

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 18499 N

Thema

Zeitfenster-Management im Straßengüterverkehr – Effizienzsteigerung durch Integration von Zeitfenstervorgaben in Planungs- und Dispositionsprozessen

Berichtszeitraum

01.01.2016 bis 31.12.2017

Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.
Schlachte 31
28195 Bremen

Forschungseinrichtung(en)

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Unternehmensführung und Logistik
Hochschulstr. 1
64289 Darmstadt

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich 1
Fachgebiet Unternehmensführung & Logistik
Prof. Dr. Ralf Elbert
Hochschulstraße 1
64289 Darmstadt

Ralf Elbert

Darmstadt, 12.04.2018

Ort, Datum

Name und Unterschrift aller Projektleiterinnen und Projektleiter der
Forschungseinrichtung(en)

Gefördert durch:

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt „Zeitfenster-Management im Straßengüterverkehr – Effizienzsteigerung durch Integration von Zeitfenstervorgaben in Planungs- und Dispositionsprozessen“ wurden Zeitfenstermanagementsysteme mit einer Fokussierung auf die Perspektive von kleinen und mittleren Spediteuren untersucht. Zeitfenstermanagementsysteme haben in den letzten Jahren zu einer steigenden Effizienz an der Laderampe geführt. Von dieser Entwicklung profitieren Industrie- und Handelsunternehmen, welche durch die Implementierung von Zeitfenstermanagementsystemen die Transparenz und Planungssicherheit erhöhen und eine gleichmäßige Auslastung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Wareneingang realisieren können. Insgesamt können Wartezeiten an der Laderampe zwar reduziert werden, jedoch werden Spediteure durch Zeitfenstervorgaben auch mit einem Mehraufwand und einer erhöhten Komplexität bei der Disposition konfrontiert. Verbesserte, dynamische Planungs- bzw. Dispositionsprozesse sind nötig, um Zeitfenstervorgaben geeignet berücksichtigen und die Mehrkosten somit reduzieren oder vermeiden zu können.

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel des Vorhabens in der simulationsbasierten Untersuchung der Auswirkungen von Zeitfenstermanagementsystemen und Entwicklung von Koordinationsmechanismen zur Realisierung akteursübergreifender Verbesserungspotenziale. Zum Erreichen der Zielsetzung wurde eine umfassende Literaturrecherche in wissenschaftlichen und praxisnahen Fachzeitschriften durchgeführt. Aufbauend auf den Ergebnissen der Literaturanalyse wurde ein agentenbasiertes Simulationsmodell zur Darstellung der Prozesse bei der Disposition mit Zeitfenstervorgaben und der Durchführung der Touren entwickelt. Detailliert und praxisorientiert konnten die entsprechenden Planungs- und Ausführungsaufgaben sowie die charakteristischen Verhaltensweisen der Akteure durch Workshops, Interviews und in Fallstudien aufgenommen werden. So wurden drei Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern, vier typische Vorgehensweisen zur Durchsetzung von Zeitfenstern und drei zentrale Problemfelder an der Laderampe identifiziert. Darüber hinaus wurden 19 Koordinationsmechanismen zur verbesserten Nutzung von Zeitfenstermanagementsystemen entwickelt. Diese Datengrundlage diente zur Ableitung realitätsnaher Szenarien für die Simulationsstudie.

In der Simulationsstudie wurde aufgezeigt, dass die Wartezeit an der Laderampe von der Strategie des Lagerhausbetreibers abhängt. Insgesamt kann der Einsatz von Zeitfenstermanagementsystemen zu einer Reduzierung der durchschnittlichen Wartezeit pro

Anlieferung beitragen, wobei bei einem flexiblen Einsatz größere Reduzierungen als bei einem strikten Einsatz zu verzeichnen sind. Die koordinierende Wirkung von Zeitfenstermanagementsystemen entfaltet sich jedoch erst, wenn die Auslastung im Transportnetzwerk entsprechend hoch ist. Vor diesem Hintergrund erweist sich der Einsatz von Zeitfenstermanagementsystemen insbesondere am Vormittag als sinnvoll zur Reduzierung der Wartezeiten. Die Wirkung von sechs ausgewählten Koordinationsmechanismen wurde in der Simulationsstudie getestet. Eine Reduzierung der durchschnittlichen Wartezeit wurde durch eine beschleunigte Freigabe von Zeitfenstern bei sich abzeichnenden Verspätungen und eine höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster am Vormittag realisiert. So konnte gezeigt werden, dass mittels einfacher Maßnahmen bereits deutliche Verringerungen der Wartezeiten realisiert werden können.

Zur differenzierten Auseinandersetzung mit den zunehmenden Anforderungen an den Disponenten wurde der Prozess der Disposition und Zeitfensterbuchung detailliert untersucht. Hierfür wurde der Dispositionsprozess bei Vor-Ort-Besuchen aufgenommen und eine Evaluierung verfügbarer Assistenzsysteme zur Unterstützung des Disponenten durchgeführt. Im Zentrum der Untersuchung standen insbesondere kleine und mittlere Speditionsunternehmen, die aufgrund eines geringen Auftragsvolumens und eines wechselnden Kundenkreises mit spezifischen Anforderungen konfrontiert werden.

Durch die gewählte Forschungsmethodik konnten neue Erkenntnisse zur aktorsübergreifenden, verbesserten Nutzung von Zeitfenstermanagementsystemen gewonnen werden. So konnte eine Thematik, die aufgrund des hohen Kostendrucks auf dem Transportmarkt und des sich abzeichnenden Fachkräftemangels bei Disponenten, für kleine und mittlere Speditionsunternehmen eine hohe Relevanz besitzt aus einer bisher kaum erforschten Perspektive untersucht werden. Die Ergebnisse der Simulationsstudie und ein praxistauglicher Leitfaden zur Dokumentation zentraler Projektergebnisse stehen Speditionsunternehmen zur Verfügung, um Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen aus dem Projekt direkt zur Verbesserung von Planungs- und Dispositionsprozesse nutzbar zu machen.

Ausführlicher Sachbericht des Forschungsvorhabens

Inhaltsverzeichnis

1. VORBEMERKUNG	6
2. DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE DER EINZELNEN ARBEITSPAKETE	7
2.1 ARBEITSPAKET 1 (M1-M1) – PROBLEMBESCHREIBUNG UND -ABGRENZUNG	7
2.1.1 Stand der Literatur	7
2.1.2 Zu berücksichtigende Akteure und deren Perspektiven	11
2.1.3 Das Akteursgefüge bei der Zeitfensterbuchung und zeitfenstergesteuerten Anlieferung	13
2.1.4 Identifikation relevanter Unternehmensprozesse und Entscheidungen	17
2.1.5 Konkretisierung der Projektbearbeitung	21
2.2 ARBEITSPAKET 2 (M2-M8) – SIMULATIONSMODELLENTWICKLUNG	22
2.2.1 Modellierungsziel und konzeptionelles Modell	22
2.2.2 Computerbasiertes Simulationsmodell	25
2.3 ARBEITSPAKET 3 (M4-M11) – DATENERHEBUNG	30
2.3.1 Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern	31
2.3.2 Durchsetzung von Zeitfenstern	32
2.3.3 Identifizierte Problemfelder	34
2.3.4 Entwickelte Koordinationsmechanismen	38
2.4 ARBEITSPAKET 4 (M12-M13) – IDENTIFIKATION RELEVANTER ENTSCHEIDUNGS- UND UMWELTSZENARIOEN	46
2.4.1 Szenarien für den Einsatz von Zeitfenstermanagement	47
2.4.2 Szenarien für ausgewählte Koordinationsmechanismen	48
2.4.3 Szenarien für die Einplanung von Zeitfenstern	50
2.5 ARBEITSPAKET 5 (M14-M16) – UNTERSUCHUNG DER AUSWIRKUNGEN VON ZEITFENSTERMANAGEMENTSYSTEMEN	51
2.5.1 Untersuchung unterschiedlicher Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern	52
2.5.2 Untersuchung der Wirkung von Koordinationsmechanismen	55
2.6 ARBEITSPAKET 6 (M17-M20) – VALIDIERUNG UND AUSWERTUNG AUS VERHALTENSWISSENSCHAFTLICHER PERSPEKTIVE	58
2.6.1 Untersuchung von Entscheidungen und Verhaltensweisen im Dispositionsprozess	58
2.6.2 Evaluierung von Assistenzsystemen zur Entscheidungsunterstützung	61
2.6.3 Herausforderungen und Potenziale der teilautomatisierten Disposition	63
2.7 ARBEITSPAKET 7 (M21-M24) – ERSTELLUNG VON LEITFADEN UND DOKUMENTATION: AUFBEREITUNG VON ERGEBNISSEN UND SIMULATION FÜR DIE NUTZUNG DURCH KMU	65

2.7.1 Zentrale Ergebnisse	65
2.7.2 Entwickelte Koordinationsmechanismen und darauf aufbauende Handlungsempfehlungen	67
2.7.3 Ergebnisse der Simulationsstudie und darauf aufbauende Handlungsempfehlungen	72
3. VERWENDUNG DER ZUWENDUNGEN	75
4. NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	76
5. BEWERTUNG DES WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHEN UND WIRTSCHAFTLICHEN NUTZENS DER ERZIELTEN ERGEBNISSE INSBESONDERE FÜR KMU SOWIE IHRES INNOVATIVEN BEITRAGS UND IHRER INDUSTRIELLEN ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN	77
6. ERGEBNISTRANSFER IN DIE WIRTSCHAFT	79
6.1 TRANSFERMAßNAHMEN WÄHREND DER PROJEKTLAUFZEIT	79
6.2 TRANSFERMAßNAHMEN NACH ABSCHLUSS DES VORHABENS	83
7. ZUSAMMENFASSUNG UND ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG	85
LITERATURVERZEICHNIS	86

1. Vorbemerkung

Das Vorhaben „Zeitfenster-Management im Straßengüterverkehr – Effizienzsteigerung durch Integration von Zeitfenstervorgaben in Planungs- und Dispositionsprozessen“ (Kurztitel: „Zeitfenster-Management im Straßengüterverkehr“) wurde im Förderzeitraum von Januar 2016 bis Dezember 2017 unter der Leitung von Prof. Dr. Ralf Elbert, Dominik Thiel und Anne Friedrich am Fachgebiet Unternehmensführung und Logistik der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. An der Projektbearbeitung war außerdem Jan Philipp Müller als weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter beteiligt. Neun studentische Hilfskräfte unterstützten die Projektbearbeitung. Im Zusammenhang mit dem Projekt entstanden außerdem acht wissenschaftliche Arbeiten. Dabei handelte es sich um sieben Bachelor-, Master- oder Studienarbeiten sowie um eine Dissertation. Im Rahmen des Projektes wurden mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses sowie mit weiteren Experten aus der Praxis Interviews, Workshops und Vor-Ort-Besuche zur Datenaufnahme, Validierung und Sicherstellung einer praxistauglichen und transferierbaren Zielverfolgung durchgeführt.

Das IGF-Vorhaben 18499 N der Forschungsvereinigung Logistik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Erforschung der im Projektantrag gestellten und zu Beginn der Laufzeit konkretisierten Aufgabenstellung erfolgte entsprechend dem Projektplan in sieben Arbeitspaketen. Die Beschreibung der einzelnen Arbeitspakete und der erzielten Ergebnisse erfolgt in Kapitel 2 dieses Berichts. Anschließend wird die Verwendung der Zuwendungen in Kapitel 3 begründet erläutert. In Kapitel 4 wird die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit thematisiert bevor in Kapitel 5 eine Bewertung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen vorgenommen wird. Der Bericht schließt mit der Beschreibung der Maßnahmen zum Transfer in die Wirtschaft in Kapitel 6 und einer abschließenden Bewertung sowie Zusammenfassung in Kapitel 7.

2. Durchführung und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete erläutert und den durch den Projektplan vorgegebenen Zielen gegenübergestellt. Insgesamt ist die Projektbearbeitung in sieben Arbeitspakete gegliedert. Arbeitspaket 1 umfasst die Problembeschreibung und -abgrenzung. In Arbeitspaket 2 wird bereits in einer frühen Phase der Projektbearbeitung ein grundlegendes Simulationsmodell entwickelt. Dieses wird auf der Basis einer umfassenden Datenerhebung im Rahmen von Arbeitspaket 3 angepasst und weiterentwickelt. In Arbeitspaket 4 werden realitätsnahe und repräsentative Szenarien definiert. Anhand dieser Szenarien werden in Arbeitspaket 5 simulationsbasiert die Auswirkungen ausgewählter Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern und Koordinationsmechanismen zur verbesserten Nutzung von Zeitfenstermanagementsystemen (ZMS) untersucht. Eine Konzentration auf den Disponenten und dessen Verhaltensweisen erfolgt in Arbeitspaket 6 bevor in Arbeitspaket 7 die Dokumentation der Ergebnisse in Form eines Leitfadens vorgenommen wird.

2.1 Arbeitspaket 1 (M1-M1) – Problembeschreibung und -abgrenzung

Zielsetzung: Ziel des ersten Arbeitspaketes war es, den zu untersuchenden Bereich geeignet zu beschreiben und abzugrenzen. Hierbei sollten die Systemgrenzen für die Projektbearbeitung festgelegt und im Hinblick auf die spezifischen Perspektiven der beteiligten Akteure analysiert werden. Es sollte somit definiert werden, in welchem Umfang die Akteure bei der Analyse berücksichtigt werden und welche akteursübergreifenden Prozesse relevant sind. Sowohl für die akteursübergreifenden als auch für die akteursspezifischen Prozesse sollten entsprechende Unternehmensprozesse und Entscheidungssituationen identifiziert werden.

Vorgehen: Für das Arbeitspaket 1 wurde eine umfassende Recherche in der wissenschaftlichen Literatur sowie in der deutschsprachigen Praxisliteratur durchgeführt. Für die Recherche nach praxisrelevanter Literatur wurde die Datenbank WISO genutzt während für die wissenschaftliche Literatur die Datenbanken Science Direct, Emerald Insight, EbscoHost, Web of Science, Scopus und Google Scholar herangezogen wurden.

2.1.1 Stand der Literatur

Zunächst konnte festgestellt werden, dass der Themenbereich ZMS mit seinen Herausforderungen und Potenzialen während der vergangenen zehn Jahre in Theorie und Praxis zunehmend diskutiert wurde. So konnten im Zeitraum von 2006 bis 2016 durch die Suche in einschlägigen Datenbanken insgesamt 309 Beiträge in deutschsprachigen

Fachzeitschriften und 86 wissenschaftliche Literaturquellen recherchiert werden. Ursächlich für die steigende Anzahl von Veröffentlichungen ist die zunehmende Implementierung von ZMS durch Industrie- und Handelsunternehmen. So sind an die ZMS der Transporeon Group bzw. von Cargoclix bereits über 100.000 Nutzer bzw. 12.000 Nutzer angeschlossen (**TRANSPOREON, 2017; CARGOCLIX, 2017**).

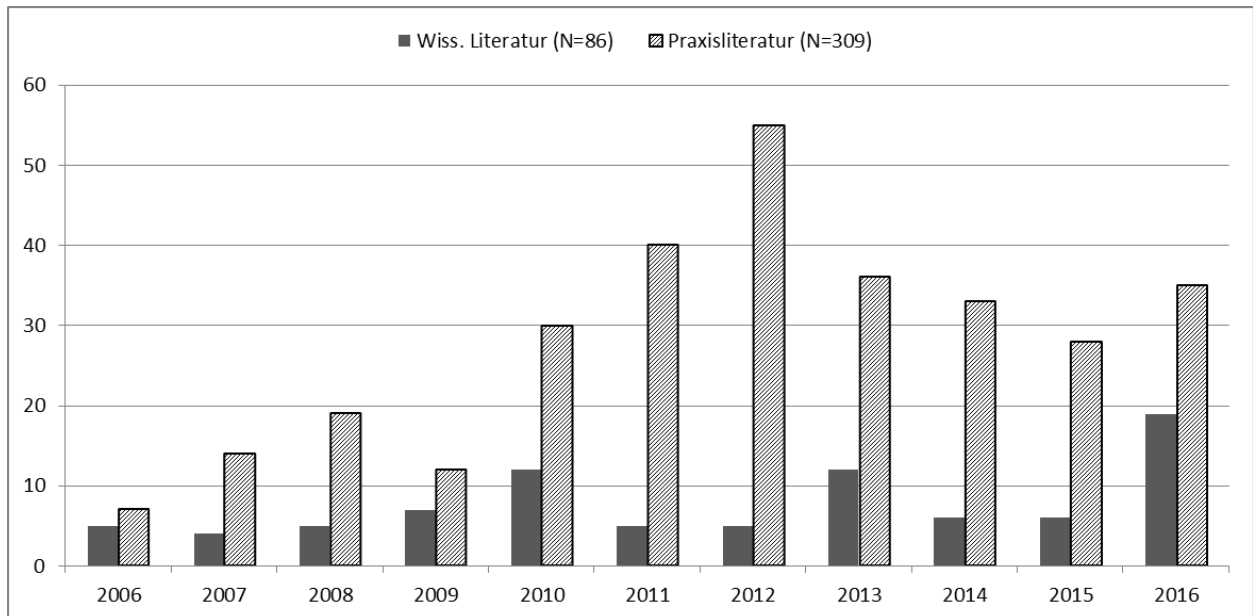


Abbildung 1: Auswertung bezüglich der Anzahl der untersuchten Literaturquellen über die vergangenen zehn Jahre.

