Bündels an unterschiedlichen Orten (= mehrere Versender) starten, um dann während des Transportprozesses zusammengefügt zu werden.

Der Milkrun ($1/n/n$) in der Distributionsvariante startet immer bei genau einem Unternehmen (Versender). Die gebündelte Ladung (mehrere Bestellungen) auf dem Transportmittel wird im Anschluss auf einer Rundtour in einer bestimmten Reihenfolge an die einzelnen Empfänger verteilt.

Insgesamt sind bei dieser Art der Klassifizierung acht verschiedene Kombinationen der Merkmalsausprägungen möglich. Eine kurze Betrachtung der verbliebenen vier Möglichkeiten rundet das Gesamtbild der Klassifizierungsmethode ab.

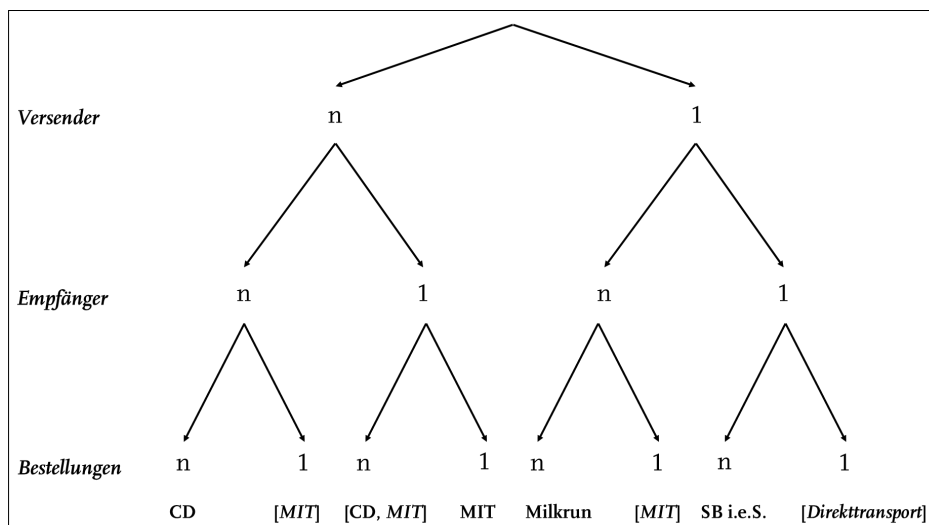


Abb. 12: V/E/B - Klassifizierungsmethode mit allen Ausprägungsvarianten²⁸²

Besteht das Distributionssystem nur aus einem Versender, einer Bestellung und einem Empfänger ($1/1/1$), ist ein Direkttransport die logische Konsequenz und ein sinnvoller Einsatz einer Sendungsbündelungsmethode nicht möglich.

Die beiden verbliebenen Fälle mit jeweils nur einer Bestellung ($n/n/1$ und $1/n/1$) kennzeichnen Modelle, die nur eingeschränkt für Bündelungsszenarien in Frage kommen. In der ersten Situation muss die vorliegende Bestellung aus mehreren Teilpositionen bestehen, damit mehrere Empfänger und Versender überhaupt einen Sinn ergeben. Unter der Annahme, dass ein Unternehmen verschiedene zusammengehörige Teile von

²⁸² Quelle: Eigene Darstellung.

unterschiedlichen Lieferanten an verschiedene Lieferadressen bestellt, lässt sich ein mögliches Beispiel konstruieren. Die Praxisrelevanz dieser Spezialvariante eines Merge-in-Transit-Modells ist jedoch als sehr niedrig einzuschätzen.²⁸³ In der zweiten Situation müssen für eine sinnvolle Variante bezüglich der Bestellpositionen und der Empfängeradressen die gleichen Voraussetzungen wie eben gelten. Das zu konstruierende Fallbeispiel lässt sich auch in diesem Zusammenhang als Spezialform eines Merge-in-Transit-Systems identifizieren. Die letzte noch nicht definierte Ausprägungsvariante (n/1/n) lässt sich als jeweiliger Spezialfall sowohl dem Cross Docking als auch dem Merge-in-Transit zuordnen. Dies zeigt wiederum den sehr engen Verwandtschaftsgrad der Methoden. Ein Distributionsmodell mit mehreren Versendern und Bestellungen sowie einem Empfänger kann als Teilproblem eines Cross Docking Systems verstanden werden. Der Fokus liegt in diesem Fall nur auf einem bestimmten Transportweg zwischen Cross Docking Station und dem Kunden.²⁸⁴ Mehrere Bestellungen innerhalb eines Merge-in-Transit Systems führen zu einer möglichen Kombination von Sendungsbündelungsmethoden, da nun nicht ausschließlich Transportwege sondern auch einzelne Bestellungen zusammengefasst werden können.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die V/E/B-Klassifizierungsmethode Unternehmen bei der Suche nach passenden Bündelungsmethoden für spezifische Distributionssituationen unterstützt. Eine schnelle Identifikation der quantitativen Ausprägungen der drei Hauptmerkmale führt direkt zu der richtigen Bündelungsform. Jedoch ist nach dieser Auswahl noch eine kurze Überprüfung der Situation notwendig, bevor eine endgültige Entscheidung getroffen wird. Die Gründe dafür werden in der folgenden kritischen Würdigung der V/E/B-Klassifizierung ausführlich dargelegt.

3.1.4.3 Kritische Würdigung der V/E/B-Klassifizierung

Die V/E/B-Klassifizierung reduziert komplexe Distributionsmodelle aus der Unternehmenspraxis mit vielen unterschiedlichen Merkmalen auf drei wesentliche Charakteristiken. Die dadurch sinkende Komplexität ermöglicht eine einfache Strukturierung und Organisation sowie ein schnelleres Einordnen der vorliegenden Situation. Gleichzeitig steigt die Gefahr durch die Merkmalsreduzierung spezifische Distributionssituationen der Unternehmenspraxis gar nicht oder falsch zu erfassen.

Bei der geringen Anzahl an Merkmalen ist es zunächst wichtig, dass deren Begriffsverständnis bei der Bestimmung der Ausprägungen genau eingehalten wird. Schon das falsche Verständnis eines Merkmals führt in den meisten Fällen zu einer falschen Einord-

²⁸³ Das Spezielle an diesem Merge-in-Transit-Modell ist die Erweiterung der Bündelung um eine zusätzliche Stufe. Statt der Bündelung der Transportstrecken AB und BC zu AC werden nun die Transportstrecken AB, BC und CD zu AD gebündelt (A=Vor-oder Nebenlieferant, B=Hauptlieferant, C=Empfänger, D=spezifische interne Empfängeradresse).

²⁸⁴ Es wird nur ein abfahrender LKW betrachtet, der zuvor mit mehreren Bestellungen von unterschiedlichen, ankommenden LKW bestückt worden ist.

nung. Nach der richtigen Bestimmung der Ausprägungskombination findet die Zuordnung zu einem Sendungsbündelungskonzept statt. Bei fünf von acht möglichen Ausprägungskombinationen ist die Zuordnung eindeutig.²⁸⁵ Die übrigen drei Fälle verweisen auf spezielle Situationen, bei denen die Abgrenzung zwischen den geeigneten Bündelungsmethoden nicht mehr genau erfolgen kann. Es gibt für die Distributionsszenarien $n/n/1$ und $1/n/1$ zwar jeweils eine deutliche Tendenz, diese als Spezialform eines Merge-in-Transit-Modells anzusehen, sie lassen sich jedoch als außergewöhnliche Sonderformen auch den anderen Methoden zuordnen. Gut zu erkennen ist dieses Zuordnungsproblem beim Szenario $n/1/n$, welches sowohl als Spezialfall eines Cross-Docking- als auch eines Merge-in-Transit-Systems angesehen werden kann. Eine genaue Abgrenzung ist in diesen Fällen nur durch eine Erweiterung der Betrachtungsperspektive mit Hinzunahme weiterer Merkmalsfaktoren möglich.

Zu beachten ist außerdem, dass die V/E/B-Klassifizierung nur eine Vorauswahl bzw. Gebietsabgrenzung vornimmt. Die Auswahl für das tatsächlich umzusetzende, detailliert ausgeplante Sendungsbündelungsmodell wird zwar durch das Verfahren stark eingeschränkt, muss aber im Anschluss an die Klassifizierung durch weitere Maßnahmen noch vollendet werden.

Mit der Berücksichtigung der genannten Schwachpunkte bei der Durchführung der V/E/B-Klassifizierung sollte es einem Entscheidungsträger möglich sein, das geeignete Bündelungskonzept auf eine schnelle und unkomplizierte Weise zu finden. In der Regel wird das relevante Zielgebiet direkt erreicht, gegebenenfalls ist eine Erweiterung des Betrachtungshorizonts, beispielsweise durch die Kombination des Verfahrens mit weiteren Klassifizierungsmodellen, notwendig.

3.1.5 Einschränkung des Untersuchungsfeldes auf die Sendungsbündelung i.e.S.

Eine umfassende Untersuchung des kompletten Forschungsfeldes, inklusive aller Konzepte der Sendungsbündelung, würde in den folgenden Gliederungspunkten und Kapiteln zu weit führen und den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Deshalb fokussieren die weiteren Analysen auf die Sendungsbündelung i.e.S. Die Auswahl dieser Variante hat mehrere Gründe. Die mengenmäßige Beschränkung auf jeweils einen Versender und Empfänger reduziert zum einen die Komplexität der zu erstellenden Modelle und erweitert dadurch die Untersuchungsmöglichkeiten. Zum anderen können die Ergebnisse dieser Modelle als Basis für weiterführende Forschungen im Bereich der drei anderen Bündelungsmethoden genutzt werden, da grundlegende Prozessbausteine der Sendungsbündelung i.e.S. ebenfalls in diesen vorkommen.

²⁸⁵ Vgl. die Methoden aus Abb. 12, die nicht in eckigen Klammern geschrieben sind.

Das Cross Docking Bündelungsverfahren besteht aus vielen einzelnen Distributionssituationen, innerhalb derer eine Sendungsbündelung i.e.S. stattfindet. So stellt z. B. der zu planende Transport vom Cross Docking Center zu einem bestimmten Kunden eine solche charakteristische Situation dar, genauso wie z. B. der Transport eines ausgewählten Lieferanten zum Cross Docking Center. Die spezifische Aufgabe des Cross Dockings hingegen ist die Koordination der Inbound-Transporte aller Lieferanten mit den Outbound-Transporten zu allen Kunden.

In einem Merge-in-Transit System lässt sich die Distributionssituation zwischen dem Konsolidierungspunkt auf der Transportstrecke und dem Empfänger als separate Sendungsbündelung i.e.S. betrachten.

Zwischen der Sendungsbündelung i.e.S. und dem Milkrun besteht hinsichtlich der grundsätzlichen strategischen Ausrichtung der Bündelung ein deutlicher Unterschied.²⁸⁶ Trotzdem lässt sich durch wenige Annahmen ein Modell der Sendungsbündelung i.e.S. so anpassen, dass Erkenntnisse für Milkrun-Konzepte ebenfalls abgeleitet werden können.²⁸⁷

3.2 Erkenntnisse aus der Literatur zur Sendungsbündelung i.e.S.

Das folgende Unterkapitel fasst die wichtigsten Erkenntnisse der wissenschaftlichen Literatur über das Forschungsfeld der Sendungsbündelung i.e.S. zusammen. Das Ziel dieses Abschnitts ist es, das theoretische Fundament des Forschungsthemas übersichtlich aufzubereiten, um anschließend die Forschungslücken identifizieren und den zu leistenden Forschungsbedarf dieser Arbeit festlegen zu können.

Die bereits existierenden, relevanten Literaturrecherchen, -analysen und -überblicke zum Thema der Sendungsbündelung i.e.S. zeigt der direkt folgende Gliederungspunkt in einer kurzen Zusammenfassung. Die gewählte strukturelle Vorgehensweise zur Wahrung der angestrebten übersichtlichen Darstellung wird im Anschluss erläutert, bevor diese dann im weiteren Verlauf sukzessive verfolgt wird. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung des aktuellen Erkenntnisstandes auf dem Gebiet der Sendungsbündelung i.e.S. und leitet aus den aufgedeckten Forschungslücken die entscheidenden Fragen ab, die mithilfe des quantitativen Instruments der Simulation im Kapitel 5 beantwortet werden sollen.

²⁸⁶ Vgl. dazu vor allem den Klassifizierungsansatz nach den Zeit-Raum-Dimensionen in Gliederungspunkt 3.1.4.1.

²⁸⁷ Die Anpassungen betreffen vor allem die zeitliche Verfügbarkeit der Bestellungen sowie die zu beachtenden Transportkosten.

3.2.1 Existierende Literaturanalysen und -überblicke

Die wissenschaftlich relevanten Veröffentlichungen zum Thema der Sendungsbündelung sind fast ausschließlich im englischsprachigen Forschungsraum unter den Termini „shipment consolidation“ und „freight consolidation“ zu finden.²⁸⁸ Es gibt im Rahmen dieser Forschungsbegriffe drei zentrale Literaturübersichten aus drei unterschiedlichen Jahrzehnten, die somit ebenfalls die Entwicklung des Themengebietes widerspiegeln. *Jackson* (1980) bietet eine Zusammenfassung der relevanten Forschungsbeiträge zur Sendungsbündelung in den Jahren vor 1980.²⁸⁹ Da die wichtigste Publikation aus dieser Zeit ebenfalls in den jüngeren Literaturanalysen berücksichtigt werden, besteht in diesem Fall keine Relevanz für eine ausführlichere Auseinandersetzung mit *Jackson* (1980). *Min und Cooper* (1990) zeigen beispielsweise ebenfalls die Anfänge des Forschungsgebietes auf. Die Arbeit von *Çetinkaya* (2005) bietet darüber hinaus eine ausführliche Übersicht über den Status Quo der Sendungsbündelung bis zum Jahr 2005. Für die jüngeren Veröffentlichungen danach existiert bisher kein umfassender, eigenständiger Literaturüberblick.²⁹⁰

3.2.1.1 Literaturüberblick von *Min/Cooper* (1990)

Min und Cooper (1990) strukturieren die einzelnen Veröffentlichungen in ihrem Literaturüberblick anhand der drei Klassifizierungsmerkmale Bündelungsstrategie, Untersuchungsmethode und Implementierungsstatus. Die „räumliche“, „zeitliche“ und „produktorientierte“ Bündelung sind die drei Ausprägungen des ersten Klassifizierungsmerkmals.²⁹¹ Die beiden Autoren orientieren sich dabei an *Brennan* (1981), der unter einer „räumlichen Bündelung“ die Aggregation mehrerer Quellen, Senken oder Touren versteht.²⁹² Bei der „produktorientierten Bündelung“ werden unterschiedliche Produkte zusammengefasst, um größere Sendungsmengen zu generieren, während die „zeitliche Bündelung“ mehrere Aufträge mit unterschiedlichen Bestellzeitpunkten kombiniert.²⁹³ Bei der Untersuchungsmethode unterscheiden die beiden Autoren auf der ersten Ebene zwischen konzeptionellen und mathematischen Modellen. Die letztere Gruppe ist unterteilt in deterministische und stochastische Modelle, die jeweils die drei Methoden Op-

²⁸⁸ Die für eine Literaturuntersuchung möglichen Sprachräume beschränken sich in diesem Fall auf Deutsch und Englisch.

²⁸⁹ Vgl. *Min* (1996), S. 236.

²⁹⁰ Lediglich einzelne Abschnitte aus den Publikationen geben einen kurzen Überblick, verweisen in diesem Zusammenhang aber häufig auch auf *Çetinkaya* (2005).

²⁹¹ Übersetzung der englischen Begriffe „spatial“, „temporal“ und „product“. Vgl. für eine ausführliche Auseinandersetzung mit den drei Begriffen auch Gliederungspunkt 3.1.3.4.

²⁹² Bei der Beschaffungslogistik werden Quellen bzw. ankommende Touren gebündelt, die Distributionsbündelung hingegen fasst Senken bzw. abgehende Touren zusammen. Vgl. *Brennan* (1981), zitiert nach *Min* (1996), S. 236.

²⁹³ Das dieser Arbeit zugrundeliegende Verständnis von Sendungsbündelung i.e.S. umfasst die wesentlichen Inhalte beider Strategien („zeitlich“ und „produktorientiert“).

timierung, Heuristik und Simulation beinhalten. Für das Merkmal Implementierungsstatus ist es entscheidend, ob das Modell in der Praxis bereits implementiert wurde und/oder ob es auf Daten aus der Unternehmenspraxis basiert. In einer tabellarischen Übersicht listen *Min und Cooper* (1990) insgesamt 26 Veröffentlichungen.²⁹⁴

Der Fokus der Forschungen vor 1990 liegt eindeutig auf den zeitlichen (15 Stück) und räumlichen (12 Stück) Bündelungsstrategien.²⁹⁵ Nur die fünf Veröffentlichungen von *Cooper* (1983), *Blumenfeld et al.* (1985), *Hall* (1987), *Carlisle et al.* (1987) und *Daganzo* (1988) berücksichtigen zusätzlich die produktorientierte Bündelungsstrategie. *Cooper* (1983) kombiniert letztere Strategie als einzige aus dieser Gruppe mit der zeitlichen Variante. Mit den Forschungsbeiträgen zur räumlichen Bündelungsstrategie bilden die Autoren zu diesem frühen Zeitpunkt die Grundlage für die Methoden Cross Docking und Milkrun.²⁹⁶ Die Ansätze der anderen beiden Strategien hingegen finden sich im heutigen Verständnis der Sendungsbündelung i.e.S. wieder. Insgesamt acht Beiträge fokussieren in ihren Ausführungen auf die Beschaffungslogistik. Es verbleiben zum Schluss sieben relevante Veröffentlichungen, die sich im Bereich der Distributionslogistik auf eine zeitliche Bündelungsstrategie bzw. auf eine Kombination aus zeitlicher und produktorientierter Strategie konzentrieren.²⁹⁷

Der Fokus der Forschungen im Bereich der zeitlichen Sendungsbündelung liegt bei der Identifikation der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Bündelung und deren Auswirkungen auf Kosten und Lieferservice.²⁹⁸ Als Ergebnis der Studien lässt sich festhalten, dass das durchschnittliche Sendungsgewicht, die Nachfragemenge pro Periode, die durchschnittliche Bestellmenge, die Sammeldauer sowie die Bestellfrequenz jeweils entscheidende Faktoren bei der zeitlichen Sendungsbündelung sind.²⁹⁹ *Cooper* (1983) integriert in die simulationsbasierte Analyse der zeitlichen Strategie eine produktorientierte Variante, indem sie drei unterschiedliche Arten von Produkten betrachtet.³⁰⁰ Die Differenzierung dieser erfolgt über die Eigenschaft der Frachtklasse.³⁰¹ Die Simulationsszenarien wurden von *Cooper* (1983) jeweils mit jeder Frachtklasse einzeln und einmal als Kombination durchgeführt. Bei letzterer Variante produzierte jede Fabrik innerhalb des

²⁹⁴ Vgl. *Min/Cooper* (1990), S. 160f.

²⁹⁵ Die Summe ergibt 27, da eine Veröffentlichung beide Strategien behandelt. Die Produktbündelungsstrategie wird in keinem der untersuchten Artikel als alleiniges Kernthema behandelt.

²⁹⁶ Gemäß ihren Voraussetzungen und Grundbausteinen sowie den Klassifizierungsmerkmalen der Sendungsbündelungsmethoden aus Gliederungspunkt 3.1.4.1 sind Cross Docking und Milkrun der räumlichen Bündelung zuzuordnen. Sieben Veröffentlichungen beschäftigen sich ausschließlich mit der räumlichen Bündelung.

²⁹⁷ Dies sind *Barker/Sharon/Sen* (1981), *Jackson* (1981), *Brennan* (1981), *Cooper* (1983), *Sheffi* (1986), *Closs/Cook* (1987) und *Bagchi/Davis* (1988).

²⁹⁸ Vgl. *Min/Cooper* (1990), S. 158.

²⁹⁹ Vgl. z. B. *Jackson* (1981), S. 115, *Closs/Cook* (1987), S. 42f. und *Masters* (1980), S. 71.

³⁰⁰ Vgl. für die folgenden Sätze zur produktorientierten Sendungsbündelung: *Cooper* (1983), S. 58.

³⁰¹ Frachtklassen werden vor allem im amerikanischen Transportsektor verwendet. Die Produkte werden gemäß ihrer Eigenschaften Größe, Gewicht, Dichte, Wert, Handhabung und Haftpflicht einer Frachtklasse zugeordnet, die eine Richtlinie für die berechneten Frachtkosten bildet. Vgl. o. A. (2014a).

Simulationsmodells jeweils nur ein bestimmtes Produkt. Die Simulationsergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss der unterschiedlichen Produktklassen auf die Kosten des Bündelungssystems. Nach dem durchschnittlichen Sendungsgewicht sind die Produktklassen der zweitstärkste Faktor im Hinblick auf die Ergebnisvarianz.³⁰²

Die favorisierte Untersuchungsmethode in den betrachteten Forschungsbeiträgen ist die Simulation, die von *Cooper* (1983), *Jackson* (1981), *Closs/Cook* (1987) und *Bagchi/Davis* (1988) verwendet wird.³⁰³

Min und Cooper (1990) zeigen anhand ihrer Literaturanalyse das Fehlen von Tourenplanungsmodellen auf, die Optionen auf Sendungsbündelung berücksichtigen.³⁰⁴ Zudem weisen sie auf das weitere Potential im Forschungsfeld der Sendungsbündelung i.e.S. hin. Ausführliche Studien für die Analyse der Trade-Off-Beziehung zwischen Bündelungs- und Transportkosten sowie der Vergleich unterschiedlicher Bündelungsstrategien fehlen zu diesem Zeitpunkt noch.³⁰⁵ Darüber hinaus ist der Forschungsansatz mit der Inklusion unterschiedlicher Produktarten weiter zu verfolgen, der bisher nur einmal im Zusammenhang mit der Sendungsbündelung i.e.S. betrachtet wurde.

3.2.1.2 Literaturüberblick von *Çetinkaya* (2005)

Çetinkaya (2005) konzentriert sich im Gegensatz zum früheren Überblick auf die Sendungsbündelung im Rahmen der Distributionslogistik. Darüber hinaus differenziert er sich von *Min/Cooper* (1990) durch die Aufnahme integrierter Bündelungskonzepte, die den Fokus auf Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen dem Bestandsmanagement und der Sendungsbündelung legen. *Çetinkaya* (2005) nutzt diesen neuen Ansatz zur Strukturierung des Literaturüberblicks in die beiden Rubriken „reine Sendungsbündelung“ und „integrierte Sendungsbündelung“. Die „reine Sendungsbündelung“ fokussiert ausschließlich auf den Bündelungsprozess während der Distributionsphase und greift dabei die Forschungsansätze der zeitlichen und produktorientierten Sendungsbündelung nach dem Verständnis von *Min/Cooper* (1990) auf. Die „integrierte Sendungsbündelung“ inkludiert zusätzlich das Bestandsmanagement in den Bündelungsprozess, indem die Auswirkungen verschiedener Wiederbeschaffungsstrategien auf die Leistung der Bündelungsstrategien im Distributionsprozess berücksichtigt werden. Der Schwerpunkt des Überblicks liegt wie bei der Arbeit von *Min/Cooper* (1990) auf der quantitativen Literatur.³⁰⁶

³⁰² Vgl. *Cooper* (1983), S. 64.

³⁰³ Hinzu kommen ein konzeptioneller Beitrag (*Barker/Sharon/Sen* (1981)) und zwei Optimierungsmodelle (*Brennan* (1981) und *Sheffi* (1986)).

³⁰⁴ Vgl. *Min/Cooper* (1990), S. 160.

³⁰⁵ Vgl. *Min/Cooper* (1990), S. 166.

³⁰⁶ Die Diskussionen zur reinen Sendungsbündelung in den Handelslogistikzeitschriften in den 1970er und 1980er Jahren sorgten zunächst für eine wirtschaftliche Rechtfertigung des Themas und legten mit der Beschreibung verschiedener Umsetzungsstrategien den Grundstein für eine intensive quantitative Auseinandersetzung mithilfe von Simulations- und Optimierungsmodellen.

Reine Sendungsbündelung

Higginson und Bookbinder (1994) schließen die von *Min/Cooper* (1990) angemerkte Forschungslücke und entwickeln ein Simulationsmodell, das bis in die heutige Zeit als grundlegendes Basismodell für erweiterte Forschungsansätze im Bereich der reinen Sendungsbündelung herangezogen wird. Die beiden Autoren vergleichen darin mit der zeitbasierten, mengenbasierten und hybriden Bündelungsstrategie das erste Mal die drei zentralen Entscheidungsvarianten in einem Modell.³⁰⁷ Die Ergebnisse zeigen, dass es keine eindeutig dominierende Strategie gibt, sondern die jeweils beste Wahl von den jeweiligen Zielen bezüglich der Kosten und des Kundenservices abhängt. *Higginson und Bookbinder* (1994) finden jedoch ebenfalls heraus, dass die mengenbasierten Politik der zeitbasierten sowie der hybriden Politik hinsichtlich der Kostenreduzierung in vielen Situationen überlegen ist. Bezüglich der Lieferzeit schneidet die hybride Strategie gegenüber den anderen beiden Ansätzen besser ab.

Neben einer Vielzahl an simulationsbasierten Untersuchungen wird das Thema der Sendungsbündelung auch mithilfe alternativer analytischer Verfahren bearbeitet. *Higginson und Bookbinder* (1995) nutzen einen sequentiellen Markov-Entscheidungsprozess, um den kostenminimalen Versandzeitpunkt erstmals numerisch zu bestimmen. *Higginson* (1995) analysiert die Sendungsbündelungssituation mithilfe einer Grenzkostenbetrachtung. Die Warteschlangentheorie als Analyseverfahren wählen *Gans/van Ryzin* (1999), *Minkoff* (1993), *Powell* (1985) und *Powell/Humblett* (1986). Diese letzten Studien fokussieren jedoch zum einen auf die Personenverkehrslogistik und zum anderen ausschließlich auf die mengenbasierte Bündelungsstrategie.

Higginson (1995) bringt zudem einen neuen Aspekt in das Forschungsgebiet der Sendungsbündelung, indem er zwischen statischen und dynamischen Bündelungsstrategien differenziert.³⁰⁸ Bei der statischen Variante werden die entsprechenden Parameter der Strategien, wie z. B. die Bündelmenge und die Bündeldauer, vor der Durchführung bestimmt und bleiben über den gesamten Prozesszeitraum hinweg unverändert. Die dynamische Herangehensweise hingegen erlaubt während der Bündelungszeiträume, beispielsweise bei jeder Ankunft eines neuen Auftrags bzw. neuen Produkts, eine spontane Anpassung bzw. Veränderung der strategischen Parameter.³⁰⁹

Çetinkaya und Bookbinder (2003) ergänzen die Ergebnisse der frühen Modelle, indem sie mithilfe eines Optimierungsmodells konkrete Werte für die kostenminimale Gewichtsgrenze bzw. Aufbewahrungszeit bei der mengen- bzw. zeitbasierten Lösung sowohl für den Fall des Eigentransports als auch Fremdttransports ermitteln.³¹⁰

³⁰⁷ Eine ausführliche Erklärung der Bündelungsstrategien erfolgt in Gliederungspunkt 3.2.2.2.

³⁰⁸ *Higginson* (1995) nennt die beiden Ansätze „recurrent“ und „non-recurrent“, die direkt übersetzt somit „wiederkehrend“ und „nichtwiederkehrend“ bedeuten. Für ein besseres intuitives Begriffsverständnis in der vorliegenden Arbeit werden im Folgenden jedoch die beiden Termini statisch (=nichtwiederkehrend) und dynamisch (=wiederkehrend) verwendet.

³⁰⁹ Vgl. *Higginson* (1995), S. 4.

³¹⁰ Vgl. *Çetinkaya* (2005), S. 13f.

Integriertes Sendungsbündelungs- und Bestandsmanagement

Vor dem Jahr 2000 konzentrieren sich die Veröffentlichungen im Rahmen der Sendungsbündelung auf die reine Variante. Zu Beginn des Jahrtausends erweiterte sich im Rahmen des Supply Chain Managements der Fokus auf angrenzende Prozesse und Planungen und führte zur Betrachtung der integrierten Sendungsbündelung.

Zu diesem Zeitpunkt gab es bereits zahlreiche Forschungsansätze, die sich mit der Verbindung zwischen Bestandslogistik und Transportlogistik auseinandersetzten. Der integrierten Bestands- und Tourenplanung fehlte jedoch zum Beispiel die explizite Berücksichtigung der Möglichkeiten und Potentiale einer zeitlichen Bündelungsstrategie.³¹¹

Die allgemeinen Modelle zur mehrstufigen Bestandsplanung sowie das spezifische Problem der Abnehmer-Lieferanten-Koordination vernachlässigen ebenfalls aufgrund der daraus folgenden Komplexitätszunahme die Optionen der Sendungsbündelung.³¹²

Das Thema der Losgrößenplanung beschäftigt sich ebenfalls mit Lager- und Transportkosten, die wissenschaftlichen Beiträge fokussieren jedoch stark auf die Beschaffungslogistik sowie deterministische Modelle.³¹³ Çetinkaya (2005) betont, dass die Aspekte der Sendungsbündelung vor allem im Zusammenhang mit Vendor Managed Inventory (VMI), Third-Party-Warehousing (3PW) und Time Definite Delivery (TDD) noch zu wenig Berücksichtigung finden und die Entwicklung der integrierten Sendungsbündelungsmodelle deshalb notwendig ist.³¹⁴

Die integrierte Sendungsbündelung nutzt die Erkenntnisse der reinen Sendungsbündelung als Grundlage für den Aufbau ihrer Modelle. So werden beispielsweise die erfolgreichen umgesetzten Bündelungsstrategien der reinen Variante auch im integrierten Fall weiter verwendet.³¹⁵ Aus diesem Grund ermöglichen weitere Entwicklungen und Ergebnisse an der Basis zukünftig ebenfalls einen Forschungsfortschritt bei der integrierten Sendungsbündelung. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den ersten Schritt und fokussiert auf die bestehenden Forschungslücken der reinen Sendungsbündelung, um die Grundlagenforschung zu verstärken. In diesem Zusammenhang ist der bisherige Forschungsfortschritt im integrierten Bereich nicht relevant, so dass für die vorliegende Arbeit auf eine detaillierte Betrachtung verzichtet wird.

3.2.1.3 Zusammenfassung der beiden Literaturüberblicke

Das zentrale Element bei den bisherigen Forschungen im Bereich der reinen Sendungsbündelung ist die Analyse der zeitlichen, mengenmäßigen und hybriden Bündelungsstrategie mit ihren Auswirkungen auf Transport- und Bündelungskosten. Das von

³¹¹ Bramel/Simchi-Levi (1997) bieten einen ausführlichen Überblick über die wissenschaftliche Literatur zur integrierten Bestands- und Tourenplanung.

³¹² Vgl. Çetinkaya (2005), S. 14.

³¹³ Ebda.

³¹⁴ Vgl. Çetinkaya (2005), S. 15.

³¹⁵ Vgl. u. a. Çetinkaya/Lee (2002), Chen/Wang/Xu (2005), Çetinkaya/Mutlu/Lee (2006) und Mutlu/Çetinkaya (2010).

Min/Cooper (1990) geforderte ausführliche Modell zu dieser Trade-Off-Beziehung mit einem Vergleich der Bündelungsstrategien entwickelten *Higginson/Bookbinder* (1994) und schlossen damit eine Forschungslücke. Einen neuen, wichtigen Forschungsansatz präsentierte *Higginson* (1995) mit der Differenzierung zwischen einer statischen und dynamischen Herangehensweise an die Bestimmung der Bündelungsparameter. Weitere Studien fokussierten hingegen verstärkt auf die Untersuchung alternativer analytischer Methoden. Ein bedeutender Fortschritt gelang schließlich *Çetinkaya/Bookbinder* (2003), die erstmals konkrete Werte für die kostenminimale Bündelungsmenge bzw. kostenminimale Bündelungsdauer im Rahmen der mengen- bzw. zeitbasierten Politik ermittelten. Die beiden Autoren berechneten die relevanten Größen sowohl für den Fall eines eigenen Fuhrparks als auch für den Fall des Transport-Outsourcings.

Çetinkaya (2005) kündigt die noch ausstehende Berechnung der kostenminimalen Parameter bei der hybriden Politik für die nahe Zukunft an.³¹⁶ Darüber hinaus identifiziert er, wie bereits *Min/Cooper* (1990), die fehlende Berücksichtigung von unterschiedlichen Märkten bzw. Produkten im Rahmen der reinen Sendungsbündelung als relevante Forschungslücke. Dies betrifft sowohl die Erweiterung der Optimierungsmodelle als auch der Simulationsmodelle um diesen Aspekt. Das Auflösen bestimmter Modellannahmen und Restriktionen, die bisher zur Komplexitätsreduzierung vorhanden sind, ist ein weiterer Aspekt für zukünftige Forschungen, um die bestehenden Modelle an die Eigenschaften der realen Systeme besser anzugleichen. *Çetinkaya* (2005) nennt in diesem Zusammenhang beispielsweise die Beschränkung der Transportkapazitäten sowie die allgemeinen Ankunftsbedingungen für die Aufträge.

3.2.2 Ein ergänzender Literaturüberblick im Strukturrahmen der allgemeinen Aufgaben einer Sendungsbündelung i.e.S.

Während sich die beiden aufgezeigten Literaturüberblicke vorwiegend mit den quantitativen Modellen der Sendungsbündelung beschäftigt haben, soll der folgende Gliederungspunkt ein umfassenderes Bild des Forschungsthemas darstellen. Zudem ist das Ziel dieses Abschnitts, die Lücke der Literaturbetrachtungen von 2005 bis 2014 zu schließen und somit einen Gesamteindruck der bisherigen Forschungsleistungen zu gewinnen. Auf Basis dieser Erkenntnisse ist es anschließend möglich, den noch fehlenden Forschungsbedarf zu identifizieren.

Eine Orientierung an den zentralen Managemententscheidungen während einer Sendungsbündelung i.e.S. soll die vollständige Erfassung des Themas gewährleisten. Den strukturellen Bezugsrahmen dafür liefern zwei Autoren, die das Forschungsgebiet entscheidend mitgeprägt haben. *Bookbinder und Higginson* (1994) entwickelten auf Basis ei-

³¹⁶ Für folgenden Absatz: vgl. *Çetinkaya* (2005), S. 24.

ner allgemeinen Vorgehensbeschreibung für das Management im Rahmen von Sendungsbündelungsverfahren ein Framework, mit dessen Hilfe die entscheidenden Aufgaben für eine erfolgreiche Sendungsbündelung strukturiert abgearbeitet werden können.³¹⁷ Mit fünf konkreten Fragen, die sich jeweils auf ein spezifisches Fragewort reduzieren lassen, fassen sie die wichtigsten Kernelemente zusammen:

1. Was wird gebündelt? („WAS?“)
2. Wann ist der richtige Versandzeitpunkt der Bestellungen? („WANN?“)
3. An welcher Stelle im Prozess wird die Bündelung vollzogen? („WO?“)
4. Wer führt die Bündelung durch? („WER?“)
5. Wie wird die Bündelung durchgeführt? („WIE?“)

Im folgenden Literaturüberblick werden nun jeweils die zentralen Elemente der einzelnen Abschnitte erläutert und gleichzeitig die relevanten Veröffentlichungen, die zu dem jeweiligen Kernpunkt wichtige Erkenntnisse liefern, zugeordnet und vorgestellt. So ist direkt zu erkennen, welche Bereiche bereits intensiv erforscht sind und welche noch Forschungslücken vorweisen. Letztere werden abschließend nach den fünf Fragestellungen noch einmal zusammengefasst und hervorgehoben.

3.2.2.1 („WAS?“) Was wird gebündelt?

Die erste Frage fokussiert auf die notwendigen Entscheidungen im Rahmen der Zusammenstellung der Bündelsendungen. Grundsätzlich soll in diesem Aufgabenbereich ausgewählt werden, welche Kundenbestellungen einzeln und welche als Bündelsendung verschickt werden, so wie *Higginson/Bookbinder* (1994) diese Fragestellung spezifizieren.³¹⁸ Das Ziel der im Folgenden als *Auswahlentscheidung* bezeichneten Aufgabe ist somit die Identifikation der generell zu bündelnden Sendungen. Die Auswahlentscheidung findet sowohl auf einer strategischen als auch operativen Ebene statt. Die strategische Entscheidung betrifft die grundsätzliche Auswahl der potentiell in Frage kommenden Bündelungselemente, während die operative Aufgabe darin besteht, die tatsächlich zu bündelnden Elemente in Abhängigkeit der jeweiligen Transportkapazitäten zu identifizieren. Vor allem bei möglichen Kapazitätsbeschränkungen im Bereich der Sammelstelle für Bündelungselemente oder des Transports ist eine strategische Auswahlentscheidung sinnvoll.³¹⁹ Weiterhin ist auch die Aussortierung der Güter hilfreich, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften (z. B. Verderblichkeit) oder aufgrund vertraglicher Konditionen mit dem jeweiligen Kunden (z. B. Expressversand) für eine lieferzeitverzögernde Bündelung nicht in Frage kommen. Der operative Entscheidungsprozess überprüft jedes potentielle Bündelungselement am Sammelpunkt, ob es tatsächlich in

³¹⁷ Vgl. *Bookbinder/Higginson* (1994), S. 87. Die allgemeine Grundlage für dieses Framework liefern *Closs/Cook* (1984), S. 29.

³¹⁸ Vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 87.

³¹⁹ Vgl. dazu ausführlich Gliederungspunkt 5.2.2.7.

einer gebündelten Sendung oder doch einzeln transportiert wird. Auf beiden Planungsebenen können die Auswahlprozesse jeweils aktiv und passiv erfolgen. Die Bezeichnung „aktiv“ bedeutet, dass eine Auswahlentscheidung anhand bestimmter Kriterien getroffen wird, während „passiv“ das Fehlen einer solchen Entscheidung bezeichnet und damit jeweils eine 100 %-Auswahl impliziert.

Die meisten Veröffentlichungen ignorieren diesen Aufgabenbereich mit dem Aspekt der Auswahlentscheidung und setzen so automatisch eine passiv/passiv-Methode voraus.³²⁰ Vor allem der Einsatz einer aktiven strategischen Auswahl ist bisher noch nicht untersucht worden. *Higginson* (1995) setzt sich das erste Mal mit unterschiedlichen Planungsebenen im Rahmen einer Sendungsbündelung auseinander und differenziert zwischen statischen und dynamischen Bündelungsstrategien.³²¹ Im statischen Fall werden die Bündelungsparameter bereits auf der strategischen Planungsebene festgelegt und anschließend nicht mehr verändert. Die dynamische Bündelungsstrategie hingegen erlaubt eine Anpassung der Parameter auf der operativen Ebene. Die Ausprägungen passiv/aktiv und aktiv/aktiv der *Auswahlentscheidung* lassen sich als dynamischer Ansatz interpretieren, während die anderen beiden Varianten (passiv/passiv und aktiv/passiv) eine statische Umsetzung aufzeigen.

Die folgende Tabelle 11 fasst die Merkmalsausprägungen für die erste Klassifizierungsfrage nach dem „WAS“ des Bündels zusammen.

Merkmale	Ausprägungen			
Auswahlentscheidung	passiv/passiv	aktiv/passiv	passiv/aktiv	aktiv/aktiv
Planungsdynamik	statisch		dynamisch	

Tab. 11: Merkmalsausprägungen zur Klassifizierung der „Was“-Entscheidung

3.2.2.2 („WANN?“) Wann ist der richtige Versandzeitpunkt der gebündelten Sendung?

Die Entscheidung über den richtigen Versandzeitpunkt der gebündelten Waren ist das zentrale Element im Konsolidierungssystem, auf welches zahlreiche wissenschaftliche Artikel in ihren Untersuchungen fokussieren.³²² Die notwendige Berücksichtigung mehrerer gegenläufiger Effekte erhöht die Komplexität der Entscheidungsfindung in diesem Aufgabenfeld. Auf der einen Seite führt, vereinfacht betrachtet, ein späterer Versandzeitpunkt zu einem längeren Bündelungszeitraum, woraus größere Sammelsendungen und damit eine potentiell bessere Auslastung der Transportkapazitäten folgen. Auf der anderen Seite hingegen steigen nicht nur die Lagerkosten für die zu bündelnden

³²⁰ Eine bewusste Entscheidung für eine passiv/passiv-Auswahl bzw. eine Erwähnung möglicher Alternativen findet sich in den untersuchten Veröffentlichungen nicht.

³²¹ Vgl. für diesen und folgende Sätze die Ausführungen in Gliederungspunkt 3.2.1 sowie *Higginson* (1995), S. 3.

³²² Die bisher entwickelten Modelle und Methoden im Forschungsbereich der „Shipment Consolidation“ zielen in erster Linie auf die Beantwortung dieser zweiten Fragestellung ab, wie der Gliederungspunkt im Folgenden zeigt.

Produkte, sondern auch die durchschnittliche Wartezeit der Kunden auf ihre Bestellungen.³²³ Für die Wahl des richtigen Sendezeitpunktes haben sich die folgenden drei maßgeblichen Bündelungsstrategien etabliert: *mengenbasierte*, *zeitbasierte* und *hybride* Auslösestrategie.

Bei der *mengenbasierten* Auslösestrategie wird ein bestimmtes Mengenziel für das Bündelobjekt festgesetzt. Sobald dieses durch das Sammeln und Zusammenfügen der Einzelelemente erreicht wird, beginnt der weitere Distributionsprozess für die Bündelendung. Die *zeitbasierte* Strategie hingegen definiert einen Zeitpunkt, bis zu dem die einzelnen Elemente gesammelt werden, um anschließend wiederum als Bündelpaket versandfertig zu sein. Die *hybride* Variante ist eine Kombination aus den beiden beschriebenen Vorgehensweisen und besitzt sowohl einen festgesetzten Zeitpunkt als auch ein bestimmtes Mengenziel. Der jeweils zuerst erreichte Zielpunkt löst dann entsprechend den Versand des Bündels aus.

Dieses zweite Aufgabenfeld des Bündelungsprozesses ist gleichzeitig das Forschungsgebiet mit der höchsten Artikeldichte. Nahezu jeder Beitrag zum Thema der Sendungsbündelung behandelt, zumindest in einem Teilabschnitt, Bündelungsstrategien im Hinblick auf den optimalen Versandzeitpunkt der gebündelten Waren. Aus diesem Grund geben die bereits angeführten Literaturanalysen von *Min/Cooper (1990)* und *Çetinkaya (2005)* einen guten Überblick über die für die zweite Fragestellung relevanten Veröffentlichungen bis zum Jahr 2005. Gemeinsam mit den neuen Forschungsbeiträgen seit dem Jahr 2005 bilden diese im Folgenden die Grundlage für die Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und einer Darstellung des Status Quo der reinen Sendungsbündelung bei der Wahl des richtigen Versandzeitpunkts.

Die bereits eingangs dieses Gliederungspunktes vorgestellten Strategien sind die einzigen in einem nennenswerten Umfang diskutierten Auswahlalternativen für die Länge eines Bündelungszyklus.³²⁴ Diese Tatsache hat sich auch in den jüngeren Veröffentlichungen nicht geändert. Im Rahmen der reinen Sendungsbündelung gibt es derzeit weder Ansätze zur Weiterentwicklung der bestehenden Strategien noch Bestreben zusätzliche Alternativen zu entwickeln. Daraus lässt sich die folgende erste Erkenntnis ableiten.

- Erkenntnis I:

Die mengenbasierte, zeitbasierte und hybride Bündelungsstrategie sind die drei zentralen Verfahren, um sich im Rahmen der reinen Sendungsbündelung für den richtigen Versandzeitpunkt zu entscheiden.

³²³ Eine ausführliche Auseinandersetzung mit den Effekten der Sendungsbündelung folgt im Gliederungspunkt 3.3.

³²⁴ Vgl. für diesen Absatz die Literaturanalysen von *Min/Cooper (1990)* und *Çetinkaya (2005)* aus den vorherigen Gliederungspunkten sowie z. B. aktuelle Erkenntnisse aus *Ülkü (2009)*, *Merrick/Bookbinder (2010)*, *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010)*, *Ülkü/Bookbinder (2012)*, *Çetinkaya (2014)*.

Der ursprüngliche Grund, Methoden zur Sendungsbündelung zu entwickeln, war die Möglichkeit der potentiellen Kostenreduktion.³²⁵ Die Gesamtkosten des Distributionsystems stehen deshalb seit Beginn der Forschung zu diesem Thema im Fokus und dienen als wesentlicher Bewertungsmaßstab der Bündelungsstrategien. Den Gegenpart hierzu bildet die durchschnittliche und maximale Lieferzeit, die aufgrund feststehender Liefertermine und erwarteter Kundenservicelevels im Rahmen einer Sendungsbündelung ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Die Verfolgung einer gleichzeitigen Lieferzeit- und Gesamtkostenminimierung führt zu Zielkonflikten, die im Rahmen des Unterkapitels 3.3, bei den Effekten der Sendungsbündelung, näher analysiert werden. Die beiden Faktoren sind sowohl in den frühen Veröffentlichungen in den 1980er und 1990er Jahren als auch in den späteren Modelle und Studien zur Sendungsbündelung nach dem Jahr 2000 die zentralen Bewertungs- und Vergleichsgrößen für alle Bündelungsstrategien.³²⁶ Merrick und Bookbinder (2010) ergänzen schließlich eine dritte Dimension, indem sie die Auswirkungen der Bündelungsstrategien auf den CO₂-Ausstoß des Distributionsnetzwerks untersuchen.³²⁷ Mit der neuen ökologischen Perspektive gibt es einen zusätzlichen Aspekt, der bei der Beurteilung von Bündelungsalternativen eine entscheidende Rolle einnehmen kann.³²⁸ Das Simulationsmodell von Merrick/Bookbinder (2010) berücksichtigt zwar alle drei Bündelungsstrategien, aber nur für die Distributionssituation mit einem Transportdienstleister. Ülkü (2012) ergänzt die CO₂-Emissions-Bewertung für den Fall eines eigenen Fuhrparks, betrachtet dies aber nur für die zeitliche Bündelungsstrategie. Die dargelegten zentralen Ziel- und Messgrößen fasst die folgende zweite Erkenntnis zusammen.

- Erkenntnis II:

Für die Bewertung und den Vergleich der drei Bündelungsstrategien sind die entscheidungsrelevanten Kosten³²⁹, die Lieferzeit³³⁰ sowie der CO₂-Ausstoß³³¹ geeignete Ziel- bzw. Messgrößen.

Ein weiteres zentrales Thema für die Sendungsbündelungsstrategien sind die Einflussfaktoren auf die relevanten Ziel- und Messgrößen. Zwei wichtige Parameter³³² für die Strategien sind dabei das Mengenlimit der Bündelung sowie die maximale Sammeldauer.³³³ Das Mengenlimit, auch Bündelungsgrenze genannt, beschreibt die Menge, die

³²⁵ Vgl. z. B. Hall (1987), S. 57, Jackson (1980), S. 110 oder Masters (1980), S. 55.

³²⁶ Vgl. hierzu die Literaturüberblicke von Min/Cooper (1990) und Çetinkaya (2005).

³²⁷ Vgl. Merrick/Bookbinder (2010), S. 748.

³²⁸ Die ökologischen Effekte im Detail sowie Interdependenzen zu den anderen Auswirkungen werden in Gliederungspunkt 3.3.4 ausführlich diskutiert.

³²⁹ Die Kosten können in unterschiedlichen Detailstufen gemessen werden, wie z. B. Gesamtkosten, Logistikkosten, Transportstückkosten oder Stückkosten.

³³⁰ Die Lieferzeit kann bspw. als mittlere Lieferzeit oder maximale Lieferzeit gemessen werden, aber auch in eine andere Messgröße wie bspw. Verspätungen der Sendungen einfließen.

³³¹ Die Emission kann bspw. ebenfalls als Gesamtemission oder Stückemission berechnet werden.

³³² Im Rahmen der quantitativen Modelle sind es die relevanten Entscheidungsvariablen.

³³³ Das Mengenlimit gehört zur mengenbasierten und hybriden Politik, die maximale Sammeldauer gehört zur zeitbasierten und hybriden Politik.

innerhalb eines Bündelungszyklus gesammelt wird.³³⁴ Es ist meistens in Gewichts- bzw. Volumeneinheiten angegeben, in einigen Fällen bezieht es sich aber auch auf die Anzahl von Sendungen. Im Rahmen der mengenbasierten Bündelungspolitik bestimmt das Mengenlimit die jeweilige Sammeldauer, die bei stochastisch verteilten Ankünften variable Werte aufweist. Bei der zeitbasierten Strategie ist es genau umgekehrt und im hybriden Fall definiert jeweils das zuerst erreichte Merkmal das andere. *Masters* (1980) und *Cooper* (1984) zeigen schon deutliche Auswirkungen der maximalen Sammeldauer auf die Kosten und Lieferzeiten bei zeitbasierten und hybriden Bündelungsstrategien mithilfe eines Simulationsmodells auf.³³⁵ *Jackson* (1980) variiert in seinem Simulationsmodell zusätzlich die Ankunftsrate der Bestellungen und stellt ebenfalls fest, dass beide Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung der Sendungsbündelung, gemessen an den Kosten und der resultierenden durchschnittlichen Lieferzeit, haben.³³⁶ Alle drei Autoren untersuchen jedoch ausschließlich Distributionssysteme mit Transportdienstleistern und betrachten keine mengenbasierte Strategie. Letzteres erklärt auch die fehlende Analyse der Auswirkungen des Mengenlimits auf die Bündelung. Die Ergebnisse von *Higginson/Bookbinder* (1994), die alle drei Bündelungsstrategien in einem ausführlichen Simulationsmodell bezüglich ihrer Abhängigkeit zu den drei genannten Faktoren vergleichen, bestätigen die Erkenntnisse zu den Einflüssen der Sammeldauer und der Ankunftsrate.³³⁷ Die beiden Autoren berücksichtigen zwar unterschiedliche Mengenlimits bei der Simulation, verknüpfen diese aber mit der jeweiligen Ankunftsrate, sodass bei den Mengenlimits die minimalen Gesamtkosten erreicht werden und die Kostwirkung durch die Abhängigkeit von der Ankunftsrate nicht direkt untersucht werden kann.³³⁸ Zudem schließen *Higginson und Bookbinder* (1994) die Variante der Distribution mit eigenem Fuhrpark nicht in ihre Betrachtungen mit ein.

Bei den Optimierungsansätzen auf Basis der Erneuerungstheorie zeigen *Çetinkaya/Bookbinder* (2003) für die mengen- und zeitbasierte Strategie sowie *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder* (2010) für die hybride Strategie, dass die Ankunftsrate der Bestellungen für den wirtschaftlich sinnvollen Einsatz der Bündelung eine Mindesthöhe besitzen muss.³³⁹ Die Höhe der Sammeldauer hat auf die Kosten der hybriden Strategie nur einen

³³⁴ Das Mengenlimit der Bündelung ist meistens in Gewichts- bzw. Volumeneinheiten angegeben. In einigen Fällen bezieht es sich auch auf die Anzahl von Sendungen.

³³⁵ Vgl. *Masters* (1980), S. 72 und *Cooper* (1984), S. 63f.

³³⁶ Er verändert die Gesamtmenge der Nachfrage in der Betrachtungsperiode. Durch die gleichbleibende Berechnung der Ankunftsrate auf Basis der Gesamtnachfragemenge änderte sich dieses jedoch direkt mit. Vgl. *Jackson* (1980), S. 123f.

³³⁷ Vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 103f.

³³⁸ Auf Basis des Andler-Modells berechnen *Higginson/Bookbinder* (1994) jeweils ausgehend von dem Zielwert des Mengenlimits die Variable der Ankunftsrate. Ein Mengenlimit von 12500 führt so beispielsweise zu einer Ankunftsrate von 3,26 Bestellungen pro Tag. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei einer Ankunftsrate von 3,26 das kostenminimale Mengenlimit 12500 beträgt. Vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 91f.

³³⁹ Vgl. *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder* (2010), S. 372 und *Çetinkaya/Bookbinder* (2003), S. 760f.

schwachen Einfluss, sodass signifikante Verbesserungen der durchschnittlichen Lieferzeit durch ein Senken der Sammeldauer ohne große Kostenzuwächse möglich sind.³⁴⁰ *Merrick und Bookbinder* (2010) berücksichtigen in ihrem auf *Higginson/Bookbinder* (1994) basierenden Simulationsmodell zum ersten Mal die CO₂-Emission als Bewertungsmaßstab für die Bündelungsstrategien. Die beiden Autoren identifizieren neben der Ankunftsrate der Bestellung und der Sammeldauer noch die zusätzlichen Einflussfaktoren „gefahrenre Transport-Kilometer“, „CO₂-Emissions-Kosten“ und „Fahrtgeschwindigkeit“.³⁴¹ Die optimale Bündelungsstrategie in Bezug auf Kostenminimierung und Emissionsreduzierung ist jedoch nur in bestimmten Distributionsszenarien von den letzten drei Faktoren abhängig, sodass *Merrick/Bookbinder* (2010) die Ankunftsrate der Bestellungen und die Sammeldauer als zentrale Einflussfaktoren bestätigen.³⁴² Zusammenfassend lässt sich aus den bisherigen Publikationen folgende Erkenntnis ziehen.

- Erkenntnis III:

Die Ankunftsrate der Bestellungen sowie das Mengenlimit der Bündelung und die maximale Sammeldauer³⁴³ sind die zentralen Einflussfaktoren auf die Kosten, die Lieferzeit und die CO₂-Emission bei der Sendungsbündelung (in einer Distributionssituation mit einem Transportdienstleister).

- Ein Anstieg der Sammeldauer führt bei der zeitbasierten und hybriden Politik einerseits zu geringeren Transportkosten, aber andererseits ebenfalls zu höheren durchschnittlichen Lieferzeiten. Dieselben Zusammenhänge gelten analog für das Mengenlimit bei der mengenbasierten Strategie.
- Ein geringes Auftragsvolumen und somit niedrige Ankunftsrate verursachen hohe Transportkosten. Eine Mindesthöhe der Ankunftsrate ist zudem notwendig, damit der Einsatz einer Sendungsbündelung ökonomisch generell sinnvoll ist.
- Eine zunehmende Sammeldauer oder ansteigende Ankunftsrate der Bestellungen führen zu sinkenden CO₂-Emissionen bei zeitbasierten und hybriden Bündelungsstrategien. Dieselben Zusammenhänge gelten wiederum analog für das Mengenlimit und die Ankunftsrate bei der mengenbasierten Politik.

Die erste ausführliche Gegenüberstellung der drei Bündelungsstrategien durch *Higginson/Bookbinder* (1994) anhand eines Simulationsmodells führte zu interessanten Erkenntnissen über die Leistungen im Vergleich. Die beiden Autoren variieren die Parameter Ankunftsrate der Aufträge und die maximale Zeitgrenze für die Sammeldauer,

³⁴⁰ Vgl. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 374.

³⁴¹ Vgl. Merrick/Bookbinder (2010), S. 756.

³⁴² Vgl. Merrick/Bookbinder (2010), S. 760.

³⁴³ Die maximale Sammeldauer ist im Wesentlichen abhängig von dem spätesten Liefertermin, den der Kunde dem Unternehmen zugesteht. Eine ausführlichere Diskussion hierzu erfolgt bei den Effekten der Sendungsbündelung im Gliederungspunkt 3.3.

um unterschiedliche Distributionsstrukturen untersuchen zu können.³⁴⁴ Die quantitative Leistungsbewertung der Strategien erfolgt anhand der relevanten Kosten und der durchschnittlichen Lieferzeit. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass es keine dominante Strategie gibt, die unter allen Simulationsszenarien die jeweils geringsten Gesamtkosten aufweist.³⁴⁵ Die hybride Strategie weist in keinem Fall die geringsten Kosten aus, führt jedoch immer zur kürzesten durchschnittlichen Lieferzeit. Die eindeutige Beurteilung der relativen Stärke einer Strategie gegenüber den anderen ist sehr komplex, da zusätzliche Kenntnisse über die verfolgten Managementziele im Hinblick auf Kosten und Kundenservice notwendig sind.³⁴⁶ Die Ergebnisse in der Literatur führen somit zur nächsten Erkenntnis.

- Erkenntnis IV:

Keine der drei zentralen Bündelungsstrategien dominiert die jeweils anderen beiden in jedem Distributionsszenario hinsichtlich der entscheidungsrelevanten Kosten, der CO₂-Emission und der Lieferzeit. Es gibt demnach keine allgemein „beste“ Strategie.

In Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Distributionsstruktur sowie den Unternehmenszielen lassen sich jedoch folgende Entscheidungshilfen ableiten.

- Die mengenbasierte Bündelungsstrategie ist den anderen beiden Strategien bei reinen Kostenminimierungszielen vorzuziehen.
- Die zeitbasierte Bündelungsstrategie bietet durch stabile und vorhersehbare Liefertermine Planungssicherheit für die Kunden und ist damit vor allem für zeitkritische Distributionssituationen geeignet.
- Die hybride Bündelungsstrategie verhält sich bei sehr langer Sammeldauer ($T \Rightarrow \infty$) wie eine mengenbasierte und bei sehr hohem Mengenlimit ($q \Rightarrow \infty$) wie eine zeitbasierte Strategie.
- Die hybride Bündelungsstrategie kann Kostenvorteile durch die mengenbasierte Strategie generieren und gleichzeitig den Kunden einen maximalen Liefertermin zusichern. Bei einem besonderen Fokus auf Kundenservice-Ziele ist die hybride Politik die beste Wahl.

Das Optimierungsmodell von *Çetinkaya/Bookbinder* (2003) basiert auf den bestehenden Forschungserkenntnissen und berechnet mithilfe der stochastischen Erneuerungstheorie das kostenminimale Mengenlimit einer mengenbasierten Strategie sowie die kostenminimale Sammeldauer einer zeitbasierten Strategie. Dabei werden sowohl die Distri-

³⁴⁴ Vgl. für diesen und folgenden Satz Higginson/Bookbinder (1994), S. 91f.

³⁴⁵ Vgl. Higginson/Bookbinder (1994), S. 94.

³⁴⁶ Eine Anordnung auf Basis des jeweiligen Bewertungsfaktors würde zu zwei unterschiedlichen Reihenfolgen führen.

butionsvariante mit einem Transportdienstleister als auch diejenige mit eigenem Fuhrpark berücksichtigt. Das kostenminimale Mengenlimit bestimmt sich im Fall eines eigenen Fuhrparks durch:³⁴⁷

$$w^* = \frac{\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \alpha \cdot K_D}{h \cdot \tau}} \right)}{\alpha} \quad (1)$$

K_D sind die fixen Transportkosten pro Transport, gemessen in Geldeinheiten $[GE]$. Der Lagerhaltungskostensatz h ist angegeben in Geldeinheiten pro Zeiteinheiten und Mengeneinheiten $[GE/(ZE \cdot ME)]$. Die Exponentialverteilung der Zwischenankunftszeiten der Bestellungen ist bestimmt durch den Parameter λ mit der Einheit $[1/ZE]$.³⁴⁸ Der Kehrwert dieses Parameters wird als τ bezeichnet und in die obige Formel integriert (die Einheit ist entsprechend $[ZE]$). Die Exponentialverteilung der Bestellgewichte ist bestimmt durch den Parameter α mit der Einheit $[1/ME]$.³⁴⁹ Die Formel für das kostenminimale Mengenlimit ergibt sich durch die Minimierung der Gesamtkosten pro Zeiteinheit $C(w)$.³⁵⁰

$$C(w) = \frac{K_D}{\tau \cdot (\alpha \cdot w + 1)} + \frac{c}{\tau} + \frac{h \cdot \alpha \cdot w^2}{2 \cdot (\alpha \cdot w + 1)} \quad (2)$$

Zusätzlich zu den oben bereits erklärten Parametern wird hier noch der variable Transportkostensatz c mit der Einheit $[GE]$ verwendet.

Die tatsächliche durchschnittliche Transportladung ist höher als das berechnete kostenminimale Mengenlimit, da die jeweils letzte, für eine Bündelung ankommende Bestellung das Mengenlimit überschreitet.³⁵¹

Die kostenminimale Sammeldauer bei der zeitbasierten Strategie im Fall eines eigenen Fuhrparks berechnet sich durch:³⁵²

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_D \cdot \alpha}{h \cdot \lambda}} \quad (3)$$

³⁴⁷ Hinzu kommt als weitere Voraussetzung für die Gültigkeit der Formel, dass die Bestellankünfte pro Zeiteinheit ($N_1(t)$) und die Bestellungen pro Gewicht ($N_2(w)$) jeweils poissonverteilt sind. Die zugehörigen Mittelwerte sind $\lambda \cdot t$ und $\alpha \cdot w$. Vgl. hierzu auch Anhang A1.

³⁴⁸ Die Exponentialverteilung lässt sich aus der zugrundeliegenden Poissonverteilung ($N_1(t)$) ableiten.

³⁴⁹ Die Exponentialverteilung lässt sich aus der zugrundeliegenden Poissonverteilung ($N_2(w)$) ableiten.

³⁵⁰ Grundlage für diese Formel ist wiederum das Vorliegen der poissonverteilten Bestellankünfte sowie -gewichte. Vgl. zur Herleitung Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 753 oder Anhang A1.

³⁵¹ In Einzelfällen kann das Mengenlimit auch exakt getroffen werden.

³⁵² Es gelten die gleichen Annahmen wie bei der vorherigen Formel.

Die verwendeten Parameter sind dabei die gleichen wie in Formel 1. Abgeleitet wird die kostenminimale Sammeldauer von der folgenden Zielfunktion der Gesamtkosten:³⁵³

$$\bar{C}(T) = \frac{K_D}{T} + K_S \cdot \lambda + c \cdot \mu \cdot \lambda + \frac{h \cdot \mu \cdot \lambda \cdot T}{2} \quad (4)$$

Als zusätzliche Parameter werden hier μ als Kehrwert von α (die Einheit ist entsprechend $[ME]$) sowie K_S als fixe Kosten pro Bestellung $[GE]$ herangezogen.

Çetinkaya und Bookbinder (2003) ziehen aus weiteren Berechnungen mit den beiden kostenminimalen Werten folgende Schlussfolgerungen.

1. Die erwartete durchschnittliche Transportmenge bei der zeitbasierten Politik ist höher als das optimale kritische Gewicht w^* , aber kleiner als die erwartete durchschnittliche Transportmenge bei der mengenbasierten Variante.³⁵⁴
2. Umgekehrt betrachtet, besitzt die kostenminimale mengenbasierte Politik einen durchschnittlich längeren Bündelungszyklus als die kostenminimale zeitbasierte Politik. Die zeitbasierte Strategie bietet in diesem Fall einen besseren Kundenservice aufgrund der kürzeren Lieferzeit.³⁵⁵

Für Distributionssysteme mit Transportdienstleistern ist nach *Çetinkaya/Bookbinder (2003)* eine exakte Berechnung der optimalen Parameter in der zeit- und mengenbasierten Bündelungsstrategie unter den gleichen Modellannahmen nicht möglich. Die beiden Autoren können jedoch zeigen, dass ihre erste Schlussfolgerung (siehe oben) hier ebenfalls gültig ist.³⁵⁶

Mutlu, Çetinkaya und Bookbinder (2010) ergänzen die Arbeit von *Çetinkaya/Bookbinder (2003)*, indem sie für die Distributionssituation mit eigenem Fuhrpark und dem Einsatz einer hybriden Bündelungsstrategie ein quantitatives Entscheidungsmodell entwickeln. Zu bestimmen sind in diesem Fall das kostenminimale Mengenlimit und die kostenminimale Sammeldauer. Die Ergebnisse zeigen unter anderem, dass die hybride Bündelungsstrategie bei sehr hohen Sammeldauerwerten in eine mengenbasierte und bei sehr hohen Mengenlimits in eine zeitbasierte Strategie übergeht.³⁵⁷

Zudem berechnen *Mutlu, Çetinkaya und Bookbinder (2010)* für ihr Modell, dass die Direktlieferung³⁵⁸ der kostengünstigste Fall ist, sobald die Transportfixkosten kleiner sind als die doppelten Wartekosten pro Stück- und Zeiteinheit. Die drei Autoren zeigen dar-

³⁵³ Vgl. *Çetinkaya/Bookbinder (2003)*, S. 756.

³⁵⁴ Vgl. *Çetinkaya/Bookbinder (2003)*, S. 757.

³⁵⁵ Ebda.

³⁵⁶ Vgl. *Çetinkaya/Bookbinder (2003)*, S. 764.

³⁵⁷ Vgl. *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010)*, S. 372.

³⁵⁸ Die Sammeldauer und das Mengenlimit nehmen hier den Wert null an. Die Wartekosten von zwei Produkten, die zusammen transportiert werden könnten, übersteigt in diesem Fall die Transportfixkosten, so dass es günstiger ist die Produkte auch jeweils direkt und einzeln zu liefern. Vgl. *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010)*, S. 372f.

über hinaus, dass die kostenminimale hybride Bündelungspolitik nur einen spezifischen Wert für das Mengenlimit benötigt und die Länge des Bündelungszyklus nicht definiert sein muss.³⁵⁹ Dadurch bestätigen sie auch die Erkenntnis, dass die mengenbasierte Bündelungspolitik den anderen beiden in Bezug auf die Kosten überlegen ist.

3.2.2.3 („WO“?) An welcher Stelle im Prozess wird die Bündelung vollzogen?

Die Hauptentscheidung in diesem Aufgabenfeld ist, an welchem Punkt im Versandprozess die physische Zusammenführung der zu bündelnden Elemente stattfindet. *Bookbinder und Higginson* (1994) selbst spezifizieren diese Frage, indem sie explizit die Produktionsstätte, das Transportfahrzeug, das Lagerhaus sowie das Terminal als beispielhafte Optionen für den Bündelungsvollzug vorschlagen.³⁶⁰ Sehr ähnliche Auswahlmöglichkeiten präsentiert auch *Hall* (1987), der sich jedoch auf die drei Stellen Versandlager, Transportfahrzeug und Terminal beschränkt.³⁶¹ Eine für diese Arbeit geltende Definition der Bündelungsorte trägt den beiden Veröffentlichungen Rechnung, benutzt jedoch ein allgemeineres Begriffsverständnis. Somit kommen für den Vollzug der Sendungsbündelung die Sendungsquelle, das Transportfahrzeug sowie der Umschlagpunkt in Frage (vgl. Abb. 13). Die Sendungsquelle entspricht dem Startpunkt des gebündelten Transports und schließt die genannten Orte „Produktionsstätte“ und „Versandlager“ mit ein.³⁶² Das „Transportfahrzeug“ wird in der vorliegenden Arbeit als Bündelungsort verstanden, wenn während des Transports zwischen Quell- und Zielort eine Bündelung ohne Wechsel des Haupttransportmittels stattfindet. Die von anderen Liefertouren neu hinzukommenden Bündelungselemente werden dabei ohne Lagerung dem Hauptfahrzeug zugeladen. Es gibt in diesen Fällen auch keinen konstanten Ort, an dem die Zulaufung erfolgen muss.³⁶³

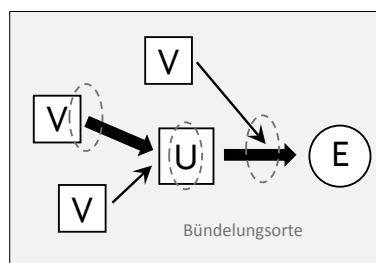


Abb. 13: Potentielle Bündelungsorte im Rahmen der Sendungsbündelung³⁶⁴

³⁵⁹ Vgl. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 373.

³⁶⁰ Vgl. Higginson/Bookbinder (1994), S. 87.

³⁶¹ Vgl. Hall (1987), S. 58.

³⁶² Der exakte Ort der physischen Zusammenführung (Verpackung, Kommissionierung, Versandlager, Beladung, etc.) der einzelnen Bündelungsobjekte ist für diese Frage irrelevant.

³⁶³ Eine realistische Möglichkeit ist z. B. die Abholung der zusätzlichen Bündelungselemente an einem weiteren Lieferstandort.

³⁶⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

Der Umschlagspunkt umfasst die beiden genannten Begriffe Terminal und Lagerhaus und beschreibt allgemein die Bündelung zwischen einem Quell- und Zielort mit dem Vollzug eines Fahrzeugwechsels, d. h. es findet eine komplette Ent- und Beladung statt.³⁶⁵

Bisher beschäftigte sich noch keine wissenschaftliche Arbeit explizit mit der Entscheidungssituation, an welcher Stelle im Sendungssystem die Bündelung stattfindet. Ein möglicher Grund ist, dass diese Entscheidung stark an die Wahl der Sendungsbündelungsart gekoppelt ist. In einem Merge-in-Transit-System findet die Zusammenführung der einzelnen Elemente gewöhnlich während des Transports statt.³⁶⁶ Cross Docking Systeme beschäftigen sich speziell mit dem Umschlagspunkt als Bündelungsort und die Zusammenführung auf dem Transportfahrzeug ist eine Option für Milkrun-Verfahren.³⁶⁷ Die Sendungsbündelung i.e.S. findet hingegen stets bei der Sendungsquelle statt.³⁶⁸

Da sich die einzelnen Bündelungsarten konkret zu den jeweiligen Bündelungsorten zuordnen lassen, kann diese Entscheidungsfrage auch im Sinne einer Wahl der gewünschten Bündelungsart uminterpretiert werden. Die wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigen sich aber auch in diesem Zusammenhang kaum übergreifend mit alternativen Bündelungsarten, sondern legen sich vorab auf ein Hauptverfahren fest und stellen dieses in den Fokus der Betrachtung. Die einzige bekannte Ausnahme ist hier der bereits erwähnte Beitrag von *Hall* (1987). Dieser zeigt auf, dass eine Bewertung der drei vorgestellten Bündelungsorte (Sendungsquelle, Transportfahrzeug, Umschlagspunkt) anhand der Trade-Off-Beziehung zwischen den Kostenersparnissen beim Transport und den spezifischen Kostenerhöhungen in der jeweiligen Situation getroffen werden muss.³⁶⁹ Die Bündelung an der Sendungsquelle bzw. im Lager verursacht höhere Vorhalte- bzw. Lagerkosten, während durch das Zusammenfügen auf einem Transportfahrzeug in der Regel Umwege und längere Lieferzeiten entstehen. Investitionen für die notwendige Infrastruktur eines Umschlagspunktes sind im letzten Fall notwendig.

Eine weitere Differenzierungsmöglichkeit für den Ort der Sendungsbündelung bietet die Netzwerkgestaltung der Distributionssysteme, die zwischen einstufigen und mehrstufigen Systemen unterscheidet.³⁷⁰ Das einstufige Distributionssystem besteht aus dem Versender als Quelle der Sendungen und dem Empfänger als Zielort, zwischen denen

³⁶⁵ In einem Terminal ist im Gegensatz zu einem Lagerhaus dabei keine Zwischenlagerung der Bündelungsobjekte vorgesehen.

³⁶⁶ Vgl. dazu die Ausführungen zu Merge-in-Transit-Systemen im Gliederungspunkt 3.1.3.4.

³⁶⁷ Vgl. dazu die Ausführungen zu Cross Docking und Milkrun in den Gliederungspunkten 3.1.3.2 und 3.1.3.1.

³⁶⁸ Unter Umständen kann diese Sendungsquelle auch ein Terminal oder Lagerhaus sein, ist aber dann nicht dem Bündelungsort „Umschlagspunkt“ zuzuordnen, da in solchen Fällen nur die Outbound-Situation betrachtet wird und der „Umschlagspunkt“ somit wieder zur Sendungsquelle wird.

³⁶⁹ Vgl. für diesen und folgende Sätze: *Hall* (1987), S. 60.

³⁷⁰ Vgl. für den folgenden Absatz: *Pfohl* (2010), S. 5f.

direkte Transporte stattfinden. Die Integration zusätzlicher Umschlagspunkte oder Zwischenstationen erweitert das Netzwerk in ein mehrstufiges Distributionssystem. Ein Abgleich mit den hier diskutierten Sendungsbündelungsmethoden führt zu den folgenden Zusammenhängen. Die Sendungsbündelung i.e.S. und der Milkrun sind Bündelungskonzepte für einstufige Netzwerke.³⁷¹ Das physische Zusammenfügen der Produkte findet hier jeweils auf der ersten Stufe direkt beim Empfänger statt. Beim Merge-in-Transit und Cross Docking hingegen findet die Bündelung in einem mehrstufigen Distributionssystem auf einer Stufe zwischen Sendungsquelle und -ziel statt. Die genaue Stufe liegt in einem n-stufigen Netzwerk entsprechend im Intervallbereich zwischen 2 und n-1. Stufenbezogen lässt sich folglich die Fragestellung nach dem „Wo“ des Bündelns mit den beiden Antwortoptionen Stufe $St = 1$ sowie Stufe $St \in [2; n-1]$ einschränken. Während sich $St = 1$ direkt der vorherigen Antwortoption der Sendungsquelle zuordnen lässt, wird $St \in [2; n-1]$ im Fall der anderen Klassifizierung in die beiden Optionen Umschlagspunkt und Transportfahrzeug aufgeteilt. Da die stufenbezogene Differenzierung in diesem Zusammenhang keinen zusätzlichen Nutzen bringt und die andere Klassifizierung aufgrund der spezifischen Betrachtung des Transportfahrzeugs als potentiellen Bündelungsort etwas genauer ist, wird im Folgenden nur der erste Ansatz verwendet.

3.2.2.4 („WER?“) Wer führt die Bündelung durch?

Für die Einführung einer Bündelungsstrategie sowie weiterer Planungs- Steuerungs- und Kontrollmaßnahmen muss einer der beteiligten Supply Chain Institutionen die Hauptverantwortung übernehmen. Je nach Ausweitung der produktspezifischen Supply Chain kommen für das verantwortliche Management mehrere potentielle Träger in Frage. Bei der kurzen, klassischen Variante der Supply Chain mit drei Stufen beschränkt sich die Auswahl aus einer *institutionellen* Perspektive auf die drei Akteure Hersteller, Händler und Kunde. Eine Erweiterung des Wertschöpfungsnetzwerkes und der Betrachtungsperspektive vergrößert den Kandidatenkreis und schließt weitere Lieferanten und Händler sowie vor allem Transportunternehmen und Logistikdienstleister mit ein. Diese Auswahl wird ebenfalls von *Higginson/Bookbinder* (1994) vorgeschlagen.³⁷²

Eine *funktionelle* Perspektive der spezifischen Distributionssituation, in der die Sendungsbündelung stattfindet, vereinfacht die Betrachtung, indem die drei Optionen Versender, Empfänger und gegebenenfalls Logistikdienstleister verbleiben. Für den Fokus der vorliegenden Arbeit auf die reine Sendungsbündelung sind diese drei Möglichkeiten eindeutig und ausreichend. Bei anderen Sendungsbündelungsverfahren und mehrstufigen Distributionssystemen ist die Zuordnung aufgrund mehrerer Versender, Empfänger oder Dienstleister etwas komplexer.

³⁷¹ Der Milkrun wird in diesem Fall als Distributionskonzept und Sonderform des direkten Transports verstanden. Vgl. Bichler et al. (2011), S. 123.

³⁷² Vgl. Higginson/Bookbinder (1994), S. 87.

Diese grundlegende strategische Entscheidung ist zu Beginn einer geplanten Implementierung einer Sendungsbündelungsstrategie zu treffen. Es gibt bisher keinen Artikel, der sich explizit mit dieser Entscheidungssituation inklusive der jeweiligen Vor- und Nachteile sowie den daraus folgenden positiven und negativen Auswirkungen beschäftigt. Die Gründe hierfür sind vermutlich die zu erwartenden geringen Einflüsse der Auswahlentscheidung auf die Kernelemente der Bündelungssituation. Ein Vergleich der Leistung verschiedener Bündelungsstrategien für die Distribution von Lieferant A zu Kunde B ist zunächst unabhängig davon, ob A oder B die Hauptverantwortung dafür tragen. Die jeweilige Kostensituation der beiden Teilnehmer ändert sich zwar, jedoch ist eine solche spezifische und gegebenenfalls vergleichende Betrachtung dem Forschungsgebiet der Make-or-Buy-Entscheidungen zuzuordnen.

Ein anderer sehr entscheidender Aspekt für die Erstellung der Simulations- und Optimierungsmodelle sowie die Analyse der Auswirkungen im Rahmen der Sendungsbündelung i.e.S. lässt sich ebenfalls dieser Entscheidungssituation zuordnen. Es ist die Frage, ob die Transporte mit einem eigenen Fuhrpark durchgeführt werden oder ob ein Transportdienstleister damit beauftragt wird.³⁷³ Da sich in den beiden Fällen die Transportkosten, die eine bedeutende Rolle bei der Bewertung der Bündelungsstrategien einnehmen, unterscheiden, ist dies eine zentrale Entscheidung vor der Implementierung des Sendungsbündelungsverfahrens. Die bisherige Literatur berücksichtigt beide Situationen, wobei sich einzelne Artikel meistens speziell auf einen der beiden Fälle beziehen. Tabelle 12 gibt einen Überblick, welche Distributionssituation jeweils in den Veröffentlichungen zur reinen Sendungsbündelung behandelt wird.

Transportform	Eigener Fuhrpark	Transportunternehmen	Beide Formen
Veröffentlichungen	Higginson/Bookbinder (2002) Tyan/Wang/Du (2003) Ülkü (2009) Bookbinder/Cai/He (2011)	Schuster (1979) Masters (1980) Closs/Cook (1987) Merrick/Bookbinder (2010) Ülkü/Bookbinder (2012)	Higginson/Bookbinder (1995) Cetinkaya/Bookbinder (2003)

Tab. 12: Überblick über die Transportformen in der relevanten Literatur

3.2.2.5 („WIE?“) Wie wird die Bündelung durchgeführt?

Das letzte Aufgabenfeld spezifizieren *Bookbinder und Higginson* (1994) mit der Zusatzfrage, welche besondere Bündelungstechnik verwendet wird.³⁷⁴ Jedoch führen sie nicht an, was unter einer Bündelungstechnik zu verstehen ist bzw. welche Arten von Bündelungstechniken es gibt. Eine zugehörige Definition bzw. eine detaillierte Betrachtung dieser Entscheidungssituation lässt sich auch in den anderen Beiträgen im Forschungsbereich der Sendungsbündelung nicht finden. Aus diesem Grund wird für diese Arbeit

³⁷³ In der englischsprachigen Literatur wird hier zwischen „common carrier“ und „private carrier“ unterschieden.

³⁷⁴ Vgl. Higginson/Bookbinder (1994), S. 87.

das folgende Verständnis der fünften Frage zugrunde gelegt. Das letzte Aufgabenfeld des Sendungsbündelungsmanagements beinhaltet die detaillierte und individuelle Ausarbeitung der jeweils ausgewählten Sendungsbündelungsart sowie die spezifische Anpassung an externe Besonderheiten. Die notwendigen Prozessschritte werden definiert und zu einer Ablaufplanung zusammengefasst, sodass ein standardisiertes Vorgehen im Rahmen der Sendungsbündelung vom Auftragseingang bis zum Start des gebündelten Transports möglich ist. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise zu klären, ob die Bündelungsobjekte bereits im Lager zusammen an einer Stelle aufbewahrt werden, ob es einen externen Sammelplatz außerhalb des Lagers für diese gibt und ob ein Transportfahrzeug bereit steht, das sukzessive mit den ausgewählten Bündelungsobjekten beladen wird.

