

# Kapitel 1

## Einleitung

Der Güterverkehr, d. h. der Transport von Waren, ist grundlegend für den Erfolg der immer stärker arbeitsteilig wirtschaftenden Unternehmen weltweit [Cla13a, S. 4]. Die Rahmenbedingungen des Güterverkehrsmarktes sind daher eng an die gesamtwirtschaftliche Entwicklung gekoppelt [Bun13, S. 1], [Kil12, S. 81]. So steht in Deutschland insbesondere der Straßengüterverkehr, mit seinem Anteil von knapp 73 % an der Transportleistung des Güterverkehrs [Bun13, S. 11], vor der Herausforderung, möglichst schnell auf die Anforderungen des Marktes reagieren zu können und über Anpassungen bzw. Optimierungsmaßnahmen einen auf die Kundenbedürfnisse abgestimmten Service bei niedrigen Kosten anzubieten. Charakteristisch für sogenannte offene Transportnetze ist das branchenübergreifende Angebot einer durchgängigen Transportkette vom Versender zum Empfänger. Auf Basis kurzfristiger Kontrakte werden somit heterogene Kundenstrukturen bis hin zu privaten Endkunden bedient. [Bre10a, S. 312ff] Die zwei größten und am wenigsten spezialisierten Marktsegmente für offene Transportnetze sind der Paketmarkt für Sendungen unter 31,5 kg sowie der allgemeine, speditionelle Stückguttransportmarkt für Sendungen bis zu 3 t [Kla08, S. 536], [Kil12, S. 77, 100]. Die Segmente generieren gemeinsam ca. 18 Mrd. EUR Marktumsatz pro Jahr [Kil12, S. 77], [Man13, S. 8]. Die Reaktion auf Kundenbedürfnisse ist dabei für die Transportdienstleister besonders essentiell für den Geschäftserfolg [Bre10a, S. 311ff].

In beiden Segmenten nehmen die Herausforderungen der Durchführung eines effizienten Transportnetzbetriebs stetig zu. Steigenden Personal- und Treibstoffkosten sowie einer zunehmenden Volatilität des Sendungsaufkommens müssen die Anbieter dabei genauso begegnen wie stetig wachsenden Anforderungen der Kunden, bspw. nach möglichst späten Abholungen, vorab definierten, möglichst frühen und engen Zustellzeitfenstern und einer möglichst großen ökologischen Nachhaltigkeit der Dienstleistungserstellung [Bol12b], [Rei13], [Wit13, S. 3, 8]. Der enorme Zuwachs des Umsatzes im Distanzhandel über das Internet stellt den Paketmarkt zusätzlich vor die Herausforderung einer starken Sendungsmengensteigerung von bis zu 10 % pro Jahr. Um von den daraus entstehenden Chancen profitieren zu können, dürfen insbesondere bei der Zustellung der Sendungen zum Empfänger keine Serviceverluste entstehen. [Bol12b], [Gra13] Das Marktsegment des allgemeinen Stückguttransports ist zusätzlich zu den genannten generellen Herausforderungen durch eine starke Zergliederung der Anbieter und geringe Renditen im niedrigen einstelligen Prozentbereich geprägt. Aufgrund dessen wird in Zukunft eine

weitere Konsolidierung des Marktes und ein anhaltender Konkurrenz- und Preisdruck erwartet. [Lau12], [Has13] Die beschriebenen Entwicklungen erfordern eine stetige Optimierung der operativen Abwicklung des Sendungstransports sowie den gezielten Ausbau der Kapazitäten in strategisch wichtigen Bereichen der bestehenden Netzstrukturen.

Charakteristisch für diese Netzstrukturen ist der Betrieb von Umschlaganlagen, da die Sendungen für eine wirtschaftliche Transportabwicklung gebündelt werden müssen. Ziel dieser Anlagen ist ein möglichst schneller und effizienter Umschlag der Sendungen zwischen den eingehenden und ausgehenden Fahrzeugen, um den eigentlichen Transportablauf so wenig wie möglich zu verzögern und die zusätzlichen Kosten für den Umschlag möglichst gering zu halten [Fle08, S. 7]. Aufgrund der beschriebenen Marktentwicklungen, wie zunehmenden Konsolidierungen, steigenden Sendungsmengen und Marktvolatilität sowie wachsenden Serviceerwartungen, müssen daher sowohl bestehende Standorte optimiert als auch Standorte neu errichtet werden. Die benötigten Umschlagleistungen erfordern dabei die Realisierung immer größerer und leistungsfähigerer Anlagen. Als weitere Herausforderung ist ein Rückgang im Angebot geeigneter Gewerbeflächen zu verzeichnen, was die Bedeutung einer effizienteren Nutzung der Flächen an bestehenden Standorten unterstreicht. [Hec12], [Lau12], [Mar12], [Ver12], [Gra13], [Mar13]