Insbesondere in der deutschsprachigen, praxisnahen Literatur gibt es in variierender Intensität (siehe Abbildung 1) eine breite Diskussion zu verschiedenen Perspektiven, Problemstellungen und dem Nutzen von ZMS. Hierbei liegt der Fokus gleichermaßen auf der Darstellung von ZMS aus der Perspektive des Spediteurs und des Lagerhausbetreibers. Häufig werden ZMS aus der Perspektive des Spediteurs im Kontext von weiteren operativen Problemen an der Laderampe diskutiert. Herausgestellt werden hierbei insbesondere eine mangelnde Standardisierung der Be- und Entladeprozesse und das Fehlen einer klaren Aufgabenverteilung zwischen Fahrern und Wareneingangsmitarbeitern (**DE JONG, 2014**). Darüber hinaus fehlen häufig respektvolle Umgangsformen und soziale sowie technische Mindeststandards werden nicht eingehalten (**ZÄNKER, 2012**).

In der wissenschaftlichen Literatur ist die Diskussion des Themas ZMS im Kontext des Straßengüterverkehrs hingegen weniger stark ausgeprägt. Die vorhandene Literatur bezieht sich hierbei zu zwei Dritteln auf Zulaufsteuerungen für große infrastrukturelle Knotenpunkte, wie zum Beispiel Hafenanlagen (**HUYNH, SMITH & HARDER, 2016**). Darüber hinaus hat sich bedingt

durch die zunehmende Verbreitung von ZMS die Berücksichtigung von Zeitfensterrestriktionen bei mathematischen Optimierungsproblemen in der Touren- und Ablaufplanung des Operations Research etabliert (**BUSHUEV & GUIFFRIDA, 2012; KUMMER, JAMMERNEGG & GRÜN, 2009; BRÄYSY & GENDREAU, 2005; SAVELSBERGH, 1992; SOLOMON, 1987**). Hierbei wird primär das „Traveling Salesman Problem With Time Windows“ als klassisches Reihenfolgenproblem untersucht (**DUMAS, DESROSIERS & SOUMIS, 1991**). Teilweise werden neben Zeitfensterrestriktionen weitere Restriktionen, wie beispielsweise die Begrenzung der maximalen Arbeitszeit von Berufskraftfahrern durch die Regelungen zu Lenk- und Ruhezeiten, berücksichtigt (**KOK ET AL., 2010**). Neben der großen Anzahl an Veröffentlichungen mit mathematischen Modellierungen konnte identifiziert werden, dass Untersuchungen zum operativen Prozess der Tourenplanung und zum Einfluss von Zeitfensterrestriktionen auf diesen Prozess in der wissenschaftlichen Literatur unterrepräsentiert sind (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**). Nur wenige Veröffentlichungen, wie beispielsweise dargestellt von **JURCZYK, KOPFER UND KRAJEWSKA (2006)**, beschreiben die Schritte des Disponenten bei der Tourenplanung. Dies erfolgt jedoch auf einer relativ hohen Aggregationsebene und ohne Einbeziehung von zusätzlichen Restriktionen wie Zeitfensterbuchungen (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**). Es werden folglich Touren mit Zeitfensterrestriktionen mathematisch modelliert, die Konsequenzen für Spediteure und Transportunternehmen werden jedoch nicht umfassend und realitätsnah untersucht. Dies betrifft neben Folgen für die Dispositions- und Planungsprozesse insbesondere auch Konsequenzen, die mit dem Verletzen von Zeitfensterrestriktionen verbunden sind (**ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016**). So werden finanzielle Auswirkungen bisher nur mit einem Fokus auf Teilkosten, wie beispielsweise die Treibstoffkosten, untersucht (**TAS ET AL., 2013; SUZUKI, 2012**).

Neben der inhaltlichen Ausrichtung der wissenschaftlichen Literatur konnte aus der Literaturrecherche der Schluss gezogen, dass primär die Perspektive des Lagerhausbetreibers im Vordergrund steht (**ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016**). Es mangelt bisher an wissenschaftlichen Veröffentlichungen, in denen der Fokus auf der Sicht des Spediteurs liegt (**HUYNH, SMITH & HARDER, 2016; ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**). Im Zentrum der Argumentation stehen somit die Sicht des Lagerhausbetreibers und die Zielsetzung der Verbesserung der Wareneingangsprozesse. Die Herausforderung des Spediteurs, eine effiziente Tourenplanung mit starren Zeitfenstern betreiben zu können, wird oft außer Acht gelassen (**HUYNH, SMITH & HARDER, 2016**). Akteursübergreifende Ansätze sind in der wissenschaftlichen Literatur bisher nur vereinzelt zu finden. Statt der verbreiteten Selbstoptimierung der einzelnen Akteure wird in Theorie und Praxis jedoch zunehmend ein Paradigmenwechsel hin zu einer akteursübergreifenden Kommunikation, Koordination und

Prozessverbesserung thematisiert (**ZÄNKER, 2012; TRÄGNER, 2013; ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017; ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017A**). Konzepte für eine akteursübergreifende Koordination werden in der wissenschaftlichen Literatur unter anderem von **PHAN & KIM (2016)** sowie von **KARAENKE, BICHLER & MINNER (2015)** erforscht.

So beschreiben **PHAN & KIM (2016)** eine kooperative Vergabe von Zeitfenstern, bei der ein rückkoppelnder Informationsfluss vom Lagerhausbetreiber zum Spediteur realisiert wird. Der Lagerhausbetreiber informiert den Spediteur über eine geschätzte Durchlaufzeit zur Be- und Entladung basierend auf den bereits gebuchten Zeitfenstern. Diese Information kann vom Spediteur zur Tourenplanung genutzt werden. Eine Form der kooperativen Vergabe von Zeitfenstern schlagen **KARAENKE, BICHLER & MINNER (2015)** vor. Mit einem Auktionsmechanismus werden Zeitfenster von einer zentralen Instanz an Spediteure bzw. Transportunternehmen vergeben, wobei alternative (suboptimale) Zeitfenster anzugeben sind.



Abbildung 2: Zentrale Ergebnisse der Literaturrecherche.

Insgesamt konnte durch die Literaturrecherche ein Überblick über den Forschungsstand zum Thema ZMS im Straßengüterverkehr erarbeitet werden. Zusammenfassend werden die Ergebnisse in Abbildung 2 dargestellt. Als zentrales Ergebnis konnte herausgestellt werden, dass in der praxisorientierten Literatur die Perspektiven von Lagerhausbetreibern und Spediteuren gleichermaßen thematisiert werden und ZMS häufig im Kontext von operativen Problemen an der Laderampe behandelt werden. In der wissenschaftlichen Literatur steht hingegen die Perspektive des Lagerhausbetreibers im Vordergrund. Folgen für die Dispositionsprozesse von Spediteuren und Verletzungen von Zeitfensterrestriktionen werden kaum untersucht. Diese nicht hinreichende Berücksichtigung der Perspektive des Spediteurs bzw. des Transportunternehmens konnte als Forschungslücke identifiziert und als Anknüpfungspunkt für die Projektbearbeitung begründet ausgewählt werden. Im Fokus soll hierbei insbesondere die Einflussnahme von Zeitfensterrestriktionen auf Planungs- und Dispositionsprozesse stehen.

2.1.2 Zu berücksichtigende Akteure und deren Perspektiven

An der Zeitfensterbuchung und Durchführung der zeitfenstergesteuerten Anlieferung sind Lagerhausbetreiber, Spediteure und gegebenenfalls Transporteure (im Folgenden als Spediteure bezeichnet) als primäre Akteure beteiligt. Anbieter von ZMS geben als Intermediäre die zeitlichen und mengenmäßigen Rahmenbedingungen für die Be- und Entladung an der Schnittstelle Laderampe vor (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**). ZMS bilden somit Kommunikationsschnittstellen zwischen dem Lagerhausbetreiber und Spediteur (**BERLIT, 2012**). Vor- und Nachteile von ZMS werden aus der Perspektive der primär beteiligten Akteure kontrovers diskutiert (siehe Abbildung 3). So zeichnen sich bei der Wahrnehmung und Bewertung von ZMS aus der Sicht von Lagerhausbetreibern und Spediteuren entscheidende Diskrepanzen ab (**BMVI, 2014; ELBERT & THIEL, 2016**). Das heterogene Meinungsbild wird in mehreren Umfragen, beispielsweise vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), bestätigt (siehe auch **BMW, 2014; CARGOCLIX, 2012; HACKIUS & KERSTEN, 2014; BAG, 2011**).

Aus der Sicht von Lagerhausbetreibern wird argumentiert, dass die gesamte Supply Chain von ZMS profitieren kann (**BAG, 2011**). Als zentrale Vorteile werden eine Reduzierung von Staus sowie von Warte- und Standzeiten angesehen, insbesondere bei begrenzten Stellflächen und zu Stoßzeiten (**KÜMMERLEN, 2016**). Darüber hinaus ist aus der Sicht von Lagerhausbetreibern entscheidend, dass durch die Implementierung von ZMS die Transparenz über LKW-Ankünfte erhöht wird. Dies ermöglicht eine höhere Planungssicherheit bei der Planung des Einsatzes von Mitarbeitern bzw. Mitarbeiterinnen und der Nutzung von Equipment im Wareneingang (**LODERHOSE, 2015**). Lagerhausbetreiber können somit durch eine Erhöhung der Transparenz im Wareneingang und eine Effizienzsteigerung, bedingt durch eine gleichmäßige Auslastung der Laderampen und Wareneingangsmitarbeiter, niedrigere Prozesskosten realisieren (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**).

Spediteure sehen sich hingegen durch die Implementierung von ZMS mit einer erhöhten Planungskomplexität bei der Tourenplanung konfrontiert. Durch Zeitfensterrestriktionen wird die Anlieferflexibilität beschränkt. Hieraus folgt ein Mehraufwand bei der Tourenplanung (**HELMKE, 2014; BGL, 2011**). So gaben in einer Umfrage (n=793) mit einer Beteiligung von 552 Spediteuren und Transportdienstleistern 88 % der befragten Spediteure an, dass ZMS die Tourenplanung erschweren (**WITTENBRINK, 2014**). Dies bedeutet zum einen, dass zusätzliche Personalkapazitäten für die Buchung und Tourenplanung zur Verfügung stehen müssen. Zum anderen werden durch die Buchung von ungünstigen Zeitfenstern gegebenenfalls zusätzliche Wartezeiten und Umwege verursacht. Da Zeitfensterbuchungen an eine verfügbare Anzahl von Paletten für die Be- und Entladung gekoppelt sind, kann außerdem der Fall auftreten, dass

zwangsläufig Touren mit reduzierter Auslastung geplant werden (**BRADL, 2014**). Der Verlust von Effizienz bei der Tourenplanung muss von den Spediteuren durch den Einsatz von zusätzlichen Fahrzeugen und durch die Einstellung von zusätzlichem Personal zur Disposition und Zeitfensterbuchung abgefangen werden (**BERLIT, 2012**). Der resultierende Anstieg bei den Prozesskosten für die Tourenplanung und den Betriebskosten für die Anlieferung bzw. Abholung des Spediteurs kann auf dem stark konkurrierenden Transportmarkt bei kleinen und mittleren Speditionsunternehmen nicht bzw. nur bedingt an den Verlager weitergegeben werden (**HUYNH, SMITH & HARDER, 2016**). Neben steigenden Prozesskosten haben Spediteure mit weiteren finanziellen Auswirkungen zu rechnen. Diese betreffen zum einen die Buchungsgebühren für Zeitfenster. Zusätzlich drohen bei Verspätungen weitere finanzielle Konsequenzen, beispielsweise durch zusätzliche Wartezeiten, die Neuplanung von Touren für den nächsten Tag oder die Entrichtung von Strafkosten an den Lagerhausbetreiber (**BRADL, 2014; ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016**).

Ein abschließender Überblick über die Wahrnehmung und Bewertung von ZMS aus den Perspektiven des Lagerhausbetreibers und Spediteurs wird in Abbildung 3 gegeben.

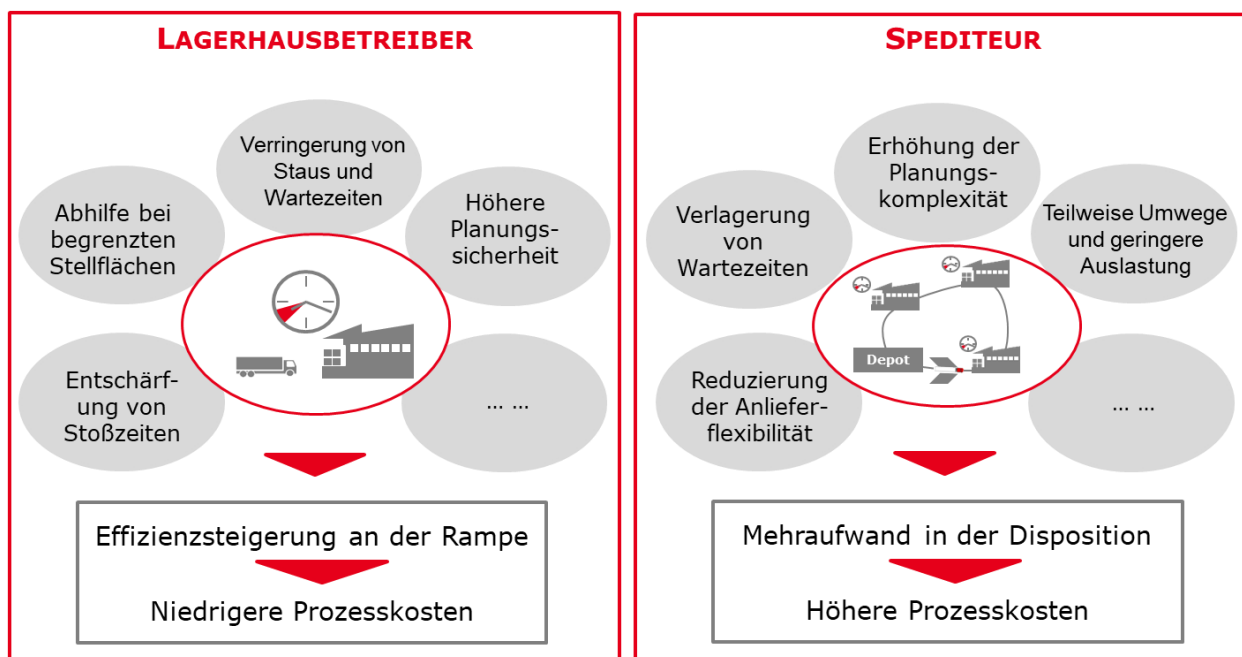


Abbildung 3: Diskrepanzen in der Bewertung von ZMS durch Lagerhausbetreiber und Spediteure.

Aus dem im Rahmen des Arbeitspaketes 1 identifizierten heterogenen Meinungsbild der primären Akteure wurde für die Bearbeitung des Projektes der Schluss gezogen, dass zur Verbesserung der Situation an der Laderampe eine akteursübergreifende Perspektive nötig ist.

Erst die Analyse des komplexen Zusammenwirkens der Akteure bei der Zeitfensterbuchung und zeitenstergesteuerten Anlieferung ermöglicht die Entwicklung von Koordinationsmechanismen für verbesserte Rahmenbedingungen für ZMS (ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017).

2.1.3 Das Akteursgefüge bei der Zeitfensterbuchung und zeitenstergesteuerten Anlieferung

Zur Untersuchung des Akteursgefüges mit einem Fokus auf Spediteure und Lagerhausbetreiber als primäre Akteure wurden Interaktionsprotokolle in Form von Sequenzdiagrammen entwickelt. Bei dieser Form von Interaktionsprotokollen wird erfasst, in welcher Reihenfolge Akteure Informationen austauschen. Dies erfolgt durch die Darstellung von Akteuren als Agenten. Der agentenbasierte Modellierungsansatz ermöglicht zudem, dass auch ZMS als Agenten darstellbar werden (ODELL ET AL., 2001). Beispielhaft wird in Abbildung 4 ein Interaktionsprotokoll für eine pünktliche Anlieferung mit Zeitfenstervorgabe dargestellt. Verspätet sich der Fahrer, beispielsweise durch Verzögerungen bei einer vorherigen Anlieferung, so treten fallspezifisch weitere Interaktionen auf (ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017).