Das Aufgabengebiet ist aufgrund der Vielzahl möglicher individueller Ausprägungen der Sendungsbündelungsimplementierung sehr vielschichtig und komplex. Da es dadurch zum einen schwierig ist, allgemeingültige Aussagen für praktische Handlungsempfehlungen zu generieren, und zum anderen keine oder nur geringe Auswirkungen auf die Kosten und Leistungen der Sendungsbündelung zu erwarten sind, ist das Fehlen relevanter wissenschaftlicher Veröffentlichungen nicht überraschend.

3.2.3 Zusammenfassung und Darlegung der Forschungslücke

Trotz der vielen und ausführlichen Forschungsbeiträge seit mehreren Jahrzehnten zum Thema der reinen Sendungsbündelung verbleiben einige interessante Forschungslücken. Zum einen sind bestimmte Aufgabenfelder bisher kaum bearbeitet worden und zum anderen gibt es bei den Simulations- und Optimierungsmodellen vereinfachende Restriktionen, die noch nicht aufgelöst und untersucht worden sind. Dieser Gliederungspunkt fasst die Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zusammen und identifiziert anschließend die Forschungslücke, die durch die vorliegende Arbeit geschlossen werden soll.

Zur Erinnerung der relevanten Details und für einen kurzen Überblick fasst Tabelle 13 die fünf zentralen Fragestellungen sowie die Ausprägungen der einzelnen Merkmale noch einmal zusammen.

Fragestellung		Optionen			
Was?	<i>Auswahl</i>	passiv/passiv	aktiv/passiv	passiv/aktiv	aktiv/aktiv
Wann?	<i>Strategie</i>	mengenbasiert	zeitbasiert		hybrid
Wo?	<i>Ort</i>	Sendungsquelle	Transportfahrzeug	Umschlagpunkt	Sendungsziel
Wer?	<i>Planung</i>	Versender	Logistikdienstleister		Empfänger
	<i>Transport</i>	Eigener Fuhrpark		Transportdienstleister	
Wie?	<i>Ablauf</i>	Detailspekte ausformulieren			

Tab. 13: Optionen zur Ausgestaltung einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.

Das erste Aufgabenfeld des Sendungsbündelungsmanagements weist den größten Forschungsbedarf auf. Mit der Entscheidung, welche Elemente generell gebündelt werden sollen, haben sich die Veröffentlichungen bis heute nicht explizit auseinandergesetzt. In den meisten Fällen wird vorausgesetzt, dass potentiell alle Bestellungen für die Bündelung in Frage kommen. Vor allem die strategische Perspektive, dass bereits vor der betrachteten Periode die zu bündelnden Produkte, Bestellungen oder Kunden ausgewählt werden, ist bisher nicht beleuchtet worden. Eng verknüpft ist diese Betrachtung mit der Voraussetzung, dass eine begrenzte Bündelungskapazität vorliegt, was ebenfalls eine neue Annahme bei der reinen Sendungsbündelung darstellt. Neben einer strategischen Planung mit aktiver Auswahl, ist auch die Implementierung eines operativen Entscheidungsprozesses für eine dynamische und aktive Identifikation der Bündelungselemente eine mögliche Option.

Das zweite Aufgabengebiet mit der Entscheidung für den richtigen Versandzeitpunkt beschäftigt zahlreiche Autoren seit Beginn des Forschungsstrangs. Viele verschiedene Simulations- und Optimierungsmodelle untersuchen die Auswirkungen, Leistungen sowie Einflussfaktoren der drei zentralen Bündelungsstrategien. Obwohl einige Autoren in ihren Zusammenfassungen auf die Wichtigkeit hinweisen, die Ergebnisse ebenfalls in einem Distributionsmodell mit unterschiedlichen Produkten zu überprüfen, fokussieren die Veröffentlichungen fast ausschließlich auf die Annahme einheitlicher Produkte. Somit existieren bisher nur wenige Erkenntnisse über die Einflüsse eines heterogenen Produktportfolios auf das Verhalten der Bündelungsstrategien. Vor allem in Kombination mit einer begrenzten Bündelungskapazität und einer aktiven Auswahl der relevanten Produkte entsteht ein neues interessantes Entscheidungsproblem.

Die beiden nächsten Aufgabengebiete der Sendungsbündelung, mit den Fragestellungen an welcher Stelle gebündelt wird und welche Institution dafür Verantwortung trägt, lassen sich grundsätzlich auf die Entscheidung zurückführen, welche Sendungsbündelungsmethode eingesetzt wird. Die Wahl eines bestimmten Verfahrens grenzt nämlich die möglichen Optionen in beiden Fällen stark ein. Die vorliegende Arbeit fokussiert beispielsweise auf das enge Themenfeld der reinen Sendungsbündelung. Für diese spezifische Ausprägung sind nicht alle vier vorgestellten Bündelungsorte geeignet. Vielmehr reduziert sich die Betrachtung ausschließlich auf die Sendungsquelle. Dies impliziert wiederum, dass die Hauptverantwortung der Bündelung beim Versender liegt. Ein möglicher themenübergreifender Forschungsansatz innerhalb dieser Aufgabfelder ist die Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Auswahl der richtigen Sendungsbündelungsmethode bei gegebener Distributionssituation. Eine erfolgreiche quantitative Auseinandersetzung mit diesem Problem ist jedoch aufgrund der zu erwartenden hohen Komplexität schwierig. Erste qualitative Hilfestellungen für eine solche Entscheidung bietet der in dieser Arbeit entwickelte V/E/B-Klassifizierungsansatz aus Gliederungspunkt 3.1.4.3.

Die Literaturanalyse für das letzte Aufgabengebiet ist sehr kurz, da kein eindeutiges Verständnis über die spezifischen Inhalte der Fragestellung vorliegt. Die bisherigen Veröffentlichungen nehmen keinen direkten Bezug zu der detaillierten Entscheidung, wie eine Sendungsbündelung im Einzelfall durchgeführt wird. Die Bestimmung der notwendigen Parameter für die Bündelungsstrategien als mögliche Inhaltsoption ist bereits der Fragestellung nach dem richtigen Versandzeitpunkt zugeordnet. Die Annahme im Rahmen der Literaturanalyse, dass die Fragestellung auf detaillierte Organisations- und Ablaufprozesse in den jeweiligen Bündelungssituationen abzielt, lässt wenig Handlungsspielraum für ausführliche Forschungsansätze. Durch den fehlenden Bezug der bisherigen Veröffentlichungen zu diesem Gebiet ist zwar eine Lücke vorhanden, die große Varietät einzelner Prozesse und Abläufe innerhalb verschiedener Distributionszenarien führt jedoch dazu, dass allgemeingültige Regeln, Methoden und Handlungsempfehlungen kaum zu entwickeln sind.

Aus diesen Gründen liegt der Fokus der folgenden simulationsgestützten Forschungen auf der Analyse möglicher aktiver Auswahlstrategien für Bündelungselemente bei begrenzter Bündelungskapazität unter spezieller Betrachtung eines heterogenen Produktportfolios im Rahmen einer reinen Sendungsbündelung.

3.3 Analyse der Effekte einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.

Das folgende Unterkapitel stellt die zentralen Effekte einer Sendungsbündelung auf die Unternehmensleistung und das -umfeld dar. Zunächst wird die Grundlage für die Analyse der Auswirkungen geschaffen, indem die wichtigsten Faktoren der Unternehmensleistung und des -umfelds sowie die zentralen Effekte identifiziert werden. Eine kurze Wiederholung der Funktionsweise einer Sendungsbündelung hilft bei der anschließenden Untersuchung der induzierten Veränderungen der betroffenen Faktoren. Das Ziel dieses Unterkapitels ist es, die bereits erwähnte simultane Steigerung der Kosten- sowie Ökoeffizienz nachvollziehbar zu belegen und weitere positive sowie negative Effekte für Unternehmen durch die Implementierung einer Sendungsbündelung aufzuzeigen.

3.3.1 Zusammenfassung der Abläufe und Funktionsweise einer reinen Sendungsbündelung i.e.S.

Gemäß der V/E/B-Klassifizierungsausprägung $(1/1/n)^{375}$ der Sendungsbündelung i.e.S. liegen mehrere unterschiedliche Bestellungen eines Kunden vor. Diese werden alle innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls, des sogenannten Bündelungszyklus, getätigt.

³⁷⁵ Vgl. Gliederungspunkt 3.1.4.2.

Zudem haben die einzelnen Bestellungen jeweils unterschiedliche Verfügbarkeitsstermine, da diese entweder verschiedene Produktions- bzw. Beschaffungszeiten vorweisen oder zufällig verteilte bzw. determinierte Zeitspannen zwischen den Ankünften liegen. Die Länge des Bündelungszyklus ist abhängig von der gewählten Bündelungsstrategie. Bei einer zeitbasierten Bündelungsstrategie ist das Intervall durch die Festlegung des Endzeitpunkts absolut determiniert.³⁷⁶ Der Endzeitpunkt kann, unabhängig von einzelnen Bestellungen, sowohl fix vorgegeben als auch in Abhängigkeit des frühestens Liefertermins variabel gewählt werden. Im Rahmen einer mengenbasierten Bündelungsstrategie legt der Zeitpunkt der Erreichung des vorgegebenen Mengenlimits das flexible Intervall fest.³⁷⁷ Die hybride Strategie definiert sowohl den maximalen Bündelungszyklus als auch das Mengenlimit. Das jeweils zuerst erreichte Ziel ist für den jeweiligen Fall das entscheidende.

Unter der Voraussetzung, dass statt einzelnen Direkttransporten für jede Bestellung aufgrund der Bündelungsmaßnahme Sammeltransporte durchgeführt werden, verlängert sich die durchschnittliche Lieferzeit, gemessen als Zeitspanne zwischen dem jeweiligen Bestellvorgang und der Ankunft der jeweils bestellten Waren beim Kunden. Sind die Waren einer Bestellung versandfertig, müssen diese bei einer Sendungsbündelungspolitik entsprechend auf die weiteren für das Bündel ausgewählten Produkte warten. Dies führt bei den wartenden Produkten schließlich zu Lieferzeitverzögerungen im Vergleich zum Direkttransport und damit zu steigenden durchschnittlichen Lieferzeiten. Während die reine Transportzeit auf den ersten Blick unverändert bleibt, ist die Warte- bzw. Lagerzeit für die Verlängerung der Gesamtlieferzeit verantwortlich. Die Veränderungen der weiteren Zeitdauern innerhalb des Lieferprozesses sind im Detail einzelfallspezifisch zu erfassen, da aufgrund möglicher Unterschiede bei den einzelnen Prozessschritten für beispielsweise Verpackung, Kommissionierung und Beladung sowohl Zeiteinsparungen als auch -zuwächse möglich sind. Unter der Annahme bereits verpackt gelagerter Einzelprodukte und dem Zusammenfügen dieser einzelnen Verpackungen zu einer großen Sendung im Rahmen der Bündelungspolitik bleibt die Verpackungszeit für Einzelprodukte konstant. Das zusätzliche Verpacken bzw. Kommissionieren des Bündels verursacht dann einen höheren Zeitbedarf, jedoch führt das fertige Sammelpaket zu Zeiteinsparungen beim Beladen.

Diese kurze beispielhafte Darstellung der möglichen Effekte einer Sendungsbündelung zeigt, dass eine allgemeingültige Bewertung aufgrund heterogener Einzelfälle schwierig ist. Eine genaue Betrachtung der einzelnen Prozessschritte ist aber nicht nur für die oben

³⁷⁶ Bei einer täglichen Sendungsbündelung mit dem beispielsweise vorgegebenen Ende der Bündelungszeit um 18 Uhr liegt das Zeitintervall ausgehend von diesem Zeitpunkt bis zum folgenden Termin am nächsten Tag bei 24 Stunden.

³⁷⁷ Nach dem Versand einer Sammelsendung (z. B. 16.30 Uhr) beginnt die Zeitdauer und endet sobald die Zielmenge erreicht ist (z. B. LKW fertig beladen um 22.30 Uhr). Das Zeitintervall entspricht in dieser Situation genau 6 Stunden.

angeführten zeitlichen und zeitabhängigen Effekte eine zentrale Voraussetzung, sondern auch für die Bestimmung weiterer Auswirkungen notwendig. Für die Beurteilung ist es zudem wichtig, die jeweilige Ausgangssituation genau zu bestimmen. Um eine möglichst genaue Analyse der Effekte durchzuführen, werden deshalb im Folgenden die Annahmen erklärt, die zum einen die Ausgangssituation definieren und zum anderen die Varianten der zu implementierenden Sendungsbündelungsstrategien aufzeigen. Jede Bestellung wurde in den Vorperioden, d. h. vor der Einführung der Sendungsbündelung, vom Versender direkt zum Empfänger transportiert. Bei der Untersuchung der Effekte werden mit dem eigenen Fuhrpark und dem Transportdienstleister beide Distributionsformen berücksichtigt. Ebenfalls zwei Optionen gibt es für die Sendungen, die entweder in Form großer Ladeeinheiten oder in Päckchen- und Paketform vorliegen können. Für die Implementierung der reinen Sendungsbündelung ist weiterhin jede Strategie (mengenbasiert, zeitbasiert, hybrid) auswählbar. Die Zusammenfassung der einzelnen Bestellungen findet an der Sendungsquelle statt und liegt in der Verantwortung des Versenders.

3.3.2 Analyse des Kosteneffekts

Das originäre Ziel bei der Entwicklung von Sendungsbündelungsstrategien ist die Einsparung von Kosten. Eine direkte positive Auswirkung, im Sinne einer Kostensenkung, ist bei den Transportkosten zu beobachten. Bevor diese jedoch detailliert betrachtet werden, ist es notwendig, zwischen den beiden unterschiedlichen Transportlösungen zu differenzieren:³⁷⁸

- Transport mit einem Logistkdienstleister³⁷⁹
- Transport mit eigenem Fuhrpark

Da die generellen Transportkosten sich in den beiden Situationen unterscheiden, sind auch verschiedene Auswirkungen zu beobachten.

Transport mit eigenem Fuhrpark

Die Transportkosten setzen sich aus unterschiedlichen Bestandteilen zusammen. Zu berücksichtigen sind dabei unter anderem Personalkosten, Versicherungskosten, Investitionskosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Mautgebühren, Transitkosten und Energiekosten. Für eine bessere strukturelle Übersicht lassen sich die einzelnen Kosten zu den drei Transportkostenkategorien *Schaffung der Betriebsbereitschaft*, *Nutz- und Leerfahrten* sowie *Be- und Entladung* zuordnen.³⁸⁰ Im Rahmen der Sendungsbündelungsmodelle werden diese Kosten über Fixkostenanteile und variable Kostensätze auf die einzel-

³⁷⁸ In der englischen Literatur wird zwischen „common carrier“ und „private carrier“ differenziert.

³⁷⁹ Logistkdienstleister in diesem Zusammenhang sind z.B. Transportunternehmen, Speditionen oder KEP-Dienstleister.

³⁸⁰ Vgl. Weber (2012), S. 208.

nen Transporte bzw. transportierte Güter verteilt. *Çetinkaya und Bookbinder* (2003) unterscheiden beispielsweise drei Bestandteile in ihrer Transportkostenfunktion.³⁸¹ Es gibt einen Fixkostenanteil, der bei jedem Transport anfällt, einen weiteren fixen Kostenanteil pro Bestellung und einen variablen Kostensatz pro Gewichtseinheit. *Mutlu, Çetinkaya und Bookbinder* (2010) definieren einen fixen Kostensatz, der bei jedem Transport anfällt und die Kosten für Bündelung, Bereitstellung und Versand repräsentiert.³⁸² Zusätzlich berücksichtigen sie einen variablen Kostensatz pro Ladungseinheit, in dem die Kosten für das Handling und den generellen Auftragsablauf zusammengefasst werden.

Das Bündeln einzelner Transportladungen führt insgesamt zu einer sinkenden Anzahl der Transportvorgänge und somit zur Reduktion eines zentralen Kostentreibers. Zudem ermöglicht die daraus folgende Verbesserung der Transportkapazitätsauslastung eine Verringerung der Transportstückkosten. In einigen spezifischen Fällen ist es möglich, dass eine Erhöhung der durchschnittlichen Transportmenge die Option auf das Nutzen eines günstigeren Transportmittels mit höherer Kapazität eröffnet. Dabei muss jedoch zum einen die notwendige Infrastruktur³⁸³ vorhanden und zum anderen die entsprechende Grenzmenge³⁸⁴ überschritten sein.

Zusammengefasst führt eine Sendungsbündelung zu größeren durchschnittlichen Ladungsmengen, die für eine bessere Auslastung und *ceteris paribus* für eine geringere Anzahl an Transporten sorgen. Die so eingesparten Transport(stück)kosten lassen sich gegebenenfalls durch einen Modal Shift (=Transportmitteländerung) weiter senken. Die Abbildung 14 auf der folgenden Seite illustriert diese erläuterten Wirkungszusammenhänge.

Je nach spezifischer Charakteristik der jeweiligen Distributionssituation sind die positiven Effekte auf die Transportkosten in Art und Intensität unterschiedlich ausgeprägt. Wird jede Sendung im Normalfall einzeln transportiert, erspart eine Bündelung, d. h. das Zusammenlegen von n Sendungen, $n-1$ Transporte.³⁸⁵ Dies ist gleichzeitig die maximal mögliche Reduktion an Transporten im Rahmen eines Bündelungsvorgangs. Auf der anderen Seite muss eine Sendungsbündelung bei gleichbleibender Gesamttransportmenge mindestens einen Transport weniger benötigen, damit das Zusammenlegen mehrerer Sendungen ökonomisch sinnvoll ist, d. h. ein Ersparniseffekt auftritt.³⁸⁶ Die

³⁸¹ Vgl. für diesen und folgenden Satz *Çetinkaya/Bookbinder* (2003), S. 752.

³⁸² Vgl. für diesen und folgenden Satz *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder* (2010), S. 369.

³⁸³ Infrastruktur bedeutet hier, dass sowohl das Transportmittel (Gigaliner, Binnenschiff, Güterzug, etc.) als auch die Voraussetzungen (ausreichender Rangier- und Verladeplatz, Zugang zu Binnenseehäfen, Zugang zu Güterbahnhöfen, etc.) zur Nutzung vorhanden sind.

³⁸⁴ Die günstigeren Transportkosten wirken sich bei einem Modal Shift (Transportmitteländerung) nur aus, wenn eine entsprechende Auslastung des Transportmittels erreicht wird. Die dafür notwendige Transportmenge ist hier als Grenzmenge bezeichnet.

³⁸⁵ Zu beachten ist hier die Bündelungskapazität, die das maximale n bestimmt.

³⁸⁶ Verteilt sich die Gesamtmenge an Bestellungen auf n Transporte und es erfolgt eine Bündelung von Sendungen ohne Reduzierung der Transportanzahl, so kann sich zwar die Transportmenge und damit Auslastung in bestimmten Transportfahrzeugen erhöhen, jedoch sinken diese gleichzeitig in den anderen Fahrzeugen. Ein positiver Kosteneffekt lässt sich somit nicht erzielen.

Anzahl der eingesparten Transporte bei n Sendungen bewegt sich dementsprechend im Intervall $[1; n-1]$. Bei bereits vor der Bündelung komplett oder fast komplett³⁸⁷ ausgelasteten Transportmitteln ist die Option „Modal Shift“ zu prüfen, um durch eine höhere Transportkapazität mögliche Kostenersparnisse zu erzielen. Je größer dabei das begrenzte Volumen des bereits genutzten Transportmittels ist, desto komplexer ist der Wechsel zu einem größeren Fahrzeug.³⁸⁸ Durch diese eben aufgezeigte Verringerung der Anzahl der Transporte reduzieren sich die tourenabhängigen Transportkosten. Die in den Modellen verwendeten Transportkosten pro Gewichtseinheit³⁸⁹ bzw. pro Ladeinheit³⁹⁰ bleiben hingegen von einer Bündelungspolitik unberührt, da sich das Gesamtgewicht der Sendungsgüter bzw. die gesamte Ladungsmenge der betrachteten Periode nicht verändert. Die sinkenden tourenabhängigen Kosten führen aber trotzdem zu einer Verringerung der Transportgesamtkosten.

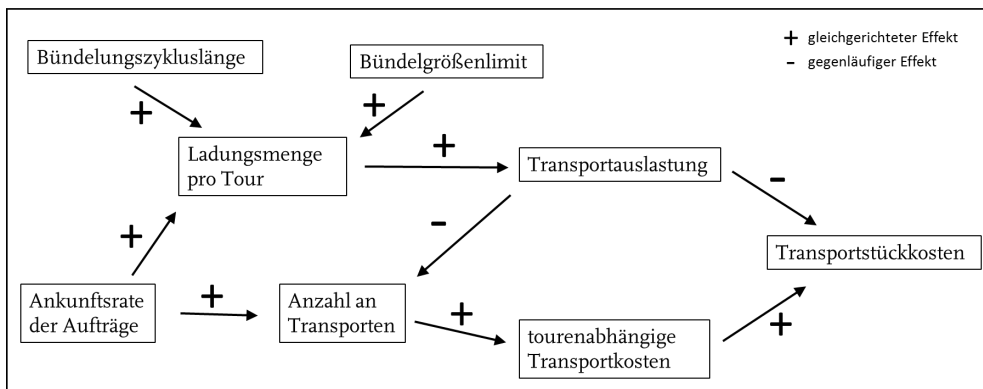


Abb. 14: Effekte der Sendungsbündelung auf die Transportkosten im Fall eines eigenen Fuhrparks³⁹¹

Generell bestätigen alle Autoren, die in ihren Modellen die Distribution mit eigenem Fuhrpark berücksichtigen, den Effekt der sinkenden Transport(stück)kosten durch die Implementierung einer Sendungsbündelung.³⁹² Mit der Annahme poissonverteilter Ankunftsraten und Sendungsgewichte kommen Çetinkaya/Bookbinder (2003) und

³⁸⁷ „Fast komplett“ impliziert hier, dass trotz einer Bündelung mit dann 100% ausgelasteten Fahrzeugen aufgrund der Gesamtmenge noch alle Transportfahrzeuge gebraucht werden.

³⁸⁸ Während eine Umstellung von Kleintransporter auf Kleinlaster organisatorisch und finanziell verhältnismäßig einfach zu bewerkstelligen ist, geht ein Wechsel von beispielsweise Lastzügen auf Eisenbahn- oder Binnenschifftransport unter anderem mit notwendigen Veränderungen bei der Transportverantwortung einher (Outsourcing).

³⁸⁹ Vgl. das Transportkostenmodell von Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 752.

³⁹⁰ Vgl. das Transportkostenmodell von Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 369.

³⁹¹ Quelle: Eigene Darstellung.

³⁹² Vgl. u. a. Higginson/Bookbinder (1994), Çetinkaya/Bookbinder (2003), Tyan/Wang/Du (2003), Ülkü (2009) und Bookbinder/Cai/He (2011).

Ülkü/Bookbinder (2006) zudem auf das Ergebnis, dass die mengenbasierte Bündelungsstrategie die minimalen Kosten pro Zeiteinheit generiert.³⁹³ Ülkü (2009) bestätigt die Kostendominanz der mengenbasierten Politik gegenüber den alternativen Ansätzen auch für Einheitsgewichte der Sendungen.³⁹⁴

Speditionstransport bzw. Logistikdienstleister

Liegt der physische Transport in der Verantwortung eines anderen Unternehmens, müssen andere Transportkosten berücksichtigt werden. Logistikdienstleister, Speditionen und ähnliche Transportunternehmen verlangen einen Preis bzw. Gebühr für diese Leistung. In der Regel ist der Stückpreis bzw. Preis pro Transporteinheit geringer, je größer die nachgefragte Transportmenge ist. In der relevanten Literatur differenzieren die Autoren, unter der Voraussetzung einheitlicher Produkte, zwischen zwei verschiedenen Kostensätzen pro Transporteinheit für LTL- und für FTL-Transporte.³⁹⁵ Ab einer bestimmten Ladungsmengengrenze ist der niedrigere FTL-Kostensatz zu zahlen. Die bedeutenden Publikationen differenzieren in diesem Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Grenzmenge, ab der ein günstigerer Kostensatz gilt, und einem weiteren niedrigeren Limit, ab dem eine Überdeklarierung der zu versendenden Waren ökonomisch sinnvoll ist.³⁹⁶ Überdeklarierung bedeutet, dass für die Sendung ein höheres Gewicht angegeben wird, da die mit dem tatsächlichen Gewicht und der höheren LTL-Rate berechneten Kosten höher sind als die Kosten des angegebenen Gewichts an der Ladungsmengengrenze multipliziert mit der niedrigeren FTL-Rate.

Auf jeden Fall führt eine durch Bündelung erhöhte Transportmenge ab dem Erreichen des Größenlimits zu niedrigeren Transport(stück)kosten für das bündelnde Unternehmen. Ein weiteres Beispiel für die Transportgebührendegression bei steigenden Transportmengen sind die Frachtpreise der KEP-Dienstleister, wie beispielsweise DHL oder UPS, in Form der Portogebühr.³⁹⁷

Bei der Transportform mit Logistikdienstleistern sind im Vergleich zum eigenen Fuhrpark somit andere, jedoch ähnliche Auswirkungen zu beobachten. Gleich bleibt in jedem Fall die grundlegende positive Richtung des Effekts einer Sendungsbündelung hin zu geringeren Transportkosten. Auch die wissenschaftliche Literatur bestätigt für die Distribution mit Logistikdienstleistern einen transportkostensenkenden Effekt durch Sendungsbündelung.³⁹⁸ Higginson und Bookbinder (1994) zeigen hierzu, dass unter den sehr speziellen Voraussetzungen einer niedrigen Ankunftsrate und eines langen Bündelungszyklus die zeitbasierte Bündelungsstrategie hinsichtlich der Kosten besser ab-

³⁹³ Vgl. Ülkü/Bookbinder (2006), S. 11f. und Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 756f.

³⁹⁴ Vgl. Ülkü (2009), S. 31.

³⁹⁵ Vgl. z. B. Higginson/Bookbinder (1994), S. 91.

³⁹⁶ Vgl. u. a. Higginson/Bookbinder (1994), S. 91, Higginson/Bookbinder (1995), S. 244, Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 757 und Merrick/Bookbinder (2010), S. 752.

³⁹⁷ Vgl. z. B. UPS (2014), S. 16ff.

³⁹⁸ Vgl. u. a. Masters (1980), Closs/Cook (1987), Higginson/Bookbinder (1994), Çetinkaya/Bookbinder (2003) und Merrick/Bookbinder (2010).

schneidet als die mengenbasierte Politik. In allen anderen Fällen jedoch bietet die mengenbasierte Strategie die jeweils kostenminimale Option und die hybride Politik weist die jeweils kürzeste durchschnittliche Lieferzeit pro Bestellung auf.³⁹⁹

Verpackungskosten

Ein weiterer positiver Effekt der Sendungsbündelung ist bei den Verpackungskosten zu bemerken, die in diesem Fall unabhängig von den Transportkosten betrachtet werden. Das Verpacken einer großen gebündelten Ladungsmenge verbraucht in der Regel weniger Transportverpackungsmaterial als viele einzelne kleine Ladungsmengen. Ein deutlicher Effekt ist beispielsweise im Zusammenhang mit Sendungsverpackungen wie Päckchen und Paketen auszumachen.⁴⁰⁰ Ähnliche Einsparungsmöglichkeiten sind ebenfalls bei anderen Transportverpackungsmaterialien zu erwarten.⁴⁰¹ In Einzelfällen ist jedoch auch ein zusätzlicher Verpackungsbedarf und damit höhere Kosten bei der Sendungsbündelung möglich. Werden beispielsweise einzelne Bündelungselemente, die sich jeweils schon in Einzeltransportverpackungen befinden, für einen gemeinsamen Versand in einer weiteren Transportverpackung zusammengefasst, entstehen entsprechende Mehrkosten. Allerdings liegen in solchen Situationen meistens Planungsdefizite vor, da mögliche Kostenminimierungspotentiale hinsichtlich der Einsparung von Verpackungsmaterial offensichtlich nicht genutzt werden. Für den allgemeinen Fall der reinen Sendungsbündelung ist im Folgenden aber festzuhalten, dass diese einen positiven, d. h. reduzierenden Effekt auf die Verpackungskosten bewirkt. *Asdecker* (2011) bestätigt in seinem Entscheidungsmodell für eine Sendungsbündelung auf Transportverpackungsebene den sinkenden Verbrauch von Verpackungsmaterial und folglich geringere Kosten.⁴⁰²

Lagerkosten

Eine zeitliche Bündelung von Sendungen bzw. Produkten impliziert die Notwendigkeit, Produkte bzw. Bestellungen für den jeweiligen Bündelungszeitraum zurückzuhalten. In diesem Zusammenhang entstehen dem Unternehmen Kosten, die entweder direkt als Lagerkosten anfallen oder aufgrund eines ähnlichen Charakters als solche bezeichnet werden. Die direkten Lagerkosten für die reine Lagerfunktion im Sinne einer Zeitüberbrückung entstehen durch die Bereitstellung der sogenannten Produktionsfaktoren.⁴⁰³ Lagergebäude, -einrichtung und -fläche sowie Versicherungen als mögliche Faktoren sind Lagerfixkosten und können mithilfe von Kostensätzen einzelnen Lagerungsobjekten zugeteilt werden. Kapitalbindungskosten sind ein Beispiel für leistungsvariable Kosten, die direkt am Produktwert anknüpfen. Diese Teilkosten bilden in der Summe die „klassischen“ Lagerkosten, die in der untersuchten Sendungsbündelungsliteratur jedoch selten in vollem Umfang berücksichtigt werden.

³⁹⁹ Vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 108f.

⁴⁰⁰ Vgl. *Asdecker* (2011), S. 51.

⁴⁰¹ Wie zum Beispiel bei Palettenfolien und ähnlichen Transportschutzmaterialien.

⁴⁰² Vgl. *Asdecker* (2011), S. 51.

⁴⁰³ Vgl. für diesen und folgenden Satz: *Weber* (2012), S. 232f.

Die Betrachtungen fokussieren hingegen verstärkt auf lagerähnliche Wartekosten, die verzögerte Zahlungseingänge und Kundenzufriedenheitsmängel berücksichtigen. Da die Kunden erst zum Zeitpunkt des Empfangs der Lieferung die Bezahlung der Rechnung in Auftrag geben, entstehen dem bündelnden Unternehmen Opportunitätskosten durch die Verzögerung der Sendung.⁴⁰⁴ Einige Autoren implizieren bei den anfallenden Wartekosten auch eine Verringerung der Kundenzufriedenheit und damit eine Art Strafkosten für die steigenden durchschnittlichen Lieferzeiten.⁴⁰⁵

Die Wartezeit ist sowohl für die direkten Lagerkosten als auch für die Wartekosten der hauptsächliche Kostentreiber, sodass die im Folgenden beschriebenen Effekte einer Sendungsbündelung jeweils für beide Kostenverständnisse gelten. Ausnahmesituationen werden dabei explizit erklärt.

Der Effekt auf die Lager- bzw. Wartekosten verläuft entgegengesetzt zu den positiven Auswirkungen auf Transport- und Verpackungskosten. Die Sendungsbündelung i.e.S. als zeitliche Bündelungsmethode verzögert die Versendung bereits vorliegender fertiger Ladungen, damit weitere passende, aber erst später eintreffende Sendungen, dieser Ladung hinzugefügt werden können. Während dieser Verzögerung verursachen die fertigen Waren Kosten, die im Fall einer direkten Versendung nicht anfallen würden. Zum einen binden die wartenden Ladungen Kapital und zum anderen beanspruchen sie Lagerressourcen⁴⁰⁶ des Unternehmens. Für die vorliegende Arbeit und die betrachteten Bündelungsmodelle besteht in diesem Zusammenhang die Annahme, dass die Bezahlung der Bestellung von den Kunden zum Zeitpunkt der tatsächlichen Ankunft erfolgt und nicht zum festgelegten Liefertermin. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet das, je früher die Lieferung, desto früher der Zahlungseingang.

Die Wartezeit einer Bestellung berechnet sich über die Differenz zwischen dem Startzeitpunkt des gebündelten Transports und dem Bereitstellungszeitpunkt der Bestellung. Die Wartezeiten variieren somit immer zwischen den Werten 0⁴⁰⁷ und einem durch die Bündelungsstrategie beeinflussten Maximalwert⁴⁰⁸. Im zeitbasierten Fall ist die Bündelungsdauer fest vorgegeben und damit auch der jeweils nächste Startzeitpunkt determiniert. Die maximale Wartezeit entspricht damit der vorgegebenen Bündelungsdauer. Bei der mengenbasierten Bündelungsstrategie fällt der Startzeitpunkt mit dem Bereitstellungszeitpunkt des letzten Bündelungsobjekts zusammen. Die maximale Wartezeit ist dadurch abhängig von der Bestellfrequenz, den einzelnen Bestellmengenrößen sowie der festgelegten Bündelungsmenge.⁴⁰⁹ Beide Startvarianten sind im hybriden Fall möglich, in dem für jede Situation jeweils der frühere Zeitpunkt entscheidend ist. Da die

⁴⁰⁴ Vgl. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 369.

⁴⁰⁵ Vgl. Higginson (1995), S. 7.

⁴⁰⁶ In erster Linie sind hier der Energieverbrauch und der Platzbedarf zu nennen.

⁴⁰⁷ Der Bereitstellungszeitpunkt entspricht dem Startzeitpunkt des Transports (= letztes Bündelungsobjekt).

⁴⁰⁸ Der Startzeitpunkt des gebündelten Transports ist abhängig von der Bündelungsstrategie.

⁴⁰⁹ Die Bündelungsmenge entspricht beim eigenen Fuhrpark in der Regel der Kapazität des gewählten Transportmittels.

Bündelungsdauer konstant bleibt, kann sie hier wiederum als Maximalwert für die Wartezeit betrachtet werden. Ein weiterer Zusammenhang besteht zur Ankunftsrate der Aufträge. Je schneller die einzelnen Bestellungen aufeinander folgen, desto geringer ist die notwendige Wartezeit und desto geringer sind die anfallenden Lagerkosten. Die Bestellfrequenz, d. h. die durchschnittliche Anzahl an eintreffenden Bestellungen pro Zeiteinheit, ist somit eine wichtige Größe, um die Eignung eines Versandprozesses für die Sendungsbündelung zu beurteilen und die Parameter für die Bündelungsstrategie festzulegen.⁴¹⁰

Neben der Wartezeit üben auch die Eigenschaften der Produkte, die gebündelt werden, einen entscheidenden Einfluss auf die Lagerkosten und teilweise auf die Wartekosten aus. Die Kapitelbindungskosten sind, aufgrund der bereits beschriebenen Annahmen, ein relevanter Bestandteil der Lagerkosten sowie der Wartekosten. Hochwertige Produkte führen somit *ceteris paribus* auch zu höheren Lager- bzw. Wartekosten. Darüber hinaus sind weitere lagerspezifische Eigenschaften der Produkte im Rahmen der Bündelungsentscheidung wichtig. Der Begriff „lagerspezifisch“ subsumiert in diesem Fall alle Charakteristiken außer dem Produktwert, die direkt oder indirekt den Lageraufwand und damit die Kosten beeinflussen. Zu nennen sind hier zum einen Eigenschaften wie die Größe und das Gewicht der Produkte und zum anderen Eigenschaften, die einen besonderen Schutz bei der Lagerung verlangen, wie z. B. Verderblichkeit. Da der erhöhte Lageraufwand steigende Kosten verursacht, ist die Wartezeit bei solchen Produkten möglichst zu minimieren. Bei der Verwendung von Wartekosten in den quantitativen Modellen sind diese als Kostensätze pro Gewichtseinheit angegeben, was entsprechend eine Abhängigkeit der Gesamtkosten vom Gewicht impliziert.

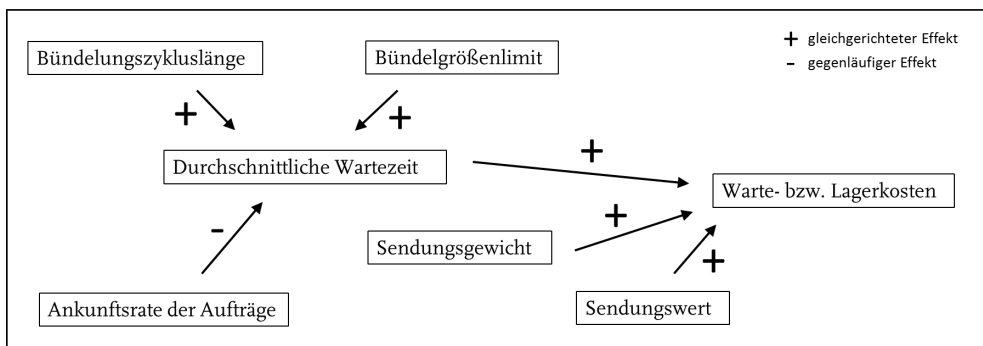


Abb. 15: Effekte der Sendungsbündelung auf die Lagerkosten⁴¹¹

Zusammengefasst entstehen durch den Einsatz einer Sendungsbündelung i.e.S. zusätzliche Lager- bzw. Wartekosten und vermindern so im Gesamtbild den positiven Effekt

⁴¹⁰ Vgl. dazu auch Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 372f.

⁴¹¹ Quelle: Eigene Darstellung.

der Transportkosten. Je nach spezifischer Charakteristik der jeweiligen Distributionssituation sind auch hier die negativen (erhöhenden) Auswirkungen auf die Lagerkosten in Art und Intensität unterschiedlich ausgeprägt. Die relevanten wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Rahmen der reinen Sendungsbündelung bestätigen einen Anstieg der Lager- bzw. Wartekosten, wenn die Länge der Bündelungszyklen und die Höhe des Bündelgrößenlimits zunehmen.⁴¹² Die Abbildung 15 fasst die Auswirkungen der Sendungsbündelung auf die Lagerkosten zusammen.

Handlingskosten

Die Auswirkungen auf die Handlingskosten, wie z. B. zusätzlicher Verpackungs- und Kommissionieraufwand oder Be- und Entladeaufwand, sind im Zusammenhang mit der Sendungsbündelung i.e.S. schwierig in eine allgemeine Form zu bringen. Nicht nur die Art und Intensität, sondern vor allem auch die Richtung des Effekts sind stark abhängig von der jeweiligen individuellen Ausgestaltung der Distributionspolitik. Generell ist durch eine Sendungsbündelung zu erwarten, dass der Beladeaufwand des Unternehmens sich verringert. Die Beladung der gleichen Menge an Sendungen auf insgesamt weniger Transportmittel reduziert zumindest die Rangier- und Andockvorgänge der Fahrzeuge. Erfolgt die Bündelung zudem auf Transportverpackungsebene, ist die Anzahl der einzelnen Ladungen geringer und der Beladeaufwand sinkt ebenfalls. *Asdecker* (2011) erhält beispielweise im Rahmen einer Implementierung einer Sendungsbündelung bei einem Unternehmen der Gesundheitsindustrie positives Feedback der Kunden, die aufgrund der Sammelpakete einen geringeren Handlingsaufwand bemerken.⁴¹³

Bei bestimmten Sendungsbündelungsmethoden, wie zum Beispiel Cross Docking, wird ein höherer Handlingsaufwand⁴¹⁴ eingeplant, die reine Sendungsbündelung i.e.S. hingegen zielt insgesamt auf eine Verringerung der Handlingskosten ab.⁴¹⁵

Eine explizite Berücksichtigung und Analyse der Handlingskosten in den quantitativen Modellen der wissenschaftlichen Literatur findet nicht statt. Einige Autoren nehmen aber zumindest Teilaspekte in ihre Untersuchungen mit auf.⁴¹⁶

Zusammenfassung der Kosteneffekte

Bevor die Gesamtsituation des Kosteneffekts dargelegt wird, verbleibt ein weiterer Kostenbereich, der ebenfalls von der Implementierung einer Sendungsbündelung betroffen ist. So ist aufgrund der zusätzlichen Prozesse, die zu planen, steuern und überwachen sind, ein Anstieg des administrativen Aufwands sowie der damit zusammenhängenden Kosten zu erwarten.⁴¹⁷ Bisher ist dieser Aspekt nicht in die existierenden Kostenmodelle

⁴¹² Vgl. u. a. Hall (1987), S. 61, Higginson/Bookbinder (1994), S. 102, Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 755 und Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 374.

⁴¹³ Vgl. Asdecker (2011), S. 56.

⁴¹⁴ Vgl. Hall (1987), S. 60.

⁴¹⁵ Vgl. hierzu die Kurzcharakteristik im Gliederungspunkt 3.1.3.4.

⁴¹⁶ Vgl. z. B. Hall (1987), S. 60 im Zusammenhang mit „terminal consolidation“; Closs/Cook (1987), S. 39; Fuchs (2013), S. 17; Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010) berücksichtigen den Handlingsaufwand in ihren Transportkostensätzen (S. 369).

⁴¹⁷ Vgl. Jackson (1981), S. 113.

der Sendungsbündelung explizit aufgenommen worden. Grundsätzlich ist dieser Kosteneffekt schwierig zu quantifizieren. Er ist stark abhängig von der bestehenden Ausgangssituation der Unternehmen, bevor sie die Sendungsbündelung implementieren, und von der genauen Ausgestaltung des Bündelungskonzepts. Eine intensivere Analyse soll hier ebenfalls nicht erfolgen, da im Folgenden angenommen wird, dass der administrative Aufwand zwar den gesamten positiven Kosteneffekt etwas dämpft, aber nicht wesentlich beeinflussen wird.

Ursprungsgedanke und -ziel bei der Sendungsbündelung war und ist die Kostenreduzierung. Grundsätzlich sind die Kostenersparnisse beim Transport, Verpacken und Handling stärker ausgeprägt als die Kosten durch zusätzliche Lagerung oder Wartezeit. Insgesamt tritt somit ein positiver, d. h. sinkender Kosteneffekt bei der Implementierung einer Sendungsbündelung ein. Einschränkend muss hier jedoch ergänzt werden, dass bestimmte Grundvoraussetzungen in Bezug auf die Höhe der Ankunftsdaten sowie die Höhe der Transport- und Lagerkostensätze erfüllt sein müssen, damit die Sendungsbündelung ökonomisch sinnvoll ist, d. h. zu Kostenersparnissen führt.⁴¹⁸

3.3.3 Analyse des Zeiteffekts

Die Lieferzeit ist die Dauer zwischen dem Zeitpunkt des Auftragseingangs und der anschließenden Ankunft der Auftragspositionen beim Kunden.⁴¹⁹ Sie setzt sich im Wesentlichen aus den folgenden Einzelbestandteilen zusammen: Auftragsbearbeitungszeit, Bereitstellungszeit, Kommissionierungs- und Verpackungszeit sowie Verladungs- und Transportzeit.⁴²⁰ Speziell bei der Sendungsbündelung ist ab dem Zeitpunkt der Bereitstellung eine zusätzliche Zeitspanne zu berücksichtigen, da die einzelnen Bündelungselemente auf die Vollständigkeit des Transportbündels warten müssen. Diese zusätzliche Zeitdauer zwischen der Bereitstellung und dem Kommissionieren und Verpacken ist die bereits im Zusammenhang mit den Lagerkosteneffekten ausführlich diskutierte Wartezeit.

Für den positiven Effekt der Kostensenkung müssen ebenfalls negative Auswirkungen in Kauf genommen werden. In erster Linie machen sich diese bei der Erhöhung der durchschnittlichen Lieferzeit bemerkbar. Ein Hauptgrund für die höheren Lieferzeiten sind die entstehenden Wartezeiten der einzelnen Bündelungsobjekte. Diese erhöhen ceteris paribus die durchschnittliche Lieferzeit der einzelnen Aufträge.

In einigen Fällen sind zudem zwei weitere Faktoren zu beachten, die ebenfalls mehr Zeit in Anspruch nehmen können. Zum einen kann das Zusammenfügen der einzelnen

⁴¹⁸ Vgl. u. a. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 372f.

⁴¹⁹ Vgl. Pfohl (2010), S. 35.

⁴²⁰ Vgl. Pfohl (2010), S. 36.

Bündelungsobjekte bei der Kommissionierung oder Verpackung zusätzlichen Zeitaufwand verursachen. Zum anderen ist es im Rahmen eines Modal Shift, d. h. bei einer Transportmitteländerung, möglich, dass sich die reine Transportdauer aufgrund der geringeren Geschwindigkeit des neuen Transportmittels ebenfalls erhöht.

Ein positiver Effekt, der die Transportzeit verkürzt, ist bei der Nutzung eines Transportunternehmens möglich. Werden mit einzelnen Sendungen lediglich geringe Kapazitäten der jeweiligen Transportmittel beansprucht, so ist es sehr wahrscheinlich, dass das Transportunternehmen diese LTL-Touren mit weiteren Sendungen von anderen Unternehmen ergänzt. Die dafür notwendigen zusätzlichen Stopps für die Beladung verlängern die Transportzeit. Ein von Beginn an ausgelasteter Bündelungstransport hingegen ermöglicht einen Direkttransport und kann die Transportzeit gegenüber den LTL-Lieferungen verkürzen.⁴²¹ In diesem Zusammenhang bestätigen die Erkenntnisse aus der Literatur zudem eine geringere Transportzeitvarianz bei FTL-Transporten.⁴²²

Die Effekte bezüglich des Handlingsaufwands im Rahmen der Kommissionierung, Verpackung und Beladung und die damit verbundene Zeitdauer sind, wie bereits bei den Handlingskosten erwähnt, schwierig zu beurteilen. Bei einer Sendungsbündelung auf Transportverpackungsebene sind beispielsweise durch eine Zwischenlagerung der einzelnen Bündelungselemente mehr Arbeitsschritte bei der Kommissionierung notwendig. Die geringere Anzahl der Pakete am Ende verkürzt jedoch die Verpackungs-⁴²³ und Beladungszeit. *Fuchs* (2013) bestätigt ebenfalls die Reduzierung des Handlingsaufwands in der Unternehmenspraxis durch das Bündeln von Lieferungen.⁴²⁴

Zusammenfassend betrachtet, ist die steigende Lieferzeit die maßgebliche Suffizienz bei der Implementierung einer Sendungsbündelungsstrategie. Den Hauptanteil daran trägt die Wartezeit der einzelnen Bündelungsobjekte auf die Vollständigkeit der Sammelladung und den darauffolgenden Abfahrtszeitpunkt. Die zentrale Bedeutung des negativen Zeiteffekts zeigt sich darin, dass die Wartezeit zudem der Hauptkostentreiber für die zunehmenden Lagerkosten ist, wie im vorherigen Gliederungspunkt bereits ausführlich erläutert wurde. Die Verzögerung der Lieferzeit wird jedoch bewusst in Kauf genommen, um die positiven Effekte bei den Kosten, der Qualität und der Ökologie erzielen zu können. Hier zeigen sich erneut sehr deutlich die zentralen Elemente und Auswirkungen des Slow Logistics Konzepts.

Der Zeiteffekt stellt aber ebenfalls einen begrenzenden Faktor bei der Implementierung der Sendungsbündelung dar. Trotz der längeren Lieferzeit muss die Sendung pünktlich

⁴²¹ Vgl. Ülki (2009), S. 28.

⁴²² Vgl. Master (1980), S. 71 und Closs/Cook (1987), S. 28.

⁴²³ Es müssen nun zwar mehr einzelne Objekte in ein Paket, aber der Karton muss nur einmal gefaltet, mit Beigaben gefüllt, verschlossen, adressiert und frankiert werden.

⁴²⁴ Vgl. Fuchs (2013), S. 17.

den Kunden erreichen. Das festgelegte Zeitfenster für die Anlieferung darf somit maximal ausgeschöpft, aber nicht überschritten werden.⁴²⁵ An dieser Stelle zeigen sich die Vorteile der zeitbasierten und hybriden Bestellpolitik, die hinsichtlich der Kosten der mengenbasierten Politik unterlegen sind, aber durch die zeitliche Bündelungsgrenze eine rechtzeitige Lieferung garantieren.⁴²⁶ Während die zeitbasierte Bündelungsstrategie für jede Lieferung einen genauen Termin garantiert, der verlässlich in den Planungen berücksichtigt werden kann, sind die jeweiligen Anlieferungstermine der hybriden Politik nicht vorhersehbar, sichern aber einen spätesten Zeitpunkt zu.

Darüber hinaus existieren in der relevanten wissenschaftlichen Literatur weitere Erkenntnisse zum Zeiteffekt. So führt der Einsatz einer hybriden Bündelungsstrategie im Vergleich zu den anderen beiden Alternativen stets zur kürzesten durchschnittlichen Lieferzeit.⁴²⁷ Generell sind Distributionssysteme mit niedrigen Ankunftsdaten der Aufträge, hohen Bündelgrößenlimits sowie langen Bündelungszyklen ungeeignet für Sendungsbündelungsstrategien, da diese längere Wartezeiten verursachen und somit zu Verspätungen oder zu hohen Kosten führen.⁴²⁸

Abschließend zum Zeiteffekt ist noch anzumerken, dass die Lieferzeit grundsätzlich ein zentraler Ansatzpunkt für Verhandlungen im Rahmen der Abnehmer-Lieferanten-Beziehungen ist. Hier können beispielsweise im Rahmen eines Slow Logistics Ansatzes die Erweiterung der festgelegten Anlieferungszeitfenster diskutiert werden, um die Potentiale einer Sendungsbündelung in einem größeren Umfang wahrnehmen zu können.

3.3.4 Analyse des Qualitätseffekts

Die Qualität einer Sendung bzw. der dahinter liegenden Logistikleistung lässt sich anhand mehrerer Faktoren messen. Eine empirische Studie von *Read/Miller* (1991) identifiziert die Erfüllung der Kundenbedingungen, die Pünktlichkeit der Lieferung, die Vollständigkeit und Richtigkeit der Lieferung, die sichere Lieferbereitschaft sowie die Vermeidung von Schäden als zentrale Merkmale für hohe Logistikqualität.⁴²⁹ *Pfohl* (2010) fasst diese Beispiele mithilfe von vier übergeordneten Merkmalen zusammen, die zum Teil für eine detaillierte Analyse in einzelne Faktoren zerlegt werden können. Der Lieferservice als Ausdruck der Logistikqualität beinhaltet dementsprechend die Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferungsbeschaffenheit und Lieferflexibilität.⁴³⁰

⁴²⁵ Die negativen Auswirkungen einer Verspätung auf die Kosten (z. B. Strafzahlungen) und die Kundenbeziehung (z. B. Vertragskündigung) sind höher zu bewerten als mögliche Ersparnisse durch die Bündelung.

⁴²⁶ Vgl. *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder* (2010), S. 367f.

⁴²⁷ Vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 102.

⁴²⁸ Vgl. *Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder* (2010), S. 372f.; *Çetinkaya/Bookbinder* (2003), S. 760f.

⁴²⁹ Vgl. *Read/Miller* (1991), S. 36.

⁴³⁰ Vgl. für diesen Satz und die folgenden Erklärungen: *Pfohl* (2010), S. 35-37.

Die Lieferzeit, im letzten Gliederungspunkt ausführlich diskutiert, trägt nicht nur die Hauptverantwortung für den Zeiteffekt, sondern ist auch ein zentraler Bestandteil der Qualitätsbewertung der Lieferleistung. Obwohl die Lieferzeit häufig im Fokus der Marketing-Aktivitäten in Bezug auf die Lieferleistung steht, gewichten die Kunden andere Faktoren, wie z. B. die Lieferzuverlässigkeit und die Lieferungsbeschaffenheit, beim Gesamteindruck höher.⁴³¹ Aufgrund dieser Tatsache und der spezifischen Berücksichtigung der Lieferzeit beim Zeiteffekt, wird dieses Merkmal bei der Analyse des Qualitätseffekts nur mit einem geringem Gewicht bewertet.

Die Lieferzuverlässigkeit bezieht sich ebenfalls auf eine zeitliche Komponente der Lieferung, fokussiert dabei aber auf die Einhaltung des vereinbarten Liefertermins. Vor allem im B2B-Bereich ist die Pünktlichkeit der Sendung ein zentrales Merkmal, da heutige Produktionsplanungen häufig nur enge Zeitfenster für die Anlieferung benötigter Materialien bzw. Vorprodukte vorsehen.⁴³² Die beiden Faktoren, die generelle Lieferbereitschaft des Versenders und die zeitliche Konstanz der einzelnen Logistikprozesse, haben einen starken Einfluss auf die Lieferzuverlässigkeit.⁴³³ Während die Lieferbereitschaft gewährleistet, dass die benötigten Waren für die Auslieferung rechtzeitig zum Transporttermin zur Verfügung stehen, ist die zeitliche Konstanz für eine möglichst geringe Schwankung der Logistikprozesszeiten verantwortlich, die zu einer genauen Terminplanung verhelfen.

Die Lieferungsbeschaffenheit als weiteres Qualitätsmerkmal der Lieferleistung umfasst mit der Genauigkeit und dem Zustand der Lieferung ebenfalls zwei Einflussfaktoren.⁴³⁴ Das Ziel ist es folglich, sowohl Fehler als auch Schäden bei der Auslieferung der Sendung zu vermeiden. Diese beiden Aspekte stehen in einer engen Beziehung zum allgemeinen Verständnis des Qualitätsbegriffs. Einige Autoren bezeichnen in ihren Arbeiten das Merkmal der Beschaffenheit auch explizit als Lieferqualität.⁴³⁵ Die genaue Auswirkung einer reinen Sendungsbündelung i.e.S. auf den Zustand der Lieferung ist nicht einfach zu bestimmen. Wird beispielsweise die Schadenssituation im Detail betrachtet, sind zwei gegenläufige Effekte zu erkennen. Unter der Annahme, dass eine Beschädigung der Lieferung, z. B. durch einen Unfall, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit p_s pro Tour auftritt, ist die zu erwartende Anzahl der Schadensereignisse pro Betrachtungsperiode $p_s \cdot \text{Anzahl der Touren}$. Da der letztgenannte Parameter durch die Einführung einer Sendungsbündelung im Regelfall sinkt,⁴³⁶ ist von einem Rückgang der Schadensereignisse auszugehen. Auf der anderen Seite steigt jedoch durch eine Bündelung die Transportmenge pro Tour. Unter der Annahme, dass bei einem Schadensereignis

⁴³¹ Vgl. Pfohl/Schäfer (1998), S. 86.

⁴³² Die Verbreitung von Just-in-Time und Just-in-Sequence Strategien sowie generell von Lean Management führt zu straffen Zeitplänen entlang einer Supply Chain.

⁴³³ Vgl. für diesen und folgenden Satz Pfohl (2010), S. 35f.

⁴³⁴ Vgl. Pfohl (2010), S. 37.

⁴³⁵ Vgl. z. B. Arndt (2013), Koch (2012), Ehrmann (2008).

⁴³⁶ Vgl. hierfür beispielsweise die Auswirkungen des Kosteneffekts in Gliederungspunkt 3.3.2.

die komplette Transportmenge betroffen ist, führt die Sendungsbündelung eben auch zu einer Zunahme der zu erwartenden Schadensmenge pro Unfall. Auf diese Weise heben sich beide Effekte in Bezug auf die Gesamtschadensmenge gegenseitig auf. Mit Berücksichtigung des Zeiteffekts ist jedoch auch eine Reduzierung des Wahrscheinlichkeitswerts p denkbar. Aufgrund der längeren Lieferzeiten durch eine Sendungsbündelung besteht im Regelfall keine Eile bei der Kommissionierung und Beladung, sodass eine Tendenz zu weniger Fehlerereignissen bei der Lieferung und weniger Beschädigungen durch das Beladen nachvollziehbar ist. Für die Distributionssituation mit einem Logistikdienstleister gibt es empirische Erkenntnisse aus sehr frühen Publikationen, dass die Sendungsbündelung das Transportrisiko senkt und die Qualität damit steigen lässt.⁴³⁷ Wie bereits beim Zeiteffekt erwähnt, nehmen Logistikdienstleister mit unausgelasteten (LTL) Transporten in der Regel weitere Fracht anderer Unternehmen auf. Die zusätzlichen Stopps sowie das mehrfache Handling erhöhen das Risiko, dass Sendungen verloren gehen oder beschädigt werden. Die durch Bündelung komplett ausgelasteten Transporte (FTL) senken aufgrund der Direktfahrten das Transportrisiko.

Die Lieferflexibilität bewertet die Reaktion auf mögliche Änderungen der Kundenbedürfnisse. Die Auswirkungen einer Sendungsbündelung auf die Lieferflexibilität hängen sehr stark von der detaillierten individuellen Ausarbeitung des Bündelungsprozesses ab und lassen sich daher kaum auf eine allgemeine Aussage zusammenfassen.

Abschließend zur Lieferleistung ist für den spezifischen Fall einer Sendungsbündelung auf Paket- und Päckchenebene ein weiterer positiver Qualitätsfaktor anzumerken, der sich wahlweise der Lieferungsbeschaffenheit oder der Lieferflexibilität zuordnen lässt. *Asdecker* (2011) bestätigt durch die Implementierung der Bündelungspolitik zunehmende Kundenzufriedenheit aufgrund der gebündelten Sendungen und dem resultierenden geringeren Handling.⁴³⁸

Zusammenfassend lässt sich ein positiver Qualitätseffekt durch die Sendungsbündelung erkennen, wenn die notwendige Bedingung für eine rechtzeitige Lieferung erfüllt wird. Die Lieferzuverlässigkeit, als einer der entscheidenden Faktoren für die Lieferservicequalität, ist in jedem Fall zu gewährleisten. Unter diesen Umständen ist auch eine Verlängerung der Lieferzeit zu akzeptieren, da die Lieferungsbeschaffenheit (Genauigkeit, Lieferungszustand) und die Lieferflexibilität von einer Sendungsbündelung in der Regel positiv beeinflusst werden. Geben die Unternehmen einen Anteil der zu erwartenden Lieferkosteneinsparungen an die Kunden weiter, reduzieren sich zudem die Lieferpreise, die als weiteres Qualitätsmerkmal gelten.

⁴³⁷ Vgl. z. B. Masters (1980), S. 57 und Jackson (1981), S. 113.

⁴³⁸ Vgl. Asdecker (2011), S. 56.

3.3.5 Analyse des Ökologieeffekts

Die Auswirkungen der Distributionslogistik, insbesondere der Transportlogistik, auf die Ökologie sind vielfältig. Der Ausbau der Transportwege und Verkehrsinfrastruktur, um das wachsende Verkehrsaufkommen zu bewältigen, führt zu einem Rückgang der natürlichen Feld-, Wald- und Wiesenflächen. Schadstoffemissionen (Kohlenstoffdioxid, Methan, Fluorkohlenwasserstoff, u. a.) der Transportmittel belasten zum einen in Form von Kohlenstoffdioxid (CO₂) die Atmosphäre der Erde und zum anderen in Form von Feinstaub die Lungen von Menschen und Tieren.⁴³⁹ Schließt die Definition der ökologischen Umgebung den Menschen mit ein, so lassen sich weitere Effekte, wie beispielsweise Lärmbelastigungen oder Erschütterungen, identifizieren.⁴⁴⁰ Die Messung und Bewertung jedes einzelnen Effekts für ein Gesamtbild der ökologischen Auswirkung ist zu komplex, sodass die Notwendigkeit einer zentralen Maßkennzahl besteht. Im wirtschaftlichen Kontext fokussiert die Analyse von Ökologieeffekten auf die CO₂-Emissionen. Ein Hauptgrund dafür ist, dass die Reduzierung der Treibhausgasablagerungen in der Erdatmosphäre als gemeinsames umweltpolitisches Ziel der G8-Staaten deklariert ist.⁴⁴¹ Das Kohlenstoffdioxid, als Teil der die Ozonschicht belastenden Treibhausgase, ist der hauptsächliche Emissionsstoff der Industrie und Wirtschaft. Da der Erfolg der umweltpolitischen Maßnahmen auf Basis der Reduzierung der Treibhausgasablagerungen in der Erdatmosphäre bewertet wird, bietet sich für die ökologische Beurteilung wirtschaftlicher Prozesse und Konzepte der jeweilige CO₂-Ausstoß an, um so eine gemeinsame Zielausrichtung verfolgen zu können. Die klimaschädigende Wirkung der anderen Schadstoffemissionen kann über sogenannte CO₂-Äquivalente in die Wirkung einer entsprechenden CO₂-Emission umgerechnet werden, sodass auch diese in der Maßkennzahl berücksichtigt werden.⁴⁴² In Verbindung mit unternehmerischen Zielen spiegelt sich der CO₂-Ausstoß auch in der Kennzahl der Ökoeffizienz wider, welche die Wertschöpfung und die Schadstoffemission ins Verhältnis setzt.⁴⁴³ Als wichtigste Messgröße der Zusammenhänge zwischen der wirtschaftlichen Leistung und der ökologischen Auswirkung hat sich jedoch der „Kohlendioxid-Fußabdruck“⁴⁴⁴ durchgesetzt. Mit dieser Kennzahl ist eine standardisierte Bewertung und ein Vergleich der Schadstoffemissionen in Bezug auf verschiedene Faktoren, wie Unternehmen, Prozesse, Produkte, o. ä. möglich. Der „ökologische Fußabdruck“⁴⁴⁵ erweitert die Perspektive und schließt neben

⁴³⁹ Vgl. z. B. Möller (2009), S. 120.

⁴⁴⁰ Vgl. zu ausführlichen Informationen über die Lärmbelastung und Erschütterungen: Hunaidi/Tremblay (1997) und Ouis (2001).

⁴⁴¹ Die grundlegenden politischen Ziele basieren dabei auf dem Kyoto-Protokoll (vgl. dazu z. B. Oberthür/Ott (2000), S. 64ff).

⁴⁴² Vgl. Sucky/Haas (2015), S. 198.

⁴⁴³ Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 102.

⁴⁴⁴ englisch: Carbon-Footprint.

⁴⁴⁵ Vgl. Bretzke/Barkawi (2012), S. 112.

den schädlichen Emissionen den Verbrauch knapper Ressourcen bei der Beurteilung mit ein.

Die folgende Analyse des ökologischen Effekts einer reinen Sendungsbündelung i.e.S. orientiert sich an der Kennzahl des Kohlendioxid-Fußabdrucks. Die übrigen Schadstoffe neben dem Kohlendioxid werden mithilfe der erwähnten CO₂-Äquivalente inkludiert, sodass im Folgenden mit dem Begriff CO₂-Emissionen jeweils die gesamte Menge der Schadstoffe verstanden wird.

Der ökologische Effekt einer Sendungsbündelung, gemessen durch das Schadstoffemissionsvolumen, ist eng verknüpft mit den Kosteneffekten, da in beiden Fällen die gleichen Treiber fungieren. Während sich die Reduzierung der Tourenanzahl wiederum positiv auswirkt und zu einer Senkung der CO₂-Emissionen führt, muss für die zusätzliche Lagerung einzelner Objekte während ihrer Wartezeit auf den Bündelungstransport eine mögliche Steigerung des Ausstoßes berücksichtigt werden. Bei der Lagerung ist vor allem der benötigte Energieverbrauch verantwortlich für die negativen ökologischen Effekte. Im Allgemeinen ist in der beschriebenen Trade-Off-Beziehung die positive Wirkung durch den Transport höher einzustufen, bei sehr langen Bündelungszyklen und Produkten mit hohem Lageraufwand ist jedoch eine detaillierte Analyse notwendig. Erfolgt die Sendungsbündelung bereits auf der Transportverpackungsebene, d. h. bei Paketen und Päckchen, verstärkt sich die positive Auswirkung auf die Ökologie, da hier ebenfalls Verpackungsmaterial eingespart werden kann. *Asdecker* (2011) entwickelt im Rahmen eines Sendungsbündelungsprojekts in der Gesundheitsindustrie ein Modell, um die CO₂-Ersparnis durch die Zusammenfassung von einzelnen kleinen Päckchen zu großen Sammelpaketen zu berechnen. Obwohl lediglich ein mittelständisches Unternehmen über einen kleinen Zeitraum von einem Monat beobachtet wird, erkennt der Autor eine deutliche Ersparnis bei den CO₂-Emissionen.⁴⁴⁶

Neben der Reduzierung der CO₂-Emission ist im Zusammenhang mit einer Sendungsbündelung ebenfalls die generelle Entlastung der Verkehrsinfrastruktur aufgrund der geringeren Anzahl an Transporten hervorzuheben.⁴⁴⁷ Diese Reduzierung der Verkehrsdichte wirkt sich vor allem auch positiv auf die volkswirtschaftliche CO₂-Bilanz aus, da eine niedrigere Verkehrsdichte einen besseren Verkehrsfluss ermöglicht, d. h. es besteht eine erhöhte Mobilität für andere Verkehrsteilnehmer, sodass deren Schadstoffemissionen ebenfalls sinken.⁴⁴⁸

Merrick und Bookbinder (2010) integrieren in das Simulationsmodell von *Higginson/Bookbinder* (1994) eine ökologische Perspektive, indem sie als zusätzliche Kennzahl für die Bewertung der einzelnen Bündelungsstrategien die jeweiligen CO₂-Emissionen hinzuziehen.⁴⁴⁹ Die Emissionsrate wird dabei pro Transportgewichtseinheit gemessen und ist

⁴⁴⁶ Vgl. *Asdecker* (2011), S. 56.

⁴⁴⁷ Vgl. *Bretzke* (2010), S. 76.

⁴⁴⁸ Vgl. *Bretzke/Barkawi* (2012), S. 453f.

⁴⁴⁹ Vgl. *Merrick/Bookbinder* (2010), S. 748. Für die Grundannahmen des Modells vgl. *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 91f.

abhängig vom Transportgewicht und der Transportgeschwindigkeit.⁴⁵⁰ Die Auswertung der Simulationsergebnisse zeigt, dass sich die CO₂-Emissionen bei den beiden kürzeren Bündelungszyklen von 0,75 und 1,0 Tagen analog zu den Logistikkosten verhalten und die mengenbasierte Bündelungsstrategie in beiden Fällen die beste Lösung ist.⁴⁵¹ Interessant ist anschließend das gegensätzliche Verhalten bei den beiden längeren Bündelungszyklen von 1,5 und 2 Tagen. Im ersten Fall führt die Logistikkostenbetrachtung bei geringen Ankunftsdaten zur Auswahl der zeitbasierten und bei hohen Ankunftsdaten zur Auswahl der mengenbasierten Lösung, während die CO₂-Emissionsbetrachtung die jeweiligen Strategien genau umgekehrt präferiert. Ähnlich ist die Situation auch im zweiten Fall, bei dem die Logistikkosten der mengenbasierten Lösung nur noch bei sehr hohen Ankunftsdaten am günstigsten sind und die zeitbasierte Strategie jedes Mal den niedrigsten CO₂-Ausstoß aufweist. *Merrick und Bookbinder (2010)* fassen ihre Ergebnisse mit der Aussage zusammen, dass die Auswahl der besten Bündelungsstrategie bei gleichgewichteter Berücksichtigung beider Kennzahlen (Logistikkosten und CO₂-Emission) für kurze Bündelungszyklen eindeutig zur mengenbasierten und für lange Bündelungszyklen mit niedrigen Bestellraten eindeutig zur zeitbasierten Lösung führt.⁴⁵² Die beste Strategie in den anderen Fällen ist abhängig von den beiden weiteren Faktoren der Transportstreckenlänge sowie dem Kostenwert der CO₂-Emissionsrate.

Ülkü (2012) entwickelt ein Optimierungsmodell zur Minimierung der Logistikkosten und der CO₂-Emission bei der Implementierung einer zeitbasierten Bündelungsstrategie mit einem eigenen Fuhrpark.⁴⁵³ Er bewertet die Ergebnisse des Modells im Vergleich zu einer Distributionsstrategie mit Direkttransporten und zeigt auf, dass die CO₂-Emission pro Bestellung mit einer zunehmenden Auslastung der Transportkapazität sinkt.⁴⁵⁴ Aufgrund der ebenfalls abnehmenden Anzahl an Transportfahrten reduziert sich zudem das Gesamtvolumen der CO₂-Emissionen.⁴⁵⁵

Zusammenfassend betrachtet ist die reine Sendungsbündelung i.e.S. ein wirkungsvolles Instrument, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Diese Methode erzielt somit nicht nur ökonomische Verbesserungen, sondern schützt gleichzeitig die Umwelt und erfüllt ökologische Effizienzziele.

3.3.6 Zusammenfassung der Effektanalyse

Die kurzen Überblicke über die jeweiligen Effekte der Sendungsbündelung zeigen deutlich das Potential auf, bestehende Distributionssysteme vielfältig verbessern zu können.

⁴⁵⁰ Vgl. *Merrick/Bookbinder (2010)*, S. 753.

⁴⁵¹ Vgl. für diesen und die folgenden Sätze zu den Ergebnissen der Simulationsstudie: *Merrick/Bookbinder (2010)*, S. 754–756.

⁴⁵² Vgl. für diesen und folgenden Satz: *Merrick/Bookbinder (2010)*, S. 760.

⁴⁵³ Vgl. *Ülkü (2012)*, S. 440.

⁴⁵⁴ Vgl. *Ülkü (2012)*, S. 444.

⁴⁵⁵ Vgl. *Ülkü (2012)*, S. 445.

Lediglich die Auswirkungen auf die durchschnittliche Lieferzeit sind aufgrund der bewusst in Kauf genommenen Wartezeiten einzelner Bündelungselemente negativ. Die Kosten, die Qualität und die Ökologie hingegen erfahren in der jeweiligen Summe durchwegs positive Effekte. Die Sendungsbündelung ist damit kein Konzept, das ausschließlich auf die ökonomische Effizienz hinsichtlich möglicher Kostensenkungen fokussiert. Vielmehr profitiert im Rahmen einer Sendungsbündelung auch der Kunde, vor allem durch einen verbesserten Lieferservice. Dieser Effekt tritt trotz der Verlängerung der durchschnittlichen Lieferzeit ein, da die positiven Auswirkungen auf die weiteren Faktoren zur Bewertung der Lieferleistung diese Verzögerung kompensieren. Wie bereits erwähnt, ist an dieser Stelle die direkte Kommunikation zwischen Versender und Empfänger eine wichtige Voraussetzung, um die Wünsche und Anforderungen der Kundenseite mit den Potentialen längerer Lieferzeitfenster und der Implementierung einer Bündelungsstrategie in Einklang zu bringen.

Vor der Einführung einer Sendungsbündelung ist jedoch zunächst zu prüfen, ob das Distributionssystem grundsätzlich die notwendigen Voraussetzungen bietet. Wie bereits ausführlich dargelegt, müssen beispielsweise die Ankunftsrate der Bestellungen sowie die Transport- und Lagerkostensätze ein entsprechendes Größenverhältnis aufweisen, damit tatsächlich Verbesserungen bei der Kosteneffizienz auftreten.

Kritisch anzumerken bei der Effektanalyse ist zum einen, dass die Richtung der Auswirkungen teilweise vom vorliegenden Ist-Zustand einer Distributionssituation vor der Implementierung einer Sendungsbündelung abhängt. Zum anderen nehmen auch die individuellen Konfigurationen der Distributionssysteme sowie der Sendungsbündelungsstrategien Einfluss auf die Effekte. Wie bereits in der Einleitung zu den Effekten diskutiert, würde eine ausführlichere Analyse individueller Details aufgrund der Vielfältigkeit der realen Systeme hier zu weit führen. Die vorliegende Untersuchung bietet insgesamt eine sehr gute grundlegende Gesamtübersicht über die wesentlichen Effekte und ihren allgemeinen Charakter.

4 Empirische Studie zur Untersuchung des Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis

Nach der grundlegenden Betrachtung der bisherigen theoretischen Erkenntnisse zum Thema der Sendungsbündelung auf Basis der wissenschaftlichen Literatur, zeigt das folgende Kapitel, wie verbreitet die Methode der Sendungsbündelung bereits in der Unternehmenspraxis ist. Eine empirische Studie innerhalb der für diese Arbeit relevanten Zielgruppe des verarbeitenden Gewerbes unterstützt die Untersuchung bezüglich der spezifischen Umsetzungsformen, Strategien und Auswirkungen. Die Erhebung zusätzlichen Datenmaterials von den Unternehmen soll zudem ermöglichen, Zusammenhänge zwischen Faktoren des Unternehmens- und Produktumfelds sowie den Charakteristiken und Erfolgen der Sendungsbündelung zu ermitteln. Das Ziel ist es, herauszufinden, ob bestimmte Faktorausprägungen die Konsolidierung positiv oder negativ beeinflussen.

4.1 Entwicklung des Online-Fragebogens für die empirische Studie

Das erste Unterkapitel erläutert zunächst die methodische Vorgehensweise der empirischen Studie zur explorativ-deskriptiven Untersuchung des Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis. Die Gliederungsstruktur orientiert sich an den folgenden Phasen eines typischen empirischen Forschungsprozesses:⁴⁵⁶

1. Auswahl des Forschungsproblems
2. Bestimmung der Untersuchungsform
3. Auswahl der Untersuchungseinheiten
4. Datenerhebung
5. Datenerfassung
6. Datenanalyse

4.1.1 Auswahl des Forschungsproblems

Der Forschungsschwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der reinen Sendungsbündelung i.e.S., die charakterisiert ist durch die Sendungsquelle als Bündelungsort und

⁴⁵⁶ Vgl. Schnell/Hill/Esser (2013), S. 4.

durch den Versender als Bündelungsverantwortlichen.⁴⁵⁷ Vornehmlich ist diese Sendungsbündelungsart für Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes geeignet. Diese sind in der Regel der Ausgangspunkt bzw. die Sendungsquelle der jeweils produzierten Güter und müssen entscheiden, ob die Bestellungen als Direkt- oder Bündeltransporte ausgeliefert werden. Für Handelsunternehmen sind beispielsweise die Methoden Cross Docking oder integriertes Bündelungs- und Bestandsmanagement besser geeignet, da diese sowohl die Beschaffungs- als auch Distributionslogistik berücksichtigen. Für die empirische Studie wird deshalb die Zielgruppe des verarbeitenden Gewerbes ausgewählt. Die Analyse des Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis lässt sich detailliert in die folgenden Forschungsfragen aufteilen:

1. In welchem Ausmaß nutzen welche Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe, welche speziellen Methoden der Sendungsbündelung in ihrem produktbezogenen Wertschöpfungsnetzwerk?
2. In welchem Ausmaß besteht bei den Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe bisher ungenutztes Potential für Sendungsbündelungen?
3. Werden die in der Literatur beschriebenen Methoden zur Sendungsbündelung auch in der Unternehmenspraxis genutzt?
4. Stimmen die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Effekte der Sendungsbündelung mit den in der Unternehmenspraxis zu erkennenden Effekten überein?

Auf der einen Seite werden als Vergleich zu den bisherigen Erkenntnissen aus der Literaturstudie die Umsetzungsformen der Konsolidierung in der Unternehmenspraxis analysiert, um die theoretischen Strategien und Ansätze bestätigen oder widerlegen zu können. Auf der anderen Seite werden gleichzeitig bisher unbekannte Situationen der Sendungsbündelung im Rahmen des praktischen wirtschaftlichen Handelns identifiziert, um beispielsweise Probleme und Forschungslücken aufzuzeigen. Die Studie weist demnach sowohl einen deskriptiven als auch einen explorativen Charakter auf.

4.1.2 Bestimmung der Untersuchungsform

Im Allgemeinen stehen für eine Datenerhebung die drei Methoden der Beobachtung, der Inhaltsanalyse und der Befragung zur Verfügung.⁴⁵⁸ Die Entscheidung gegen eine Inhaltsanalyse liegt im Mangel an ausreichenden sekundären Informationen und Daten über den Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis begründet.⁴⁵⁹

⁴⁵⁷ Vgl. hierzu auch Gliederungspunkt 3.2.3.

⁴⁵⁸ Vgl. Schnell/Hill/Esser (2013), S. 311.

⁴⁵⁹ Vgl. Kornmeier (2007), S. 158.

Das methodische Verfahren der Beobachtung ist zudem für das vorliegende Ziel ebenfalls ungeeignet, sodass die Befragung als Untersuchungsvorgehen ausgewählt wird.⁴⁶⁰ Des Weiteren bietet sich für die gewünschte Analyse ein schriftlicher Fragebogen als Erhebungsart an.⁴⁶¹ Die Möglichkeit einer schnelleren Durchführung, die einfachere Speicherung und Auswertung der Daten sowie insgesamt geringere Kosten waren die maßgeblichen Argumente für die Entscheidung, die Form der Online-Befragung statt alternative Methoden, wie Telefonumfrage oder postalischer Befragung, auszuwählen.⁴⁶² Die Software-Lösung und Datenbank von Unipark⁴⁶³ bietet für diesen Fall ein geeignetes Spektrum zur Gestaltung des Fragebogens, für die Verwaltung der Teilnehmer sowie zur Durchführung der Beantwortung und Speicherung der Ergebnisdaten.

4.1.3 Auswahl der Untersuchungseinheiten

Voraussetzung für eine empirische Studie ist eine Präzisierung des Objektbereichs, d. h. die Definition einer Grundgesamtheit, auf die sich die Untersuchung bezieht.⁴⁶⁴ Zu unterscheiden ist dabei die angestrebte Grundgesamtheit sowie die Erhebungs-Grundgesamtheit. Erstere beinhaltet die Menge, für welche die Ergebnisse gelten sollen, während letztere die tatsächlich für die Studie erreichbaren Fälle umfasst.⁴⁶⁵ Den Abgrenzungen des Themengebietes folgend, wird als angestrebte Grundgesamtheit die Menge der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland festgelegt. Die Erhebungs-Grundgesamtheit basiert auf den Inhalten der Datenbank Dafne⁴⁶⁶, und genügt den folgenden Kriterien.

- Unternehmenssitz in Deutschland
- Jahresabschluss in Deutschland
- Verarbeitendes Gewerbe

Zum Zeitpunkt der Datenbankabfrage im Oktober 2013 identifizierte die Datenbank mit den obigen Filterkriterien 32134 Unternehmen. Eine Vollerhebung dieser Grundgesamtheit war aufgrund der begrenzten Faktoren Kosten und Zeit nicht möglich, weshalb

⁴⁶⁰ Bei einer systematischen Beobachtung fokussiert ein „Beobachter“ auf Handlungsabläufe und deren Bestandteile. Die gewünschten Daten der Erhebung gehen jedoch über das reine Agieren und Handeln in der Unternehmenspraxis im Bereich der Sendungsbündelung hinaus. Vgl. dazu Schnell/Hill/Esler (2013), S. 383.

⁴⁶¹ Der höhere Aufwand und die höheren Kosten bei einer zu erwartenden ähnlichen Datenqualität im Rahmen einer mündlichen Befragung waren die maßgeblichen Gründe für die Entscheidung zur Schriftform. Für einen weiteren Vergleich von Vor- und Nachteilen der mündlichen und schriftlichen Befragung vgl. Aaker/Kumar/Day (2007), S. 234f.

⁴⁶² Vgl. u. a. Schnell/Hill/Esler (2013), S. 368 sowie Zerback et al. (2009), S. 15.

⁴⁶³ Vgl. Unipark (2014).