Aus den erläuterten Rahmenbedingungen resultiert eine stetige Zunahme in der Komplexität der Prozesse sowie das steigende Bewusstsein für die hohe Bedeutung eines effizienten Umschlags als Grundlage eines reibungslosen Transportablaufs. Dementsprechend wurden erste geeignete Untersuchungs- und Optimierungsmethoden für Umschlaganlagen offener Transportnetze entwickelt. Dabei standen insbesondere die statische Planung der Umschlaganlagen sowie die Optimierung der innerbetrieblichen Sortierprozesse im Fokus (siehe u. a. [Chm06], [Dey08], [Cla11a], [Dey11]). Darüber hinaus wurde vereinzelt bereits das Potenzial einer effizienten Abwicklung der Hoflogistikprozesse, d. h. der Prozesse zur Ver- und Entsorgung der innerbetrieblichen Sortierung mit den für die Transporte zwischen den Standorten genutzten Fahrzeugen und Ladeeinheiten, erkannt [Vel09], [Wöh10b], [Bec13]. Allein in Deutschland sind bei den größten Anbietern mindestens 300 Umschlaganlagen offener Transportnetze betroffen, in denen mehrere hundert Fahrzeugbewegungen täglich geplant und gesteuert werden müssen. Die entsprechenden Strategien zur Steuerung von Hoflogistiksystemen basieren heute größtenteils auf dem Erfahrungswissen der verantwortlichen Mitarbeiter und waren bisher nicht Gegenstand einer systematischen Analyse. Diese ist aufgrund der hohen Bedeutung der Hoflogistik für die Leistungsfähigkeit der innerbetrieblichen Sortierprozesse jedoch notwendig, um über standardisierte und stärker automatisierte Steuerungsstrategien die Effizienz der Umschlaganlagen zu steigern und unter zukünftigen Anforderungen sicherzustellen. Darüber hinaus fehlt es an geeigneten Untersuchungsmethoden für die Hoflogistik, die deren komplexen Prozesszusammenhängen und der Systemdynamik gerecht werden.

## 1.1 Ziel der Arbeit und Forschungsaufgaben

Übergeordnetes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine geeignete Untersuchungsmethode für die Hoflogistik in Umschlaganlagen offener Transportnetzwerke zu entwickeln und diese für eine systematische Bewertung möglicher Steuerungsstrategien zu nutzen. So soll ein Modell zur Planungsunterstützung und -validierung geschaffen werden, welches die verantwortlichen Mitarbeiter von der strategisch-taktischen Layoutplanung des Betriebsgeländes bis hin zur Konzipierung operativer Steuerungsstrategien an neuen oder modifizierten Standorten unterstützen kann. Darüber hinaus soll die systematische Analyse und Bewertung von systemspezifischen Steuerungsalternativen den qualitativen und quantitativen Nutzen einer standardisierten Abwicklung der Hoflogistik in großen Umschlaganlagen aufzeigen.

Zur Erreichung dieses Forschungsziels ist die Bearbeitung von drei aufeinander aufbauenden Forschungsaufgaben notwendig, deren Ziele im Folgenden kurz erläutert werden:

1. Grundlegend für die Entwicklung geeigneter Modelle und Strategien ist eine umfassende *Systembeschreibung und die Darstellung der charakteristischen Eigenschaften* der Hoflogistik in Umschlaganlagen offener Transportnetze.
2. Es muss die *Entwicklung eines geeigneten Analysemodells* erfolgen, welches der Dynamik und Komplexität des Hoflogistiksystems gerecht wird sowie die Herausforderungen der Planung und Optimierung berücksichtigt.
3. Die *Herleitung von Strategiealternativen und deren systematische Untersuchung* mit Hilfe des Analysemodells ist notwendig um aufzuzeigen, unter welchen Voraussetzungen eine effiziente Abwicklung bei stärkerer Standardisierung und Automatisierung der Hoflogistiksteuerung gewährleistet wird.