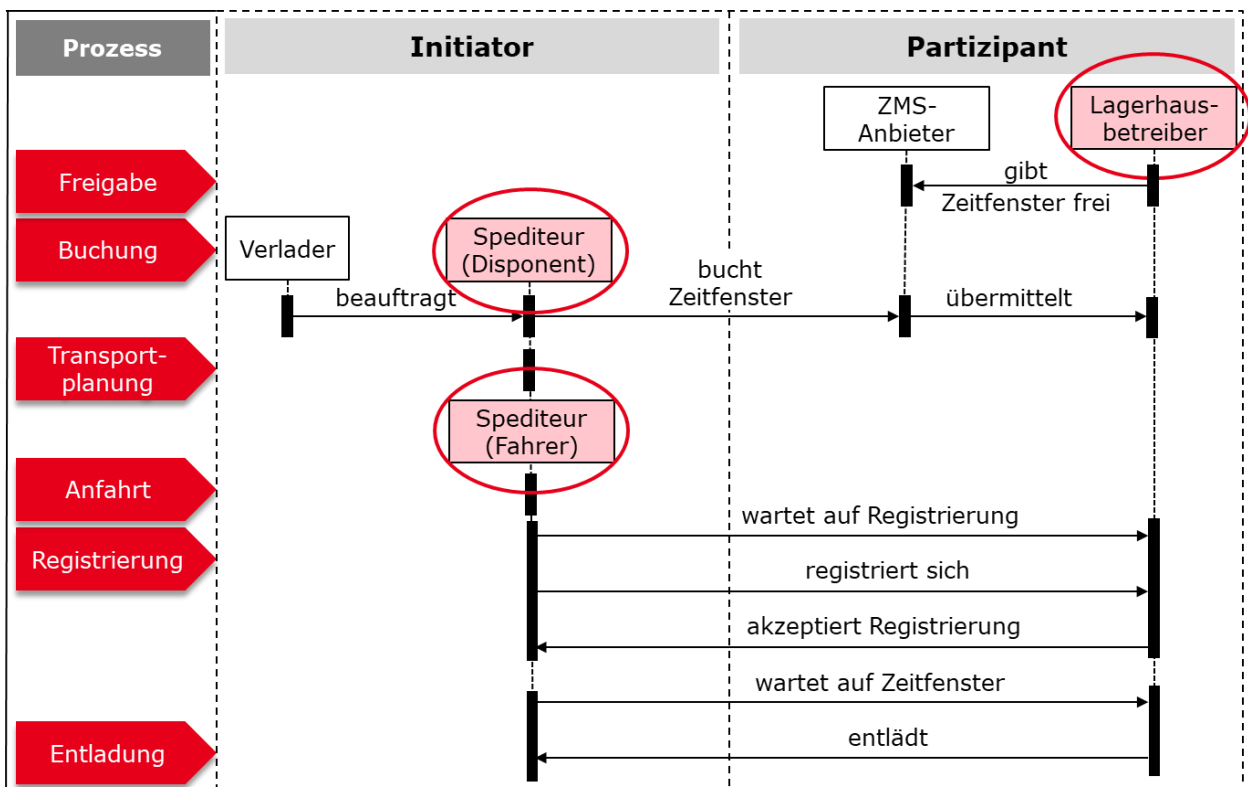


Abbildung 4: Beispielhaftes Interaktionsprotokoll (Quelle: In Anlehnung an ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017).

Zeitfenster werden zunächst vom Lagerhausbetreiber auf der Buchungsplattform freigegeben. Im Fall eines Lagerhauses des Handels bedeutet dies, dass die Zeitspannen für die Zeitfenster festgelegt werden und die anlieferbare Anzahl von Paletten jeweils hinterlegt wird. Standardmäßig erfolgt die Buchung von Zeitfenstern bis zu einem Tag vor der Anlieferung bzw. Abholung durch Disponenten des Spediteurs (**DE JONG, 2014**). Aus Sicht des Spediteurs ist es einerseits sinnvoll, Zeitfenster möglichst frühzeitig zu buchen. Andererseits ist es jedoch auch erforderlich, dass zunächst genügend Transportaufträge eingehen, sodass eine Tourenplanung möglich ist.

Grundsätzlich können Zeitfenster in zwei verschiedenen Formen auftreten. Dies sind feste Zeitfenster, die in der wissenschaftlichen Literatur auch als „Hard Time Windows“ bezeichnet werden. Feste Zeitfenster sind als Zeitfenster zu verstehen, die zur Realisierung der Be- bzw. Entladung zwingend zu berücksichtigen sind. Bei weichen Zeitfenster bzw. „Soft Time Windows“ kann eine Be- bzw. Entladung auch noch erfolgen, wenn die Zeitfensterrestriktion verletzt wird (**MIN, 1991, IQBAL & RAHMAN, 2012; ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016; ELBERT & THIEL, 2016**).

Hinsichtlich der Buchung von Zeitfenstern (siehe Abbildung 4) wird in der Literatur zwischen drei verschiedenen Buchungskonzepten unterschieden. Das erste Konzept sieht vor, dass der Lagerhausbetreiber bzw. das Industrieunternehmen fixe Zeitfenster für die Be- und Entladung vorgibt, die von Spediteuren einzuhalten sind. Diese feste Terminierung der LKW-Ankünfte erfolgt vor allem durch Industrieunternehmen im Zuge einer „Just-in-Time“ oder „Just-in-Sequence“ Produktionsversorgung. Als zweites Konzept ist eine bilaterale Koordination zwischen Spediteuren und Lagerhausbetreibern bzw. Industrieunternehmen, beispielsweise in Form von Telefonaten oder E-Mail-Verkehr, in der Praxis zu finden. Darüber hinaus sind als drittes Konzept webbasierte ZMS zu nennen, die durch ihre steigende Verbreitung, insbesondere bei Handelsunternehmen, zunehmend an Bedeutung gewinnen (**WINKLER, 2011; HWH, 2013; ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016; ELBERT & THIEL, 2016**). Weit verbreitet sind standardisierte Lösungen mit starren Zeitfenstern von Systemanbietern. Zum Teil setzen Industrie- und Handelsunternehmen jedoch auch eigene, individualisierte Systeme ein, die gegebenenfalls einen größeren Funktionsumfang, mehr Flexibilität und individuelle Buchungsmodalitäten ermöglichen (**BOTTLER, 2014; HELMKE, 2014**).

In Abbildung 4 wird der Fall einer webbasierten Zeitfensterbuchung dargestellt. Hierfür ist es erforderlich, dass der Spediteur bereits vom Verlager mit einem konkreten Transport beauftragt wurde und ihm bei der Beauftragung die zugehörige Auftragsnummer vom Verlager übermittelt wurde. Bei der webbasierten Zeitfensterbuchung sind die Bestellnummer, Lagernummer und

die gesamte Anzahl der Paletten anzugeben. Pro Zeitfenster ist in der Regel eine Buchungsgebühr an den Anbieter des ZMS zu entrichten (**BRADL, 2014**). Diese liegt in einer Spanne zwischen 50 Cent und 2,50 Euro. Bei Lagerhäusern des Handels ist eine Gebühr von 2,50 Euro üblich. Hingegen in anderen Industrien, wie beispielsweise der Automobilindustrie, werden geringere Buchungsgebühren von ca. 1 Euro bei größerem Funktionsumfang der ZMS erhoben (**BERLIT, 2012**). Aus der Sicht von Spediteuren wird die Buchungsgebühr von 2,50 Euro als deutlich überhöht angesehen und trägt zu einer geringen Akzeptanz von ZMS bei (**DVZ, 2012**).

Gebucht wird bei der Zeitfensterbuchung der Zeitraum für die Be- bzw. Entladung einer bestimmten Anzahl von Paletten. Dieser ist bei Handelsunternehmen in der Regel mit einer Stunde angesetzt. Zu beachten ist, dass von Spediteuren darüber hinaus ein vorgelagertes Zeitfenster zur Registrierung vor der Be- oder Entladung eingeplant werden muss (**ELBERT & THIEL, 2016**). Zur Verdeutlichung der zeitlichen Abfolge wurde im Rahmen des Arbeitspaketes 1 ein Zeitstrahl erarbeitet (**ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016; ELBERT & THIEL, 2016**). Die Wartezeit beginnt aus Sicht des Spediteurs direkt bei der Ankunft und umfasst somit auch die Pufferzeit und das Zeitfenster für die Registrierung (siehe Abbildung 5). Lagerhausbetreiber nehmen es erst als Wartezeit für den Spediteur wahr, wenn es aufgestaut durch vorheriges Entladen beim Abfertigungsprozess selbst zu Verzögerungen kommt (**VOIGT, 2016**). Als Resultat dieses abweichenden Verständnisses kommt es zu Uneinigkeiten und daher oft nur mit Nachdruck und durch Eigeninitiative des Spediteurs zur Einforderung eines Standgeldes vom Lagerhausbetreiber (**BOTTLER, 2014**).

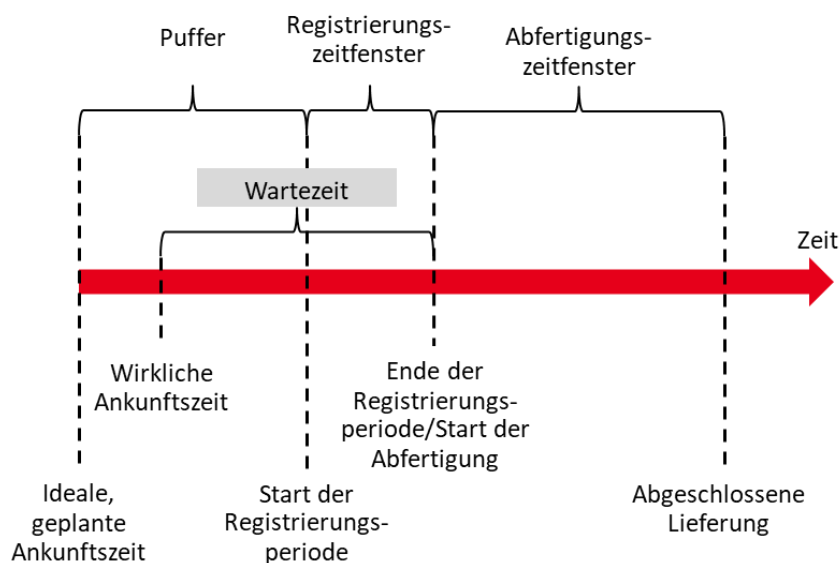


Abbildung 5: Zeitstrahl für einen zeitenfenstergesteuerten Lieferprozess (Quelle: Mit geringfügigen Änderungen übernommen aus **ELBERT, THIEL & REINHARDT, 2016**).

Kommt es nach einer erfolgreichen Registrierung zur Be- bzw. Entladung, interagieren Berufskraftfahrer und Wareneingangsmitarbeiter miteinander (siehe Abbildung 4). Entscheidend ist, dass die Be- und Entladeprozesse häufig von Unsicherheiten geprägt sind, da diese unter anderem durch Ladungsarten, Mitarbeiterkapazitäten, verfügbares Equipment, Organisationsstrukturen und anschließende Wareneingangsprozesse beeinflusst werden (**KÜRSCHNER, 2016**). Hierdurch bedingt können weitere Wartezeiten und Verzögerungen entstehen.

Als relevant konnte hinsichtlich der in Abbildung 4 grundlegend dargestellten Interaktionen herausgearbeitet werden, dass keine übergeordneten Vertragsverhältnisse die primären Akteure binden und einen formalen Rahmen für eine Koordination liefern. Bilaterale Verträge bestehen teilweise. Dies wird in Abbildung 6 für den Handel als praxisrelevanten Anwendungsfall beispielhaft dargestellt. Jedoch bestehen Vertragsverhältnisse in der Regel nicht zwischen Spediteuren und Lagerhausbetreibern als primäre Akteure an der Laderampe (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**). Es fehlen somit Strukturen für eine geregelte Kommunikation und Bereitschaft zum Informationsaustausch zwischen Lagerhausbetreibern und Spediteuren. Verstärkt wird dies durch die hohe Wettbewerbsintensität auf dem Transportmarkt, die eine Durchsetzung starrer Zeitfenstervorgaben erst ermöglicht (**WINKLER, 2011**). Diese führt zu ungleich ausgeprägten Machtverhältnissen zwischen Lagerhausbetreibern und insbesondere kleinen und mittleren Spediteuren. Statt der Verfolgung eines kooperativen Ansatzes erfolgt beiderseits eine Fokussierung auf eine Effizienzsteigerung der eigenen Prozesse (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**).

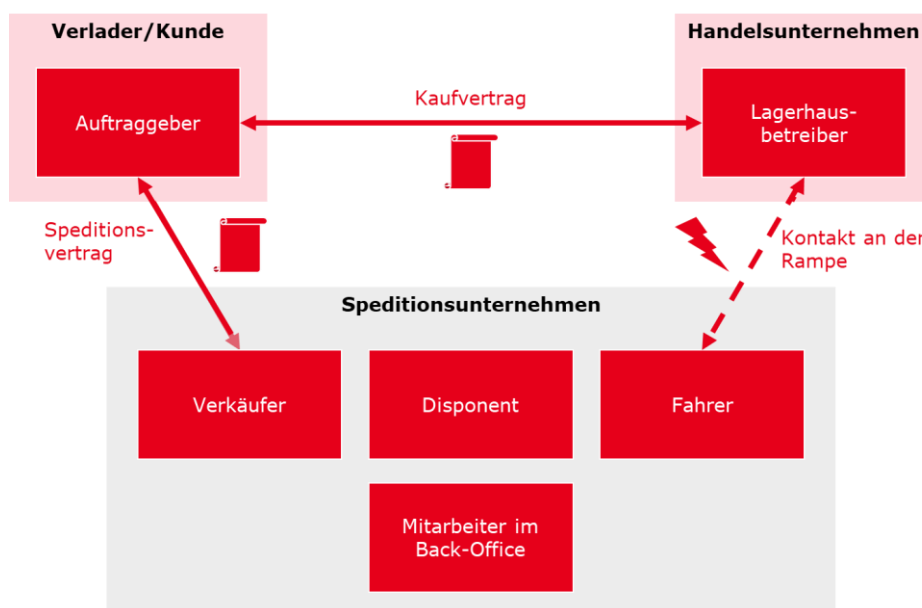


Abbildung 6: Akteursgefüge am Beispiel des Handels.

Aus der Untersuchung des Akteursgefüges wurde für den weiteren Projektverlauf der Schluss gezogen, dass insbesondere die Interaktionen zwischen Lagerhausbetreibern und Spediteuren als primäre Akteure für die effiziente Nutzung von ZMS relevant sind und Anknüpfungspunkte zur Realisierung von Verbesserungspotenzialen bilden. Als kritische Faktoren wurden Informationsasymmetrien und eine tendenziell geringe Bereitschaft zur Koordination und Kooperation zwischen den primären Akteuren identifiziert.

2.1.4 Identifikation relevanter Unternehmensprozesse und Entscheidungen

Als letzter Schritt wurden neben der Analyse der Perspektiven und Interaktionen der beteiligten Akteure im Zuge von Arbeitspaket 1 relevante Unternehmensprozesse und Entscheidungen literaturbasiert erarbeitet. Hierbei wurde zunächst der Dispositionsprozess als übergeordneter, für die Projektbearbeitung zentraler Prozess identifiziert.

Der Prozess der speditionellen Auftragsdisposition bezeichnet insgesamt die operativen und routinemäßigen Entscheidungen über die kurzfristige Einplanung von Transportaufträgen. Dies kann entweder für betriebseigene Fahrzeuge oder für selbstständige Frachtführer erfolgen (**JURCZYK, KOPFER & KRAJEWSKA, 2006; PANKRATZ, 2002**). Zentrale Aufgaben in der Disposition betreffen die Auftragserstellung und -terminierung sowie die Bereitstellung und Organisation von Transportkapazitäten. Im Zuge dieser Tätigkeiten werden unter anderem die Verfügbarkeit des Fuhrparks geplant, Subunternehmen beauftragt und Personal bereitgestellt (**BARGL, 1994**).

In mittelständischen Unternehmen ist der Auftragsdispositionsprozess typischerweise in vier Phasen gegliedert (siehe Abbildung 7). Diese sind die Auftragsannahme, die Auftragseinplanung, die Auftragsausführung und zuletzt die Fakturierung. Aus der Auftragsannahme durch den Verkäufer resultiert in der Regel ein Vertragsverhältnis zwischen dem Speditionsunternehmen und dem Verlader als Auftraggeber (siehe Abbildung 6). Die anschließende Auftragseinplanung wird im Zuge der Tourenplanung vom Disponenten durchgeführt (**JURCZYK, KOPFER & KRAJEWSKA, 2006**). Neben der Tourenplanung konnte die Entscheidung zwischen der Durchführung der Tour im Selbsteintritt oder dem Verkauf an Transportunternehmen als zentrale Entscheidung im Rahmen von Arbeitspaket 1 identifiziert werden (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

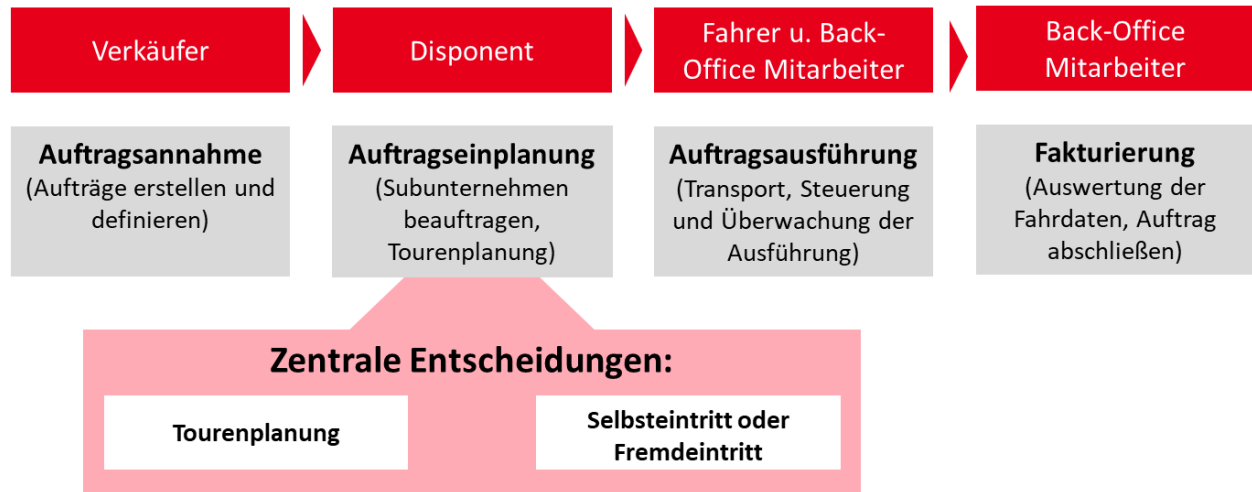


Abbildung 7: Ablauf der Disposition (Quelle: In Anlehnung an **JURCZYK, KOPFER & KRAJEWSKA, 2006**).