⁴⁶⁴ Letztendlich ist davon die Gültigkeit der getroffenen Aussagen abhängig. Vgl. u. a. Schnell/Hill/Esler (2013), S. 255 sowie King/Keohane/Verba (1994), S. 115.

⁴⁶⁵ Vgl. Kromrey (2009), S. 257.

⁴⁶⁶ „Dafne“ ist eine von Bureau van Dijk administrierte Datenbank. Sie beinhaltet vor allem spezifische Informationen über Unternehmenscharakteristiken und Finanzkennzahlen (vgl. Dafne (2014)).

eine Teilerhebung in Form einer Stichprobe zum Einsatz kam.⁴⁶⁷ Die zufällige oder willkürliche Auswahl der Teilnehmer ermöglicht mithilfe nachträglicher statistischer Berechnungen Aussagen über die Grundgesamtheit. Die Genauigkeit dieser berechneten Werte kann sogar höher sein als bei Vollerhebungen, und so den hauptsächlichsten Vorteil einer Vollerhebung, eine bekannte Verteilung der Ergebniswerte, egalisieren oder eventuell umkehren.⁴⁶⁸ Weitere Argumente für die Stichprobe sind niedrigere Kosten und eine schnellere Durchführung im Vergleich zur Vollerhebung.⁴⁶⁹

Eine vorab durchgeführte Analyse der Unternehmensliste anhand der Umsatzwerte zeigte, dass Kleinstunternehmen eine deutliche Mehrheit verzeichnen. Die Wahrscheinlichkeit für ausgewählte Kleinstunternehmen im Rahmen einer Zufallsauswahl ist daher sehr hoch. Damit in der Stichprobe Großunternehmen sowie kleine und mittlere Unternehmen ebenfalls in einer ähnlichen Anzahl vorkommen, erfolgte eine Unterteilung der Liste in drei Gruppen anhand des Größenmerkmals.⁴⁷⁰ Anschließend wurde ein einstufiges Verfahren zur Stichprobenauswahl durchgeführt. Die 32124 gelisteten Unternehmen erhielten mithilfe einer durchgehenden Nummerierung eine eindeutige Kennzeichnung. Die folgende Generierung von gleichverteilten Zufallszahlen führte zur Auswahl von jeweils 600 Unternehmen aus jeder der drei Listengruppen.⁴⁷¹

Folgende Einschränkungen sind für die spätere Interpretation der Ergebnisse und die Hochrechnungen auf die Gesamtheit der Unternehmen zu beachten.⁴⁷² Es kann keine Garantie auf Vollständigkeit der Unternehmensliste aus der Dafne-Datenbank gewährleistet werden, sodass die angestrebte Grundgesamtheit sowie die Erhebungsgrundgesamtheit nicht deckungsgleich sind.⁴⁷³ Da die Datenbank jedoch regelmäßig aktualisiert wird, ist mit wesentlichen Differenzen zwischen der angestrebten Grundgesamtheit und der Erhebungs-Grundgesamtheit, die das Ergebnis entscheidend beeinflussen, nicht zu rechnen.

⁴⁶⁷ Stichprobe bedeutet in diesem Fall eine zufallsbedingte Teilauswahl der Grundgesamtheit.

⁴⁶⁸ Vgl. Schnell/Hill/Esser (2013), S. 259.

⁴⁶⁹ Vgl. Kish/Verma (1986), S. 382.

⁴⁷⁰ Die Einteilung der Unternehmen in die drei Gruppen Kleinstunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen sowie Großunternehmen erfolgte anhand der gelisteten Umsatzdaten und orientierte sich an den Vorgaben des Bonner Instituts für Mittelstandsforschung (vgl. IfM (2013)).

⁴⁷¹ Die Multiplikation der mit der Excel-Funktion „Zufallszahl()“ generierten 0/1-gleichverteilten Zufallszahlen mit 32124 und eine anschließende Abrundung führte zu einer Zufallszahl aus dem Intervall [0, 32123], mit der jeweils ein Unternehmen eindeutig identifiziert werden konnte. War die maximale Stichprobenanzahl aus einer Gruppe erreicht (600) wurde jede weitere Zufallszahl aus dieser Gruppe verworfen und zum nächsten Zug weitergegangen.

⁴⁷² Vgl. Schnell/Hill/Esser (2013), S. 261f.

⁴⁷³ Eine fehlerlose und tagesaktuelle Erfassung aller existierenden Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe in Deutschland durch die Datenbank kann nicht gewährleistet werden.

4.1.4 Datenerhebung

Eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Datenerhebung ist neben der Definition der Teilnehmer die Gestaltungsform des Fragebogens bzw. der einzelnen Fragen.⁴⁷⁴ Damit diese möglichst viele Befragte zur Teilnahme an der Studie motiviert, sind drei zentrale Aspekte zu berücksichtigen:⁴⁷⁵

1. Der Nutzen der Studie für den Teilnehmer muss für diesen ersichtlich sein bzw. verbessert werden.
2. Der Aufwand und die Kosten der Beantwortung müssen gering sein bzw. verkleinert werden.
3. Das Vertrauen der Teilnehmer in ein positives individuelles Nutzen-Kosten-Verhältnis der Beantwortung muss geschaffen werden.

Um vor allem dem zweiten Punkt Rechnung zu tragen, orientierte sich die Fragebogen-gestaltung an der „Total Design Methode“, die versucht die subjektiven Kosten des Befragten zu minimieren und im Detail folgende Punkte beinhaltet:⁴⁷⁶

- Stete Durchnummerierung der Fragen.
- Gleichzeitige Anzeige aller Antwortkategorien.
- Keine Drop-Down-Boxen.
- Einheitliche Farben.
- Anzeige von Instruktionen jeweils an gleicher Stelle und in anderer Schriftart.
- Anzeige des Fortschritts im Fragebogen durch ein Balkendiagramm.
- Sparsame Verwendung der Filter.
- Mögliche Antwortoption zur Nichtbeantwortung der Fragen („Keine Angabe“).
- Durchführung inhaltlicher und technischer Pretests.

Der Nutzen der Studie für die Teilnehmer besteht in der jeweiligen Zusendung der ausgewerteten und aufbereiteten Umfrageergebnisse. Sie erlangen somit einen Erkenntnis-gewinn über den Status Quo der Sendungsbündelung auf dem Wettbewerbsmarkt.⁴⁷⁷ Zu Beginn der Studie soll die Hervorhebung dieser Möglichkeit auf einen persönlichen Informationsgewinn, in Verbindung mit der Reduzierung des Antwortaufwands, das Vertrauen in ein positives Nutzen/Aufwand-Verhältnis stärken. Bei einer Online-Umfrage sind darüber hinaus technische Aspekte, wie beispielsweise die Browser-Kompatibilität und die EDV-Kenntnisse der Befragten zu berücksichtigen.⁴⁷⁸ Tabelle 14 zeigt die

⁴⁷⁴ Die Web-Anwendung *Unipark* unterstützt die Gestaltung der Online-Umfrage durch eine Vielzahl an Layout-Optionen, Filter-Möglichkeiten und Fragenform-Varianten.

⁴⁷⁵ Vgl. Dillmann/Smyth/Christian (2009), S. 23.

⁴⁷⁶ Vgl. Schnell/Esner/Hill (2013), S. 374f.

⁴⁷⁷ Die dazu notwendige Email-Registrierung ist auf freiwilliger Basis möglich, sodass die Teilnehmer eine individuelle Entscheidung in Abhängigkeit ihres Interesses treffen können.

⁴⁷⁸ Vgl. Dillmann/Bowker (2001), S. 165f.

Gliederung des Fragebogens mit den jeweiligen Teilbereichen sowie der Anzahl der Seiten und der Fragen. Insgesamt mussten die Teilnehmer mindestens 24 und maximal 36 Fragen beantworten.⁴⁷⁹

Teilbereich	Anzahl Seiten	Mindestanzahl Fragen (Maximal)
Unternehmensstatistiken	1	4 (4)
Produktionsprozesseigenschaften	1	3 (3)
Versandprozesseigenschaften	3	9 (10)
Bündelungsprozesseigenschaften	3	4 (15)
Physische Produkteigenschaften	1	4 (4)

Tab. 14: Gliederung des Fragebogens

Unternehmensstatistiken

Die Antworten im ersten Teil des Fragebogens dienen als Grundlage für die Klassifizierung der befragten Unternehmen.⁴⁸⁰ Für eine entsprechende Einordnung sind die Fragen nach der Größe und dem Umsatz des Unternehmens sowie der Branche und dem Hauptprodukt bzw. der Hauptproduktgruppe relevant. Die ersten drei Fragen bieten jeweils eine geschlossene Antwortform an, während für die letzte Information eine offene Variante besteht, da die zu erwartenden Antworten zu unterschiedlich für eine Kategorisierung eingeschätzt wurden. Die Benutzung der Antwort auf die letzte Frage als Begriffsvariable im weiteren Fragebogenverlauf ermöglicht es, den Teilnehmer bei darauffolgenden Fragen bewusst zu machen, dass diese im Hinblick auf das jeweils individuelle Hauptprodukt zu beantworten sind. Die Antwortoptionen bei der Frage nach Größe und Umsatz orientieren sich an den Einteilungsgrenzen für die Unternehmensgröße gemäß der Definition des Bonner Institutes für Mittelstandsforschung (IfM).⁴⁸¹ Für die Klassifizierung anhand der Branchenzugehörigkeit werden 9 Kategorien sowie eine offene Antwortoption für nicht zuordnungsbar Unternehmen vorgegeben.⁴⁸²

Produktionsprozesseigenschaften

Der zweite Teilbereich legt den Fokus auf die Produktionsprozesseigenschaften der teilnehmenden Unternehmen. Das Ziel ist es, herauszufinden, ob es einen Zusammen-

⁴⁷⁹ Die unterschiedliche Anzahl der Fragen ist abhängig von den Antworten der Teilnehmer, da antwortabhängige Filter auf den richtigen Weg durch den Fragebogen leiten.

⁴⁸⁰ Um eventuelle Ungenauigkeiten und Fehler der Datenbank zu korrigieren, überprüft der Fragebogen ebenfalls die Umsatzgröße und die Mitarbeiteranzahl.

⁴⁸¹ Vgl. IfM (2013).

⁴⁸² Die vorgegebenen Kategorien sind „Automobilindustrie“, „Herstellung elektr. Geräte“, „Metallerzeugnisse und Maschinenbau“, „Grundlegende Metallverarbeitung“, „Textil- und Bekleidungsindustrie“, „Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung“, „Glasgewerbe“, „Chemische Industrie“ sowie „Holz-, Papier- und Verlagsgewerbe“.

hang zwischen dem Einsatz einer Sendungsbündelung und den Elementen des Produktionsprozesses gibt. Begünstigen oder Beeinträchtigen bestimmte Prozesscharakteristiken die Implementierung? Ist der Erfolg abhängig vom Produktionssystem?

Zuerst spezifizieren die Teilnehmer die Fertigungs- bzw. Montagestrategie ihres Unternehmens. Die vorgegebenen Antwortkategorien konzentrieren sich auf die drei wichtigsten Strategien (Make-to-Order, Engineer-to-Order, Make-to-Stock), um eine möglichst konkrete Abgrenzung zu erreichen.⁴⁸³ Unternehmen, die sich innerhalb der drei genannten Strategien nicht zuordnen können, finden eine zusätzliche offene Antwortmöglichkeit vor.

Die nächste Frage zielt auf die Produktionsprozessausrichtung im Hinblick auf die gefertigten Gütermengen ab. Als Antwortoptionen stehen Einzelfertigung, Kleinserienfertigung, Großserienfertigung, Massenfertigung und Sortenfertigung zur Auswahl. Weil damit alle wichtigen Fertigungsarten genannt sind, wird auf eine zusätzliche offene Antwortoption verzichtet.

Bei der Frage nach der Produktionsdurchlaufzeit zum Ende dieses Teilbereiches sollen die Befragten mithilfe von fünf als Antwortoptionen vorgegebenen Zeitintervallen die mittlere Durchlaufzeit ihrer Fertigung einordnen.⁴⁸⁴ Zusätzlich verbleibt eine offene Antwortoption für die Teilnehmer, die diese Frage nicht beantworten können oder wollen.

Versandprozesseigenschaften

Analog zum zweiten Teilbereich stehen auch hier die Zusammenhänge zwischen den Bündelungsoptionen und den Elementen des Wertschöpfungsnetzwerks im Fokus. Im Detail konzentrieren sich die dritte und vierte Fragebogenseite auf die Eigenschaften und Ansätze des Versandprozesses.

Die erste Frage führt zu einer Spezifizierung der Handelsbeziehung der Unternehmen, indem die Teilnehmer die direkte Geschäftsbeziehung zum Endkonsumenten (B2C) und die Verbindung von Unternehmen zu Unternehmen (B2B) als Antwortoption wählen. Zudem existiert eine dritte Auswahlmöglichkeit für den Fall, dass der Vertrieb auf beiden Wegen erfolgt.

Die zweite Frage in diesem Bereich behandelt die Entscheidung für Transportbehälter bzw. -verpackungen. Die gängigsten Verpackungsformen sind als Antwortoptionen vorgegeben.⁴⁸⁵ Zusätzlich ist eine offene Option verfügbar.

⁴⁸³ Einige Autoren ergänzen in den Übergängen zwischen einer Make-to-Order-, Engineer-to-Order- und Make-to-Stock-Strategie weitere Abstufungen. Da die Abgrenzung aber ungenauer wird und der Beantwortungsaufwand im Verhältnis zum erzielten Nutzen ansteigt, wird an dieser Stelle auf eine detaillierte Unterteilung verzichtet.

⁴⁸⁴ Die Anzahl und Länge der jeweiligen Zeitintervalle, die als Antwortoptionen zur Verfügung stehen, soll unter der Berücksichtigung eines Aufwand-Nutzen-Verhältnisses eine genaue Differenzierung ermöglichen (innerhalb einer Stunde, zwischen 1 und 12 Stunden, zwischen 12 und 24 Stunden, zwischen 1 und 3 Tagen, länger als 3 Tage).

⁴⁸⁵ Es sind mehrere Antworten möglich, falls kombinierte Verpackungsgebilde oder unterschiedliche Verpackungen genutzt werden.

Bei der nächsten Frage bestimmen die Befragten jeweils den Outsourcing-Grad der drei zentralen Logistikaufgaben in ihrem Unternehmen. Die drei Bereiche Transport, Kommissionierung und Verpackung sowie Lagerhaltung sollen mit der dreistufigen Skala „ausgelagert“, „teilweise ausgelagert“ und „nicht ausgelagert“ beurteilt werden. Zu jedem der drei logistischen Aufgabenbereiche gibt es abhängig von der Outsourcing-Intensität jeweils noch eine Frage zu weiteren Prozessdetails.⁴⁸⁶

Ist die Fertigwarenlagerhaltung „ausgelagert“ oder „teilweise ausgelagert“, spezifizieren die Teilnehmer zusätzlich den verantwortlichen Partner bzw. das unterstützende Unternehmen. Vorgegeben sind in diesem Fall die „Übernahme durch einen Logistikdienstleister“, „die Eigenverantwortung des Kunden“ sowie die Möglichkeit „ohne Fertigwarenlagerung im Wertschöpfungsprozess zu agieren“. Eine offene Antwortoption ist ebenfalls verfügbar. Arbeitet das Unternehmen ohne Outsourcing der Lagerfunktion, ist hingegen die strukturelle Eingliederung des Fertigwarenlagers im Wertschöpfungsprozess zu benennen. Ist es ein „unternehmenseigenes Fertigwarenlager“, befindet es sich „beim Kunden vor Ort (VMI)“ oder gibt es „keine Fertigwarenlagerhaltung“? Weitere Möglichkeiten sind in der offenen Antwortoption anzumerken.

Ist die Verpackung und Kommissionierung „teilweise ausgelagert“, benennen die Teilnehmer in dieser Frage die genauen vom Outsourcing betroffenen Prozesse. Vorgegeben sind jeweils die „generelle Auslagerung“ und die „produktspezifische Auslagerung“ der Verpackungs- oder Kommissionierungsprozesse. Die letzte Möglichkeit ist wiederum eine offene Antwortoption. Arbeitet das Unternehmen ohne Outsourcing dieser Funktion, ist hingegen die Verantwortlichkeit für das Verpacken und Kommissionieren innerhalb des Wertschöpfungsprozesses zu benennen. Gibt es eine „eigenständige Versandabteilung“ oder sind es entweder Aufgaben einer „Fertigwarenlagerabteilung“ oder einer „Warenausgangsabteilung“? Weitere Möglichkeiten sind in der offenen Antwortoption anzumerken.

Sind die Transportprozesse „ausgelagert“ oder „teilweise ausgelagert“, spezifizieren die Teilnehmer in der nächsten Frage den verantwortlichen Partner bzw. das unterstützende Unternehmen. Vorgegeben sind in diesem Fall die Übernahme durch einen „Logistikdienstleister“, „einen Kurier-, Express- und Paketdienstleister“ sowie „ein Transportunternehmen“. Die letzte Möglichkeit ist wiederum eine offene Antwortoption. Arbeitet das Unternehmen mit einem eigenen Fuhrpark, ist hingegen die genaue Fahrzeugart zu benennen. Sind es „Transporter unter 3,5 Tonnen“ oder „LKW“. Andere Fahrzeuge sind in der offenen Antwortoption anzumerken.

Die nächste Fragebogenseite fokussiert im Rahmen des Versandprozesses auf zusätzliche Informationen zu den Bestell- und Auslieferungsvorgängen. Im Detail nennen die Unternehmen zunächst die mittlere Auslieferungszeit für ihr Hauptprodukt bzw. ihre

⁴⁸⁶ Ein implementierter Filter nutzt die dort gegebenen Antworten als Kriterien für die inhaltliche Darstellung der folgenden drei Fragen auf der nächsten Fragebogenseite.

Hauptproduktgruppe. Auf einer Skala von „ ≤ 1 “ bis „ > 20 “⁴⁸⁷ können die Teilnehmer mit Zwischenschritten von jeweils einem Werktag den entsprechenden Wert angeben. Auf der nächsten Skala ist der mittlere Bestellzyklus der Kunden zu spezifizieren, der als die durchschnittliche Zeitdauer zwischen zwei Bestellzeitpunkten des gleichen Kunden verstanden wird. Die Werte der Skala reichen von „ ≤ 1 “ bis „ ≥ 20 “.⁴⁸⁸ Falls sich ein solcher Bestellzyklus im Unternehmen nicht eindeutig festlegen lässt, gibt es die zusätzlich Antwortoption „Kein Wert verfügbar“. Die nächste Frage überprüft die potentielle Grundlage für eine einfache Form der Sendungsbündelung. Die zugrundeliegende Annahme ist dabei, dass die Möglichkeit zur Bündelung dann existiert, wenn zwei Einzelbestellungen desselben Kunden innerhalb der Auslieferungszeit der ersten Bestellung liegen und somit als Sammelpaket verschickt werden könnten.⁴⁸⁹ Gefragt ist deshalb nach der Häufigkeit des Vorkommens mehrfacher Einzelbestellungen innerhalb der mittleren Auslieferungszeit. Auf einer Skala von 0 bis 100 mit einer Schrittweite von 5 schätzen die Teilnehmer die relativen Prozentwerte im Verhältnis zu den Gesamtbestellungen ab und geben diese an. Anschließend benennen die Teilnehmer ihre Handlungsmaxime in solchen Fällen. Zur Auswahl stehen die Optionen „Auslieferung als Einzelbestellungen“, „Auslieferung als Sammelbestellung“ und eine offene Antwortmöglichkeit.⁴⁹⁰

Bündelungsprozesseigenschaften

Die erste Frage im Rahmen der detaillierten Betrachtung der Bündelungsprozesse ist speziell für die Teilnehmer, die trotz eines theoretisch vorhandenen Potentials keine Bündelung durchführen.⁴⁹¹ Von Interesse sind hier die vorwiegenden Gründe für die Nichtberücksichtigung einer Bündelungsstrategie.⁴⁹²

Nach der Betrachtung der zufällig auftretenden Fälle von möglichen spontanen Sendungsbündelungen zielt die nächste Frage auf eine geplante und fest implementierte Bündelungsstrategie.⁴⁹³ Den Abschluss der Seite bildet die Frage nach dem Einsatz weiterer Bündelungsarten im Wertschöpfungsprozess. Das Interesse beschränkt sich in diesem Fall auf Bündelungen in Produktions- und Transportprozessen sowie im Bereich

⁴⁸⁷ Die Einheit ist in diesem Fall ein „Werktag“.

⁴⁸⁸ Die Einheit ist in diesem Fall ebenfalls „Werktag“.

⁴⁸⁹ Das Potential mehrere Bestellungen verschiedener Kunden, die aber eine räumliche Nähe aufweisen, zu einer Sendung zu bündeln, wird hier nicht explizit überprüft. Das Ergebnis der Befragung ist in diesem Fall entsprechend als untere Grenze des gesamten Bündelungspotentials zu bewerten.

⁴⁹⁰ Für die Teilnehmer, die die vorherige Frage mit 0 % beantworten, ist die Antwort „es gibt keine solchen Fälle“ vorgesehen, da eine Filtermöglichkeit auf der gleichen Seite technisch nicht umsetzbar ist.

⁴⁹¹ Die Kriterien dieses Filters sind folglich eine „Häufigkeit mehrfacher Einzelbestellungen“ größer als 0 % und eine gleichzeitige Durchführung von „Einzelbestellungen in solchen Fällen“.

⁴⁹² Die Antwortoptionen („nur auf Kundenwunsch“, „räumliche“ oder „personelle Kapazitätsprobleme“, „negatives Ergebnis einer Kosten/Nutzen-Analyse“, „Fehlen einer genauen Analyse der Situation“ sowie eine Kategorie „Sonstiges“ als offene Fragestellung) basieren auf Erkenntnissen aus der Literatur und Erfahrungen aus Praxisprojekten.

⁴⁹³ Die Teilnehmer beantworten, ob eine vorsätzliche Sammlung von Einzelbestellungen stattfindet, um diese als Sammelsendung zu verschicken, mit einer der drei Optionen „ja, immer“, „ja, teilweise“ oder „nein, nie“.

Marketing/Vertrieb. Die Ergänzung weiterer Varianten ist wiederum in der zusätzlichen offenen Antwortoption möglich.

Der Beginn der nächsten Fragebogenseite ist abhängig von der Antwort auf die Frage nach einer generell implementierten Sendungsbündelungsstrategie. Ist diese verneint worden, legen die Teilnehmer nun die Gründe für diese Entscheidung dar.⁴⁹⁴

Die nächsten drei Fragen konkretisieren das Vorgehen bei der Sendungsbündelung und sind dementsprechend nur bei einer positiven Beantwortung der Bündelungsfrage sichtbar.⁴⁹⁵ Zunächst benennen die Teilnehmer den Auslöser der Bündelungssendung, d. h. die Festlegung des Punktes, an dem die Sammlung eines Bündels beendet ist und die Auslieferung beginnt. Die drei als Antwortoption gewählten zentralen Bündelungsstrategien basieren auf den Erkenntnissen der wissenschaftlichen Literatur. Die Auslösebedingung ist entweder ein bestimmter Zeitpunkt, ein bestimmter Mengenpunkt oder eine hybride⁴⁹⁶ Strategie. Für weitere spezifische Varianten ist eine offene Antwortkategorie vorhanden.

Das nächste Klassifizierungsmerkmal von Sendungsbündelungen aus der wissenschaftlichen Literatur, dessen praktische Umsetzung überprüft wird, ist der Ort der physischen Zusammenführung der einzelnen Elemente.⁴⁹⁷ Darüber hinaus lassen sich Sendungsbündelungsmethoden nach der Prozessverantwortlichkeit differenzieren. Gemäß der Literatur kommen dabei in erster Linie das eigene Unternehmen, das Transportunternehmen, der Kunde oder ein Logistikdienstleister in Frage. Für weitere praxisspezifische Konstellationen steht wiederum eine offene Antwortkategorie zur Verfügung.

Die Frage nach den Auswirkungen einer Sendungsbündelung auf bestimmte Faktoren schließt diesen Teilabschnitt des Fragebogens ab. Mithilfe einer fünfstufigen⁴⁹⁸ Skala bewerten die Teilnehmer die Veränderung der Faktoren Kosten, Lieferzeit, Kundenzufriedenheit, Flexibilität und Komplexität bei der Durchführung von Sendungsbündelungsstrategien. Als zusätzliches Element ist für jeden Faktor die Antwort „nicht bekannt“ auswählbar.⁴⁹⁹ In der folgenden Frage über den Einfluss der Bündelung auf die

⁴⁹⁴ Analog zu den Antwortmöglichkeiten bei der Verneinung der „zufälligen“ Bündelung sind auch hier „Keine Möglichkeiten innerhalb des Prozesses“, „räumliche oder personelle Kapazitätsprobleme“, „negatives Ergebnis einer Kosten/Nutzen-Analyse“ und „Fehlen einer genauen Analyse der Situation“ vorgegeben. Als Ergänzung steht eine offene Antwortkategorie zur Verfügung.

⁴⁹⁵ Positives Filterkriterium: „Ja, immer“; „Ja, teilweise“.

⁴⁹⁶ Die hybride Strategie ist eine Kombination der Zeit- und Mengenstrategie. Die in diesen Fällen zuerst erreichte Schwelle (Zeitpunkt oder Mengenlimit) löst die Lieferung der gebündelten Sendung aus.

⁴⁹⁷ Die Befragten haben die Auswahl zwischen dem Fertigwarenlager, der Versandabteilung, dem Transportfahrzeug sowie der offenen Antwortkategorie „Sonstiges“.

⁴⁹⁸ Die fünf Stufen der Skala sind „stark gesunken“, „gesunken“, „kein Effekt“, „gestiegen“ und „stark gestiegen“.

⁴⁹⁹ Der Gefahr, dass die Teilnehmer diese Frage aufgrund fehlender Erfahrungswerte, mangelnder Kenntnisse oder aus Datenschutzgründen nicht beantworten können und den Fragebogen abbrechen, wird durch diese ausweichende Antwortmöglichkeit entgegengesteuert.

Ökologie entscheiden die Befragten, ob insgesamt ein positiver oder negativer Effekt auftritt oder ob sich die Effekte gegenseitig neutralisieren.⁵⁰⁰ Falls die Unternehmen keinen Zusammenhang zwischen der Sendungsbündelung und den ökologischen Veränderungen der Unternehmensumwelt bemerken, besteht die zusätzliche Antwortmöglichkeit, dass kein Effekt feststellbar ist.

In Abhängigkeit der Antworten zu der Frage nach weiteren Bündelungsmethoden im Wertschöpfungsprozess gestaltet sich die nächste Fragebogenseite. Eine Verneinung aller drei weiteren Methoden führt lediglich zu der Frage nach den entsprechenden Gründen.⁵⁰¹

Für jede bejahte Bündelungsmethode im Wertschöpfungsprozess erwartet die Teilnehmer hingegen eine kurze Detaillierungsfrage. Für die Bündelung in der Fertigung werden das Ziel bzw. die Kriterien konkretisiert.⁵⁰² Eine zusätzliche offene Antwortkategorie für weitere Varianten steht auch zur Verfügung.

Die Bündelung im Bereich des Marketings und Vertriebs lässt sich in die beiden Hauptgruppen „Produktbündelung“ und „Preisbündelung“ klassifizieren. Ist eine Zuordnung für die Unternehmen nicht möglich, gibt es wiederum eine offene Antwortoption.

Für die Differenzierung der Transportbündelung sind die beiden Methoden Cross-Docking und Merge-in-Transit als Einzelantworten bereits vorgegeben. Alle übrigen Antworten werden in der offenen Kategorie gesammelt.

Den Fragebogenbereich der Bündelungsprozesseigenschaften schließen die drei antwortabhängigen⁵⁰³ Fragen nach den Auswirkungen ab. Für die Beurteilung der Effekte einer Transport-, Produktions- oder Vertriebsbündelung fungiert die gleiche Matrix wie bei der Sendungsbündelung.⁵⁰⁴

Produkteigenschaften

Ziel des letzten Fragebogenabschnitts ist es, herauszufinden, ob vier ausgewählte Produkteigenschaften jeweils einen Einfluss auf die Bündelung haben. Für die erste Eigenschaft der Lagereinheit sind die drei Ausprägungen „einzeln“, „paarweise“ und „in Stückerheiten“ auswählbar. Der Lagerzustand eines Produktes kann entweder „verpackt“ oder „unverpackt“ sein. Gemäß seines Volumens wird ein Produkt in eine der drei Gruppen „klein“, „groß“ und „sperrig“ eingeordnet. Die letzte zu bewertete Eigenschaft der Konsistenz hat die Ausprägungen „fest“, „flüssig“, „gasförmig“.

⁵⁰⁰ Die ökologischen Auswirkungen werden gesondert in der nächsten Frage behandelt, da die Untersuchungen der ökologischen Auswirkungen einer Sendungsbündelung in Gliederungspunkt 3.3.5 zwei gegenläufige Effekte beschreiben und die Antwortoptionen deshalb entsprechend angepasst formuliert sind.

⁵⁰¹ Die vorgegebenen Antwortoptionen sind die gleichen, die auch für die Gründe einer fehlenden Sendungsbündelung trotz potentieller Möglichkeiten erarbeitet worden sind.

⁵⁰² Die häufig zitierten Bündelungsziele in der Batch-Produktion sind die Minimierung der Produktionskosten, die Maximierung der Kapazitätsauslastung sowie die Minimierung der Durchlaufzeiten.

⁵⁰³ Diese Fragen erscheinen nur, wenn der jeweilige Bündelungstyp vorab bejaht wurde.

⁵⁰⁴ Die fünf Faktoren Kosten, Lieferzeit, Kundenzufriedenheit, Flexibilität und Komplexität werden anhand der bekannten fünfstufigen Skala bewertet oder als „nicht bekannt“ eingestuft.

Pretest

Nach der Fertigstellung des Fragebogens durchlief dieser zunächst einen Pretest. Die Gruppe der ausgewählten Testpersonen setzte sich aus fünf im Bereich der Produktion und Logistik forschenden Wissenschaftlern, aus zehn in leitender Tätigkeit arbeitenden Logistikern sowie aus einem Mitarbeiter eines Meinungsforschungsinstituts zusammen. Neben der Überprüfung formeller und inhaltlicher Richtigkeit des Fragebogens sowie des einheitlichen Verständnisses war vor allem auch dessen Funktionsfähigkeit in verschiedenen Browsern und unterschiedlichen Sicherheitseinstellungen wichtig sowie das korrekte Weiterleiten der Filtermechanismen.

Das Feedback zur Funktionsfähigkeit in verschiedenen Browsern war insgesamt sehr positiv. Die Gestaltung alternativer Fragebogenseiten ohne Javascript-Elemente und ein zusätzlicher Filter vor Beginn des Fragebogens waren die Reaktionen auf angemerkte Darstellungsprobleme bei deaktivierten Javascript-Einstellungen in den Browsern.⁵⁰⁵ Darüber hinaus identifizierten die Testpersonen keine grundsätzlichen inhaltlichen und formellen Fehler, sodass lediglich einige Ergänzungen in Form von kurzen Erklärungen und Begriffsanpassungen auf die Pretestphase folgten.⁵⁰⁶

Durchführung Datenerhebung

Die Beantwortung des Fragebogens sowie die Datenspeicherung erfolgten online über die Server von Unipark. Die Einladung zu der Umfrage mit den entsprechenden Information und dem Link zum Fragebogen wurde per Email versandt. Das persönliche und direkte Kontaktieren des richtigen Verantwortungsträgers innerhalb des Unternehmens verbessert die Rücklaufquote bei internetgestützten Fragebogen.⁵⁰⁷ Zur Ermittlung des passenden Ansprechpartners und der zugehörigen Emailadresse fand der Erstkontakt mit den Unternehmen über ein Telefongespräch statt.⁵⁰⁸ Die mangelnde Kooperationsbereitschaft einiger Unternehmen sowie falsche bzw. nicht mehr existierende Telefonnummern erschwerten den Erfolg dieser Methode.⁵⁰⁹ Ein weiterer zentraler Punkt für eine verbesserte Rücklaufquote ist das mehrfache Kontaktieren der Ansprechpartner bei einer Nichtteilnahme.⁵¹⁰ Der Zyklus für den Versand von Erinnerungsmails bei unbeantworteten Fragebögen betrug zwei Wochen und maximal wurden drei Erinnerungen

⁵⁰⁵ Die benutzerfreundliche Antwortmöglichkeiten in Form von Skalenbarometern auf Fragebogenseite 7 basieren auf der Programmiersprache Java und benötigen ein aktiviertes Javascript im Browser. Der Filter zu Beginn des Fragebogens überprüft die Aktivität von Javascript im jeweiligen Browser und leitet den Teilnehmer dementsprechend auf die Fragebogenseite mit Javascript-Layout oder ohne Javascript-Layout weiter.

⁵⁰⁶ Die finale Version des Fragebogens befindet sich im Anhang A2.

⁵⁰⁷ Neben eigenen negativen Erfahrungen mit unpersönlichen Email-Anschreiben bei vergangenen Studien, weisen auch Heerwegh et al. (2005) (S. 92) auf die positive Auswirkung des persönlichen Kontakts auf die Rücklaufquote hin.

⁵⁰⁸ Die notwendigen Telefondaten wurden der Dafne-Datenbank entnommen. Nach dem Bewerben der Umfrage und einem ersten Informationsaustausch sollte die richtige Kontaktperson inkl. Emailadresse identifiziert werden.

⁵⁰⁹ Vgl. dazu auch den folgenden Abschnitt 4.1.5 zur Datenerhebung.

⁵¹⁰ Vgl. u. a. Zerback et al. (2009), S. 27 und Cook/Heath/Thompson (2000), S. 826f.

pro Teilnehmer gesendet. Insgesamt war die Studie zwei Monate von Anfang November 2013 bis Ende Dezember 2013 im Feld.⁵¹¹

4.1.5 Datenerfassung

Die zufällig ausgewählte Stichprobe aus der Grundgesamtheit umfasste 1800 Unternehmen. 121 Kontaktversuche waren aufgrund fehlerhafter Telefonnummern nicht erfolgreich.⁵¹²

Von den übrigen 1679 Unternehmen erklärten sich 491 bereit, an der Umfrage teilzunehmen und gaben Ihre Kontakt-Email-Adresse an. Nach dem Ende des Bearbeitungszeitraums wurden die 491 versendeten personalisierten Umfragebögen erfasst und hinsichtlich des Beantwortungsfortschritts überprüft. 278 eingeladene Personen/Unternehmen nahmen an der Studie trotz mehrfacher Aufforderung nicht teil. Die 213 Teilnehmer entsprechen einer Ausschöpfungsquote von 43,38 % in Bezug auf die Einladungen und 12,69 % in Bezug auf die geführten Telefonate. Weitere 69 Personen führten ihre begonnene Umfrage nicht zu Ende. Es verblieben damit 144 vollständig ausgefüllte Fragebogen, was einer Beendigungsquote von 29,33 %⁵¹³ bzw. 8,58 %⁵¹⁴ entspricht. Der Großteil der Abbrüche (39 von 69) ereignete sich auf der Eröffnungsseite und ist somit nicht auf die Gestaltung des Fragebogens zurückzuführen.⁵¹⁵

4.2 Datenanalyse

In diesem Unterkapitel folgt eine detaillierte Analyse und Interpretation der Ergebnisse auf Basis der Excel- und SPSS-Auswertungen. Der Hauptbestandteil der vorliegenden Datenbasis sind nominale Variablenwerte, sodass lediglich eine eingeschränkte Auswahl an statistischen Methoden für die Analyse zur Verfügung steht. Der nächste Gliederungspunkt beschreibt kurz die möglichen Auswertungsmethoden, bevor diese in den beiden folgenden Teilabschnitten angewendet werden.

⁵¹¹ Die Telefonakquise lief sechs Wochen vom 02.11.2013 bis zum 14.12.2013. Eine Beantwortung war anschließend bis 31.12.2013 noch möglich.

⁵¹² Solche fehlerhaften Daten lassen sich zum Großteil auf noch nicht berücksichtigte Unternehmensauflösungen (Insolvenz, Schließungen, Verkäufe, etc.) in der Datenbank zurückführen.

⁵¹³ In Bezug auf die Anzahl der zur Studie eingeladenen Unternehmen.

⁵¹⁴ In Bezug auf die Anzahl der durchgeführten Telefonate.

⁵¹⁵ Vermutlich fehlte letztendlich die Bereitschaft die angemerkten 10 Minuten Bearbeitungszeit zu investieren.

4.2.1 Beschreibung der Datenanalysemethoden

Im ersten Teil der statistischen Analyse soll zunächst eine rein deskriptive Auswertung der wichtigsten Ergebnisse mithilfe von SPSS erfolgen. Zur übersichtlichen Aufbereitung der Informationen aus den Antwortdaten eignen sich univariate Häufigkeitsverteilungen.⁵¹⁶ Neben der einfachen Darstellung der absoluten Häufigkeiten einzelner Merkmalsausprägungen sind hier die Bildung von Werteklassen sowie die Kumulierung der Häufigkeiten weitere Verfahrensmöglichkeiten.⁵¹⁷ Die Auswertung auf Basis der univariaten Statistik bietet einen schnellen und umfassenden Überblick über die Ergebnisse der Studie und damit über die aktuelle Situation der Sendungsbündelung aus Managementperspektive.

Das Ziel des zweiten Analyseteils ist es, mögliche Einflüsse einzelner Merkmalsausprägungen auf die Variablen der Sendungsbündelung zu identifizieren bzw. Zusammenhänge zwischen zwei Variablen aufzuzeigen. Für diese sogenannte Dependenzanalyse von zwei nichtmetrischen, also nominal- oder ordinalskalierten, Variablen ist die Kontingenztabelle ein geeignetes Instrument.⁵¹⁸ Die zu diesem Zweck verwendeten Kreuztabellen stellen die spezifischen Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Kombinationsmöglichkeiten dar.⁵¹⁹ Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson ist eine anschließende Überprüfung der Beziehung zwischen den Variablen möglich.⁵²⁰ Darüber hinaus liefert der Test einen Wert für die Signifikanz des beobachteten Zusammenhangs. Dabei ermittelt die Prüfstatistik die Irrtumswahrscheinlichkeit, mit der die Variablenbeziehung fälschlicherweise angenommen oder verworfen wird.⁵²¹ Liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit unter einem im Vorfeld festgelegten Signifikanzniveau, ist die Nullhypothese abzulehnen, das bedeutet, der Zusammenhang ist nicht zufällig zustande gekommen.⁵²²

Für genauere Aussagen über die Stärke der Abhängigkeit existieren je nach Art der zugrundeliegenden Daten weitere Verfahren. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman ist bei ordinalskalierten Variablen sowie bei Nominalwerten mit maximal zwei Ausprägungen ein geeignetes Maß.⁵²³ Neben der Stärke weist dieser auch die Richtung des Zusammenhangs nach. Positive Korrelationswerte zeigen eine gleichläufige, negative Werte hingegen eine gegenläufige Beziehung der Variablen. Die Werte bewegen sich

⁵¹⁶ Vgl. Kromrey (2009), S. 403.

⁵¹⁷ Vgl. Kromrey (2009), S. 406f.

⁵¹⁸ Vgl. Hammann/Erichson (2000), S. 322.

⁵¹⁹ Vgl. Bühl (2012), S. 281.

⁵²⁰ Für diesen und folgenden Satz: vgl. Bühl (2012), S. 298.

⁵²¹ Die Nullhypothese besagt jeweils, dass ein Zusammenhang zwischen den beiden Stichproben zufällig zustande gekommen ist, während die Alternativhypothese die gegenteilige Position einnimmt.

⁵²² Vgl. Bühl (2012), S. 171.

⁵²³ Für diesen und die folgenden Sätze zum Korrelationskoeffizient: vgl. Bühl (2012), S. 302f.

dabei zwischen den Grenzen -1 und $+1$. Die folgende Tabelle beschreibt den Zusammenhang zwischen der Größe des Korrelationskoeffizienten und der Interpretation für die jeweilige Effektstärke.

Betragswert des Korrelationskoeffizienten k	Interpretation für die Effektstärke
$0,0 < k \leq 0,2$	Sehr geringe Korrelation
$0,2 < k \leq 0,5$	Geringe Korrelation
$0,5 < k \leq 0,7$	Mittlere Korrelation
$0,7 < k \leq 0,9$	Hohe Korrelation
$0,9 < k \leq 1,0$	Sehr hohe Korrelation

Tab. 15: Interpretation des Korrelationskoeffizienten nach Spearman⁵²⁴

Bei nominalverteilten Werten, die mehr als zwei Ausprägungen besitzen, ist eine Aussage über die Stärke des Effekts nur mithilfe von Assoziationsmaßen möglich. Das Statistikprogramm SPSS bietet hierfür mit dem Kontingenzkoeffizient, Phi und Cramers V drei Verfahren an, die auf dem Chi-Quadrat-Wert basieren.⁵²⁵ Beim Kontingenzkoeffizient variiert der maximale Wert in Abhängigkeit der Zeilen- und Spaltenzahl, sodass eine Vergleichbarkeit mehrerer Kreuztabellen nicht gewährleistet werden kann. Da der Koeffizient Phi nur für 2×2 -Tabellen sinnvoll einsetzbar ist, wird für die folgende Auswertung des Datenmaterials das Verfahren Cramers V zur Berechnung eines Assoziationsmaßes für nominale Variablenbeziehungen genutzt. Der Wert liegt zwischen 0 und 1 , wobei für die Interpretation berücksichtigt werden muss, dass die obere Grenze 1 kaum erreichbar ist.

Im Rahmen der Dependenzanalyse werden vor allem die Einflüsse auf die folgenden drei spezifischen Bereiche der Sendungsbündelung untersucht:

1. die Implementierungsentscheidung,
2. die charakteristischen Ausführungsbedingungen,
3. die Effekte und Auswirkungen.

Bei einigen Kreuztabellen ist die erwartete Häufigkeit in einzelnen Feldern kleiner als fünf, sodass die Verwendung des oben angeführten Chi-Quadrat-Tests nach Pearson fehleranfällig ist und keine exakten Ergebnisse liefert.⁵²⁶ Bei kleinen Stichprobenumfängen und bei starker Asymmetrie der Randverteilungen wird der Fisher-Exakt-Test⁵²⁷ empfohlen. Sind die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test bei den folgenden Kreuztabellen nicht erfüllt, wird deshalb der Fisher-Exakt-Test verwendet.

⁵²⁴ In Anlehnung an Bühl (2012), S. 303.

⁵²⁵ Vgl. für diesen Absatz: Bühl (2012), S. 306ff.

⁵²⁶ Beim Chi-Quadrat-Test nach Pearson dürfen maximal 20 % der Felder der Kreuztabelle einen Wert kleiner als fünf aufweisen, damit die Voraussetzungen erfüllt sind. Vgl. Bühl (2012), S. 301.

⁵²⁷ Vgl. Backhaus et al. (2006), S. 243 und Hartung (1991), S. 414f.

Zusätzlich sollen mögliche Unterschiede und Zusammenhänge mithilfe des Assoziationsmaßes Cramers V charakterisiert werden, welches ebenfalls als Ausdruck der Stärke eines Effekts zwischen zwei nominalen Variablen fungiert.⁵²⁸ Die Werte des Maßes variieren, wie bereits erwähnt, im Intervall 0 bis 1. Die untere Grenze verdeutlicht das Fehlen eines Effektes und zeigt die Unabhängigkeit der Variablen, während die obere Grenze eine perfekte Abhängigkeit belegt.⁵²⁹ Die Interpretation der dazwischen liegenden Werte ist schwierig und nicht eindeutig bestimmt. In der Literatur finden sich dazu mehrere unterschiedliche Klassifizierungsansätze. *Healey* (2010) bildet insgesamt drei Kategorien und legt sich dabei auf geringe Grenzwerte fest.⁵³⁰ Für Werte zwischen 0 und 0,1 definiert er einen schwachen, zwischen 0,1 und 0,3 einen mittleren sowie zwischen 0,3 und 1 einen starken Effekt. *Kühnel und Krebs* (2007) nutzen hingegen nur zwei Kategorien und interpretieren die Werte vorsichtiger, indem bis 0,2 ein geringer Zusammenhang sowie ab 0,2 ein mäßiger Zusammenhang gilt.⁵³¹ Zahlreiche Forschungsarbeiten folgen bei der Interpretation von Cramers V der Klassifikation von *Cohen* (1988), dessen Ansatz in etwa zwischen den bereits genannten liegt.⁵³² Für die vorliegende Arbeit gelten ebenfalls die von *Cohen* definierten Wertgrenzen, die in der folgenden Tabelle 16 dargestellt sind.

Cramers V Wert (CV)	Effekt-/Zusammenhangsstärke
0,1 < CV < 0,3	Gering
0,3 < CV < 0,5	Mittel
0,5 < CV < 1,0	Stark

Tab. 16: Interpretation der Cramers V Werte⁵³³

4.2.2 Deskriptive Ergebnisse zum Status Quo der Sendungsbündelung

Die 144 Teilnehmer der Studien lassen sich gemäß ihren Antworten und den Definitionskriterien des IfM für die Unternehmensgröße mit der folgenden Verteilung den drei definierten Gruppen zuordnen. 9 Kleinstunternehmen (6 %), 42 kleine und mittlere Unternehmen (29 %) sowie 93 Großunternehmen (65 %) nahmen an der Studie teil. Unter Berücksichtigung der gleichmäßigen Gruppenverteilung bei der anfänglichen Stichprobenanzahl ist eine deutliche Tendenz bei der Teilnahmebereitschaft der Unternehmen

⁵²⁸ Vgl. Bühl (2013), S. 307.

⁵²⁹ Vgl. Eckstein (1999), S. 188.

⁵³⁰ Für diesen und folgenden Satz: vgl. Healey (2010), S. 293.

⁵³¹ Vgl. Kühnel/Krebs (2007), S. 356.

⁵³² Für diesen und folgenden Satz: vgl. Cohen (1988), S. 225f.

⁵³³ In Anlehnung an Cohen (1988), S. 226.

in Abhängigkeit ihrer Größe zu erkennen.⁵³⁴ Je kleiner die Unternehmen sind, desto niedriger ist die jeweilige Teilnahmebereitschaft an dieser Umfrage. Gemäß der telefonischen Aussagen liegt dies vor allem am Mangel an Zeit und personeller Kapazität.⁵³⁵

Unternehmensklassifizierung (n = 144)

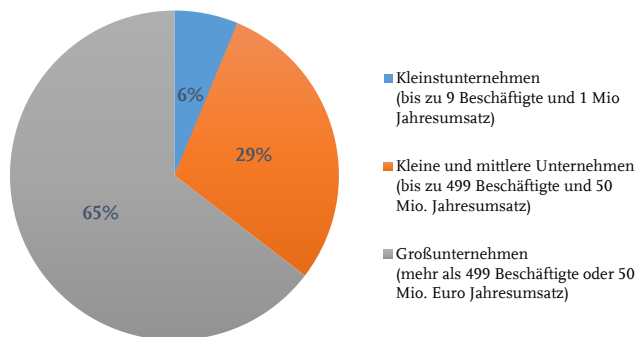


Abb. 16: Unternehmensklassifizierung⁵³⁶

Eine detaillierte Auswertung der Mitarbeiter- und Umsatzwerte im Einzelnen befindet sich im Anhang.⁵³⁷ Die teilnehmenden Unternehmen sind über die einzelnen Branchen hinweg breit gestreut, wie Abbildung 17 zeigt.

Branchen (n=144)

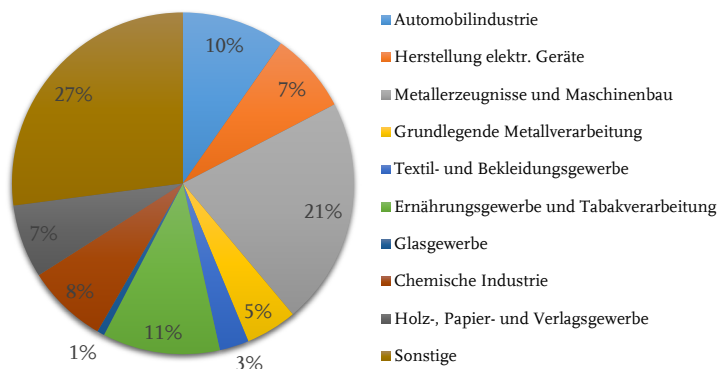


Abb. 17: Branchenverteilung⁵³⁸

⁵³⁴ Ausgehend von einer jeweiligen Stichprobengröße von 600 Unternehmen sind die Teilnahmequoten 1,5 %, 7 % und 15,5 %. Eine geringfügige Relativierung der Werte ergibt sich noch durch das häufigere Auftreten von Falschdaten bei kleineren Unternehmen in der Datenbank.

⁵³⁵ Es ist hier jedoch zu vermuten, dass in einigen Fällen die Argumente als Ausrede für spontane Unlust oder allgemeines Desinteresse genutzt worden sind.

⁵³⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵³⁷ Vgl. Anhang A4.

⁵³⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Die Kundenauftragsfertigung dominiert bei den Fertigungsstrategien. 116 Unternehmen stellen ihre Produkte auf diese Weise her (vgl. Abb. 18). 51 Unternehmen verfolgen eine Make-to-Stock-Strategie, während 42 Teilnehmer auf Kundenauftrag die Produktentwicklung beginnen (Engineer-to-Order). Vier weiteren Antworten für „Sonstige Strategien“ sind Einzelfälle und lassen sich keiner bestehenden Gruppe zuordnen.⁵³⁹

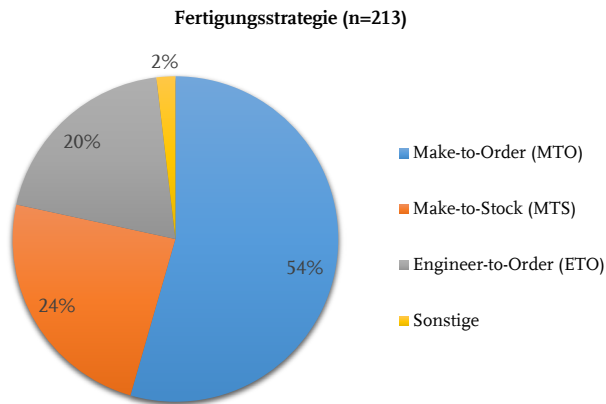


Abb. 18: Fertigungsstrategien⁵⁴⁰

Ein Großteil der Handelsbeziehungen zwischen den Antwortenden und ihren Kunden ist ausschließlich dem Bereich „Business-2-Business“ (B2B) zuzuordnen (77 Unternehmen, 54 %), weitere 52 (36 %) sind zumindest teilweise dort tätig (vgl. Abb. 4). Die übrigen 15 Unternehmen (10 %) konzentrieren sich auf das Endkundengeschäft (B2C).

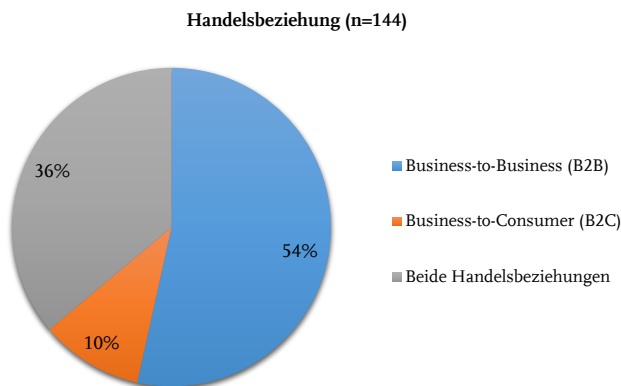


Abb. 19: Handelsbeziehungen⁵⁴¹

⁵³⁹ Aufgrund der Möglichkeit mehrere Antwortoptionen auszuwählen, übersteigt in diesem Fall die Summe der Antworten (213) die Anzahl der Teilnehmer (144).

⁵⁴⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁴¹ Quelle: Eigene Darstellung.

Die hergestellten Produkte lassen sich anhand der vier abgefragten Kriterien klassifizieren. 61 % der Unternehmen lagern ihr Hauptprodukt bzw. ihre Hauptproduktgruppe in Stückerinheiten, 35 % einzeln und 4 % im Paar. Drei Viertel der Produkte sind im Lagerzustand bereits verpackt, der Rest wird unverpackt eingelagert. Die Konsistenz der hergestellten Waren ist bis auf wenige flüssige Ausnahmen (6 %) dem festen Zustand zuzuordnen (94 %). Eine ausgewogenere Verteilung weist das Volumen der betrachteten Produkte auf. Die größte Gruppe bilden dabei die sperrigen Formen (49 %). Die restlichen Güter lassen sich entweder als klein (21 %) oder groß (30 %) bezeichnen.

Die Lagerhaltung (66 %) und das Kommissionieren und Verpacken (69 %) werden von den Unternehmen mit deutlicher Mehrheit in Eigenregie durchgeführt. Einige Unternehmen nutzen zumindest die Möglichkeit einzelne Prozesse innerhalb der Lagerhaltung (20 %) bzw. beim Kommissionieren und Verpacken fremd zu vergeben. Eine vollständige Auslagerung findet nur in 9 bzw. 7 Fällen statt. Die verbliebenen 11 respektive 12 Unternehmen konnten oder wollten hierzu keine Angabe treffen. Während die Situation in diesen beiden Bereichen ähnlich ist, weicht die Verteilung im Rahmen des Transports deutlich ab. Nur ein Viertel der befragten Unternehmen übernehmen die Transportaufgabe komplett eigenständig. Insgesamt 72 % hingegen lagern diese vollständig (53 %) oder zumindest in Teilen (19 %) aus. 4 Unternehmen haben auch hier keine Angabe gemacht. Die Abbildung 20 fasst die Antwortverteilungen zusammen.

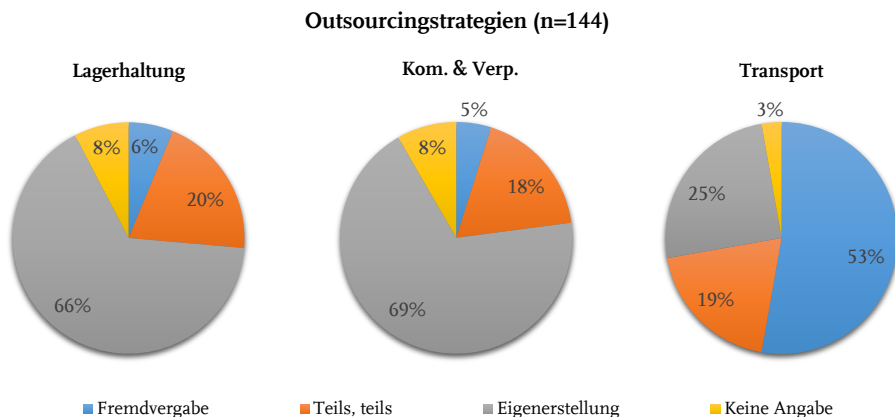


Abb. 20: Outsourcingstrategien⁵⁴²

Wenn ein Kunde ein weiteres Mal bei einem Unternehmen bestellt, bevor seine vorherige Bestellung fertig ausgeliefert worden ist, entsteht beim Unternehmen eine spontane Möglichkeit für eine Sendungsbündelung. Statt zwei einzelne Bestellungen separat auszuliefern, können diese zu einem Paket zusammengefasst werden. Ist die durchschnitt-

⁵⁴² Quelle: Eigene Darstellung.

liche Dauer zwischen zwei Bestellungen desselben Kunden geringer als die durchschnittliche Lieferzeit des Unternehmens, steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten solcher Situationen. Bei 20 % der befragten Unternehmen tritt genau dieser Fall auf (vgl. Abb. 21). Auch bei gleich einzuschätzenden Mittelwerten der zu erwartenden Zeitdauern (9 %) nimmt die Häufigkeit für spontan entstehende Bündelungssituationen zu. Eher selten sind diese Fälle, wenn der mittlere Bestellzyklus des Kunden höher ist als die Lieferzeit (19 %). Ein großer Teil der Befragten konnte die entsprechenden Durchschnittswerte nicht einschätzen (52 %).

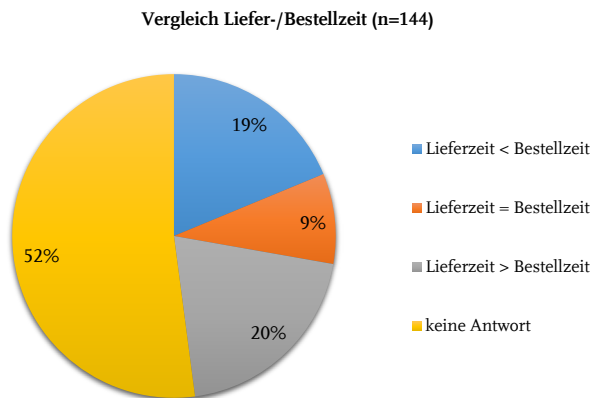


Abb. 21: Vergleich der Liefer- und Bestellzeiten⁵⁴³

Um die Häufigkeit der spontanen Bündelungssituationen genauer aufzeigen zu können, sollten die Teilnehmer der Umfrage zudem eine Einschätzung abgeben, in welchem Verhältnis das Auftreten solcher Ereignisse zur Anzahl der Gesamtbestellungen steht. Etwa 30 % der Unternehmen geben an, dass solche Bündelungssituationen bei mindestens jeder vierten Bestellung auftreten (kumulierte Gruppe: 25-100 %). Die Größe dieser Gruppe deckt sich mit der Anzahl der Teilnehmer, die ihre durchschnittliche Lieferzeit größer oder gleich der mittleren Bestellzyklusdauer angegeben haben. 55 % der Teilnehmer geben an, dass sich keine oder nur seltene Chancen ergeben. Eine genaue Überprüfung der jeweils gegebenen Antworten auf die letzten drei Fragen führte zur Identifikation und Eliminierung von zwanzig widersprüchlich eingegebenen Antwortkombinationen.⁵⁴⁴

Insgesamt 39 % der teilnehmenden Unternehmen nutzen in den beschriebenen Situationen die Sendungsbündelung (vgl. Abb. 22). Während 24 % dabei ohne Einschränkungen bündeln, setzen 15 % explizite Bedingungen für die letztendliche Bündelung voraus.

⁵⁴³ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁴⁴ Ein Beispiel einer falschen Antwortkombination ist, wenn die durchschnittliche Lieferzeit größer als die durchschnittliche Bestellzeit angegeben wird und gleichzeitig die Antwort „0 % Bündelungssituationen“ ausgewählt wird.

Ein knappes Drittel (31 %) der Befragten entscheidet sich in solchen Fällen für mehrere Einzelsendungen. Die restlichen 30 % haben entweder falsche bzw. widersprüchliche Antworten gegeben (14 %) oder keine auftretenden potentiellen Bündelungsfälle (16 %).

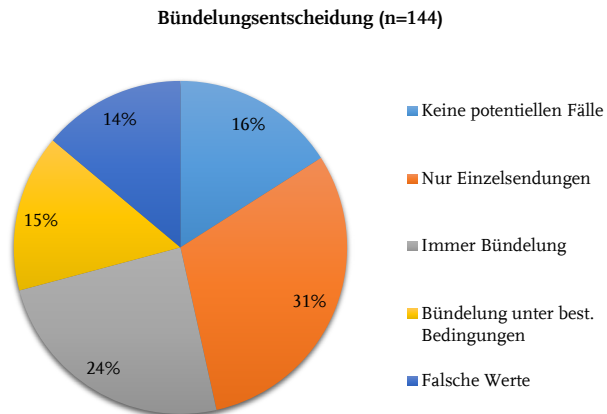


Abb. 22: Entscheidung bei potentieller Bündelung⁵⁴⁵

Die Gruppe der Teilnehmer, die sich bewusst gegen eine mögliche Bündelung entscheiden, begründet dies mit unterschiedlichen Gegebenheiten (vgl. Abb. 23).

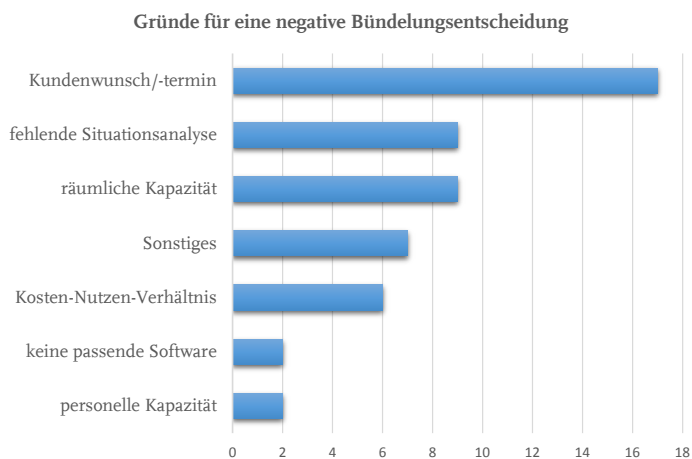


Abb. 23: Gründe für eine negative Bündelungsentscheidung⁵⁴⁶

⁵⁴⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

In insgesamt 13 Fällen fehlt es an der notwendigen personellen (2) oder räumlichen (9) Kapazität bzw. an einem fähigen ERP-System (2) für die Datenverarbeitung der Bündelungsvorgänge. Eine Kosten-Nutzen-Analyse der Sendungsbündelung war bei den Unternehmen in 6 Fällen negativ oder wurde bisher noch nicht durchgeführt (9). Insgesamt 24 Mal antworteten die Befragten mit einer frei formulierten Bemerkung. Mehr als die Hälfte dieser Antworten lassen sich auf das Argument zurückführen, dass eine Bündelung aufgrund der Kundenwünsche bzw. Kundentermine nicht möglich ist.

Abgesehen von diesen zufällig entstehenden Bündelungsmöglichkeiten, findet in mehr als der Hälfte der befragten Unternehmen ebenfalls eine geplante Sendungsbündelung statt (vgl. Abb. 24). 43 % der Teilnehmer schließen eine Bündelung völlig aus, während hingegen 8 % bei jeder Gelegenheit auf diese Methode zurückgreifen. Die verbliebenen 49 % nutzen die Sendungsbündelung teilweise aus.

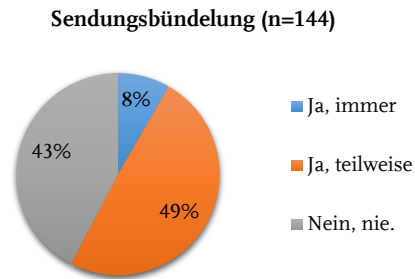


Abb. 24: Generelle Bündelungsstrategie⁵⁴⁷

Der Hauptgrund für die eingeschränkte Nutzung ist erneut der jeweils zu berücksichtigende Kundenwunsch (46 Nennungen bei der „Sonstige“-Antwortoption). Weitere Hindernisse für eine vollständige Bündelung sind die fehlenden personellen (4) und räumlichen (8) Kapazitäten oder die Beschränkungen der Steuerungs-Software (6). Für 10 Unternehmen ist zudem das Kosten-Nutzen-Verhältnis nicht ausreichend (vgl. Abb. 25).

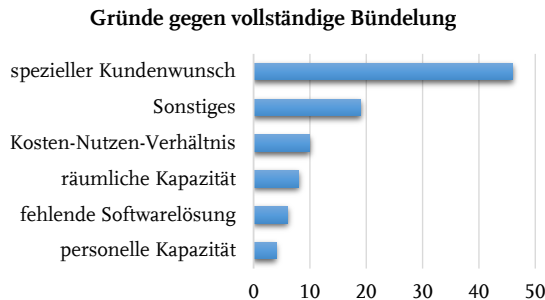


Abb. 25: Gründe gegen eine vollständige Bündelung aller Sendungen⁵⁴⁸

⁵⁴⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁴⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Ein ähnliches Verteilungsbild zeigt sich bei den Gründen, die gegen eine Bündelung im Allgemeinen sprechen (vgl. Abb. 26). Statt des Kundenwunsches ist der Hauptgrund mit 39 Nennungen diesmal das generelle Fehlen von Bündelungsmöglichkeiten. Die übrigen Gründe sind die gleichen wie bei der teilweisen Bündelung und auch das Verteilungsverhältnis ist annähernd gleich.

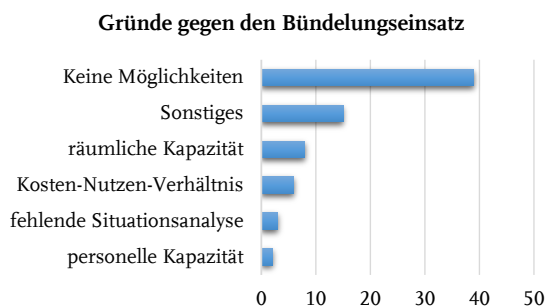


Abb. 26: Gründe gegen den Einsatz von Bündelungsstrategien⁵⁴⁹

Die Literatur identifiziert drei Strategien für die Sendungsbündelung, deren Differenzierung über das Auslösekriterium für die Absendung der gesammelten Waren erfolgt. Das Bündel wird entweder bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, bis zu einer bestimmten Gesamtmenge oder bis zum ersten erreichten Kriterium aus Menge und Zeit zusammengestellt. Die letztgenannte hybride Form nutzen lediglich 18 % der Bündelungsunternehmen. Den Haupteinsatz in der Unternehmenspraxis erfährt mit einer deutlichen Mehrheit von 54 % die zeitbasierte Strategie. Eine bestimmte Menge als Auslösekriterium verwenden hingegen nur 12 %. Die übrigen Teilnehmer nutzen die Antwortmöglichkeit zur freien Formulierung und benennen weitere einzelne Kriterien.

Die physische Zusammenführung der Bündelungselemente findet mit deutlicher Mehrheit in der Versandabteilung statt (61 %). Den zweiten Platz belegt mit 24 % das Fertigwarenlager, während nur 5 % der Unternehmen den LKW dafür nutzen. Bei den frei formulierten Einzelantworten ist zusätzlich das Transportunternehmen im Rahmen einer Outsourcing-Strategie mit vier Nennungen hervorzuheben.

Noch deutlicher fällt die Mehrheit bei der Frage nach der Bündelungsverantwortung aus, die in 83 % der Fälle beim eigenen Unternehmen liegt. Erwähnenswert sind darüber hinaus nur die jeweiligen Kunden mit 10 % sowie die Logistikdienstleister (6 %) als Verantwortungsträger. Abbildung 27 fasst die Ausprägungen der drei charakteristischen Merkmale einer Sendungsbündelung zusammen (es gilt jeweils n=83).

⁵⁴⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

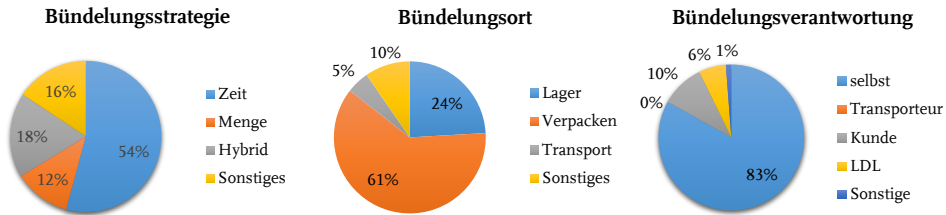


Abb. 27: Klassifizierungsmerkmale der Sendungsbündelungsmethoden⁵⁵⁰

Die Auswirkungen einer Sendungsbündelung auf die Kosten eines Unternehmens sowie auf die Kundenzufriedenheit sind sehr positiv. Eine deutliche Mehrheit (52 Stimmen) beobachtet sinkende (47) oder sogar stark sinkende (5) Kosten nach der Einführung der Sendungsbündelung. Während ein einziger Teilnehmer steigende Kosten angibt, haben weitere 16 Befragte den Eindruck, dass die Sendungsbündelung ohne Auswirkungen auf die Kostensituation implementiert worden ist. Die Vertreter von 14 ebenfalls bündelnden Unternehmen können oder wollen diese Auswirkungen nicht spezifizieren.

Die Kundenzufriedenheit ist nach Meinung der Unternehmen konstant geblieben oder leicht gestiegen. Einige Wenige geben zwar sinkende (4) oder stark sinkende (2) Kundenzufriedenheit an, die Mehrheit jedoch tendiert zu einer Steigerung (32) bzw. sogar zu einer starken Steigerung (3). Ein weiterer großer Teil (27) bemerkt allerdings keinen Unterschied bei der Kundenzufriedenheit nach der Einführung der Sendungsbündelung. 14 Teilnehmer können oder wollen die Auswirkungen nicht beurteilen.

Während die wissenschaftliche Literatur zur Sendungsbündelung im Allgemeinen steigende Lieferzeiten als mögliche Folge anführen, sind sich die Unternehmen in der Studie bezüglich der Auswirkungen der Sendungsbündelung auf die Lieferzeit uneinig. Die größte Gruppe (36) bemerkt hier keinen Effekt, von den anderen Unternehmen entscheiden sich 19 für eine erhöhte Lieferzeit und 12 für eine Verkürzung. Bei dieser Frage enthalten sich insgesamt 16 Teilnehmer einer Beantwortung.

Ein ganz ähnliches Bild zeigt die Verteilung der Antworten bei der Frage nach den Auswirkungen auf die Flexibilität. Auch hier erkennen die meisten Befragten (28) keinen Effekt, während 22 Unternehmen eine geringere und 18 Unternehmen eine höhere Flexibilität bemerken. 14 Teilnehmer wollen oder können sich in diesem Fall nicht festlegen.

Eine deutliche Wirkungsrichtung zeigt sich hingegen bei der Komplexität. Obwohl auch hier eine sehr große Gruppe (27) keinen Effekt erkennt, entscheiden sich insgesamt noch mehr Unternehmen für eine Komplexitätserhöhung (29) als für eine Reduzierung (7). Bei diesem Faktor gibt es jedoch mit 20 Teilnehmern auch den häufigsten Verzicht

⁵⁵⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

auf eine genaue Beurteilung. Abbildung 28 fasst die einzelnen Auswirkungen der Sendungsbündelung zusammen.

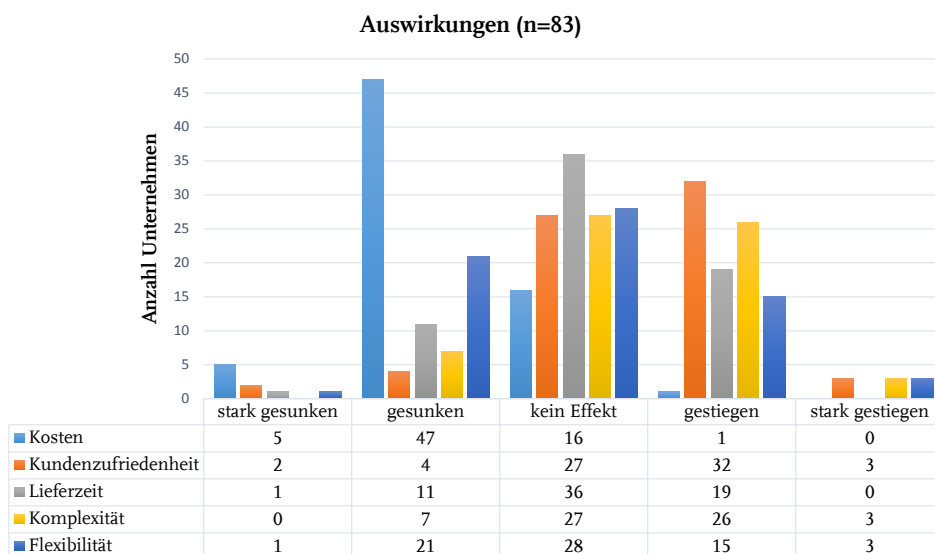


Abb. 28: Auswirkungen der Sendungsbündelung⁵⁵¹

Zuletzt wird der ökologische Gesamteffekt der Sendungsbündelung in den einzelnen Unternehmen beurteilt (vgl. Abb. 29). Mit insgesamt 52 % entscheidet sich eine absolute Mehrheit für eine positive Gesamtbilanz, während kein einziges Unternehmen zu einem negativen Effekt tendiert. 15 % bewerteten positive und negative Effekte gleich und entscheiden sich deshalb für eine insgesamt neutrale Auswirkung. Etwas überraschend ist der große Anteil (33 %) der Teilnehmer, die der Sendungsbündelung keinen ökologischen Einfluss unterstellt.

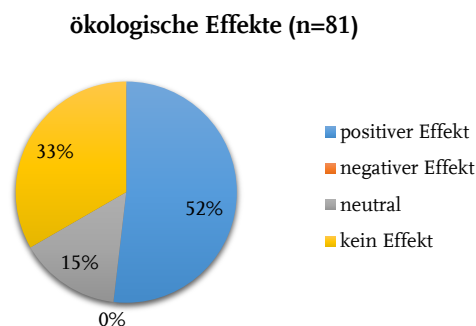


Abb. 29: Ökologische Effekte der Sendungsbündelung⁵⁵²

⁵⁵¹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁵² Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.3 Dependenzanalyse der Umfrageergebnisse

Wie bereits in Abschnitt 4.2.1 erwähnt, folgt im Anschluss an die deskriptive Auswertung der Studie eine detaillierte Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Variablen mithilfe einer Dependenzanalyse. Das Ziel dieses Gliederungspunktes ist es deshalb, herauszufinden, ob einzelne Merkmalsausprägungen der Unternehmen Einfluss auf die Implementierung, Durchführung und Auswirkung einer Sendungsbündelung haben. Existieren solche Zusammenhänge, interessiert zudem die Stärke und Richtung des Effekts. In der folgenden Auswertung werden alle statistischen Zusammenhänge berücksichtigt, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit p kleiner als 10 % aufweisen. Es wird dabei unterschieden zwischen signifikanten ($p \leq 5\%$) und marginal signifikanten ($p \leq 10\%$) Zusammenhängen.

4.2.3.1 Untersuchung der Einflüsse auf die Implementierungsentscheidung

Lässt sich eine positive Entscheidung zur Sendungsbündelung auf bestimmte Eigenschaften eines Unternehmens oder eines Wertschöpfungsnetzwerkes zurückführen? Oder anders ausgedrückt, entscheiden sich bestimmte Unternehmen innerhalb spezifischer Wertschöpfungsnetzwerken eher für eine Bündelung als andere Unternehmen? Durch die Untersuchung dieser Fragen soll eine Basis für die späteren Handlungsempfehlungen in Bezug auf die jeweils geeignete Form der Sendungsbündelung für die jeweilige Situation der Unternehmen geschaffen werden.

Einfluss der reinen Unternehmensdaten

Die absoluten Häufigkeiten der Umfrageergebnisse (vgl. Tab. 17) bestätigen die Vermutung, dass die Implementierung von Sendungsbündelungen zunimmt, je größer die Unternehmen sind. Als Merkmal für die Unternehmensgröße dient in diesem Fall die Klassifizierung in Kleinstunternehmen, KMU und Großunternehmen. Insgesamt lässt sich statistisch ein geringer Zusammenhang zwischen den beiden Messgrößen feststellen.⁵⁵³ Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 7,6 % ist dieser Zusammenhang marginal signifikant. Aufgrund der sehr geringen Fallzahlen bei den Kleinstunternehmen wurde ebenfalls eine auf die beiden Kategorien KMU und Großunternehmen reduzierte Kreuztabelle untersucht. Die Effektstärke verbleibt dabei auf konstantem Niveau, der Zusammenhang ist jedoch nun statistisch signifikant.⁵⁵⁴

Dieser Zusammenhang ist nicht überraschend unter der Berücksichtigung, dass ein höherer Umsatz und mehr Mitarbeiter häufig auch eine höhere Anzahl an Gütern und Kunden bedeutet. Ein entsprechend hohes Niveau der Versandmenge bietet dann günstige Bedingungen für die Implementierung einer Bündelungsstrategie.

⁵⁵³ Der Wert des Assoziationsmaßes Cramers V beträgt 0,188 (geringer Effekt).

⁵⁵⁴ Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt genau 4 % (exakter Test nach Fisher).

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Unternehmensgröße	Kleinstunternehmen	5	4	9
	KMU	23	19	42
	Großunternehmen	33	60	93
Gesamt		61	83	144

Tab. 17: Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und der Sendungsbündelung

Eine weitere interessante Erkenntnis bei der Untersuchungen des Einflusses der Unternehmenseigenschaften ist die konstante Verbreitung der Sendungsbündelung über die einzelnen Branchen hinweg. Das Implementierungsverhältnis weist keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Branchen auf, so dass die Sendungsbündelung als allgemein geeignete Methode bzw. als branchenunabhängig angesehen werden kann.

Einfluss der Fertigungsprozesseigenschaften

Ein Zusammenhang zwischen den Fertigungsprozesseigenschaften eines Unternehmens und der Implementierung einer Sendungsbündelung ist auf Basis der Ergebnisse schwierig zu erkennen, da mit der Fertigungsstrategie und der Fertigungsart zwei Variablen mit spezifischen Einflüssen existieren. Auf den ersten Blick zeichnet sich zunächst eine Tendenz ab, dass Unternehmen mit einer Make-to-Order-Fertigungsstrategie häufiger Bündelungsmethoden einsetzen als andere Unternehmen (vgl. dazu Tab. 18). Der Zusammenhang ist jedoch als sehr gering einzustufen und nur marginal signifikant.⁵⁵⁵

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Make-to-Order	Nein	16	12	28
	Ja	45	71	116
Gesamt		61	83	144

Tab. 18: Zusammenhang zwischen MTO und der Sendungsbündelung

Bei der Fertigungsart ist ebenfalls ein tendenzieller Einfluss auf die Bündelungsentcheidung zu erkennen (Vgl. Tab. 19). Unternehmen mit Einzelfertigung implementieren Bündelungsstrategien deutlich weniger als zum Beispiel Hersteller mit Serien- und Massenfertigung. Den höchsten Anteil an positiven Entscheidungen für eine Sendungsbündelung verzeichnet die Sortenfertigung mit 75 %.

⁵⁵⁵ Irrtumswahrscheinlichkeit: 9,1 % (Fisher). Cramers V: 0,147 (geringer Effekt).

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Fertigungsart	Einzelfertigung	19	13	32
	Kleinserienfertigung	16	24	40
	Großserienfertigung	16	27	43
	Massenfertigung	6	7	13
	Sortenfertigung	4	12	16
Gesamt		61	83	144

Tab. 19: Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und der Sendungsbündelung

Eine Betrachtung der Ergebnisse bei der Kombination einer MTO-Fertigungsstrategie mit beliebigen Fertigungsarten führt zu insgesamt 10 Wertepaaren (vgl. Tab. 20). Zwischen den kombinierten Merkmalen und der Implementierungsentscheidung für eine Sendungsbündelung lässt sich ein signifikanter Zusammenhang mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,0 % und einer mittleren Effektstärke von 0,361 nachweisen.⁵⁵⁶

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Fertigungs-kombination	MTO + Einzelfertigung	17	13	30
	MTO + Kleinserienfertigung	13	24	37
	MTO + Großserienfertigung	9	20	29
	MTO + Massenfertigung	5	4	9
	MTO + Sortenfertigung	1	10	11
	Kein MTO + Einzelfertigung	2	0	2
	Kein MTO + Kleinserienfertigung	3	0	3
	Kein MTO + Großserienfertigung	7	7	14
	Kein MTO + Massenfertigung	1	3	4
	Kein MTO + Sortenfertigung	3	2	5
Gesamt		61	83	144

Tab. 20: Zusammenhang zwischen spezifischen Fertigungskombinationen und der Sendungsbündelung

Für eine detaillierte Untersuchung wird zusätzlich der Einfluss der Fertigungsstrategien auf die Implementierung der Sendungsbündelung innerhalb der einzelnen Kategorien

⁵⁵⁶ Die Werte sind mit dem Fisher-Exakt-Test (Signifikanz) sowie dem Cramers V-Verfahren (Effektstärke) berechnet.

der Prozessarten überprüft. Die folgenden (marginal) signifikanten Ergebnisse zeigen sich dabei:

- Wird bei einer Sortenfertigung eine MTO-Strategie verfolgt, besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine implementierte Sendungsbündelungsstrategie (Vgl. Tab. 21).⁵⁵⁷
- Bei einer Kleinserienfertigung korrelieren eine MTO-Strategie positiv⁵⁵⁸ und eine MTS-Strategie negativ⁵⁵⁹ mit der Implementierungsentscheidung (Vgl. Tab. 22).