Der für die Bearbeitung der Forschungsaufgaben gewählte Aufbau der Arbeit sowie das methodische Vorgehen werden im folgenden Abschnitt erläutert.

## 1.2 Aufbau der Arbeit und methodisches Vorgehen

Die Arbeit gliedert sich in vier Hauptkapitel, welche sich maßgeblich aus den vorhergehend beschriebenen Forschungsaufgaben ableiten. Eine schematische Darstellung der Struktur zeigt Abbildung 1.1 auf der nächsten Seite. Nach der Einleitung wird im Rahmen von *Kapitel zwei* zunächst der Betrachtungsgegenstand detailliert erläutert. Nach einer kurzen Einführung in die Marktgegebenheiten offener Transportnetzwerke erfolgt die Beschreibung der entsprechenden Logistiksysteme. Die Eigenschaften der Umschlaganlagen, als maßgebliche Bestandteile eines Netzwerks, werden im dritten Unterkapitel erläutert, bevor im vierten Unterkapitel die sich aus dem Betrieb der Umschlaganlagen ergebenden Hoflogistiksysteme umfassend mit ihren Objekten, Prozessen und Planungsaufgaben beschrieben werden. Zusammenfassend erfolgt in Unterkapitel 2.5 die Ableitung der charakteristischen Merkmale von Hoflogistiksystemen in Umschlaganlagen offener Transportnetzwerke. Diese definieren gleichzeitig die Anforderungen an das zu entwickelnde Analysemodell sowie die zu konzipierenden Steuerungsstrategien. Das

Unterkapitel fasst somit das Ergebnis der Bearbeitung der ersten Forschungsaufgabe zusammen.

Die Grundlagen zur Strategieentwicklung und Modellbildung auf Basis der zuvor definierten charakteristischen Eigenschaften der Hoflogistik werden im *dritten Kapitel* vorgestellt. Dieses beschreibt den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik, auf den die weiteren Forschungsaufgaben aufbauen. Im ersten Unterkapitel wird der Stand der Technik zur Steuerung von Hoflogistiksystemen dargestellt, um die Rahmenbedingungen, Herausforderungen und bestehenden Lösungsansätze aus der Praxis aufzuzeigen. Das zweite Unterkapitel beschreibt den Stand der Wissenschaft zur Entwicklung und Auswahl geeigneter Steuerungsstrategien. Aus der Gegenüberstellung der in Kapitel zwei formulierten Anforderungen von Hoflogistiksystemen sowie des aktuellen Stands der Wissenschaft und Technik ergibt sich der in Unterkapitel 3.3 zusammenfassend dargestellte Handlungsbedarf in Hinblick auf die Entwicklung und Bewertung der Steuerungsstrategien. Da es, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, außerdem an einer geeigneten Untersuchungsmethode fehlt, werden anschließend die in der Wissenschaft genutzten Methoden eingeordnet. Es wird dargestellt, warum insbesondere die Simulation der Dynamik und Komplexität der Hoflogistiksysteme ausreichend gerecht wird und daher als grundlegende Methode für das zu entwickelnde Analysemodell ausgewählt wird. Vorbereitend für die weiteren Arbeitsschritte erfolgt zum Abschluss von Kapitel drei eine kurze Darstellung der wesentlichen Grundlagen der Simulation und des Vorgehens bei der Anwendung dieser Methode.

	1	<b>Einleitung</b>		
Grundlagen	2	<b>Hoflogistiksysteme in Umschlaganlagen</b>		
		Anforderungen an Analyse und Bewertung		
	3	<b>Stand der Wissenschaft und Technik</b>		
		Betrieb & Technik der Hoflogistiksteuerung	Entwicklung von Steuerungsstrategien	Untersuchungsmethoden
Methodenentwicklung		<b>Analysemodell für Hoflogistiksysteme</b>		
		Modellierungsumgebung		
	4	Anwendungsmodul		
		Auswertungsmodul		
		Anwendung des Analysemodells		
		<b>Steuerungsstrategien der Hoflogistik</b>		
	5	Strategieentwicklung		
	Strategiebewertung und -optimierung			
		Bewertung der entwickelten Methodik und des Nutzens systemspezifischer Steuerungsstrategien		
	6	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>		