Insgesamt konnte literaturbasiert identifiziert werden, dass es sich bei der Tourenplanung um eine komplexe, unsicherheitsbehaftete und multikriterielle Entscheidungssituation handelt (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**). Die Entscheidung ist als multikriteriell einzustufen, da neben der Tour weitere abhängige Teilentscheidungen mit teilweise abweichenden Zielsystemen zu treffen sind. Diese können beispielsweise den Selbst- oder Fremdeintritt oder die Bepreisung von Touren betreffen (**JURCZYK, KOPFER & KRAJEWSKA, 2006**). Die Entscheidungen sind unter Zeit- und Kostendruck sowie unter Nutzung von verschiedenen Systemen und Softwarelösungen zu treffen (**WENGER, 2010**). Die Unsicherheit der Entscheidungssituation wird durch das Einwirken vielfältiger Störgrößen bedingt. Neben verkehrs- und witterungsbedingten Störgrößen können beispielsweise auch technische Defekte oder personelle Engpässe die Planung erschweren (**HEISERICH, 2002**). Hinzu kommen anwendungsfallspezifische Restriktionen, welche die Komplexität der Tourenplanung erhöhen. Diese können sich auf das Transportgut bzw. den Transportauftrag selbst beziehen und zum Beispiel Produkteigenschaften, Vorschriften zur Verpackung und zur Kombinierbarkeit von Aufträgen sowie zur Transportsicherheit betreffen. Restriktionen können aber auch die Kapazitäten des Speditionsunternehmens (z. B. Personalrestriktionen), die Touren selbst (z. B. max. Gesamtlänge) oder Depots bzw. Kunden (z. B. Zeitfenstervorgaben) betreffen. Darüber hinaus wirken globale Restriktionen, beispielsweise in Form von Gesetzesvorschriften zu den einzuhaltenden Lenk- und Ruhezeiten (**SCHIPIOR, 2013; SCHULTE, 2009; ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

In Abbildung 8 werden zusammenfassend Restriktionen und Störgrößen bei den beiden zentralen Entscheidungsproblemen der Tourenplanung und des Selbsteintritts bzw.

Fremdeintritts dargestellt. Bei beiden Entscheidungsproblemen wirken neben den Restriktionen und Störgrößen mehrere weiche Entscheidungsfaktoren, die sich nicht quantitativ messen lassen. Diese können insbesondere das persönliche Verhältnis zu Fahrern, Transportunternehmen oder Lagerhausbetreibern sowie Erfahrungswerte betreffen (**JURCZYK, KOPFER & KRAJEWSKA, 2006; IGBARIA ET AL., 1996**).

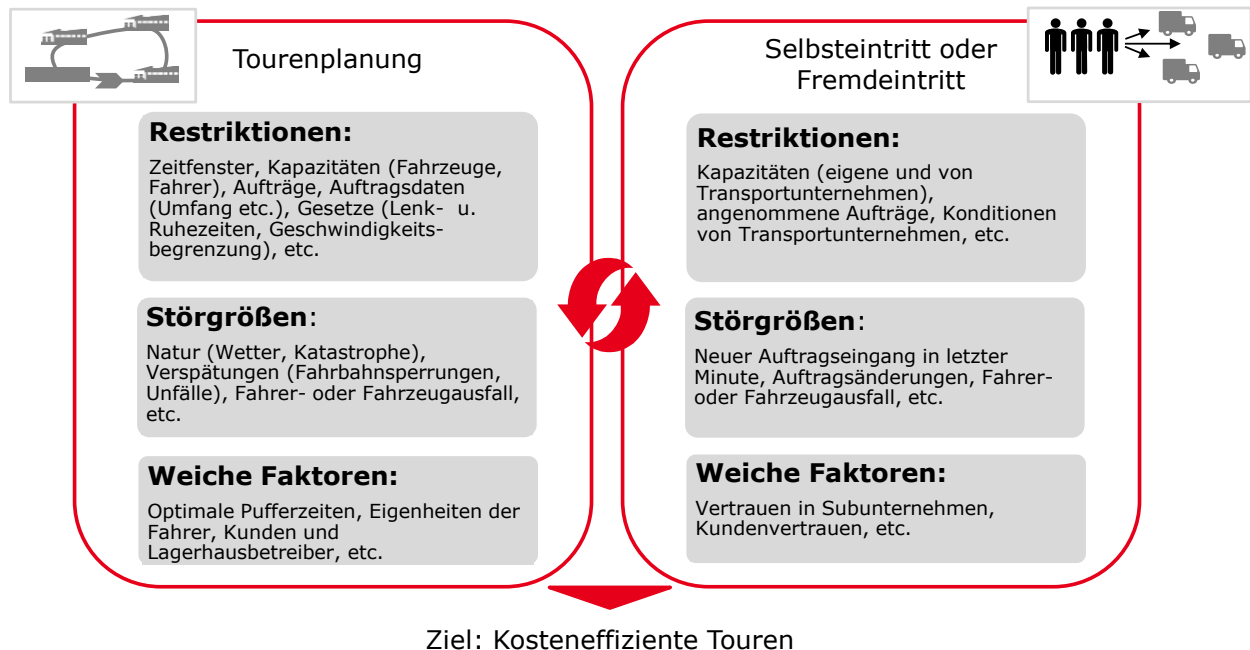


Abbildung 8: Zentrale Entscheidungen bei der Auftragseinplanung.

Im Hinblick auf die weitere Projektbearbeitung und insbesondere auf die Entwicklung des Simulationsmodells wurde festgelegt, dass der Fokus auf der Entscheidungssituation bei der Tourenplanung und nicht der Entscheidung zwischen Selbsteintritt und Fremdeintritt liegt (siehe Abbildung 9). Die Entscheidung zwischen Selbsteintritt und Fremdeintritt kann fallabhängig statt nach der Tourenplanung auch vor der Tourenplanung getroffen werden. Dann würde jedoch nur bei einer Entscheidung für den Selbsteintritt eine Tourenplanung durchgeführt werden.

Die simulationsbasierte Untersuchung erfolgt somit für die Tourenplanung von Spediteuren ohne eine Differenzierung zwischen Selbsteintritt und Fremdeintritt vorzunehmen. Als zu behandelnde Restriktionen werden primär Zeitfensterrestriktionen bei der Anlieferung untersucht, wobei weitere Restriktionen in Bezug auf die Zusammenstellung und Dauer von Touren implizit mitberücksichtigt werden.

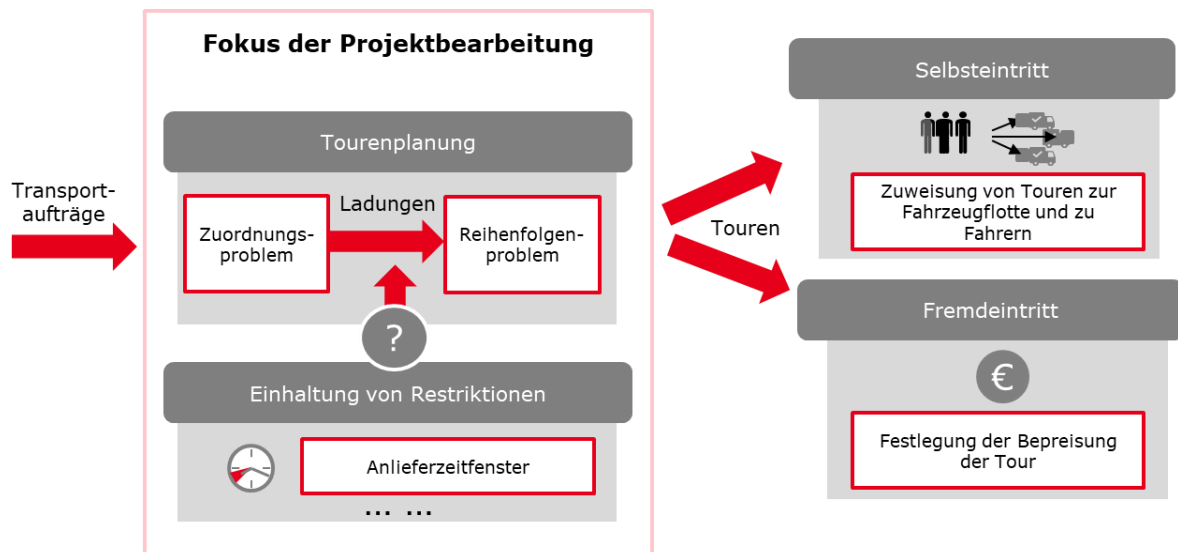


Abbildung 9: Entscheidungen im Dispositionsprozess (Quelle: **ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

Wie in Abbildung 9 ersichtlich wird, kann die Tourenplanung in zwei Teilentscheidungen aufgeteilt werden. Das Zuordnungsproblem beschreibt die Zuteilung der Transportaufträge mehrerer Kunden zu einer Tour (**HEISERICH, 2002**). Hierbei erfolgen die Wahl des Verkehrsträgers, des Verkehrsmittels und die Bildung von Ladungen (**SCHULTE, 2009**). Im Anschluss wird für diese Tour als Reihenfolgenproblem eine Rundtour geplant. Bei beiden Teilproblemen ist es erforderlich, Zeitfenster als Restriktion zu berücksichtigen. Beim Lösen des Zuordnungsproblems ist auf die an die Zeitfensterbuchung gekoppelte Anzahl von Paletten zu achten. Beim anschließenden Reihenfolgenproblem ist auf die zeitliche Vereinbarung der Zeitfensterbuchungen und die Einplanung von Pufferzeiten sowie von Zeitfenstern zur Registrierung zu achten. Die Beachtung der Restriktion führt zu zusätzlichem Abstimmungsaufwand und erfordert gegebenenfalls Umbuchungen (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

Bei der Lösung des Zuordnungsproblems und des anschließenden Reihenfolgenproblems nutzt der Disponent in der Regel Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung. Zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit wird der Einsatz von Assistenzsystemen von Speditionsunternehmen zunehmend in Erwägung gezogen (**SCHIPIOR, 2013**). Marktstudien zu vorhandenen Softwarelösungen zur Tourenplanung wurden bereits in den Jahren 2013 und 2015 durchgeführt (**SCHIPIOR, 2013; RAMSAUER, DREXL & AVENHAUS-BETZ, 2015**).

2.1.5 Konkretisierung der Projektbearbeitung

In Arbeitspaket 1 wurden aktuelle Herausforderungen zum Einsatz von ZMS im Straßengüterverkehr literaturbasiert analysiert. Hierbei konnte insbesondere die unflexible und unkoordinierte Vergabe von Zeitfenstern als Problemfeld für Spediteure identifiziert werden. Es resultieren eine Zunahme des Aufwands und der Komplexität bei der Disposition sowie weitere Konsequenzen, beispielsweise in Form von Zusatzkosten, Wartezeiten oder Strafzahlungen, bei verpassten Zeitfenstern. Diese Herausforderungen werden in der Literatur bisher nur in sehr begrenztem Maß thematisiert. Sie sollen daher im Zentrum der Projektbearbeitung stehen, indem mit einem Fokus auf den Lagerhausbetreiber und Spediteur die Strategien der einzelnen Akteure untersucht werden. Darüber hinaus sollen in einer akteursübergreifenden Betrachtung Koordinationsmaßnahmen zur verbesserten Nutzung von ZMS entwickelt und bewertet werden. Mit einem Fokus auf den Disponenten sollen außerdem verfügbare Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung ausgelotet und deren aktuellen Grenzen und Potenziale untersucht werden. Die Schwerpunktsetzung wird in Abbildung 10 zusammenfassend dargestellt.

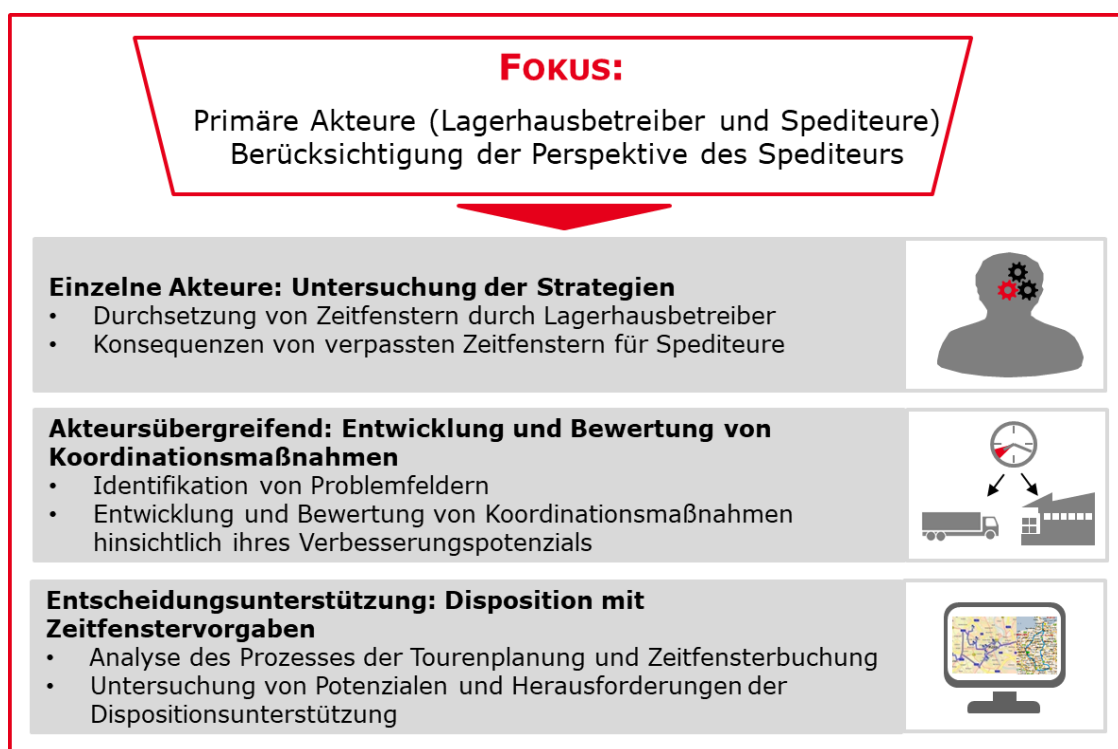


Abbildung 10: Schwerpunkte des Projektes.

2.2 Arbeitspaket 2 (M2-M8) – Simulationsmodellentwicklung

Zielsetzung: Auf der Basis der literaturbasiert identifizierten Unternehmensprozesse und Entscheidungen bestand das Ziel des zweiten Arbeitspaketes in der Entwicklung eines ersten lauffähigen Simulationsmodells. Modelliert werden sollten die Prozesse von der Zeitfensterbuchung bis zur zeitenstergesteuerten Anlieferung mit Fokus auf die Planungs- und Dispositionsaufgaben mittelständiger Spediteure. Dabei sollten insbesondere Strukturen zur Auswertung der Auswirkungen des Einsatzes von ZMS geschaffen werden.

Vorgehen: Die Entwicklung des Simulationsmodells zu einem frühen Zeitpunkt der Projektbearbeitung bot die Möglichkeit, die Funktionalitäten des Modells und getroffene Annahmen mit Praxispartnern frühzeitig abzustimmen und darauf basierend das Modell stetig weiterzuentwickeln. So wurden die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses fortlaufend durch Experteninterviews und durch die Diskussion des Simulationsmodells bei Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses in die Modellentwicklung eingebunden.