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
MTO	Nein	3	2	5
	Ja	1	10	11
Gesamt		4	12	16

Tab. 21: Zusammenhang zwischen MTO und der Sendungsbündelung bei einer Sortenfertigung

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
MTS	Nein	9	21	30
	Ja	7	3	10
Gesamt		16	24	40

Tab. 22: Zusammenhang zwischen MTS und der Sendungsbündelung bei einer Kleinserienfertigung

Die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Fertigungsart und Implementierung der Sendungsbündelung unter der einschränkenden Bedingung einer MTO-Strategie zeigt ebenfalls ein signifikantes Ergebnis (Vgl. Tab. 23).⁵⁶⁰ Fertigt ein Unternehmen mit MTO-Strategie, so ist die Entscheidung für eine Sendungsbündelungsstrategie abhängig von der Fertigungsart. Dieser Effekt ist jedoch nur gering ausgeprägt.⁵⁶¹

⁵⁵⁷ Irrtumswahrscheinlichkeit: 6,3 % (Fisher); die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (Wert: 2,9 %) sind nicht ausreichend erfüllt. Cramers V: 0,545 (starker Effekt).

⁵⁵⁸ Irrtumswahrscheinlichkeit: 5,7 % (Fisher); die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (Wert: 2,9 %) sind nicht ausreichend erfüllt. Cramers V: 0,349 (mittlerer Effekt). Korrelationsmaß nach Spearman: 0,354 (Geringe Korrelation).

⁵⁵⁹ Irrtumswahrscheinlichkeit: 5,9 % (Fisher); 2,5 % (Chi-Quadrat, Voraussetzungen nicht erfüllt). Cramers V: 0,354. Korrelationsmaß nach Spearman: -0,354 (Geringe Korrelation).

⁵⁶⁰ Irrtumswahrscheinlichkeit: 3,8 % (Chi-Quadrat-Test).

⁵⁶¹ Cramers V: 0,296 (geringe Effektstärke).

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Fertigungsart	Einzelfertigung	17	13	30
	Kleinserienfertigung	13	24	37
	Großserienfertigung	9	20	29
	Massenfertigung	5	4	9
	Sortenfertigung	1	10	11
Gesamt		45	71	116

Tab. 23: Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und der Sendungsbündelung bei einer MTO-Strategie

Produkt- und Verpackungseigenschaften

Zwischen dem Lagerzustand der Produkte im Hinblick auf die Verpackung und der Implementierung einer Sendungsbündelung lassen sich ebenfalls Zusammenhänge erkennen. So werden unverpackt im Fertigwarenlager liegende Güter deutlich seltener gebündelt als verpackt gelagerte Ware (vgl. Tab. 24). Der Zusammenhang ist zwar signifikant, hat aber insgesamt nur einen sehr geringen Einfluss.⁵⁶²

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Lagerzustand	Verpackt	40	68	108
	Unverpackt	21	15	36
Gesamt		61	83	144

Tab. 24: Zusammenhang zwischen dem Lagerzustand und der Sendungsbündelung

Der beschriebene Einfluss ist darüber hinaus im Zusammenhang mit der Produkteigenschaft „Lagereinheit“ zu betrachten. Zwischen den beiden Charakteristiken besteht ein hoch signifikanter Einfluss mit mittlerer Stärke.⁵⁶³ Einzelne und paarweise gelagerte Waren werden zu einem deutlich geringeren Anteil (57 % bzw. 60 %) verpackt aufbewahrt als andere Güter (86 %). Zwischen der Lagereinheit und der Implementierungsentscheidung für eine Bündelung lässt sich deshalb ebenfalls ein marginal signifikanter Zusammenhang mit geringer Effektstärke nachweisen.⁵⁶⁴

⁵⁶² Irrtumswahrscheinlichkeit: 3,2 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,187 (geringer Effekt).

⁵⁶³ Irrtumswahrscheinlichkeit 0 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,329 (mittlere Effektstärke).

⁵⁶⁴ Irrtumswahrscheinlichkeit: 7,5 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,189 (geringe Effektstärke).

		Lagerzustand		Gesamt
		Verpackt	Unverpackt	
Lagereinheit	Einzeln	29	22	51
	Paarweise	3	2	5
	In Stückerheiten	76	12	88
Gesamt		108	36	144

Tab. 25: Zusammenhang zwischen der Lagereinheit und dem Lagerzustand

Ein möglicher Erklärungsansatz ist das einfachere Handling von verpackten Gütern beim Vorgang der Bündelung. Standardisierte Verpackungsformen erleichtern das Zusammenfügen sowie die jeweilige Gewährung der Transportsicherheit innerhalb der Bündelung. Das gemeinsame Verpacken von lose gelagerten Produkten im Rahmen einer Sendungsbündelung kann vor allem bei verschiedenartigen Waren zu komplexen und aufwendigen Prozessen führen.

Die Tendenz, dass standardisierte Verpackungsformen häufiger im Zusammenhang mit einer Sendungsbündelung verwendet werden, zeigt sich ebenfalls bei zwei weiteren Studienergebnissen. So besteht sowohl bei der Verwendung von Europaletten als auch von Paketen als Transportverpackung ein positiver Zusammenhang zur Implementierung einer Sendungsbündelung.

		Sendungsbündelung		Gesamt
		Nein	Ja	
Europalette	Nein	29	24	53
	Ja	32	59	91
Gesamt		61	83	144

Tab. 26: Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Europalette“ und der Sendungsbündelung

Im ersten Fall ist der signifikante⁵⁶⁵ Zusammenhang zwischen der Transportverpackung „Europalette“ und der Entscheidung für eine Sendungsbündelung zwar anhand der Häufigkeitsverteilung gut zu erkennen (vgl. Tab. 26), aber gemäß dem Assoziationsmaß Cramers V nur von geringer Stärke (0,191). Ein detaillierter Blick ist im zweiten Fall notwendig. Erst mit der Berücksichtigung der drei originalen Fälle der Antworten zur Implementierung einer Bündelung ist der deutliche Einfluss der spezifischen Transportverpackung zu erkennen (vgl. Tab. 27). Der signifikante⁵⁶⁶ Zusammenhang besitzt eine mittlere Effektstärke⁵⁶⁷. Die Versandoption per Paket ermöglicht bei freier Kapazität

⁵⁶⁵ Irrtumswahrscheinlichkeit: 2,2 % (Chi-Quadrat).

⁵⁶⁶ Irrtumswahrscheinlichkeit: 3,4 % (Chi-Quadrat).

⁵⁶⁷ Cramers V: 0,216 (geringer Effekt).

eine unkomplizierte und spontane Hinzugabe weiterer offener Bestellungen bzw. das einfache Zusammenfügen von mehreren kleinen Paketen zu einem großen Paket.

		Sendungsbündelung			Gesamt
		Ja, immer.	Ja, teilweise.	Nein, nie.	
Paket	Nein	11	41	44	96
	Ja	1	30	17	48
Gesamt		12	71	61	144

Tab. 27: Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Paket“ und der Sendungsbündelung

Die häufig standardisierte Form von verpackt gelagerter Ware erleichtert die flexible Integration in Pakete bzw. ermöglicht ein unkompliziertes Zusammenfassen mehrerer Sendungen auf einer Europalette. Auf diese Weise lassen sich die positiven Einflüsse des Lagerzustands „verpackt“ sowie der Verpackungsarten „Europalette“ und „Paket“ erklären.

Die Analyse der übrigen Ergebnisse zeigt keine weiteren signifikanten Zusammenhänge zwischen den Charakteristiken des Wertschöpfungsprozesses und der Implementierungsentscheidung für eine Sendungsbündelung.

Zu einem überraschenden Ergebnis führt die Untersuchung, ob die Gründe der Teilnehmer gegen die Einführung einer Sendungsbündelung abhängig sind von der Unternehmensgröße.⁵⁶⁸ Die Vermutungen vor der Studie, dass die Gründe der fehlenden Kapazitäten, die Softwareprobleme, das fehlende Know-how und/oder kein ausreichendes Bündelungspotential speziell kleinere Unternehmen betreffen, lassen sich nicht belegen. Die Gründe in den untersuchten Fällen tendieren im Gegenteil verstärkt in Richtung Unabhängigkeit gegenüber den Größenmerkmalen.

Die Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Literatur zeigen, dass die Bündelungsstrategie, die Bündelungsverantwortung und der Bündelungsort drei zentrale Merkmale zur Unterscheidung von Sendungsbündelungsmethoden sind. Der folgende Analyseabschnitt identifiziert bisher unbekannt Zusammenhänge zwischen bestimmten Unternehmens- und Wertschöpfungsprozesseigenschaften und den Ausprägungen der Bündelungsmerkmale.

⁵⁶⁸ Untersuchungsgegenstände waren hier sowohl die Gründe, die gegen eine allgemeine Einführung der Sendungsbündelung sprechen, als auch die Gründe, warum nur eine teilweise Bündelung stattfindet.

4.2.3.2 Untersuchung der Einflüsse auf die Sendungsbündelungscharakteristiken

Der folgende Abschnitt zeigt die Zusammenhänge zwischen den Merkmalen der Unternehmen, Produkte sowie Produktionsprozesse und den Ausgestaltungsformen der Sendungsbündelung. Letztere konzentrieren sich auf die drei Charakteristiken Bündelungsstrategie, Bündelungsort und Bündelungsverantwortung.

Bündelungsstrategie

Die Studienergebnisse zeigen einen signifikanten Zusammenhang mit geringer Effektstärke zwischen der Unternehmensgröße und der Wahl der Bündelungsstrategie.⁵⁶⁹ Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass die Vielfalt der eingesetzten Strategien parallel mit der Unternehmensgröße steigt. Während sich Kleinstunternehmen hier auf zeitbasierte und hybride Varianten beschränken, nutzen die anderen beiden Gruppen jeweils alle drei bekannten Varianten und Großunternehmen ergänzen diese darüber hinaus sogar mit weiteren innovativen Ansätzen (vgl. Tab. 28).⁵⁷⁰

		Auslösebedingung				Gesamt
		Zeit	Menge	Hybrid	Sonstiges	
Unternehmensgröße	Kleinstunternehmen	3	0	1	0	4
	KMU	10	6	3	0	19
	Großunternehmen	32	4	10	13	59
Gesamt		45	10	14	13	82

Tab. 28: Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der Auslösebedingung

Auffällig ist bei den Ergebnissen der in Relation zu den anderen beiden Gruppen (0 % bzw. 7 %) hohe Anteil der mengenbasierten Auslösebedingung (32 %) bei kleinen und mittleren Unternehmen. Eine erneute Berechnung der Zusammenhangsmaße nach Reduzierung der Unternehmensgrößenkategorien⁵⁷¹, zeigt einen deutlicheren Effekt⁵⁷² bei einer höheren Signifikanz⁵⁷³.

Bündelungsort

Der Bündelungsort weist in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße ebenfalls unterschiedliche Ausprägungen auf. Während die physische Zusammenführung der einzelnen Bündelungselemente in Kleinstunternehmen zu 75 % im Fertigwarenlager erfolgt, verschiebt sich das Mehrheitsverhältnis mit zunehmender Größe der Unternehmen zur

⁵⁶⁹ Irrtumswahrscheinlichkeit: 3,2 % (Fisher); Cramers V: 0,285 (geringer Effekt).

⁵⁷⁰ Hier werden z. B. kundenbedingte Auslösungsstrategien und ähnliche Varianten der zeitbasierten Politik angemerkt.

⁵⁷¹ Aufgrund der sehr geringen Fallzahlen werden die Kleinstunternehmen bei der erneuten Betrachtung herausgenommen.

⁵⁷² Cramers V: 0,377 (mittlere Effektstärke).

⁵⁷³ Irrtumswahrscheinlichkeit: 0,9 % (Fisher-Test).

Versandabteilung (vgl. Tab. 29). Der Anteil der Bündelung auf den Transportfahrzeugen bleibt über die drei Unternehmensgruppen hinweg nahezu konstant.

		Bündelungsort				Gesamt
		FWL	Versand- abteilung	Transport- fahrzeug	Sonstiges	
Unternehmensgröße	Kleinstunternehmen	3	1	0	0	4
	KMU	7	10	1	1	19
	Großunternehmen	9	40	3	7	59
Gesamt		19	51	4	8	82

Tab. 29: Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und dem Bündelungsort

Ein geringer Effekt⁵⁷⁴ lässt sich zwar nachweisen, die Irrtumswahrscheinlichkeit ist mit 10,8 % (Fisher) aber knapp über der Grenze zur marginalen Signifikanz, so dass ein statistischer Beleg dieses Zusammenhangs nicht möglich ist.

Bündelungsverantwortung

Im Gegensatz zu den beiden anderen zentralen Merkmalen ist die Bündelungsverantwortung eindeutig nicht abhängig von der Größe der Unternehmen. Interessant ist, dass nur Unternehmen mit der Fertigungsstrategie Make-to-Stock die Bündelungsverantwortung in die Hände eines Logistikdienstleisters legen. Im Rahmen der anderen Fertigungsstrategien überlassen die Unternehmen hingegen den Kunden häufiger die Verantwortung. Der Anteil der Unternehmen, die selbst verantwortlich sind, ist in beiden Fällen auf einem ähnlichen Niveau und die deutlich stärkste Ausprägung. Statistisch lässt sich mit hoher Signifikanz ein mittlerer Zusammenhang nachweisen.⁵⁷⁵

		Bündelungsverantwortung				Gesamt
		eigenes Unternehmen	Kunde	LDL	Sonstiges	
Make-to-Stock	Nein	44	7	0	1	52
	Ja	24	1	5	0	30
Gesamt		68	8	5	1	82

Tab. 30: Zusammenhang zwischen MTS-Fertigung und der Bündelungsverantwortung

⁵⁷⁴ Cramers V: 0,253 (geringe Effektstärke).

⁵⁷⁵ Irrtumswahrscheinlichkeit: 0,5 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,371 (mittlerer Effekt).

4.2.3.3 Untersuchung der Einflüsse auf die Effekte der Sendungsbündelung

Die meisten signifikanten Zusammenhänge innerhalb der Studienergebnisse zeigen sich in Bezug auf die Auswirkungen der Sendungsbündelung. Vor allem die Eigenschaften der Transportverpackungen sowie des Fertigungsprozesses üben jeweils einen spezifischen Einfluss auf die Effekte aus.

Fertigungseigenschaften

Während im Allgemeinen die Mehrheit der Teilnehmer angibt, dass die Flexibilität von der Sendungsbündelung unbeeinflusst bleibt, ist speziell in Unternehmen mit einer MTO-Fertigungsstrategie eine deutliche, marginal signifikante Tendenz zu einer Beeinflussung zu erkennen (vgl. Tab. 31).⁵⁷⁶ Während 87,5 % der Unternehmen mit anderen Fertigungsstrategien keinen Effekt auf die Flexibilität bemerken, reduziert sich dieser Anteil bei MTO-Strategien auf 35 %. Interessant ist in diesen Fällen die Uneinigkeit über die Wirkungsrichtung des Effekts (36,67 % sinkend, 28,33 % steigend).

		Flexibilität					Gesamt
		stark gesunken	gesunken	Kein Effekt	gestiegen	stark gestiegen	
Make-to-Order	Nein	0	0	7	1	0	8
	Ja	1	21	21	14	3	60
Gesamt		1	21	28	15	3	68

Tab. 31: Zusammenhang zwischen MTO-Fertigung und den Flexibilitätseffekten

Die Fertigungsstrategie MTS hingegen führt dazu, dass die Flexibilität aufgrund der Sendungsbündelung seltener sinkt als bei anderen Fertigungsstrategien (vgl. Tab. 32). Durch die MTS-Strategie in der Fertigung reduziert sich der Anteil der Unternehmen mit sinkender Flexibilität von 40,4 % auf 14,3 %. Der deutlich ausgeprägte Zusammenhang zwischen der MTS-Strategie und einer geringeren Verschlechterung der Flexibilität ist signifikant für die betrachtete Grundgesamtheit.⁵⁷⁷

		Flexibilität					Gesamt
		stark gesunken	gesunken	kein Effekt	gestiegen	stark gestiegen	
Make-to-Stock	Nein	1	18	15	12	1	47
	Ja	0	3	13	3	2	21
Gesamt		1	21	28	15	3	68

Tab. 32: Zusammenhang zwischen MTS-Fertigung und den Flexibilitätseffekten

⁵⁷⁶ Irrtumswahrscheinlichkeit: 7,1% (Fisher-Test); Cramer's V: 0,352 (mittlerer Effekt).

⁵⁷⁷ Irrtumswahrscheinlichkeit: 4,4% (Fisher-Test); Cramer's V: 0,363 (mittlerer Effekt).

Zwischen der jeweiligen Fertigungsart der Unternehmen, die, wie gezeigt, ebenfalls einen Einfluss auf die generelle Entscheidung zur Sendungsbündelung ausübt, und dem Kosteneffekt der Sendungsbündelung zeigen die Studienergebnisse auch einen Zusammenhang (vgl. Tab. 33). Die einzigen fünf Unternehmen, die durch die Einführung der Sendungsbündelung starke Kostensenkungen realisieren konnten, produzieren entweder mit Großserien- oder Massenfertigung. In Bezug auf die fünf möglichen Fertigungsarten fällt der Anteil des Effekts Kostensenkung bei der Einzelfertigung mit 58 % deutlich ab. Die anderen Fertigungsarten haben mindestens einen Anteil von 72 % oder, wie bereits erwähnt, sogar starke Kostenersparnisse. Diese Verteilung lässt sich mit den Skaleneffekten begründen, die bei größeren Produktionsmengen auch höhere Kostensenkungspotentiale ermöglichen. Statistisch ist der Effekt ebenfalls deutlich ausgeprägt und marginal signifikant.⁵⁷⁸

		Kosten				Gesamt
		stark gesunken	gesunken	kein Effekt	gestiegen	
Fertigungsart	Einzelfertigung	0	7	4	1	12
	Kleinserienfertigung	0	13	5	0	18
	Großserienfertigung	3	17	2	0	22
	Massenfertigung	2	2	2	0	6
	Sortenfertigung	0	8	3	0	11
Gesamt		5	47	16	1	69

Tab. 33: Zusammenhang zwischen der Fertigungsart und den Kosteneffekten

Verpackungseigenschaften

Zwischen den verschiedenen Verpackungsarten der Produkte und den Sendungsbündelungseffekten bestehen ebenfalls signifikante Zusammenhänge. Interessant ist, dass die Verwendung von Europaletten den ökologischen Effekt neutralisiert bzw. erst gar keinen Effekt entstehen lässt (vgl. Tab. 34). Während 75 % der befragten Unternehmen, die ihre Produkte ohne Europalette verpacken, einen positiven ökologischen Effekt erkennen, sind es bei Verpackungen mit Europalette nur noch 42,1 %. Respektive steigen damit die Anteile der neutralen und fehlenden Effekte von 25 % auf 57,9%.⁵⁷⁹ Insgesamt lässt sich auch statistisch ein signifikanter und mittlerer Effekt nachweisen.⁵⁸⁰

⁵⁷⁸ Irrtumswahrscheinlichkeit: 7,4 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,304 (mittlerer Effekt).

⁵⁷⁹ Negative Effekte werden in der Studie überhaupt nicht genannt.

⁵⁸⁰ Irrtumswahrscheinlichkeit 3,4 % (Fisher-Test); Cramers V: 0,301 (mittlerer Effekt).

		Ökologie			Gesamt
		Positiver Effekt	Neutraler Effekt	Kein Effekt	
Europalette	Nein	18	2	4	24
	Ja	24	10	23	57
Gesamt		42	12	27	81

Tab. 34: Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Europalette“ und den Ökologiefekten

Der vermutete Effekt, dass besonders bei Paketverpackungen ein positiver Umwelteffekt zu bemerken ist, zeigt sich zwar mit geringer Ausprägung im Assoziationsmaß⁵⁸¹, lässt sich aber statistisch nicht signifikant belegen.⁵⁸² Eine Tendenz anhand der Daten ist jedoch trotzdem zu erkennen. So beträgt der Anteil positiver Effekte bei der Verwendung von Paketen als Transportverpackung 63,3 %, während er ohne Pakete nur bei 45,1 % liegt. Innerhalb der kleinen Teilnehmergruppe (sieben Unternehmen), die ausschließlich Paketverpackung nutzen, bemerken sogar 85,7 % positive ökologische Auswirkungen.

Die Paketverpackung bzw. -auslieferung der Produkte führt bei einer Sendungsbündelung nicht nur zu positiven ökologischen Effekten, sondern auch deutlich häufiger zu sinkenden Kosten als alternative Verpackungsmöglichkeiten (vgl. Tab. 35). Der Anteil der Unternehmen die Kostenersparnisse realisieren erhöht sich bei Verwendung von Paketen als Transportverpackung von 66,7 % auf 91,7 %. Dieser statistisch deutlich ausgeprägte⁵⁸³ Kosteneffekt ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2 % signifikant.

		Kosten				Gesamt
		stark gesunken	gesunken	kein Effekt	gestiegen	
Paket	Nein	1	29	14	1	45
	Ja	4	18	2	0	24
Gesamt		5	47	16	1	69

Tab. 35: Zusammenhang zwischen der Verpackungsform „Paket“ und den Kosteneffekten

⁵⁸¹ Cramers-V: 0,218 (geringer Effekt).

⁵⁸² Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt 13,8 % (Fisher). Vgl. zu der Vermutung auch Gliederungspunkt 3.3.5.

⁵⁸³ Cramers-V: 0,357 (mittlerer Effekt).

4.3 Fazit aus den Ergebnissen der empirischen Studie

Der folgende Gliederungsabschnitt fasst Kapitel 4 zusammen und hebt die zentralen Ergebnisse der empirischen Studie hervor. Der erste Teil vergleicht diese mit den zuvor gewonnenen Erkenntnissen aus der Literaturstudie und zeigt Unterschiede sowie Gemeinsamkeiten auf. Im zweiten Teil folgt schließlich die Herausstellung der wichtigsten Lehren aus der Studie für weitere Forschungsansätze bzw. für zukünftige Einsätze der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis.

4.3.1 Gegenüberstellung der wichtigsten Studienergebnisse und der theoretischen Ergebnisse aus der Literatur

Die empirische Studie zeigt, dass 49 % der Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe Sendungsbündelung teilweise einsetzen und lediglich 8 % eine Sendungsbündelung in vollem Umfang nutzen. In der Literatur liegt der Hauptfokus der Forschung hingegen auf Modellen, bei denen in der jeweils betrachteten Situation stets eine vollständige Sendungsbündelung durchgeführt wird. Distributionssysteme, bei denen nur eine bestimmte Art oder Anzahl an Waren gebündelt werden können, sind in den Publikationen nicht vertreten. Diese bereits in Gliederungspunkt 3.2.3 identifizierte Forschungslücke im Bereich der Sendungsbündelung erhält durch die Studienergebnisse nun ebenfalls eine Relevanz aus Sicht der Unternehmenspraxis. Da sich ein großer Teil der befragten Unternehmen mit teilweiser Sendungsbündelung beschäftigt, sind entsprechende Forschungsergebnisse für viele Entscheidungsträger interessant.

Die Studie zeigt zudem, dass die Pflicht zur Berücksichtigung von Kundenwünschen und -terminen, ein wesentliches Kriterium ist, das bei vielen Unternehmen als Argument gegen den Einsatz einer Sendungsbündelung angebracht wird. Die qualitative Auseinandersetzung mit zentralen Voraussetzungen der Sendungsbündelung und Verhandlungsstrategien im Hinblick auf die jeweilige Kundenbeziehung der betrachteten Sendungsquellen ist ebenfalls ein Thema, welches bisher in den Publikationen keine intensive Beachtung erfährt. Die vorliegende Arbeit zeigt beispielsweise in den Gliederungspunkten 3.3.3 und 3.3.6 im Zusammenhang mit den Zeiteffekten mögliche Ansätze für Verhandlungspotentiale mit Kunden im Rahmen des Slow Logistics Konzepts auf. Die im Kapitel 5 untersuchten Strategien der Sendungsbündelung inkludieren zudem Auswahlverfahren zur Differenzierung von bündelungsgeeigneten und -ungeeigneten Produkten bzw. Kunden.

Kapazitätsprobleme bzw. -beschränkungen, die bei den untersuchten Modellen zur Sendungsbündelung bisher ebenfalls noch nicht berücksichtigt worden sind, als Hindernis für den Einsatz bzw. die Erweiterung einer Sendungsbündelung werden durch die Studienergebnisse ebenfalls in ihrer Praxisrelevanz bestätigt. Es sind zwar jeweils nicht die

dominanten Gründe gegen den Einsatz bzw. die Erweiterung einer Sendungsbündelung, aber mit relativen Anteilen zwischen 12,9 % und 21,2 % sind Kapazitätsbeschränkungen trotzdem untersuchungswerte Problemsituationen.⁵⁸⁴

Die Literaturanalyse zeigt, dass die Publikationen ihren Fokus auf die drei zentralen Bündelungsstrategien mengenorientiert, zeitorientiert sowie mengen- und zeitorientiert (hybrid) legen. Die untersuchten Modelle ergeben hinsichtlich der Kosteneffizienz eine Überlegenheit der mengenorientierten Strategie gegenüber den beiden alternativen Strategien. Sehr interessant in diesem Zusammenhang ist die Verteilung der Strategien in der Unternehmenspraxis. Hier sind vor allem die zeitorientierte (54 %) sowie die hybride Strategie (18 %) verbreitet. Es gibt sogar mehr Unternehmen die alternative Strategien (16 %) nutzen als die reine mengenorientierte Variante zu nutzen (12 %). Der große Nachteil einer mengenorientierten Strategie ist die Unsicherheit über den genauen Versandzeitpunkt und damit die mögliche Gefährdung von Lieferterminen.⁵⁸⁵ Da in der Unternehmenspraxis die Einhaltung der Liefertermine bzw. die Kundenwünsche generell sehr bedeutend sind, wird die mengenorientierte Strategie selten eingesetzt. Die auch daraus abzuleitende hohe Relevanz der Kundenbeziehung für die Sendungsbündelung lässt sich in dem Ausmaß in den betrachteten Publikationen nicht wiederfinden. Die Verteilung der Ergebnisse bei der empirischen Studie bezüglich der weiteren beiden Klassifizierungsmerkmale für die Sendungsbündelung, nämlich Bündelungsort und Bündelungsverantwortung, sind hingegen im Einklang mit der Schwerpunktsetzung innerhalb der Literatur.⁵⁸⁶ Der Bündelungsort liegt vornehmlich im Lager oder beim Verpacken und Kommissionieren (kumuliert 85 %). Die Verantwortung für die Sendungsbündelung trägt das versendende Unternehmen (83 %).

Interessant an dieser Stelle ist auch ein Vergleich der Effekte einer Sendungsbündelung, die sich auf der einen Seite aus der Literatur erschließen lassen und auf der anderen Seite von den Teilnehmern der empirischen Studie genannt werden.⁵⁸⁷ Während alle Modelle der einzelnen Publikationen Kostenersparnisse aufzeigen, sind es in der Unternehmenspraxis knapp 20 %, die keinen Kosteneffekt durch Sendungsbündelung erkennen können. Da sich die Kundenzufriedenheit schwierig quantifizieren lässt, besitzen die allgemeinen Modelle in den Publikationen keine entsprechende Mess- oder Zielgröße. Eine dokumentierte Fallstudie zur Implementierung einer Sendungsbündelungsstrategie in einem Unternehmen der Gesundheitsindustrie weist auf einen positiven Effekt hin.⁵⁸⁸ Dies stimmt auch mit der grundsätzlichen Tendenz der empirischen Studie überein, in der nur ca. 6 % eine negative Auswirkung bemerken. Etwas überraschend ist der Vergleich der Effekte auf die Lieferzeit. Während sich aus den Ergebnissen

⁵⁸⁴ Insgesamt wird an drei Stellen im Fragebogen nach den Gründen gegen eine Sendungsbündelung gefragt wird. Die einzelnen Ergebnisse sind 12,9 %, 13,7 % und 21,2 %. Für weitere Informationen vgl. Gliederungspunkt 4.2.2.

⁵⁸⁵ Vgl. dazu auch die ausführlichen Erklärungen in Gliederungspunkt 3.2.2.2.

⁵⁸⁶ Vgl. zu den Ausführungen in der Literatur Gliederungspunkte 3.2.2.3 und 3.2.2.4.

⁵⁸⁷ Vgl. für die Analyse der Effekte auf Basis der Literatur Unterkapitel 3.3.

⁵⁸⁸ Vgl. Asdecker (2011), S. 56.

der Analysemodelle und den Literaturinhalten ein Anstieg der durchschnittlichen Lieferzeit schlussfolgern lässt, ist die Antwortsituation bei der Studie eher ausgewogen. Bei 36 Stimmen für „keinen Effekt“ sprechen sich 19 Teilnehmer für eine gestiegene und 12 Teilnehmer für eine gesunken Lieferzeit aus. Die Auswirkungen auf die Komplexität und Flexibilität im Distributionsprozess, die ebenfalls in der Studie erfragt werden, sind den Ausführungen und Modellergebnissen in den Publikationen nicht direkt zu entnehmen. Tendenziell identifizieren die Respondenten einen Anstieg bei der Komplexität (nur 7 Teilnehmer erkennen einen senkenden Effekt) und bewerten die Wirkung auf die Flexibilität ausgewogen (22 Stimmen für eine Senkung und 18 Stimmen für einen Anstieg). Eine Ähnlichkeit zwischen Literatur und Empirie ist wiederum beim ökologischen Effekt zu erkennen. 52 % der Teilnehmer bemerken einen positiven Umwelteffekt, der sich ebenfalls in den quantitativen Modellen zeigen lässt. Etwas überraschend ist der große Anteil der Befragten, die keine ökologischen Effekte durch den Einsatz einer Sendungsbündelung identifizieren (33 %).⁵⁸⁹

4.3.2 Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse aus der Studie

Aus den Ergebnissen der Literaturanalyse und der empirischen Studie lassen sich für die Entwicklung des Simulationsmodells in Kapitel 5 einige relevante Erkenntnisse festhalten. Die mittels der Literatur identifizierten Forschungslücken werden durch ihre Relevanz für die Unternehmenspraxis zusätzlich bestätigt. Vor allem der Forschungsbedarf für die Sendungsbündelung bei heterogenem Produktportfolio und beschränkter Kapazität leitet sich sowohl aus theoretischer als auch praktischer Perspektive ab.

Die Beziehung zum Kunden sowie die Einhaltung der Lieferzeiten sind elementare Voraussetzungen bei der Planung und Implementierung von Sendungsbündelungsstrategien. Dementsprechend ist es wichtig, zum einen die vorliegende Situation zu berücksichtigen und beispielsweise zwischen bündelungsgeeigneten sowie ungeeigneten Kunden/Produkten zu differenzieren. Diese Erkenntnis ist ein zentraler Bestandteil im Entwicklungsprozess des Simulationsmodells und wird bei den integrierten Bündelungsstrategien direkt angewendet. Zum anderen sollten Verhandlungsstrategien erörtert werden, um den Kunden von den Vorteilen längerer Lieferzeitfenster mit den resultierenden Kostenersparnispotentialen zu überzeugen. Das Konzept Slow Logistics allgemein, aber auch das spezifische Instrument der Sendungsbündelung, bieten sehr gute Möglichkeiten zur Verbesserung der Kosten- und Ökologieeffizienz, wenn ein möglicher Anstieg der durchschnittlichen Lieferzeiten auf die Akzeptanz der Kunden trifft. Dar-

⁵⁸⁹ In diesem Fall ist diese Antwort gleichbedeutend mit der Meinung, dass es keinen Zusammenhang zwischen Sendungsbündelung und Ökologie gibt, da für einen ausgeglichenen Gesamteffekt die weitere Antwortmöglichkeit „neutraler Effekt“ existiert (15 %).

über hinaus sind im Rahmen der Nachhaltigkeitsbetrachtung sogar positive Effekte innerhalb der Mobilitätsdimension zu erwarten.⁵⁹⁰ Die Diskussion möglicher Verhandlungsstrategien wird in dieser Arbeit nicht geführt, ist aber ein Ansatz für zukünftige Forschungen, die mit dem Fokus auf die Kundenbeziehung sowie den bestehenden Hindernissen und notwendigen Voraussetzungen im Rahmen der Sendungsbündelung weitere Forschungslücken schließen können.

Eine weitere Erkenntnis für die Entwicklung der Bündelungsstrategien und Auswahlverfahren innerhalb des Simulationsmodells im nächsten Kapitel ist die notwendige Berücksichtigung der potentiellen Umsetzung in der Unternehmenspraxis. Obwohl die allgemeine mengenorientierte Bündelungsstrategie auf dem Stand der heutigen Forschung hinsichtlich der Kosteneffizienz besser abschneidet als die beiden Varianten der zeitorientierten und hybriden Strategie, sind es die letzteren, die hauptsächlich in der Unternehmenspraxis angewendet werden. Zwei Gründe sprechen dabei für die bessere Praxistauglichkeit der zeitorientierten Strategie.⁵⁹¹ Zum einen ist dies die etwas einfachere Planung und Steuerung des Ablaufs, da lediglich ein fixer Abholtermin und ein fester Sammelplatz bestimmt werden müssen. Zum anderen lassen sich feste Liefertermine bei den Kunden auf Basis der fixen Abfahrtstermine vereinbaren. Sobald die mengenorientierte Strategie hinzukommt (hybrider Ansatz) oder direkt ausgeführt wird, erhöht sich der Aufwand bei der Umsetzung durch die notwendige Messung der Bündelungsmenge. Zudem ist dann mit Schwankungen der Bündelungszyklen und folglich mit unsicheren Abfahrtsterminen zu rechnen. Den Kunden kann somit kein fixer Liefertermin vorhergesagt werden.

⁵⁹⁰ Auch für die alternative Sichtweise einer sozialen Dimension sind Verbesserungen denkbar, wie z. B. eine Reduzierung von Stresssituationen für die Mitarbeiter.

⁵⁹¹ Vgl. zu diesen beiden Gründen auch die Ausführungen in den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.3.

5 Simulationsgestützte Analyse allgemeiner Sendungsbündelungsstrategien bei begrenzter Bündelungskapazität und heterogenem Produktportfolio

Das Kernthema des folgenden Kapitels ist die Analyse und der Vergleich neuer Strategieansätze im Rahmen der reinen Sendungsbündelung i.e.S. bei begrenzter Bündelungskapazität. Die Erkenntnisse schließen die in Kapitel 3 identifizierte Forschungslücke zum Aufgabenfeld der Auswahl geeigneter Bündelungselemente.⁵⁹² Einleitend wird im ersten Unterkapitel zunächst die Methode der Simulation eingeführt und die generelle Eignung dieses Instruments für den vorliegenden Fall erläutert. Die Basis der weiteren Untersuchungen bildet dann das im anschließenden Unterkapitel entwickelte grundlegende Distributionsmodell. Nach der Aufstellung der allgemeinen Rahmenbedingungen erfolgt in diesem Abschnitt die Herleitung der neuen Strategieansätze für die strategischen und operativen Auswahlverfahren zur Bündelung bei begrenzten Kapazitäten. Im Anschluss daran werden die Herausforderungen zur Umsetzung des entwickelten Modells in die Simulationssoftware diskutiert und Lösungsansätze präsentiert. Nach der Durchführung der Simulationsexperimente folgen die statistische Auswertung und Interpretation der Ergebnisse. Das Kapitel schließt mit dem Einsatz des Simulationsmodells im Rahmen einer Fallstudie aus der Unternehmenspraxis.

5.1 Die Simulation als Analyse-Methode

Das folgende Unterkapitel stellt zunächst die Methode der Simulation vor. Anschließend erfolgt eine ausführliche Darstellung ihrer spezifischen Vorteile und ihrer besonderen Eignung für den Einsatz als Instrument zur Analyse und zum Vergleich der unterschiedlichen Strategieansätze.

5.1.1 Zum allgemeinen Begriff der Simulation

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) definiert die Simulation als „das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.“⁵⁹³

⁵⁹² Dies betrifft die Frage: „WAS soll gebündelt werden?“. Vgl. zum spezifischen Aufgabenfeld Gliederungspunkt 3.2.2.1 und zur Ableitung der Forschungslücke Gliederungspunkt 3.2.3.

⁵⁹³ VDI-3633 Blatt 1 (2014), S. 3.

Das entsprechende Modell, auf dem die Simulation basiert, ist ein Abbild eines real existierenden Systems mit dem Ziel, dessen Komplexität zu reduzieren.⁵⁹⁴ In Bezug auf die untersuchungsrelevanten Eigenschaften unterscheidet sich das Modell nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom realen System. Wesentliche Forderungen an eine solche Modellabbildung sind deshalb die Strukturtreue und die Verhaltenstreue zwischen Objektsystem und Modellsystem.⁵⁹⁵ Diese gewährleisten, dass das Modell trotz der Komplexitätsreduktion den richtigen Ablauf und das tatsächliche Verhalten des realen Systems widerspiegelt. Simulationen erzielen dabei eine transparente Strukturierung des Problems, um Entscheidungen über den Prozess mithilfe der Generierung von quantitativen Informationen zu erleichtern.⁵⁹⁶ Im Allgemeinen basiert eine Simulation auf einer quantitativen Datengrundlage, die mithilfe numerischer Lösungsverfahren zu Ergebnissen führt.⁵⁹⁷ Das systematische Experimentieren am Modell, im Sinne eines zielgerichteten Ausprobierens, ist ein spezifisches Kennzeichen der Simulation.⁵⁹⁸ Unter der Veränderung der exogenen, das System beeinflussenden, Parameter wird dabei das Modellverhalten beobachtet.⁵⁹⁹ Die Validität und Verifikation des Simulationsmodells sind Voraussetzung für die Übertragbarkeit der Simulationsergebnisse auf die reale Problemsituation. Während die Modellvalidität die richtige Repräsentation des realen Systems bezeichnet, ist unter Verifikation die Gewährleistung eines fehlerfreien Modells zu verstehen.⁶⁰⁰

Für eine grundlegende Klassifizierung unterschiedlicher Simulationsarten eignen sich die drei Merkmale „Art der Systemveränderung“, „Berücksichtigung des Zufallseinflusses“ und „Berücksichtigung der Zeit“.⁶⁰¹ Während sprunghafte Systemveränderungen durch den Eintritt von Ereignissen als *diskret* bezeichnet werden, sind die Übergänge bei *kontinuierlichen* Simulationsmodellen fließend. *Deterministische* Modelle berücksichtigen im Gegensatz zu den *stochastischen* Alternativen keine Zufallseinflüsse im Simulationsablauf. Das letzte Merkmal differenziert zwischen *statischen* und *dynamischen* Modellen. Tabelle 36 fasst die Klassifizierungsmöglichkeiten zusammen.

Merkmal	Merkmalsausprägungen	
Art der Systemveränderung	<i>diskret</i>	<i>kontinuierlich</i>
Berücksichtigung von Zufallseinflüssen	<i>stochastisch</i>	<i>deterministisch</i>
Berücksichtigung der Zeit	<i>dynamisch</i>	<i>statisch</i>

Tab. 36: Klassifikation von Simulationsarten

⁵⁹⁴ Vgl. für diesen und folgenden Satz: VDI-3633 Blatt 1 (2014), S. 3.

⁵⁹⁵ Vgl. Ferstl/Sinz (2013), S. 22.

⁵⁹⁶ Vgl. Law/Kelton (2000), S. 670.

⁵⁹⁷ Vgl. Kleijnen (2005), S. 83.

⁵⁹⁸ Vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 4 und Gadatsch (2010), S. 216.

⁵⁹⁹ Vgl. Kaupp (1997), S. 140.

⁶⁰⁰ Vgl. Law (2007), S. 4.

⁶⁰¹ Vgl. für folgende Sätze zur Klassifizierung Law (2007), S. 5f.

In der vorliegenden Arbeit wird ein diskretes ereignisorientiertes Simulationsmodell mit dynamischen und stochastischen Eigenschaften verwendet. Diese Simulationsart differenziert sich durch die sehr spezifische, individuelle Betrachtung einzelner Ereignisse bzw. Entitäten von alternativen Ansätzen.⁶⁰² Das Simulationsobjekt ist hier ein System mit agierenden und interagierenden Entitäten im Rahmen bestimmter Umweltbedingungen.⁶⁰³ Letztere lassen sich mithilfe von Parametern beschreiben und definieren jeweils den Zustand des Systems. Simulationsprogramme stellen für die Implementierung solcher Modelle Objektbausteine zur Verfügung, mithilfe derer jeweils die Aktionen, Prozesse oder Teilprozesse abgebildet werden.⁶⁰⁴ Die Entitäten, als Elemente des betrachteten Flusses, wie z. B. Waren, Material, Informationen oder auch Personen, bewegen sich in dem Netzwerk der Objekte. Für eine ausführliche Abgrenzung der ereignisorientierten Simulation zu anderen Methoden sei an dieser Stelle auf *Robinson (2004)* und *Pritsker (1998)* verwiesen.⁶⁰⁵

Die Simulation dient im Allgemeinen als Analyseinstrument eines bestimmten Systems, vor allem im Bereich der Prognose.⁶⁰⁶ Spezifischer betrachtet, kann eine Simulation jedoch auch weitere Funktionen übernehmen. *Epstein (2008)* führt beispielsweise an, dass Simulationen Erklärungen liefern, Robustheit von Theorien überprüfen, zentrale Dynamiken und wesentliche Unsicherheiten beleuchten oder auch einfach Datensammlungen anleiten.⁶⁰⁷ Meistens überprüft die Simulation die Funktions- und Leistungsfähigkeit sowie das Zeitverhalten komplexer Systeme, die mit Hilfe analytischer Verfahren entwickelt und optimiert wurden.⁶⁰⁸ Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang Sensitivitätsanalysen sowie die Ermittlung robuster Lösungen mithilfe von Experimenten.⁶⁰⁹ Diese Funktionen der Simulation ermöglichen beispielsweise auch den Einsatz als Unterstützungsinstrument für operative Entscheidungen und strategische Planungen.⁶¹⁰ Sensitivitätsanalysen zeigen einen guten Überblick über das Systemverhalten sowie die Interdependenzen und Einflüsse der Parameter. Robuste Lösungen, die trotz unterschiedlicher Rahmenbedingungen stabile Ergebnisse erwarten lassen, sind für die Unternehmenspraxis und deren Entscheidungsträger häufig besser geeignet als optimale Lösungen.⁶¹¹ Simulationen sind zudem geeignete Methoden für die Bewertung, die Verifikation und den Vergleich von Theorien, Modellen oder Systemen.⁶¹² Auch bei der Neuentwicklung von Strategien und Neukonfiguration von Systemen bietet die Simulation passende Unterstützung.

⁶⁰² Vgl. Kleijnen (2005), S. 84.

⁶⁰³ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Law (2007), S. 3.

⁶⁰⁴ Vgl. Suhl/Mellouli (2013), S. 274.

⁶⁰⁵ Vgl. Robinson (2004), S. 13f. und Pritsker (1998), S. 37f.

⁶⁰⁶ Vgl. Edmonds/Meyer (2013), S. 25.

⁶⁰⁷ Vgl. Epstein (2008), S. 12.

⁶⁰⁸ Vgl. Gudehus (2012), S. 120.

⁶⁰⁹ Vgl. Kleijnen (2005), S. 83.

⁶¹⁰ Vgl. Edmonds/Meyer (2013), S. 25.

⁶¹¹ Vgl. Kleijnen (2005), S. 87.

⁶¹² Vgl. für diesen und folgenden Satz Edmonds/Meyer (2013), S. 25.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Simulationsmodelle ermöglichen, die erhöhte Komplexität, Dynamik und Unsicherheit im wirtschaftlichen Handeln sehr realitätstreu abzubilden. Durch die Fähigkeit, Planungsfolgen vorab zu überprüfen und Sensitivitätsanalysen im Rahmen von Planungsszenarien durchzuführen, sorgen sie zudem für Sicherheit. Die Visualisierungsmöglichkeiten mithilfe von Animationen unterstützen die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Modellierung.

5.1.2 Die Eignung der Simulation als Analyse-Methode

Der Einsatz von Simulationsmodellen ist in der Wissenschaft weit verbreitet. Im Allgemeinen ist die Simulation eine der meistgenutzten Methode innerhalb der Operation Research.⁶¹³ Die Auswahl der quantitativen Lösungsmethode für eine Problemsituation beschränkt sich häufig auf die beiden Verfahren der Simulation und des analytischen Modells. Letzteres findet auf Basis mathematischer Methoden ein exaktes Ergebnis, während die computergestützten Simulationsprogramme die Lösungen durch ein numerisches Vorgehen erreichen.⁶¹⁴ Bei sehr komplexen Wirkungszusammenhängen innerhalb des realen Systems, die sich nicht oder nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand in ein mathematisches, analytisches Modell überführen lassen, ist die Simulation die geeignetere bzw. teilweise auch einzige Alternative.⁶¹⁵ Die Modellierung systemspezifischer, dynamischer Abhängigkeiten und Wechselwirkungen über die Zeit sowie die Berücksichtigung stochastischer Einflüsse bei der Abbildung des Systemverhaltens sind weitere Vorteile der Simulation im Vergleich zu analytischen Methoden.⁶¹⁶ So eignet sich die Simulation vor allem für das Sammeln erster Erkenntnisse bei neuentwickelten Systemen sowie für das Aufdecken von Wirkungszusammenhängen und die Förderung des Verständnisses der Prozessabläufe bei hoher Komplexität.⁶¹⁷ Darüber hinaus empfiehlt sich ein Einsatz der Simulation bei der Evaluation und dem Vergleich verschiedener Theorien oder Szenarien, insbesondere im Zusammenhang mit hoher Unsicherheit der Randbedingungen.⁶¹⁸ Die Ergebnisse einer Simulation lassen sich mithilfe von geeigneten Messgrößen ermitteln und durch die Animationsmöglichkeiten der meisten Simulationsprogramme anschaulich darstellen. Dieses Visualisierungspotential der Simulation zur Darstellung des Modells, der Abläufe und der Ergebnisse ist vor allem für die Kommunikation des Problems und der entsprechenden Lösungsverfahren relevant und ist ein weiterer spezifischer Vorteil gegenüber analytischen Methoden.⁶¹⁹ Zur Generierung des erwähnten Nutzens, muss jedoch zunächst ein qualitativ entsprechendes

⁶¹³ Vgl. Law (2007), S. 2.

⁶¹⁴ Vgl. Law (2007), S. 5.

⁶¹⁵ Vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 7.

⁶¹⁶ Vgl. Wenzel (2008), S. 1.

⁶¹⁷ Vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 7.

⁶¹⁸ Für diesen und folgenden Satz vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 5f.

⁶¹⁹ Vgl. Wenzel (2008), S. 17.

Referenzmodell entwickelt werden, welches die reale Problemsituation hinreichend genau abbildet und sich flexibel an Veränderungen anpassen lässt.⁶²⁰ Diese Herausforderung bietet zugleich die Chance, während des Modellierungsprozesses zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Relevanz und Potentiale einzelner Elemente zu sammeln.⁶²¹ Der folgende Absatz fasst den wesentlichen Nutzen von Simulationsmodellen noch einmal zusammen. Neben der generellen Eignung der Simulation als Modellierungsinstrument weist diese zudem noch wesentliche Vorteile gegenüber anderen Alternativen auf. Dazu zählen die Beherrschung sehr hoher Komplexität und Dynamik, die realistisch wirkenden Visualisierungsmöglichkeiten sowie die Experimentierfähigkeit. Simulationsmodelle können damit sehr komplexe Geschäftsprozesse, insbesondere hinsichtlich dynamischer Abhängigkeiten und der Berücksichtigung zufälliger, stochastischer Verhaltenseinflüsse, übersichtlich darstellen.⁶²² Die Visualisierung durch die zur Verfügung stehende Animation verbessert für die Entscheidungsträger die Nachvollziehbarkeit der komplexen Zusammenhänge und führt zu einem erweiterten Verständnis für den Entscheidungskontext.⁶²³

5.1.3 Kritische Würdigung des Simulationseinsatzes

Obwohl die Simulation die vielleicht meistgenutzte quantitative Methode ist, hat sie spezifische Schwächen, die bei einer Anwendung berücksichtigt werden müssen. Eine Besonderheit der Modellentwicklung ist die Parallelität der subjektiven gedanklichen Vorstellungen vom System mit der gleichzeitigen objektorientierten Formulierung desselben.⁶²⁴ Ist dem Modellierenden dies jedoch bewusst und er konzentriert sich auf eine möglichst objektive Umsetzung des realen Systems, kann diese Besonderheit sogar eine vorteilhafte Vereinfachung darstellen, da die Gedanken intuitiv in das Modell integriert werden können.

Ein weiteres Problem der Computersimulationen besteht darin, die im Hintergrund ablaufenden Prozesse verstehen und nachvollziehen zu können.⁶²⁵ Dabei ist das Vertrauen in die Grundprinzipien und Funktion der Modellbildung eine zentrale Voraussetzung für die zielkonforme Umsetzung von realen Systemen in Simulationsmodelle.⁶²⁶ Obwohl eine hundertprozentige Fehlerfreiheit nie garantiert werden kann, ist davon auszugehen, dass bei der Entwicklung und Überprüfung von Simulationsprogrammen mit

⁶²⁰ Vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 9.

⁶²¹ Vgl. Norling/Edmonds/Meyer (2013), S. 41.

⁶²² Vgl. u. a. Wenzel et al. (2008), S. 1, Almeder/Preusser/Hartl (2009), S. 96 und Schneider/Buzacott/Rücker (2005), S. 161.

⁶²³ Vgl. u. a. Rohrer (2000), S. 1211, Bäck/Tiefenbrunner/Gössler (2007), S. 166, Robinson (2004), S. 8–10.

⁶²⁴ Vgl. für diesen und folgenden Satz Norling/Edmonds/Meyer (2013), S. 41f.

⁶²⁵ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Gudehus (2012), S. 120.

⁶²⁶ Vgl. Winsberg (2009), S. 586.

entsprechender Genauigkeit und Sorgfalt vorgegangen wird, damit diese standardmäßig funktionieren.⁶²⁷

Zuletzt ist auch die Ermittlung des richtigen Komplexitätsgrades sehr schwierig. Auf der einen Seite müssen Annahmen zur Vereinfachung der Komplexität in der Realität getroffen werden, auf der anderen Seite dürfen die unberücksichtigten Details jedoch nicht ergebnisrelevant sein.⁶²⁸ Eine kontinuierliche Verifikation und Validierung während der Modellierung ist hierbei ein geeignetes Hilfsmittel, um die Funktionalität des Simulationsprojekts zu gewährleisten.⁶²⁹

Trotz der genannten und zu berücksichtigenden Schwächen ist die Simulation ein flexibles Analysewerkzeug, das für die vorliegende Problemstellung aus den folgenden Gründen geeignet ist. Die geplante dynamische Betrachtung der einzelnen Szenarien sowie die möglichen Wechselwirkungen mehrerer abhängiger Simulationsparameter führen zu einer hohen Komplexität des Modells. Zudem müssen stochastische Einflüsse auf das Systemverhalten berücksichtigt werden. Wie bereits im vorherigen Gliederungspunkt ausführlich dargestellt, ist speziell in solchen Situationen die Simulation vorteilhafter einzusetzen als ein analytisches Modell.⁶³⁰ Darüber hinaus eignet sich die Simulation vor allem für das Sammeln erster Erkenntnisse bei neuentwickelten Systemen sowie für die Evaluation und den Vergleich verschiedener Theorien oder Szenarien, insbesondere im Zusammenhang mit hoher Unsicherheit der Randbedingungen.⁶³¹ Für das geplante Modell zur Analyse neuer Bündelungsstrategien bei begrenzter Bündelungskapazität wird deshalb im Folgenden eine diskrete ereignisorientierte Simulationsstudie herangezogen.

5.2 Die Entwicklung des Simulationsmodells und Durchführung der Simulationsstudie

Das folgende Unterkapitel begleitet die Entwicklung des Simulationsprojekts von den ersten Zielvorstellungen bis zum Experimentieren am fertigen Simulationsmodell. Für eine strukturierte Herangehensweise bietet sich die Orientierung an existierenden Vorgehensmodellen für Simulationsstudien an. Dieser Abschnitt beginnt daher mit der kurzen Vorstellung des zugrundeliegenden Strukturrahmens, um diesen anschließend bei der Entwicklung des Simulationsmodells sukzessive zu verfolgen. Das Unterkapitel endet mit der Durchführung der Simulationsstudie, deren Ergebnisse dann im darauffolgenden Abschnitt 5.3 analysiert werden.

⁶²⁷ Vgl. Norling/Edmonds/Meyer (2013), S. 40.

⁶²⁸ Vgl. Norling/Edmonds/Meyer (2013), S. 44.

⁶²⁹ Vgl. Law (2007), S. 244f.

⁶³⁰ Vgl. neben dem Gliederungspunkt 5.1.2 auch Wenzel (2008), S. 1.

⁶³¹ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Kuhn/Rabe (1998), S. 5f.

5.2.1 Ein grundlegendes Vorgehensmodell für Simulationsprojekte

Es gibt eine Vielzahl von strukturellen Rahmenvorgaben im Zusammenhang mit Simulationsprojekten.⁶³² Deutschsprachige Simulationen (v. a. im Bereich Produktion und Logistik) beziehen sich sehr häufig auf die Ansätze in der *VDI-Richtlinie 3633 Blatt 1*⁶³³, während beispielsweise *Law (2007)*⁶³⁴ und *Banks et al. (2005)*⁶³⁵ vergleichbare Vorgehensmodelle im englischen Sprachraum vorweisen. Die Verfahrensmodelle unterscheiden sich im Wesentlichen im Detaillierungsgrad und in der Bezeichnung der verschiedenen Phasen, beinhalten jedoch fast alle die folgenden fünf grundlegenden Stufen:⁶³⁶

- Aufgabenanalyse
- Modellformulierung
- Modellimplementierung
- Modellüberprüfung
- Modellanwendung

Die Aufgabenanalyse und Modellformulierung findet im folgenden Gliederungspunkt 5.2.2 statt. Hier geht es zunächst darum, die grundlegende Aufgabe und das Ziel der Simulationsstudie festzulegen, um darauf aufbauend die generelle Simulationswürdigkeit des Problems aufzuzeigen.⁶³⁷ Des Weiteren entsteht ein Konzeptmodell, das die Komplexität der realen Situation modellgetreu vereinfacht, die wesentliche Problemsituation jedoch hinreichend genau beschreibt. Der nächste Gliederungspunkt 5.2.3 umfasst die Modellimplementierung. Hier wird zunächst das ausgewählte Simulationsprogramm, der sogenannte Simulator, vorgestellt, bevor mit dessen Hilfe die Modellimplementierung stattfindet. Während des ganzen Entwicklungsprozesses wird das Modell durch die beiden Methoden der Verifikation⁶³⁸ und Validierung⁶³⁹ ständig überprüft. Auf der einen Seite wird verifiziert, ob das implementierte Modell mit dem Konzeptmodell übereinstimmt, und auf der anderen Seite wird die Validität sichergestellt, d. h. die hinreichend genaue Eignung des Modells für das Untersuchungsziel.⁶⁴⁰ Mithilfe mehrere Testverfahren kann eine sachliche, funktionale und technische Korrektheit des Modells überprüft werden. Gliederungspunkt 5.2.4 fasst diesen kontinuierlichen Vorgang zusammen.

⁶³² Vgl. für den folgenden Absatz: Rabe/Spieckermann/Wenzel (1998), S. 29f.

⁶³³ Vgl. VDI-3633, Blatt 1 (2014), S. 19f.

⁶³⁴ Vgl. Law (2007), S. 66f.

⁶³⁵ Vgl. Banks et al. (2005), S. 14f.

⁶³⁶ Vgl. Banks/Gerstein/Searles (1988), S. 13f.

⁶³⁷ Vgl. Wenzel et al. (2008), S. 14f.

⁶³⁸ „Verifikation ist die Überprüfung, ob ein Modell von einer Beschreibungsart in eine andere Beschreibungsart korrekt transformiert wurde.“ (Rabe/Spieckermann/Wenzel (1998), S. 14).

⁶³⁹ „Validierung ist die kontinuierliche Überprüfung, ob die Modelle das Verhalten des abgebildeten Systems hinreichend genau wiedergeben.“ (Rabe/Spieckermann/Wenzel (1998), S. 15).

⁶⁴⁰ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Rabe/Spieckermann/Wenzel (1998), S. 16f.

5.2.2 Aufgabenanalyse und Modellformulierung

Dieser Abschnitt widmet sich den ersten beiden Phasen des Simulationsprojekts. Zunächst werden die Aufgabe und das Ziel der Simulationsstudie kurz erläutert, bevor das zugrundeliegende Distributionsmodell in mehreren Teilabschnitten ausführlich vorgestellt wird.

5.2.2.1 Aufgabe und Ziel der Simulationsstudie

Das zu entwickelnde Modell berücksichtigt mit der Produktheterogenität und der Beschränkung der Bündelungskapazität zwei in dieser Kombination bisher noch nicht untersuchte Kernelemente und schließt damit bestehende Forschungslücken.⁶⁴¹ Die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Produkte erhöhen die Komplexität im Distributionsprozess und erfordern in Verbindung mit einer begrenzten Bündelungskapazität eine Erweiterung der existierenden Bündelungsstrategien. Die zentrale Innovation des Modells ist die Entwicklung der neuen Bündelungsstrategien, um bei begrenzter Bündelungskapazität erfolgreich zu agieren. Das Ziel der Simulationsstudie ist es, verschiedene Ansätze für Bündelungsstrategien bei unterschiedlichen Umweltbedingungen zu evaluieren und zu vergleichen. Das Modell bildet eine Basis, um weitere, spezifischere Distributionssituationen aus der Unternehmenspraxis auf vorhandene Bündelungspotentiale zu analysieren. Die Simulationswürdigkeit der Problemstellung bzw. die Eignung der Simulation zur Problemlösung wurde bereits in Gliederungspunkt 5.1.3 erläutert.

5.2.2.2 Das Grundmodell

Das modellierte Distributionssystem besteht aus einem Versender und einem Empfänger. Der Versender stellt ein beispielhaftes Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe mit einem heterogenen Produktportfolio dar, welches mehrere Geschäftskunden innerhalb eines beschränkten Liefergebiets besitzt und diese mithilfe von eigenen Fahrzeugen beliefert. Der Bedarf jedes Geschäftskunden setzt sich in der zugrundeliegenden Situation aus zwei unterschiedlichen Produkten zusammen, für die jeweils unabhängig voneinander Bestellaufträge ausgeführt werden. Der Empfänger bzw. das Versandziel ist ein zentraler Umschlagpunkt im betrachteten Liefergebiet, an den zunächst die Sendungen aller Geschäftskunden ausgeliefert werden.⁶⁴² Dieser Hauptlauf des Transports

⁶⁴¹ Vgl. zur Identifikation dieser Forschungslücke Gliederungspunkt 3.2.3.

⁶⁴² Die transportkostenbezogene Vorteilhaftigkeit eines Umschlagpunktes gegenüber Direkttransporten in entsprechenden Distributionssituationen mit einem Ausgangspunkt und einer Vielzahl flächenverteilter Zielpunkten ist bereits ausführlich dargelegt worden. (Vgl. dazu u. a. Gudehus (2005), S. 22, Bretzke (2010), S. 157f. und Fleischmann (2008), S. 6). In dieser Arbeit liegt der Fokus daher ausschließlich auf der Untersuchung der Bündelungspotentiale bei der Belieferung des Umschlagpunktes. Generell ist eine solche Distributionssituation typisch für die Verteilung kleinerer Sendungen (vgl. Gudehus (2005), S. 959f.).

ist der entscheidende Abschnitt für die Betrachtung der Bündelung.⁶⁴³ In der Ausgangssituation werden die regelmäßigen Bestellaufträge sofort und direkt vom Versender zum jeweiligen Geschäftskunden transportiert. Unter der Annahme einer engen räumlichen Nähe zwischen Geschäftskunden und Umschlagpunkt sowie einem im Verhältnis sehr weiten Transportweg vom Versender zum Umschlagpunkt, lässt sich für das folgende Modell zur Vereinfachung festhalten, dass die Transportstrecken zwischen Versender und den einzelnen Geschäftskunden sowie zwischen dem Versender und dem Empfänger als gleich lang erachtet werden.⁶⁴⁴ Der Umschlagpunkt wird im Rahmen einer neu zu implementierenden reinen Sendungsbündelung i.e.S. genutzt, sodass die einzelnen Nachfragen in einer gemeinsamen Sendung mit einem Fahrzeug angeliefert werden können. Der Versender sammelt dafür mehrere sukzessiv eintreffende Bestellaufträge und bündelt diese auf einem spezifischen Sammeltransportfahrzeug. Die Herausforderung bei der Sendungsbündelung ist die beschränkte Sammel- und Transportkapazität des Versenders, die es nur ermöglicht, einen Teil der Bestellaufträge zu bündeln, während die übrigen weiterhin direkt transportiert werden müssen. Die Hauptaufgabe der jeweils eingesetzten Bündelungsstrategie ist daher, diejenigen Bestellungen zu identifizieren, deren Bündelung unter den beschriebenen Voraussetzungen eine möglichst hohe Kostenersparnis erzielt, bei gleichzeitiger Beachtung der Erfolgsfaktoren Zeit, Qualität und Ökologie.

Bei der spezifischen Modellierung des vorliegenden Distributionssystems und anschließenden Implementierung in den Simulator sind die folgenden Herausforderungen zu lösen.

1. Die Verteilung der regelmäßigen Bestellankünfte der Geschäftskunden.
2. Die heterogenen Eigenschaften der Produkte.
3. Die Art und Höhe der zu berücksichtigenden Kosten.
4. Die Umsetzung der Kapazitätsbeschränkung.
5. Die Entwicklung der Bündelungsstrategien.
6. Erfolgs- und Leistungsmessung sowie Vergleich der Bündelungsstrategien.

Die folgenden Gliederungspunkte widmen sich jeweils ausführlich einer Herausforderung und beschreiben den jeweiligen Entwicklungsprozess.

5.2.2.3 Die Modellierung der Verteilung der Bestellankünfte

Die Inputwerte für Zeitdauern in Simulationen generell und hier spezifisch die regelmäßigen Bestellankünfte lassen sich grundsätzlich auf unterschiedliche Arten in ein Modell integrieren.⁶⁴⁵

⁶⁴³ Der Nachlauf vom zentralen Umschlagpunkt zu den einzelnen Kunden wird in diesem Modell nicht explizit berücksichtigt.

⁶⁴⁴ Anders formuliert wird für den nicht zu berücksichtigenden Nachlauf jeweils eine Entfernung von null Streckeneinheiten angenommen. Wie bereits erwähnt liegt der Fokus des Modells auf den Bündelungspotentialen im Hauptlauf und nicht auf dem Vergleich ein- und mehrstufiger Transportsituationen.

⁶⁴⁵ Vgl. Law (2007), S. 279.

1. Durch deterministische Zeitpunkte, hier spezifisch Ankunftszeiten.
2. Durch wahrscheinlichkeitsverteilte Zeitauern, hier spezifisch Zwischenankunftszeiten.
3. Durch wahrscheinlichkeitsverteilte Raten, hier spezifisch Ankunftsraten.

Erstens kann jede Bestellung über einen fixen Zeitpunkt determiniert werden. Zweitens kann die Zwischenzeit zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Ankünften einer vorgegebenen Verteilung folgen. Und drittens lässt sich dieser Prozess mithilfe einer Ankunftsrate, d. h. mit der Anzahl der Ankünfte pro Zeiteinheit, beschreiben, wobei hier ebenfalls eine bestimmte diskrete Verteilung vorgegeben ist. Das erste Verfahren eignet sich speziell für Modelle, die eine vergangene Situation, für die entsprechende Daten vorliegen, möglichst exakt nachstellen und analysieren. Da jedoch Simulationen überwiegend zur Analyse unbekannter zukünftiger Ereignisse dienen, wird in der Regel eine der beiden anderen Varianten genutzt. Beim Verfahren mit Zwischenankunftszeiten ist es möglich, stochastische Zufalls-einflüsse auf die Zeitauern mithilfe spezifischer Verteilungsfunktionen zu beschreiben. Eine typische verwendete Verteilung für die Zeitauern zwischen zwei Ankünften ist die Exponentialverteilung.⁶⁴⁶ Dies liegt unter anderem daran, dass beim dritten Verfahren, der Modellierung mit Ankunftsraten, nahezu ausschließlich auf die Poisson-Verteilung zurückgegriffen wird. Poissonverteilte Ankunftsrate mit dem Erwartungswert λ implizieren aufgrund ihrer Verteilungseigenschaften gleichzeitig exponentialverteilte Zwischenankunftszeiten mit dem Erwartungswert $1/\lambda$ zwischen zwei Ankünften. Poissonverteilte Raten sind generell das meistgenutzte Verfahren für die Modellierung von Ankunftsprozessen.⁶⁴⁷ Auch im Rahmen der quantitativen Modelle zur Sendungsbündelung in den bisherigen Publikationen ist diese Herangehensweise weit verbreitet.⁶⁴⁸ Die Verwendung der Poisson-Verteilung liefert unabhängige, identische verteilte Zufallsgrößen und ermöglicht beispielsweise den Einsatz dynamischer Optimierungen auf Basis der Erneuerungstheorie.⁶⁴⁹ Das zu modellierende Distributionssystem der vorliegenden Arbeit folgt in diesem Fall den bisherigen Erkenntnissen und verwendet ebenfalls poissonverteilte Ankunftsrate zur Beschreibung des Bestellankunftsprozesses.

5.2.2.4 Die Modellierung des heterogenen Produktportfolios

Die nächste Herausforderung der Modellierung ist die Implementierung der Produktheeterogenität, d. h. die für eine Differenzierung notwendigen Eigenschaften der einzelnen Produkte sind festzulegen. In den Sendungsbündelungsmodellen der bisherigen Publi-

⁶⁴⁶ Vgl. Law (2007), S. 283.

⁶⁴⁷ Vgl. Law (2007), S. 375.

⁶⁴⁸ Vgl. z. B. Çetinkaya et al (2006), Mutlu/Çetinkaya (2010), Higginson/Bookbinder (1995), Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010) und Ülkü (2009).

⁶⁴⁹ Vgl. zum Einsatz der Erneuerungstheorie (engl. renewal theory) bei der Sendungsbündelung z. B. Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 764f. und Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 370.

kationen, die unterschiedliche Produkte berücksichtigen, variiert in erster Linie das Gewicht bzw. Volumen der einzelnen Sendungen.⁶⁵⁰ Die Gammaverteilung wird in diesen Fällen für die Charakterisierung der Unterschiede favorisiert. Cooper (1983)⁶⁵¹ nutzt eine andere Herangehensweise und differenziert in ihrem Modell drei unterschiedliche Produktklassen anhand ihrer jeweiligen Frachtgruppenzuordnung.⁶⁵² Das dieser Arbeit zugrundeliegende Modell differenziert die Produkteigenschaften zum einen vielfältiger als bei der reinen Gewichtsbehandlung und spezifiziert zum anderen detaillierter als der subsumierende Faktor der Frachtgruppenzuordnung. Berücksichtigung finden deshalb die drei Charakterisierungsmerkmale *Produktvolumen*, *Produktwert* und *Lieferzeitwunsch*. Das *Produktvolumen*, welches aufgrund der zusätzlichen Annahme einer einheitlichen und konstanten Produktdichte proportional zum Gewicht verwendet wird, ist ein begrenzender Faktor bei der Berücksichtigung der Bündelungskapazität. Der *Produktwert* dient als Bezugspunkt und zentraler Treiber für den Umsatz und die Kapitalbindung. Die Haltbarkeit oder auch der Prioritätswert eines Produktes wird mithilfe unterschiedlich definierter *Lieferzeitwünsche* in das Modell inkludiert.⁶⁵³ Jedem einzelnen Kunden werden zwei individuell charakteristische Produkte als Bedarf zugeordnet.

5.2.2.5 Die Modellierung der entscheidungsrelevanten Kosten

Bei der Berücksichtigung der entscheidungsrelevanten Kosten orientiert sich die vorliegende Arbeit zum Großteil an den bereits existierenden Modellen der reinen Sendungsbündelung. Im Fokus stehen die beiden zentralen und gegenläufigen Kostenblöcke der Transport- und Lager- bzw. Wartekosten. Die beiden Begriffe Lager- und Wartekosten werden im Folgenden synonym verwendet. Die Transportkosten setzen sich aus einem fixen und variablen Teil zusammen. Während die Fixkosten für jeden Transport unabhängig von der Fahrzeuggröße anfallen, sind die variablen Kosten abhängig von der Transportstrecke und der eingesetzten Fahrzeugart. Die Lagerkosten hingegen beinhalten ausschließlich einen variablen Kostenfaktor, der abhängig ist vom Produktwert und pro Volumen- und Zeiteinheit anfällt. Für die jeweilige Höhe der Kostensätze treffen die Autoren in den bisherigen Publikationen unterschiedliche Annahmen. *Bookbinder und Higginson* (2002) verwenden für ihre numerischen Beispiele einen fixen Transportkostensatz von \$125,50 pro Tour, während der variable Lagerkostensatz bei ihnen \$1,25 pro Gewichtseinheit⁶⁵⁴ und Tag beträgt.⁶⁵⁵ *Bookbinder, Cai und He* (2010) nehmen in ihrer

⁶⁵⁰ Vgl. zur Variation der Bestellgewichtszuordnungen bzw. -volumen z. B. Higginson/Bookbinder (1994) und Higginson/Bookbinder (1995).

⁶⁵¹ Vgl. dazu Gliederungspunkt 3.2.1 sowie Cooper (1983), S. 58.

⁶⁵² Das System der Frachtgruppen existiert vor allem in den USA und fasst mehrere Produkteigenschaften, wie beispielsweise Gewicht, Wert, Versicherung und Handlichkeit, in einem Faktor zusammen.

⁶⁵³ Trotz des Begriffes „Wunsch“ wird der damit berechnete Liefertermin jedes Produktes als verbindlich betrachtet. Verspätungen sind für den Erfolgsfaktor Qualität nicht akzeptabel, wie nochmal ausführlich in Gliederungspunkt 5.2.2.9 dargestellt wird.

⁶⁵⁴ Als Gewichtseinheit verwenden die Autoren die alte US-Masseneinheit „cwt“. Die Abkürzung steht für „Hundredweight“ und entspricht etwa 50 Kilogramm. Vgl. Kurzweil (2000), S. 184.

⁶⁵⁵ Vgl. Bookbinder/Higginson (2002), S. 314.

Publikation zwar andere absolute Werte an (der fixe Transportkostensatz beträgt \$10 pro Tour, der variable Lagerkostensatz beträgt \$0,1 pro Zeit- und Gewichtseinheit)⁶⁵⁶, jedoch bleibt das relative Verhältnis der beiden Sätze gleich. Çetinkaya, Tekin und Lee (2008) zeigen in ihren Ausführungen, dass der variable Transportkostensatz pro Produkt keinen Einfluss auf die optimale Lösung hat und variieren bei ihren Simulationsexperimenten den fixen Transportkostensatz pro Tour zwischen den Werten 5, 10, 20 und 40 sowie den variablen Wartekostensatz pro Produkt- und Zeiteinheit zwischen 2, 4, 8 und 16.⁶⁵⁷ Der variable Transportkostensatz pro Produkt ist nicht entscheidungsrelevant, da sich die Gesamtanzahl der Produkte, die transportiert werden, durch eine Bündelung nicht verändert.

Für die generelle Stärke der Kosteneffekte einer Sendungsbündelung sind in diesem Fall nicht die absoluten Werte ausschlaggebend, sondern vor allem das Verhältnis der Lager- und Transportkostensätze. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Effekte orientiert sich die vorliegende Simulationsstudie deshalb am Kostensatzverhältnis der beiden bestehenden Simulationsmodelle von Bookbinder/Higginson (2002) und Bookbinder/Cai/He (2010). Es gibt einen fixen Kostensatz *FTK* von 120€, der pro Transporttour anfällt, und, wie bereits erwähnt, beispielsweise Be- und Entladungskosten sowie zurechenbare Verwaltungskosten und Fixkosten des Transports beinhaltet.⁶⁵⁸ Darüber hinaus sind individuelle variable Kostensätze $VTKB \in \{0,15; 0,20; 0,25; 0,35\}$ €/km für den Sammeltransport und $VTKE = 0,10$ €/km für den Einzeltransport definiert. Diese beiden variablen Transportkostensätze sind jeweils abhängig von der Länge der Transportstrecke sowie der verwendeten Fahrzeugart. Sie berücksichtigen den Energieverbrauch sowie den Verschleiß der Fahrzeuge. Während *VTKE* über alle Strategien und Simulationsläufe hinweg konstant bleibt, variiert der tatsächliche Wert für *VTKB* mit der zu transportierenden Bündelungsmenge. Ab bestimmten Grenzmengen müssen größere Fahrzeuge eingesetzt werden, die entsprechend höhere laufende Kosten verursachen. Jede Sendung beansprucht dabei eine spezifische Kapazität in Abhängigkeit ihres Volumens und Gewichts.

Größe der Bündelungskapazität in [vge] (x)	Variabler Transportkostensatz für Sammeltransport in €/km (<i>VTKB</i>)
$0 < x \leq 16$	0,15
$16 < x \leq 32$	0,20
$32 < x \leq 40$	0,25
$40 < x \leq 80$	0,35

Tab. 37: Übersicht der variablen Transportkostensätze für Bündelungstransporte

⁶⁵⁶ Vgl. Bookbinder/Cai/He (2010), S. 682.

⁶⁵⁷ Angabe ohne Kosteneinheiten. Vgl. Çetinkaya/Tekin/Lee (2008), S. 331.

⁶⁵⁸ Vgl. z. B. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 369 und Çetinkaya/Bookbinder (2003), S. 752f.

Für das vorliegende Modell wird die Kapazität bzw. die Größe der Sendungen deshalb in Volumengewichtseinheiten (*vge*) gemessen. Die Tabelle 37 ordnet die jeweiligen Kostensätze *VTKB* den jeweiligen Mengenintervallen zu.

Für die Wartekosten wird im zugrundeliegenden Modell der Kostenfaktor $VLK = 0,05$ pro Zeiteinheit in Abhängigkeit des Produktwerts verwendet. Hier werden vor allem die Kapitalbindungskosten und die Opportunitätskosten des verzögerten Zahlungseingangs berücksichtigt.⁶⁵⁹

5.2.2.6 Die Modellierung der Kapazitätsbeschränkung

Die Begrenzung der Bündelungskapazität ist in den bisherigen Publikationen nicht berücksichtigt worden, sodass eine ausführliche Beschreibung des neuen Aspekts im Folgenden notwendig ist. Die Bündelungskapazität bezieht sich jeweils auf einen bestimmten Zeitraum, in dem nur eine begrenzte Anzahl an Produkten gesammelt werden kann. Dieser Zeitraum entspricht dem Bündelungszyklus, d. h. der zeitlichen Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bündelungstransporten. Gemessen wird die für eine Bündelung zur Verfügung stehende Kapazität als relativer Anteil vom potentiellen Gesamtvolumen aller Aufträge. Die generelle Situation in den bisherigen publizierten Modellen lässt sich mit einer relativen Bündelungskapazität von 100 % darstellen, d. h. für jede Bestellung besteht eine reelle Bündelungsmöglichkeit.⁶⁶⁰ Eine relative Bündelungskapazität von beispielsweise 50 % bedeutet hingegen, dass nur die Hälfte des zu erwartenden Gesamtvolumens an Produkten innerhalb eines Bündelungszyklus gesammelt werden kann. Einige Autoren berücksichtigen zwar beschränkte Kapazitäten beim Transport, der fehlende Bezug zum Bündelungszyklus führt jedoch lediglich zum Einsatz mehrerer Fahrzeuge und nicht zum Einsatz von spezifischen Auswahlstrategien. Der neue Ansatz der begrenzten Bündelungskapazität beeinflusst ebenfalls den Nutzen der traditionellen Bündelungsstrategien, da die zeit- und mengenbasierte sowie hybride Politik nun nicht mehr sinnvoll eingesetzt werden können. Der anschließende Gliederungspunkt setzt sich explizit mit diesen Auswirkungen auseinander.

Die Überbuchung der Bündelungskapazität mit dem Teilvolumen des letzten in das Bündel aufgenommenen Produktes ist im vorliegenden Distributionssystem erlaubt. Mit anderen Worten ist es immer möglich, eine Bestellung der gebündelten Menge hinzuzufügen, solange das Gesamtvolumen der Sammlung die Kapazitätsgrenze noch nicht erreicht hat. Da eine Bestellung nicht teilbar ist, wird die Kapazität in den meisten Fällen

⁶⁵⁹ Vgl. z. B. Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), S. 369 oder Higginson (1995), S. 7 oder zusammenfassend Gliederungspunkt 3.3.2.

⁶⁶⁰ Obwohl die Autoren auf eine explizite Heraushebung dieser Tatsache in der Regel verzichten, kann diese Voraussetzung in den einzelnen Modellen nachvollzogen werden. Vgl. z. B. Çetinkaya et. al (2006), Mutlu/Çetinkaya (2010), Higginson/Bookbinder (1995), Mutlu/Çetinkaya/Bookbinder (2010), Ülki (2009).

somit leicht überschritten.⁶⁶¹ Aufgrund der parallelen Anwendung dieser Überbuchungspolitik bei allen betrachteten Strategien sind keine wesentlichen Verzerrungen der Ergebnisse oder eine Beeinträchtigung der Vergleichbarkeit zu erwarten.

Die Erkenntnisse der beschränkten Bündelungskapazität lassen sich sowohl für Distributionssysteme mit begrenzter Transportkapazität als auch mit begrenzter Lager- und Sammelparkplatzkapazität verwenden. Vor allem die letztere Situation ist für kleine und mittelständische Betriebe interessant, deren grundsätzliche Raumkapazität bereits sehr limitiert ist und die nur wenige ungenutzte Freiflächen vorfinden, die als Sammelparkplatz dienen können. Das folgende Modell untersucht deshalb die Bündelungspotentiale, die auch bei geringer Sammelkapazität in Relation zum Gesamtvolumen der zu erwartenden Bestellungen realisiert werden können.