Abbildung 1.1: Schematische Übersicht zum Aufbau der Arbeit

Die anschließenden *Kapitel vier* und *fünf* beschreiben die im Rahmen der Arbeit entwickelte Methodik zur Analyse und Bewertung von Hoflogistiksystemen und zeigen das Potenzial spezi-

fischer Steuerungsstrategien zur Steigerung der Effizienz von Umschlaganlagen offener Transportnetzwerke auf. Zu Beginn von *Kapitel vier* wird zunächst das Ziel sowie der grundlegende Aufbau des entwickelten Analysemodells vorgestellt. Um den Anforderungen von Hoflogistiksystemen gerecht werden zu können, besteht dieses aus drei Modulen, welche in den dann folgenden Unterkapiteln jeweils einzeln erläutert werden. Die entwickelte Modellierungsumgebung bildet die Grundlage zur Abbildung der zu untersuchenden Hoflogistiksysteme. Sie basiert auf einer Software zur ereignisgesteuerten Simulation logistischer Systeme und ist daher in der Lage den Anforderungen an die Untersuchung der komplexen und dynamischen Hoflogistiksysteme gerecht zu werden. Das zweite Modul stellt das Vorgehen sowie Werkzeuge zur Anwendung der Modellierungsumgebung auf Problemstellungen aus Theorie und Praxis bereit. Die im Rahmen von Simulationsstudien zu durchlaufenden Phasen der Modellerstellung und -anwendung werden dazu auf die zu analysierenden Problemstellungen übertragen, um die effiziente Nutzung der Analysemethode zu gewährleisten. Die Anwendung der Modellierungsumgebung ist dabei eng mit der dritten Komponente des Analysemodells, dem Auswertungsmodul verknüpft. Im vierten Unterkapitel wird daher zunächst die Erstellung standardisierter Auswertungen aus den während der Durchführung eines Simulationsexperiments aufgezeichneten Daten erläutert. Anschließend erfolgt die Aggregation der Auswertungen zu einer aussagekräftigen Kennzahlensystematik, welche eine ganzheitliche Beschreibung und Bewertung eines Hoflogistiksystems erlaubt. Abschließend wird im fünften Unterkapitel die Anwendung des Analysemodells auf eine reale Problemstellung vorgenommen, um die Funktionalität des Ansatzes zu verifizieren, dessen Praxistauglichkeit zu validieren und ein typisches Anwendungsszenario für die in Kapitel fünf erfolgende Strategiebewertung zu schaffen.

In *Kapitel fünf* erfolgt zunächst die Beschreibung der Grundlagen für die Entwicklung von Steuerungsstrategien der Hoflogistik auf Basis der wesentlichen Zuordnungskriterien der Objekte zueinander. Mit Hilfe des in Kapitel vier entwickelten Analysemodells erfolgt anschließend die systematische Untersuchung konkreter Strategievarianten für das Anwendungsszenario. Für die wesentlichen Einflussstellen der Steuerungsstrategien in einem Hoflogistiksystem werden dabei die in Hinblick auf die Systemleistung und die benötigten Ressourcen vorteilhaften Strategievarianten anhand der Kennzahlen des Auswertungsmoduls bestimmt. Um der Komplexität und Dynamik der Hoflogistiksysteme gerecht zu werden, erfolgen für ausgewählte Strategien Sensitivitätsanalysen, welche den Einfluss der eingesetzten Kapazität an Ressourcen auf die Wirksamkeit der Strategien ermitteln. Abschließend werden die Erkenntnisse aus der Bearbeitung der zweiten und dritten Forschungsaufgabe zusammengefasst. Es erfolgt die kritische Reflexion des entwickelten Analysemodells sowie die Darstellung des Nutzens systemspezifischer Steuerungsstrategien für Hoflogistiksysteme zur Effizienzsteigerung von Umschlaganlagen offener Transportnetze.

Die Arbeit schließt im *sechsten Kapitel* mit einer Zusammenfassung zu den Ergebnissen der bearbeiteten Forschungsaufgaben und einem Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.