2.2.1 Modellierungsziel und konzeptionelles Modell

Modellierungsziel

Als Ziel wurde festgelegt, ein Modell mit mehreren Spediteuren und Lagerhäusern zu entwickeln, in dem die Prozesse der Tourenplanung, der Zeitfensterbuchung und der zeitenstergesteuerten Anlieferung abgebildet werden können. Von mehreren Speditionsunternehmen sollten somit Rundtouren durchgeführt werden, bei denen Transportaufträge zur Belieferung mehrerer Lagerhäuser abgearbeitet werden. Hierfür sollten Möglichkeiten zur Auswertung der Touren, insbesondere hinsichtlich der Wartezeiten pro Anlieferung, implementiert werden. Außerdem sollten Strukturen zum Testen von verschiedenen Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern und Koordinationsmechanismen zur Evaluierung resultierender Anpassungen der Planungsprozesse von Spediteuren entwickelt werden.

Konzeptionelles Modell

Zunächst wurde ein konzeptionelles Modell zur Abbildung der identifizierten Planungs- und Dispositionsprozesse von Touren durch Spediteure entwickelt und validiert. Ein konzeptionelles Modell stellt das reale System abstrakt dar, indem es die Beziehungen der Komponenten und Strukturen des Systems durch mathematische und logische Verbindungen beschreibt. Bei der Erstellung eines konzeptionellen Modells ist es sinnvoll, vom Groben zum Feinen vorzugehen.

Schrittweise ist der Abstraktionsgrad zu senken, bis das Modell reale Prozesse und Strukturen hinreichend genau abbildet und trotzdem noch handhabbar ist (MANUJ, MENTZER & BOWERS, 2009; BANKS, 1998). In Abbildung 11 werden Überlegungen zum konzeptionellen Modell zusammenfassend dargestellt.

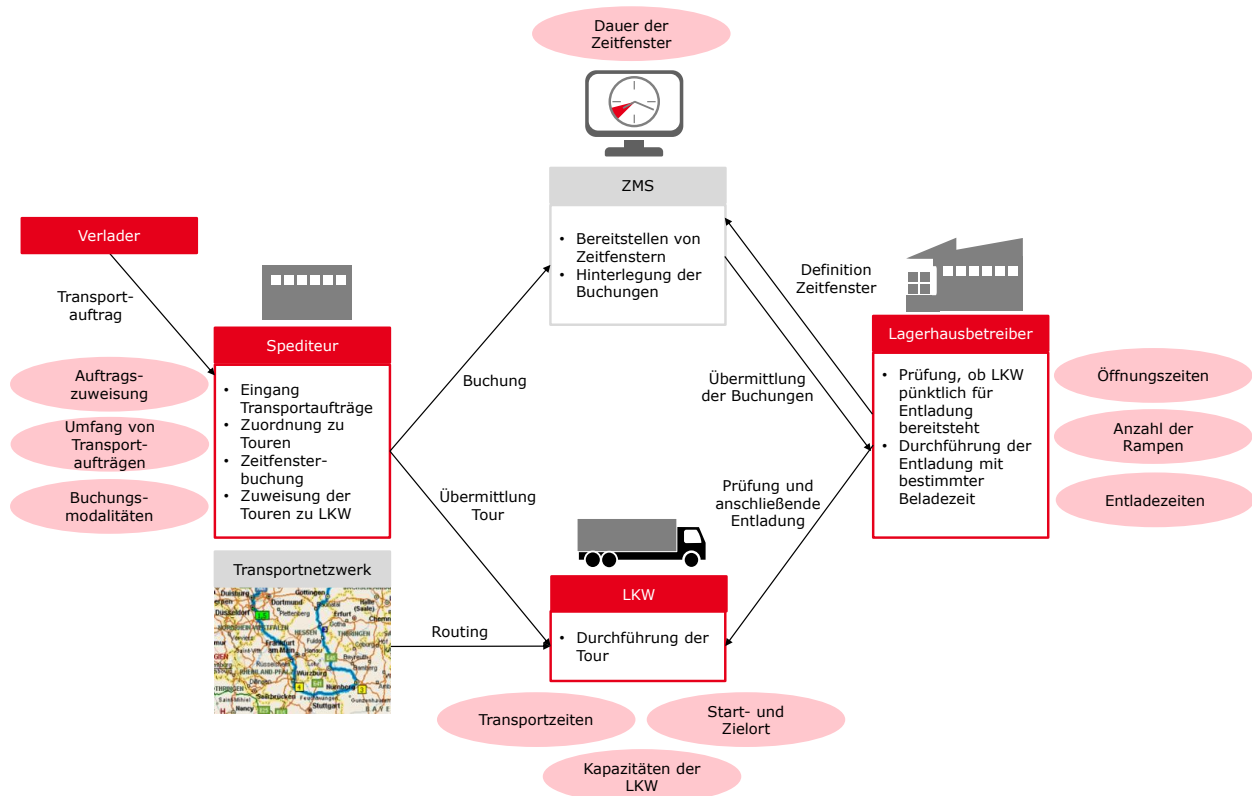


Abbildung 11: Konzeptionelles Modell.

Wie in Abbildung 11 ersichtlich wird, ist es nötig, sechs Bereiche im Modell abzubilden. Dies sind zum einen die Akteure Spediteur, LKW(-Fahrer), Verladern und der Lagerhausbetreiber. Darüber hinaus ist es erforderlich, ein ZMS zur Buchung der Zeitfenster und ein Transportnetzwerk zur Verbindung der Standorte der Speditoren und Lagerhäuser zu modellieren. Im Folgenden wird in Anlehnung an THIEL (2018) die Modellierung anhand dieser sechs Bereiche erläutert. Dabei werden durch die rosa markierten Felder in Abbildung 11 jeweils Themenfelder aufgezeigt, bei denen möglichst realistische Annahmen in Abstimmung mit dem Projektbegleitenden Ausschuss getroffen wurden.

1. Verladern: Transportaufträge werden von Verladern an die Speditoren übermittelt. Es ist nicht nötig, Verladern als Akteure explizit im Modell abzubilden. Ausreichend ist jeweils die Modellierung der eingehenden Transportaufträge beim Spediteur. Jeder Auftrag beinhaltet eine Fahrt zur Belieferung eines Lagerhauses.

2. Spediteur: Beim Spediteur erfolgt zunächst der Auftragseingang. Für die Anzahl der eingehenden Aufträge pro Spediteur wird angenommen, dass diese zwischen zwei und fünf Aufträgen (Zufallsverteilung) liegen. Die eingegangenen Aufträge werden vom Spediteur zu einer Tour kombiniert. Für die Tour ist die Route zu definieren und entsprechende Zeitfenster sind zu buchen. Für die Routenplanung ist ein Zielkriterium, wie die Minimierung der Gesamtfahrstrecke oder der Gesamtzeit der Tour, festzulegen. Die Zeitfensterbuchung erfolgt durch eine Anfrage beim ZMS. Dabei fragen die einzelnen Spediteure in einer zufälligen Reihenfolge an. Jeder Spediteur kann pro Lagerhaus für ein gewünschtes Zeitfenster eine Anfrage stellen. Wenn das Zeitfenster noch verfügbar ist, wird es ihm zugewiesen. Das Zeitfenster steht dann für die folgenden Anfragen von weiteren Spediteuren nicht mehr zur Verfügung. Falls das Zeitfenster bereits belegt ist, muss eine erneute Anfrage durch den Spediteur gestellt werden.

3. Zeitfenstermanagementsystem: Das ZMS ist nicht als eigener Bereich zu modellieren. Stattdessen ist dieses direkt beim Lagerhausbetreiber angesiedelt. Unter der Voraussetzung, dass das Lagerhaus ein ZMS nutzt, stehen den Spediteuren definierte, einstündige Zeitfenster zur Buchung zur Verfügung.

4. LKW: Jedes Speditionsunternehmen plant eine Tour und weist diese einem Fahrzeug zu. Es wird angenommen, dass die Kapazitäten des Fahrzeuges jeweils ausreichen, um alle in der Tour enthaltenen Transportaufträge auszuführen. Die Durchführung der Touren startet um 05:00 Uhr. Zeitfenstervorgaben und die Einplanung der Pufferzeit für den ersten Stopp der Tour können jedoch gegebenenfalls eine Vorverlegung des Starts der Tour erfordern.

5. Transportnetzwerk: Die Steuerung der LKW erfolgt mit Hilfe eines Transportnetzwerkes. Es wird angenommen, dass alle Spediteure und Lagerhäuser einen festen Standort besitzen. Touren beginnen jeweils am Standort des Spediteurs. Anschließend werden zwei bis fünf Lagerhäuser (je nach Auftragsgröße) angefahren, bevor die Tour wieder am Standort des Spediteurs endet.

6. Lagerhausbetreiber: Alle Lagerhäuser haben identische Öffnungszeiten von 06:00 bis 21:00 Uhr. Sie verfügen jeweils über eine Rampe, sodass zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Öffnungszeiten genau ein LKW entladen werden kann. Am Lagerhaus bilden ankommende LKW eine Warteschlange. Der Lagerhausbetreiber initiiert jeweils die Entladung, indem er den entsprechenden LKW an die Rampe ruft. Für die Entladezeit wird eine stochastische Verteilung hinterlegt, sodass die Entladezeit im Durchschnitt eine Stunde dauert. Es wird hierfür eine Gleichverteilung zwischen 48 Minuten und 72 Minuten angenommen.

Die getroffenen Annahmen (siehe Abbildung 11) werden zusammenfassend in Tabelle 1 dargestellt. Diese bilden die Grundlage für den Übergang vom konzeptionellen zum computerbasierten Simulationsmodell.

Tabelle 1: Getroffene Annahmen.

Bereich	Themenkomplex	Annahme
Spediteur	Auftragszuweisung	Zufallsverteilung (zwischen zwei und fünf Transportaufträgen)
	Umfang der Transportaufträge	Jeder Transportauftrag beinhaltet eine Anlieferung an ein Lagerhaus
	Buchungsmodalitäten	Buchung von Zeitfenstern durch Spediteure in zufälliger Reihenfolge, jedes Zeitfenster ist nur einmal buchbar
Zeitfenstermanagementsystem	Dauer der Zeitfenster	Jeweils eine Stunde
Fahrer	Transportzeit	Die Trucks fahren mit einer konstanten Geschwindigkeit
	Start- und Zielort	Start- und Zielort sind der Standort des Spediteurs
	Kapazitäten der LKW	Die Kapazitäten eines LKW sind ausreichend für alle Aufträge einer Tour
Lagerhausbetreiber	Öffnungszeiten	Identische Öffnungszeiten für alle Lagerhäuser (06:00 bis 21:00 Uhr)
	Anzahl der Rampen	Eine Rampe pro Lagerhaus
	Entladezeit	Stochastische Entladezeiten an jeder Rampe (Gleichverteilung zwischen 48 Minuten und 72 Minuten)

2.2.2 Computerbasiertes Simulationsmodell

Anschließend wurde das konzeptionelle Modell im Rahmen eines agentenbasierten Computermodells mit einigen ereignisdiskreten Elementen umgesetzt. Das Modell ist mit der Software AnyLogic 8.0.5 implementiert und basiert auf Java-Code. Somit kann das Modell flexibel angepasst und erweitert werden (**BORSHCHEV, 2013**). Der agentenbasierte Modellierungsansatz wurde gewählt, da dieser geeignet ist, um das heterogene Akteursverhalten von Lagerhausbetreibern und Spediteuren abzubilden. So ist es möglich, die einzelnen Akteure des Systems als Agenten zu modellieren und deren Verhalten sowie Abhängigkeiten zwischen deren Entscheidungen und Strategien zu modellieren. Agenten können dabei als autonome Einheiten einer Umgebung definiert werden, welche durch die Informationsaufnahme von der Umgebung oder anderen Agenten Entscheidungen treffen. Sie besitzen verschiedene Eigenschaften und Entscheidungsregeln, die ihr Verhalten bestimmen (**LAW, 2015**).

Als Modellierungszeitraum wurde ein Tag gewählt. Die Auftragszuweisung, Tourenplanung und Zeitfensterbuchung findet vor Beginn des Tages statt. Am Tag selbst werden die Touren ausgeführt. Pro Spediteur bedeutet dies, dass jeweils ein LKW eine Teilmenge von zwei bis fünf der existierenden Lagerhäuser anfährt und anschließend zum Standort des Spediteurs zurückkehrt (**THIEL, 2018**).

Die im Zuge der Entwicklung des konzeptionellen Modells beschriebenen sechs Bereiche (Spediteur, LKW(-Fahrer), Verloader, Lagerhausbetreiber, ZMS, Transportnetzwerk) werden durch die beiden Agentenpopulationen „Cities“ und „Trucks“ modelliert. In der Population „Cities“, sinnbildlich für einen Netzwerkknoten, werden sowohl die Prozesse am Depot des Spediteurs als auch am Lagerhaus modelliert. Darüber hinaus wird die Modellierung eines generischen Transportnetzwerkes mit Hilfe eines Algorithmus vorgenommen. Im Folgenden wird zunächst das Transportnetzwerk beschrieben. Anschließend erfolgt die Darstellung der Agenten „Cities – Spediteure“, „Cities – Lagerhausbetreiber“ und „Trucks“.

1. Transportnetzwerk

Ursprünglich war für das Arbeitspaket 2 vorgesehen, das Transportnetzwerk im Simulationsmodell basierend auf realen Daten eines kleinen und mittleren Speditionsunternehmens aufzubauen. Hierfür wurden Tourendaten von einem Speditionsunternehmen zur Verfügung gestellt. Bei der anschließenden Datenaufbereitung kristallisierte sich jedoch heraus, dass die Daten für den Zweck nicht geeignet nutzbar gemacht werden konnten. So zeigte sich, dass die Daten zum einen keine vollständige Rekonstruktion von Touren zuließen. Zum anderen wurde ersichtlich, dass die Daten zu unternehmensspezifisch waren, um mit Hilfe des Simulationsmodells allgemeine Aussagen treffen zu können.

Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, statt eines realen Transportnetzwerkes ein generisches Transportnetzwerk im Simulationsmodell zu generieren. Hierfür wurde auf einen Algorithmus von **LEYTON-BROWN, PEARSON & SHOHAM (2000)** zurückgegriffen, der bereits in einem vergleichbaren Kontext angewandt wurde. Hierbei wird ein generisches Netzwerk aus Knoten, die durch Kanten verbunden sind, generiert. Die Kanten können als Straßen interpretiert werden, während die Knoten als Städte zu verstehen sind (**THIEL, 2018**).

Insgesamt wurden bei der Netzwerkerzeugung 100 Netzwerkknoten generiert. Diese wurden zufällig auf einer Fläche von 1000 x 1000 km verteilt, da dies ungefähr die Dichte eines Transportmarktes in Zentraleuropa widerspiegelt. Die Verbindung der Netzwerkknoten erfolgt durch 2500 Kanten zum Aufspannen eines Straßennetzes. Die 100 Netzwerkknoten werden im

Simulationsmodell statt als Städte entweder als Depots von Spediteuren, als Lagerhäuser oder als einfache Kreuzungen interpretiert (siehe Abbildung 12). Durch die Einstellung der Wahrscheinlichkeit ist es möglich, die Anzahl der Spediteure und Lagerhausbetreiber im Netzwerk zu variieren. Die Netzwerkerzeugung wurde zusätzlich durch eine variable Auslastung erweitert (THIEL, 2018).

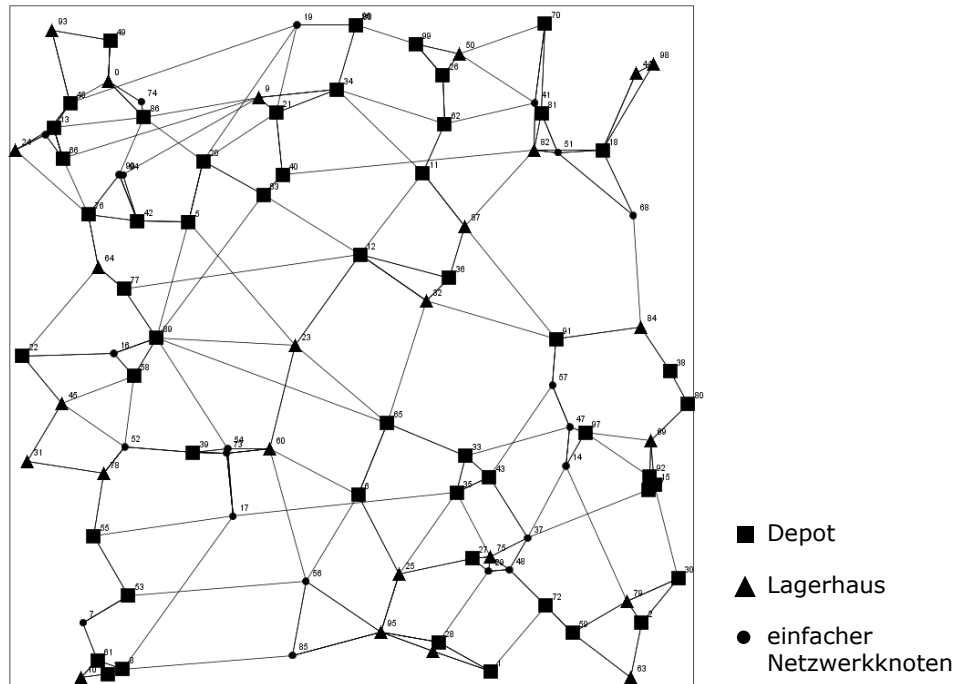


Abbildung 12: Generiertes Transportnetzwerk (Quelle: THIEL, 2018).