5.2.2.7 Die Entwicklung der Bündelungsstrategien

Die erste Frage aus dem Management-Framework für Sendungsbündelung von *Higginson/Bookbinder* (1994) beinhaltet in seinem Kern die Identifizierung der Bündelungselemente.⁶⁶² Was wird gebündelt bzw. welche Sendungen werden für den Bündelungstransport ausgewählt? Während dieser Frage in den bisherigen Publikationen und Modellen aufgrund unbeschränkter Kapazitäten keine entscheidungsrelevante Rolle zukam, rückt sie im Zusammenhang mit der begrenzten Bündelungskapazität nun in den Fokus des Sendungsbündelungsmanagements.

Die Identifikation der zu bündelnden Bestellungen als zentraler Entscheidungsprozess kann auf unterschiedlichen Planungsebenen erfolgen. Wie bereits in Abschnitt 3.2.2.1 ausführlich diskutiert, sind Auswahlentscheidungen auf einer strategischen und einer operativen Ebene möglich. Die langfristigen strategischen Planungen finden einmalig vor dem zu betrachtenden Gesamtzeitraum statt, sodass diese im Folgenden als statische Varianten definiert werden. Die dynamische Variante hingegen bezeichnet alle operativen Entscheidungsprozesse hinsichtlich der Auswahl, die während des Distributionsablaufs regelmäßig genutzt werden. Die statischen Auswahlstrategien identifizieren vor dem Modellablauf diejenigen Bestellungen, die dann während des Ablaufs als potentielle Bündelungselemente gesammelt und als gemeinsamer Bündeltransport versendet werden. Im dynamischen Fall wird die Auswahlentscheidung für oder gegen eine Bündelung individuell für jede Bestellung zum Zeitpunkt ihres Eintreffens getroffen. Auf beiden Planungsebenen ist die Identifikation der Bündelungselemente in einen zweistufigen Auswahlprozess gegliedert. Die erste Stufe überprüft die generelle Bündelungseig-

⁶⁶¹ Ein Zahlenbeispiel: Die Bündelungskapazität beträgt 5000 Kg, von denen bereits 4900 Kg ausgeschöpft sind. Eine neu ankommende bündelungsgerechte Sendung wird aufgrund der freien Kapazität unabhängig vom Eigengewicht hinzugefügt. Beträgt das Sendungsgewicht beispielsweise 200 Kg, wird insgesamt eine Bündelung von 5100 Kg transportiert.

⁶⁶² Vgl. für diesen Absatz *Higginson/Bookbinder* (1994), S. 87 sowie die Ausführungen in Gliederungspunkt 3.2.2.1

nung des jeweiligen Produktes anhand der beiden zentralen Eigenschaften des gewünschten Liefertermins und des Volumens.⁶⁶³ Liegt die gewünschte Lieferzeit des Kunden unterhalb einer vordefinierten Zeitgrenze bzw. das Volumen oberhalb der Bündelungskapazitätsgrenze, erfolgt in jedem Fall eine direkte Einzellieferung des Produktes. Auf der zweiten Stufe findet der entscheidende Auswahlprozess statt, bei dem die Gesamtmenge der potentiellen Bündelungsobjekte auf die kapazitätskonforme Anzahl an tatsächlichen Bündelungselementen reduziert wird. Das vorliegende Modell konzentriert sich dabei jeweils auf die Einzelimplementierung der statischen und der dynamischen Variante, was den beiden Merkmalsausprägungen „aktiv/passiv“ und „passiv/aktiv“ entspricht.⁶⁶⁴ Eine Betrachtung des kombinierten Einsatzes auf beiden Stufen („aktiv/aktiv“) findet im Basismodell zunächst nicht statt. Abbildung 30 veranschaulicht die beiden Auswahlvarianten mit dem jeweiligen zweistufigen Verfahren.

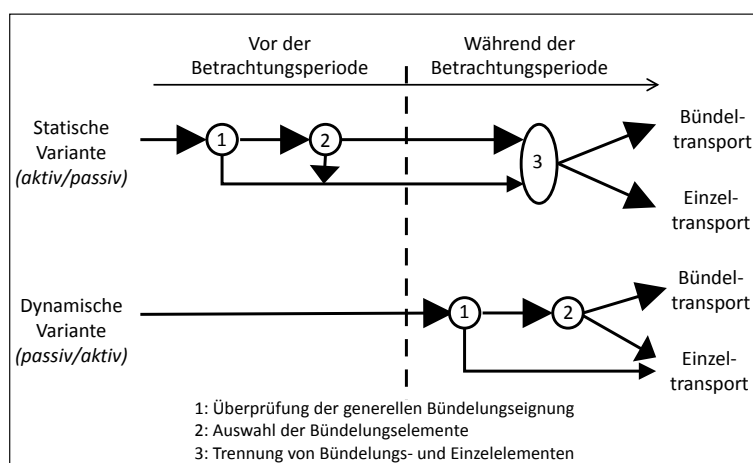


Abb. 30: Zusammenfassung der Bündelungsstufen und Auswahlverfahren⁶⁶⁵

Das vorliegende Modell evaluiert insgesamt drei für diesen Entscheidungsprozess einsetzbare Auswahlstrategien, die nach dem jeweiligen Kernkriterium benannt sind:

1. Umsatz-Strategie
2. Volumen-Strategie
3. Kostenersparnis-Strategie

⁶⁶³ Die durch diese Planungsstufe berücksichtigten Einzeltransporte für sehr kurzfristige Lieferzeitwünsche erfüllen die Anforderungen der Unternehmenspraxis, dass einige Kunden eine möglichst schnelle Lieferung voraussetzen bzw. einige Produkte aufgrund ihrer Haltbarkeit eine möglichst schnelle Lieferung bedingen. Zusätzlich stellt die Überprüfung des Volumens vor allem bei sehr kleinen Bündelungskapazitäten sicher, dass ein Bündeltransport mindestens aus zwei Produkten besteht.

⁶⁶⁴ Vgl. dazu die Ausführungen sowie tabellarische Zusammenfassung in Gliederungspunkt 3.2.2.1

⁶⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

Alle drei Identifizierungsansätze sind sowohl auf der strategischen als auch operativen Planungsebene einsetzbar. Allen drei Strategien ist jeweils die bereits erwähnte erste Stufe des Verfahrens (Prüfung der allgemeinen Bündelungseignung) vorangesetzt. Da jeder Kunde in diesem Distributionsprozess jeweils zwei unterschiedliche Produkte bestellt, gibt es für die Auswahl der Bündelungsobjekte entsprechend die beiden Möglichkeiten der *Kunden-* und *Produktorientierung*. Eine *kundenorientierte* Auswahl fasst jeweils die beiden Produkte jedes Kunden zusammen, sodass diese nur gemeinsam als Bündelungsobjekt ausgewählt werden können. Der Vorteil eines solchen Systems liegt vor allem bei der Umsetzung des Nachlaufs der Bündelungssendungen nach dem Umschlagpunkt, da ein gemeinsamer Transport beider Produkte zum jeweiligen Kunden möglich ist. Im vorliegenden Modell wird jedoch nur die erste Distributionsstufe betrachtet, weshalb sich diese positiven Auswirkungen nicht explizit untersuchen lassen.⁶⁶⁶ Der zweite Ansatz ist eine *produktorientierte* Auswahl, bei der die Zugehörigkeit zum Kunden keine Rolle spielt. Der Vorteil in diesem Fall ist die höhere Flexibilität und damit auch die Genauigkeit der Identifikation der den jeweiligen Kriterien entsprechenden Bündelungsprodukte. Während die statischen Auswahlstrategien beide Orientierungen berücksichtigen, wird bei den dynamischen Varianten nur die produktorientierte Variante genutzt. Das Ziel für den Einsatz der dynamischen Auswahlstrategien ist es, eine möglichst hohe Flexibilität im Bündelungsprozess zu erhalten. Da diese im Falle einer zusätzlichen Beachtung kundenspezifischer Merkmale eingeschränkt werden würde, soll diese Alternative hier keine Berücksichtigung finden. Im Folgenden werden die einsetzbaren Auswahlstrategien kurz beleuchtet.

Auf der strategischen Planungsebene ordnet die *kundenorientierte Umsatz-Strategie* vor Beginn der betrachteten Periode die Geschäftskunden anhand des zu erwartenden Tagesumsatzes jedes Einzelnen und listet diese, beginnend beim niedrigsten Wert, nacheinander auf. Der zu erwartenden Tagesumsatz berechnet sich aus der Multiplikation der jeweiligen Nachfragemenge pro Bestellung mit dem Produktwert und der Ankunftsrate der Kundenbestellungen pro Tag.⁶⁶⁷ Anschließend summiert das Verfahren sukzessive die durchschnittlichen pro Bündelungszyklus zu erwartenden Volumina auf und identifiziert gleichzeitig die Bestellungen der Kunden, bei denen das kumulierte Volumen noch unterhalb der Kapazität liegt, als fixe Bündelungselemente. Die Abbildung 31 visualisiert das Auswahlverfahren der statischen Umsatz-Strategie. Analog dazu funktionieren auch die anderen beiden statischen Varianten (Volumen- und Ersparnis-Strategie) mit den jeweils unterschiedlichen Ordnungskriterien (Volumen und Ersparnis).

⁶⁶⁶ Für die spätere Interpretation der Ergebnisse werden diese potentiellen Vorteile jedoch vermerkt.

⁶⁶⁷ Die Ankunftsrate der Bestellungen pro Tag berechnet sich über die gegebene Ankunftsrate pro Stunde und deren Multiplikation mit 24.

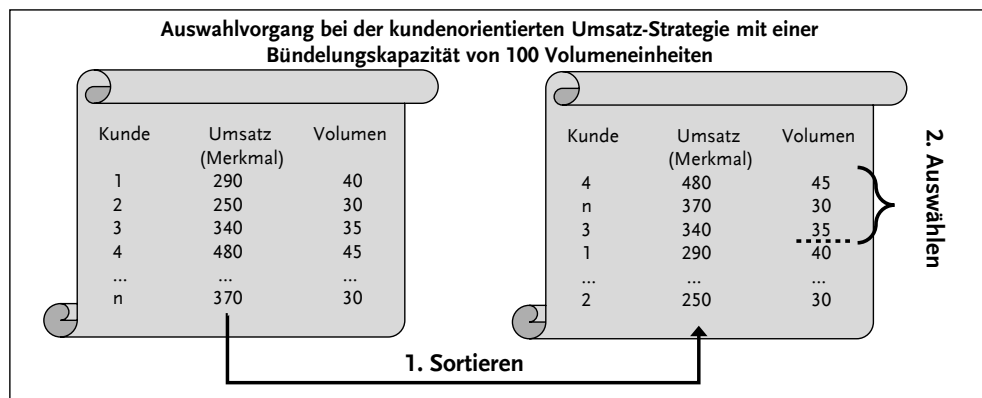


Abb. 31: Das Auswahlverfahren der kundenorientierten Umsatz-Strategie⁶⁶⁸

Während des Distributionsprozesses werden diese Bündelungselemente jeweils bis zum festgelegten Abfahrtszeitpunkt des Bündelungstransporters gesammelt.⁶⁶⁹ Da der Umsatz aufgrund einer ähnlichen Gesamtbestellmenge jedes Kunden in erster Linie vom Produktwert abhängt, sind die Bündelungselemente vor allem die geringer wertigen Produkte. Die Kunden mit hochwertigen Gütern bekommen diese somit vornehmlich schnell als Einzeltransporte zugesendet, sodass die vom Produktwert abhängigen Wartekosten im Distributionssystem geringer ausfallen. Bei der *produktorientierten Umsatz-Strategie* erfolgt eine Auswahl der einzelnen Produkte unabhängig von der Kundenzugehörigkeit. In diesem Fall werden vornehmlich die Produkte mit den geringsten Umsätzen gebündelt.

Auf der operativen Planungsebene wird die *Umsatz-Strategie* den dynamischen Gegebenheiten angepasst und der Auswahlprozess findet direkt beim Eintreffen der jeweiligen Kundenbestellung statt. Die Bestellungen werden gesammelt und anhand ihres Umsatzwertes innerhalb der Warteschlange priorisiert.⁶⁷⁰ Ist die Kapazität des Transportvolumens erreicht, werden die über der Kapazitätsgrenze liegenden Bestellungen direkt als Einzeltransport versendet. Der Start des Sammeltransports hängt wiederum von der gewählten Bündelungsstrategie ab.

Die *kundenorientierte Volumen-Strategie* funktioniert nach dem gleichen Schema. Das zentrale Ordnungsmerkmal sind hier jedoch die Produktvolumina der Kunden, die jeweils durch Addition der beiden einzelnen Volumen ermittelt werden. Beginnend beim niedrigsten Gesamtvolumen entsteht eine aufsteigende Reihenfolge der Geschäftskunden. Die *Volumen-Strategie* summiert nun sukzessive diese Volumina auf und identifiziert gleichzeitig die Bestellungen der Kunden, bei denen das kumulierte Volumen noch

⁶⁶⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁶⁹ Weitere Details zur Festlegung des Abfahrtszeitpunkts folgen am Ende dieses Gliederungspunkts.

⁶⁷⁰ Die Reihenfolge in der Warteschlange richtet sich nach dem Umsatzwert der Produkte. Je geringer der Wert, desto weiter vorne reiht sich das Produkt ein.

unterhalb der Kapazität liegt, als fixe Bündelungselemente. Während des Distributionsprozesses werden diese Bündelungselemente jeweils bis zum festgelegten Abfahrtszeitpunkt des Bündelungstransporters gesammelt. Je geringer das Volumen der Produkte, desto größer ist die Anzahl der Produkte, die für eine begrenzte Bündelungskapazität gesammelt werden können. Je mehr Produkte in einem Bündeltransport versendet werden, desto größer ist die mögliche Kostenersparnis. Diesen Grundprinzipien folgend, soll die Volumenstrategie eine effiziente Methode zur Minimierung der Gesamtkosten beim Einsatz einer Sendungsbündelung darstellen. Bei der *produktorientierten Volumen-Strategie* erfolgt eine Auswahl der einzelnen Produkte unabhängig von der Kundenzugehörigkeit. In diesem Fall werden vornehmlich die Produkte mit den geringsten Volumina gebündelt. Den gesamten Ablauf der statischen Volumen-Strategie fasst Abbildung 32 als Referenzbeispiel für alle statischen Varianten zusammen.

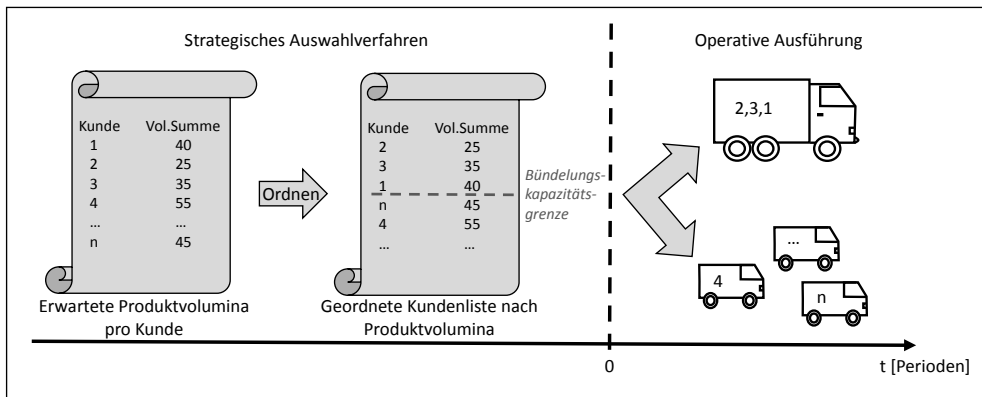


Abb. 32: Ablauf der statischen Auswahl-Strategien der Sendungsbündelung⁶⁷¹

Auf der operativen Planungsebene wird die *Volumen-Strategie* ebenfalls den dynamischen Gegebenheiten angepasst und der Auswahlprozess findet auch hier beim Eintreffen der jeweiligen Kundenbestellung statt. Die Bestellungen werden gesammelt und anhand ihres Volumens innerhalb der Warteschlange priorisiert.⁶⁷² Ist die Kapazität des Transportvolumens erreicht, werden die über der Kapazität liegenden Bestellungen direkt versendet.

Ebenfalls einem ähnlichen Prinzip folgt die *Kostenersparnis-Strategie*. In diesem Fall werden jedoch explizit Formeln für die Berechnung der zu erwartenden Kostenersparnis bei jedem Kunden bzw. bei jedem Produkt genutzt, um daraus ein geeignetes Ordnungsmerkmal abzuleiten. Für diese Berechnung werden die beiden Kostensituationen im Fall einer Direkttransport-Strategie und im Fall einer Sendungsbündelung gegenübergestellt

⁶⁷¹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁷² Je geringer das Volumen, desto weiter vorne steht das jeweilige Produkt.

und die jeweiligen Kosten pro Volumeneinheit verglichen. Beim Direkttransport verteilen sich die gesamten Transportkosten TK jeweils auf das Volumen $V_{i,j}$ des jeweiligen Produkts $j = 1, 2$ von Kunden i , es fallen jedoch keine Lagerkosten an. Die Transportkosten TK setzen sich zusammen aus einem Fixkostenanteil FTK pro Tour sowie einem variablen Kostenanteil $VTKE$ für den Einzeltransport und $VTKB$ für den Bündeltransport. Die letzten beiden Kostensätze sind jeweils abhängig von der gefahrenen Strecke d . Für den Fall einer Sendungsbündelung wird eine komplette Auslastung des Sammeltransports impliziert, sodass sich die Transportkosten TK auf die gesamte Volumenkapazität $VKap_{LKW}$ des Transportfahrzeugs verteilen. Hier fällt jedoch in Abhängigkeit der Wartezeit $WZ_{i,j}$ und des Produktwerts $PW_{i,j}$ ein variabler Lagerkostensatz LK pro Volumeneinheit und Zeit an. Eine Gegenüberstellung mit der Bedingung einer Kostenersparnis durch die Sendungsbündelung lässt sich für die produktorientierte Variante wie folgt formulieren:

$$\frac{FTK + VTKE \cdot d}{V_{i,j}} > \frac{FTK + VTKB \cdot d}{VKap_{LKW}} + WZ_{i,j} \cdot LK \cdot PW_{i,j} \quad (5)$$

Bei der kundenorientierten Ersparnis-Strategie ändert sich die Formel wie folgt:

$$\frac{FTK + VTKE \cdot d}{V_{i,1}} + \frac{FTK + VTKE \cdot d}{V_{i,2}} > \frac{FTK + VTKB \cdot d}{VKap_{LKW}} + WZ_{i,j} \cdot LK \cdot (PW_{i,1} + PW_{i,2}) \quad (6)$$

Mithilfe der Zeitvariablen $WZ_{i,j}$ kann in diesem Fall die maximale Wartezeit des Produkts i berechnet werden, für die eine Gesamtkostenersparnis pro Volumeneinheit des jeweiligen Produktes noch möglich ist.⁶⁷³ Je höher der jeweilige Wert für $WZ_{i,j}$ ist, desto höher ist das Ersparnispotential im jeweiligen Einzelfall. Das Ziel ist es demnach, diejenigen Produkte bzw. Kunden mit den hohen $WZ_{i,j}$ -Werten als Bündelungsobjekte zu identifizieren. Beginnend beim höchsten $WZ_{i,j}$ -Wert entsteht eine absteigende Reihenfolge der Geschäftskunden. Die *Kostenersparnis-Strategie* summiert nun sukzessive die Produktvolumina auf und identifiziert damit gleichzeitig die Bestellungen der Kunden bzw. die Kunden selbst, bei denen das kumulierte Volumen noch unterhalb der Kapazität liegt, als fixe Bündelungselemente. Während des Distributionsprozesses werden diese Bündelungselemente jeweils bis zum festgelegten Abfahrtszeitpunkt des Sammeltransporters gesammelt. Dementsprechend fokussiert die Auswahl der Bündelungselemente vor allem auf diejenigen, die eine hohe Kostenersparnis erwarten lassen.

⁶⁷³ Die übrigen Parameter sind fest vorgegeben, sodass direkt nach $WZ_{i,j}$ aufgelöst werden kann.

Auf der operativen Planungsebene wird die *Kostenersparnis-Strategie* ebenfalls den dynamischen Gegebenheiten angepasst und der Auswahlprozess findet auch hier beim Eintreffen der jeweiligen Kundenbestellung statt. Die Bestellungen werden gesammelt und der jeweilige Wartezeitwert $WZ_{i,j}$ mithilfe der Kostenersparnisformel (5) berechnet. Anhand des individuellen Wartezeitwerts als Ausdruck des Ersparnispotentials erfolgt die Priorisierung in der Warteschlange.⁶⁷⁴ Ist die Kapazität des Transportvolumens erreicht, werden die über der Kapazität liegenden Bestellungen direkt versendet.

Für eine vollständige Definition der Bündelungsstrategie müssen neben dem Auswahlverfahren auch die weiteren Merkmale gemäß des zugrundeliegenden Frameworks von *Higginson/Bookbinder* (1994) spezifiziert werden. Die Lösung für die Frage nach dem richtigen Auslösezeitpunkt der Bündelungssendung prägte in den bisherigen Publikationen zur Sendungsbündelung die mengen- und zeitbasierte sowie hybride Strategie.⁶⁷⁵ Eine direkte Implementierung dieser Strategien in das vorliegende Modell ist aufgrund der spezifischen Situation mit der begrenzten Bündelungskapazität nicht möglich. Vor allem die reine Anwendung der mengenbasierten Strategie funktioniert in diesem Zusammenhang nicht, da die Kapazitätsbegrenzung für einen fixen Bündelungszyklus festgelegt ist, der Bündelungszyklus einer mengenbasierten Politik jedoch variable Längen umfasst.⁶⁷⁶ Zudem wird bei einer mengenbasierten Bündelungsstrategie bis zu einer vorher festgelegten Menge gesammelt, die in diesem Fall der Bündelungskapazitätsgrenze entsprechen würde. Nach dem Auslösen des Transports würde dann der nächste Bündelungszyklus unmittelbar einsetzen, bis wieder die relevante Mengengrenze erreicht ist. Somit wäre eine Vorauswahl nicht notwendig, da wiederum alle Produkte potentiell gebündelt werden könnten. Die Beschränkung der Bündelungskapazität legt jedoch fest, dass nur ein begrenzter Anteil der Produkte bzw. Kunden gebündelt werden kann, da nicht genügend Lager- bzw. Transportmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Da sich die Kapazitätsbeschränkung auf einen Bündelungszyklus bezieht, muss letzterer festgesetzt werden und konstant bleiben. Dies funktioniert durch den Einsatz einer zeitbasierten Auslösestrategie, die sicherstellt, dass nach dem Ablauf des fix vorgegebenen Bündelungszyklus die gesammelten Produkte zum Zielort transportiert werden. Ferner findet die Bündelung an der Sendungsquelle statt, der Versender ist in der Bündelungsverantwortung und führt diese mithilfe eines eigenen Fuhrparks aus. Weitere Spezifikationen liegen für das Modell nicht vor. Die folgende Tabelle 38 zeigt die für das Modell relevanten Merkmalsausprägungen der Sendungsbündelung anhand des bekannten Schemas (die entsprechenden Merkmale sind grau hinterlegt).

⁶⁷⁴ Je höher der Wartezeitwert, desto weiter vorne steht das jeweilige Produkt.

⁶⁷⁵ Vgl. hierzu vor allem den Literaturüberblick in Gliederungspunkt 3.2.2.

⁶⁷⁶ Vgl. hierzu Gliederungspunkt 3.2.2.2.

Fragestellung		Optionen			
Was?	Auswahl	passiv/passiv	aktiv/passiv	passiv/aktiv	aktiv/aktiv
Wann?	Strategie	mengenbasiert	zeitbasiert		hybrid
Wo?	Ort	Sendungsquelle	Transportfahrzeug	Umschlagspunkt	Sendungsziel
Wer?	Planung	Versender	Logistikdienstleister		Empfänger
	Transport	Eigener Fuhrpark		Transportdienstleister	
Wie?	Ablauf	Detailaspekte ausformulieren			

Tab. 38: Charakteristika der Sendungsbündelungsstrategien⁶⁷⁷

5.2.2.8 Die Herleitung der Bündelungsszenarien

Insgesamt ergeben sich aus den Herleitungen der letzten Abschnitte neun Varianten für die Auswahlstrategie bei kapazitätsbeschränkter Sendungsbündelung, die im Folgenden mithilfe eines Simulationsmodells evaluiert werden. Hinzu kommen noch zwei weitere Standardverfahren, die als Vergleichsmaßstab ebenfalls mit untersucht werden. Der nächste Absatz fasst diese Szenarien noch einmal zusammen.

Auf der strategischen Planungsebene sind es insgesamt sechs Vorauswahlstrategien, die sich anhand des Auswahlkriteriums und der Objektorientierung differenzieren.

1. kundenorientierte Umsatz-Strategie als Vorauswahl (KUSV)
2. kundenorientierte Volumen-Strategie als Vorauswahl (KVSV)
3. kundenorientierte Ersparnis-Strategie als Vorauswahl (KESV)
4. produktorientierte Umsatz-Strategie als Vorauswahl (PUSV)
5. produktorientierte Volumen-Strategie als Vorauswahl (PVSV)
6. produktorientierte Ersparnis-Strategie als Vorauswahl (PESV)

Auf der operativen Planungsebene gibt es zur Bewahrung der Flexibilitätsvorteile keine kundenorientierten Strategien, sodass die Auswahlkriterien die einzigen Differenzierungsmerkmale darstellen.

7. produktorientierte Umsatz-Strategie (PUS)
8. produktorientierte Volumen-Strategie (PVS)
9. produktorientierte Ersparnis-Strategie (PES)

Die letzten beiden Szenarien dienen, wie bereits erwähnt, als Vergleichsmaßstab für das Leistungspotential der entwickelten Strategien. Zum einen wird hier die zu Beginn des Kapitels beschriebene Ausgangssituation des Distributionssystems herangezogen, in der für jede einzelne Bestellung ein Direkttransport zum Zielort erfolgt. Zum anderen soll eine ganz einfache First-Come-First-Serve-Auswahlstrategie der Sendungsbündelungsobjekte auf operativer Planungsebene aufzeigen, ob sich der höhere Planungsaufwand für die spezifizierten Auswahlstrategien auch in einem Leistungsunterschied niederschlägt.

10. produktorientierte First-Come-First-Serve-Strategie (PFCFSS)
11. Direkttransport-Strategie (DTS)

⁶⁷⁷ Vgl. Originaltabelle in Gliederungspunkt 3.2.3.

5.2.2.9 Mess- und Zielgrößen für die Bündelungsszenarien

Der Vergleich der elf entwickelten Strategieansätze soll anhand mehrerer Mess- und Zielgrößen erfolgen. Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Gliederungsabschnitt 3.3 zu den Auswirkungen der Sendungsbündelung werden hier ebenfalls die vier Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit, Qualität und Ökologie für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt.

Kosten

Für jede Bündelungsstrategie und damit für jedes betrachtete Szenario werden jeweils die Gesamtkosten ermittelt, die sich aus den Transportkosten für Einzel- und Bündeltransporte sowie den Wartekosten für die Bündelungsprodukte zusammensetzen. Wie bereits vorgestellt, gibt es für die Transportkosten einen fixen Kostensatz FTK pro Transporttour sowie individuelle variable Kostensätze $VTKB$ für den Sammeltransport und $VTKE$ für den Einzeltransport. Die Kosten jedes Einzeltransports K_{ET} für die Strecke d berechnen sich damit wie folgt:

$$K_{ET} = FTK + VTKE \cdot d \quad (7)$$

Die Kosten für die jeweiligen Sammeltransporte K_{ST} berechnen sich analog:

$$K_{ST} = FTK + VTKB \cdot d \quad (8)$$

Die gesamten Transportkosten jeder Bündelungsstrategie berechnen sich dann aus der Summe aller Einzel- und Sammeltransporte.

Bei den Wartekosten K_{WK} werden die Liegezeiten $WZ_{i,j}$ der Bündelungselemente j von den Kunden i mit dem vorgegebenen Kostenfaktor LK , dem Produktwert $PW_{i,j}$ und dem Produktvolumen $V_{i,j}$ multipliziert.

$$K_{WK} = LK \cdot WZ_{i,j} \cdot PW_{i,j} \cdot V_{i,j} \quad (9)$$

Die Summe der Wartekosten aller Produkte ergeben die gesamten Wartekosten. Als relevante Zielgröße für jedes Bündelungsszenario sind am Ende die jeweiligen Gesamtkosten GK entscheidend, die sich aus der Summe der gesamten Transport- und Wartekosten bilden.

Für eine gute Übersicht und Vergleichbarkeit der einzelnen Szenarien eignen sich die absoluten Kostenzahlen aufgrund ihrer Größe nur bedingt, so dass eine zusätzliche relative Bewertung der Gesamtkosten gegenüber einem Benchmark hinzugezogen wird. Das Benchmark sind in diesem Fall die Gesamtkosten der Situation mit direktem Transport (DTS). Die relative Bewertung ist somit ein Maß für die mögliche Kostenreduzierung gegenüber der Extremsituation. Je niedriger der Prozentwert, desto niedriger sind

die jeweiligen Gesamtkosten und desto besser ist diejenige Situation hinsichtlich des Erfolgsfaktors Kosten einzuschätzen.

Zeit

Als zweites Bewertungskriterium dient die jeweilige durchschnittliche Lieferzeit der Produkte. Diese beinhaltet zum einen die Transportzeit, die unabhängig von der Größe und Beladung des Transportfahrzeugs einen konstanten und vor der Simulation festgelegten Wert annimmt. Zum anderen wird hier ebenfalls die Liegezeit derjenigen Produkte mit einbezogen, die als ausgewählte Bündelungsobjekte auf den Abfahrtszeitpunkt des Sammeltransports warten. Insgesamt misst und speichert das Modell somit für jedes Produkt die Gesamtzeit vom Eingang der Bestellung bis zum Anknunft am Zielort. Der Durchschnittswert dieser Daten ist das Maß für die zeitliche Leistungsfähigkeit des jeweiligen Szenarios. Je niedriger der Wert, desto besser ist die jeweilige Situation hinsichtlich des Bewertungskriteriums Zeit einzuschätzen. Aufgrund der Tatsache, dass im Rahmen der Slow Logistics und der Sendungsbündelung Zeitpotentiale bewusst ausgeschöpft werden, um ökologische und ökonomische Vorteile zu generieren, ist die Zeit in diesem Modell nur ein untergeordnetes Erfolgskriterium. Haben mehrere Strategien die gleiche Leistung hinsichtlich der anderen Erfolgsfaktoren, so ist eine Strategie, die dieses Niveau mit einer schnelleren Lieferzeit schafft, besser zu bewerten. Generell bedeuten kürzere durchschnittliche Lieferzeiten im vorliegenden Modell geringere Lagerkosten für den Versender sowie eine höhere zeitliche Flexibilität beim Empfänger aufgrund der früheren Produktverfügbarkeit. Zudem zeigt dieser Erfolgsfaktor die Potentiale für eine zukünftig mögliche Verkürzung der Liefertermine auf.

Qualität

Das dritte Bewertungskriterium ist die Lieferqualität, die im Rahmen dieses Modells durch die Lieferzuverlässigkeit repräsentiert wird. Als Maß für die Zuverlässigkeit dient in diesem Zusammenhang die rechtzeitige Anknunft der Lieferung am Zielort. Der späteste Liefertermin einer Bestellung berechnet sich, indem zum Zeitpunkt des Auftrags-eingangs der für das Produkt gewünschte Lieferzeitraum hinzuaddiert wird. Bestellungen, die den Liefertermin überschreiten, werden als Verspätung gezählt. Die Gesamtanzahl der Verspätungen ist das Maß für die qualitative Leistungsfähigkeit des jeweiligen Szenarios. Nur ein Wert von *null* gewährleistet in diesem Modell die für die Lieferqualität notwendige Lieferzuverlässigkeit. Das bedeutet, Distributionssituationen mit auftretenden Verspätungen werden als qualitativ *nicht erfolgreich* bewertet.

Ökologie

Das vierte und letzte Bewertungskriterium ist der zu erwartende CO₂-Ausstoß bei der jeweiligen Distributionsstrategie, der als Maßstab für die ökologische Belastung dient. Die Lagerung der Produkte während der Wartezeit auf die weiteren Bündelungsobjekte sowie die jeweiligen Einzel- und Sammeltransporte sind dabei die zentralen Verursacher. In beiden Fällen sind es vor allem die Energieverbräuche, die zu den Schadstoffausstößen führen. Der Hauptbestandteil dieser Schadstoffe ist Kohlenstoffdioxid (CO₂),

welches dementsprechend häufig als Referenzwert zur Beurteilung der verursachten Umweltschäden herangezogen wird. Die Berücksichtigung der weiteren schädlichen Emissionen kann über die Berechnung von CO₂-Äquivalenten erfolgen. Das zugrundeliegende Modell dieser Arbeit fokussiert ausschließlich auf die Schadstoffemissionen des Energieverbrauchs von Transport und Lagerung. Während für die letztere Logistikaufgabe der Stromverbrauch als relevanter Maßstab herangezogen wird, ist es für den Fall des Transports der Treibstoffverbrauch des jeweiligen Transportfahrzeugs. Um im Anschluss an die Simulation eine einfache Berechnung mit unterschiedlichen Emissionssätzen zu ermöglichen, werden zunächst bei jedem Simulationslauf nur die notwendigen Basisdaten, in Form der entscheidenden Emissions-Treiber, erhoben. Für den Transportfall sind dies die Anzahl der Einzel- und Sammeltransporte in der jeweiligen Distributionsstrategie. Die durchschnittliche Größe des Lager- bzw. Wartebestands gemessen in Volumeneinheiten ist die zweite relevante Kennzahl. Für die Berechnung des gesamten CO₂-Ausstoßes können somit im Anschluss verschiedene Werte für die Emissionssätze pro Sammeltransport, pro Einzeltransport sowie pro gelagerte Volumeneinheit festgelegt werden. So sind die einmal gewonnenen Daten auch bei neuen technischen Rahmenbedingungen, wie z. B. dem Einsatz ökologischer Fahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoß, nutzbar.

5.2.3 Implementierung des theoretischen Modells in den Simulator

Das formale Modell gilt es nun in ein Simulationsprogramm zu überführen, um mithilfe von Experimentdurchläufen das Modellverhalten zu untersuchen. Zunächst ist eine Entscheidung für eine geeignete Simulationssoftware, den sogenannten Simulator, zu treffen, der entsprechende Objektbausteine für die Implementierung anbietet. Der folgende Abschnitt stellt im ersten Teil den ausgewählten Simulator vor. Anschließend erläutert der zweite Teil, wie das Modell in den Simulator umgesetzt wird und welche Anpassungen vorgenommen werden müssen.

5.2.3.1 Auswahl des Simulators

Die verwendete Simulationssoftware für die Implementierung des Modells ist *Anylogic 6.5 Professional* von der Firma *XJ Technologies*.⁶⁷⁸ Die auf der Programmiersprache Java basierende Software ist für den Einsatz vielfältiger Simulationsarten geeignet und erfüllt die notwendigen Anforderungen der durchzuführenden Simulationsstudie. Vordefinierte Modellbausteine für diskrete ereignisorientierte Simulationsmodelle erleichtern und beschleunigen die Implementierung des Distributionssystems in das Programm. Gleichzeitig lassen sich die Modellbausteine mithilfe der Programmiersprache Java flexibel ergänzen und erweitern, sodass auch komplexe Bedingungen problemlos integriert

⁶⁷⁸ Vgl. für den folgenden Absatz: Anylogic (2014a).

werden können. Bereits vorhandene Auswertungstools und Statistikoptionen bieten eine breite Basis für die Ergebnisermittlung und -darstellung. Zudem ermöglicht die Experimentierplattform von *Anylogic 6.5 Professional* Sensitivitätsanalysen, mit deren Hilfe mehrere Simulationsläufe mit unterschiedlichen Parametervariationen in schneller Abfolge durchgeführt werden. Die einzelnen Ergebnisse eines Simulationslaufs lassen sich über eine Schnittstelle zu externen Programmen, wie z. B. Microsoft Excel, zwischenspeichern für weitere Untersuchungen. Die Akzeptanz von *Anylogic* als wirkungsvolles Simulationsinstrument für den Einsatz in der Unternehmenspraxis sowie in der Wissenschaft zeigt sich zudem an der Vielzahl von bekannten internationalen Unternehmen und Universitäten, die zum Kundenkreis gehören.⁶⁷⁹

5.2.3.2 Die Umsetzung der Modellstruktur im Simulator

Die Umsetzung des beschriebenen Distributionssystems in die Simulationssoftware *Anylogic* erfolgt mithilfe der integrierten Objektbausteine. Für notwendige Anpassungen und Erweiterungen wird auf die Möglichkeit zusätzlicher Java-Programmierung zurückgegriffen.

Das Simulationsmodell besteht aus mehreren Ebenen. Differenzieren lassen sich diese in eine Startebene, eine Basisebene, insgesamt elf parallele Szenarien-Ebenen sowie eine Kunden-Ebene mit replizierbaren Agenten. Die Startebene ist der Ausgangspunkt der Simulation, an dem die unterschiedlichen Parameterwerte vor Beginn jedes Simulationslaufs festgelegt werden. Diese Daten werden dann an die Basisebene weitergeleitet, die als zentraler Knotenpunkt im Simulationssystem dient. Die Kunden- und Szenarien-Ebenen sind in dieser Basisebene eingebettet, sodass die Entitäten des Simulationsmodells, in diesem Fall die Bestellungen und Transportfahrzeuge, zwischen den einzelnen Ebenen verkehren. Die Abbildung 33 fasst diese Struktur übersichtlich zusammen.

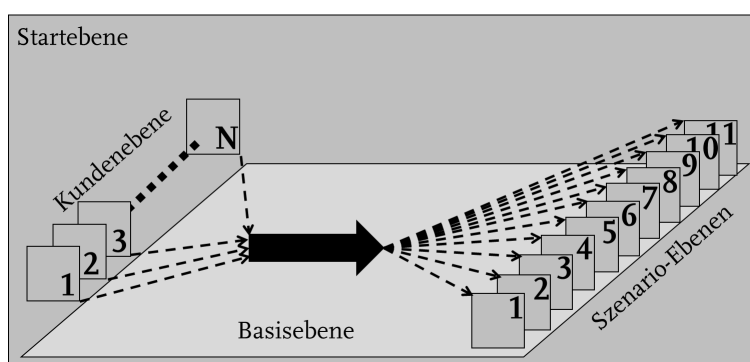


Abb. 33: Übersicht der Simulationsebenen⁶⁸⁰

⁶⁷⁹ Als Unternehmen werden z. B. Volkswagen, Kühne & Nagel, Fraunhofer, Fraport, IBM und UEFA genannt. Hinzu kommen über 600 Universitäten. Vgl. dazu Anylogic (2014b).

⁶⁸⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Auf der **Startebene** findet durch die Werteinstellung der einzelnen Parameter eine grundlegende Konfiguration des Simulationsmodells statt. Die folgende Tabelle 39 listet die verfügbaren Parameter sowie deren jeweiligen Einstellungsoptionen auf. Die Grundeinstellungen sind bei den Optionen jeweils schattiert unterlegt. Nach der Konfiguration lässt sich die Simulation starten, die Parameterwerte werden an die Basisebene übertragen und die Ansicht wechselt ebenfalls zur zentralen Übersichtsebene während des Ablaufs.

Parameter	Ausprägungswerte										Einheit
Länge des Betrachtungszeitraums	32										[Tage]
Anzahl der bestellenden Kunden	50					200					[Kunden]
Poissonverteilte mittlere Bestellrate für jedes Produkt	1										[Bestellung pro Tag]
Prozentuale Bestellratenabweichung	0										[%]
Mittleres Volumen / Gewicht pro Bestellung	1					2					[Volumengewichtseinheit]
Prozentuale Volumenabweichung	30			60			90				[%]
Mittlerer Produktwert	30					60					[Euro]
Prozentuale Produktwertabweichung	30			60			90				[%]
Mittlere Nachfragemenge	1										[Stück]
Prozentuale Nachfragemengenabweichung	0										[%]
Mittlerer Lieferzeitwunsch	48					72					[Stunden]
Prozentuale Lieferzeitwunscharabweichung	30			60			90				[%]
Bündelungskapazität	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	[%]
Transportkosten	120										[Euro pro Tour]
Lagerkostensatz	0,05										[Euro pro Werteeinheit und Stunde]

Tab. 39: Wertausprägungen der Simulationsparameter

Die grundsätzlichen Daten und Parameter des Modells befinden sich auf der **Basisebene** und können bei Bedarf von den anderen Ebenen abgerufen werden. Auch die Visualisierung aller Ergebnisse und Auswertungen findet auf dieser Plattform statt. Hier werden zudem die Bestellungen der Kunden empfangen und parallel an die jeweils unterschiedlichen Distributionsszenarien weitergeleitet. Die auf der Kundenebene generierten Bestellungen werden zehnfach kopiert und an die jeweilige Szenario-Ebene weitergeleitet.

Dies stellt sicher, dass jedes Distributionsszenario unter den exakt gleichen Bedingungen arbeitet und damit vergleichbar ist.

Auf der **Kundenebene** findet die Generierung der Bestellungen statt. Durch Replikationen wird jedem Kunden ein eigener Agent zugeordnet, der die entsprechenden Daten und Informationen, u. a. über die charakteristischen Produktmerkmale, speichert und diese bei Auslösung jeder Bestellung an die Entität weitergibt. Anschließend werden die Bestellungen an die Basisebene übertragen.

Jedes in Gliederungspunkt 5.2.2.8 entwickelte **Szenario** wird auf einer eigenen **Ebene** durchgeführt. Diese sind parallel geschaltet und in die Basisebene integriert. Die von der Basisebene weitergeleiteten Bestellungen werden dort nach den jeweiligen spezifischen Vorgaben behandelt. Auf diesen Ebenen gibt es mit den Transportfahrzeugen eine zusätzliche Entitätengruppe. Die notwendigen Parameter- und Dateninformationen werden entweder von der übergeordneten Basisebene oder den jeweiligen Bestelltentitäten bezogen. Die Basisebene wiederum greift auf die Auswertungsstatistiken und Werte der Messgrößen von den einzelnen Szenarien zurück. Die Abbildung 34 zeigt den Entitäten- sowie Informationsfluss zwischen den einzelnen Ebenen.

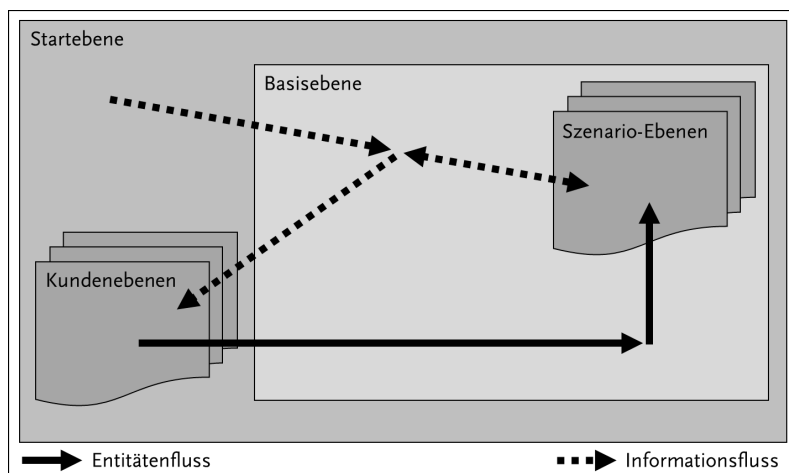


Abb. 34: Die Informations- und Entitätenflüsse des Simulationssystems⁶⁸¹

5.2.3.3 Die Umsetzung der weiteren Modelldetails im Simulator

Vor Beginn eines Simulationslaufs werden zunächst die Konfigurationsdaten von der Simulations- zur Basisebene übertragen. Letztere generiert gemäß den Angaben eine bestimmte Anzahl an Kundenagenten und ordnet jedem Kunden jeweils zwei unterschiedliche Produkte zu. Jedes produktspezifische Merkmal wird dabei zufällig mithilfe einer Gleichverteilung bewertet. Das Wertintervall der Gleichverteilung begrenzt sich nach unten mit der Differenz aus dem vorgegebenen Mittelwert und dem vorgegebenen

⁶⁸¹ Quelle: Eigene Darstellung.

Mittelwert multipliziert mit der festgelegten Abweichung. Die obere Grenze berechnet sich analog, jedoch mit der Summe der beiden Werte.⁶⁸² Zudem werden vor Beginn des Simulationslaufs die zentralen Parameterwerte an die jeweiligen Szenarien weitergeleitet und die insgesamt sechs Vorauswahl-Verfahren durchgeführt. Letztere werden genauso umgesetzt wie in Gliederungspunkt 5.2.2.7 ausführlich beschrieben. Die ausgewählten Kunden bzw. Produkte werden abschließend mit einem spezifischen Parameterwert markiert.

Während des Simulationslaufs generieren die replizierten Kundenagenten eigenständig ihre Bestellungen gemäß den jeweils hinterlegten Bestellankunftsdaten. Direkt nach dem Auslösen einer Bestellung speichert das Modell alle relevanten Daten und Merkmale auf der zugehörigen Entität. Anschließend wird sie über die Basisebene an alle Szenarien verteilt.

Die sechs verschiedenen Distributionssysteme mit den Vorauswahl-Strategien (*KVSV*, *PVSV*, *KUSV*, *PUSV*, *KESV*, *PESV*) funktionieren nach dem gleichen Prinzip. Bei jeder ankommenden Bestellung wird überprüft, ob es sich um ein ausgewähltes Bündelungselement handelt oder nicht. Ist es für die Bündelung vorgesehen, wird es auf einem Warteplatz zwischengelagert. Einzelsendungen werden direkt für den Transport freigegeben und von einem Einzeltransportfahrzeug aufgenommen. Die Bündelungselemente auf dem Warteplatz werden jeden Tag gemeinsam um 18 Uhr von einem Sammeltransportfahrzeug abgeholt. Die Kapazität des Warteplatzes entspricht der vorgegebenen Bündelungskapazität. Sobald diese das erste Mal erreicht oder überschritten ist, werden alle noch folgenden Bündelungselemente direkt als Einzelsendungen weiterverarbeitet.

Die drei dynamischen Auswahl-Strategien (*PVS*, *PUS*, *PES*) funktionieren ebenfalls nach einem sehr ähnlichen Schema. Für alle ankommenden Bestellungen wird zunächst die generelle Bündelungseignung überprüft. Befinden sich die Werte für das Produktvolumen und den Liefertermin über bzw. unter den vordefinierten Grenzwerten, werden die Bestellungen direkt als Einzelsendungen weitergeleitet. Die anderen Fälle werden zunächst auf dem Warteplatz mit der entsprechenden Bündelungskapazität zwischengelagert. Das jeweilige Ordnungsmerkmal der jeweiligen Auswahlstrategie (Volumen, Ersparnis oder Umsatz) bestimmt dabei die Reihenfolge der wartenden Bestellungen. Sobald die Bündelungskapazität erreicht oder überschritten ist, wird bei der nächsten ankommenden Bestellungen das letzte Produkt aus der Warteschlange als Einzelsendung weiterverarbeitet.

Die First-Come-First-Serve-Strategie (*PFCFSS*) hat den gleichen Ablauf wie die dynamischen Auswahl-Strategien, jedoch bestimmt sich die Reihenfolge der Warteschlange nach dem Zeitpunkt des Ankommens. Bei der Direkttransport-Strategie (*DTS*) wird jede Bestellung sofort als Einzelsendung verarbeitet.

⁶⁸² Zahlenbeispiel: der vorgegebene Mittelwert ist 20 und die Abweichung ist 0,5. Die Untergrenze beträgt dann $20 - 20 \cdot 0,5 = 10$. Die Obergrenze beträgt $20 + 20 \cdot 0,5 = 30$. D. h. die Zuteilung der Werte erfolgt hier mithilfe einer Gleichverteilung mit dem Wertebereich $\{10, 30\}$.

Die Einzel- und Sammeltransporte werden mit unterschiedlichen Transportfahrzeugen durchgeführt. In beiden Fällen wird zwar die gleiche Entität generiert, diese erhält jedoch unterschiedliche Charakteristiken für eine eindeutige Identifikation. Beim Erreichen des Zielorts durch die Transportfahrzeuge enden die Betrachtung der jeweiligen Bestellung und damit auch die spezifische Distributionssituation.

5.2.3.4 Die Umsetzung der Mess- und Zielgrößenerhebung im Simulator

Für jede Bestellung wird die jeweilige Warte- und Lieferzeit gemessen. Beide Zeitnahmen beginnen beim Eintreffen jeder Bestellung im spezifischen Distributionsszenario. Die Wartezeit endet bei der Abholung der jeweiligen Bestellung durch das Transportfahrzeug. Dementsprechend entstehen für Direkttransporte keine Wartezeiten. Für alle anderen Produkte entspricht diese der Aufenthaltszeit innerhalb der Bündelungswarteschlange. Die Lieferzeit endet mit der Ankunft der Bestellung am Zielort, d. h. die jeweilige Wartezeit ist inkludiert. Jede der beiden Messgrößen wird jeweils in einem Statistik-Objekt zwischengespeichert, sodass am Ende des Simulationslaufs verschiedene Auswertungsmöglichkeiten offenstehen.⁶⁸³

Die Länge der Liegezeit wird ebenfalls für die Berechnung der Lagerkosten herangezogen. Wie bereits erwähnt, wird diese mit dem Lagerkostensatz und dem Produktwert multipliziert. Die Berechnung der jeweiligen Lagerkosten pro Bestellung erfolgt jeweils nach Beendigung der individuellen Liegezeit und wird anschließend kumulativ auf einer Variablen als Gesamtlagerkosten abgespeichert.

Die individuellen Transportkosten pro Tour werden jeweils während der einzelnen Transporte berechnet. Der spezifische fixe Transportkostensatz wird zum Produkt aus dem spezifischen variablen Transportkostensatz und der Transportstrecke addiert. Anschließend wird diese Summe kumulativ auf einer Variablen für die Gesamttransportkosten gespeichert.

5.2.4 Verifikation und Validierung des Simulationsmodells

Die notwendige Verifikation und Validierung des Modells erfolgt in mehreren Teilschnitten mit unterschiedlichen Verfahren. Die genutzten Formeln des Modells, beispielsweise zur Berechnung der verschiedenen Kostensituationen, werden jeweils einem Dimensionstest unterzogen.⁶⁸⁴ Das bedeutet, die entsprechenden Einheiten auf den beiden Seiten der Formelgleichung werden auf Kompatibilität und Konsistenz überprüft, um die Richtigkeit der Berechnungen sicherzustellen. Während der Entwicklung des

⁶⁸³ Aus den gespeicherten Daten kann beispielsweise das Maximum, Minimum oder der Mittelwert abgerufen werden.

⁶⁸⁴ Vgl. zum Dimensionstest: Rabe et al (2008), S. 98.

Modells ist jeder fertig gestellte Teilabschnitt selbstständig auf Vollständigkeit, Korrektheit, Konsistenz und Eindeutigkeit überprüft worden. Trotz der stark subjektiven Beurteilung ist dieser sogenannte Schreibtisch-Test ein anerkanntes Verfahren der Verifikation und Validierung.⁶⁸⁵ Bei den ersten Testläufen des Simulationsmodells werden unter anderem die Grenzwerte der jeweiligen Parameterausprägungen überprüft, um das korrekte Verhalten des Simulationssystems sicherzustellen. Eine Bündelungskapazität von 0 % führt richtiger Weise zu den exakt gleichen Ergebnissen bei allen Distributionsszenarien. Ebenso unterscheiden sich die Distributionen mit Bündelungsstrategien nicht, wenn die Bündelungskapazität 100 % beträgt und die Produkte konstante Eigenschaften besitzen. Innerhalb der drei Hauptgruppen der Strategien („Vorauswahl kundenindividuell“, „Vorauswahl produktindividuell“, „dynamisch“) bleiben die Ergebnisse bei konstanten Produkteigenschaften auch bei variierenden Bündelungskapazitäten auf jeweils einem Niveau.

Aufgrund der positiven Ergebnisse der durchgeführten V&V-Tests ist die Modellentwicklung an diesem Punkt abgeschlossen und die Validität der Ergebnisse der folgenden Simulationsexperimente sichergestellt.⁶⁸⁶

5.2.5 Ablauf der Simulationsexperimente

Die Simulationsstudie beinhaltet zwei Experimente:

1. Simulationsexperiment bei konstanten Parameterwerten (Experiment 1).
2. Sensitivitätsanalyse des Simulationsmodells durch Variation der einzelnen Parameterwerte (Experiment 2).

Zunächst wird ein Experiment ohne Veränderung der Parameterwerte durchgeführt, welches vor allem den Vergleich der einzelnen Bündelungsstrategien bei den stochastisch bedingten Änderungen des Produktportfolios untersucht. Die unterschiedlichen stochastischen Werte in den einzelnen Simulationsläufen werden durch zufallsverteilte Startwerte des integrierten Zufallsgenerators erzeugt. Insgesamt besteht das Experiment, im Folgenden auch *Experiment 1* genannt, aus 10000 Simulationsdurchläufen.

Im zweiten Experiment werden mithilfe einer Sensitivitätsanalyse die Einflüsse der Parameterwerte auf die Bündelungsstrategien untersucht. Gleichzeitig kann die Robustheit der Strategien bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen überprüft werden. Dieses Experiment, im Folgenden auch *Experiment 2* genannt, besteht aus jeweils 100 Durchläufen für jede einzelne Parameterkonstellation. Ein Simulationslauf überprüft dabei die 4320 Konstellationen unter den gleichen stochastischen Rahmenbedingungen, da der jeweilige Startwert des Zufallsgenerators konstant bleibt. Es gibt insgesamt 4320

⁶⁸⁵ Vgl. zum Schreibtisch-Test: Rabe et al (2008), S. 102.

⁶⁸⁶ Vgl. Law (2007), S. 244f.

Parameterkonstellation und damit 432000 einzelne Simulationsläufe, deren Daten anschließend ausgewertet werden.

5.3 Simulationsergebnisse

Die umfangreichen Ergebnisdaten der Simulationsläufe sind die Grundlage für eine Vielzahl von Auswertungsoptionen, die in den folgenden Gliederungspunkten präsentiert werden. Der erste Teil der Auswertungen widmet sich speziell dem Vergleich der elf Szenarien. Der Fokus liegt dabei auf den neun entwickelten Auswahlstrategien. Zunächst werden diese unter konstanten Rahmenbedingungen miteinander verglichen. Die Grundstruktur der Analyse bilden dabei die vier Erfolgsfaktoren Kosten, Lieferqualität, Lieferzeit und Ökologie. Anschließend findet die analoge Untersuchung bei variierenden Rahmenbedingungen statt.

Im zweiten Teil werden die einzelnen strukturgebenden Faktoren des Modells kurz beleuchtet. Ziel hierbei ist es, Zusammenhänge und Einflüsse mithilfe der multivariaten Varianzanalyse zu identifizieren.

5.3.1 Analyse des Simulationsexperiments mit konstanten Parameterwerten (Experiment 1)

In der ersten Auswertungsphase liegt der Fokus zunächst auf dem stochastischen Charakter des Simulationsmodells. Die Rahmenbedingungen in Form der Parameter bleiben konstant. Die entsprechenden Parameterwerte sind in Tabelle 40 zusammengefasst. Bei den folgenden 10000 Simulationsdurchläufen ändert sich somit ausschließlich der Startwert des Zufallsgenerators.⁶⁸⁷ Dies führt zu unterschiedlichen Werten bei den Faktoren, die einer Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen. Für das Modell bedeutet das unterschiedliche Bestellankünfte (aufgrund der vorliegenden Poissonverteilung) und eine unterschiedliche Verteilung der jeweiligen Produkteigenschaften (aufgrund der vorliegenden Gleichverteilung).⁶⁸⁸

⁶⁸⁷ Die 10000 Startwerte werden vom Simulationsprogramm ebenfalls zufällig ausgewählt.

⁶⁸⁸ Beispielsweise schwankt die Anzahl der Bestellankünfte bei den 10000 Durchläufen zwischen dem Minimum 2913 und dem Maximum 3341.

Parameter	Ausprägungswert	Einheit
Länge des Betrachtungszeitraums	32	Tage
Anzahl der bestellenden Kunden	50	Kunden
Mittlere Bestellrate für jedes Produkt	1	Bestellung pro Tag
Prozentuale Bestellratenabweichung	0	%
Mittlere Volumen/Gewicht pro Bestellung	1	Volumengewichtseinheit
Prozentuale Volumenabweichung	60	%
Mittlerer Produktwert	30	€
Prozentuale Produktwertabweichung	60	%
Mittlere Nachfragemenge	1	Stück
Prozentuale Nachfragemengenabweichung	0	%
Mittlerer Lieferzeitwunsch	48	Stunden
Prozentuale Lieferzeitwunschabweichung	60	%
Bündelungskapazität	50	%

Tab. 40: Werte der Simulationsparameter für Experiment 1

5.3.1.1 Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Logistikkosten

Die folgende Tabelle zeigt die prozentualen Anteile der jeweiligen Gesamtkosten der neun Auswahlstrategien und der FCFS-Bündelungsstrategie an den Gesamtkosten des Direkttransports. Angegeben sind jeweils das arithmetische Mittel, die Standardabweichung sowie das 99 %-Konfidenzintervall.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung	99 %- Konfidenzintervall
KVSV	59,13 %	2,95 %	{59,05; 59,21}
PVSV	53,32 %	2,14 %	{53,26; 53,38}
KUSV	60,33 %	2,59 %	{60,27; 60,40}
PUSV	59,07 %	2,20 %	{59,01; 59,13}
KESV	59,31 %	2,88 %	{59,24; 59,38}
PESV	54,40 %	2,15 %	{54,34; 54,45}
PVS	49,62 %	2,18 %	{49,57; 49,68}
PUS	56,12 %	2,10 %	{56,06; 56,17}
PES	51,42 %	2,23 %	{51,36; 51,47}
PFCFS	58,39 %	1,83 %	{58,34; 58,44}

Tab. 41: Die relativen Gesamtkosten der Bündelungsszenarien (Experiment 1)

Die dynamische Volumen-Strategie weist dabei mit 49,62 % den niedrigsten Mittelwert aus und kann damit unter den gegebenen Rahmenbedingungen als kostengünstigste Auswahl-Strategie hervorgehoben werden.

Als unterstützende Auswertung zur Reihenfolge der einzelnen Strategien wird für jeden Simulationslauf der jeweilige Rang (1–10) der einzelnen Strategie im Vergleich berechnet. Das arithmetische Mittel sowie die Standardabweichung dieser Ränge zeigt die folgende Tabelle 42. Vor allem die Ränge 1 bis 4 sind über alle Simulationsläufe hinweg klar verteilt, wie an den sehr geringen Standardabweichungen von den Mittelwerten zu erkennen ist. Rang 1 behauptet die dynamische Volumen-Strategie (*PVS*) über alle Simulationsläufe hinweg (Mittelwert 1,0). Auf den weiteren Plätzen folgen die dynamische Ersparnis-Strategie (*PES*: 2,04) sowie die produktindividuellen Volumen- (*PVSV*: 3,04) und Ersparnis-Strategien (*PESV*: 4,07) mit Vorauswahl. Während sich die dynamische Umsatz-Strategie (*PUS*) noch recht konstant auf dem fünften Platz behauptet, schwanken die folgenden Ränge der einzelnen Strategien teilweise deutlich zwischen den jeweiligen Simulationsläufen. Den höchsten Rangmittelwert (8,78) weist die kundenindividuelle Umsatz-Strategie mit Vorauswahl (*KUSV*) auf.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung
KVSV	7,06	1,09
PVSV	3,04	0,36
KUSV	8,78	1,07
PUSV	8,00	1,54
KESV	7,43	0,94
PESV	4,07	0,38
PVS	1,00	0,00
PUS	5,08	0,78
PES	2,04	0,20
PFCFS	7,36	1,45

Tab. 42: Mittlere Rangpositionen der Szenarien im Kostenvergleich (Experiment 1)

Die beiden ersten Auswertungen zusammen betrachtet, lassen sich für die gegebenen Rahmenbedingungen folgende Aussagen treffen.

1. Bei einer begrenzten Bündelungskapazität von 50 % sind zum einen die generelle Implementierung einer Sendungsbündelungsstrategie und zum anderen eine darin integrierte Auswahl-Strategie hinsichtlich der Logistikkosten klar zu empfehlen.

Jede Bündelungspolitik ermöglicht eine deutliche Kostenersparnis gegenüber dem Direkttransport. Die First-Come-First-Serve-Strategie (*PFCFSS*), ohne eine bewusste Auswahl der Bündelungsobjekte, liefert dabei durchschnittlich die geringste Ersparnis ab.

2. Gemessen an den Logistikkosten sind die dynamischen Auswahlstrategien den jeweils vergleichbaren statischen Verfahren überlegen.
3. Innerhalb der statischen Auswahl-Methoden ermöglichen die produktindividuellen Strategien eine höhere Kostenersparnis als die kundenindividuellen.

Aufgrund des möglichen Auftretens sehr heterogener Produktpaare bei den jeweiligen Kunden ist das Risiko bei der kundenindividuellen Auswahl hoch, ungeeignete bzw. unrentable (im Hinblick auf die Logistikkosten) Produkte zu bündeln. Zu berücksichtigen ist hier allerdings, dass eine kundenindividuelle Auswahl beispielsweise bei sehr kostenintensiven Nachläufen, die bei dieser Modellbetrachtung fehlen, ökonomisch vorteilhaft sein kann.⁶⁸⁹

4. Das Auswahlmerkmal „Produktvolumen“ ermöglicht durchschnittlich die höchste Logistikkostenersparnis. Das Merkmal „Kostenersparnis“ ist in diesem Zusammenhang die zweitbeste Lösung vor dem „Umsatz“.

Ein jeweils interner Vergleich innerhalb der drei Strategiegruppen („Statisch kundenindividuell“, „Statisch produktindividuell“, „Dynamisch“) zeigt, dass sich hinsichtlich der Logistikkosten das „Produktvolumen“ als bestes Auswahlmerkmal vor der „Kostenersparnis“ und dem „Umsatz“ einordnet. Das hohe Kosteneinsparpotential bei den Transporten begünstigt die Methoden, die eine möglichst hohe Anzahl an Produkten pro Bündelungstransport generieren können. Da die Ersparnis-Strategie bei der Berechnung der jeweiligen Ersparnis ebenfalls das Volumen berücksichtigt, schneidet diese ähnlich positiv ab, wie die direkte Volumen-Strategie. Die Umsatz-Strategie hingegen ist in Bezug auf die Kosten gegenüber den alternativen Ansätzen nicht zu empfehlen.

5.3.1.2 Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Logistikqualität

Eine Grundvoraussetzung für die Sicherung der Logistikqualität ist im vorliegenden Distributionsmodell der Einsatz einer Vorauswahl-Strategie im Rahmen der Bündelungsmethoden. Wird eine solche generelle Bündelungseignungsprüfung nicht durchgeführt, wie das bei der *PFCFS*-Strategie der Fall ist, kann keine ausreichende Lieferzuverlässigkeit gewährleistet werden. Es tritt unter Umständen eine deutliche Anzahl an verspäteten Zusendungen auf. Unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen, d. h. mit den für das Experiment festgelegten Parameterwerten, werden bei jedem einzelnen Simulationslauf Verspätungen bei der *PFCFS*-Strategie verursacht. Im Durchschnitt sind 104,81 verspätete Sendungen bei einer Standardabweichung von 29,34 Sendungen zu erwarten.⁶⁹⁰ Das entspricht einem Anteil an den Gesamtsendungen von 3,38 % mit einer Standardabweichung von 0,94 Prozentpunkten.⁶⁹¹

⁶⁸⁹ Im kundenindividuellen Fall ist eine anschließende Bündelung für die Nachlauftransporte ohne zusätzlichen Organisationsaufwand möglich, sodass Kostenvorteile gegenüber dem produktindividuellen Fall entstehen.

⁶⁹⁰ Das Minimum sind 19 und das Maximum 234 Sendungen.

⁶⁹¹ Das Minimum sind 0,60 % und das Maximum 7,35 %.

Innerhalb der anderen Strategien lässt sich mit den erhobenen Daten keine Aussage bezüglich der Unterschiede bei der Logistikqualität treffen. Alle Strategien haben unter den gegebenen Rahmenbedingungen einen Lieferzuverlässigkeitsgrad von 100%.⁶⁹² Die Logistikqualität ist damit für die neun Bündelungsszenarien und der Variante des direkten Transports gleich hoch zu gewichten.

5.3.1.3 Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Zeit

Für die gemessenen Lieferzeitwerte werden die gleichen Auswertungsoptionen wie bei den Kosten herangezogen. In diesem Fall stehen jedoch die absoluten Werte im Fokus. Den Benchmark bildet hier die Direkttransport-Strategie deren Lieferzeit sich auf die konstante Transportzeit von 10 Stunden reduzieren lässt. Bei den anderen Strategien fließen die Wartezeiten der Bündelungsobjekte in die durchschnittlichen Lieferzeiten mit ein, sodass sich hier höhere und unterschiedliche Werte ergeben. Die Tabelle 43 gibt einen Überblick über die arithmetischen Mittel, die Standardabweichungen und die Konfidenzintervalle der jeweiligen durchschnittlichen Lieferzeiten.

Strategie	Mittelwert in [Stunden]	Standardabweichung	99 % - Konfidenzintervall
KVSV	16,04	0,47	{16,03; 16,06}
PVSV	16,85	0,30	{16,84; 16,85}
KUSV	15,85	0,41	{15,84; 15,86}
PUSV	15,95	0,32	{15,94; 15,95}
KESV	16,01	0,46	{16,00; 16,02}
PESV	16,63	0,31	{16,62; 16,64}
PVS	18,66	0,33	{18,65; 18,67}
PUS	18,32	0,29	{18,31; 18,33}
PES	18,57	0,32	{18,56; 18,57}
PFCFS	18,98	0,24	{18,97; 18,99}

Tab. 43: Die mittleren Lieferzeiten der Bündelungsszenarien (Experiment 1)

Zunächst sind bei den Werten keine wesentlichen Unterschiede zu erkennen. Die geringen Abstände zwischen den durchschnittlichen Lieferzeiten der Strategien bleiben jedoch sehr konstant, was auch die folgende Rangbetrachtung, analog zur Kostensituation, bestätigt (Vgl. Tab. 44).

Trotz der geringen Abstände zeigen die durchschnittlichen Lieferzeiten deutlich auf, dass die Kostenersparnisse der jeweiligen Strategien auf der Basis höherer Wartezeiten erwirtschaftet werden. Diejenigen Auswahl-Strategien, die bezüglich der Kosten auf den

⁶⁹² Das bedeutet, dass keine verspäteten Sendungen auftreten.

vorderen Plätzen zu finden sind, reihen sich bei der Betrachtung der Lieferzeiten auf den hinteren Rängen ein. Umgekehrt verhält es sich entsprechend analog.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung
KVSV	2,68	1,24
PVSV	5,96	0,19
KUSV	1,53	0,64
PUSV	2,27	1,32
KESV	2,41	1,06
PESV	5,00	0,30
PVS	9,14	0,35
PUS	7,00	0,01
PES	8,06	0,24
PFCFS	9,80	0,53

Tab. 44: Mittlere Rangposition der Szenarien im Lieferzeitvergleich (Experiment 1)

In diesem Zusammenhang ist der Ansatz des Slow Logistics Konzepts wiederum gut zu erkennen. Die Erhöhung der durchschnittlichen Lieferzeit, was einer Verlangsamung des logistischen Prozesses entspricht, ermöglicht hohe Kostenersparnisse durch eine effiziente Ausführung einer Sendungsbündelungsstrategie. Je höher die Auslastung der Transporte ist bzw. je mehr einzelne Sendungen zusammengefasst werden können, desto geringer sind auf der einen Seite die Gesamtkosten. Auf der anderen Seite gibt es dadurch aber auch weniger direkt gesendete Produkte und mehr wartende Produkte. Die Folge sind die steigenden durchschnittlichen Lieferzeiten.

5.3.1.4 Die Ergebnisse für den Erfolgsfaktor Ökologie

Die bisherigen Sendungsbündelungsmodelle mit Berücksichtigung ökologischer Effekte fokussieren ausschließlich auf die Transporte als Verursacher der Schadstoffemissionen.⁶⁹³ Das vorliegende Modell folgt zunächst dieser Betrachtungsweise und analysiert die einzelnen Distributionsszenarien anhand der transportinduzierten CO₂-Ausstöße. Die beiden maßgeblichen Treiber für die Schadstoffemissionen sind die jeweilige Anzahl der Einzel- und Sammeltransporte. Dabei wird berücksichtigt, dass kleine Transportfahrzeuge für Einzelsendungen einen geringeren CO₂-Ausstoss aufweisen als die größeren Sammeltransportfahrzeuge. Im vorliegenden Modell beträgt der CO₂-Emissionssatz für Einzeltransporte 320 Kg/Tour und für Sammeltransporte 1200 Kg/Tour.⁶⁹⁴

⁶⁹³ Vgl. dazu auch ausführlich Gliederungspunkt 3.3.5.

⁶⁹⁴ Zur Berechnung der Emissionssätze siehe Anhang A3.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung
KVSV	55 %	7 %
PVSV	49 %	6 %
KUSV	57 %	7 %
PUSV	56 %	7 %
KESV	56 %	7 %
PESV	51 %	7 %
PVS	44 %	7 %
PUS	51 %	7 %
PES	46 %	7 %
PFCFS	52 %	6 %

Tab. 45: Die relativen CO₂-Emissionen der Bündelungsszenarien (Experiment 1)

Bei der reinen Betrachtung der transportinduzierten Schadstoffemissionen ist im Hinblick auf die relative Performance der Strategien eine deutliche Ähnlichkeit zum Ergebnis der Gesamtkostenanalyse zu erkennen (vgl. Tab. 45). Zur Unterstützung der vergleichenden Aussagen über die ökologische Effizienz der jeweiligen Transportleistungen erfolgt hier ebenfalls eine Analyse der Reihenfolge der Strategien bei jedem Simulationslauf (vgl. Tab. 46).

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung
KVSV	7,24	0,83
PVSV	3,13	0,41
KUSV	8,81	0,98
PUSV	8,71	1,34
KESV	7,72	0,69
PESV	4,58	0,74
PVS	1,00	0,00
PUS	4,61	0,83
PES	2,01	0,07
PFCFS	6,00	1,00

Tab. 46: Mittlere Rangpositionen der Szenarien im Ökologievergleich (Experiment 1)

Diese Auswertung unterstreicht nochmal die Analogie zum Kostenfall. Die Reihenfolge der Strategien ist unverändert, lediglich die Abstände verändern sich ein wenig. Die klare Positionierung der Strategien *PVS*, *PES*, *PVSV* auf den ersten drei Plätzen bleibt bestehen. Der Abstand zwischen *PESV* und *PUS* auf den Positionen 4 und 5 wird jedoch deutlich kleiner. Während im Kostenfall eine genaue Zuordnung zur jeweiligen Positionen aufgrund der beiden Rangmittelwerte von 4,07 (*PESV*) und 5,08 (*PUS*) möglich ist,

lassen sich die beiden Strategien nun schwierig trennen (4,58 und 4,61). Die beiden Strategien *PUSV* und *KUSV* sind sowohl bei den Kosten als auch bei den Transportemissionen auf den letzten beiden Plätzen.

Der Fokus der Emissionsbetrachtung wird im Folgenden erweitert und der zusätzliche Energieverbrauch für die wartenden Bündelungselemente ebenfalls berücksichtigt. In Abhängigkeit des Lagerplatzbedarfs einer Bestellung und weiterer spezifischer Produkteigenschaften, wie z. B. Sicherungs- und Kühlbedarf, ist ein entsprechender Energieaufwand notwendig, der über CO₂-Äquivalente auch in Bezug auf die ökologische Effizienz gemessen werden kann. Ein exakter Wert für den CO₂-Ausstoss pro Produkt, Lagerzeit und Produktgröße ist jedoch vor allem aufgrund der vielfältigen Ausprägungsmöglichkeiten der Produkteigenschaften schwierig zu bestimmen. Aus diesem Grund wird für jedes Szenario berechnet, wie hoch der Grenzwert für den CO₂-Ausstoss bei der Lagerung der Bündelungsobjekte pro Volumeneinheit sein darf, um maximal dieselben Emissionswerte wie beim direkten Transport zu verursachen. Zum einen lässt sich auf diese Weise erkennen, für welche Emissionswerte der wartenden Produkte eine Bündelungsstrategie ökologisch sinnvoll ist, und zum anderen sind die Werte der einzelnen Szenarien untereinander gut vergleichbar.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung
KVSV	24,11	1,41
PVSV	27,12	1,31
KUSV	23,40	1,48
PUSV	23,33	1,37
KESV	23,97	1,40
PESV	26,23	1,35
PVS	29,25	1,30
PUS	24,64	1,28
PES	28,04	1,34
PFCFS	22,81	0,88

Tab. 47: Maximale Emissionssätze für den Lageraufwand zur Erzielung positiver CO₂-Effekte durch die Bündelung (Experiment 1)

In diesem Zusammenhang sind die relativen Vorteile der dynamischen Volumen- und Ersparnis-Strategien sowie der statischen produktorientierten Alternativen mit denselben Auswahlkriterien ebenfalls zu erkennen. Es ist somit auch mit Berücksichtigung des Lageraufwands eine Parallelität zum Erfolgsfaktor Logistikkosten gegeben. Die Bündelungsstrategien, die hinsichtlich der Kosten sehr gut abschneiden, verursachen gleichzeitig geringere CO₂-Emissionen im Vergleich zu den anderen Varianten. Da beide Er-

folgsfaktoren von den gleichen Haupttreibern, nämlich der Anzahl der jeweiligen Touren sowie der durchschnittlichen Lagermenge abhängen, sind diese Ergebnisse erwartungsgemäß.

5.3.2 Analyse der Erfolgsfaktoren bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Experiment 2)

Im Folgenden soll die Leistung der einzelnen Strategien unter verschiedenen Parameterkonstellationen untersucht werden. Zum einen gilt es, die Robustheit der Aussagen und Ergebnisse aus den vorherigen Abschnitten zu überprüfen, und zum anderen ist der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Leistung der Strategien ein weiteres interessantes Forschungsthema. Dieser Gliederungspunkt widmet sich zunächst der Analyse der Robustheit, bevor im Anschluss die Einflüsse der Parameter im Detail betrachtet werden. Das bereits erwähnte Simulationsexperiment 2 generiert die notwendigen Daten für die Analyse.⁶⁹⁵

5.3.2.1 Die Robustheit des Erfolgsfaktors Logistikkosten

Für jede Parameterkonstellation liegen jeweils 100 Simulationsläufen vor. Insgesamt ergeben sich bei 4320 Situationen mit jeweils unterschiedlichen Rahmenbedingungen 432000 Datensätze. Für die Strategien werden zunächst die Mittelwerte und Standardabweichungen der wichtigsten Kennzahlen berechnet.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung	Rangmittelwert	Standardabweichung
KVSV	60,05 %	18,42 %	5,67	1,67
PVSV	54,34 %	18,64 %	2,68	1,59
KUSV	63,35 %	19,31 %	8,03	1,19
PUSV	59,97 %	20,73 %	6,68	1,92
KESV	60,78 %	18,75 %	6,43	1,64
PESV	56,34 %	19,10 %	4,20	2,18
PVS	53,77 %	19,65 %	2,04	1,50
PUS	59,97 %	21,94 %	6,51	2,33
PES	54,93 %	20,06 %	3,46	1,64
PFCFS	60,85 %	24,09 %	7,80	3,14

Tab. 48: Die relativen Gesamtkosten sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungsszenarien (Experiment 2)

⁶⁹⁵ Vgl. dazu Abschnitt 5.3.2.

Die Tabelle 48 fasst die mittleren relativen Kosten der einzelnen Strategien sowie deren mittlere Rangposition in Kombination mit den jeweiligen Standardabweichungen zusammen.

Die Aussagekraft der reinen anteiligen Prozentwerte an den jeweiligen Gesamtkosten aus der zweiten Spalte (Tab. 48) ist aufgrund der hohen Standardabweichungen vorsichtig zu beurteilen. In Verbindung mit der durchschnittlichen Positionierung der jeweiligen Strategie, innerhalb der jeweiligen Rankings der einzelnen Szenarien (vgl. Spalte 4), lässt sich jedoch zumindest das relative Verhältnis der Strategien untereinander bewerten. Die dominante Stellung der dynamischen Volumen-Strategie zeigt sich sowohl beim geringsten Kostenanteilswert (53,77 %) als auch beim mit Abstand besten durchschnittlichen Rang (2,04). Die im Vergleich zu den übrigen Strategien sehr geringe Standardabweichung beim Rang-Wert unterstreicht zudem die sehr robuste Position unter den Top-Plätzen bei einer Vielzahl an unterschiedlichen Szenarien.

Weiterhin lassen sich die zentralen Erkenntnisse aus der Analyse der Strategien bei konstanten Rahmenbedingungen ebenfalls in diesen Ergebnissen wiedererkennen. Die dynamischen Strategien sind in der Gesamtbetrachtung ihren jeweiligen statischen Varianten überlegen, während innerhalb der Vorauswahl-Strategien die produktorientierten Verfahren dominieren.

Das Produktvolumen ist als Auswahlkriterium gegenüber der Ersparnis und dem Umsatz am besten geeignet. Die Identifikation der Bündelungselemente auf Basis der Umsatzwerte ist aus Kostenperspektive hingegen nicht zu empfehlen.

5.3.2.2 Die Robustheit des Erfolgsfaktors Zeit

Analog zu den relativen Kosten werden ebenfalls wieder die mittleren Lieferzeiten der einzelnen Szenarien untersucht. Die Tabelle 49 zeigt die berechneten Ergebnisse.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung	Rangmittelwert	Standardabweichung
KVSV	16,33	2,71	3,55	1,52
PVSV	17,13	2,74	5,76	0,93
KUSV	15,81	2,86	1,68	0,78
PUSV	16,24	3,10	2,41	1,48
KESV	16,10	2,72	2,60	1,07
PESV	16,51	2,67	4,03	1,44
PVS	18,59	2,46	9,52	0,81
PUS	18,08	2,81	7,44	0,57
PES	18,44	2,58	8,57	0,61
PFCFS	18,54	3,16	7,99	1,71

Tab. 49: Die mittleren Lieferzeiten sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungsszenarien (Experiment 2)

Die Ergebnisse der Lieferzeitanalyse bestätigen ebenfalls die Erkenntnisse der Untersuchungen bei konstanten Bedingungen. Die Leistungen der einzelnen Strategien aus der zeitlichen Perspektiven sind konträr zu den Kostenergebnissen. Die dynamische Volumen-Strategie besitzt nicht nur den höchsten Mittelwert bei den durchschnittlichen Lieferzeiten, sondern besetzt diesen letzten Platz unter den Strategien bei nahezu allen Szenarien, wie die mittlere Rangposition von 9,52 und die dazugehörige Standardabweichung von 0,81 aufzeigen.

Generell weisen die dynamischen Strategien mit deutlichem Abstand die höheren durchschnittlichen Lieferzeiten als ihre statischen Varianten auf. Ihre Variabilität und Flexibilität, die zu den bereits analysierten Kostenvorteilen führt, verursachen gleichzeitig die längeren Lieferzeiten. Die Produkte, die während des Bündelungsprozesses aufgrund der Auswahlkriterien ausgetauscht und als Einzelsendung verschickt werden, sind dabei die entscheidenden Treiber der höheren Lieferzeit. Die „schnellste“ Strategie „KUSV“ mit einer durchschnittlichen Lieferzeit von 15,81 Stunden und dem mittleren Rang 1,68 ist gleichzeitig das teuerste Verfahren. Auch hier ist wieder der gegenläufige Zusammenhang von der Lieferzeit und den Kosten bei der Sendungsbündelung zu erkennen.

5.3.2.3 Die Robustheit des Erfolgsfaktors Qualität

Aufgrund der vorgelagerten Prüfung einer generellen Bündelungseignung der einzelnen Produkte bei den neun Bündelungsstrategien ist deren Lieferzuverlässigkeit sehr robust gegenüber veränderten Rahmenbedingungen. Der Vorteil dieser Prüfung ist an der Lieferzuverlässigkeit der First-Come-First-Serve-Strategie (*PFCFSS*) zu erkennen, die ohne einen solchen Einsatz zahlreiche Verspätungen verursacht. Im Detail treten in genau 51,2 % der 432000 Durchläufe Verspätungen auf. Dies führt bei dieser Bündelungsstrategie zu einer durchschnittlichen Anzahl von 190,98 verspäteten Sendungen. Die *PFCFS*-Strategie ist unter solchen Voraussetzungen nicht zu empfehlen. Der Grundbaustein einer eingesetzten Bündelungsstrategie bei beschränkten Bündelungskapazitäten und heterogenen Produkten muss daher eine vorgelagerte Prüfung auf generelle Bündelungseignung sein.

5.3.2.4 Die Robustheit des Erfolgsfaktors Ökologie

Die Schadstoff-Emissionen verhalten sich auch bei der Analyse der unterschiedlichen Parameterkonstellationen analog zur jeweiligen Kostensituation. Die Szenarien mit geringen Gesamtkosten verursachen ebenfalls wenig CO₂-Ausstoß. Da die Anzahl der Transporte sowie die wartende bzw. lagernde Menge sowohl im Hinblick auf die Kosten als auch bezogen auf die Emissionen zentrale Treiber darstellen, ist diese Analogie nicht überraschend. Die folgende Tabelle 50 fasst das prozentuale Verhältnis der CO₂-Emissionen der Transporte bei den jeweiligen Bündelungsstrategien zum CO₂-Ausstoß der

Transporte beim Direkttransport zusammen. Zur besseren Analyse wird parallel ebenfalls wieder der durchschnittliche Rang der jeweiligen Strategie angegeben.

Strategie	Mittelwert	Standardabweichung	Rangmittelwert	Standardabweichung
KVSV	50,69 %	22,50 %	5,75	1,58
PVSV	44,26 %	22,96 %	3,36	1,19
KUSV	54,86 %	23,77 %	8,78	1,12
PUSV	51,42 %	25,85 %	8,27	1,91
KESV	52,46 %	22,65 %	7,18	1,23
PESV	49,10 %	22,41 %	5,81	1,99
PVS	40,77 %	23,12 %	1,16	0,36
PUS	47,53 %	25,94 %	5,06	1,63
PES	42,73 %	24,17 %	2,38	0,58
PFCFS	46,87 %	28,10 %	5,73	2,56

Tab. 50: Die relativen CO₂-Emissionen sowie mittleren Rangpositionen der Bündelungs-szenarien (Experiment 2)

Die dynamische Volumen-Strategie (*PVS*) hat den niedrigsten durchschnittlichen CO₂-Ausstoss im Rahmen der Transportsituationen (40,77 %) und hält diese erste Position auch in den meisten Szenarien inne (Rangmittelwert 1,16). Auf den weiteren Plätzen folgen die dynamische Ersparnis-Strategie (*PES*: 42,73 % und 2,38) sowie die statische produktorientierte Volumen-Strategie (*PVSV*: 44,26 % und 3,36). Das Schlusslicht bildet hier die statische kundenorientierte Umsatz-Strategie (*KUSV*: 54,86 % und 8,78).

Ein Unterschied zur Kostenperspektive ist der größere positive Einfluss der Dynamik bei den Rangpositionen der Strategien. So haben die Rangmittelwerte der dynamischen Strategien beim Erfolgsfaktor der Ökologie im Durchschnitt eine höhere Platzierung als bei den Kosten (*PVS*: 1,16 zu 2,04; *PUS*: 5,06 zu 5,41; *PES*: 2,38 zu 3,46). Das Auswahlkriterium ist im Zusammenhang mit den CO₂-Emissionen weniger entscheidend als der strategische Zeitpunkt des Auswahlverfahrens.

Unter der zusätzlichen Berücksichtigung der für die Bündelungstransporte lagernden Produktmengen, ist es möglich, den maximalen CO₂-Emissionssatz für den Energieverbrauch bei der Lagerung zu bestimmen, ab dem der relative Vorteil der Bündelungsstrategien gegenüber der direkten Transportstrategie hinsichtlich der Emissionen wegfällt. Die Ergebniswerte veranschaulicht die Tabelle 51.

Durch die Berücksichtigung der Lagermengen bei der Bewertung des ökologischen Erfolgsfaktors verändert sich die Situation beim Rangvergleich der einzelnen Strategien untereinander. Die Dominanz der dynamischen Strategien wird abgeschwächt. Die mittlere Rangposition der drei betroffenen Varianten wird jeweils höher (*PVS* von 1,16 zu 1,47; *PUS* von 5,06 zu 6,06; *PES* von 2,38 zu 2,87). Durch den häufigen Austausch der

wartenden Produkte bei den dynamischen Strategien während des Bündelungsprozesses ist der Lagerraum stetig ausgelastet und die durchschnittliche Lagermenge hoch.

Strategie	Mittelwert	Standard-abweichung	Rangmittelwert	Standard-abweichung
KVSV	20,75	7,75	5,02	1,47
PVSV	22,84	9,31	3,39	1,79
KUSV	17,76	6,42	7,59	1,79
PUSV	17,79	6,40	7,75	1,63
KESV	19,90	7,16	5,68	1,45
PESV	21,75	8,30	3,91	1,67
PVS	24,03	10,40	1,47	1,14
PUS	18,56	6,45	6,06	1,66
PES	22,48	9,32	2,87	1,08
PFCFS	13,63	5,78	9,83	0,90

Tab. 51: Maximale Emissionssätze für den Lageraufwand zur Erzielung positiver CO₂-Effekte durch die Bündelung sowie die mittleren Rangpositionen (Experiment 2)

Die statischen Strategien hingegen erfahren eine Verbesserung bei der ökologischen Perspektive, da sie mit deutlich geringeren durchschnittlichen Lagermengen operieren. Vor allem die ersparnisorientierten statischen Varianten profitieren in Bezug auf ihre mittleren Rangpositionen (*KESV* von 7,18 zu 5,68; *PESV* von 5,81 zu 3,91). Der Vorteil der Ersparnis-Strategien ist in diesem Fall, dass diese bei ihrer Auswahlfunktion für die Bündelungsprodukte bereits den Lagerprozess mit berücksichtigen. Die grundsätzliche Parallelität zum Kostenfaktor im Hinblick auf die Rangpositionen bleibt jedoch trotzdem erhalten.

5.3.3 Analyse der Zusammenhänge zwischen Parameterwerten und Erfolgsfaktoren

Der folgende Abschnitt analysiert insbesondere die Zusammenhänge zwischen einzelnen Parameterausprägungen und der Veränderung der jeweiligen Strategie-Erfolge. Ziel ist es, herauszufinden, in welche Richtung die Erfolgsfaktoren beeinflusst werden. Ausgehend von der Grundeinstellung der Parameter wie beim konstanten Szenario in Gliederungspunkt 5.3.1 werden einzelne Werte verändert und die Entwicklung der Ergebnisse mithilfe von Graphen visualisiert.

5.3.3.1 Einfluss der Bündelungskapazität auf Logistikkosten und Lieferzeit

Ein entscheidender Faktor für die strategische Einsatzplanung einer Sendungsbündelung bei beschränkter Kapazität ist die vorhandene Größe der Kapazität. Die folgende Abbildung zeigt sowohl die Kosten- als auch Lieferzeitentwicklung der einzelnen Bündelungsstrategien in Abhängigkeit der Bündelungskapazität. Die übrigen Parameterwerte sind konstant und entsprechen ihren Grundeinstellungen.

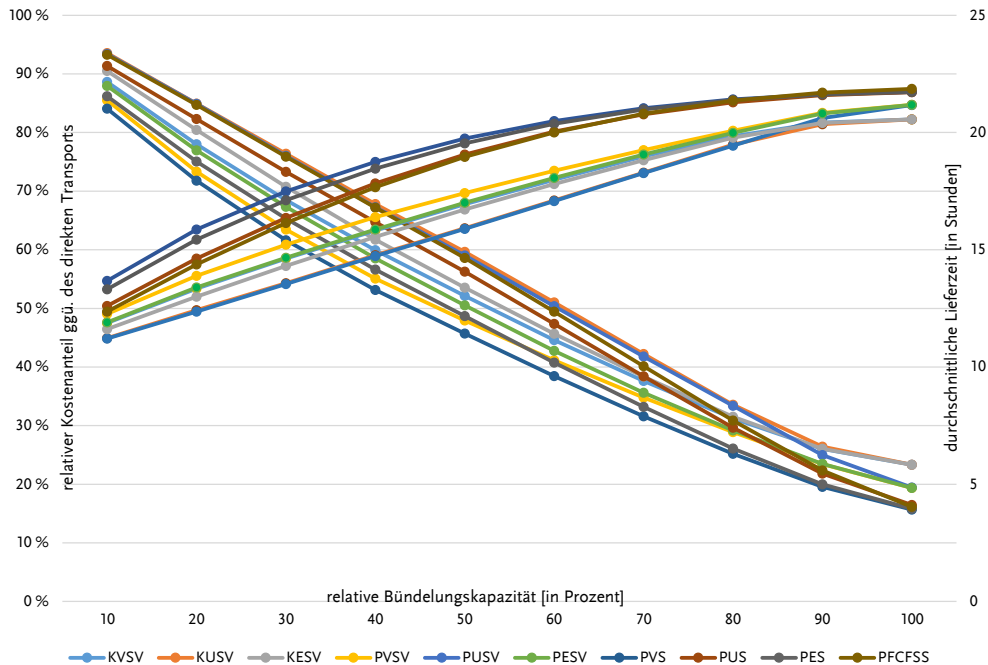


Abb. 35: Auswirkungen der relativen Bündelungskapazität auf die relativen Gesamtkosten und die mittleren Lieferzeiten der Szenarien (Experiment 2)⁶⁹⁶

Die Kurven von links unten nach rechts oben zeigen die jeweiligen durchschnittlichen Lieferzeiten der Strategien und sind der rechten vertikalen Achse zuzuordnen. Das Kurvenbündel von links oben nach rechts unten spiegelt hingegen die prozentuale Kostenentwicklung der Strategien wieder (siehe linke vertikale Achse). In Abhängigkeit der relativen Bündelungskapazität ist in dieser Graphik sehr deutlich der gegenläufige Effekt auf die beiden Faktoren Kosten und Zeit zu erkennen. Je höher die Bündelungskapazität ist, desto niedriger sind die anfallenden Kosten. Dieses zunehmende mögliche Kostensparnis generiert sich jedoch zu Lasten der durchschnittlichen Lieferzeit, die bei wachsender Bündelungskapazität ebenfalls ansteigt. Anders formuliert, lässt sich hier wiederum der Kerngedanke des Slow Logistics Konzepts erkennen. Die Verlangsamung der

⁶⁹⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Logistikprozesse (durch höhere Lieferzeiten) reduziert die Kosten bzw. verbessert die Kosteneffizienz (aufgrund der Möglichkeit, Bündelungspotentiale auszunutzen).

Bei beiden Faktoren liegen die wesentlichen Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Strategien im mittleren Bereich der relativen Bündelungskapazitäten. Hier ist die in den vorherigen Abschnitten ausführlich analysierte Reihenfolge der Strategien, von einigen Kurvenüberlagerungen abgesehen, noch einmal visuell nachzuvollziehen. Deutlich zeigen sich beispielsweise die durchgehende Spitzenposition der dynamischen Volumen-Strategie (PVS) hinsichtlich der Kosten sowie deren konstanter letzter Platz in Bezug auf die Lieferzeit.

Der Einfluss der Bündelungskapazität auf den Kostenfaktor ist in dem entwickelten Modell sehr hoch (vgl. Abb. 35). Ausgehend von der Basiskapazität von 10 % sind bei einer möglichen Ausnutzung des kompletten Bündelungspotentials von 100 % bis zu 70 % zusätzliche Kosteneinsparungen möglich. Im Rahmen der Implementierung einer Bündelungsstrategie ist die Berücksichtigung einer ausreichenden Bündelungskapazität dementsprechend eine wesentliche Grundvoraussetzung für den späteren Erfolg. Befindet sich im vorliegenden Modell die Bündelungskapazität in einem mittleren Bereich (ca. 30-70 %), bewirkt die Wahl der Bündelungsstrategie teilweise deutliche Leistungsunterschiede, sodass auch hier eine besondere Sorgfalt walten soll. Unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen des Modells ist zum einen der Einsatz einer dynamischen Strategie und zum anderen die Auswahl nach den Kriterien Produktvolumen und Ersparnis zu empfehlen. Abzuraten ist hingegen von kunden- und umsatzorientierten Bündelungsstrategien.

5.3.3.2 Einfluss der Produktheterogenität auf die Logistikkosten

Ein wesentlicher Grund für die Sinnhaftigkeit von Auswahlverfahren im Rahmen der Bündelungsstrategien ist das Vorliegen eines heterogenen Produktfeldes. Im Folgenden wird untersucht, welchen Einfluss der Grad der Heterogenität der bestellten Produkte auf den Kostenfaktor der unterschiedlichen Bündelungsstrategien hat.

Die Produktdifferenzierung funktioniert über die drei Eigenschaften des Produktwerts, des Produktvolumens und des Liefertermins. Mithilfe von prozentualen Abweichungsfaktoren vom jeweiligen Mittelwert lassen sich die Schwankungsintervalle für die einzelnen Eigenschaften vergrößern. Die Abweichungsfaktoren haben jeweils die drei Ausprägungswerte 0,3, 0,6 und 0,9. Die bisher untersuchte Grundeinstellung umfasste jeweils den Wert 0,6 bei allen drei Parametern.

Die drei Graphen auf der folgenden Seite (Abb. 36) zeigen das Verhalten der Bündelungsstrategien in der bereits bekannten Grundsituation (0,6; 0,6; 0,6) sowie bei jeweils minimaler (0,3; 0,3; 0,3) und maximaler (0,9; 0,9; 0,9) Heterogenität im Rahmen der drei relativen Bündelungskapazitäten von 10 %, 50 % und 90 %.

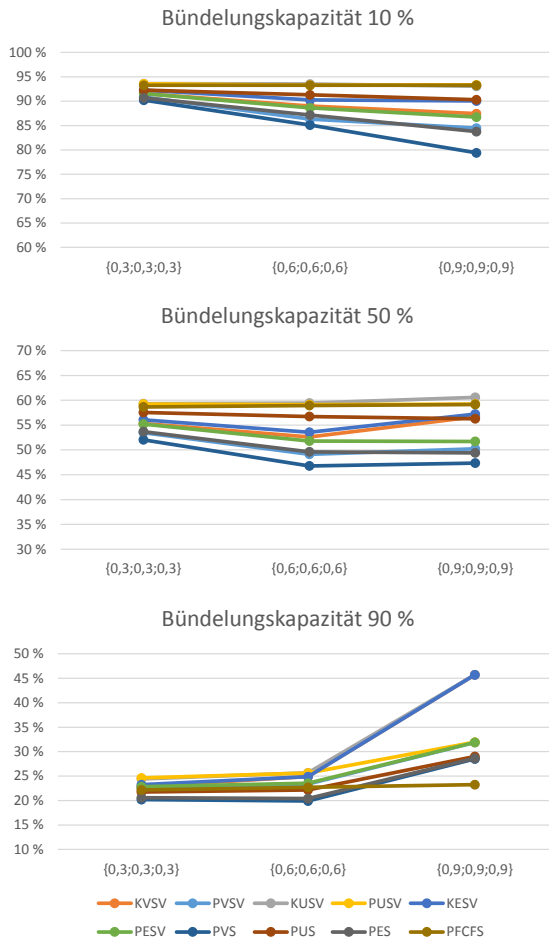


Abb. 36: Einfluss der Produktheterogenität auf die relativen Kosten der Szenarien bei den drei relativen Bündelungskapazitäten von 10 %, 50 % und 90 %⁶⁹⁷

Alle drei Graphen zeigen klar auf, dass die Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Strategien deutlicher zum Tragen kommen, je heterogener die Produktsituation ist. Bei einer Bündelungskapazität von 10 % profitieren vor allem die volumenorientierten Bündelungsstrategien. Der Grund sind die nun auftretenden Produkte mit sehr kleinem Volumen (bis zu -90 % vom Mittelwert), die es diesen Strategien ermöglicht, auch bei geringer Kapazität bereits viele Produkte zu bündeln und damit Einzeltransporte zu sparen.

Interessant ist auch die Situation bei 90 % Bündelungskapazität. Hier verursachen die Bündelungsstrategien im sehr heterogenen Fall höhere prozentuale Kosten als in den

⁶⁹⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

anderen beiden Fällen. Dies ist nun eine Folge der 90 %-Abweichungen bei den Lieferterminen. Im sehr heterogenen Fall treten viele Produkte mit sehr kurzen Lieferterminen auf, die nicht für die Bündelung geeignet sind. Das bedeutet, dass mit einer Bündelungskapazität von ca. 70 % bereits alle bündelungsgeeigneten Produkte erfasst werden und eine weitere Kostenreduktion gegenüber direkten Transporten nicht mehr erreicht werden kann.

Zur Verdeutlichung der eben beschriebenen Situation bei einer Kapazität von 90 % dient die Abbildung 37 mit der Darstellung der Kostenentwicklung bei sehr heterogenen Produkten in Abhängigkeit der Bündelungskapazität. Bei der *PFCFS*-Strategie ist zu beachten, dass diese über keine Vorstufe bei der Bündelungsauswahl verfügt, die für die Bündelung nicht geeignete Produkte aussortiert. Folglich führt diese Strategie zwar zu immer weiter sinkenden Kosten (siehe Abb. 37), verursacht aber parallel eine Vielzahl an Verspätungen, sodass diese Strategie aufgrund der mangelhaften Logistikqualität keine Alternative bietet. Die kundenorientierten Bündelungsstrategien haben in diesen Fällen ein geringeres Ausschöpfungspotential als die anderen Varianten, da jeweils nur eines der beiden Produkte ungeeignet sein muss, um den gesamten Kunden von der Bündelung auszuschließen.

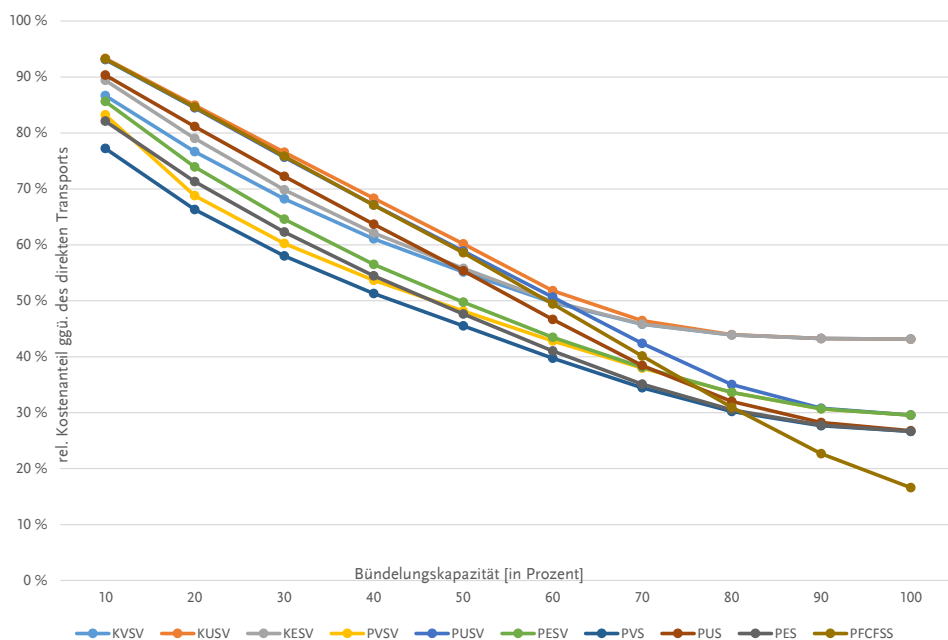


Abb. 37: Zusammenhang zwischen der relativen Bündelungskapazität und den relativen Gesamtkosten bei einem sehr heterogenen Produktportfolio (90 %) ⁶⁹⁸

⁶⁹⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Die beiden folgenden Graphen (Abb. 38 und Abb. 39) bestätigen noch einmal visuell die bereits weiter oben beschriebenen Einflüsse der beiden Parameter Lieferzeit- und Volumenabweichung auf die Kosten der einzelnen Strategien. Der erste Graph zeigt deutlich das zunehmende Kostenniveau bei einer hohen Bündelungskapazität, wenn die Abweichungsquote der Liefertermine ansteigt.

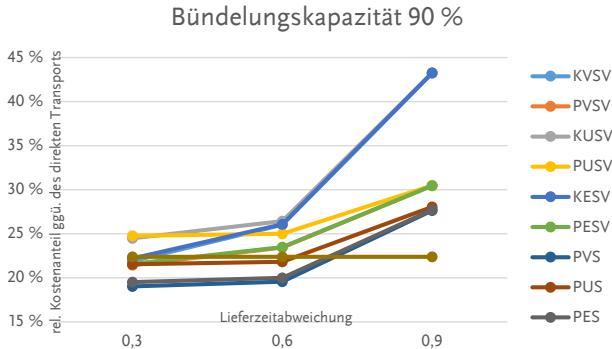


Abb. 38: Der Einfluss der Lieferzeitabweichung auf die relativen Kosten der Szenarien bei einer Bündelungskapazität von 90 %⁶⁹⁹

Unbeeinflusst von der Änderung der Lieferterminabweichung bleibt nur das Kostenniveau der *PFCS*-Strategie, da diese, wie bereits erwähnt, keine Bündelungseignungsprüfung durchführt. Bei den übrigen Strategien wird das gesamte durch Bündelung induzierte Kostenersparnispotential bei steigender Lieferterminabweichung geringer und ist somit bereits bei Kapazitäten kleiner als 100 % vollständig ausgeschöpft.

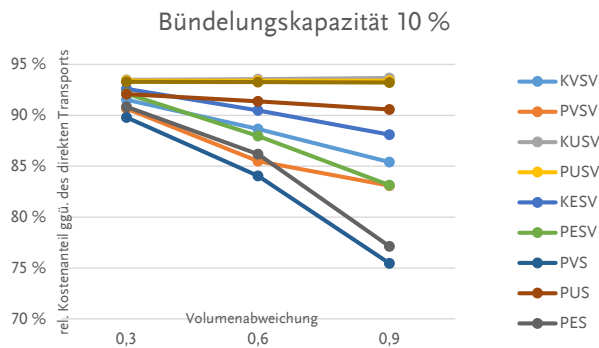


Abb. 39: Der Einfluss der Volumenabweichung auf die relativen Kosten der Szenarien bei einer Bündelungskapazität von 10 %⁷⁰⁰

⁶⁹⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷⁰⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Der zweite Graph zeigt erneut, dass bei sehr kleinen Bündelungskapazitäten die Steigerung der Volumenabweichung eine kostensenkende Wirkung bei den ersparnis- und vor allem volumenorientierten Strategien verursacht. Wie bereits erwähnt, führt hier das häufigere Auftreten von Produkten mit sehr kleinen Volumen dazu, dass die Kapazität für eine größere Anzahl an Bündelungselementen ausreicht, wodurch ein höheres Ersparnispotential generiert wird.

5.3.3.3 Statistische Untersuchung der Parametereinflüsse mithilfe der Regression

Die bisherige visuelle Analyse der Wirkungseffekte der Parameter Bündelungskapazität, Lieferterminabweichung und Volumenabweichung auf das Leistungsniveau der Bündelungsstrategien soll im Folgenden durch eine statistische Untersuchung der Simulationsergebnisse bestätigt werden. In diesem Fall bietet sich für die Überprüfung der kausalen Wirkungszusammenhänge eine Regressionsanalyse an.⁷⁰¹ Dies liegt zum einen daran, dass bereits Vermutungen bestehen, welche Variablen einen Einfluss auf die Kosten ausüben, und zum anderen an den metrischen Skalenniveaus der unabhängigen und abhängigen Variablen. Die Analyse der Wirkungseffekte auf das relative Kostenniveau wird im Folgenden ausführlich dargestellt. Im Anschluss daran werden die zentralen Ergebnisse der weiteren Untersuchungen hinsichtlich der beiden Erfolgsfaktoren Zeit und Ökologie kurz zusammengefasst.

Die Untersuchung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen ist der primäre Anwendungsbereich der Regressionsanalyse.⁷⁰² Aufgrund der Vielzahl der unabhängigen Variablen, die die jeweiligen Kosten der einzelnen Szenarien beeinflussen, muss in diesem Fall eine multiple Regressionsanalyse eingesetzt werden.⁷⁰³ Der Fokus der Anwendung, die mit Unterstützung des Statistikprogramms SPSS 23 durchgeführt wird, liegt hierbei auf der Ursachenanalyse.⁷⁰⁴ Anzumerken ist, dass die Regression in erster Linie Korrelationen zwischen Variablen nachweist.⁷⁰⁵ Sie schafft es hingegen nicht, zweifelsfreie Kausalitäten zu belegen. Für die vorliegende Datenstruktur und die gewünschten Erkenntnisse über die Zusammenhänge sind die Analysefähigkeiten der Regression jedoch ausreichend.

Im Rahmen der Regressionsanalyse erfolgt zunächst die Auswertung der grundsätzlichen Modellgüte. Für jede Strategie werden die zentralen Ursache-Wirkungs-Beziehungen anhand der folgenden Werte aufgezeigt. Der Wert „R“ ist ein Ausdruck für die all-

⁷⁰¹ Vgl. für diesen und folgenden Satz u. a. Rudolf/Müller (2004), S. 31ff. und Backhaus et al. (2006), S. 8f.

⁷⁰² Vgl. Backhaus et al. (2006), S. 46.

⁷⁰³ Vgl. Rudolf/Müller (2004), S. 41.

⁷⁰⁴ Vgl. für die verschiedenen Anwendungsbereiche der Regression (Ursachenanalyse, Wirkungsprognose, Zeitreihenanalyse) Backhaus et al. (2006), S. 49f.

⁷⁰⁵ Vgl. für diesen und folgenden Satz: Backhaus et al. (2006), S. 48.

gemeine multiple Korrelation des jeweiligen relativen Kostenanteils mit den ausgewählten Faktoren.⁷⁰⁶ R^2 zeigt an, zu welchem Anteil die Faktoren die Varianz der abhängigen Variablen erklären. Dieses sogenannte Bestimmtheitsmaß klassifizierte Cohen (1992) in drei Gruppen, um generelle Aussagen über die Effektstärke treffen zu können (Tab. 52).

Bestimmtheitsmaß (R^2)	Effektstärke
$R^2 \geq 0,0196$	Klein
$R^2 \geq 0,1304$	Mittel
$R^2 \geq 0,2592$	Groß

Tab. 52: Zusammenhang zwischen R^2 und der Effektstärke⁷⁰⁷

Der Standardfehler des Schätzers bewertet die mittlere Höhe des Fehlers bei der Verwendung der Regressionsfunktion zur Schätzung der abhängigen Variablen.⁷⁰⁸ Der Freiheitsgrad „ df “, der „ F -Wert“ sowie der *Signifikanz*-Wert sind ein Teilausschnitt aus der Varianzanalyse der Regression und sichern das Ergebnis gegen den Zufall ab. Insgesamt lassen sich durch diese Kenngrößen die signifikanten Wirkungseffekte der untersuchten Faktoren auf die jeweiligen Kostenwerte der einzelnen Strategien an darstellen. Die Tabelle 53 fasst diese Werte übersichtlich zusammen.

Strategie	R	R^2	Standardfehler des Schätzers	df	F	Sig.
KVSV	0,915	0,838	7,42 %	8	278964,09	0,000
PVSV	0,951	0,904	5,77 %	8	509741,12	0,000
KUSV	0,926	0,858	7,29 %	8	325357,97	0,000
PUSV	0,970	0,941	5,02 %	8	866001,57	0,000
KESV	0,909	0,826	7,82 %	8	256290,69	0,000
PESV	0,920	0,846	7,49 %	8	297357,29	0,000
PVS	0,965	0,931	5,15 %	8	730495,10	0,000
PUS	0,979	0,959	4,46 %	8	1250847,85	0,000
PES	0,966	0,934	5,15 %	8	764956,44	0,000
PFCFS	0,988	0,977	3,66 %	8	2286299,55	0,000

Tab. 53: Kennzahlen zur Modellgüte

Die R -Werte in der ersten Spalte weisen zunächst alle auf einen starken Zusammenhang zwischen den Logistikkosten und den abhängigen Parametern hin. Die genaue Berechnung der jeweiligen Bestimmtheitsmaße R^2 zeigt darüber hinaus, dass sich die Varianz

⁷⁰⁶ Vgl. u. a. Everitt/Dunn (2001), S. 179.

⁷⁰⁷ In Anlehnung an Cohen (1992), S. 159.

⁷⁰⁸ Vgl. Rudolf/Müller (2004), S. 40.

der relativen Kostenwerte jeweils zu einem großen Teil aus den neun untersuchten Faktoren erklären lässt.⁷⁰⁹ Die R^2 -Werte bewegen sich dabei in einem Intervall zwischen 0,838 (*KESV*) und 0,977 (*PFCFS*), was einem erklärten Varianzanteil von 83,8 % bzw. 97,7 % entspricht. In Verbindung mit den niedrigen Standardfehlern und der abgesicherten Signifikanz bestätigen die Auswertungsergebnisse die bereits vermuteten relevanten Einflüsse der Faktoren auf die relative Kostensituation der Szenarien. Nach der Klassifizierung von *Cohen* (1992) sind es bei allen Strategien Effekte mit großer Stärke. Für die Bewertung des individuellen Einflusses der einzelnen Faktoren bei einer Gesamtbetrachtung des Modells sind die Regressionskoeffizienten b_i ($i = 1, 2, \dots, 8$)⁷¹⁰ bzw. die jeweils zugehörigen standardisierten Regressionskoeffizienten-Werte β_i ($i = 1, 2, \dots, 8$) zentral.⁷¹¹ Während erstere die Koeffizienten zu der ermittelten Regressionsfunktion darstellen und den zur jeweiligen Einheit bzw. Messdimension passenden Einfluss wiedergeben, sind die standardisierten Werte von den Einheiten der untersuchten Parameter bereinigt. Das bedeutet, letztere können bei unterschiedlichen Einheiten bzw. Messdimensionen als Bewertungsmaßstab für die relative Wichtigkeit der jeweiligen Variablen herangezogen werden. Aus diesem Grund beschränkt sich die folgende statistische Auswertung auf die Darstellung der standardisierten Koeffizienten-Werte (β_i). Ein positives Vorzeichen des β -Koeffizienten drückt aus, dass die abhängige Variable sich in die gleiche Richtung entwickelt wie der entsprechende Faktor. Bei einem negativen Vorzeichen ist es genau umgekehrt. Je höher der Betrag des Wertes ist, desto stärker ist der Einfluss des jeweiligen Parameters.

Vor der Zusammenfassung und Interpretation der relevanten β -Werte werden zunächst die Modellprämissen der linearen Regression geprüft, um sicherzustellen, dass die Regressionskoeffizienten erwartungstreu und effizient sind.⁷¹² Die wesentlichen Voraussetzungen dafür sind keine Multikollinearität zwischen den Variablen, keine Autokorrelation zwischen den Störgrößen sowie die Normalverteilung und Homoskedastizität der Fehlerterme.⁷¹³

Bei den zugrundeliegenden Beobachtungswerten handelt es sich nicht um eine Zeitreihe, sondern um Querschnittsdaten. Das bedeutet, die Reihenfolge der Daten kann beliebig verändert werden. Deshalb macht die Prüfung der **Autokorrelation**, beispielsweise mit dem Durbin/Watson-Test, an dieser Stelle keinen Sinn.⁷¹⁴ Es liegt jedoch auch kein Grund zur Annahme einer Autokorrelation vor, sodass diese im Folgenden für die Störgrößen ausgeschlossen wird.

⁷⁰⁹ Vgl. für diesen und folgenden Satz Field (2013), S. 302.

⁷¹⁰ Die Elemente der Indexmenge i sind in diesem Fall die acht untersuchten Parameter (Kundenanzahl, Lieferzeitwunsch, Produktwert, Lieferzeitwunsch-Abweichung, Produktwert-Abweichung, Volumen, Volumen-Abweichung, Sammelkapazität).

⁷¹¹ Vgl. für diesen und folgende Sätze Backhaus et al. (2007), S. 61f.

⁷¹² Vgl. z. B. Backhaus et al. (2007), S. 79.

⁷¹³ Vgl. Field (2013), S. 309–312 und Hayes/Cai (2007), S. 710.

⁷¹⁴ Vgl. Backhaus et al. (2007), S. 102.

Zur Überprüfung der **Multikollinearität** werden die Toleranzwerte sowie die Varianzinflationsfaktoren (VIF) herangezogen.⁷¹⁵ Bei den untersuchten Regressionsmodellen für die jeweiligen Strategien ist keine Multikollinearität erkennbar, da beide Faktoren durchgehend den neutralen Wert 1 annehmen.

Eine weitere Voraussetzung für die Effizienz des linearen Regressionsmodells und speziell für die Validität der Konfidenzintervalle sowie der Signifikanz ist die **Homoskedastizität** der Residuen.⁷¹⁶ Das bedeutet die Störgrößen müssen unabhängig vom Schätzwert jeweils die gleiche Varianz aufweisen. Zur Prüfung der Homoskedastizität wird das Verfahren von Glejser (1969) verwendet, bei dem eine Regressionsfunktion für den absoluten Wert der Residuen und den Schätzwert der abhängigen Variablen berechnet wird.⁷¹⁷ Letztere Größe ist in diesem Fall der Prädiktor. Im Rahmen des Glejser-Verfahrens muss der dort ermittelte Regressionskoeffizient b gemäß der Nullhypothese gleich Null sein, um die Homoskedastizität zu bestätigen. In den vorliegenden Fällen weicht der Wert jedoch immer signifikant von Null ab, so dass stets auf Heteroskedastizität zu schließen ist. Dies stellt zwar eine Verletzung einer wichtigen Voraussetzung für die lineare Regression dar, jedoch lässt sich diese mithilfe alternativer Verfahren wieder begleichen. *Hayes und Cai* (2007) bieten beispielsweise eine Methode an, bei der die fehlerhaften Störgrößen durch geschätzte Fehlerterme ersetzt werden, und die somit robust gegenüber der Heteroskedastizität ist.⁷¹⁸ Die vorherigen Signifikanzen der berechneten Zusammenhänge verändern sich bei der Anwendung des robusten Verfahrens jedoch nicht, sodass keine Anpassungen bei den Irrtumswahrscheinlichkeiten vorgenommen werden müssen. Die zuvor berechneten Regressionskoeffizienten bleiben damit von der Heteroskedastizität unberührt.

Zur vollständigen Überprüfung der Modellprämissen werden die Residuen auf ihre **Normalverteilung** getestet, um die Unterschiede zwischen den Modell- und den Beobachtungswerten zu kontrollieren. Vor allem bei kleinen Stichproben führt eine fehlende Normalverteilung zu fehlerhaften Konfidenzintervallen und Signifikanzwerten. Bei großen Stichproben, wie im vorliegenden Fall, ist die Gültigkeit der jeweiligen Werte aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes auch bei kleinen Abweichungen von der Normalverteilung gewährleistet. Die berechneten Regressionsmodelle zeigen bei der Überprüfung der jeweiligen Histogramme der Residuen leichte Verschiebungen gegenüber der Normalverteilung. Zur Absicherung der Konfidenzintervalle wird das Modell erneut mithilfe der Bootstrap-Methode berechnet, was jedoch zu keinen Veränderungen bei den relevanten Regressionskoeffizienten führt.

⁷¹⁵ Vgl. für diesen Absatz: Field (2013), S. 324f. Der Toleranzwert ist der Kehrwert des Varianzinflationsfaktors ($1/VIF$).

⁷¹⁶ Vgl. Field (2013), S. 311.

⁷¹⁷ Vgl. z. B. Backhaus et al. (2007), S. 88.

⁷¹⁸ Vgl. Hayes/Cai (2007), S. 713–715.

Parameter	KVSV	PVSV	KUSV	PUSV	KESV	PESV	PVS	PUS	PES	PFCFS
Kunden- zahl	-0,089	-0,092	-0,084	-0,080	-0,087	-0,086	-0,064	-0,042	-0,057	-0,049
Lieferzeit- wunsch	-0,164	-0,086	-0,123	-0,046	-0,158	-0,084	-0,059	-0,026	-0,052	0,000 ¹
Produkt- wert	0,180	0,191	0,156	0,147	0,177	0,226	0,230	0,198	0,212	0,201
LZW-Ab- weichung	0,269	0,143	0,184	0,069	0,257	0,140	0,103	0,040	0,090	0,000 ¹
PW-Ab- weichung	0,001 ¹	0,000 ¹	-0,019	-0,030	0,008	0,013	-0,001 ¹	-0,014	0,024	0,000 ¹
Volumen	0,182	0,193	0,158	0,149	0,179	0,227	0,232	0,200	0,214	0,203
Vol.-Ab- weichung	-0,083	-0,137	0,006	0,006	-0,072	-0,130	-0,157	-0,016	-0,150	0,000 ¹
Sammel- kapazität	-0,811	0,881	-0,867	-0,940	-0,812	-0,832	-0,884	-0,936	-0,898	-0,945
¹ Werte sind statistisch nicht signifikant (<0,01).										

Tab. 54: β -Werte der Regressionskoeffizienten

Nachdem die notwendigen Prämissen für das lineare Regressionsmodell erfüllt sind, fasst Tabelle 54 alle β -Koeffizienten für die analysierten Strategien zusammen, die im Folgenden interpretiert werden. Eine eventuell fehlende Signifikanz der entsprechenden Werte wird ebenfalls angemerkt.

Wenig überraschend nach den bisherigen Auswertungen weist der Faktor der Sammelkapazität den mit Abstand größten Einfluss auf. Die durchweg signifikanten β -Werte befinden sich über alle Strategien hinweg in einem Wertebereich zwischen $-0,811$ (KVSV) und $-0,945$ (PFCFS). Das negative Vorzeichen zeigt, dass eine Erhöhung der Bündelungskapazität zu einer Verringerung der Kostenwerte innerhalb der Bündelungsszenarien führt. Die hohen Betragswerte nahe dem oberen Grenzwert von 1 deuten auf einen starken Effekt hin.

Bei der PFCFS-Strategie ist die Auswahl der Bündelungselemente unabhängig von den Eigenschaften der Produkte. Dementsprechend wirkt sich die Heterogenität der Produkte auch nicht auf die Kostensituation aus. Nur die beiden Faktoren, die direkt auf das absolute Gesamtkostenniveau wirken (Anzahl der Kunden, Produktwert)⁷¹⁹, haben neben der relativen Bündelungskapazität einen nennenswerten Einfluss auf die Kostenvarianz.

⁷¹⁹ Die Steigerung des Produktwerts erhöht direkt die entscheidungsrelevanten Lagerkosten und die größere Kundenzahl erhöht die Anzahl der Transporte und damit die Transportkosten.

Sobald eine Vorauswahl implementiert ist, besitzen die beiden Lieferzeitfaktoren eine relevante Wirkung auf die Kosteneffizienz der Strategien.⁷²⁰ Bei den kundenorientierten Strategien ist dieser Effekt deutlicher ausgeprägt. Dies kann vor allem an der Vervielfältigung der ungeeigneten Sendungen liegen, indem beide Produkte eines Kunden als bündelungsungeeignet eingestuft werden, sobald eines der beiden die relevanten Kriterien erfüllt. Das absolute Wertniveau des mittleren Volumens hat vor allem bei der produktorientierten Ersparnis-Strategie einen positiven Einfluss. Ein sehr geringer Effekt lässt sich ebenfalls bei der kundenorientierten Variante aufzeigen. Die weiteren Strategien bleiben hiervon jedoch unbeeinflusst. Deutlicher wird es hingegen beim Faktor der Volumenabweichung. Besonders bei den Volumen-Strategien und den Ersparnis-Strategien ist dort eine relevante Wirkung messbar. Während die Auswahl der Bündelungselemente bei den erstgenannten jeweils direkt vom Volumen abhängt, spielt das Volumen bei der Ersparnisbewertung zumindest eine indirekte Rolle, sodass der identifizierte Wirkungseffekt in diesen Fällen nachvollziehbar ist. Im Folgenden werden die β -Koeffizienten für jeden Faktor noch einmal im Einzelnen ausgewertet und interpretiert. Die **Anzahl der Kunden** hat einen geringen Effekt auf die relativen Kosten der einzelnen Strategien. Die Werte der β -Faktoren sind dabei über die Strategien hinweg ähnlich, den geringsten Betrag besitzt die dynamische Umsatz-Strategie (*PUS*) mit $-0,042$ und den höchsten Betrag die statische produktorientierte Volumen-Strategie (*PVSV*) mit $-0,092$. Bei einer steigenden Kundenzahl ist ein größeres Potential für Kostenersparnisse durch eine Sendungsbündelung vorhanden, das in den jeweiligen Szenarien auch genutzt wird. Die Folgen sind höhere, tatsächlich umgesetzte Kostenersparnisse, welche die Messgröße der relativen Kosten von den einzelnen Strategien entsprechend verringert. Auf die gleiche Weise lassen sich auch die β -Werte des Parameters **Lieferzeitwunsch** interpretieren. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Werten sind jedoch deutlich größer als bei der Kundenanzahl. Der niedrigste Einfluss des Lieferzeitwunsches wird bei der dynamischen Umsatz-Strategie (*PUS*) mit $-0,026$ registriert, der höchste Einfluss ist wiederum bei der statischen kundenorientierten Volumen-Strategie (*KVSV*) mit $-0,164$ bemerkbar. Ausgenommen von der Wertebetrachtung ist in diesem Fall die First-Come-First-Serve-Strategie (*PFCFS*), auf die der Faktor keinen Einfluss besitzt. Dieser generelle Zusammenhang zwischen steigenden Lieferzeitwünschen und sinkenden Kostenanteilen bestätigt die grundsätzlichen Ansätze des Slow Logistics Konzepts, dass aufgrund größerer Ausschöpfungspotentiale bei Lieferzeiten die Kostensituation in der Distribution verbessert werden kann.

Der **Produktwert** übt ebenfalls einen relevanten Einfluss aus, der bei allen Strategien nun ein positives Vorzeichen besitzt. Das bedeutet, das relative Kostenniveau der Strategien steigt parallel zu wachsenden Produktwerten. Der entscheidende Faktor dabei ist die Abhängigkeit der Lagerkosten vom Produktwert. Diese nehmen durch einen steigenden Produktwert ebenfalls zu und führen entsprechend zu höheren Gesamtkostenanteilen.

⁷²⁰ Die PFCFS-Strategie ohne Vorauswahl verzeichnet entsprechend keinen Effekt.

Den niedrigsten Wert verzeichnet hier die statische produktorientierte Umsatz-Strategie (*PUSV*) mit 0,147, den höchsten Wert die dynamische Volumen-Strategie (*PVS*) mit 0,230.

Die **Lieferzeitabweichung** beeinflusst die Kosten der jeweiligen Strategie in ähnlicher Weise wie der Produktwert. Vor allem die kundenorientierten Strategien verzeichnen einen deutlichen Effekt. Den höchsten Wert hat die statische kundenorientierte Volumen-Strategie (*KVSV*) mit 0,269, während die dynamische Umsatz-Strategie (*PUS*) mit 0,040 den geringsten Einflusswert besitzt. Die Zunahme der Lieferzeitabweichung führt zu einem heterogeneren Produktportfolio mit einer breiten Streuung des Lieferzeitwunsches. Der dadurch höhere Anteil sehr kurzer Lieferzeitwünsche sorgt für eine wachsende Anzahl an bündelungsungeeigneten Produkten und das gesamte Bündelungspotential sinkt. Die ausgeschöpften Kostenersparnisse werden deshalb ebenfalls geringer, d. h. die relativen Kosten steigen.

Die **Produktwertabweichung** hat nur geringe, aber sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die einzelnen Strategien. Alle volumenorientierten Strategien (*KVSV*, *PVSV*, *PVS*) und die First-Come-First-Serve-Strategie (*PFCFS*) zeigen keine Einflüsse auf. Die umsatzorientierten Strategien (*KUSV*, *PUSV*, *PUS*) besitzen jeweils einen kleinen Effekt mit negativen Vorzeichen (-0,019; -0,030; -0,014), während die Gruppe der ersparnisorientierten Szenarien (*KESV*, *PESV*, *PES*) kleine, aber positive Wirkungen verzeichnet (0,008; 0,013; 0,024). Die Interpretation ist in diesem Fall schwierig. Klar ist, dass der Produktwert sowohl in den umsatz- als auch ersparnisorientierten Auswahlverfahren eine zentrale Rolle einnimmt. Mit zunehmenden Produktwertabweichungen steigen die relativen Kosten bei den ersparnisorientierten Varianten und sinken die relativen Kosten bei den umsatzorientierten Strategien.

Der **mittlere Volumenwert** hat bei allen Strategien einen relevanten Effekt auf die relativen Kosten. Bei den beiden statischen Umsatz-Varianten ist der Einfluss am geringsten (*KUSV*: 0,158; *PUSV*: 0,149). Die dynamischen Strategien (*PUS*, *PES*, *PVS*, *PFCFS*) liegen alle über einem Effektwert von 0,2, während die statischen Alternativen (*PVSV*, *KVSV*, *KESV*) knapp darunter bleiben. Die Ausnahme hier bildet die statische produktorientierte Ersparnis-Strategie (*PESV*) mit einem Wert von 0,227. Das Vorzeichen ist in allen Fällen positiv, d. h. ein höherer mittlerer Volumenwert verursacht einen Anstieg der relativen Kosten. Wie der Produktwert wirkt auch das Volumen eines Produktes direkt auf die Erhöhung der Warte- bzw. Lagerkosten. Zudem passen bei höherem Volumen weniger Produkte in die jeweils vorgegebene Bündelungskapazität und die benötigte Anzahl an Transporten erhöht sich. Der bei den Transportkosten erzielte Ersparnis-effekt durch die Bündelungsstrategien vermindert sich aus diesen Gründen und die relativen Kostenanteile steigen entsprechend.

Die **Volumenabweichung** übt wiederum auf die relativen Kosten fast aller Strategien einen Effekt aus, nur die *PFCFS*-Strategie fällt in diesem Fall heraus. Bei den beiden statischen Umsatz-Varianten besitzt der Einflusswert ein positives Vorzeichen und ist mit jeweils

0,006 sehr gering. Für die übrigen Strategien verbessert sich die Kostensituation (relative Kosten sinken) mit steigender Volumenabweichung, d. h. mit zunehmender Heterogenität und breiterer Streuung der Produktvolumenwerte. Ein höherer Anteil an kleinen Produktvolumen vergrößert in der Regel die Anzahl der Produkte, die im Rahmen der volumen- und ersparnisorientierten Strategien gebündelt werden können. Mehr Bündelprodukte führen zu höheren Kostenersparnissen und damit zu niedrigeren relativen Kosten. Den höchsten Einflusswert verzeichnet die dynamische Volumen-Strategie (PVS) mit $-0,157$, der geringste negative Wert mit $-0,016$ ist bei der PUS-Strategie zu beobachten.

Wie bereits erwähnt, besitzt der Parameter *Sammelkapazität* den stärksten Einfluss auf die Kostensituation bei den Strategien. Die einzelnen Werte sind konstant hoch und befinden sich innerhalb des Intervalls von $-0,811$ (KVSV) bis $-0,945$ (PFCFS). Das negative Vorzeichen zeigt, dass mit zunehmender Bündelungskapazität die relativen Kosten sinken. Höhere Kapazitäten generieren ein größeres Bündelungspotential, dessen Ausnutzung zu einer Steigerung der Kostenersparnisse führt.

Im Rahmen der Berechnung der Regressionswerte wird ebenfalls die Korrelation der Faktoren untereinander sowie mit dem jeweiligen Kostenwert überprüft. Die Faktoren korrelieren dabei nur mit den jeweiligen Kostenwerten der unterschiedlichen Strategien und nicht untereinander. Damit entsprechen die in der vorherigen Tabelle 54 beschriebenen β -Werten jeweils den Korrelationswerten nach Pearson.

Strategie	R	R ²	Standardfehler des Schätzers	df	F	Sig.
KVSV	0,912	0,832	1,11	8	267829,47	0,000
PVSV	0,961	0,923	0,76	8	651276,47	0,000
KUSV	0,925	0,856	1,08	8	321890,51	0,000
PUSV	0,979	0,958	0,64	8	1221418,17	0,000
KESV	0,905	0,818	1,16	8	242900,06	0,000
PESV	0,916	0,839	1,07	8	281706,04	0,000
PVS	0,909	0,827	1,02	8	257806,15	0,000
PUS	0,929	0,863	1,04	8	339660,04	0,000
PES	0,914	0,835	1,05	8	273615,57	0,000
PFCFS	0,960	0,922	0,88	8	640722,80	0,000

Tab. 55: Modellgüte für den Erfolgsfaktor Zeit

Abschließend folgt eine kurze Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse bei der statistischen Analyse der Parametereinflüsse auf die Erfolgsfaktoren Zeit und Ökologie. Die grundsätzliche Modellgüte ist in beiden Fällen gewährleistet und für die einzelnen Strategien jeweils auf dem gleichen Niveau wie in der Kostensituation. Auch diese beiden Erfolgsfaktoren werden dementsprechend in einem hohen Umfang von den acht

Umweltparametern beeinflusst. Die Tabellen 55 (Zeit) und 56 (Ökologie) zeigen die entsprechenden Kennzahlen.

Strategie	R	R ²	Standardfehler des Schätzers	df	F	Sig.
KVSV	0,923	0,851	8,68 %	8	308523,19	0,000
PVSV	0,967	0,935	5,86 %	8	773994,63	0,000
KUSV	0,934	0,872	7,54 %	8	368407,20	0,000
PUSV	0,983	0,966	4,78 %	8	1525134,12	0,000
KESV	0,915	0,838	9,13 %	8	278356,06	0,000
PESV	0,926	0,858	8,45 %	8	325711,42	0,000
PVS	0,969	0,940	5,69 %	8	839011,35	0,000
PUS	0,985	0,970	4,52 %	8	1727058,87	0,000
PES	0,973	0,947	5,57 %	8	962829,18	0,000
PFCFS	0,998	0,995	1,89 %	8	11911172,85	0,000

Tab. 56: Modellgüte für den Erfolgsfaktor Ökologie

Bei den β -Koeffizienten der linearen Regressionen bestätigt sich die Erkenntnis aus der graphischen Analyse (vgl. vorherigen Gliederungspunkt), dass sich der Einfluss der Parameter auf die Lieferzeit entgegengesetzt zur Kostensituation verhält. So lassen sich aus den berechneten Kennzahlen für jede Strategie die gleichen Schlüsse ziehen wie bei den Logistikkosten, nur in umgekehrter Richtung. Die Beträge der Koeffizienten sind auf einem sehr ähnlichen Niveau, nur das Vorzeichen ist jeweils anders (vgl. Tab. 57).

Parameter	KVSV	PVSV	KUSV	PUSV	KESV	PESV	PVS	PUS	PES	PFCFS
Kunden-zahl	0,002	0,006	0,004	0,006	0,003	0,009	0,010	-0,003	0,005	0,004
Lieferzeit-wunsch	0,172	0,088	0,128	0,045	0,164	0,086	0,125	0,091	0,113	0,000 ¹
Produkt-wert	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	-0,032	-0,131	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹
LZW-Ab-weichung	-0,282	-0,146	-0,192	-0,066	-0,267	-0,144	-0,230	-0,165	-0,208	0,000 ¹
PW-Ab-weichung	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	-0,029	-0,052	0,000 ¹	0,000 ¹	-0,027	0,000 ¹
Volumen	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	-0,032	-0,131	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹
Vol.-Ab-weichung	0,073	0,124	-0,004	-0,003	0,062	0,107	0,094	0,012	0,091	-0,001 ¹
Sammel-kapazität	0,847	0,937	0,896	0,975	0,845	0,873	0,866	0,909	0,878	0,960

¹ Werte sind statistisch nicht signifikant (<0,01).

Tab. 57: β -Koeffizienten der linearen Regression für den Erfolgsfaktor Zeit

Die β -Koeffizienten beim Erfolgsfaktor Ökologie bestätigen ebenfalls die Interpretationen aus der graphischen Analyse. Hier sind die Wirkungseffekte jedoch parallel zur Kostensituation. Das heißt, die Einflüsse der Parameter auf den Erfolgsfaktor sind sowohl von der Richtung als auch von der jeweiligen Größenordnung mit den jeweiligen Fällen der Logistikkosten vergleichbar (vgl. Tab 58). Aufgrund dieser Analogie lassen sich auch die gleichen Schlüsse wie in der ausführlich geschilderten Kostensituation ziehen.

Parameter	KVSV	PVSV	KUSV	PUSV	KESV	PESV	PVS	PUS	PES	PFCFS
Kunden- zahl	-0,089	-0,092	-0,084	-0,079	-0,088	-0,092	-0,072	-0,049	-0,064	-0,055
Lieferzeit- wunsch	-0,163	-0,080	-0,120	-0,040	-0,155	-0,080	-0,069	-0,036	-0,058	0,000 ¹
Produkt- wert	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,029	0,120	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹
LZW-Ab- weichung	0,263	0,132	0,175	0,056	0,248	0,133	0,122	0,059	0,101	0,000 ¹
PW-Ab- weichung	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,028	0,048	0,000 ¹	0,000 ¹	0,039	0,000 ¹
Volumen	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,029	0,119	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹
Vol.-Ab- weichung	-0,068	-0,111	0,005	0,005	-0,059	-0,100	-0,132	-0,015	-0,127	0,000
Sammel- kapazität	-0,862	0,943	-0,906	-0,977	-0,859	-0,886	-0,947	-0,981	-0,955	-0,996

¹ Werte sind statistisch nicht signifikant (<0,01).

Tab. 58: β -Koeffizienten der linearen Regression für den Erfolgsfaktor Ökologie

Die beiden folgenden Tabellen 59 und 60 stellen beispielhaft die β -Koeffizienten der beiden Strategien KVSV und KESV für alle drei Erfolgsfaktoren gegenüber, um die parallelen Wirkungseffekte bzw. entgegengesetzte Wirkungsrichtung nochmal aufzuzeigen. Hier lässt sich die Parallelität der Wirkungsrichtung der Parameter auf die beiden Erfolgsfaktoren Kosten und Ökologie sowie die Gegensätzlichkeit zum Faktor Zeit deutlich erkennen. Während die Kosten- und Ökologie-Werte stets das gleiche Vorzeichen haben, ist es bei den Zeit-Werten genau umgekehrt. Auch die Intensität der einzelnen Effekte ist sehr ähnlich. Lediglich bei der Einflussstärke der beiden Parameter Produktwert und Volumenwert gibt es deutliche Unterschiede. Der Grund ist, dass diese vor allem als Treiber für die Warte- bzw. Lagerkosten wirken und in diesem Zusammenhang für die Erfolgsfaktoren Zeit und Ökologie weniger relevant sind.

Parameter	Kosten	Zeit	Ökologie
Kundenzahl	-0,089	0,002	-0,089
Lieferzeitwunsch	-0,164	0,172	-0,163
Produktwert	0,180	0,000*	0,000*
LZW-Abweichung	0,269	-0,282	0,263
PW-Abweichung	0,001*	0,000*	0,000*
Volumen	0,182	0,000*	0,000*
Vol.-Abweichung	-0,083	0,124	-0,068
Sammelkapazität	-0,811	0,937	-0,862
* Werte sind statistisch nicht signifikant (<0,01).			

Tab. 59: Vergleich der β -Koeffizienten der Erfolgsfaktoren bei der KVSV-Strategie

Parameter	Kosten	Zeit	Ökologie
Kundenzahl	-0,087	0,003	-0,088
Lieferzeitwunsch	-0,158	0,164	-0,155
Produktwert	0,177	-0,032	0,029
LZW-Abweichung	0,257	-0,267	0,248
PW-Abweichung	0,008	-0,029	0,028
Volumen	0,179	-0,062	0,029
Vol.-Abweichung	-0,072	0,062	-0,059
Sammelkapazität	-0,812	0,845	-0,859
* Werte sind statistisch nicht signifikant (<0,01).			

Tab. 60: Vergleich der β -Koeffizienten der Erfolgsfaktoren bei der KESV-Strategie

5.3.4 Ergebnisinterpretation und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Der folgende Abschnitt fasst die Simulationsstudie mit den grundlegenden Annahmen, den durchgeführten Experimenten sowie den Ergebnissen noch einmal kurz zusammen, bevor aus den gewonnenen Erkenntnissen Handlungsempfehlungen für die Unternehmenspraxis sowie für den weiteren Einsatz des Simulationsmodells gegeben werden.

5.3.4.1 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

Das Ziel der Simulationsstudie ist es, mehrere potentielle Strategien für die Identifizierung der richtigen Bündelungsprodukte bei beschränkter Bündelungskapazität und einem heterogenen Produktangebot zu evaluieren. Als Basismodell wird hierfür eine Distributionssituation zwischen einer Quelle und einer Senke betrachtet, wobei die Senke mehrere unterschiedliche Kunden mit ihren jeweiligen individuellen Bestellungen beinhaltet. Die Auslieferung erfolgt mit einem eigenen Fuhrpark. Die entscheidungsrelevanten Kosten setzen sich aus den Transportkosten und den Wartekosten der Bündelungsprodukte zusammen. Für die Evaluation der Strategien sind die Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit, Qualität und Ökologie verantwortlich.

Das erste Experiment besteht aus 10000 Simulationsläufen bei konstanten Rahmenbedingungen und dient der Leistungsbeurteilung der entwickelten Auswahlstrategien unter Berücksichtigung stochastischer Einflüsse. Eine Sensitivitätsanalyse des Simulationsmodells ist der Inhalt des zweiten Experiments. Unter der Variation der einzelnen Parameterwerte werden die Auswahlstrategien bei sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen überprüft. Für jede Parameterkonstellation werden jeweils 100 Simulationsläufe durchgeführt. Das zweite Experiment sichert zum einen die Robustheit der Ergebnisse und steigert damit deren Aussagekraft. Zum anderen sind dadurch Erkenntnisse über die Zusammenhänge der Parameterwerte und der Leistung der einzelnen Strategien möglich.

Die zentralen Erkenntnisse der Simulationsstudie lassen sich wie folgt zusammenfassen. Die Bündelung ist bei den betrachteten Distributionssituationen auch bei geringen Bündelungskapazitäten ein geeignetes Instrument, um sowohl die Kosten als auch die Schadstoffemissionen zu reduzieren, ohne die Logistikleistung wesentlich zu beeinträchtigen. Bei einem sehr heterogenen Produktfeld ist es jedoch sinnvoll, Bündelungsstrategien zur Identifizierung generell geeigneter Produkte und zur Auswahl der am besten passenden Bündelungselemente zu implementieren.

1. Nur Bündelungsstrategien mit einer Vorauswahl der generell zur Bündelung geeigneten Produkte gewährleisten bei allen Umweltbedingungen die Einhaltung der vorgegebenen Logistikqualität durch eine pünktliche Lieferung.

Die Erfolgswirkungen der verschiedenen Strategien sind von unterschiedlicher Intensität und teilweise abhängig von den gegebenen Rahmenbedingungen.

2. Die dynamische Volumen-Strategie ist hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz die beste Bündelungsmethode.
3. Dynamische Auswahlstrategien sind hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz ihren statischen Varianten überlegen.
4. Das Auswahlmerkmal Volumen ist hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz den anderen beiden Merkmalen überlegen.

5. Die produktorientierte Variante ist innerhalb der statischen Auswahlstrategien hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz den kundenorientierten Verfahren vorzuziehen.
6. Hinsichtlich der Lieferzeit sind die Leistungen der Bündelungsstrategien genau umgekehrt zu der ökonomischen und ökologischen Effizienz zu bewerten.
7. Mit steigender Bündelungskapazität verringern sich die Kosten und die Schadstoffemissionen innerhalb der Bündelungsszenarien.
8. Eine zunehmende Heterogenität des Produktfelds führt zu einer stärkeren Differenzierung der Erfolgsfaktorwerte der einzelnen Bündelungsstrategien.
9. Den stärksten Effekt auf die Erfolgsfaktoren besitzt die Größe der Bündelungskapazität. Zudem übt das generelle Ersparnispotential der Sendungsbündelung, definiert vor allem durch die Kundenanzahl, den Produktwert und die Lieferzeitwünsche sowie Lieferzeitwunsch-Abweichungen, einen wesentlichen Einfluss auf die Erfolge aus.

Einschränkend ist an dieser Stelle festzuhalten, dass die Ergebnisse nur innerhalb der untersuchten Rahmenbedingungen des Modells gesichert sind.

5.3.4.2 Kritische Würdigung des Simulationsprojekts

Die Simulationsergebnisse sind abhängig von den gewählten Parametereinstellungen und den getroffenen Annahmen bei der Modellentwicklung. Die Gefahr der subjektiven Beeinflussung der Ergebnisse wird zum einen durch die Orientierung des Modells an den bisherigen Publikationen auf diesem Teilgebiet und zum anderen durch die große Variabilität der Parameterwerte eingedämmt.

Die Vielfalt und Komplexität realer Distributionssysteme wird im Rahmen des Modells aufgrund der getroffenen Annahmen stark vereinfacht. Das Ziel der Studie ist es nicht, eine reale Distributionssituation möglichst detailgetreu abzubilden, sondern ein Basismodell zu schaffen, um erste Erkenntnisse auf dem bisher noch nicht untersuchten Gebiet der beschränkten Bündelungskapazität und dem Einsatz von Bündelungsauswahlstrategien zu sammeln. Die Einfachheit des Modells soll helfen, grundlegende Erkenntnisse schnell und unkompliziert auf eine Vielzahl an spezifische Szenarien anpassen und anwenden zu können.

Generell ist die Beschränkung der Bündelungskapazität zwar kein weit verbreitetes Problem im Rahmen der Distribution von verarbeitenden Unternehmen, für einige Vertreter aber dennoch ein wesentlicher Hinderungsgrund für die Implementierung einer Bündelungspolitik, wie die empirische Studie zeigt.⁷²¹ Im Zusammenhang mit der zunehmenden Individualisierung der Produkte und der damit steigenden Produktheterogenität bei gleichzeitiger Intensivierung der „grünen“ Ausrichtung des Wirtschaftens können Bündelungsoptionen zudem zukünftig eine noch größere Rolle bei der Distri-

⁷²¹ Vgl. auch Abschnitt 4.2.2.

bution einnehmen. Die Erkenntnisse dieses Simulationsmodells sollen helfen, die Einstiegsbarrieren auch für kleine und mittlere Unternehmen mit geringen Platzangeboten niedrig zu halten.

Darüber hinaus sind die Erkenntnisse zur generellen Identifizierung der bündelungsgerechten Produkte für grundsätzlich alle Bündelungssituationen bei heterogenen Produktfeldern interessant, auch wenn keine Kapazitätsbeschränkungen vorliegen. Die Überprüfung der potentiellen Bündelungseignung ist gemäß der Simulationsergebnisse eine Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der Bündelungspolitik ohne Verminderung der Logistikqualität.⁷²²

Die eingesetzten und analysierten Bündelungsstrategien inklusive der genutzten Auswahlmerkmale stellen keine in sich geschlossene Gruppe dar, sondern sind ebenfalls als grundlegende Basisforschung zu verstehen. Die Merkmale sollen erfolgswirksame Ansätze aufzeigen und Anreize für Weiter- und Neuentwicklungen bieten.

5.3.4.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen

Für die Entscheidungsträger und verantwortlichen Manager im Distributionsbereich der Unternehmen mit einem heterogenen Produktportfolio sind zunächst zwei Erkenntnissen des Simulationsmodells von zentraler Bedeutung. Die durchgeführte Simulationsstudie schärft das Bewusstsein für die Suffizienz der Bündelungsstrategien, indem sie noch einmal deutlich die Wechselwirkung zwischen den vier Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit, Qualität und Ökologie aufzeigt. Eine Steigerung der ökonomischen und ökologischen Effizienz bei konstanter Qualität der Lieferung ist in den meisten Fällen nur mit einer gleichzeitigen Verlängerung der Lieferzeiten möglich. Diese Gegenläufigkeit der Erfolgseffekte ist auch der Kernaspekt des zugrundeliegenden Konzepts Slow Logistics, welches speziell nach Verlängerungspotentialen innerhalb der Logistikprozesse sucht, um diese gewinnbringend auszunutzen. Mit diesem Bewusstsein können die Logistikverantwortlichen ihr jeweiliges Wertschöpfungsnetzwerk analysieren und/oder (re-)konfigurieren, um Zeitpotentiale zu identifizieren oder zu generieren, deren Ausschöpfung zu wesentlichen Verbesserungen im Gesamtsystem führen. Speziell in der Distributionslogistik sind diese Erkenntnisse wichtig für das Verhandeln der Lieferzeitfenster mit den jeweiligen Kunden. So kann z. B. auch ein Anteil der möglichen Bündelungsersparnis als finanzieller Anreiz bzw. Ausgleich dem Kunden bei der Verhandlung über ein für die Bündelung notwendiges größeres Lieferzeitfenster angeboten werden.

Die zweite zentrale Erkenntnis für die verantwortlichen Manager im Rahmen von Bündelungsentscheidungen ist die Bedeutung der generellen Bündelungseignungsprüfung bei einem heterogenen Produktportfolio. Auch hier ist eine Parallelität zu den in Kapitel 2 dargelegten Ansätzen des Slow Logistics Konzepts zu erkennen. Eine zentrale Voraussetzung für letzteres ist nämlich der produktspezifische Einsatz und die damit notwendige vorausgehende Identifikation geeigneter Produkte. Eine fehlende Überprüfung der

⁷²² Vgl. auch Abschnitt 5.3.2.3.

Bündelungseignung kann zu Verspätungen führen und damit die Lieferzuverlässigkeit als wichtigen Teil der Logistikqualität reduzieren. Die Stabilität des Qualitätsniveaus ist jedoch für eine positive Bewertung des Einsatzes von Bündelungs- bzw. Slow Logistics Konzepten entscheidend.

Für Unternehmen, die zudem mit der Herausforderungen von Kapazitätsbeschränkungen bei der Bündelungstätigkeit zu Recht kommen müssen, bietet die Studie weitere Verwendungszwecke. Aufgrund der einfachen und allgemeinen Grundstruktur des Modells ist es möglich, die bestehende Basis an die eigenen Ansprüche anzupassen und weiter zu entwickeln. Mit einem überschaubaren Aufwand lassen sich so spezifische neue Distributionssituationen abbilden oder auch neue Ideen und Ansätze für Auswahlstrategien integrieren. Diese Funktion als Basismodell ist zudem für weitere wissenschaftliche Untersuchungen im Bereich der Sendungsbündelungsforschung interessant, die beispielsweise zusätzliche Rahmenbedingungen und Distributionsszenarien ergänzen möchten.

Ein Beispiel für die Weiterentwicklung des Basismodells zu einem spezifischen Distributionsmodell für eine reale Problemsituation in der Unternehmenspraxis zeigt der folgende Gliederungspunkt.

5.4 Eine Fallstudie zur Implementierung des Simulationsmodells in der Unternehmenspraxis

In diesem Unterkapitel wird das entwickelte Simulationsmodell für die Lösung eines praktischen Distributionsproblems herangezogen. Zum einen soll die vorhandene Praxisrelevanz der Sendungsbündelung bei begrenzter Kapazität an diesem Beispiel dargelegt werden. Zum anderen zeigt es die hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Basismodells als Analyseinstrument. Zunächst folgt eine kurze Vorstellung des abzubildenden Unternehmens und seines Distributionsprozesses, bevor die notwendigen Anpassungen des Modells an die spezifische Situation ausführlich erläutert werden. Abschließend erfolgt die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse sowie der daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen an das Unternehmen.

5.4.1 Der Distributionsprozess des betrachteten Unternehmens

Das betrachtete Unternehmen UHC aus der Gesundheitsindustrie versendet seine Produkte regelmäßig mithilfe eines KEP-Dienstleisters an seine Kunden. Das Ziel des Unternehmens ist es, die über den Tag eingegangenen Bestellungen noch am selben Abend zu verschicken. Die Lieferaufträge werden zum Teil direkt aus dem firmeneigenen Fer-

tigwarenlager und zum Teil direkt aus der Produktion heraus erfüllt. Bei UHC tritt häufig die Situation auf, dass derselbe Kunde mehrere unterschiedliche Bestellungen über den Tag verteilt aufgibt. Da jede Bestellung einzeln behandelt wird, folgen daraus im Versand stets mehrere Päckchen bzw. Pakete an die gleiche Lieferadresse. Die Gründe für die individuelle Behandlung der Bestellungen sind zum einen ein starker Fokus auf schnelle Durchlaufzeiten vom Eingang der Bestellung bis zum fertigen Paket am Postausgang und zum anderen die geringe Raumkapazität zur Einplanung von Zwischen- bzw. Sammellägern für die täglichen Verkaufsmengen. Aus dem Versand werden die fertigen Pakete am Abend von einem KEP-Dienstleister abgeholt und am folgenden Tag bei den Kundenadressen abgeliefert. Pro Paket bezahlt das Unternehmen UHC Liefergebühren an den KEP-Dienstleister in Abhängigkeit des Paketvolumens. Das mögliche Ersparnispotential durch das Bündeln von mehreren Einzelpaketen zu einem großen Sammelpaket an den gleichen Kunden wird durch das Simulationsmodell überprüft. Dabei findet die sehr begrenzte Kapazität der vorhandenen Sammelfläche sowie die weiterhin bestehende Bedingung des Versands am selben Tag Berücksichtigung.

5.4.2 Anpassung des Grundmodells an die neue Situation

Die Struktur des bestehenden Modells eignet sich bereits als Grundlage für die neue Distributionssituation. Der Fokus liegt weiterhin auf einem Unternehmen als Versandquelle, welches Bestellungen von einer Gruppe an Kunden empfängt, die über eine bestimmte Zeitdauer hinweg potentiell gesammelt werden können, um dann abschließend als Einzel- oder Sammelsendungen zum jeweiligen Kunden zu gelangen. Die Kunden bzw. Produkte differenzieren sich über die Nachfragemenge, die Häufigkeit der Nachfrage sowie über das jeweilige Lieferauftragsvolumen. Für die weiteren Prozessdetails sind die vier folgenden Anpassungen notwendig:

1. Die Anpassung der Transportsituation vom eigenen Fuhrpark zur KEP-Dienstleistung.
2. Die Berücksichtigung neuer Kostenfunktionen.
3. Die Berücksichtigung neuer individueller Zielorte der Bestellungen.
4. Die Anpassung der Parameterwerte und -ausprägungen.

5.4.2.1 Anpassung der Transportsituation

Die Veränderung von eigenen Transportfahrzeugen zur Transportdienstleistung ist mit wenig Aufwand möglich. Bei den KEP-Transporten erfolgt die Abholung aller Sendungen dem gleichen Prinzip wie die Abholung der Bündelungsprodukte im Basismodell. Jeden Tag werden die Pakete zum gleichen Zeitpunkt abgeholt, der Bündelungszyklus bleibt demnach konstant. Aufgrund der Irrelevanz für die Simulationsergebnisse sowie der einfachen und schnelleren Umsetzung bleibt die konkrete Struktur der Bausteine

des Distributionsprozesses unverändert und die notwendigen Anpassungen bestehen lediglich in der Implementierung einer neuen Berechnungsweise der Transportkosten, die im nächsten Abschnitt erläutert werden.

5.4.2.2 Berücksichtigung neuer Kostenfunktionen

Der wesentliche Unterschied zum Basismodell besteht in der Zusammensetzung der Transportkosten. Diese beinhalten nur noch variable Kosten in Abhängigkeit der jeweiligen Paketgröße, die versendet wird. Das Unternehmen UHC bezahlt pro Paket Gebühren an den KEP-Dienstleister. Da die Paketgebühren pro Volumeneinheit mit steigender Paketgröße abnehmen, sind deutliche Ersparnisse durch das Zusammenlegen von Sendungen möglich. Die folgende Tabelle 61 zeigt den Zusammenhang zwischen der maximalen Paketkapazität W_z , gemessen in Volumen-Gewicht-Einheiten (VGE), und den jeweiligen Paketgebühren r_z in Geldeinheiten (GE).

Paketgröße Z	1	2	3	4	5	6
Maximale Kapazität W_z in [VGE]	1	4	7	10	14	20
Porto r_z ⁷²³ in [GE]	6.65	6.70	7.90	9.10	11.85	14.20

Tab. 61: Paketgrößen und Paketgebühren⁷²⁴

Die Entitäten als Repräsentanten der Kundenaufträge innerhalb der Simulation erfahren folgende Änderungen. Die Anzahl der Bestellungen pro Tag eines Kunden sowie das dazugehörige Gesamtgewicht werden nun jeweils auf einer Entität zusammengefasst. Die poissonverteilte Ankunftsrate der Entitäten bleibt damit unverändert bei einer pro Tag ($1/\text{Tag}$ bzw. $0,04133/\text{Stunde}$). Im Mittel generiert jeder Kunde damit jeden Tag eine Entität mit allen notwendigen Auftragsinformationen. Die Identifizierung der Bündelungsobjekte erfolgt kundenorientiert, d. h. statt einzelnen Produkte werden die Kunden ausgewählt. Die als Bündelungselement identifizierten Entitäten werden als Sammelpaket abgerechnet, die übrigen Entitäten hingegen jeweils als mehrere Einzelpakete. Bei der Abrechnung als Sammelpaket wird das Gesamtgewicht der jeweiligen kundenspezifischen Tagesnachfrage als Grenzwert für die Bestimmung der Paketgröße herangezogen, woraus sich dann die entsprechenden Paketgebühren als Transportkosten ergeben. Im Fall der Versendung als Einzelpakete wird das kundenspezifische Gesamtgewicht durch die Anzahl der Bestellungen geteilt. Dem Einzelbestellungsgewicht wird wiederum Paketgröße und -gebühr zugeordnet und die Summe der jeweiligen Einzelsendungsgebühren ergeben schließlich die Transportkosten pro Kunde. Zur Verdeutlichung dient das folgende Zahlenbeispiel. Ein Kunde (K) bestellt am ersten Tag drei Mal

⁷²³ Vgl. UPS (2014): Service Option: Standard Single, Zone 1.

⁷²⁴ In Anlehnung an die Tarifwerte bei UPS (2014).

mit einem Gesamtvolumen von 12 VGE. Für die Simulation wird dieser Nachfragevorgang auf einer Entität mit den Informationen *Nachfragemenge* = 3 und *Gesamtvolumen* = 12 abgespeichert. Für ein Sammelpaket wird in diesem Fall die *Paketgröße* 4 benötigt, da das *Gesamtvolumen* (=12) höher ist als der *Paketgrenzwert* (hier gleich 10). Für eine *Paketgröße* 4 ist eine *Gebühr* von 9,10 GE fällig, was dann auch den Transportkosten entspricht. Für Einzelpakete wird das *Gesamtvolumen* durch die *Nachfragemenge* geteilt: $12/3=4$. Ein Volumenwert von 4 VGE entspricht jeweils der *Paketgröße* 2 mit 6,70 GE Paketgebühren. Die *Transportkosten* im *Einzelsendungsfall* betragen insgesamt $3 \cdot 6,70 \text{ GE} = 20,10 \text{ GE}$. Die Bündelung führt in diesem Fall zu einer *Ersparnis* von $20,10 \text{ GE} - 9,10 \text{ GE} = 11 \text{ GE}$.

5.4.2.3 Berücksichtigung der Zielorte

Da die Zielorte der Sendungen in der neuen Situation in den Verantwortungsbereich des KEP-Dienstleisters fallen und damit für das Unternehmen UHC nicht entscheidungsrelevant sind, werden sie im Modell nicht berücksichtigt. Es wird dabei unterstellt, dass die Pakete unabhängig von ihrer Größe innerhalb der festgelegten Zeit beim Kunden eintreffen. Die Modellbetrachtung endet jeweils nach der Abholung der Sendungen durch den Dienstleister.⁷²⁵

5.4.2.4 Anpassung einzelner Parameterwerte sowie deren Ausprägungen

Die *Nachfragemenge* des Basismodells hat den konstanten Wert 1. Für das neue Distributionsmodell wurden die realen Versanddaten des betrachteten Unternehmens über einen Zeitraum von zwei Monaten analysiert. Innerhalb dieser zwei Monate gab es 46 Liefertage. Die Bestimmung der Nachfragemenge setzt sich aus zwei Verfahren zusammen. Das erste Verfahren entscheidet, ob der Kunde an diesem Tag überhaupt einen Auftrag durchführt. Ist dies nicht der Fall, nimmt die Nachfragemenge den Wert 0 an. Zu diesem Zweck wurde für jeden Kunden das Verhältnis zwischen der Anzahl der Tage ohne Bestellung und den 46 Liefertagen berechnet. Die Verhältniskennzahl dient als Wahrscheinlichkeitswert für die Entscheidung des Simulationsmodells, ob die Nachfragemenge den Wert 0 annimmt oder nicht. Das folgende Rechenbeispiel verdeutlicht den Sachverhalt. Ein Kunde (K) hat an 23 Tagen keine Bestellung aufgegeben. Das angesprochene Verhältnis ist in dem Fall $23 \text{ (Tage)} / 46 \text{ (Tage)} = 0,5$. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % nimmt somit der Parameter Nachfragemenge einen Wert von 0 an. Das zweite Verfahren berechnet die Anzahl der Bestellungen für den Fall, dass mindestens ein Auftrag stattfindet. Zu diesem Zweck wird eine Dreiecksverteilung eingesetzt, die ebenfalls auf den realen Daten basiert. Für den Mittelwert und den Maximalwert jedes Kunden wird jeweils der berechnete Wert aus den vorhandenen Daten genutzt. Der Minimumwert ist jeweils 1.

⁷²⁵ Die im Basismodell vorhandenen Bausteine der Zielorte existieren zwar weiterhin, nehmen jedoch keinen Einfluss mehr auf das Simulationsergebnis.