2. Agenten

Alle drei Agenten sind in AnyLogic als Populationen modelliert. Es handelt sich somit jeweils um eine definierte Anzahl von Agenten, die sich gleich verhalten und in der gleichen Umgebung angesiedelt sind.

„**Cities – Spediteure**“: Transportaufträge gehen beim Agenten „Spediteur“ ein und werden alle einer Tour zugeordnet. Anschließend wird die Reihenfolgenplanung vorgenommen. Diese wird von den im Simulationsmodell vorhandenen Spediteuren in einer zufälligen Reihenfolge nacheinander ausgeführt. Zur Reihenfolgenplanung werden zunächst die kürzesten Entfernungen zwischen allen Knoten berechnet und gespeichert. Für die Lagerhäuser, die für eine Tour angefahren werden müssen, wird ein „Traveling Salesman Problem“ gelöst. Dies kann im Modell entweder zur Minimierung der Strecke der Tour (kürzeste Tour) oder der Zeit der Tour (schnellste Tour) erfolgen. Falls für die Tour Zeitfenster zu buchen sind, müssen diese bei der Tourenplanung als zusätzliche Restriktion mitberücksichtigt werden. Hierfür werden für

alle Stopps der Tour die günstigsten Zeitfenster (= nächsten verfügbare Zeitfenster) abgefragt und bei der Lösung des „Traveling Salesman Problems“ mitberücksichtigt. Neben den Zeitfenstern wird eine konstante Pufferzeit für alle zeitfenstergesteuerten Anlieferungen mit eingerechnet. Diese ist nötig, um die stochastischen Zeiten für die Entladung kompensieren zu können (THIEL, 2018).

„**Trucks**“: Den Agenten der Population werden die Transportaufträge übermittelt. Diese beginnen sogleich mit der Ausführung. Dabei bewegen sie sich mit einer konstanten Geschwindigkeit fort. Beim Erreichen eines zu beliefernden Lagerhauses reiht sich der LKW in eine Warteschlange ein. Wenn LKW durch verspätete Ankünfte ihr Zeitfenster verpassen und der Lagerhausbetreiber Zeitfenster strikt durchsetzt, erfolgt keine Entladung sondern eine Zeitstrafe von 90 Minuten. Sobald alle Lagerhäuser der Tour beliefert wurden, fährt der Truck zurück zum Standort des Spediteurs (THIEL, 2018).

„**Cities – Lagerhausbetreiber**“: Innerhalb der Öffnungszeiten des Lagerhauses kann jeweils ein LKW entladen werden. Falls LKW warten, wird die entsprechende Warteschlange durch den Lagerhausbetreiber auf den eingebuchten LKW überprüft. Der zu entladene LKW wird ausgewählt und die Entladung vorgenommen. Diese dauert zwischen 48 und 72 Minuten (THIEL, 2018).

3. Modelloberfläche

Im Simulationsmodell wurde eine Hauptansicht mit einer graphischen Oberfläche zur Auswertung implementiert. Abbildung 13 zeigt einen Screenshot der Hauptansicht und gibt einen Überblick über die verfügbaren Auswertungsmöglichkeiten. Im Fokus der Auswertung stehen die Fahrt- und Wartezeiten der LKW. Darüber hinaus kann der aktuelle Stand der verfügbaren Zeitfenster und der Auftragsbearbeitung verfolgt werden.

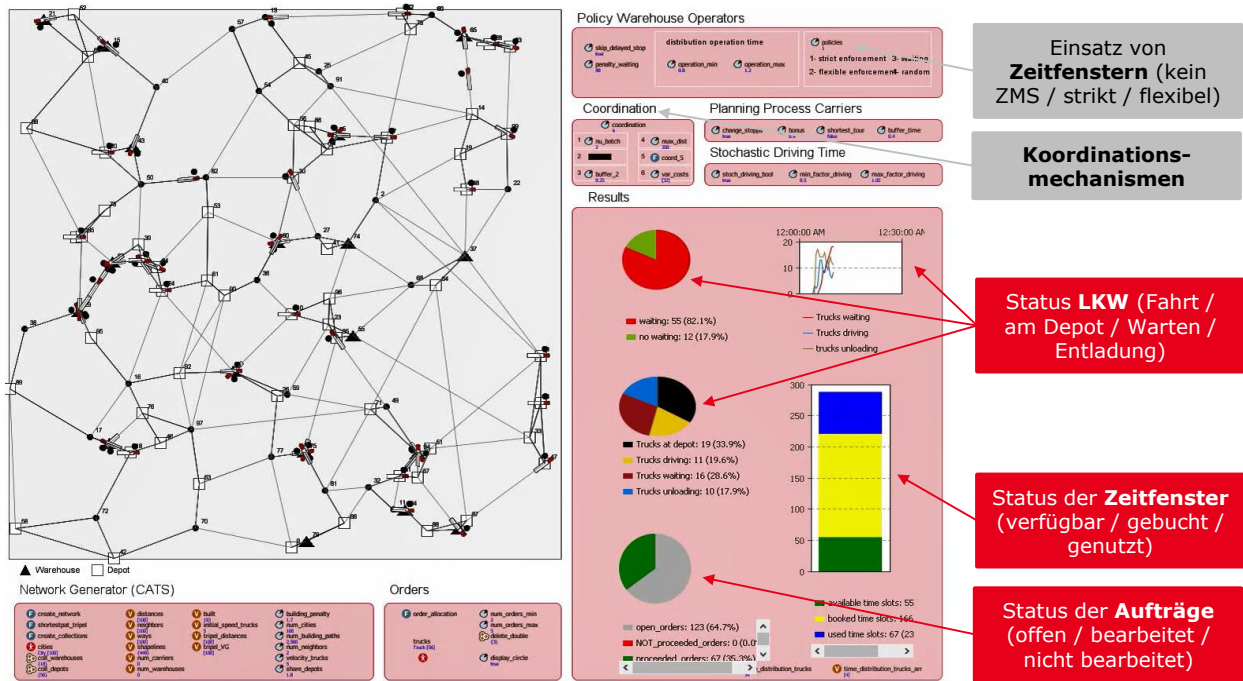


Abbildung 13: Hauptansicht Simulationsmodell (Quelle: THIEL, 2018).

4. Verifikation und Validierung

Während der Entwicklung des Simulationsmodells wurden kontinuierlich Maßnahmen zur Verifizierung und Validierung durchgeführt. Die Verifizierung bezeichnet die Überprüfung, ob das Simulationsmodell korrekt implementiert wurde. Hierbei ist das Modell auf Logikfehler und fehlerhaften Code zu untersuchen. Bei der Validierung ist zu prüfen, ob das Modell sich hinreichend entsprechend der realen Gegebenheiten verhält (MANUJ, MENTZER & BOWERS, 2009; BANKS, 1998).

Das konzeptionelle Modell wurde zunächst literaturbasiert entwickelt. Insbesondere durch die herangezogene praxisorientierte Literatur weist das konzeptionelle Modell einen direkten Bezug zu den Prozessen und Vorgehensweisen der Praxis auf. Zur Verifizierung wurde der Programmcode nachvollzogen und geprüft. Vorgenommene Auswertungen wurden händisch nachgerechnet. Die Validierung des Modells erfolgte in persönlichen Interviews und Workshops. Hierbei lag insbesondere der Fokus auf der Entwicklung von möglichst realistischen Koordinationsmechanismen zur verbesserten Nutzung von ZMS (THIEL, 2018).

2.3 Arbeitspaket 3 (M4-M11) – Datenerhebung

Zielsetzung: Das Ziel von Arbeitspaket 3 bestand darin, ein detailliertes, praxisorientiertes und umfassendes Bild des Zeitfenstermanagements mit den zugehörigen Planungs- und Ausführungsaufgaben zu erlangen. Hierfür wurden Informationen aus unterschiedlichen Quellen und von verschiedenen involvierten Akteuren (Verlader, Lagerhausbetreiber bzw. Handelsunternehmen, Spediteur, IT-Systemanbieter) gesammelt und zu einer einheitlichen Informationsgrundlage für die weiteren Arbeitspakete des Forschungsprojekts zusammengeführt. Die erhobenen Daten dienen als Grundlage für mögliche Anpassungen und zur Weiterentwicklung des Simulationsmodells.

Vorgehen: Zur Datenaufnahme wurden mehrere Maßnahmen mit Akteuren rund um das Thema Zeitfenstermanagement durchgeführt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Informationsquellen sowie die jeweils abgedeckten Akteursgruppen (siehe Tabelle 2). Im Fokus standen insbesondere die Dokumentation und Aufbereitung von Einsatzszenarien für ZMS und Konsequenzen bei Verspätungen. Außerdem sollten Herausforderungen der einzelnen Akteure aufgenommen und Koordinationsmaßnahmen sowie deren Verbesserungspotenziale diskutiert werden. Um einen möglichst umfassenden Einblick zu bekommen, wurden darüber hinaus Verhaltensweisen beim Dispositionsprozess mit Disponenten vor Ort erhoben.

Tabelle 2: Durchgeführte Maßnahmen zur Datenerhebung gegliedert nach den Informationsquellen und involvierten Akteuren.

Informationsquelle	Involvierte Akteure				
	Verlader	Lagerhausbetreiber	Spediteure	IT-Systemanbieter	Verbände
Interviews					
Erhebung hist. Realdaten					
Vor-Ort-Besuche					
Gemeinsame Workshops					

Interviews fanden mit den beteiligten Akteuren verteilt über die gesamte Projektlaufzeit statt. Es konnten mehrere Verlader, Lagerhausbetreiber des Handels sowie mehrere kleine und mittelständige Speditionsunternehmen und ein großes Speditionsunternehmen für Interviews gewonnen werden. Darüber hinaus stand ein IT-Systemanbieter für eine

Tourenplanungssoftware für Interviews zur Verfügung. Die Erhebung der Realdaten fand bei einem kleinen und mittleren Speditionsunternehmen statt. Bei Vor-Ort-Besuchen wurde insbesondere bei einem großen Speditionsunternehmen mit drei Disponenten der Dispositionsprozess aufgenommen. In gemeinsamen Workshops wurden die aufgenommenen Daten und Prozesse in Diskussionen mit den involvierten Akteuren validiert und erweitert. Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse aus den Maßnahmen zur Datenaufnahme zu vier zentralen Themenfeldern dargestellt (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Zentrale Themenfelder.

2.3.1 Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern

Lagerhausbetreiber setzten Zeitfenster unterschiedlich strikt ein. Insgesamt konnten drei verschiedene Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern identifiziert werden (**ELBERT & THIEL, 2016**):

- 1. Strikter Einsatz von Zeitfenstern:** Es werden nur Fahrzeuge abgefertigt, die ein Zeitfenster gebucht haben. Diese müssten pünktlich zur Registrierung vor dem gebuchten Zeitfenster am Lagerhaus ankommen.
- 2. Flexibler Einsatz von Zeitfenstern:** Wenn Zeitfenster frei sind, können Fahrzeuge entladen werden, die kein oder nicht das aktuelle Zeitfenster gebucht haben.
- 3. Kein Einsatz von Zeitfenstern:** Alle ankommenden Fahrzeuge werden nach dem FIFO-Prinzip abgefertigt.

In der Praxis bildet der Einsatz von strikten Zeitfenstern die am häufigsten gewählte Form, insbesondere von Handelsunternehmen. Strikte Zeitfenster haben das größte Potenzial, um die Effizienz und Transparenz bei den Wareneingangsprozessen zu verbessern und damit die Grundlage für eine robuste Personal- und Ressourcenplanung zu legen. Hierfür kommen zumeist webbasierte ZMS zum Einsatz (**ELBERT & THIEL, 2016**). Auf den Einsatz von ZMS wird vor allem bei kleinen und mittleren Industrie- und Handelsunternehmen teilweise verzichtet.

Neben der Unternehmensgröße als ausschlaggebender Faktor für die Verhaltensweise von Lagerhausbetreibern konnte in den Interviews und Workshops festgestellt werden, dass eine

Differenzierung zwischen Nahverkehr und Fernverkehr erforderlich ist. Im Nahverkehr entfällt häufig eine Buchung von Zeitfenstern. Diese werden ohne erforderliche Buchung direkt vom Lagerhausbetreiber fest zugeteilt. Dies ist als Unterfall der Verhaltensweise 1 anzusehen, bei der strikte Zeitfenster ohne Buchungsprozess vorgegeben werden.

2.3.2 Durchsetzung von Zeitfenstern

Erreichen LKW Laderampen verspätet und verpassen somit das Zeitfenster für die Registrierung sowie für die eigentliche Be- oder Entladung, hat dies je nach Be- bzw. Entladestelle spezifische Konsequenzen. Für die Tourenplanung bedeutet dies, dass Disponenten häufig auf ihren Erfahrungsschatz zum Umgang von spezifischen Lagerhäusern mit Verspätungen zurückgreifen. Als zentral wird außerdem der „persönliche Draht“ des Disponenten zum Lagerhausbetreiber angesehen, um bei Verspätungen außerplanmäßige und kundenindividuelle Lösungen aushandeln zu können (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**). Diese Möglichkeit der persönlichen Kontaktaufnahme ist jedoch häufig nur für große Speditionsunternehmen realisierbar. Diese haben beispielsweise im Handel ein entsprechend großes Transportvolumen, um Lagerhäuser regelmäßig zu beliefern und so eine langfristige Beziehung aufzubauen.

In Interviews mit Speditionsunternehmen konnten vier in der Praxis auftretende Verhaltensmuster von Lagerhausbetreibern festgestellt werden (**ELBERT & THIEL, 2016**):

1. Keine Konsequenzen:

Es können individuelle Zeitfenster vereinbart werden, zum Beispiel durch die Nutzung eines eigenen ZMS. Beim Verpassen eines Zeitfensters wird ein Be- oder Entladen trotzdem ermöglicht. Es treten keine zusätzlichen Wartezeiten auf und keine Strafzahlungen werden vom Lagerhausbetreiber eingefordert. Diese Verhaltensweise tritt überwiegend bei kleinen Industrie- und Handelsunternehmen auf, bei denen individuelle Absprachen getroffen werden können.

2. Strafe:

Zeitfenster für die Be- oder Entladung müssen zwingend gebucht werden. Bei einer Verspätung werden feste Strafgebühren durch den Lagerhausbetreiber erhoben. Falls dem Lagerhausbetreiber durch die Verspätung weitere Kosten entstehen, werden diese teilweise auch in Rechnung gestellt. Gegebenenfalls werden von Industrie- und Handelsunternehmen Preisnachlässe bei verspäteten Lieferungen gefordert. Diese können beispielsweise bei verderblichen Gütern dem Spediteur vom Verlager als Auftraggeber in Rechnung gestellt werden.

3. Warteschlange:

Die Warteschlange wurde als das in der Praxis am weitesten verbreitete Verhaltensmuster identifiziert. Zeitfenster für die Be- und Entladung müssen zwingend gebucht werden. Falls sich der LKW verspätet, kann sich dieser am Lagerhaus in eine Warteschlange einreihen und auf ein freies Zeitfenster warten. Der LKW kann somit in einem Zeitfenster abgefertigt werden, das entweder nicht bebucht wurde oder das aufgrund der Verspätung eines weiteren LKW frei ist. Falls sich mehrere LKW verspäten, kann es zu langen Wartezeiten kommen. Zusätzliche Strafkosten werden nicht erhoben, für den Spediteur treten als Konsequenz jedoch Kosten für die nicht anderweitig genutzten Wartezeiten auf.

4. Erneute Zeitfensterbuchung für den Folgetag:

Auch bei diesem Verhaltensmuster ist die Buchung eines Zeitfensters zwingend erforderlich. Bei einer Verspätung ist es nötig, erneut ein Zeitfenster zu buchen. Dies kann erst für den Folgetag und nicht für den eigentlich geplanten Liefer- bzw. Abholtermin erfolgen. Ursächlich für die zwingende Verschiebung auf den Folgetag ist, dass zunächst Kontakt zum Verloader aufgenommen werden muss. Dieser muss im ZMS manuell die Bestellnummer auf den nächsten Tag setzen. Anderenfalls kann durch den Disponenten für den Transportauftrag nicht erneut ein Zeitfenster gebucht werden (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**). Für den Spediteur bedeutet dies, dass der Disponent den Transportauftrag erneut in eine Tour am Folgetag einplanen muss und hierfür ein Zeitfenster zu buchen ist. Das Verhaltensmuster 4 tritt teilweise auch auf, wenn sich bei Verhaltensmuster 3 eine zu lange Warteschlange bildet und eine Abfertigung aller wartenden LKW innerhalb der Öffnungszeiten des Lagerhauses nicht mehr realisierbar ist.

Es konnte identifiziert werden, dass die Konsequenzen und somit die zusätzlichen Kosten bei Verspätungen von der Auslastung der Laderampe abhängen. Bei einer hohen Auslastung kann der Fall auftreten, dass trotz Einhaltung des Zeitfensters zusätzliche Wartezeiten auftreten.

Insgesamt lässt sich der Schluss ziehen, dass bei Verspätungen mit Kosten für zusätzliche Wartezeiten und mit Ineffizienzen bei der Tourenplanung, zum Beispiel durch ein erneutes Einplanen, zu rechnen ist. Strafgeldern haben in der Praxis eher eine geringe Relevanz (**ELBERT & THIEL, 2016**). Auch Neubuchungen treten eher selten auf, da diese mit zusätzlichem Aufwand verbunden sind. Verbreitet in der Praxis sind somit vor allem feste Zeitfenster, bei denen bei Verspätungen mit zusätzlichen Wartezeiten zu rechnen ist. Falls die Wartezeiten die Öffnungszeiten der Laderampe übersteigen, findet in der Regel eine erneute Anlieferung früh morgens am Folgetag statt.

Darüber hinaus konnte in den Interviews und den Workshops identifiziert werden, dass verpasste Zeitfenster zur Lieferquotenauswertung herangezogen werden. Früher war laut Aussagen von Interviewpartnern für die Liefertermintreue der Zustelltag maßgeblich. ZMS ermöglichen es nun, stattdessen die genaue Lieferzeittreue von Spediteuren zu kontrollieren. Insbesondere im Handel werden hiermit laut der Interviewpartner Abschlüge vom Warenwert begründet.

2.3.3 Identifizierte Problemfelder

Infolge der durchgeführten Interviews und Workshops konnten drei Problemfelder rund um den Einsatz von ZMS identifiziert werden (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2017**). Diese werden im Folgenden im Detail erläutert. Zur Unterstützung werden jeweils zentrale Zitate aus den durchgeführten Workshops dargestellt:

1. Mangel an Koordinationsmechanismen:

Aus den Interviews und den Workshops konnte abgeleitet werden, dass in der Regel keine direkte Kontaktpflege zwischen Lagerhausbetreibern und Spediteuren stattfindet (siehe Tabelle 3). Insbesondere bei kleinen und mittleren Speditionsunternehmen wird die direkte Kontaktaufnahme zum Lagerhausbetreiber häufig durch den Verloader begrenzt bzw. vollständig unterbunden. Das heißt, dass es aus Sicht des Verladers häufig nicht gewollt ist, dass der Disponent direkt telefonisch oder per E-Mail das Lagerhaus kontaktiert (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL**). Dies betrifft nicht nur die Kontaktaufnahme, wenn Zeitfenster nicht eingehalten werden können, sondern auch die vorgelagerte Kommunikation bei der Tourenplanung und Zeitfensterbuchung. Festzustellen ist, dass die vorgelagerte, direkte Kontaktpflege und Aktualisierung von Statusmeldungen häufig beidseitig unterbleiben, weshalb Probleme an der Laderampe durch verspätete Anlieferungen oder Wartezeiten bei der Abfertigung bereits ihren Ursprung in einer mangelnden Kommunikation im Vorfeld haben. Statusmeldungen werden somit beidseitig nicht aktualisiert (siehe Tabelle 3). Hilfreich für eine bessere Nutzung von ZMS könnte eine direkte Kommunikation außerhalb des ZMS beispielsweise sein, wenn sich durch die Verspätung eines LKW bereits abzeichnet, dass dieser sein Zeitfenster nicht pünktlich erreichen wird. Die Übermittlung dieser Information an die Laderampe könnte zu einer insgesamt verbesserten Nutzung von ZMS beitragen, indem beispielsweise der nicht genutzte Zeitslot bereits anderweitig vergeben wird und der verspätet zu erwartende LKW für ein späteres Zeitfenster vorgemerkt wird.

Tabelle 3: Mangel an Kommunikation.

Termin Workshop	Zentrale Kommentare zur Kommunikation zwischen Lagerhausbetreibern und Spediteuren
06.11.2018	"Bei vielen Lagerhausbetreibern können wir gar nicht anrufen . Klar, wenn man ein großes Unternehmen ist und die Kunden im Umkreis beliefert, sind es immer die gleichen und man hat sich im Laufe der Zeit irgendwelche Telefonnummern besorgt. Aber sonst kommt man nicht durch."
06.11.2018	"Normalerweise möchte der Verlader gar nicht, dass der Spediteur Kontakt zum Kunden aufnimmt . Er hat schließlich auch kein Vertragsverhältnis mit dem Kunden. Es gibt Ausnahmen, aber eigentlich ist es nicht erwünscht."
06.11.2018	"Eine häufige Kontaktaufnahme mit dem Lagerhausbetreiber soll vermieden werden . Auch ein großer Spediteur wird nicht dreimal pro Tag dasselbe Unternehmen anrufen. Sonst sagt der Lagerhausbetreiber irgendwann: "Sieh zu, dass du pünktlich da bist und ruf nicht dauernd an."
06.11.2018	"Große Spediteure haben ein riesen Auftragsvolumen und können nicht mit den kleineren mittelständischen Unternehmen verglichen werden."

2. Mangel an gemeinsamen Verständnis

In den Interviews und Workshops konnten drei Punkte identifiziert werden, bei denen Differenzen zwischen dem Verständnis des Lagerhausbetreibers und des Spediteurs auftreten. Diese tragen zu einer geringen Akzeptanz von ZMS aus Sicht des Spediteurs bei.

A) Uneinigkeit über den Beginn und das Ende von Wartezeiten

Erstens besteht Uneinigkeit über den Beginn und das Ende von Wartezeiten an der Be- oder Entladestelle. Lagerhausbetreiber nehmen es in der Regel erst als Wartezeit wahr, wenn es bei der Be- oder Entladung selbst zu Verzögerungen kommt (vgl. Kapitel 2.1.3). Von Spediteuren wurde in Interviews jedoch teilweise berichtet, dass diese bei strikten Zeitenstern Puffer auf der Tour einplanen müssen. So warten LKW teilweise unterwegs, zum Beispiel auf Raststätten, auf ihr Zeitfenster zur Registrierung (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Verständnis von Wartezeiten.

Termin Workshop	Zentrale Kommentare zum Verständnis von Wartezeiten
21.06.2017	„Ich kenne es von den meisten Handelshäusern, so ist es bei uns auch, es sind immer genug Fahrzeuge zu früh da . Es sind immer Spediteure, die zu früh da sind und dann brauche ich Pause machen und sonst was. Bei vielen Handelshäusern ist es so, die bleiben einfach Stunden stehen, bis der Zeitfenster erreicht ist.“

Termin Workshop	Zentrale Kommentare zum Verständnis von Wartezeiten
21.06.2017	„Die Spedition sagt dem Fahrer: „Bleib noch am Rastplatz stehen , warte noch eins bis zwei Stunden bis du abladen kannst“.“
21.06.2017	„ Sie dürfen sich quasi nicht früher melden . Wenn sie sich zu früh melden, dann ist es schon ein Fehler. Bringt ja schon negative Lieferquote rein.“

B) Einfordern von Standgeldern

Als zweiter Punkt wurde in den Interviews und Workshops die nicht realisierbare Einforderung von Standgeldern genannt. Diese erweist sich aus der Sicht von Spediteuren als schwer umsetzbar. Für das Einfordern von Standgeldern ist eine genaue Dokumentation der Standzeiten durch den Fahrer und eine Weitergabe der Informationen an den Disponenten nötig. Die Datenaufnahme und Informationsweitergabe durch den Fahrer unterbleiben jedoch häufig in der Praxis. Laut Aussagen eines Interviewpartners wird in 70 % der Fälle bei Wartezeiten kein Standgeld eingefordert. Eine erfolgreiche Einforderung muss mit Eigeninitiative und Nachdruck des Spediteurs vorangetrieben werden (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Einfordern von Standgeldern.

Termin Interview	Zentrale Kommentare zum Einfordern von Standgeldern
24.05.2017	„In 70 % wird bei Wartezeit kein Standgeld eingefordert.“
24.05.2017	„Wir bräuchten eine Vollzeitkraft für die Standgeldeinforderungen.“

C) Erhebung von Buchungsgebühren

Drittens nahm die Diskussion um die Buchungsgebühren für Zeitfenster in den Workshops eine zentrale Stellung ein. Es zeigte sich, dass es aus der Sicht der Spediteure tendenziell kritisch gesehen wird, dass sie für die Zeitfenster Gebühren bezahlen müssen. Als Argument wurde hierbei angeführt, dass die Lagerhäuser mehrheitlich von ZMS profitieren und ihre Wareneingangsprozesse verbessern, während Spediteure mit Mehraufwand konfrontiert werden (siehe Tabelle 6). Die überwiegend kleinen und mittleren Speditionsunternehmen sehen sich aufgrund des hohen Kostendrucks auf dem Transportmarkt häufig nicht in der Lage, die Buchungsgebühren an ihre Kunden weiterzugeben, während dies bei großen Spediteuren gängige Praxis ist. Hervorgehoben wurde in den Workshops, dass eine Übernahme der Buchungsgebühren durch die Lagerhausbetreiber die Akzeptanz von ZMS erhöhen würde.

Tabelle 6: Erhebung von Buchungsgebühren.

Termin Workshop	Zentrale Kommentare zum Erheben von Buchungsgebühren
21.06.2018	„Ich finde es einfach eine Unart von den Handelshäusern , dass wir 2,50 € oder was bei der Buchung zahlen müssen, dass die Empfänger ihren Prozess optimieren können. Weil der Nutzen für uns als Anlieferer ist jetzt nicht so riesig.“
21.06.2018	„(...) dass ohne dass ich irgendwas anders planen muss oder meine Durchführung anders ist, ich schon einen zusätzlichen Aufwand habe.“
21.06.2018	„Es (...) ist schon unverschämt. Dass das was der Handel bei sich optimiert oder der Empfänger bei sich optimiert, dass der Anlieferer dafür noch zahlen muss. “

3. Operative Probleme an der Laderampe:

Hinsichtlich der Situation an der Laderampe wurden in den Interviews und Workshops primär zwei Probleme angesprochen, die rund um die zeitfenstergesteuerte Anlieferung auftreten. Dies ist zum einen die häufig nicht klare Aufgabenteilung zwischen den Mitarbeitern des Wareneingangs und den Fahrern. Vermehrt kommt es vor, dass Fahrer während der Be- oder Entladung helfen oder diese eigenständig durchführen müssen. Hierdurch bedingt können diese die Be- und Entladezeit nicht als Pausenzeit nutzen. Als zweiter Punkt wurde häufig angemerkt, dass die Umgangsformen an der Laderampe insgesamt als verbesserungswürdig angesehen werden (siehe Tabelle 7). Hierbei wurde in den Workshops ein direkter Zusammenhang mit dem Fachkräftemangel beim Berufsstand des Kraftfahrzeugfahrers hergestellt.

Tabelle 7: Operative Probleme an der Laderampe.

Termin Workshop	Zentrale Kommentare zu operativen Problemen an der Laderampe
21.06.2016	„Fahrer soll fahren, das sagt ja auch die Berufsbezeichnung schon. Aber jetzt nicht mit Be- und Entladen tätig sein, eigentlich sind ja die Lieferzeiten seine Pausenzeiten. “
03.11.2016	„Sie jammern, weil sie jammern müssen. Wir haben jeden Tag Kontakt mit den Fahrern. Was sie jeden Tag erleben. Das ist teilweise unmenschlich! “

Zusammenfassend werden die zentralen Problemfelder in Abbildung 15 dargestellt. Die folgende Vorstellung von entwickelten Koordinationsmechanismen dient vor allem der verbesserten Abstimmung der Interessen und der Verbesserung der Informationsflüsse zwischen Lagerhausbetreibern und Spediteuren zur Behebung des ersten identifizierten Problemfeldes.

Mangel an Koordinationsmechanismen	Mangel an gemeinsamem Verständnis	Operative Probleme an der Laderampe
<ul style="list-style-type: none"> • Kaum direkte Kontaktpflege zwischen Lagerhausbetreibern, Disponenten und Fahrern • Häufig beidseitig keine Aktualisierung von Statusmeldungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Empörung über Buchungsgebühren • Einforderung von Standgeldern funktioniert nur mit Nachdruck und Eigeninitiative • Uneinigkeit über Beginn und Ende der Wartezeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Häufig müssen Fahrer bei der Entladung helfen • Soziale und technische Mindeststandards werden oft nicht eingehalten

Abbildung 15: Zentrale Problemfelder.

2.3.4 Entwickelte Koordinationsmechanismen

In den Interviews und Workshops wurden vielfach Maßnahmen zur Koordination diskutiert und hinsichtlich ihres Verbesserungspotenzials bewertet. Abbildung 16 gibt einen Überblick über die entwickelten Koordinationsmechanismen. Diese wurden nach zwei Kriterien kategorisiert. Zum einen wurde untersucht, welchen Umfang die Konzepte aufweisen. Isolierte Konzepte betreffen primär einen einzelnen Akteur und somit nur den Lagerhausbetreiber oder Spediteur. Bilaterale Konzepte sind als akteursübergreifende Koordinationsmechanismen zu verstehen, die zwischen zwei Akteuren angesiedelt sind. Diese erfordern somit eine zusätzliche Abstimmung und Kommunikation zwischen dem Lagerhausbetreiber und Spediteur. Netzwerkbasierende Konzepte sind übergreifende Konzepte zur Koordination des gesamten Transportnetzwerkes. Diese betreffen somit mehrere Spediteure und bzw. oder mehrere Lagerhäuser.

Gleichzeitig wurde eine Unterteilung der Konzepte nach ihrem Anwendungsgebiet vorgenommen. Hierbei ist zu unterscheiden, ob diese eher die Situation bei der Planung oder bei der Ausführung verbessern können. Konzepte zur Verbesserung der Planung greifen somit an der Zeitfensterbuchung und der Disposition mit Zeitfenstervorgaben an. Die zeitfenstergesteuerte Anlieferung und Abwicklung der Be- und Entladung sowie die anschließenden Wareneingangsprozesse stehen hingegen im Zentrum der Konzepte zur Verbesserung der Ausführung.




	 Isolierte Konzepte	 Bilaterale Konzepte	 Netzwerkbasierte Konzepte
Verbesserte Planung	1. Berücksichtigung von weichen Faktoren bei der Planung und Disposition 2. Buchungskorridore 3. Ausweitung bzw. Flexibilisierung der Öffnungszeiten 4. Mehr Zeitfenster zu beliebten Öffnungszeiten 5. Eskalationskonzepte für den Fahrer bei (unverschuldeten) Verspätungen	8. Reservierung fester, regelmäßiger Zeitfenster 9. Optimierung von Bestellvorgängen und Mengen 10. Sukzessive Freischaltung von Zeitfenstern 11. Höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster 12. Abstimmung von Pausenzeiten und Be- bzw. Entlagevorgängen	15. Auktionsmechanismen/ flexible Buchungskosten 16. Zentral koordinierte Zeitfenstervergabe 17. Zeitfenster pro Kundengruppe 18. Tauschbörse für ungünstige, gebuchte Zeitfenster
Verbesserte Ausführung	6. Genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen 7. Zusätzliche parallele Rampen ohne Zeitfenstersteuerung	13. Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern 14. Kurzfristige Anpassung der Wareneingangsplanung bei freien Zeitfenstern	19. Nutzung von verbesserten ETA-Daten

Abbildung 16: Entwickelte Koordinationsmechanismen.

Im Folgenden werden die einzelnen Konzepte näher erläutert. Dabei wird nach der Nummerierung in Abbildung 16 vorgegangen.

Isolierte Konzepte

1. Berücksichtigung von weichen Faktoren bei der Tourenplanung: Bei der Tourenplanung greifen Disponenten vielfach auf ihr Erfahrungswissen zurück. In Bezug auf Zeitfenster kann dies zum Beispiel sein, wie strikt bestimmte Ladestellen Zeitfenstervorgaben durchsetzen und mit welchen Konsequenzen bei Verspätungen zu rechnen ist. Hilfreich wäre es den Interviews und Workshops zufolge, wenn Besonderheiten zu Laderampen direkt in der Tourenplanungssoftware hinterlegt werden könnten. Darüber hinaus könnten auch Erfahrungen von Fahrern an den jeweiligen Laderampen (Wartezeiten, Konsequenzen bei Verspätungen, allgemeine Situation) systematisch gesammelt und Disponenten zur Verfügung gestellt werden.

2. Buchungskorridore: Der Begriff Buchungskorridor wird für längere, ausgeweitete Zeitfenster verwendet. Beispielsweise könnte ein Buchungskorridor einen Zeitraum von drei Stunden für die Anlieferung umfassen, innerhalb dessen die LKW flexibel an der Laderampe ankommen können und gegebenenfalls mit einer gewissen Wartezeit (falls sich eine Warteschlange bildet) abgefertigt werden. Buchungskorridore wurden aus der Sicht von Spediteuren als hilfreich zur Erhöhung der Dispositionsfähigkeit und gleichzeitig als Puffer für eventuelle Verzögerungen,

beispielsweise durch Staus, eingeschätzt. Für Lagerhausbetreiber bedeuten diese jedoch eine Reduzierung der Transparenz und gleichmäßigen Auslastung des Wareneingangs im Vergleich zu strikten Zeitfenstern.