Das **Volumen**, welches im Basismodell für den Mittelwert die beiden Ausprägungen 1 und 2 innehatte, wird ebenfalls aus den realen Daten des Unternehmens bestimmt. Während der Parameter Volumen in der Basisversion das jeweilige Produktvolumen kennzeichnete, wird er nun für den Gesamtvolumenwert der jeweiligen Tagesbestellungen genutzt. Für die Berechnung des Gesamtvolumens wird eine Gamma-Verteilung verwendet. Die Gamma-Verteilung wird von den beiden Parameter a und b bestimmt und eignet sich vor allem zur Generierung einer Verteilung bei kleinen Stichprobenumfängen. Der Parameter a spezifiziert dabei die Kurvenform der Verteilung, während b den Bezug zum Wertenniveau herstellt. Der Erwartungswert der Gamma-Verteilung ist $a \cdot b$. Für die Häufigkeitsverteilungen der Kunden eignet sich in diesem Fall der a -Wert 2, um eine den Häufigkeiten angemessene Kurve durch die Gamma-Verteilung zu erzielen. Der b -Wert für jeden Kunden berechnet sich dann aus dem Mittelwert der realen Daten geteilt durch den a -Wert 2.

Der **Produktwert** ist im neuen Modell nicht entscheidungsrelevant und wird deshalb auf den Wert 1 festgesetzt.

Der **Lieferzeitwunschwert** ist ebenfalls nicht entscheidungsrelevant im neuen Modell und erhält deshalb den Wert 48.

Die Auswirkung heterogener Produktportfolios wird im vorliegenden Modell nicht untersucht. Aus diesem Grund sind die Werte der jeweiligen **Abweichungsparameter** alle auf den Wert 0 % festgesetzt.

5.4.2.5 Anpassung einzelner Strategien sowie der Erfolgsfaktoren

Die grundlegende Idee der Strategien bleibt zwar bestehen, aufgrund der alternativen Kostenfunktionen und den weiteren abweichenden Parameterausprägungen ändern sich aber einige Details bei der Umsetzung. Die produktorientierten Strategien werden für diese Betrachtung nicht benötigt, da die Tagesbestellungen jedes Kunden produkt-homogen sind und generell nur kundenbezogen gebündelt werden soll. Die Volumen-Strategien fokussieren in diesem Fallbeispiel auf das *durchschnittliche* Gesamtvolumen der Bestellungen eines Kunden pro Tag (statisch) bzw. auf das jeweilige *tatsächliche* Gesamtvolumen eines Kunden am jeweiligen Tag (dynamisch). Für die Studie wird angenommen, dass sich der Umsatz direkt proportional zum Produktvolumen verhält. Die Berechnung des Umsatzes jedes Kunden erfolgt somit durch die Multiplikation des Produktwertes mit dem Produktvolumen. Die Umsatz-Strategie verhält sich dadurch in Bezug auf die Kundenauswahl genau entgegengesetzt zur Variante der Volumen-Strategie. **Ökologie.** Der ökologische Erfolg der jeweiligen Sendungsbündelungsstrategie in diesem Modell zeigt sich über den jeweiligen Gesamtverbrauch an Verpackungsmaterial für den Versand der Bestellungen. Als Verpackungsmaterial wird in diesem Fall speziell die Außenverpackung in Form eines Pappkartons berücksichtigt. Der Verbrauch des

Pappkartons ist abhängig von der verwendeten Paketgröße und lässt sich in CO₂-Äquivalente umrechnen. Für jede Strategie ergibt sich dementsprechend eine relevante CO₂-Größe zur Bewertung ihrer ökologischen Effekte.

Zeit/Aufwand. Die durchschnittlichen Lieferzeiten für die Bestellungen ändern sich in diesem Modell durch die Implementierung der Sendungsbündelung nicht, da die jeweiligen Bestellungen am gleichen Tag durch den KEP-Logistikdienstleister unabhängig von einer Bündelung abgeholt werden. Jedoch entsteht während des spezifischen Bündelungsprozesses ein anderer zusätzlicher Zeitaufwand, der im Folgenden als Bewertungskriterium für die zeitlichen Effekte der Strategien dienen soll. Der Verpackungs- bzw. Kommissionieraufwand nimmt durch das mehrfache Handling der für die Bündelung vorgesehenen Bestellungen zu. Der höhere Zeitverbrauch bei der Zwischenlagerung der Bündelungsprodukte in einem Regal ist dabei der entscheidende Faktor. Für jede gebündelte Bestellung wird deshalb ein vorgegebener konstanter Zeitaufwand angenommen, der in der Summe für die vorliegende Studie ein Bewertungskriterium für den zeitlichen Effekt darstellt.

Qualität. Für die Bewertung der jeweiligen Auswirkungen der Bündelungsstrategien auf die Qualität der Logistikleistung gibt es im Rahmen dieser Distributionssituation keine adäquate Messgröße. Die Liefertreue der jeden Tag zum vereinbarten Zeitpunkt abgeholt Pakete liegt hier im Verantwortungsbereich des KEP-Dienstleisters und ist unabhängig von der Bündelung der Bestellungen. Im Rahmen dieser Fallstudie wird deshalb auf die Bewertung der Qualitätseffekte durch den Einsatz einer Bündelungsstrategie verzichtet.

Kosten. Die Logistikkosten setzen sich hier aus der jeweiligen Gesamtsumme der Paketgebühren zusammen. Eine ausführliche Erläuterung zu dieser Anpassung erfolgte bereits in Gliederungspunkt 5.4.2.2.

5.4.3 Verifikation und Validierung des angepassten Simulationsmodells

Das zugrundeliegende Basismodell ist bereits ausführlich verifiziert und validiert (vgl. Gliederungspunkt 5.2.4), sodass in erster Linie die Anpassungen und Erweiterungen im Rahmen eines Schreibtisch-Tests selbstständig auf Vollständigkeit, Korrektheit, Konsistenz und Eindeutigkeit überprüft werden. Für jede neu hinzugefügte oder veränderte Formel werden zudem Dimensionstests durchgeführt, die jedoch keine Fehler aufzeigen. Sowohl die Simulationsläufe mit deterministischen Werten als auch die Grenzwertanalyse mit den Kapazitätswerten von 0 % und 100 % sind ebenfalls unauffällig und entsprechen den zu erwarteten Ergebnissen. Bei einer Kapazität von 0 % transportieren alle Strategien jede einzelne Sendung direkt und verursachen deshalb alle dieselben Kosten, Lieferzeiten und ökologischen Werte. Eine Kapazität von 100 % führt dazu,

dass alle Auswahlkriterien dieselben Ergebnisse generieren. Aufgrund der Modellannahmen bzw. der Konfiguration der Strategien verbleibt ein geringer Leistungsunterschied zwischen den Gruppen der statischen und dynamischen Strategien. Letztere erreichen in dieser Situation die jeweils minimal möglichen Kosten.

Auch das allgemeine Verhalten der Strategien während der einzelnen Simulationsläufe unter verschiedenen Rahmenbedingungen zeigt keine Auffälligkeiten und ist logisch sowie argumentativ nachvollziehbar.

Aufgrund der positiven Ergebnisse der durchgeführten V&V-Tests ist die Modellanpassung an diesem Punkt abgeschlossen und die Validität der Ergebnisse der folgenden Simulationsexperimente sichergestellt.⁷²⁶

5.4.4 Auswertung und Analyse der Simulationsergebnisse

Für die Analyse der vorliegenden Bündelungssituation werden die sechs Strategiealternativen unter den vier gegebenen relativen Kapazitätsgrenzen von 25 %, 50 %, 75 % und 100 % getestet.⁷²⁷ Das Experiment umfasst jeweils 1000 unabhängige und zufällige Simulationsläufe für jedes Szenario. Die sechs Bündelungsstrategien werden anhand der drei Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit/Aufwand sowie Ökologie bewertet und verglichen.

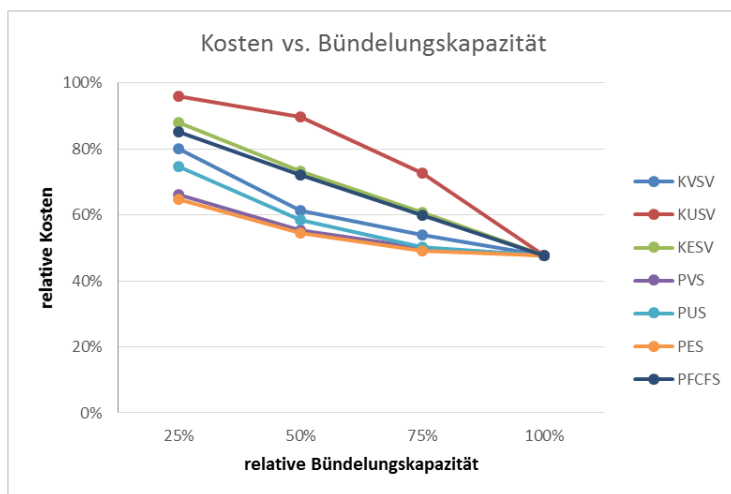


Abb. 40: Einfluss der Bündelungskapazität auf die Kostensituation⁷²⁸

Kosten. Bei der Analyse der Kostensituation der verschiedenen Strategien sind deutliche Parallelen zum Basismodell zu erkennen. Zum einen sinken hier ebenfalls die Kosten

⁷²⁶ Vgl. Law (2007), S. 244f.

⁷²⁷ Die relative Kapazität berechnet sich in diesem Fall über den jeweiligen Anteil an der Gesamtsumme der durchschnittlichen Nachfragevolumina der Kunden.

⁷²⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

der jeweiligen Strategien mit steigender Bündelungskapazität und zum anderen sind die dynamischen Varianten bei den begrenzten Kapazitäten die jeweils dominierenden Strategien. Die Abbildung 40 zeigt die Entwicklung der relativen Kosten der einzelnen Bündelungsstrategien in Abhängigkeit der gegebenen Bündelungskapazität und veranschaulicht die eben genannten Erkenntnisse.

Die dynamischen Bündelungsstrategien profitieren bei der vorliegenden Distributions-situation von ihrer Flexibilität und der damit verbundenen Anpassungsfähigkeit auf die stark schwankenden Bestellmengen der Kunden. Während die statischen Varianten die Bündelungskunden vor der Betrachtungsperiode fest auswählen und an Tagen ohne Bestellungen dieser Kunden ungenutzte Bündelungskapazitäten vorweisen, berücksichtigen die dynamischen Strategien jeden Tag nur die Kunden, die auch tatsächlich eine Bestellung aufgeben. Die daraus folgende bessere Auslastung der Bündelungskapazität führt zu den niedrigeren Kosten.

Gut zu erkennen ist in der Abbildung wiederum der generelle Zusammenhang zwischen steigender Bündelungskapazität und sinkenden Kosten. Eine Besonderheit, die sich bereits im Basismodell beim sehr heterogenen Produktportfolio andeutete, zeigt sich hier ebenfalls. Die zu Beginn deutlichen Anteile der Kostenreduzierung nehmen mit wachsender Bündelungskapazität ab. Bei voller Bündelungskapazität (100 %) ist eine Kostenersparnis von bis zu 52 % gegenüber dem Einzelversand möglich. Die dynamische Volumen- und Ersparnis-Strategie schöpfen bereits bei einer Bündelungskapazität von 50 % jeweils durchschnittlich 45 % Kostenersparnisse ab.⁷²⁹ Dies liegt daran, dass zwar die Bündelungskapazität in Relation zu allen Kunden bzw. Produkten gemessen wird, aber nicht alle Kunden bzw. Produkte generell bündelungsg geeignet sind.⁷³⁰ Hier zeigt sich wieder, dass die vorherige Identifikation bündelungsg geeigneter Produkte bzw. Kunden eine zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Planung und Implementierung von Bündelungsprozessen ist.

Die folgende Tabelle 62 listet die jeweiligen durchschnittlichen Kostenwerte der einzelnen Strategien mit ihren Standardabweichungen sowie die mittlere Rangposition der Strategien im Vergleich. Da vor allem die Bewertung der Strategien bei beschränkter Bündelungskapazität gefragt ist, sind in den Werten die Ergebnisse der Bündelungskapazität von 100 % (= unbeschränkt) nicht enthalten.

Die beiden besten Strategien in Bezug auf die Kosten sind die dynamische Volumen- und Ersparnis-Strategie, wobei letztere insgesamt etwas besser abschneidet. Die dynamische Umsatz-Strategie verbleibt auf einem konstanten dritten Rang. Bei den statischen Varianten ist das Volumen klar das kostengünstigste Auswahlkriterium und die

⁷²⁹ Das bedeutet mit der Verdopplung der Kapazitäten auf 100 % sind dann nur noch 7 % zusätzliche Ersparnisse möglich.

⁷³⁰ Kunden, die nur einmal am Tag bestellen, brauchen beispielsweise nicht gesammelt werden. Vgl. dazu auch die Ausführungen zum Basismodell bei sehr heterogenem Produktportfolio (Gliederungspunkt 5.3.3.2).

Umsatzstrategie die konstant teuerste Lösung. Die wesentlichen Unterschiede zum allgemeinen Basismodell sind das deutlich verbesserte Abschneiden der dynamischen Ersparnis-Strategie sowie der dynamischen Umsatz-Strategie im Vergleich zu den anderen Alternativen. Letztere befindet sich nun auf einem durchschnittlichen dritten Rang (3,00), anstatt im Mittelfeld (6,07) mit den statischen Strategien zu konkurrieren. Mit Ausnahme der First-Come-First-Serve-Strategie ist damit im Praxisfall eine klare Trennlinie zwischen den dynamischen und statischen Varianten zu erkennen. Das Auswahlmerkmal Volumen als beste sowie der Umsatz als schlechteste Option für statische Strategien sind hingegen zwei Gemeinsamkeiten bei den Erkenntnissen des allgemeinen und spezifischen Modells.

Strategie	Mittelwert	Standard-abweichung	Rangmittelwert	Standard-abweichung
KVSV	65 %	11 %	3,99	0,21
KUSV	86 %	10 %	7,00	0,00
KESV	74 %	11 %	5,73	0,44
PVS	57 %	7 %	1,79	0,43
PUS	61 %	10 %	3,00	0,25
PES	56 %	7 %	1,25	0,48
PFCFS	72 %	11 %	5,25	0,47

Tab. 62: Die relativen Kosten bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität

Zeit/Aufwand. Wie aus den Erkenntnissen des Basismodells zu erwarten, verhält sich der Erfolgsfaktor Zeit bzw. Aufwand wieder entgegengesetzt zum Kostenfaktor. In diesem Fall bietet die Verlängerung (=Verlangsamung) der Verpackungs- bzw. Kommissionierzeit die Möglichkeit, Bündelungen durchzuführen und Kosten zu sparen. Höhere Kosteneinsparungen benötigen in diesem Zusammenhang jeweils längere Verpackungszeiten, wie aus der Tabelle 63 unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der vorherigen Abschnitte abzuleiten ist.

Strategie	Mittelwert	Standard-abweichung	Rangmittelwert	Standard-abweichung
KVSV	2673	785	4,97	1,38
KUSV	893	656	1,00	0,00
KESV	1641	815	2,01	0,11
PVS	3160	162	6,21	0,98
PUS	2992	320	4,77	0,65
PES	3087	259	5,96	0,61
PFCFS	2036	794	3,06	0,44

Tab. 63: Der Zeitaufwand bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität

Während die teuerste Bündelungsstrategie (statische Umsatz-Strategie) einen sehr kurzen zusätzlichen Zeitaufwand verursacht, benötigen die beiden kostengünstigsten Strategien (dynamische Volumen- und Ersparnis-Strategie) erheblich längere zusätzliche Zeitfenster. Das Fallbeispiel aus der Unternehmenspraxis bestätigt damit die Erkenntnisse des Basismodells und zeigt, dass die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen der Zeit und den Kosten eine zentrale Voraussetzung für die Planung und Implementierung von Sendungsbündelungsmodellen ist.

Ökologie. Obwohl für die Bewertung des Erfolgsfaktors Ökologie im vorliegenden Fall ein anderer Ansatz als im Basismodell gewählt worden ist, sind trotzdem interessante Parallelen zu beobachten. Die Entwicklung des ökologischen Erfolgs ist auch hier eng mit der Kostenentwicklung der jeweiligen Strategie verbunden. Die günstigsten Strategien verursachen entsprechend den geringsten Ausstoß an CO₂-Äquivalenten. Die folgende Tabelle 64 listet zur Übersicht den durchschnittlichen Ausstoß jeder Strategie an CO₂, gemessen durch den Verbrauch an Wellpappe bei der Versendung der Bestellungen mithilfe von Paketen.

Bei einem Vergleich mit Tabelle 62 ist die erwähnte Parallelität gut zu erkennen. Die dynamischen Volumen- und Ersparnis-Strategie sind die CO₂-ärmsten Varianten, während die statische Umsatz-Strategie wieder klar den letzten Platz belegt.

Strategie	Mittelwert	Standard-abweichung	Rangmittelwert	Standard-abweichung
KVSV	236,4	29,4	4,04	0,21
KUSV	283,6	26,6	7,00	0,00
KESV	254,5	29,0	5,67	0,47
PVS	217,3	20,9	2,05	0,34
PUS	221,4	24,3	2,91	0,30
PES	210,5	17,8	1,05	0,26
PFCFS	251,8	28,1	5,29	0,54

Tab. 64: Der CO₂-Aufwand bei 25 %, 50 % und 75 % Bündelungskapazität

5.4.5 Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Mithilfe der Sendungsbündelung ist eine Versandkostensparnis bei allen Strategien realisierbar. Abgesehen von der statischen Umsatz-Strategie sind bei allen Varianten bereits ab einer Bündelungskapazität von 25 % deutliche Kostenreduzierungen zu erwarten.

Die dynamischen Bündelungsstrategien sind sowohl kostengünstiger als auch umweltfreundlicher, verursachen jedoch einen höheren Kommissionier- und Verpackungsaufwand. Als statische Alternativen mit weniger zeitlichem Aufwand bieten sich in erster Linie die Volumen-Strategie an, die vor allem bei einer Bündelungskapazität von 50 % mit dem Kostenniveau und dem Verpackungsverbrauch der dynamischen Strategien konkurrieren kann.

Als generelle Erkenntnis für die Entscheidungsträger ist die Wechselwirkung zwischen der Senkung der Versandkosten und der Steigerung des Aufwands zu beachten sowie die sättigende Steigung der Ersparniskurve in Abhängigkeit der Bündelungskapazität zu berücksichtigen.

Ausgehend von diesen Ergebnissen sind folgende Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Planung und Implementierung einer Sendungsbündelung im bestehenden Distributionsprozess ist sinnvoll und wird klar empfohlen. Auch bei geringen Kapazitäten sind deutliche Versandkostenersparnisse möglich, weshalb die vorhandenen Platzprobleme kein entscheidendes Hindernis darstellen. In der ersten Phase zur Einarbeitung ist zunächst die statische Volumen-Strategie zu empfehlen, da diese zum einen den Implementierungsaufwand sowie die zusätzliche Arbeitsschritte während des Kommissionier- und Verpackungsprozesses gering hält und zum anderen bereits deutliche Kostenersparnisse und ökologische Verbesserungen generiert. Für den Anfang reicht eine Bündelungskapazität von 25 bis 50 %, je nach verfügbarem Platz, aus. Nach einer Eingewöhnungsphase ist dann erneut zu evaluieren, ob zum einen eine Erweiterung der Bündelungskapazität sowie zum anderen ein Umstieg auf eine dynamische Strategie möglich und sinnvoll sind, um zusätzliches Ersparnispotential bei den Versandkosten abzuschöpfen.

6 Abschließende Betrachtung des Konzepts Slow Logistics und des Instruments der Sendungsbündelung

Das folgende Kapitel fasst die zentralen Ergebnisse abschließend zusammen. Der Überblick über die wesentlichen Kernpunkte der Arbeit hilft das Gesamtbild der Sendungsbündelung im Rahmen des Slow Logistics Konzepts zu sehen und zu verstehen. Die eingangs formulierten Forschungsfragen und Zielsetzungen werden überprüft und bilden die Grundstruktur des Abschnitts. Zudem unterstützen sie die Fokussierung auf die wesentlichen Erkenntnisse. Nach dem Abgleich der Forschungsfragen mit den Erkenntnissen erfolgt eine kritische Bewertung der Stärken und Schwächen der Arbeit. Die Zusammenfassung der Modellannahmen und -beschränkungen und deren Auswirkungen auf die Aussagekraft der Ergebnisse runden den zweiten Teil des Kapitels ab. Den Schluss bildet ein Ausblick auf noch bestehende Forschungslücken, an denen zukünftig angesetzt werden sollte.

6.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse

Die Einleitung dieser Arbeit legt zunächst die zunehmende Bedeutung des Erfolgsfaktors Zeit für die heutige Distributionslogistik dar, um direkt im Anschluss erste erfolgreiche Ansätze in der Unternehmenspraxis zu präsentieren, die sich scheinbar diesem Trend entgegenstellen. Unter dem Begriff Slow Logistics werden verschiedene Methoden zusammengefasst, deren gemeinsamer Kern eine Entschleunigung der logistischen Prozesse beinhaltet. Diesem Phänomen widmet sich die vorliegende Arbeit, die sich damit als erste deutschsprachige Dissertationsschrift ausführlich mit den theoretischen Grundlagen der Slow Logistics auseinandersetzt. Trotz aktuell relevanter Slow Logistics Projekte in der Unternehmenspraxis existieren bisher nur sehr wenige wissenschaftlich fundierte Publikationen zu diesem Thema. Im weiteren Verlauf gibt die Arbeit zunächst einen allgemeinen Überblick über Sendungsbündelungsmethoden, die eine zentrale Rolle im Rahmen der Slow Logistics einnehmen, bevor sie sich auf das spezielle Instrument der Sendungsbündelung i.e.S. fokussiert, das noch spezifischen Forschungsbedarf aufweist.

Inhaltlich lässt sich die Dissertation in vier Abschnitte gliedern. Zunächst erfolgt eine ausführliche theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema Slow Logistics (Kapitel 2). Anschließend konzentriert sich die Arbeit auf die Sendungsbündelung, die sowohl theoretisch als auch empirisch untersucht wird. Im letzten Abschnitt wird ein quantitatives Modell einer Sendungsbündelung i.e.S. konfiguriert, um mithilfe einer simulationsgestützten Analyse spezifische Forschungslücken in diesem Themenbereich zu

schließen. Mit dem Einsatz von quantitativen und qualitativen Methoden erfüllt die Arbeit die Forderung nach einem ganzheitlichen Forschungsansatz.⁷³¹ Aufgrund der jeweiligen Beschränkung und Eignung der einzelnen Methoden ist in der wissenschaftlichen Praxis ein gemeinsamer Einsatz sinnvoll, damit sich die jeweiligen Vorteile und Erkenntnisgewinne ergänzen können.⁷³² Die Tabelle 65 stellt den verwendeten Methodemix dieser Arbeit übersichtlich dar.

Gliederungsabschnitt	Vorrangige Untersuchungsmethode
Kap. 2: Slow Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Literaturrecherche
Kap. 3: Theoretische Grundlagen der Sendungsbündelung	<ul style="list-style-type: none"> • Literaturrecherche
Kap. 4: Empirische Studie zur Untersuchung des Status Quo der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitativ-explorative Fragebogenerhebung
Kap. 5: Das Simulationsmodell zur Analyse allgemeiner Sendungsbündelungsstrategien bei begrenzter Bündelungskapazität und heterogenem Produktportfolio	<ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Entwicklung eines Simulationsmodells • Simulationsgestützte Analysen

Tab. 65: Verwendete Forschungsmethoden

Die Hauptziele der Arbeit liegen in der theoretischen Fundierung des Konzepts Slow Logistics, einer detaillierten Darstellung der Sendungsbündelung als zentrales Herzstück dieses Konzepts sowie dem Schließen bestehender Forschungslücken in diesem Bereich. Als Grundlage für eine detaillierte Untersuchung lassen sich die genannten zentralen Zielsetzungen in insgesamt sieben Forschungsfragen unterteilen. Zur Überprüfung, ob der Hauptzweck sowie die daraus abgeleiteten Unterziele erreicht worden sind, werden im Folgenden die jeweiligen Forschungsfragen kurz wiederholt und die gewonnenen Erkenntnisse zu diesen jeweils zusammengefasst.

1. Was sind die zentralen Kernelemente des Slow Logistics Konzepts und wie lassen sich die wichtigsten Inhalte in einer einheitlichen Definition zusammenfassen?

Die beiden Begriffe „Slow“ und „Logistics“ werden sowohl einzeln als auch kombiniert betrachtet und mit Unterstützung wissenschaftlicher sowie praxisorientierter Literatur

⁷³¹ Vgl. Wrona/Fandel (2010), S. 3.

⁷³² Vgl. Patton (2002), S. 247.

analysiert.⁷³³ Zum erstgenannten Begriff und vor allem in der Wortverbindung zu Logistik gibt es bisher sehr wenige wissenschaftlich fundierte Veröffentlichungen, sodass die Definition auf den theoretischen Erkenntnissen zur Logistik im Allgemeinen sowie den Forschungsansätzen im Bereich der Entschleunigung basiert.

Slow Logistics bezeichnet die Gesamtheit der Denkprinzipien, Methoden und Verfahrensweisen zur Planung, Durchführung und Kontrolle logistischer Aktivitäten innerhalb einer Supply Chain unter expliziter Ausschöpfung zur Verfügung stehender Zeitpotentiale mit Inkaufnahme einer Verlangsamung der Logistikprozesse bei gleichzeitiger Verbesserung der Kosten- und Ökoeffizienz.

Der zentrale Kern der Slow Logistics ist dabei die Identifizierung und Ausnutzung der Zeitpotentiale innerhalb der Logistikprozesse.

2. *Wie differenziert sich Slow Logistics im Speziellen von weiteren Logistikkonzepten, wie zum Beispiel Grüne Logistik oder Nachhaltige Logistik?*

Zur Präzisierung des Themenfeldes der Slow Logistics und einer Abgrenzung gegenüber ähnlichen Alternativen, wird ein Vergleich mit den Konzepten Grüne Logistik und Nachhaltige Logistik durchgeführt.⁷³⁴ Hier zeigen sich neben aufgabenbezogenen Gemeinsamkeiten vor allem Unterschiede im Grad der Spezifizierung und der Ausprägung der Zieldimensionen. Für die zielbezogene Abgrenzung wird der Bezugsrahmen der logistischen Nachhaltigkeit gemäß dem von *Bretzke/Barkawi* (2010) geprägten Verständnis herangezogen, mit den drei Zieldimensionen Ökonomie, Ökologie und Mobilität. Die Intensität, mit der beim jeweiligen Konzept die entsprechenden Ziele verfolgt werden, dient in diesem Fall als Differenzierungsmerkmal. Im Gegensatz zur Nachhaltigen und Grünen Logistik strebt die Slow Logistics verstärkt in Richtung ökonomischer Effizienz. Anders als ein originäres Logistikkonzept, das ebenfalls auf ökonomische Effizienz abzielt, erreicht sie dabei gleichzeitig auch ökologische Verbesserungen.

Die Logistik im Allgemeinen verfolgt in erster Linie ökonomische Ziele. Ökologische und soziale Ziele hingegen werden eher vernachlässigt. Während die Nachhaltige Logistik alle drei Zieldimensionen in gleichem Maße beachtet, fokussiert die Grüne Logistik speziell auf ökologische und ökonomische Ziele. In beiden Fällen ist eine Steigerung der anderen Dimensionen mit einer Verringerung der ökonomischen Effizienz verbunden. Die Besonderheit der Slow Logistics ist die Verbesserung der ökonomischen Effizienz bei gleichzeitiger Steigerung der ökologischen Zielausprägung. Bei spezifischen Instrumenten der Slow Logistics, wie z. B. der Sendungsbündelung, ist zudem ein Anstieg der nachhaltigen Zieldimension Mobilität möglich.

⁷³³ Vgl. für den folgenden Absatz die Ausführungen in den beiden Unterkapiteln 2.1 und 2.2.

⁷³⁴ Vgl. für den folgenden Absatz die Ausführungen in Unterkapitel 2.3.

3. *Welche Bedeutung hat die Methode der Sendungsbündelung für das Slow Logistics-Konzept?*

Um die Rolle der Sendungsbündelung im Rahmen der Slow Logistics darzustellen, werden die einzelnen Instrumente zur Umsetzung des Konzepts untersucht.⁷³⁵ Die Analyse erfolgt auf Basis mehrerer Fall- und Forschungsstudien aus der Unternehmenspraxis. Die Sendungsbündelung wird dabei als Kernelement der Slow Logistics identifiziert. Mehrere Maßnahmen zur Entschleunigung sind beispielsweise nur durch vorherige Bündelungen möglich, andere wiederum sind in Kombination mit einer Sendungsbündelung deutlich wirkungsvoller. Gemäß einer Forschungsstudie⁷³⁶ gibt es nur vier „grüne“ Konzepte, die sowohl zu ökonomischen als auch ökologischen Verbesserungen führen. Jedes dieser Konzepte beinhaltet die Methode der Sendungsbündelung, die darüber hinaus als nachhaltiges Slow Logistics Konzept sogar zu Verbesserungen im Rahmen der Mobilität führt.

4. *Auf welche Weise lassen sich die unterschiedlichen Ausprägungen und Arten der Sendungsbündelung differenzieren und klassifizieren? Welche Auswirkungen einer Sendungsbündelung in Bezug auf die Wettbewerbsfaktoren Zeit, Qualität, Ökologie und Kosten lassen sich aus der Perspektive der Wissenschaftstheorie identifizieren?*

Klassifikation.⁷³⁷ Eine Sendungsbündelung i. w. S. ist die Zusammenfassung von Gütern, Sendungsstücken oder Ladungen zu einer größeren und ökonomischeren Transporteinheit. Unter dieser allgemeinen Definition lassen sich verschiedene Bündelungskonzepte und -ausprägungen einordnen. Für die Spezifizierung der Sendungsbündelung i. e. S. sowie einen hilfreichen Überblick im Allgemeinen werden deshalb in der vorliegenden Arbeit zwei Klassifikationsansätze vorgestellt. Das erste bereits in der wissenschaftlichen Literatur bekannte Verfahren differenziert die Methoden anhand der räumlichen und zeitlichen Bündelungsdimension. Die Sendungsbündelung i. e. S. ist dabei diejenige Alternative, die sich am stärksten der zeitlichen Bündelung zuordnen lässt. Während Cross Docking beide Ausprägungen auf etwa gleichem Niveau vereint, tendieren Merge-in-Transit sowie Milkrun deutlich in Richtung der räumlichen Bündelung.

Der zweite Klassifikationsansatz ist eine Neuentwicklung im Rahmen dieser Arbeit mit dem Ziel, zu untersuchende Distributionsmodelle schnell und eindeutig dem richtigen Bündelungsverfahren zuordnen zu können. Distributionsmodelle kennzeichnen sich dabei durch die Anzahl der Versender, der Empfänger sowie der Bestellungen. Das entwickelte V/E/B-Verfahren ordnet anhand dieser drei Merkmale, die jeweils die beiden

⁷³⁵ Vgl. zum folgenden Absatz die Ausführungen in Unterkapitel 2.4.

⁷³⁶ Vgl. Gross et al. (2013).

⁷³⁷ Vgl. für den folgenden Abschnitt die Ausführungen im Unterkapitel 3.1.

Ausprägungen eins (=1) und viele (=n) besitzen, den Bündelungsalternativen die entsprechenden Distributionsmodelle zu und klassifiziert diese somit. Cross Docking (n/n/n), Merge-in-Transit (n/1/1) und Milkrun (1/n/n) lassen sich auf diese Weise eindeutig von der Sendungsbündelung i.e.S. (1/1/n) differenzieren. Dieses neuentwickelte Verfahren bietet sowohl einen umfassenden Überblick als auch eine schnelle und intuitive Zuordnung der Distributionsmodelle zu den richtigen Bündelungsmethoden. Zudem ist eine klare Abgrenzung der Sendungsbündelung i.e.S. gegenüber den weiteren Bündelungsarten möglich.

Forschungslücke.⁷³⁸ Der anschließende Fokus auf die Sendungsbündelung i. e. S. durch einen ausführlichen Literaturüberblick identifiziert relevante Forschungslücken in diesem Bereich. Den strukturellen Rahmen für die Recherche bildet das Framework von *Higginson/Bookbinder* (1994), welche durch fünf einfache Fragestellungen das Aufgabengebiet der Sendungsbündelung in fünf Abschnitte gliedern (WAS wird gebündelt? WANN wird gebündelt? WER bündelt? WO wird gebündelt? WIE wird gebündelt?).

Die inhaltliche Vielfalt im Rahmen der Fragestellung „Was wird gebündelt?“ wird in den bisherigen wissenschaftlichen Publikationen weitestgehend ignoriert. Die dort entwickelten Modelle basieren in der Regel auf homogenen Produktportfolios und unbegrenzten Bündelungskapazitäten, sodass eine Auswahl der Bündelungselemente keine Berücksichtigung findet. Das Ziel der Arbeit ist es, die hier identifizierte Forschungslücke zu schließen. Aus diesem Grund fokussierten die weiteren modellunterstützten Untersuchungen auf die Konfiguration und Analyse möglicher aktiver Auswahlstrategien für Bündelungselemente bei begrenzter Bündelungskapazität unter spezieller Betrachtung eines heterogenen Produktportfolios im Rahmen einer reinen Sendungsbündelung.

Auswirkungen.⁷³⁹ Die Analyse der Effekte auf die Wettbewerbsfaktoren Kosten, Zeit, Qualität und Ökologie durch die reine Sendungsbündelung i. e. S. erfolgt ebenfalls auf Basis fundierter Erkenntnisse aus der Literatur. Das zentrale Ziel einer Sendungsbündelung ist die Reduzierung der **Kosten**. Der Nachweis dieses positiven Effekts speziell auf die Transport-, Verpackungs- und Handlingskosten findet sich bereits mehrfach in relevanten Veröffentlichungen. Mit einhergehende Kostensteigerungen in anderen Bereichen, wie z. B. bei der längeren Lagerung der Bündelungselemente, sind in der Regel deutlich geringer als die Senkungen. Es gilt jedoch anzumerken, dass es keine pauschale Garantie für Kosteneinsparungen durch Sendungsbündelung gibt, sondern dass die Relationen von der Höhe der Ankunftsdaten der Bestellungen und der Höhe der Transport- und Lagerkostensätzen in seltenen Fällen auch zu negativen Kosteneffekten führen können.

Der Wettbewerbsfaktor **Qualität** wird in der vorliegenden Arbeit durch die Lieferservicequalität repräsentiert, die wiederum auf den Faktoren Lieferzuverlässigkeit, Lieferungsbeschaffenheit, Lieferflexibilität und Lieferzeit beruht. Der entscheidende Punkt

⁷³⁸ Vgl. für den folgenden Abschnitt die Ausführungen in Unterkapitel 3.2.

⁷³⁹ Vgl. für den folgenden Abschnitt die Ausführungen in Unterkapitel 3.3.

ist dabei die Liefertreue, die in jedem Fall gewährleistet werden soll. Für eine Vielzahl von Bündlungsstrategien, die eine rechtzeitige Sendung zum Liefertermin garantieren, ist damit insgesamt ein positiver Effekt auf die Qualität zu konstatieren. Es ist zwar generell mit einer steigenden Lieferzeit zu rechnen, die Lieferungsbeschaffenheit (Genauigkeit, Lieferungsstatus) und die Lieferflexibilität werden jedoch in der Regel positiv beeinflusst durch eine Sendungsbündelung. Die Bündlungsstrategien, welche die Voraussetzung der Liefertreue nicht erfüllen, sind grundsätzlich mit einem sinkenden Qualitätseffekt zu bewerten. Dies betrifft zum Beispiel die mengenorientierten Bündlungsstrategien, die den Liefertermin in ihren Planungen nicht berücksichtigen.

Eine deutliche Verbesserung durch die Implementierung einer Sendungsbündelung ist beim Wettbewerbsfaktor der *Ökologie* zu beobachten. Das relevante Beurteilungskriterium ist dabei der Schadstoffausstoß gemessen in CO₂-Äquivalenten. Die Reduzierung der Anzahl der Transportfahrten durch das Zusammenlegen von Sendungen und Touren führt zu insgesamt geringeren CO₂-Emissionen. Ein möglicher Zuwachs der Ausstöße durch zusätzlichen Lageraufwand bei den Bündelungselementen stellt in der Regel keinen nennenswerten Gegenpart dar.

Erfolgsfaktor	Effekt der Sendungsbündelung	Zusammenfassung des Effekts
Kosten	Positiv ⇒ Kostensenkung	Kostensenkungen im Bereich des Transports, der Verpackung und des Handlings führen im Regelfall zu einer Gesamtkostensenkung. In Einzelfällen ist eine Kostensteigerung möglich.
Zeit	Negativ ⇒ Lieferzeitverlängerung	Die Verlängerung der durchschnittlichen Lieferzeit entsteht durch ein Ausschöpfen vorhandener Zeitpotentiale bis zum spätesten Liefertermin. Die Lieferzeiten einzelner Sendungen können auch auf dem gleichen Niveau verbleiben.
Qualität	Positiv ⇒ Lieferservicestabilität	Durch die Einhaltung des spätesten Liefertermins ist keine Einschränkung der Lieferqualität zu erwarten. In der Regel ist eine Steigerung der Qualität aufgrund besserer Lieferungsbeschaffenheit und höherer Flexibilität zu verzeichnen. Wird der Liefertermin jedoch verletzt, ist ein negativer Qualitätseffekt zu konstatieren.
Ökologie	Positiv ⇒ CO ₂ -Ausstoß-Reduzierung	Die Reduzierung der Touren- oder Paketanzahl durch die verbesserte Auslastung bei der Sendungsbündelung führt zu einem niedrigeren CO ₂ -Ausstoß.

Tab. 66: Zusammenfassung der Sendungsbündelungseffekte

Während die Wirkung auf die drei genannten Wettbewerbsfaktoren grundsätzlich positiv ausfällt und die Gesamtsituation verbessert, ist der Effekt auf die *Zeit* vornehmlich negativ zu bewerten. Die Wartezeit einzelner Bündelungselemente auf den Startzeit-

punkt der gebündelten Sendung führt zu einem Anstieg der durchschnittlichen Lieferzeit. Solange der fixierte Liefertermin trotzdem eingehalten wird, stellt die reine Verlängerung des Lieferintervalls kein negatives Ausschlusskriterium für die Kunden dar. Die Relevanz des Zeiteffekts ist dennoch gegeben, da zum einen die Lieferzeit bzw. die inkludierte Wartezeit beim bündelnden Unternehmen als Kostentreiber wirkt und zum anderen geringere Lieferzeiten auch ein höheres Potential für Qualitätsverbesserungen beim Lieferservice bieten. Die Verzögerung der Lieferzeit entsteht durch die Ausschöpfung der vorhandenen Zeitpotentiale bis zum spätesten Liefertermin und bewirkt dabei positive Effekte bei den Kosten, der Qualität und der Ökologie. Hier zeigen sich auch die zentralen Elemente und Auswirkungen des Slow Logistics Konzepts. Die Tabelle 66 auf der vorherigen Seite fasst die Effekte der Sendungsbündelung übersichtlich zusammen.

5. *Auf welche Weise ist die Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis implementiert und welche zusätzlichen Erkenntnisse lassen sich mithilfe einer empirischen Perspektive gewinnen?*
 - a. *In welchem Ausmaß nutzen welche Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe, welche speziellen Methoden der Sendungsbündelung in ihrem produktbezogenen Wertschöpfungsnetzwerk?*
 - b. *In welchem Ausmaß besteht bei den Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe bisher ungenutztes Potential für Sendungsbündelungen?*
 - c. *Werden die in der Literatur beschriebenen Methoden zur Sendungsbündelung auch in der Unternehmenspraxis genutzt?*
 - d. *Stimmen die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Effekte der Sendungsbündelung mit den in der Unternehmenspraxis zu erkennenden Effekten überein?*

Neben dem ausführlichen Literaturüberblick wird eine empirische Forschungsmethode angewendet, um den Status Quo im Bereich der Sendungsbündelung in der Unternehmenspraxis zu analysieren.⁷⁴⁰ Der dort eingesetzte Fragebogen dient sowohl einem explorativen als auch deskriptiven Zweck. Zum einen soll ein Vergleich der theoretischen Ansätze und Erkenntnisse mit den Umsetzungen in der Unternehmenspraxis erfolgen und zum anderen sollen neue Forschungspotentiale entdeckt werden.

Zu Forschungsfrage a): Die gewonnenen Daten der empirischen Studie lassen keine signifikanten Schlüsse zu, dass die Wahl der Bündelungsmethode abhängig ist von der Art und Größe des Unternehmens oder von der Gestaltung des Wertschöpfungsnetzwerkes.

Zu Forschungsfrage b): Bei 43 % der Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe besteht grundsätzlich das Potential, eine Sendungsbündelung neu zu implementieren, da diese Methode dort noch nicht genutzt wird. Eine detaillierte Befragung zeigt zudem,

⁷⁴⁰ Vgl. für den folgenden Abschnitt die Ausführungen in den Unterkapiteln 4.2 und 4.3.

dass bei 31 % der Unternehmen sogar die Voraussetzungen für eine spontane Bündelung erfüllt wären, da mehrere Bestellungen innerhalb eines Bündelungszyklus eintreffen. Eine Bündelung findet jedoch nicht statt.

49 % der Unternehmen setzen die Sendungsbündelung nur teilweise ein. Zum einen gibt es auch hier noch Potential zur stärkeren Nutzung, zum anderen lassen sich an dieser Stelle Forschungsbedarfe identifizieren. Distributionssysteme, bei denen nur eine bestimmte Art oder Anzahl an Waren gebündelt werden können, sind in den bisherigen Publikationen nicht vertreten. 12,9 % bzw. 21,2 %, der Unternehmen, die nur teilweise bündeln bzw. keine Bündelung durchführen nennen hierfür Kapazitätsprobleme bzw. -beschränkungen als Grund der Entscheidung.

Diese Ergebnisse der empirischen Studie bestätigen die bereits durch den Literaturüberblick identifizierten Forschungslücken. Der Forschungsbedarf für die Sendungsbündelung bei heterogenem Produktportfolio und beschränkter Kapazität leitet sich damit sowohl aus theoretischer als auch praktischer Perspektive ab.

Zu Forschungsfrage c): Die in der Literatur vorrangig behandelten Sendungsbündelungsstrategien werden ebenfalls am häufigsten in der Unternehmenspraxis eingesetzt. Hier sind vor allem die zeitorientierte (54 %) sowie die hybride Sendungsbündelungsstrategie (18 %) verbreitet. Obwohl die mengenorientierte Strategie den anderen Varianten hinsichtlich der Kosteneffizienz überlegen ist, wird diese nur bei 12 % der Unternehmen genutzt. Der große Nachteil der Mengenorientierung ist die fehlende Kontrolle über den genauen Versandzeitpunkt und die somit mögliche Gefahr von verspäteten Lieferungen.⁷⁴¹ Da in der Unternehmenspraxis die Einhaltung der Liefertermine bzw. die Kundenwünsche generell sehr bedeutend sind, wie z. B. auch weitere Ergebnisse der empirischen Befragung zeigen, ist der geringe Einsatz der mengenorientierten Strategie nachvollziehbar.

Die Verteilung der Ergebnisse bei der empirischen Studie bezüglich der anderen beiden Klassifizierungsmerkmale für die Sendungsbündelung, nämlich Bündelungsort und Bündelungsverantwortung, sind im Einklang mit der Schwerpunktsetzung innerhalb der Literatur.⁷⁴² Der Bündelungsort liegt in erster Linie im Lager- sowie beim Verpacken und Kommissionieren (kumuliert 85 %). Die Verantwortung für die Sendungsbündelung trägt meistens das versendende Unternehmen (83 %).

Zu Forschungsfrage d): Interessant ist auch der Vergleich der Effekte einer Sendungsbündelung, die sich auf der einen Seite aus der Literatur erschließen lassen und auf der anderen Seite von den Teilnehmern der empirischen Studie genannt werden.⁷⁴³ In den Publikationen zeigen alle Modelle Kostenersparnisse auf, in der Unternehmenspraxis erkennen jedoch knapp 20 % keinen Kosteneffekt.

⁷⁴¹ Vgl. dazu auch die ausführlichen Erklärungen in Gliederungspunkt 3.2.2.2.

⁷⁴² Vgl. zu den Ausführungen in der Literatur Gliederungspunkte 3.2.2.3 und 3.2.2.4.

⁷⁴³ Vgl. für die Analyse der Effekte auf Basis der Literatur Unterkapitel 3.3.

Die Modelle in den Veröffentlichungen werten keine spezifischen Mess- oder Zielgrößen für die Kundenzufriedenheit aus. Einige Fallstudien erwähnen jedoch zusätzlich Wirkungen auf die Kundenzufriedenheit und bewerten diese positiv. Dies stimmt mit der grundsätzlichen Tendenz der empirischen Studie überein, in der nur ca. 6 % eine negative Auswirkung bemerken.

Bei der Lieferzeit zeigen die Ergebnisse der Analysemodelle und den Literaturinhalten einen Anstieg der durchschnittlichen Lieferzeit. Die Antwortsituation bei der Studie ist überraschend ausgewogen. Bei 36 Stimmen für „keinen Effekt“ sprechen sich 19 Teilnehmer für eine gestiegene und 12 Teilnehmer für eine gesunkenen Lieferzeit aus.⁷⁴⁴

Für die Bewertung des ökologischen Effekts gibt es zwar nur wenige quantitative Modelle der Sendungsbündelung, doch diese zeigen durchgehend sinkende CO₂-Emissionen und damit einen positiven Effekt. 52 % der Teilnehmer bemerken ebenfalls einen positiven Umwelteffekt. Etwas überraschend ist hier der große Anteil der Befragten, die keine ökologischen Effekte durch den Einsatz einer Sendungsbündelung identifizieren (33 %).⁷⁴⁵

Zusätzlich bewerten die Respondenten der empirischen Studie die Auswirkungen auf die Komplexität und Flexibilität im Distributionsprozess. Dabei identifizieren sie tendenziell einen Anstieg bei der Komplexität (nur 7 Teilnehmer erkennen einen senkenden Effekt) und beurteilen die Wirkung auf die Flexibilität ausgeglichen (22 Stimmen für eine Senkung und 18 Stimmen für einen Anstieg).

6. Welche alternativen Strategien zur Auswahl der richtigen Bündelungsgüter stehen den Unternehmen zur Verfügung?

Die entwickelten Auswahlstrategien der Sendungsbündelung setzen sich aus drei Komponenten zusammen. Der erste Teil ist der *Zeitpunkt*, an dem die Auswahl getroffen wird, der zweite Teil ist das *Kriterium*, anhand dessen die Bündelungseignung bestimmt wird, und der dritte Teil ist das *Objekt*, für welches das entsprechende Kriterium bestimmt wird. Für die erste Komponente gibt es die beiden Ausprägungen statisch und dynamisch. Die statische Variante kennzeichnet eine langfristige strategische Planung, bei der bereits vor der jeweiligen Planungsperiode die Bündelungsauswahl ermittelt wird. Beim dynamischen Gegenpart hingegen fällt die Entscheidung über die gebündelten Elemente auf der operativen Planungsebene. Beide Auswahlprozesse beinhalten zwei Stufen. Während die erste Stufe jeweils über die generelle Bündelungseignung des Elements entscheidet, überprüft die zweite Stufe die tatsächliche Aufnahme des Elements in das Bündel im Rahmen der vorgegebenen Kapazitätsrestriktion.

⁷⁴⁴ 16 Teilnehmer legen sich bei dieser Frage auf keine Antwort fest.

⁷⁴⁵ In diesem Fall ist diese Antwort gleichbedeutend mit der Meinung, dass es keinen Zusammenhang zwischen Sendungsbündelung und Ökologie gibt, da für einen ausgeglichenen Gesamteffekt die weitere Antwortmöglichkeit „neutraler Effekt“ existiert (15 %).

Für die zweite Komponente gibt es drei Ausprägungen. Als Auswahlkriterien werden das Volumengewicht des Elements, der Umsatz des Kunden sowie die potentielle Kostenersparnis durch das Bündelungselement eingesetzt. Die Elemente werden nach den entsprechenden Merkmalswerten sortiert, das Volumengewicht in aufsteigender und die anderen beiden Varianten in absteigender Reihenfolge.

Für die dritte Komponente gibt es die beiden Ausprägungen produktorientiert und kundenorientiert. Da jeder Kunde zwei unterschiedliche Produkte bestellt, muss vorab festgesetzt werden, ob das Bündelungskriterium einzeln für jedes Produkt oder kumuliert für den Kunden gemessen wird. Die Tabelle 67 fasst die möglichen Ausprägungen einer Sendungsbündelungsstrategie zusammen.

Komponente der Bündelungsstrategie	Ausprägungsoptionen
Zeitpunkt	<ul style="list-style-type: none"> • Statisch • Dynamisch
Kriterium	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen • Umsatz • Ersparnis
Objekt	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt • Kunde

Tab. 67: Die Komponenten einer Sendungsbündelungsstrategie

Insgesamt ergeben sich aus den drei Komponenten zwölf Kombinationsmöglichkeiten. Da eine Kombination aus Kundenorientierung und dynamischer Planung jedoch schon vorab als unzulässig aussortiert wird, evaluiert das Simulationsmodell nur die übrigen neun Bündelungsstrategien. Zum Vergleich werden zusätzlich eine First-Come-First-Serve-Bündelungsstrategie und eine Direkttransport-Strategie in das Simulationsmodell integriert. Im ersten Fall werden die Elemente in der Reihenfolge ihrer Ankünfte gebündelt und im zweiten Fall finden nur Einzelsendungen ohne Bündelung statt.

7. *Welches Verhalten und welche Ergebnisse zeigen die alternativen Auswahlstrategien unter bestimmten Umweltbedingungen? Kann unter diesen Aspekten die beste Auswahlstrategie für Unternehmen im Rahmen von Sendungsbündelungen identifiziert werden?*

Allgemein ist die Sendungsbündelung i.e.S. bei den betrachteten Distributionssituationen ein geeignetes Instrument, um sowohl die Kosten als auch die Schadstoff-emissionen zu reduzieren, ohne die Logistikleistung wesentlich zu beeinträchtigen. Es zeigt sich jedoch, dass es bei Zunahme der Heterogenität im Produktportfolio notwendig ist, die

entwickelten Auswahlstrategien zur Identifizierung der am besten passenden Bündelungselemente zu implementieren.

Das generelle Verhalten der Auswahlstrategien unter verschiedenen Umweltbedingungen lässt sich mit den folgenden vier Aussagen zusammenfassen:

1. Nur diejenigen Bündelungsstrategien, die ungeeignete Bündelungselemente bereits in einer Vorauswahl aussortieren, garantieren bei allen untersuchten Parameterkonstellationen die Einhaltung der vorgegebenen Liefertermine. Die First-Come-First-Serve-Strategie ohne eine solche implementierte Vorauswahl führt zu deutlichen Verspätungen in mehreren Szenarien.
2. Generell führt eine steigende Bündelungskapazität zu Kostensenkungen und einer Verringerung der Schadstoffemissionen. Dies gilt für alle betrachteten Bündelungsstrategien.
3. Eine zunehmende Heterogenität im Produktportfolio hat eine deutlichere Differenzierung zwischen den jeweiligen Erfolgsfaktorwerten (Kosten, Lieferzeit, Schadstoffemissionen) der einzelnen Bündelungsstrategien zur Folge.
4. Eine Regressionsanalyse der Modellergebnisse zeigt, dass die Größe der Bündelungskapazität den stärksten Einfluss auf die drei Erfolgsfaktoren Kosten, Lieferzeit und Schadstoffemissionen ausübt. Zusätzlich wirkt vor allem das generelle Ersparnispotential der Sendungsbündelung auf die Erfolgsfaktoren ein. Im Detail definiert sich dieses Ersparnispotential durch die Kundenanzahl, den Produktwert, die Lieferzeitwünsche sowie die Lieferzeitwunschatabweichungen.

Eine allgemein beste Strategie lässt sich unter den Voraussetzungen eines Simulationsmodells, der Vielzahl der Umweltparameter sowie unterschiedlichen Erfolgsfaktoren nicht eindeutig identifizieren. Jedoch lassen sich die Auswahlstrategien untereinander gut vergleichen und es zeigen sich deutliche Tendenzen, sodass sich folgende fünf Aussagen zur Qualität und Leistung der Strategien formulieren lassen.

5. Die dynamische Volumen-Strategie ist hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz, d. h. gemessen an den beiden Erfolgsfaktoren Kosten und CO₂-Emission, die beste Bündelungsmethode.
6. Die dynamischen Auswahlstrategien sind hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz (Kosten und CO₂-Emission) der jeweiligen statischen Partnervariante überlegen.
7. Bündelungsstrategien mit dem Auswahlmerkmal Volumen sind hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz den Alternativen mit den Auswahlmerkmalen Umsatz und Ersparnis überlegen.
8. Bei den statischen Auswahlstrategien ist hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effizienz das produktorientierte Verfahren der kundenorientierten Alternative vorzuziehen.
9. Hinsichtlich dem Erfolgsfaktor Lieferzeit ist das Verhalten aller Bündelungsstrategien entgegengesetzt zu den anderen beiden Erfolgsfaktoren Kosten und CO₂-Emission zu bewerten.

Einschränkend ist an dieser Stelle festzuhalten, dass die Ergebnisse nur innerhalb der untersuchten Rahmenbedingungen des Modells gesichert sind.

Die Beziehung zum Kunden sowie die Einhaltung der Lieferzeiten sind elementare Voraussetzungen bei der Planung und Implementierung von Sendungsbündelungsstrategien. Dementsprechend ist es wichtig, zum einen die vorliegende Situation zu berücksichtigen und beispielsweise zwischen bündelungsgerechten sowie ungeeigneten Kunden/Produkten zu differenzieren. Diese Erkenntnis ist ein zentraler Bestandteil im Entwicklungsprozess des Simulationsmodells und wird bei den integrierten Bündelungsstrategien direkt angewendet. Zum anderen sollten Verhandlungsstrategien erörtert werden, um den Kunden von den Vorteilen längerer Lieferzeitfenster mit den resultierenden Kostenersparnispotentialen zu überzeugen. Das Konzept Slow Logistics allgemein und auch das spezifische Instrument der Sendungsbündelung bieten sehr gute Möglichkeiten zur Verbesserung der Kosten- und Ökologieeffizienz, wenn ein möglicher Anstieg der durchschnittlichen Lieferzeiten auf die Akzeptanz der Kunden trifft. Darüber hinaus sind im Rahmen der Nachhaltigkeitsbetrachtung positive Effekte innerhalb der Mobilitätsdimension zu erwarten.⁷⁴⁶ Die Diskussion möglicher Verhandlungsstrategien wird in dieser Arbeit nicht geführt, ist aber ein Ansatz für zukünftige Forschungen und Publikationen, die mit dem Fokus auf die Kundenbeziehung bestehende Hindernisse und notwendige Voraussetzungen bei der Sendungsbündelung herausarbeiten können, um weitere Forschungslücken in diesem Bereich zu schließen.

⁷⁴⁶ Auch für die alternative Sichtweise einer sozialen Dimension sind Verbesserungen möglich durch eine Reduzierung von Stresssituationen.

6.2 Kritische Würdigung der Ergebnisse

Die Arbeit präsentiert zahlreiche Ergebnisse und neue Erkenntnisse, die im folgenden Abschnitt in Bezug auf ihre Beschränkungen und die geleistete Forschungs- und Praxisrelevanz beleuchtet werden, um eine entsprechende Bewertung und Einordnung zu unterstützen.

Slow Logistics. Als erste wissenschaftliche Publikation fasst diese Arbeit die zentralen Ansatzpunkte der Slow Logistics in einer fundierten Definition zusammen und verankert dieses Konzept aus der Unternehmenspraxis in der Wissenschaftstheorie. Die ausführliche Darstellung der Slow Logistics mit ihren Zielen, Aufgaben und Instrumenten sowie der Abgrenzung gegenüber alternativen Konzepten bereitet einen umfassenden Überblick und schafft eine breite wissenschaftliche Basis für zukünftige Forschungsansätze und Implementierungsprojekte in der Unternehmenspraxis. Die Fokussierung auf das Instrument der Sendungsbündelung vernachlässigt die intensiven Auseinandersetzungen mit den weiteren Maßnahmen, sodass für weitere Informationen in diesen Fällen auf jeweils spezifische Veröffentlichungen zurückgegriffen werden muss.

Sendungsbündelung. Das neuentwickelte V/E/B-Klassifikationsverfahren bietet Vertretern aus Forschung und Praxis eine schnelle und intuitive Zuordnung der jeweiligen Distributionsmodelle zu den richtigen Bündelungsarten anhand drei einfacher Merkmale. Die Sendungsbündelung i.e.S. lässt sich damit gegenüber alternativen Methoden klar abgrenzen. Während sich die Basisversionen der übrigen betrachteten Bündelungsarten (Cross Docking, Merge-in-Transit, Milkrun) ebenfalls noch eindeutig zuordnen lassen, wird es bei den möglichen Sonderformen und spezifischen Einsatzvarianten der drei Bündelungsmethoden schwierig, Überschneidungen zu vermeiden. Für einige Distributionssituationen kann somit nicht eindeutig die passende Bündelungsmethode identifiziert werden, ohne weiteres Informationsmaterial hinzuzuziehen. Das Klassifikationsverfahren ist zusammengefasst eine wertvolle Unterstützung bei der Differenzierung möglicher Bündelungsalternativen für ein vorliegendes Distributionsmodell und erfüllt damit seinen Zweck, ist jedoch aufgrund der genannten Schwächen in seinem Einsatzbereich limitiert.

Effekte der Sendungsbündelung. Das Ziel der Analyse der Bündelungseffekte in dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die zu erwartenden Veränderungen der vier Erfolgsfaktoren Kosten, Qualität, Zeit und Ökologie bei der Implementierung einer entsprechenden Strategie zu geben. Die Untersuchung erfolgt dabei auf Basis der wissenschaftlichen Literatur. Es besteht in diesem Fall kein Anspruch auf eine vollständige Darstellung aller Effektmöglichkeiten unter Berücksichtigung spezifischer logistischer Prozesse, besonderer Produkte oder speziellen Kostensituationen. Diese ausführliche Auseinandersetzung würde zu weit führen und ist für die Zielsetzung der Arbeit nicht notwendig. Der Ausgangspunkt der Effektanalyse ist das eingangs des entsprechenden Abschnitts for-

multierte Distributionssystem. Das jeweilige Ergebnis zeigt eine bestimmte Effektrichtung ohne eine genaue Quantifizierung zu leisten. Die Analyse verschafft damit einen fundierten Erkenntnisgewinn über die grundsätzliche Entwicklung der Erfolgsfaktoren im Rahmen einer Sendungsbündelung und kann damit die Entscheidungsfindung in der Unternehmenspraxis bezüglich einer Implementierung unterstützen.

Simulationsmodell. Generell sind Simulationsergebnisse abhängig von den gewählten Parametereinstellungen und den getroffenen Annahmen bei der Modellentwicklung. Die so bestehende Gefahr der subjektiven Beeinflussung der Ergebnisse wird in dieser Arbeit zum einen durch die Orientierung des Modells an den bisherigen Publikationen und zum anderen durch die große Variabilität der Parameterwerte eingedämmt.

Die Vielfalt und Komplexität realer Unternehmen und ihrer Distributionssysteme wird im Rahmen des Modells aufgrund der getroffenen Annahmen stark vereinfacht. Das Ziel der Simulationsstudie ist es aber auch nicht, eine reale Distributionssituation möglichst detailgetreu abzubilden oder möglichst viele verschiedene Unternehmen zu integrieren, sondern ein Basismodell zu schaffen, um erste Erkenntnisse auf dem bisher noch nicht untersuchten Gebiet der beschränkten Bündelungskapazität und dem Einsatz von Bündelungsauswahlstrategien zu sammeln. Die einfache Struktur des Modells hilft im Anschluss, grundlegende Erkenntnisse schnell und unkompliziert auf eine Vielzahl spezifischer Szenarien anpassen und anwenden zu können. Diese Flexibilität demonstriert die erfolgreiche Implementierung des Simulationsmodells im Rahmen der Fallstudie.⁷⁴⁷ Somit zeigt sich trotz der vereinfachenden Annahmen die Praxisrelevanz des Grundmodells.

Die im Rahmen des Simulationsmodells entwickelten und analysierten Bündelungsstrategien inklusive der genutzten Auswahlkriterien stellen keine abschließende Gruppe dar, sondern sind ebenfalls als grundlegende Basisforschung zu verstehen. Die Merkmale zeigen erste erfolgswirksame Ansätze auf und bieten Anreize für Weiter- und Neuentwicklungen. Bei der Entwicklung der Strategien wurde zudem Wert auf die Umsetzbarkeit in der Unternehmenspraxis gelegt. Die Integration einer Prüfung auf generelle Bündelungseignung sowie die Fokussierung auf die zeitbasierte Auslösestrategie folgen aus den Erkenntnissen der empirischen Studie, dass die Einhaltung des Kundentermins und die zeitbasierte Bündelungsstrategie bedeutende Rollen bei den Unternehmen einnehmen.

6.3 Ausblick für zukünftige Forschungsansätze

Im vorherigen Gliederungspunkt bei der kritischen Würdigung zeigen sich bereits die ersten Ansatzpunkte für weitergehende Forschungen. Die nächste Herausforderung auf diesem Themengebiet ist es, das Basismodell der Sendungsbündelung Schritt für Schritt

⁷⁴⁷ Vgl. dazu auch Unterkapitel 5.4.

zu erweitern, um zusätzliche Perspektiven und Dimensionen miteinzubeziehen. Der zentrale Kern um die Kapazitätsbeschränkung und das heterogene Produktportfolio sollte dabei zu Beginn bestehen bleiben. Ein erster Ansatz wäre, den begrenzten Planungsbereich der reinen Sendungsbündelung zu vergrößern und um das Bestandsmanagement zu ergänzen. Hierfür kann die bereits existierende Literatur zur integrierten Sendungsbündelung genutzt werden, mit deren Hilfe sich die Möglichkeit bietet, das bestehende Basismodell zu erweitern. Die Integration der Bestands- und Bestellmengenplanung erlaubt, die Interdependenzen zwischen den einzelnen Supply Chain Prozessen und Institutionen stärker zu berücksichtigen und weitere Unternehmensgruppen außerhalb des verarbeitenden Gewerbes, wie z. B. Handelsunternehmen, in die Betrachtungsperspektive aufzunehmen. Der nächste Schritt wäre dann die Erhöhung der Versender- und Empfängeranzahl. Dadurch entstehen im weiteren Verlauf Überschneidungen zu den Forschungsbereichen der anderen Bündelungsmethoden, wie z. B. Cross Docking.

Ein weiterer interessanter Forschungsansatz an der Schnittstelle von Slow Logistics und der Sendungsbündelung ist die Untersuchung von Strategien bei der Verhandlung über die Lieferzeitfenster innerhalb einer Lieferanten-Abnehmer-Beziehung. Aus den Erkenntnissen dieser Arbeit ist bekannt, dass die Ersparnispotentiale mit zunehmender Länge der Lieferzeitfenster ansteigen. Im Rahmen einer Lieferanten-Abnehmer-Beziehung ist es nun interessant zu analysieren, unter welchen Bedingungen die Abnehmer eine Verlängerung der Lieferzeitfenster akzeptieren. Gibt es beispielsweise die Möglichkeit, Abnehmer mithilfe von Kompensationszahlungen, die sich aus den Ersparnissen finanzieren, von längeren Lieferzeiten zu überzeugen? Oder ist vielleicht die Hervorhebung der ökologischen Vorteile ein entscheidendes Argument?

Das Konzept der Slow Logistics bietet mit den in dieser Arbeit erwähnten, aber nicht ausführlich untersuchten Instrumenten ebenfalls noch weiteres Forschungspotential. So könnten mit Bezug zu dieser Arbeit die Kombinationsmöglichkeiten einer Sendungsbündelung mit einer zweiten Slow Logistics Maßnahme, wie z. B. dem Modal Split, analysiert werden.

Die vorliegende Dissertation präsentiert mit der theoretischen Fundierung von Slow Logistics, der Klassifikation der Sendungsbündelung sowie dem Basissimulationsmodell zur Analyse der Sendungsbündelung i.e.S. bei beschränkter Bündelungskapazität vielfältige neue Erkenntnisse auf einem aktuellen Forschungsgebiet. Die Arbeit erfüllt damit ihre Zielsetzungen und bereitet gleichzeitig eine breite wissenschaftliche Basis mit mehreren Ansatzpunkten für weitergehende Forschungsvorhaben.

ANHANG

A1 Herleitung des optimalen Mengenlimits nach Cetinkaya/Bookbinder (2003)

Für die folgende Herleitung des optimalen Mengenlimits bei einer mengenorientierten Bündelungsstrategie sowie der optimalen Zykluslänge bei einer zeitorientierten Bündelungsstrategie vgl. Cetinkaya/Bookbinder (2003).⁷⁴⁸

1) Allgemeine Grundlagen:

Die nicht-negativen und unabhängig verteilten Zufallsvariablen T_n mit $n \geq 1$ bezeichnen die Zeitdauer zwischen der $(n-1)$ -ten und der n -ten Bestellung. S_n bezeichnet den Ankunftszeitpunkt der n -ten Bestellung und lässt sich in Abhängigkeit von T beschreiben, indem $S_0 = 0$ gesetzt wird:

$$S_n = \sum_{i=1}^n T_i \quad n \geq 1 \quad (\text{A1})$$

$N_1(t)$ beschreibt die Anzahl der Bestellungen innerhalb des Zeitraums t :

$$N_1(t) = \max \{n : S_n \leq t\}$$

Die nicht-negativen und unabhängig verteilten Zufallsvariablen W_n mit $n \geq 1$ bezeichnen das Gewicht der n -ten Bestellung. D_n bezeichnet das kumulative Gesamtgewicht von n Bestellungen und lässt sich in Abhängigkeit von W beschreiben, indem $D_0 = 0$ gesetzt wird:

$$D_n = \sum_{i=1}^n W_i \quad n \geq 1 \quad (\text{A2})$$

$N_2(x)$ beschreibt die Anzahl der Bestellungen innerhalb des Gesamtgewichts x :

$$N_2(x) = \max \{n : D_n \leq x\}$$

Weiterhin wird angenommen, dass $N_1(t)$ unabhängig ist von den einzelnen Gewichten W_n . Die Erwartungswerte werden definiert als $\tau = E[T_n]$ und $\mu = E[W_n]$. Zusätzlich werden noch die folgenden Zusammenhänge festgehalten:

$$M_1(t) = E[N_1(t)] \text{ und } M_2(x) = E[N_2(x)] \text{ sowie } M(t) = E[N(t)] \text{ mit } N(t) = \sum_{n=1}^{N_1(t)} W_n .$$

⁷⁴⁸ Vgl. Cetinkaya/Bookbinder (2003), S. 750–757.

2) Herleitung der optimalen Mengengrenzen bei mengenorientierten Bündelungsstrategien

Aus den Zwischenankunftszeiten T_i der einzelnen Bestellungen i , die zu einem Bündel zusammengefasst werden, setzt sich die Zykluslänge zusammen:

$$\text{Zykluslänge} = T_1 + T_2 + \dots + T_{N_2(w)} + T_{N_2(w)+1}$$

Der Erwartungswert der Zykluslänge lässt sich berechnen mit der durchschnittlichen zu erwartenden Zwischenankunftszeit multipliziert mit der Anzahl der zu erwartenden Bestellungen.

$$E[\text{Zykluslänge}] = E[T_i] \cdot E[N_2(w) + 1] = \tau \cdot [M_2(w) + 1] \quad (\text{A3})$$

Die gesamten Transportkosten pro Zyklus setzen sich aus den drei Bestandteilen Fixkosten pro Zyklus (K_D), Fixkosten pro Bestellung (K_S) und variable Kosten in Abhängigkeit des Gewichts (c) zusammen:

$$\text{Transportkosten pro Zyklus} = K_D + K_S (\text{Anzahl Bestellungen}) + c(\text{Gesamtgewicht}) \quad (\text{A4})$$

Mit dem Gesamtgewicht des Zyklus als $D_{N_2(w)+1} = w + Y_2(w)$ lassen sich die zu erwartenden Gesamtkosten wie folgt formulieren:

$$E[\text{Transportkosten pro Zyklus}] = K_D + K_S \cdot [M_2(w) + 1] + c \cdot w + c \cdot E[Y_2(w)] \quad (\text{A5})$$

Für die Berechnung der Lagerkosten mit dem Lagerkostensatz h wird definiert:

$u(w, n) = \sum_{i=1}^n E[D_i | N_2(w) = n]$, sodass sich die Lagerkosten pro Zyklus berechnen lassen mit:

$$E[\text{Lagerkosten pro Zyklus}] = h \cdot \tau \cdot E[u(w, N_2(w))] \quad (\text{A6})$$

Mit einer anderen Herangehensweise lässt sich aus $h \cdot \sum_{i=1}^{N_2(w)} W_i \cdot \sum_{j=i+1}^{N_2(w)+1} T_j$ und $\sum_{j=1}^{i-1} W_j = D_{i-1}$

die folgende Formel ableiten:

$$E[\text{Lagerkosten pro Zyklus}] = h \cdot E \left[\sum_{i=1}^{N_2(w)} D_i T_{i+1} \right] \quad (\text{A7})$$

Die zusammengesetzte Gesamtkostenfunktion pro Zyklus aus den Transport- und Lagerkosten ist dann die relevante Zielfunktion für die Minimierung.

$$\min_{w \geq 0} C(w) = \frac{K_s}{\tau} + \frac{\frac{K_D + c \cdot w + c \cdot E[Y_2(w)]}{\tau} + h \cdot E[u(w, N_2(w))]}{M_2(w) + 1} \quad (\text{A8})$$

Mit den folgenden Voraussetzungen, lässt sich eine optimale Lösung für das Modell ableiten:

- $N_1(t)$ und $N_2(w)$ sind poissonverteilt mit den jeweiligen Mittelwerten λt und αw .
- T_i und W_i sind folglich jeweils exponentialverteilt mit den Parametern λ und α .
- Die Erwartungswerte sind dann $M_1(t) = E[N_1(t)] = \lambda t$ und $M_2(w) = E[N_2(w)] = \alpha w$.
- Zudem gilt: $\tau = 1/\lambda$.

Nach Gallager (1995)⁷⁴⁹ lässt sich zeigen, dass $u(w, n) = \frac{w \cdot n}{2}$ und damit gilt:

$$E[u(w, N_2(w))] = \frac{\alpha \cdot w^2}{2}.$$

Die Zielfunktion lässt sich dann formulieren, wie folgt:

$$C(w) = \frac{K_D}{\tau \cdot (\alpha \cdot w + 1)} + \frac{c}{\tau} + \frac{h \cdot \alpha \cdot w^2}{2 \cdot (\alpha \cdot w + 1)} \quad (\text{A9})$$

Die Zielfunktion ist streng konvex und hat ein endliches positives Minimum. Das optimale Mengengrenze w^* ist in diesem Fall:

$$w^* = \frac{\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \alpha \cdot K_D}{h \cdot \tau}} \right)}{\alpha} \quad (\text{A10})$$

⁷⁴⁹ Vgl. Gallager (1995), S. 48.

3) Herleitung der optimalen Zykluslänge bei zeitorientierten Bündelungsstrategien

Die Transportkosten pro Zyklus verändern sich in diesem Fall, wie folgt:

$$E[\text{Transportkosten pro Zyklus}] = K_D + K_S \cdot M_1(T) + c \cdot \mu \cdot M_1(T) \quad (\text{A11})$$

Aus den folgenden Zusammenhängen lässt sich die Formel für die Lagerkosten ableiten:

- a) Das Gesamtgewicht pro Zyklus berechnet sich analog zur Gesamtzeit pro Zyklus (siehe Abschnitt 2) durch die Multiplikation der jeweiligen Erwartungswerte:

$$E[W_1 + \dots + W_{N_1(T)}] = E[W_1] \cdot E[N_1(T)] = \mu \cdot M_1(T)$$

- b) Für die Lagerkosten ist nun zusätzlich der Zeitabstand A zwischen dem Zyklusende T und dem Ankunftszeitpunkt der letzten Bestellung S wichtig:

$$A_1(T) = T - S_{N_1(T)}$$

Die Lagerkosten pro Zyklus berechnen sich nun wie folgt:

$$\text{Lagerkosten pro Zyklus} = h \cdot \left[\sum_{i=2}^{N_1(T)} T_i \cdot \sum_{j=1}^{i-1} W_j + A_1(T) \cdot \sum_{i=1}^{N_1(T)} W_i \right] \quad (\text{A12})$$

- c) Es wird definiert: $v(T, n) = \sum_{i=1}^{n-1} i \cdot E[T_{i+1} | N_1(T) = n]$ für $n \geq 2$ und sonst 0.

Der Erwartungswert für den ersten Teil der zu beachtenden Lagergesamtmenge ist damit:

$$E \left[\sum_{i=2}^{N_1(T)} T_i \cdot \sum_{j=1}^{i-1} W_j \right] = \mu \cdot E[v(T, N_1(T))] \quad (\text{A13})$$

Für den zweiten Teil der Lagergesamtmenge im Bündelungszyklus ist der zusätzliche Aufwand A zu berücksichtigen:

- d) Der Erwartungswert für diesen zweiten Teil wird definiert als:

$$Z(t) \stackrel{\Delta}{=} E[A_1(t) \cdot \mathcal{N}(t)].$$

- e) In Abhängigkeit der Ankunftszeit der ersten Bestellung gilt für $Z(t)$:

$$Z(t | T_1 = x) = \begin{cases} E[A_1(T-x) \cdot [W_1 + \mathcal{N}(t-x)]], & x \leq t \\ 0, & x > t \end{cases}$$

Und daraus folgt schließlich:

$$Z(t) = E[W_1] \cdot \int_0^1 E[A_1 \cdot (t-x)] \cdot f(x) dx + \int_0^1 E[A_1 \cdot (t-x) \cdot \mathcal{N}(t-x)] \cdot f(x) dx \quad (\text{A14})$$

So lässt sich zeigen, dass der Erwartungswert für den zweiten Teil der Gesamtlagermenge $Z(t) = z(t) + \int_0^1 Z \cdot (t-x) \cdot f(x) dx$ mit $z(t) = \mu \cdot \int_0^1 E[A_1 \cdot (t-x)] \cdot f(x) dx$ beträgt.

Zusammengefasst gilt für die Lagerkostenbetrachtung dann:

$$H(T) \equiv E[\text{Lagerkosten pro Zyklus}] = h \cdot \mu \cdot E[v(T, N_1(T))] + h \cdot Z(t) \quad (\text{A15})$$

Minimiert werden wieder die Gesamtkosten pro Zyklus:

$$\min_{T \geq 0} \bar{C}(T) = \frac{E[\text{Transportkosten pro Zyklus}] + E[\text{Lagerkosten pro Zyklus}]}{T} \quad (\text{A16})$$

Unter den bereits bei der mengenorientierten Strategie verwendeten Voraussetzungen, lässt sich auch hier der kostenminimale Fall bestimmen.

Aus $v(T, n) = \frac{n \cdot (n-1) \cdot T}{[2 \cdot (n+1)]}$, $n \geq 2$ lassen sich

$$E[v(T, N_1(t))] = \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot (\lambda^2 \cdot T^2 - 2 \cdot \lambda \cdot T - 2 \cdot e^{-\lambda T} + 2) \quad \text{und} \quad Z(T) = \mu \cdot \left(T - \frac{1}{\lambda} \cdot [1 - e^{-\lambda T}] \right)$$

ableiten.

Die Zielfunktion lautet damit:

$$\bar{C}(T) = \frac{K_D}{T} + K_S \cdot \lambda + c \cdot \mu \cdot \lambda + \frac{h \cdot \mu \cdot \lambda \cdot T}{2} \quad (\text{A17})$$

Diese ebenfalls streng konvexe Funktion hat ihr endliches Minimum bei:

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_D}{h \cdot \mu \cdot \lambda}} \quad (\text{A18})$$

Dieses Minimum ist gültig für alle Gewichtsverteilungen mit Mittelwert μ , wenn $N_1(t)$ poissonverteilt ist mit dem Mittelwert λt .

Wenn z. B. $N_2(w)$ ebenfalls poissonverteilt ist (Mittelwert αw) und $\mu = 1/\alpha$ ist, dann gilt:

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_D \cdot \alpha}{h \cdot \lambda}} \quad (\text{A19})$$

Die kumulierte Nachfrage pro Zyklus ist dann:

$$E[\mathcal{N}(T^*)] = \mu \cdot \lambda \cdot T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_D \cdot \lambda}{h \cdot \alpha}} \quad (\text{A20})$$

4) Vergleich der kostenminimale Werte der beiden Strategien

Die Funktion für das optimale Gewicht bei der mengenorientierten Strategie (A10) kann in folgende Form umgewandelt werden:

$$w^* = \sqrt{\frac{1}{\alpha^2} + \frac{2 \cdot K_D \cdot \lambda}{h \cdot \alpha}} - \frac{1}{\alpha} \quad (\text{A21})$$

Ein Vergleich der beiden Gesamtgewichte pro Zyklus zeigt folgendes:

$$\sqrt{\frac{1}{\alpha^2} + \frac{2 \cdot K_D \cdot \lambda}{h \cdot \alpha}} < \sqrt{\frac{2 \cdot K_D \cdot \lambda}{h \cdot \alpha}} + \frac{1}{\alpha} \quad (\text{A22})$$

Damit gilt:

$$w^* < E[\mathcal{N}(T^*)] \quad (\text{A23})$$

Unter einer optimalen mengenorientierten Strategie ist die durchschnittliche Zykluslänge:

$$\tau[M_2(w^*) + 1] = \frac{1}{\lambda} \cdot (\alpha \cdot w^* + 1) = \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{2 \cdot K_D \cdot \alpha}{h \cdot \lambda}} \quad (\text{A24})$$

Daraus lässt sich berechnen, dass $\tau[M_2(w^*) + 1] > T^*$ ist.

Die kostenminimale mengenorientierte Strategie hat damit einen im Durchschnitt längeren Bündelungszyklus.

A2 Fragebogaufbau der Studie „Bündelungskonzepte im Versand“

Die nachfolgende Tabelle stellt den grundsätzlichen Aufbau des Fragebogens dar. Anschließend wird für jede Seite des Fragebogens der jeweilige Inhalt präsentiert.

Seite	Name der Unterseite	Anmerkung
1	Begrüßung und Vorstellung	Die Emailadresse des Autors ist über den Link „per Email“ erreichbar.
2	Unternehmenseigenschaften	Die Antwort auf die Frage nach dem Hauptprodukt wird als Variable (#v_134#) für den weiteren Fragebogen verwendet.
3	Produktionsprozesseigenschaften	
4	Versandprozesseigenschaften	
5	Details des Versandprozesses	Die tatsächlich zu beantwortenden Fragen auf dieser Seite sind abhängig von der Beantwortung der Outsourcing-Frage auf Seite 4.
6	Bestellprozesseigenschaften	Von dieser Fragebogenseite gibt es noch eine Variante mit Javascript-Layout. Ist Javascript im Browser des Teilnehmers aktiviert, wird diese Seite über einen Filter ausgewählt.
7	Bündelungsprozesseigenschaften (1)	Die Begriffe „Batch-Produktion“, „Preisbündelung“, „Cross-Docking“, „Merge-in-Transit“ werden durch ein Mouse-Over erklärt.
8	Bündelungsprozesseigenschaften (2)	Die tatsächlich zu beantwortenden Fragen auf dieser Seite sind abhängig von der Beantwortung der Bündelungsfragen auf Seite 7.
9	Bündelungsprozesseigenschaften (3)	Die Begriffe „Produktbündelung“, „Preisbündelung“, „Cross-Docking“, „Merge-in-Transit“ werden durch ein Mouse-Over erklärt. Die tatsächlich zu beantwortenden Fragen auf dieser Seite sind abhängig von der Beantwortung der Bündelungsfragen auf Seite 7.
10	Produkteigenschaften	
11	Bedankung und Verabschiedung	

Tab. 68: Fragebogaufbau der empirischen Studie „Bündelungskonzepte im Versand“

Seite 1: Begrüßung und Vorstellung

Bündelungskonzepte im Versand

Sehr geehrte Damen und Herren,

das Ziel dieser Umfrage ist es, die Verbreitung von Bündelungskonzepten in der betrieblichen Praxis speziell im Bereich des Versandmanagements sowie an weiteren Stellen im Wertschöpfungsprozess zu untersuchen.

Ihre Antworten und Daten werden selbstverständlich anonymisiert.

Bei Fragen und Unklarheiten können Sie mich gerne per Email kontaktieren.

Die Beantwortung der Fragen dauert ca. 8-10 Minuten.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für diesen Fragebogen nehmen!

Beste Grüße,

Jonas Wiese

*Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl Produktion & Logistik
Universität Bamberg*

Seite 2: Unternehmenseigenschaften

Statistische Fragen

Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen tätig?

- 1 - 9
- 10 - 49
- 50 - 249
- 250 - 499
- 500 oder mehr
- Weiß nicht / Keine Angabe

Wie hoch war der Umsatz Ihres Unternehmens im vergangenen Geschäftsjahr?

- bis 2 Mio. €
- 2 - 10 Mio. €
- 10 - 50 Mio. €
- 50 - 500 Mio. €
- 500 Mio. € oder mehr
- Weiß nicht / Keine Angabe

Zu welcher Branche gehört Ihr Unternehmen?

- Automobilindustrie
- Herstellung elektrischer Geräte
- Metallerzeugnisse und Maschinenbau
- Grundlegende Metallverarbeitung
- Textil- und Bekleidungsindustrie
- Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung
- Glasgewerbe
- Chemische Industrie
- Holz-, Papier- und Verlagsindustrie
- Sonstige (bitte spezifizieren):

Benennen Sie bitte kurz Ihr Hauptprodukt bzw. Ihre Hauptproduktgruppe.

Seite 3: Produktionsprozesseigenschaften

Fragen zum Produktionsprozess

Welche der folgenden Produktfertigungs-/Montagestrategien trifft auf Ihr Hauptprodukt bzw. Ihre Hauptproduktgruppe (#v_134#) zu?
(Mehrfachnennung möglich)

- Fertigung nach Kundenauftrag (Make-to-Order)
- Fertigung auf Lager (Make-to-Stock)
- Entwicklung und Fertigung nach Kundenauftrag (Engineer-to-Order)
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welche der folgenden Charakteristiken trifft nach Anzahl gefertigter Produkte/Jahr auf Ihr Hauptprodukt bzw. Ihre Hauptproduktgruppe (#v_134#) am ehesten zu?

- Einzelfertigung
- Kleinserienfertigung
- Großserienfertigung
- Massenfertigung
- Sortenfertigung

Ordnen Sie die durchschnittliche Produktionszeit* Ihres Hauptproduktes bzw. Ihrer Hauptproduktgruppe (#v_134#) einem der folgenden Zeitintervalle zu.

(*Durchlaufzeit von der Produktionsauftragsfreigabe bis zur Einlagerung im Fertigwarenlager inkl. Rüst- und Liegezeiten)

- < 1 Stunde
- 1 - 12 Stunden
- 12 - 24 Stunden
- 1 - 3 Werktage
- > 3 Werktage
- Weiß nicht / Keine Angabe möglich

Seite 4: Versandprozesseigenschaften

Allgemeine Fragen zum Versandprozess

Wie lässt sich die Geschäftsbeziehung zu Ihren Kunden für Ihr Hauptprodukt bzw. Ihre Hauptproduktgruppe (#v_134#) einordnen?

- Business-to-Business (B2B)
- Business-to-Consumer (B2C)
- Beide Geschäftsbeziehungen (B2B und B2C)

Welcher Behälter / Welche Verpackung wird hauptsächlich für den Transport Ihres Hauptprodukt bzw. Ihrer Hauptproduktgruppe (#v_134#) zum Kunden genutzt? (Mehrfachnennung für kombinierte Verpackungsarten möglich)

- Klein- und Großladungsträger
- Gitterbox
- Trays
- Europalette
- Langpalette
- Paket
- Päckchen
- Sonstige Verpackung (bitte spezifizieren):

Welche der folgenden Versandprozesse haben Sie bezogen auf Ihr Hauptprodukt bzw. Ihre Hauptproduktgruppe (#v_134#) an externe Unternehmen ausgelagert (Outsourcing)?

ausgelagert teilweise ausgelagert nicht ausgelagert

Fertigwarenlagerhaltung

Kommissionierung und Verpackung

Transport

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Seite 5: Details des Versandprozesses

Spezifische Fragen zum Versandprozess

Auf welche Weise ist die Lagerhaltung Ihrer Hauptprodukte bzw. Hauptproduktgruppe (#v_134#) strukturell in die Unternehmensorganisation eingegliedert?

- Fertigwarenlager mit unternehmenseigenem Management.
- Fertigwarenlager beim Kunden mit unternehmenseigenem Management (Vendor Managed Inventory).
- Es gibt keine Lagerung der Fertigprodukte (Just-in-Time Vertrieb).
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welches Unternehmen übernimmt teilweise die Lagerhaltung Ihrer Fertigprodukte?

- Ein Logistikdienstleister ist für die Lagerung mitverantwortlich.
- Der jeweilige Kunde ist für die Lagerung mitverantwortlich.
- Es gibt keine Lagerung der Fertigwaren.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welches Unternehmen übernimmt die Lagerhaltung Ihrer Fertigprodukte?

- Ein Logistikdienstleister ist für die Lagerung verantwortlich.
- Der jeweilige Kunde ist für die Lagerung verantwortlich.
- Es gibt keine Lagerung der Fertigwaren.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welche Abteilung ist für die Kommissionierungs- und Verpackungsprozesse* in Ihrer Unternehmensorganisation verantwortlich?

(*Versandverpackung)

- Es sind die Aufgaben einer eigenständigen Versandabteilung.
- Es sind die Aufgaben einer Warenausgangsabteilung.
- Es sind die Aufgaben der Fertigwarenlagerabteilung.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welche Verpackungs- und Kommissionierungsprozesse haben Sie ausgelagert?
(Mehrfachnennung möglich)

- Die Verpackungsprozesse sind generell ausgelagert.
- Die Kommissionierungsprozesse sind generell ausgelagert.
- Die Verpackungsprozesse für bestimmte Produkte sind ausgelagert.
- Die Kommissionierungsprozesse für bestimmte Produkte sind ausgelagert.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welches Transportmittel wird für den Transport zum Kunden von Ihrem Unternehmen genutzt?
(Mehrfachnennung möglich)

- Transporter (bis 3,5 Tonnen)
- LKW
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Welches Unternehmen unterstützt Sie beim Transport zu Ihren Kunden?

- Ein Kurier-,Express- und Paket-Dienstleister (KEP).
- Ein Transportunternehmen.
- Ein Logistikdienstleister.
- Sonstiges Unternehmen (bitte spezifizieren):

Welches Unternehmen ist verantwortlich für den Transport zu Ihren Kunden?

- Ein Kurier-,Express- und Paket-Dienstleister (KEP).
- Ein Transportunternehmen.
- Ein Logistikdienstleister.
- Sonstiges Unternehmen (bitte spezifizieren):

Seite 6: Bestellprozesseigenschaften

Fragen zur Bestellpolitik

Bitte geben Sie hier die mittlere Auslieferungszeit* von Ihrem Hauptprodukt bzw. Ihrer Hauptproduktgruppe (#v_134#) an?

(*Zeit zwischen Bestelleingang des Kunden und Ankunftszeit des Produktes beim Kunden)

Bitte geben Sie hier den durchschnittlichen Bestellzyklus* [in Werktagen] Ihrer Kunden an.

(*Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bestellungen desselben Kunden)

Falls es keinen regelmäßigen Bestellzyklus Ihrer Kunden geben sollte, ergänzen Sie bitte die Zahl 0.

Wie häufig kommt es vor, dass derselbe Kunde erneut bei Ihnen bestellt, bevor seine vorherige Bestellung ausgeliefert worden ist?

Bitte geben Sie hier den geschätzten Anteil dieser Fälle an der Gesamtzahl der Kundenbestellungen innerhalb eines Geschäftsjahres an.

Tragen Sie bitte einen ganzzahligen Wert ein.

Anteil: ca. %

Werden in solchen Fällen, wenn die zweite (dritte, vierte, etc.) Bestellung vor dem Versand der ersten Bestellung eintrifft, mehrere Einzelsendungen oder eine Sammelsendung an den Kunden verschickt?

- Es gibt keine solchen Fälle.
- Es werden auch in solchen Fällen Einzelsendungen verschickt.
- Es werden in solchen Fällen immer Sammelsendungen verschickt.
- Unter bestimmten Bedingungen wird eine Sammelsendung verschickt

(bitte spezifizieren):

Seite 7: Bündelungsprozesseigenschaften (1)

Fragen zum Bündelungsprozess (1)

Welche Gründe sprechen in diesen Fällen gegen die Bündelung zu einer Sammel-
sendung?

(Mehrfachnennung möglich)

- Es sind keine personellen Kapazitäten vorhanden.
- Es sind keine räumlichen Kapazitäten vorhanden.
- Es ergibt sich keine positive Kosten-Nutzen-Rechnung.
- Es sind keine Untersuchungen bisher in diese Richtung vorgenommen worden.
- Es gibt keine Software-Lösung dafür / das ERP-System ist dafür nicht einsetzbar.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Werden mehrere Bestellungen desselben Kunden über einen bestimmten Zeit-
raum hinweg extra gesammelt, um statt mehreren Einzelsendungen eine Sammel-
sendung verschicken zu können?

- Ja, immer.
- Ja, teilweise.
- Nein, nie.

An welchen anderen Stellen innerhalb Ihres Wertschöpfungsprozesses nutzen Sie
(ebenfalls) die Möglichkeit zur Bündelung von Gütern?

(Mehrfachnennung möglich)

- Es gibt keine weitere Bündelung.
- Es gibt eine Bündelung im Produktionsprozess. (z. B. Batch-Produktion)
- Es gibt eine Bündelung beim Marketing / Verkauf. (z. B. Preisbündelung)
- Es gibt eine Bündelung im Transportprozess. (z. B. Cross-Docking, Merge-in-Transit)
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Seite 8: Bündelungsprozesseigenschaften (2)

Fragen zum Bündelungsprozess (2)

Warum werden bei Ihnen nur "teilweise" die Sendungen an denselben Kunden gesammelt?

(Mehrfachnennung möglich)

- Es wird nur auf speziellen Kundenwunsch hin gesammelt.
- Es sind keine personellen Kapazitäten vorhanden, um für alle Kunden zu sammeln.
- Es sind keine räumlichen Kapazitäten vorhanden, um für alle Kunden zu sammeln.
- Es ergibt sich nur bei einigen Kunden eine positive Kosten-Nutzen-Rechnung.
- Es gibt keine generelle Software-Lösung dafür / das ERP-System ist dafür nicht einsetzbar.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Aus welchen Gründen haben Sie bisher im Versandprozess keine Bündelung berücksichtigt?

(Mehrfachnennung möglich)

- Es bieten sich keine Möglichkeiten zur Bündelung im Versandprozess.
- Es sind keine personellen Kapazitäten vorhanden.
- Es sind keine räumlichen Kapazitäten vorhanden.
- Es ergibt sich keine positive Kosten-Nutzen-Rechnung.
- Es sind keine Untersuchungen bisher in diese Richtung vorgenommen worden.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Was ist der Auslöser, um die gesammelten Einzelbestellungen als gebündelte Sendung zu verschicken?

Die Sendung wird verschickt, wenn...

- ...ein bestimmter Zeitpunkt erreicht ist.
- ...eine bestimmte Menge erreicht ist.
- ...entweder die kritische Menge oder ein bestimmter Zeitpunkt erreicht ist.
- Sonstige Kriterien (bitte spezifizieren):

An welcher Stelle im Versandprozess wird die Bündelung physikalisch vollzogen?

- Im Fertigwarenlager.
- In der Versandabteilung.
- Auf den Transportfahrzeugen.
- Sonstige Stelle (bitte spezifizieren):

Wer ist für den Prozess der Versandbündelung verantwortlich?

- Das eigene Unternehmen.
- Ein Transportunternehmen.
- Der Kunde.
- Ein Logistikdienstleister.
- Sonstiges Unternehmen (bitte spezifizieren):

Welche Auswirkungen haben Sie bei den folgenden Positionen durch die Einführung / Durchführung der Bündelung im Versand bemerkt?

	Auswirkungen bekannt					Nicht bekannt
	stark gesunken	gesunken	kein Effekt	gestiegen	stark gestiegen	
Kosten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kundenzufriedenheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lieferzeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Komplexität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flexibilität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Welchen Effekt hatte die Einführung / Durchführung der Versandbündelung auf die ökologische Gesamtbilanz Ihrer Unternehmung (z.B. hinsichtlich des Verbrauchs von Energie und Verpackungsmaterial)?

- Insgesamt ein positiver Effekt.
- Insgesamt ein negativer Effekt.
- Insgesamt ein neutraler Effekt.
- Keine Effekte feststellbar.

Seite 9: Bündelungsprozesseigenschaften (3)

Fragen zum Bündelungsprozess (3)

Nach welchen Kriterien werden die Güter in der Fertigung gebündelt?

- Bündelung nach minimalen Produktionskosten.
- Bündelung nach maximaler Kapazitätsauslastung.
- Bündelung nach minimalen Durchlaufzeiten.
- Sonstige (bitte spezifizieren):

Welche Bündelungsmethoden werden von Ihrem Unternehmen im Bereich des Marketings / Verkaufs eingesetzt?
(Mehrfachnennung möglich)

- Preisbündelung.
- Produktbündelung.
- Sonstige (bitte spezifizieren):

Welche Bündelungsmethoden werden von Ihrem Unternehmen beim Transport eingesetzt?
(Mehrfachnennung möglich)

- Es wird ein Cross Docking System genutzt.
- Es wird ein Merge-in-Transit-System genutzt.
- Sonstige (bitte spezifizieren):

Aus welchen Gründen haben Sie bisher in Ihrem Wertschöpfungsprozess keine Bündelung berücksichtigt?
(Mehrfachnennung möglich)

- Es gibt keine Möglichkeiten zur Bündelung im Wertschöpfungsprozess.
- Es sind keine personellen Kapazitäten vorhanden.
- Es sind keine räumlichen Kapazitäten vorhanden.
- Es ergibt sich keine positive Kosten-Nutzen-Rechnung.
- Es sind keine Untersuchungen bisher in diese Richtung vorgenommen worden.
- Es gibt keine Software-Lösung dafür / das ERP-System ist dafür nicht einsetzbar.
- Sonstiges (bitte spezifizieren):

Seite 10: Produkteigenschaften

Abschließende Fragen zu spezifischen Produkteigenschaften

Welche charakteristischen Werte können Sie Ihrem Hauptprodukt bzw. Ihrer Hauptproduktgruppe (#v_134#) bezüglich folgender Eigenschaften zuordnen?

1. Lagereinheit

- einzeln
- paarweise
- in Stückerheiten

2. Lagerzustand

- verpackt
- unverpackt

3. Volumen

- klein ($\leq 30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$)
- groß ($> 30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$)
- sperrig (unförmig und groß)

4. Konsistenz

- fest
- flüssig
- gasförmig

Wenn Sie Interesse an den Ergebnissen dieser Umfrage haben, dann hinterlassen Sie in der folgenden Box Ihre Emailadresse und Sie bekommen die Ergebnisse nach der Auswertung zugeschickt.

E-Mail (optional):

Seite 11: Bedankung und Verabschiedung:

HERZLICHEN DANK FÜR IHRE UNTERSTÜTZUNG!

Bei Rückfragen stehe ich Ihnen per Email jederzeit gerne zur Verfügung.

A3 Berechnung der CO₂-Emissionsätze

Die Quelle der im Folgenden verwendeten Verbrauchswerte ist eine Studie der Verkehrsrundschau aus dem Jahr 2011.⁷⁵⁰

Die Transportstrecke beträgt gemäß der Annahmen im Simulationsmodell einfach 800 km. Um die Werte auf eine allgemeine Basis zu stellen, wird kein einzelner Fahrzeugtyp zugrunde gelegt, sondern jeweils ein Durchschnittswert aus mehreren Fahrzeugen berechnet.

Für den Einzeltransport stehen demnach Transportfahrzeuge bis 3,5t zur Verfügung, die gemeinsam mit ihren Verbrauchswerten (Liter Diesel pro 100 km oder Kilogramm Erdgas pro 100 km bei CNG-Fahrzeugen) in der folgenden Tabelle gelistet sind.

Fahrzeug	Energieverbrauch voll (Euro 5)	Energieverbrauch leer (Euro 5)
2,1-Tonner (Van)	6,5	5,4
2,1-Tonner (Van CNG)	5,6	4,6
2,8-Tonner	8,5	7,5
3,5-Tonner	10,5	9,0
3,5-Tonner (CNG)	9,2	7,2

Tab. 69: Energieverbrauchswerte für Transportfahrzeuge mit maximal 3,5t

Für den Sammeltransport werden Transportfahrzeuge mit 40t genutzt, die mit unterschiedlicher Motorisierung und Länge zur Verfügung stehen.

Fahrzeug	Energieverbrauch voll (Euro 5)	Energieverbrauch leer (Euro 5)
40-Tonner (bis 400 PS)	31,7	21,5
40-Tonner (410-460 PS)	32,6	22,0
40-Tonner (460-480 PS)	31,5	21,3
40-Tonner (500-600 PS)	32,8	22,2
40-Tonner (über 601 PS)	35,2	23,9
40-Tonner (Lang-LKW)	36	24,5

Tab. 70: Energieverbrauchswerte für Transportfahrzeuge mit 40t

Jede Tour besteht aus einem 800 km Hinweg (voller Transport) und einem 800 km Rückweg (Leertransport).

Der auf diesen Strecken anfallende Energieverbrauch wird im Anschluss mit dem CO₂-Emissionssatz für Diesel (2,665 kg/l) bzw. für Erdgas bei CNG-Fahrzeugen (2,597 kg/kg) multipliziert.

Die CO₂-Emission (in kg) für den Einzeltransport mit einem 2,1-Tonner (Diesel) berechnet sich beispielsweise wie folgt:

⁷⁵⁰ Vgl. für die folgenden Ausführungen und Werte: Kranke (2010), S. 36-38.

$$(8 \cdot 6,5 + 8 \cdot 5,4) \cdot 2,665 = 253,708$$

Die CO₂-Emission (in kg) für den Einzeltransport mit einem 3,5-Tonner (CNG) berechnet sich beispielsweise wie folgt:

$$(8 \cdot 9,2 + 8 \cdot 7,2) \cdot 2,597 = 340,7264$$

Der Mittelwert der so im Einzelnen berechneten CO₂-Emissionen bei den Einzeltransporten beträgt damit 312,64 kg/Tour.

Die Berechnung beim Sammeltransport verläuft analog, wobei hier keine Erdgas-Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Der Mittelwert der CO₂-Emissionen beim Sammeltransport beträgt bei dieser Rechenweise 1191,08 kg/Tour.

In beiden Fällen kommen für die Dieselfahrzeuge noch Verbrauchswerte für den zugesetzten Harnstoff Adblue hinzu, der ebenfalls geringe Mengen CO₂ verursacht.

Aus diesem Grund werden beide Werte jeweils auf die nächsten 10 kg aufgerundet, sodass die endgültigen Emissionssätze **320** kg/Einzeltour und **1200** kg/Sammeltour lauten.

A4 Häufigkeitsverteilung der Mitarbeiteranzahl und Umsatzwerte der bei der Umfrage beteiligten Unternehmen

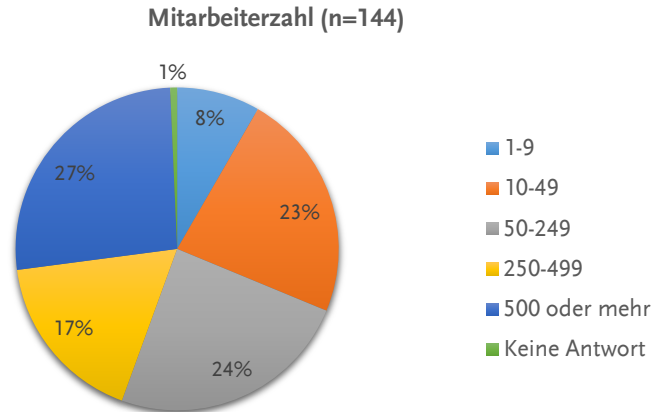


Abb. 41: Mitarbeiteranzahl der teilnehmenden Unternehmen⁷⁵¹

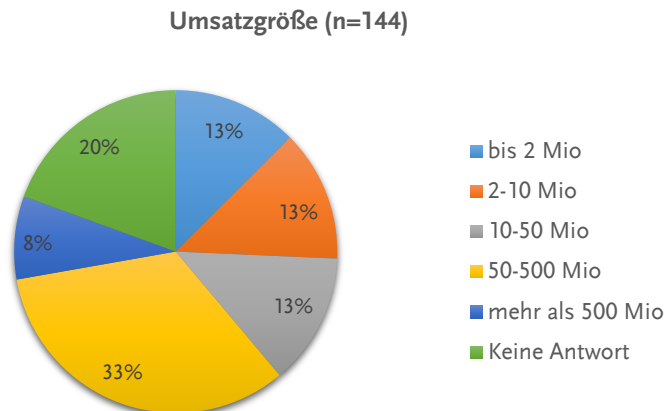


Abb. 42: Umsatzgröße der teilnehmenden Unternehmen⁷⁵²

⁷⁵¹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷⁵² Quelle: Eigene Darstellung.

Literaturverzeichnis

- Aaker, D.A./Kumar, V./Day, G.S.* (2007): Marketing Research. 9. Aufl., Hoboken, N.J.
- Acciario, M.* (2010): Bundling strategies in global supply chains. Doctor-Thesis. Rotterdam.
- Ala-Risku, T.* (2002): Evaluating the costs and benefits of merge-in-transit for distributors. Helsinki.
- Ala-Risku, T./Kärkkäinen, M./Holmström, J.* (2003): Evaluating the Applicability of Merge-in-transit. In: The International Journal of Logistics Management, 14 (2), S. 67–82.
- Alicke, K.* (2005): Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken. Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management. 2. Aufl., Berlin.
- Almeder, C./Preusser, M./Hartl, R.F.* (2009): Simulation and optimization of supply chains: alternative or complementary approaches. In: OR Spectrum, 31 (1), S. 95–119.
- Amazon* (2014a): Lieferung innerhalb Deutschlands. Online verfügbar unter: https://www.amazon.de/gp/help/customer/display.html/ref=hp_ddlp_de?nodeId=504950, Stand: 20.11.2014.
- Amazon* (2014b): Amazon Prime Air. Online verfügbar unter: <http://www.amazon.com/b?node=8037720011>, Stand: 20.11.2014.
- Amazon* (2014c): Amazon Anticipatory Package Shipping. Online verfügbar unter: <http://www.google.com/patents/US8615473>, Stand: 20.11.2014.
- Anylogic* (2014a): Features. Online verfügbar unter: <http://www.anylogic.de/features>, Stand: 20.09.2015.
- Anylogic* (2014b): Clients. Online verfügbar unter: <http://www.anylogic.de/clients>, Stand: 20.09.2015.
- Apte, U.M./Viswanathan, S.* (2000): Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies. In: International Journal of Logistics Research and Applications, 3 (3), S. 291–302.
- Arnold, D./Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H./Furmans, K. (Hg.)* (2008): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin.
- Asdecker, B.* (2011): Nachhaltige Logistikdienstleistungen - Lösungen zur Bündelung von Versandströmen. In: *I. Gatermann und M. Fleck* (Hg.): Mit Dienstleistungen die Zukunft gestalten. Impulse aus Forschung und Praxis. Beiträge der 8. Dienstleistungstagung des BMBF. Frankfurt, S. 49–62.
- Axsäter, S.* (2001): A Note on Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor- Managed Inventory Systems. In: Management Science, 47 (9), S. 1306–1310.

- Backhaus, K./Erichson, B./Plinke, W./Weibe, R. (2006):* Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 11. Aufl., Berlin.
- Bäck, S./Tiefenbrunner, M./Gössler, G. (2007):* Optimierung von logistischen Prozessen durch die Kombination von Simulation und neuronalen Netzen. In: *Engelhardt, C.; Nowitzki, O.; Krenn, B. (Hrsg.):* Management komplexer Materialflüsse mittels Simulation: State-of-the-Art und innovative Konzepte, Wiesbaden, S. 163–181.
- Bagchi, P./Davis, F. (1988):* Some insights into inbound freight consolidation. In: *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 18 (6), S. 27–33.
- Baird, A.J. (1997):* Coastal Ro-Ro freight ferry services: An alternative to trunk road haulage in the UK? In: *Transport Logistics*, 1 (2), S. 103–113.
- Baldauf, A. (2010):* Grüne Logistik abseits von CO₂-Emissionen: nachhaltiges Management in der Logistikbranche. Working Paper. Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Vienna University of Economics, Wien.
- Ballou, R. (1992):* Business Logistics Management, 3. Aufl., Englewood Cliffs.
- Banks, J./Gerstein, D./Searles, S. (1988):* Modeling processes, validation, and verification of complex simulations: A survey. In: *Methodology and validation*, 19 (1), S. 13–18.
- Banks, J./Carson, J. II./Nelson, B./Nicol, D. (2005):* Discrete-event system simulation, 4. Aufl., Prentice-Hall.
- Barker, H.H./Sharon, E.M./Sen, D.K. (1981):* From freight flows and cost patterns to greater profitability and better service for a motor carrier. In: *Interfaces*, 11 (6), S. 4–20.
- Baumgartner, R.J./Biedermann, H./Zwainz, M. (Hg.) (2009):* Öko-Effizienz. Konzepte Anwendungen und Best Practices. 1. Aufl. Mering.
- Bichler, K./Krohn, R./Peter, P./Denzinger, I./Göhler, T./Metzner, G./Schloske, A./Votteler, H./Wipfler, O. (2011):* Gabler Kompaktlexikon Logistik, 2. Auflage, Wiesbaden.
- Biedermann, H./Zwainz, M./Baumgartner, R.J. (2011):* Umweltverträgliche Produktion und nachhaltiger Erfolg. Chancen Benchmarks & Entwicklungslinien. Mering.
- Blum, J./Eskandarian, A. (2002):* Enhancing intelligent agent collaboration for flow optimization of railroad traffic. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36 (10), S. 919–930.
- Blumenfeld, D.E./Burns, L.D./Diltz, J.D./Daganzo, C.F. (1985):* Analyzing trade-offs between transportation, inventory and production costs on freight networks. In: *Transportation Research Part B: Methodological*, 19 (5), S. 361–380.
- Bookbinder, J. H./Çakanyildirim, M. (1999):* Random lead times and expedited orders in (Q,r) inventory systems. In: *European Journal of Operational Research*, 115 (2), S. 300–313.

- Bookbinder, J.H./Higginson, J.K.* (2002): Probabilistic modeling of freight consolidation by private carriage. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38 (5), S. 305–318.
- Bookbinder, J./Cai, Q./He, Q.-M.* (2011): Shipment consolidation by private carrier: the discrete time and discrete quantity case. In: *Stochastic Models*, 27, S. 664–686.
- Bourke, J.* (2008): Economic slump fails to slow logistics growth. In: *Commercial Motor*, 208 (5288), S. 13.
- Bowersox, D.J./Closs, D.J./Cooper, M.B.* (2010): *Supply chain logistics management*. 3. Aufl. Boston.
- Boysen, N./Fliedner, M.* (2010): Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda. In: *Omega*, 38 (6), S. 413–422.
- Bradley, P./Thomas, J./Gooley, T./Cooke, J.* (1998): Merge-in-transit yields benefits. In: *Logistics Management & Distribution Report*, 37 (10), S. 30–32.
- Bramel, J./Simchi-Levi, D.* (1997): On the Effectiveness of Set Covering Formulations for the Vehicle Routing Problem. In: *Operations Research*, 45, S. 295–301.
- Brar, G.S./Saini, G.* (2011): Milk-Run Logistics: Literature Review and Directions. In: *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1, London.
- Brennan, J.J.* (1981): *Models and analysis of temporal consolidation*. Ph.D. Dissertation, Los Angeles.
- Bretzke, W.R.* (2010): *Logistische Netzwerke*. 2. Aufl., Heidelberg.
- Bretzke, W.R./Barkawi, K.* (2012): *Nachhaltige Logistik. Antworten Auf Eine Globale Herausforderung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg.
- Bühl, A.* (2012): *SPSS 20: Einführung in die moderne Datenanalyse*. 13. Aufl., München.
- Busch, H.F.* (1988): Integrated Materials Management. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 18 (7), S. 28–39.
- BVL* (2013): *Deutscher Logistikpreis 2013 für Lekkerland*. Online verfügbar unter: <http://www.bvl.de/presse/meldungen/archiv-2013/deutscher-logistik-preis-2013-fuer-lekkerland>, Stand: 24.03.2014.
- Campbell, J.F.* (1990): Designing logistics systems by analyzing transportation, inventory and terminal cost tradeoffs. In: *Journal of Business Logistics*, 11 (1), S. 159–179.
- Caplice, C./Sheffi, Y.* (1995): A Review and Evaluation of Logistics Performance Measurement Systems. In: *International Journal of Logistics Management*, 6 (1), S. 61–74.
- Carlisle, D.P./Nickerson, K.S./Probst, S.B./Rudolph, D./Sheffi, Y./Powell, W.B.* (1987): A Turnkey, Microcomputer-Based Logistics Planning System. *Interfaces*, 17 (4), S. 16–26.

- Cariou, P.* (2011): Is slow steaming a sustainable means of reducing CO 2 emissions from container shipping? In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16 (3), S. 260–264.
- Çetinkaya, B.T.* (2011): Definition "Grüne" Logistik / Green Logistics / ökologisch nachhaltige Logistik. Online verfügbar unter: <http://gruenelogistik.blogspot.de/>, Stand: 12.04.2014.
- Çetinkaya, S.* (2005): Coordination of Inventory and Shipment Consolidation Decisions: A Review of Premises, Models, and Justification. In: *J. Geunes/E. Akçali/P.M. Pardalos/H.E. Romeijn/Z.-J. M. Shen (Hg.): Applications of Supply Chain Management and E-Commerce Research*, Bd. 92. New York, S. 3–51.
- Çetinkaya, S./Bookbinder, J.H.* (2003): Stochastic models for the dispatch of consolidated shipments. In: *Transportation Research Part B: Methodological*, 37 (8), S. 747–768.
- Çetinkaya, S./Lee, C.-Y.* (2000): Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems. In: *Management Science*, 46 (2), S. 217–232.
- Çetinkaya, S./Lee, C.-Y.* (2002): Optimal outbound dispatch policies: Modeling inventory and cargo capacity. In: *Naval Research Logistics*, 49 (6), S. 531–556.
- Çetinkaya, S./Mutlu, F./Lee, C.-Y.* (2006): A comparison of outbound dispatch policies for integrated inventory and transportation decisions. In: *European Journal of Operational Research*, 171 (3), S. 1094–1112.
- Çetinkaya, S./Tekin, E./Lee, C.-Y.* (2008): A Stochastic Model for Joint Inventory and Outbound Shipment Decisions. In: *IIE Transactions on Design and Manufacturing*, 40 (3), S. 324–340.
- Chen, F.Y./Wang, T./Xu, T.Z.* (2005): Integrated Inventory Replenishment and Temporal Shipment Consolidation: A Comparison of Quantity-Based and Time-Based Models. In: *Annals of Operations Research*, 135 (1), S. 197–210.
- Chow, G./Heaver, T.D./Henriksson, L.E.* (1994): Logistics Performance: Definition and Measurement. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24 (1), S. 17–28.
- Closs, D.J./Cook, R.L.* (1987): Multi-Stage Transportation Consolidation Analysis Using Dynamic Simulation. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 17 (3), S. 28–45.
- Cohen, J.* (1988): *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey.
- Cohen, J.* (1992): A power primer. In: *Psychological Bulletin*, 112, S. 155–159
- Conway, D.G./Gorman, M.F.* (2006): An application of interdependent lot size and consolidation point choice. In: *Mathematical and Computer Modelling*, 44 (1-2), S. 65–72.

- Cook, C./Heath, F./Thompson, R.L. (2000): A Meta-Analysis of Response Rates in Web- or Internet-Based Surveys. In: Educational and Psychological Measurement, 60 (6), S. 821–836.
- Cooper, M.C. (1983): Freight consolidation and warehouse location strategies in physical distribution systems. In: Journal of Business Logistics, 4 (2), S. 53–73.
- Corsten, H./Roth, S. (2012): Nachhaltigkeit. Wiesbaden.
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) (2014): Supply Chain Management Definitions. Online verfügbar unter: <http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>, Stand: 20.07.2014.
- Crainic, T.G./Gendreau, M./Potvin, J.Y. (2009): Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 17 (6), S. 541–557.
- Crainic, T.G./Ricciardi, N./Storchi, G. (2009): Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems. In: Transportation Science, 43 (4), S. 432–454.
- Dafne (2014): Datenbank. Online verfügbar unter: <http://www.bvdinfo.com/en-gb/our-products/company-information/national-products/dafne>, Stand: 03.02.2013.
- Daganzo, C.F. (1988): A comparison of in-vehicle and out-of-vehicle freight consolidation strategies. In: Transportation Research Part B: Methodological, 22 (3), S. 173–180.
- Das, C./Tyagi, R. (1997): Role of inventory and transportation costs in determining the optimal degree of centralization. In: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 33 (3), S. 171–179.
- Daugherty, P.J./Stank, T.P./Ellinger, A.E. (1998): Leveraging Logistics-Distribution Capabilities. The Effect of Logistics Service on Market Share. In: Journal of Business Logistics, 19 (2), S. 35–51.
- Dawe, R.L. (1997): Move it fast...eliminate steps. In: Transportation & Distribution, 38 (9), S. 67–70.
- Delfmann, W. (2008): Hub-and-Spoke-System. In: Klaus, P./Krieger, W. (2008): Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 4. Aufl., Wiesbaden, S. 222–223.
- Dey, A./LaGuardia, P./Srinivasan, M. (2011): Building sustainability in logistics operations: a research agenda. In: Management Research Review, 34 (11), S. 1237–1259.
- DHL (2009): Case Study Jaguar. Online verfügbar unter: http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/logistics/case_studies/DHL_Optimisation_Case-study_Jaguar.pdf, Stand: 01.02.2015.
- Dillman, D.A./Bowker, D.K. (2001): The Web questionnaire challenge to survey methodologists. In: Reips, U.D./Bosnjak, M. (Hrsg.): Dimensions of Internet science. Lengerich, S. 159–178.

- Dillmann, D.A./Smyth, J.D./Christian, L.M. (2009): Internet, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method. 3. Aufl., Hoboken, N.J.
- DIN (Deutsches Institut für Normung e. V., Hrsg.) (1983): Deutsche Norm, DIN 30 781, Transportkette: Grundbegriffe. Berlin/Köln.
- Dror, M./Hartman, B.C. (2007): Shipment Consolidation: Who Pays for It and How Much? In: Management Science, 53 (1), S. 78–87.
- Du, T./Wang, F./Lu, P. (2007): A real time vehicle dispatching system for consolidating milk runs. In: Transport Research, Part E, 43 (5), S. 565–577.
- Das große Fremdwörterbuch (2015): Begriff: Contradictio in adiecto. Online verfügbar unter: http://fremdworterbuch.deacademic.com/15390/Contradictio_in_Adjecto. Stand: 06.07.2015.
- Duden (2015a): Stichwort: „Oxymoron“. Online verfügbar unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Buendel>. Stand: 06.07.2015.
- Duden (2015b): Stichwort: „Bündel“. Online verfügbar unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Buendel>. Stand: 06.07.2015.
- DVZ (2012): Das Zitat. In: DVZ Deutsche Logistik-Zeitung, 2012 (13), S. 2.
- Eckstein, P.P. (1999): Angewandte Statistik mit SPSS. 2. Aufl., Wiesbaden.
- Edmonds, B./Meyer, R. (2013): Introduction to the Handbook. In: Edmonds, B./Meyer, R. (Hrsg.): Simulating Social Complexity – A Handbook, Berlin, S. 3–13.
- Ehrmann, H. (2008): Logistik. 6. Aufl. Ludwigshafen.
- European Logistics Association (ELA) (1993): What is ELA? Bern, 1993.
- Elkington, J. (1998): Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. In: Environmental Quality Management, 8 (1), S. 37–51.
- Enz, K.A. (1988): The Role of Value Incongruity in Intraorganizational Power. In: Administrative Quarterly, 33, S. 284–304.
- Epstein, J. (2008): Why Model? In: Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 11 (4), S. 12.
- Everitt, B.S./Dunn, G. (2001): Applied Multivariate Data Analysis, 2. Auflage, Chichester.
- Ewers, H.J. (1994): Meinungen zur City-Logistik – Der Wissenschaftler: Nicht mit der Brechstange. In: Der Handel, (9), S. 28.
- Fagerholt, K./Laporte, G./Norstad, I. (2009): Reducing fuel emissions by optimizing speed on shipping routes. In: Journal of the Operational Research Society, 61 (3), S. 523–529.
- Fan, T./Vigeant-Langlois, L./Geissler, C./Bosler, B./Wilmking, J. (2001): Evolution of global airline strategic alliance and consolidation in the twenty-first century. In: Journal of Air Transport Management, 7 (6), S. 349–360.

- Fawcett, S.E./Birou, L./Taylor, B.C.* (1993): Supporting Global Operations through Logistics and Purchasing. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 23 (4), S. 3–11.
- Ferstl, O./Sinz, E.* (2013): *Grundlagen der Wirtschaftsinformatik*, 7. Auflage, München.
- Field, A.* (2013): *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*, 4. Auflage, London.
- Fleischmann, B.* (2008): Grundlagen: Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse. Begriffliche Grundlagen. In: *D. Arnold/H. Isermann/A. Kuhn/H. Tempelmeier/K. Furmans (Hg.): Handbuch Logistik*. 3. Aufl., Berlin, S. 3–12.
- Fleischmann, B.* (2008): Grundlagen: Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse. Systeme der Transportlogistik. In: *D. Arnold/H. Isermann/A. Kuhn/H. Tempelmeier/K. Furmans (Hg.): Handbuch Logistik*. 3. Aufl., Berlin, S. 12–18.
- Fleischmann, B.* (2008): Grundlagen: Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse. Transport- und Tourenplanung. In: *D. Arnold/H. Isermann/A. Kuhn/H. Tempelmeier/K. Furmans (Hg.): Handbuch Logistik*. 3. Aufl., Berlin, S. 137–153.
- Fuchs, U.* (2013): Konzept mit Köpfchen: Slow Logistics kennt nur Gewinner. In: *DVZ Nachhaltigkeitsreport Transport & Logistik 2013/2014*, S. 16–17.
- Fugate, B.S./Mentzer, J.T./Stank, T.P.* (2010): Logistics Performance: Efficiency, Effectiveness, and Differentiation. In: *Journal of Business Logistics*, 31 (1), S. 43–62.
- Gabler* (2014), Stichwort: „Bundling“. Online verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/bundling.html>, Stand: 13.03.2014.
- Gadatsch, A.* (2010). *Grundkurs Geschäftsprozessmanagement*. Wiesbaden.
- Galbreth, M.R./Hill, J.A./Handley, S.* (2008): An Investigation of the Value of Cross-Docking for Supply Chain Management. In: *Journal of Business Logistics*, 29 (1), S. 225–239.
- Gallager, R.G.* (1995): *Discrete Stochastic Processes*. Boston.
- Gans N./van Ryzin, G.* (1999): Dynamic Vehicle Dispatching: Optimal Heavy Traffic Performance and Practical Insights. In: *Operations Research*, 47, S. 675–692.
- Gardner, N.* (2009): A manifesto for slow travel. In: *hidden Europe*, 25, S. 10–14.
- Gareis, K.* (2002): *Das Konzept Industriepark aus dynamischer Sicht, Theoretische Fundierung – empirische Ergebnisse – Gestaltungsempfehlungen*. Wiesbaden.
- Gatermann, I./Fleck, M. (Hg.)* (2011): *Mit Dienstleistungen die Zukunft gestalten. Impulse aus Forschung und Praxis*. Beiträge der 8. Dienstleistungstagung des BMBF. Frankfurt.
- Georg, J./Ströhm, C.H.* (2012): Das unternehmerische Nachhaltigkeitsleitbild und dessen Umsetzung und Steuerung in relevanten Funktionsbereichen. In: *Controlling & Management*, 56 (4), S. 249–254.

- Gerolimini, N./Daganzo, C.F.* (2005): A Review of Green Logistics Schemes Used in Cities Around the World. Working Paper. Hg. v. UC Berkeley Center for Future Urban Transport: A Volvo Center of Excellence.
- Geunes, J./Akçali, E./Pardalos, P. M./Romeijn, H.E./Shen, Z.J.M.* (Hg.) (2005): Applications of Supply Chain Management and E-Commerce Research. New York.
- Gleich, A. von/Gößling-Reisemann, S.* (Hg.) (2008): Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen. Wiesbaden.
- Goldsby, T.J./Stank, T.P.* (2000): World Class Logistics Performance And Environmentally Responsible Logistics Practices. In: *Journal of Business Logistics*, 21 (2), S. 187–208.
- Gößling-Reisemann, S.* (2008): Von der Verschränktheit der Nachhaltigkeits-Dimensionen. In: *A. von Gleich/S. Gößling-Reisemann (Hg.): Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen. Wiesbaden*, S. 264–270.
- Griffis, S.E./Goldsby, T.J./Cooper, M./Closs, D.J.* (2007): Aligning Logistics Performance Measures to the Information Needs of the Firm. In: *Journal of Business Logistics*, 28 (2), S. 35–56.
- Grimm, C.* (2013): Tchibo gewinnt Nachhaltigkeitspreis. In: *DVZ Deutsche Logistik-Zeitung*, 2013 (22).
- Groothedde, B./Ruijgrok, C./Tavasszy, L.* (2005): Towards collaborative, intermodal hub networks. A case study in the fast moving consumer goods market. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41 (6), S. 567–583.
- Gross, W./Zesch, F./Gelau, T./Hayden, C./Bötel, M./Brock, M.* (2013): Costs and Benefits of Green Logistics. 4flow Supply Chain Management Study 2013. Berlin.
- Gudehus, H.* (1963): Über die optimale Geschwindigkeit von Handelsschiffen. In: *Hansa*, 15 (23), S. 2387–2391.
- Gudehus, T.* (2012): Dynamische Disposition. Strategien Algorithmen und Werkzeuge zur optimalen Auftrags- Bestands- und Fertigungsdisposition. 3. Aufl., Berlin.
- Gudehus, T.* (2005): Logistik. Grundlagen, Strategien, Anwendungen. 3. Aufl., Berlin.
- Gue, K.* (1999): The effects of trailer scheduling on the layout of freight terminals. In: *Transportation Science*, 33 (4), S. 419–428.
- Gümüş, M./Bookbinder, J.H.* (2004): Cross-Docking and its Implications in Location-Distribution Systems. In: *Journal of Business Logistics*, 25 (2), S. 199–228.
- Haas, S./Hartmann, R.K./Sucky, E.* (2013): Nachhaltigkeit im Einkauf von Logistikdienstleistungen – Erste Ergebnisse einer empirischen Studie. In: *Sucky, E./Werner, J./Biethahn, N./Kolke, R. (Hrsg.): Mobility in a Globalised World 2012*, Bamberg, S. 121–137.
- Haas, R.* (2002): The Austrian Country Market: a European case study on marketing regional products and services in a cyber mall. In: *Journal of Business Research*, 55 (8), S. 637–646.

- Hall, R.W. (1987): Consolidation strategy: Inventory, vehicles and terminals. In: Journal of Business Logistics, 8 (2), S. 57–73.
- Hammann, P./Erichson, B. (2000): Marktforschung. 4. Aufl., Stuttgart.
- Hanwu, M./Yan, L. (2010): Research on Multi-Agent container terminal logistics operation scheduling system based on TOC. In: Computer and Automation Engineering (ICCAE), 2010 The 2nd International Conference on Singapur, IEEE, S. 213–216.
- Hart, S. L./Ahuja, G. (1996): Does it pay to be green? An empirical examination of the relationship between emission reduction and firm performance. In: Business Strategy and the Environment, 5 (1), S. 30–37.
- Hartung, J. (1991): Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 8. Aufl., München.
- Hayes, A.F./Cai, L. (2007): Using heteroskedasticity-consistent standard error estimators in OLS regression: An introduction and software implementation. In: Behavior Research Methods, 39 (4), S. 709–722.
- Healey, J.F. (2010): The Essentials of Statistics – A Tool for Social Research. 2. Aufl., Belmont.
- Heerwegh, D./Vanhove, T./Matthjis, K./Loosveldt, G. (2005): The Effect of Personalization on Response Rates and Data Quality in Web Surveys. In: International Journal of Social Research Methodology, 8, S. 85–99.
- Hennig, R. (2013): Schnell, Schneller, Stopp! In: Alles außer gewöhnlich, XXL Themenheft, 56, S. 28–30.
- Higginson, J.K.; Bookbinder, J.H. (1994): Policy recommendations for a shipment-consolidation program. In: Journal of Business Logistics, 15 (1), S. 87–112.
- Higginson, J.K./Bookbinder, J.H. (1995): Markovian Decision Processes in Shipment Consolidation. In: Transportation Science, 29 (3), S. 242–254.
- Hodgkinson, G.P./Herriot, P./Anderson, N. (2001): Re-aligning the Stakeholders in Management Research: Lessons from Industrial, Work and Organizational Psychology. In: British Journal of Management, 12 (Special Issue), S. 41–48.
- Hoffman, W. (2007): Supply Chain Balancing Act. In: Traffic World, 271 (10), S. 17.
- Hulett, D.T. (2011): Integrated Cost and Schedule Risk Analysis Using Monte Carlo Simulation of a CPM Model. TCM Framework: 7.6 – Risk Management (AACE International Recommended Practice No. 57R-09., 57R-09). Online verfügbar unter <http://www.aacei.org/non/rps/57R-09.pdf>, Stand: 11.12.2013.
- Hunaidi, O./Tremblay, M. (1997): Traffic-induced building vibrations in Montreal. In: Canadian Journal of Civil Engineering, 24 (5), S. 736–753.
- IfM (2013): Definition KMU. Online verfügbar unter: <http://www.ifm-bonn.org/mittelstandsdefinition/definition-kmu-des-ifm-bonn/>, Stand: 20.01.2015.

- Isermann, H.* (1994): Logistik im Unternehmen – eine Einführung. In: *H. Isermann* (Hrsg.): Logistik – Beschaffung, Produktion, Distribution. Landsberg/Lech, S. 21–60.
- Isermann, H.* (1998): Logistik. Gestaltung von Logistiksystemen. 2. Aufl., Landsberg/Lech.
- Jackson, G.*, (1981). Evaluating order consolidation strategies using simulation. In: *Journal of Business Logistics*, 2, S. 110–138.
- Jorgensen, R.* (o. J.): Slow steaming. The full story. Online verfügbar unter: <https://www.yumpu.com/en/document/view/7803715/slow-steaming-the-full-story-maersk>, Stand: 17.03.2014.
- Jr, Green K.W./Whitten, D./Inman, R.A.* (2008): The impact of logistics performance on organizational performance in a supply chain context. In: *Supply Chain Management: An International Journal*, 13 (4), S. 317–327.
- Jünemann, R.* (1989): Materialfluß und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. 2. Aufl. Berlin.
- Kärkkäinen, M./Ala-Risku, T./Holmström, J.* (2003): Increasing customer value and decreasing distribution costs with merge-in-transit. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33 (2), S. 132–148.
- Katzy, B.R./Schuh, G.* (1998): The virtual enterprise. In: *A. Molina/J. M. Kusiak A. Sánchez* (Hg.): Handbook of life cycle engineering. Concepts models and technologies. Dordrecht, S. 59–92.
- Kaupp, M.* (1997): City-Logistik als kooperatives Güterverkehrs-Management. Wiesbaden.
- Kayikci, Y.* (2010): A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2 (3), S. 6297–6311.
- Kendall, D.* (1953): Stochastic Processes Occurring in the Theory of Queues and their Analysis by the Method of the Imbedded Markov Chain. In: *The Annals of Mathematical Statistics*, 24 (3), S. 338–354.
- Kersten, W./Brockhaus, S./Berlin, S.* (2011): Implementierungsansätze für eine grünere Logistik. Ökoeffiziente Logistik mittels Target Costing. In: *Industrie Management*, 27 (6), S. 57–60.
- Keuschen, T./Klumpp, M.* (2011): Green Logistics Qualifikation in der Logistikpraxis. FOM Hochschule für Oekonomie & Management, ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement. Essen.
- Kimura, F.* (2013): Reconstructing the Concept of “Single Market and Production Base” for ASEAN beyond 2015. In: *ERIA Discussion Paper Series* (25).
- King, G./Keohane, R.O./Verba, S.* (1994): Designing Social Inquiry, Scientific Inference in Qualitative Research. Princeton, N. J.

- Kish, L./Verma, V.* (1986): Complete Censuses and Samples. In: Journal for Official Statistics, 2, S. 381–395.
- Klaus, P./Krieger, W.* (2008): Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 4. Aufl., Wiesbaden.
- Kleijnen, J.* (2005): Supply chain simulation tools and techniques: a survey. In: International Journal of Simulation & Process Modelling, 1 (1/2), S. 82–89.
- Klug, F.* (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin.
- Klug, F./Vogl, H.* (2003): Erfolgsfaktor Industriepark-Logistik. In: Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft, 3/2003, S. 28–33.
- Koch, S.* (2012): Logistik. Eine Einführung in Ökonomie und Nachhaltigkeit. Berlin.
- Koekebakker, S./Adland, R./Sødal, S.* (2007): Pricing freight rate options. In: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 43 (5), S. 535–548.
- Köhler, D.C.F.* (2011): Regenerative supply chains. Regenerative Wertschöpfungsketten. Aachen.
- Kornmeier, M.* (2007): Wissenschaftstheorie und Wissenschaftliches Arbeiten: Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. Heidelberg.
- Koskosidis, Y.A./Powell, W.B.* (1992): Clustering algorithms for consolidation of customer orders into vehicle shipments. In: Transportation Research Part B: Methodological, 26 (5), S. 365–379.
- Kotzab, H.* (1997): Neue Konzepte der Distributionslogistik von Handelsunternehmen, Wiesbaden.
- Kranke, A.* (2010): So ermitteln Sie den CO₂-Fußabdruck. In: Verkehrsrundschau, 51-52/2010, S. 36–38.
- Kromrey, H.* (2009): Empirische Sozialforschung. 12. Aufl., Stuttgart.
- Kühnel, S.M./Krebs, D.* (2007): Statistik für die Sozialwissenschaften - Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 4. Aufl., Reinbek.
- Kümmerlen, R.* (2012): Entschleunigung nein danke! In: DVZ Deutsche Logistik-Zeitung, 2012 (13). Online verfügbar unter: https://www.wiso-net.de-443.wiso-net.han.ub.uni-bamberg.de/document/DVZ__pw013rok-kommentar-581341-new, Stand: 12.01.2014.
- Kuhn, A./Rabe, M.* (1998): Simulation in Produktion und Logistik: Fallbeispielsammlung, Berlin.
- Kuik, R./Salomon, M./van Wassenhove, L.N.* (1994): Batching decisions: structure and models. In: European Journal of Operational Research, 75 (2), S. 243–263.
- Kumar, S.* (2008): A study of the supermarket industry and its growing logistics capabilities. In: International Journal of Retail & Distribution Management, 36 (3), S. 192–211.

- Kurzweil, P.* (2000): Das Vieweg Einheiten-Lexikon: Formeln und Begriffe aus Physik, Chemie und Technik. 2. Auflage, Braunschweig.
- Lai, K.H./Ngai, E.W.T./Cheng, T.C.E.* (2002): Measures for Evaluating Supply Chain Performance in Transport Logistics. In: *Transportation Research Part E*, 38, S. 439–456.
- Langley, J.* (2014): 2014 Third-Party Logistics Study. The State of Logistics Outsourcing. Results and Findings of the 18th Annual Study, Atlanta. Online verfügbar unter: https://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/3pl_study_report_web_version.pdf, Stand: 24.11.2014.
- Law, A.* (2007): *Simulation Modeling and Analysis*, 4. Aufl., Boston.
- Law, A./Kelton, W.* (2000): *Simulation Modeling and Analysis*, 3. Aufl., Boston.
- Lekkerland* (2013): Deutscher Logistik-Preis 2013 für Lekkerland. Online verfügbar unter: http://www.lekkerland.de/le/de/presse/pressemitteilungen/detailseite_11/detailseite_11393.html, Stand: 15.04.2015.
- Lighthouse* (2012): Slow Logistics gegen Green Logistics – Begriffssuche in unserer schnellen Welt. Neues Umweltbewusstsein in der Branche schaffen. Online verfügbar unter http://www.lighthouse-lc.de/index.php?option=com_content&view=article&id=142%3Aslow-logistics-gegen-green-logistics&catid=3%3A-kurzmeldungen&Itemid=73&lang=de, Stand: 12.03.2014.
- Lödding, H.* (2005): *Verfahren der Fertigungssteuerung. Grundlagen Beschreibung Konfiguration*. Berlin.
- Lodree Jr, E.J./Taskin, S.* (2007): An insurance risk management framework for disaster relief and supply chain disruption inventory planning. In: *Journal of the Operational Research Society*, 59 (5), S. 674–684.
- Lohre, D./Bernecker, T./Gotthardt, R.* (2011): *Grüne Logistik. Ein Gewinn für Verlader und Logistikdienstleister*. Stuttgart.
- Lohre, D./Herschlein, S.* (2010): *Grüne Logistik. Studie zu Begriffsverständnis, Bedeutung und Verbreitung „Grüner Logistik“ in der Speditions- und Logistikbranche*. Bonn.
- Lu, C.S.* (2004): An Evaluation of Logistics Services' Requirements of International Distribution Centers in Taiwan. In: *Transportation Journal*, 43 (4), S. 53–66.
- Marklund, J.* (2011): Inventory control in divergent supply chains with time-based dispatching and shipment consolidation. In: *Naval Research Logistics*, 58 (1), S. 59–71.
- Martin, H.* (2006): *Transport- und Lagerlogistik*, 6. Auflage, Wiesbaden.
- Masters, J.M.* (1980): The effects of freight consolidation on customer service. In: *Journal of Business Logistics*, 2 (1), S. 55–74.

- Mathirajan, M./Sivakumar, A.I.* (2006): A literature review, classification and simple meta-analysis on scheduling of batch processors in semiconductor. In: *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 29 (9), S. 990–1001.
- Mentzer, J.T./Flint, D.J./Kent, J.L.* (1999): Developing a logistics service quality scale. In: *Journal of Business Logistics* 20 (1), S. 9–32.
- Merrick, R.J./Bookbinder, J.H.* (2010): Environmental assessment of shipment release policies. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40 (10), S. 748–762.
- Metzler, U.* (2013): Anwendungsbereiche der Transportplanung. In: *Clausen, U./Geiger, C. (Hrsg.): Verkehrs- und Transportlogistik*, 2. Aufl., Berlin, S. 277–291.
- Meyer, J./Stahlbock, R./Voß, S.* (2012): Slow Steaming in Container Shipping. In: 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences: IEEE, S. 1306–1314.
- Min* (1996): Consolidation terminal location-allocation and consolidated routing problems. In: *Journal of Business Logistics*, 17 (2), S. 235–263.
- Min, H./Cooper, M.* (1990): A Comparative Review of Analytical Studies on Freight Consolidation and Backhauling. In: *Logistics and Transportation Review*, 26 (21), S. 149–169.
- Minkoff, A.* (1993): A Markov decision model and decomposition heuristic for dynamic vehicle dispatching. In: *Operations Research*, 41, S. 77–90.
- Möller, D.* (2009): Feinstaubbelastung: Ursachen und Gesundheitsgefährdung. In: *Forum der Forschung*, 22, S. 117–126.
- Molina, A./Sánchez, J.M./Kusiak A. (Hg.)* (1998): Handbook of life cycle engineering. Concepts, models and technologies. Dordrecht.
- Mollenkopf, D./Stolze, H./Tate, W.L./Ueltschy, M.* (2010): Green, lean, and global supply chains. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40 (1), S. 14–41.
- Morash, E.A.* (2001): Supply Chain Strategies, Capabilities, and Performance. In: *Transportation Journal*, 41 (1), S. 37–54.
- Morash, E.A./Dröge, C.L.M./Vickery, S.K.* (1996): Strategic Logistics Capabilities For Competitive Advantage And Firm Success. In: *Journal of Business Logistics*, 17 (1), S. 1–22.
- Müller, J.D. (Hg.)* (2012): Delivering tomorrow. Logistik 2050 eine Szenariostudie. 1. Aufl. Bonn.
- Murphy, P.R./Poist, R.F.* (2000): Green Logistics Strategies: An Analysis of Usage Patterns. In: *Transportation Journal*, 40 (2), S. 5–16.
- Muschkiel, M./Ebel, G.* (2013): Begriffe und Systematik. In: *Clausen, U./Geiger, C. (Hrsg.): Verkehrs- und Transportlogistik*, 2. Auflage, Heidelberg.

- Mutlu, F./Çetinkaya, S. (2010): An integrated model for stock replenishment and shipment scheduling under common carrier dispatch costs. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46 (6), S. 844–854.
- Mutlu, F./Çetinkaya, S./Bookbinder, J.H. (2010): An analytical model for computing the optimal time-and-quantity-based policy for consolidated shipments. In: *IIE Transactions*, 42 (5), S. 367–377.
- Nalebuff, B. (2003): Bundling, Tying, and Portfolio Effects. DTI Economics Paper No. 1. Online verfügbar unter: http://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/UK_DTI/T030207D.pdf, Stand. 20.11.2013.
- Nalogis (2013). Nalogis. Online verfügbar unter <http://www.nalogis.de/log-buch%202013.htm>, Stand: 12.03.2014.
- Newbourn, M.J./Barrett, C. (1972): Freight consolidation and the shipper, Parts 1–5. *Transportation Distribution Management*, 12 (2–6).
- Norling, E./Edmonds, B./Meyer, R. (2013): Informal Approaches to Developing Simulation Models. In: *Edmonds, B./Meyer, R. (Hrsg.): Simulating Social Complexity – A Handbook*, Berlin, S. 39–57.
- o. A. (2011a): 2011 Cross-Docking Trends Report. Online verfügbar unter: <http://www.sclogistics.com/news-resources/white-papers/41-cross-docking-trends-report-1/file>, Stand: 10.10.2015.
- o. A. (2011b): Cittaslow. Online verfügbar unter: <http://www.cittaslow.org/section/association>, Stand: 02.04.2014.
- o. A. (2013): Slow Food Manifesto. Online verfügbar unter: http://www.slow-food.com/international/7/history?-session=query_session:8D0D730C07e9e33938HU73E66405, Stand: 02.04.2014.
- o. A. (2014a): Frachtklassen. Online verfügbar unter: <https://docs.infor.com/ln/10.3/de-de/help/fm/onlinemanual/000008.html>, Stand: 16.02.2015.
- o. A. (2014b): Slowretail. Online verfügbar unter: <http://www.retail-excellence.com/differenzierung/slowretail.php>, Stand: 02.04.2014.
- o. A. (2014c): Slowdesign. Online verfügbar unter: <http://www.slow-design.it/home/bio>.
- Oberthür, S./Ott, H.E. (2000): *Das Kyoto-Protokoll: Internationale Klimapolitik für das 21. Jahrhundert*. Opladen.
- Olsson, J./Woxenius, J. (2012): Location of Freight Consolidation Centres Serving the City and its Surroundings. Seventh International Conference on City Logistics (07.-09.06.2011). In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, S. 293–306.
- Ouis, D. (2001): Annoyance from Road Traffic Noise: a Review. In: *Journal of Environmental Psychology*, 21 (1), S. 101–120.
- Patton, M.Q. (2002): *Qualitative Research & Evaluation Methods*, 3. Aufl., Thousand Oaks.

- Perrone, L.F./Wieland, F.P./Liu, J./Lawson, B.G./Nicol, D.M./Fujimoto, R.M. (Hg.)* (2006): Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference. Monterey, CA.
- Peterson, J.* (2012): Customization of Fashion Products Using Complete Garment Technology.
- Pfohl, H.C.* (1972): Marketing-Logistik. Gestaltung, Steuerung und Kontrolle des Warenflusses im modernen Markt. Mainz.
- Pfohl, H.C.* (2010): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8. Aufl., Berlin.
- Pfohl, H.C.* (2004): Logistikmanagement. 2. Aufl., Berlin.
- Pfohl, H.C. (Hg.)* (2000): Supply chain management: Logistik plus? Logistikkette - Marketingkette - Finanzkette. Berlin.
- Plowman, E.G.* (1964): Lectures on elements of business logistics. Stanford.
- Poist, R.F.* (1989): Evolution of Conceptual Approaches to the Design of Logistics Systems: A Sequel. In: *Transportation Journal*, 28 (3), S. 35–39.
- Pollock, T.* (1978), A management guide to LTL consolidation. In: *Traffic World*, 174, S. 29–35.
- Pooley, J./Stenger, A.J.* (1992): Modeling and evaluating shipment consolidation in a logistics system. In: *Journal of Business Logistics*, 13 (2), S. 153–174.
- Porter, M.E./van der Linde, C.* (2008): Green and competitive: Ending the stalemate. In: *Harvard business review on profiting from green business*, S. 131–167.
- Powell, W.* (1985): Analysis of vehicle holding and cancellation strategies in bulk arrival, bulk service queues. In: *Transportation Science*, 19 (4), S. 352–377.
- Powell, W./Humblett, P.* (1986): The Bulk Service Queue with a General Control Strategy: Theoretical Analysis and a New Computational Procedure. In: *Operations Research*, 34 (2), S. 267–275.
- Priemer, V.* (2000): Bundling im Marketing. Potentiale – Strategien – Käuferverhalten. Frankfurt/M.
- Pritsker, A.* (1998): Principles of simulation modeling. In: *Banks, J. (Hrsg.): Handbook of simulation*. New York, S. 31–51.
- PUDLV* (1999): § 2 Qualitätsmerkmale der Briefbeförderung. Fundstelle: Absatz 3. Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/pudlv/gesamt.pdf>, Stand: 03.03.2015.
- Rabe, M./Spieckermann, S./Wenzel, S.* (1998): Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik – Vorgehensmodelle und Techniken, Berlin.
- Ralston, P.M./Grawe, S.J./Daugherty, P.J.* (2013): Logistics salience impact on logistics capabilities and performance. In: *International Journal of Logistics Management*, 24 (2), S. 136–152.

- Reidel, J.* (2014): Zukunftsprojekt Erde. Online verfügbar unter: <http://www.zukunftsprojekt-erde.de/zukunftsprojekt-erde/stimmen-der-nachhaltigkeit/dr-johannes-reidel-kulturwissenschaftliches-institut-essen-kwi-center-for-responsibility-research-crr.html>, Stand: 01.04.2014.
- Rhea, M.J./Shrock, D.L.* (1987): Measuring the Effectiveness of Physical Distribution Customer Service Programs. In: *Journal of Business Logistics*, 8 (1), S. 31–45.
- Rickenberg, T.* (2011): Ein Entscheidungsunterstützungssystem für operative, intermodale Transportplanung. Kurzvortrag, Zweite NTH OMaR Vollversammlung. Leibniz Universität Hannover, Institut für Wirtschaftsinformatik. NTH-Graduiertenschule "Operations Management and Research". Clausthal, 06.10.2011. Online verfügbar unter <http://www.nth-omr.de/fileadmin/nth-grad/TimRickenberger.pdf>, Stand: 22.03.2015.
- Ricoh Express* (2009): Introducing Milk Run Methods for Parts Collection to Optimize Logistics. Online verfügbar unter: http://www.ricoh.com/environment/report/pdf2010/53_54.pdf
- Robinson, S.* (2004): *Simulation – The Practice of Model Development and Use*, Chichester.
- Rodrigue, J.P./Slack, B./Comtois, C.* (2007): Green Logistics. In: *Brewer, A./Button, K./Hensher, D. (Hrsg.): Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*, Amsterdam, S. 339–350.
- Rohrer, M.W.* (2000). Seeing is believing: The impact of visualization in manufacturing simulation. In: *Joines J. et al. (Hrsg.), Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, Piscataway, S. 1211–1216.
- Ronen, D.* (1982): The Effect of Oil Price on the Optimal Speed of Ships. In: *The Journal of the Operational Research Society*, 33 (11), S. 1035.
- Roy, R.N./Guin, K.K.* (1999): A proposed model of JIT purchasing in an integrated steel plant. In: *International Journal of Production Economics*, 59 (1–3), S. 179–187.
- Rudolf, M./Müller, J.* (2004): *Multivariate Verfahren*. Göttingen.
- Ruijgrok, K.* (2010): Rail freight service business model development – cost structure, pricing, policies and revenue management. Online verfügbar unter: http://www.vervoerslogistiekewerkdagen.org/docs/download/index/vlw2010_2.pdf#page=65, Stand: 12.10.2013.
- Sachs, W.* (1993): Die vier E's. Merkposten für einen maßvollen Wirtschaftsstil (politische ökologie 33: Lebensstil oder Stilleben. Lebenswandel durch Wertewandel). Online verfügbar unter http://www.wiso-net.de/webcgi?START=%20A60&DOKV_DB=ZECU&DOKV_NO=%20OEKO6D BE8B1C1B970DA0976EAA1913E8C0C2&DOKV_HS=0&PP=1, Stand: 17.07.2014.
- Sadjadi, S.J./Jafari, M./Amini, T.* (2008): A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem (an auto industry supply chain case

- study). In: *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 44, S. 194–200.
- Sbihi, A./Eglese, R.W.* (2007): Combinatorial optimization and Green Logistics. In: *4OR*, 5 (2), S. 99–116.
- Schaltegger, S./Synnestvedt, T.* (2002): The link between 'green' and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance. In: *Journal of Environmental Management*, 65 (4), S. 339–346.
- Schneider, H./Buzacott, J./Rücker, T.* (2005): *Operative Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen*. München.
- Schneidewind, U./Palzkill, A.* (2011): *Suffizienz als Business Case. Nachhaltiges Ressourcenmanagement als Gegenstand einer transdisziplinären Betriebswirtschaftslehre*. Wuppertal.
- Schnell, R./Hil, P./Esser, E.* (2013): *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 10. Aufl., München.
- Schönsleben, P.* (2011): *Integrales Logistikmanagement*. 6. Aufl., Berlin.
- Schulte, C.* (2013): *Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain*. 6. Aufl., München.
- Sheffi, Y.* (1986): Carrier/shipper interaction in the transportation market: An analytic framework. In: *Journal of Business Logistics*, 7 (1), S. 1–27.
- Sheffi, Y./Eskandari, B./Koutsopoulos, H.N.* (1988): Transportation mode choice based on total logistic costs. In: *Journal of Business Logistics*, 9 (2), S. 137–154.
- Slow Logistics* (2014): *Slow Logistics*. Online verfügbar unter <http://slow-logistics.de/>, Stand: 12.03.2014.
- Srivastava, S.K.* (2007): Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. In: *International Journal of Management Reviews*, 9 (1), S. 53–80.
- Souren, R.* (2010): Ökologisch und ökonomisch nachhaltige Gestaltung logistischer Systeme. In: *Corsten, H./Roth, S. (Hrsg.): Nachhaltigkeit, Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung*, Wiesbaden, S. 133–152.
- Stalk, G./Evans, P./Shulman, L.E.* (1992): Competing on capabilities: the new rules of corporate strategy. In: *Harvard Business Review*, 70 (2), S. 57–69.
- Stickel, M.* (2006): *Planung und Steuerung von Crossdocking-Zentren*. Karlsruhe.
- Stock, J./Lambert, D.* (2001): *Strategic Logistics Management*, 4. Aufl., Boston.
- Straube, F./Pfohl, H.C.* (2008): *Trends und Strategien in der Logistik - Globale Netzwerke im Wandel. Umwelt Sicherheit Internationalisierung Menschen*. Hamburg.

- Sucky, E.* (2004): Koordination in Supply Chains. Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken. Wiesbaden.
- Sucky, E./Durst, S.* (2009): Lieferantentwicklung: Stand der empirischen Forschung. In: *Bogaschewsky, R./Eßig, M./Lasch, R./ Stölzle, W. (Hrsg.): Supply Management Research - Aktuelle Forschungsergebnisse 2009*, Wiesbaden, S. 37–72.
- Sucky, E./Haas, S.* (2015): Logistikleistungen für den Mittelstand: eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Aspekte. In: *Becker, W./Ulrich, P. (Hrsg.): BWL im Mittelstand: Grundlagen, Besonderheiten, Entwicklungen*, 2015, Stuttgart, S. 191–207.
- Suhl, L./Mellouli, T.* (2013): Optimierungssysteme: Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen. 3. Aufl., Berlin.
- Talagavaram, P./Dutta, A.* (2011): Sustainability-based IT-enabled Business Transformation. A Structured Approach. In: *SETLabs Briefings*, 9 (1), S. 19–30.
- Tang, S./Yan, H.* (2010): Pre-distribution vs. post-distribution for cross-docking with transshipments. In: *Omega*, 38 (3/4), S. 192–202.
- Taniguchi, E./van der Heijden, R.E.C.M.* (2000): An evaluation methodology for city logistics. In: *Transport Reviews*, 20 (1), S. 65–90.
- Tiedemann, S.-K./Boysen, N.* (2010): Design und Betrieb von Cross Docks. In: *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 39 (2), S. 54–60.
- Töpfer, A.* (2009): Lean Management und Six Sigma: Die wirkungsvolle Kombination von zwei Konzepten für schnelle Prozesse und fehlerfreie Qualität. In: *Töpfer, A. (Hrsg.): Lean Six Sigma – Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*, Berlin, S. 25–68.
- Tyan, J.C./Wang, F.K./Du, T.C.* (2003): An evaluation of freight consolidation policies in global third party logistics. In: *Omega*, 31 (1), S. 55–62.
- Tyworth, J.E.* (1992): Modeling transportation-inventory trade-offs in a stochastic setting. In: *Journal of Business Logistics*, 13 (2), S. 97–124.
- Ülkü, M.A.* (2009): Comparison of Typical Shipment Consolidation Programs: Structural Results. In: *Management Science and Engineering*, 3 (4), S. 27–33.
- Ülkü, M.A./Bookbinder, J.H.* (2012): Optimal quoting of delivery time by a third party logistics provider: The impact of shipment consolidation and temporal pricing schemes. In: *European Journal of Operational Research*, 221 (1), S. 110–117.
- Unipark* (2014): Umfragesoftware. Online verfügbar unter: <http://www.unipark.com/de/umfragesoftware/>, Stand: 12.08.2015.
- UPS* (2013): Tariftable und Serviceleistungen 2013. Online verfügbar unter: http://www.ups.com/media/de/service_guide_de.pdf, Stand 22.10.2015.
- Vahrenkamp, R.* (1998): Logistikmanagement, 3.Aufl., München.

- Vahrenkamp, R./Kotzab, H. (2012): Logistik – Management und Strategien, 7.Aufl., München.
- Vahrenkamp, R. (2014): Slow Logistics – Ein neues Paradigma?, Arbeitspapier zur Logistik Nr.6/2014, online verfügbar unter: [http://www.fluglaerm-eppstein.de/Downloads/Vahrenkamp %20140312%20Slow%20Logistic.pdf](http://www.fluglaerm-eppstein.de/Downloads/Vahrenkamp%20140312%20Slow%20Logistic.pdf), Stand: 23.09.2014.
- Van Belle, J./Valckenaers, P./Cattrysse, D. (2012): Cross-docking: State of the art. In: *Omega*, 40, S. 827–846.
- VDI-3633 Blatt 1 (2014): Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen. VDI Richtlinien, Düsseldorf.
- VIL (2010): Slow Logistics. Concept and Practical Examples. Antwerp.
- Voigt, K.I. (2000): Zeitwettbewerb. In: *Götze, U./Mikus, B./Bloech, J. (Hrsg.): Management und Zeit*, Heidelberg, S. 193–220.
- Voigt, K.I./Wettengl, S. (1999): Innovationskooperation im Zeitwettbewerb. In: *Engelhardt, J./Sinz, E. (Hrsg.): Kooperation im Wettbewerb*, Wiesbaden, S. 411–443.
- Wagner, S.M. (2006): Supplier development practices: an exploratory study. In: *European Journal of Marketing*, 40 (5/6), S. 554–571.
- Wang, X./Takakuwa, S. (2006): Module-Based Modeling of Production-Distribution Systems Considering Shipment Consolidation. In: *L. F. Perrone, F. P. Wieland, J. Liu, B. G. Lawson, D. M. Nicol, R. M. Fujimoto et al. (Hg.): Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*. Monterey, CA, 03.-06.12.2006, S. 1477–1484.
- Wanke, P.F. (2009): Consolidation effects and inventory portfolios. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45 (1), S. 107–124.
- Wannenwetsch, H. (2007): Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung Logistik Materialwirtschaft und Produktion ; mit 158 Tabellen und zahlreichen Fallbeispielen. 3. Aufl. Berlin.
- WCED (1987): Our common future - Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford/New York: Oxford University Press.
- Weber, J. (2012): Logistikkostenrechnung. Kosten-, Leistungs- und Erlösinformationen zur erfolgsorientierten Steuerung der Logistik. 3. Aufl. Berlin.
- Weber, J./Dehler, M. (2000): Entwicklungsstand der Logistik. In: *H.-C Pfohl (Hg.): Supply chain management: Logistik plus? Logistikkette - Marketingkette - Finanzkette*. Berlin, S. 45–68.
- Wen-Ling, H. (2003): Study on the Pattern of Logistics in Chinese Electronic Business. In: *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 2, S. 113–116.
- Wenzel, S./Weiß, M./Collisi-Böhmer, S./Pitsch, H./Rose, O. (2008): Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik: Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Berlin.

- Wenzel, S. (2008): Simulation logistischer Systeme. In: Arnold, D./Isermann, A./Kuhn, H./Tempelmeier, H./Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Berlin, S. 73–94.
- Wildemann, H. (2004): Der Wertbeitrag der Logistik. Hg. v. TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG (TCW Standpunkt, Nr. XXXIV).
- Wildemann, H./Niemeyer, A. (2006): Das Milkrun-Konzept: Logistikkostensenkung durch auslastungsorientierte Konsolidierungsplanung. Online verfügbar unter: http://www.tcw.de/uploads/html/publikationen/aufsatz/files/Logistikkostensenkung_Milkrun_Niemeyer.pdf, Stand: 24.05.2014.
- Wilmowsky, P. (2002): Pflichtverletzungen im Schuldrecht. Die Anspruchs- und Rechtsgrundlagen des neuen Schuldrechts. In: Beilage zur Juristischen Schulung (1).
- Winsberg, E. (2009): Computer Simulation and the Philosophy of Science. In: Philosophy Compass, 4, S. 835–845.
- Wrona, T./Fandel, G. (2010): Möglichkeiten und Grenzen einer Methodenintegration, in: Wrona, T./Fandel, G. (Hrsg.): Mixed Methods – Konzeptionelle Überlegungen, ZfB Special Issue, 4, Wiesbaden, S. 1–15.
- Wu, H.J./Dunn, S.C. (1995): Environmentally responsible logistics systems. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 25 (2), S. 20–38.
- Xu, Q. (2003): The practice and application of Milk-run model at Shanghai GM. In: Automobile and Parts, 3, S. 21–24.
- Zacharia, Z.G./Mentzer, J.T. (2004): Logistics Saliency in a changing Environment. In: Journal of Business Logistics, 25 (1), S. 187–210.
- Zerback, T./Schoen, H./Jacob, N./Schlereth, S. (2009): Zehn Jahre Sozialforschung mit dem Internet – eine Analyse zur Nutzung von Online-Befragungen in den Sozialwissenschaften. In: Jacob, N./Schoen, H./Zerback, T. (Hrsg.): Sozialforschung im Internet: Methodologie und Praxis der Online-Befragung. Wiesbaden.
- Zhang, M./Ruijgrok, K./Jong, F. de (2010): Rail freight service business model development - Cost structure, pricing policies and revenue management. In: Samenstelling bestuur Vervoerslogistieke Werkdagen 2010 Samenvattingen Vervoerslogistieke Werkdagen 2010 Auteursregister VLW Best Paper Award, S. 301–317.
- Zhou, G./van Hui, Y./Liang, L. (2011): Strategic alliance in freight consolidation. In: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 47 (1), S. 18–29.
- Zsifkovits, H.E. (2012): Logistik. Konstanz.



Next Day, Next Morning, Same Day, Same Hour. Die Versandhändler werben in der heutigen Zeit mit immer schnelleren Lieferzeiten. Grundlage dafür ist die Beschleunigung der logistischen Prozesse und Verfahren. Nicht nur im B2C-Bereich ist die Liefergeschwindigkeit ein zentraler Wettbewerbsfaktor der Distributionslogistik. Die Schnelligkeit fordert jedoch auch einen hohen Ressourceneinsatz bzw. -verbrauch. Sie wirkt damit aktuellen Bestrebungen in Richtung nachhaltigerer Wertschöpfungsprozesse entgegen. Es stellt sich zudem die Frage, ob tatsächlich Schnelligkeit oder nicht vielmehr Lieferzuverlässigkeit und Ressourcenschonung zukünftig die entscheidenden Kriterien für die Kunden sind.

An diesen Argumenten knüpft Slow Logistics an. Dieses Konzept bricht mit dem Paradigma der Geschwindigkeit in der Logistik, ohne jedoch die ökonomische Effizienz zu beeinträchtigen. Im Gegenteil, durch eine bewusste Ausschöpfung vorhandener Zeitfenster bei logistischen Prozessen in produktspezifischen Supply Chains wird die wirtschaftliche mit der sozial-ökologischen Wertschöpfung verbunden, sodass durch die in Kauf genommene Verlangsamung robuste Systeme mit geringer Fehleranfälligkeit entstehen.

In der vorliegenden Dissertation werden erstmals umfassend die theoretisch fundierten, allgemeinen Grundlagen der Slow Logistics entwickelt und erarbeitet. Zudem stellt dieses Buch mit der Sendungsbündelung eine zentrale Methode der Slow Logistics in den Fokus der Analyse und generiert dadurch für die betriebliche Praxis wertvolle Ergebnisse und Handlungsempfehlungen.



eISBN 978-3-86309-472-0



9 783863 094720

www.uni-bamberg.de/ubp/