3. Ausweitung bzw. Flexibilisierung von Öffnungszeiten: Bei einer Ausweitung der Öffnungszeiten würde bei Lagerhäusern der insgesamt verfügbare Öffnungszeitenraum vergrößert werden. Es würden somit vor allem am späten Nachmittag bzw. Abend weitere Zeitfenster zur Verfügung stehen. Vorstellbar wäre, dass dies aus Sicht von Spediteuren zu einer Entzerrung bei der Buchung von Zeitfenstern führen könnte. Aus den Interviews und Workshops konnte jedoch der Schluss gezogen werden, dass dieser zusätzliche Buchungsspielraum in der Praxis als nicht sehr wirksam eingeschätzt wird, da von Spediteuren primär Zeitfenster am Vormittag nachgefragt werden.

4. Mehr Zeitfenster zu beliebten Öffnungszeiten: An die dritte Maßnahme anknüpfend wurde diskutiert, ob das zur Verfügung stellen einer größeren Anzahl von Zeitfenstern zu beliebten Öffnungszeiten eine effiziente Maßnahme zur verbesserten Nutzung von ZMS darstellen würde. Es konnte identifiziert werden, dass aus der Sicht von Spediteuren insbesondere Zeitfenster zwischen 06:00 Uhr und 14:00 Uhr günstig und beliebt sind. Ein größeres Angebot von Zeitfenstern in diesem Zeitraum würde mehrheitlich bei den befragten Spediteuren zu einer Verbesserung und Entspannung der Buchungssituation führen. Für Lagerhausbetreiber wäre das Bereitstellen von zusätzlichen Zeitfenstern nur bedingt realisierbar. Gegebenenfalls könnten die Mitarbeiterkapazitäten zu den beliebten Zeiten erhöht werden und so eine schnellere Be- bzw. Entladung, das heißt eine Erhöhung der Anzahl der Paletten pro Zeitfenster, erreicht werden.

5. Eskalationskonzepte für den Fahrer bei (unverschuldeten) Verspätungen: Dieser Koordinationsmechanismus greift bei dem Fall, dass es im Sammelgutverkehr bei einem Stopp bzw. durch Staus oder andere Störgrößen zu Verzögerungen kommt. Sind weitere Lagerhäuser der Tour nicht mehr pünktlich zu erreichen, so könnte ein Eskalationskonzept hilfreich sein, das von dem Fahrer zu befolgen ist. Hierfür ist die frühzeitige Einbindung des Disponenten und des Auftraggebers wichtig, die anschließend den Lagerhausbetreiber kontaktieren und die Verspätung ankündigen können. Aus Sicht der befragten Spediteure würde die frühe Ankündigung von Verspätungen die Umplanung der Tour bzw. die erneute Einplanung einzelner Transportaufträge in andere Touren erleichtern. Angemerkt wurde jedoch, dass in der Praxis häufig der Fall eintritt, dass Fahrer über Verspätungen, beispielsweise durch Staus, erst sehr spät oder überhaupt nicht informieren. Auch bei verpassten Zeitfenstern wurde von den befragten Spediteuren aufgezeigt, dass Fahrer teilweise nicht den Disponenten informieren. Im

Nahverkehr ist mit einer Rückmeldung zu rechnen, während im Fernverkehr je nach Fahrer teilweise nicht informiert wird.

6. Genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen: Eine Dokumentation von Zeiten und Verspätungen durch den Fahrer kann für das Einfordern von Standgeldern durch den Spediteur genutzt werden. Hierfür ist es erforderlich, dass der Fahrer die Ankunftszeit und Abfahrzeit dokumentiert und sich diese gegenzeichnen lässt. Darüber hinaus muss eine erhebliche Überschreitung einer angemessenen Wartezeit vorliegen. Im Fall eines strikten Zeitfensters müsste dieses laut Gesetzgebung auch erheblich überschritten werden. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass der Fahrer seine Bereitschaft zur Be- bzw. Entladung am Lagerhaus kommuniziert (**DVZ, 2015**). Insgesamt würde die Dokumentation durch den Fahrer aus Sicht der befragten Spediteure das Einfordern von Standgeldern erleichtern. Nichtsdestotrotz müsste teilweise auch ein Umdenken bei den Lagerhäusern stattfinden und sich die Bereitschaft zum Zahlen vertraglich verankerter Standgelder erhöhen. So könnte sich der administrative Aufwand für Spediteure deutlich verringern.

7. Zusätzliche parallele Rampen ohne Zeitfenstersteuerung: Rampen ohne Zeitfenstersteuerung können zum Ausweichen für LKW, die verspätet ankommen, genutzt werden. Außerdem können diese zum Einsatz kommen, wenn es trotz Zeitfenstersteuerung zu Verzögerungen bei der Be- und Entladung kommt und sich somit eine Wartschlange bildet. Solche „Notfallrampen“ könnten die Situation bei der Anlieferung entspannen. In der Praxis zeigt sich, dass Ausweichrampen teilweise schon vorhanden sind. Denkbar ist in diesem Zusammenhang auch das Angebot von bezahlten Expressrampen ohne Zeitfenstersteuerung, die eine bevorzugte Abfertigung ermöglichen.

Bilaterale Konzepte

8. Reservierung fester, regelmäßiger Zeitfenster: Bei reservierten Zeitfenstern findet eine Abstimmung zwischen Lagerhausbetreiber und Spediteur zu einer regelmäßigen, fest terminierten Anlieferung eines bestimmten Gütervolumens statt. Dies hat zur Folge, dass das Zeitfenster dem Spediteur automatisch auf der webbasierten Buchungsplattform zur Verfügung steht und von konkurrierenden Spediteuren nicht buchbar ist. Reservierungen können somit den Druck bei der Zeitfensterbuchung reduzieren und erhöhen die Planungssicherheit des Disponenten. Als Schlüsselfaktor wurde bei diesem Konzept die Regelmäßigkeit hervorgehoben. So erweisen sich reservierte Zeitfenster eher für große Expeditionen als nützlich, die über ein entsprechendes Auftragsvolumen verfügen, um regelmäßige Touren durchzuführen.

9. Optimierung von Bestellvorgängen und Mengen: Bei diesem Konzept findet eine Abstimmung der Bestellungen und Mengen mit dem Lagerhausbetreiber und dem Verloader als Auftraggeber statt. In den Workshops wurde berichtet, dass eine solche Koordinationsmaßnahme bereits umgesetzt werden konnte und zur Folge hatte, dass Transportaufträge zu größeren Aufträgen mit einer geringeren Frequenz gebündelt werden konnten. Dies bedeutet für den Spediteur, dass das Lagerhaus seltener angefahren werden muss und im Umkehrschluss auch weniger Zeitfensterbuchungen nötig sind. Zur Umsetzung einer solchen Koordinationsmaßnahme sind Abstimmungen über die operative Logistikplanung hinaus nötig. So sind beispielsweise der Einkauf und weitere Unternehmensbereiche in die Umsetzung zu integrieren.

10. Sukzessive Freischaltung von Zeitfenstern: Das sukzessive Freischalten von Zeitfenstern bezeichnet eine blockweise Freischaltung von Zeitfenstern über den Tag verteilt. Diese Maßnahme könnte zu einer Entzerrung der Buchungssituation von Zeitfenstern beitragen. In den Interviews und Workshops wurde die Buchungssituation als ein „Kampf“ um die günstigen Zeitfenster beschrieben. Transportaufträge gehen bei dem Spediteur über den Tag verteilt ein. Durch die blockweise Freischaltung von Zeitfenstern würde die Möglichkeit bestehen, auch für später eingehende Transportaufträge noch günstige Zeitfenster zu buchen. Aktuell ist bei webbasierten ZMS teilweise eine Staffelung in zwei Blöcke zu beobachten. Vormittags werden Zeitfenster gebucht. Am frühen Nachmittag werden stornierte Zeitfenster wieder buchbar, sodass sich nochmal neue Buchungsmöglichkeiten ergeben. Für später am Nachmittag eingehende Aufträge kommt diese Option jedoch nicht mehr infrage.

11. Höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster: Dieses Konzept sieht vor, dass für beliebte Zeitfenster, beispielsweise zwischen 06:00 und 14:00 Uhr, höhere Buchungsgebühren entfallen. Diese Koordinationsmaßnahme könnte zu einer Verringerung der Nachfrage nach den Zeitfenstern am Vormittag führen. In den Diskussionen mit den Praxispartnern zeigte sich jedoch, dass diese Maßnahme als nicht wirkungsvoll eingeschätzt wurde. Es wurde argumentiert, dass die höher bepreisten Zeitfenster am Vormittag trotzdem gebucht werden würden, da mit diesen in der Regel effizientere Touren geplant werden können. Dies ist insbesondere relevant, wenn geplante Touren von Spediteuren an Transportunternehmen zur Durchführung weiterverkauft werden. Touren mit ungünstigen Zeitfenstern lassen sich schlechter bzw. nur zu einem höheren Preis verkaufen. Somit würde der Kostenvorteil bei der Buchung unbeliebter Zeitfenster durch den erhöhten Verkaufspreis nicht zum Tragen kommen.

12. Abstimmung von Pausenzeiten und Be- bzw. Entladevorgängen: Ziel dieser Maßnahme ist, dass Wartezeiten an der Laderampe bestmöglich genutzt werden. Basierend auf den

Zeitfensterbuchungen und der Tourenplanung erfolgt die Planung der Pausen- und Ruhezeiten des Fahrers. Dies setzt voraus, dass Fahrer an der Laderampe Pause machen können und nicht bei der Be- und Entladung unterstützen bzw. diese komplett vornehmen. In der Diskussion wurde hinsichtlich dieser Koordinationsmaßnahmen kritisch geäußert, dass die geplante Pause in der Realität schwer umsetzbar ist.

13. Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern: Dieses Konzept sieht vor, dass Zeitfenster, die nicht erreicht werden, für den Lagerhausbetreiber zur freien Verfügung stehen. Hierfür ist es erforderlich, dass Fahrer den Disponenten kontaktieren, sobald sich abzeichnet, dass Zeitfenster nicht mehr erreicht werden können. Anschließend ist diese Information vom Disponenten an das Lagerhaus zu übermitteln. Vorteilig ist, dass durch die Informationsweitergabe am Lagerhaus der freie Zeitslot anderweitig vergeben werden kann, zum Beispiel für verspätete LKW, die bereits auf eine Be- oder Entladung warten.

14. Kurzfristige Anpassung der Wareneingangsplanung bei freien Zeitfenstern: Angelehnt an Konzept 13 sieht Konzept 14 eine generelle Flexibilitätssteigerung im Wareneingang von Lagerhausbetreibern vor. Sind Zeitfenster nicht oder nur mit einer reduzierten Anzahl von Paletten bebucht oder zeichnet sich ab, dass diese aufgrund von Verspätungen nicht in Anspruch genommen werden, könnte im Wareneingang eine kurzfristige Umplanung erfolgen. So könnte situationsabhängig die Flexibilität bei der Eintaktung der ankommenden LKW erhöht werden. Diese Maßnahme könnte zu einer Effizienzsteigerung im Wareneingang führen und gleichzeitig die Wartezeiten an der Laderampe verkürzen. Angemerkt wurde, dass diese Maßnahme zu einem erhöhten Planungsaufwand im Wareneingang führen würde.

Netzwerkbasierende Konzepte

15. Auktionsmechanismen / flexible Buchungskosten: In der wissenschaftlichen Literatur werden bereits Ansätze zur Koordination der Zeitfenstervergabe mittels einer kombinatorischen Auktion untersucht (KARAENKE, BICHLER & MINNER, 2015). Für die Praxis würde dies bedeuten, dass Spediteure auf einer zentralen Plattform bis zu einer bestimmten Frist ein Gebot für Zeitfenster abgeben. Je nach individuellem Nutzen des spezifischen Zeitfensters für einen Spediteur fällt die Höhe des Gebots aus bzw. ist die Bereitschaft, ein Gebot zu erhöhen. Insgesamt würde so die Zeitfenstervergabe durch einen fairen Auktionsmechanismus getreu dem Nutzen der einzelnen Spediteure erfolgen. Hierfür wäre die Einrichtung einer zentralen Koordinationsstelle und somit die Vereinheitlichung der Systeme zur Zeitfensterbuchung nötig.

16. Zentral koordinierte Zeitfenstervergabe: Bei einer zentral koordinierten Zeitfenstervergabe gehen Zeitfenstervorschläge von allen Spediteuren zunächst an einer

zentralen Stelle beim Anbieter des ZMS oder direkt beim Lagerhausbetreiber ein. Anschließend erfolgt die Vergabe der Zeitfenster nach bestimmten Kriterien. Beispielsweise könnte in einer Zielfunktion für das gesamte Netzwerk die Wartezeit minimiert werden. Kritisch gesehen wurde in Interviews, dass für die zentrale Koordination eine Art gleichzeitiges Vorschlagen von Zeitfenstern durch die jeweiligen Spediteure erfolgen muss. Ähnlich wie bei der Auktion (Konzept 15) könnte hierfür zwar eine Frist für die Einreichung von Zeitfenstervorschlägen definiert werden, darüber hinaus anfallende Aufträge könnten jedoch nicht berücksichtigt werden.

17. Zeitfenster pro Kundengruppe: Dieses Konzept sieht vor, dass bestimmte Kundengruppen bei der Zeitfensterbuchung bevorzugt werden, indem sie vor anderen Kundengruppen Zeitfenster buchen können. Denkbar ist es zum Beispiel, zuerst Spediteuren mit langen Touren mit mehreren Stopps die Zeitfensterbuchung zu ermöglichen. So könnte beispielsweise eine Differenzierung zwischen Nah- und Fernverkehr bei der Buchungsreihenfolge vorgenommen werden. In der Diskussion wurde aufgegriffen, dass eine Bevorzugung des Fernverkehrs durchaus Sinn machen würde. Lokal angesiedelte Spediteure haben häufiger direkten Kontakt zu Lagerhäusern und können unter Umständen individuelle Absprachen zu Zeitfenstern treffen.

18. Tauschbörse für ungünstige, gebuchte Zeitfenster: Mehrfach wurden in Workshops Tauschbörsen für Zeitfenster diskutiert. Aktuell bevorzugen Disponenten lieber ungünstige Zeitfenster bevor sie keine Zeitfenster buchen. Die Idee sieht vor, dass Spediteure eine Art Tauschoption direkt im ZMS auswählen können, bei der sie angeben, welche Zeitfenster für sie günstiger wären. Sind zwei Tauschangebote miteinander kompatibel (beidseitige Verbesserung) könnte ein Zeitfenstertausch vorgenommen werden. Insgesamt wurde das Konzept positiv bewertet. Zu beachten ist jedoch, dass bei einem Tausch neben dem eigentlichen Zeitfenster auch die Anzahl der Paletten und Besonderheiten von spezifischen Laderampen zu berücksichtigen sind. Somit müssen spezifische Bedingungen erfüllt sein, unter denen ein Tausch erst realisierbar wird.

19. Nutzung von verbesserten ETA-Daten: Die Nutzung von verbesserten ETA („estimated time of arrival“)-Daten bildet eine Möglichkeit, um präzise Informationen an das Lagerhaus zu übermitteln. Beispielsweise kann über Verspätungen oder nicht wahrnehmbare Zeitfenster informiert werden. Von diesen Daten können sowohl das Lagerhaus als auch die Disponenten zur Umplanung von Touren profitieren. Hierfür müssen die technischen Möglichkeiten gegeben sein, um in bestehenden Telematik-Lösungen ermittelte ETA-Daten in Echtzeit dem Disponenten und Lagerhausbetreiber zur Verfügung zu stellen.

Abschließend werden in Abbildung 17 die im Rahmen der Datenerhebung aufbereiteten und diskutierten Informationen dargestellt. Diese bilden die Grundlage zur Entwicklung von Entscheidungs- und Umweltszenarien in Arbeitspaket 4.



Abbildung 17: Im Rahmen der Datenerhebung aufbereitete Inhalte.

2.4 Arbeitspaket 4 (M12-M13) – Identifikation relevanter Entscheidungs- und Umweltszenarien

Zielsetzung: Das Ziel dieses Arbeitspakets bestand in der Definition realitätsnaher und repräsentativer Szenarien für den Einsatz von ZMS. Die festgelegten Szenarien sollten für die Untersuchung der Wirkung ausgewählter Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern und Koordinationsmechanismen herangezogen werden. Hierfür sollte das Simulationsmodell entsprechend angepasst und erweitert werden. Außerdem sollten aussagekräftige Werte für Variablen und Parameter definiert werden.

Vorgehen: Die Szenarien wurden in Interviews und Workshops des Projektbegleitenden Ausschusses abgestimmt. Als Basis hierfür dienten die in Arbeitspaket 3 dargestellten Ergebnisse der Datenaufnahme.

In Abbildung 18 werden die Ergebnisse der Definition von Szenarien für die Simulationsstudie in Form eines Würfels dargestellt. Für jedes Simulationsszenario ist eine Auswahl an den drei Kanten des Würfels zu treffen. Darüber hinaus kann eine systematische Variation der Auslastung im Transportnetzwerk vorgenommen werden (THIEL, 2018). Im Folgenden wird die Auswahl der Szenarien anhand der drei Kanten des Würfels beschrieben.

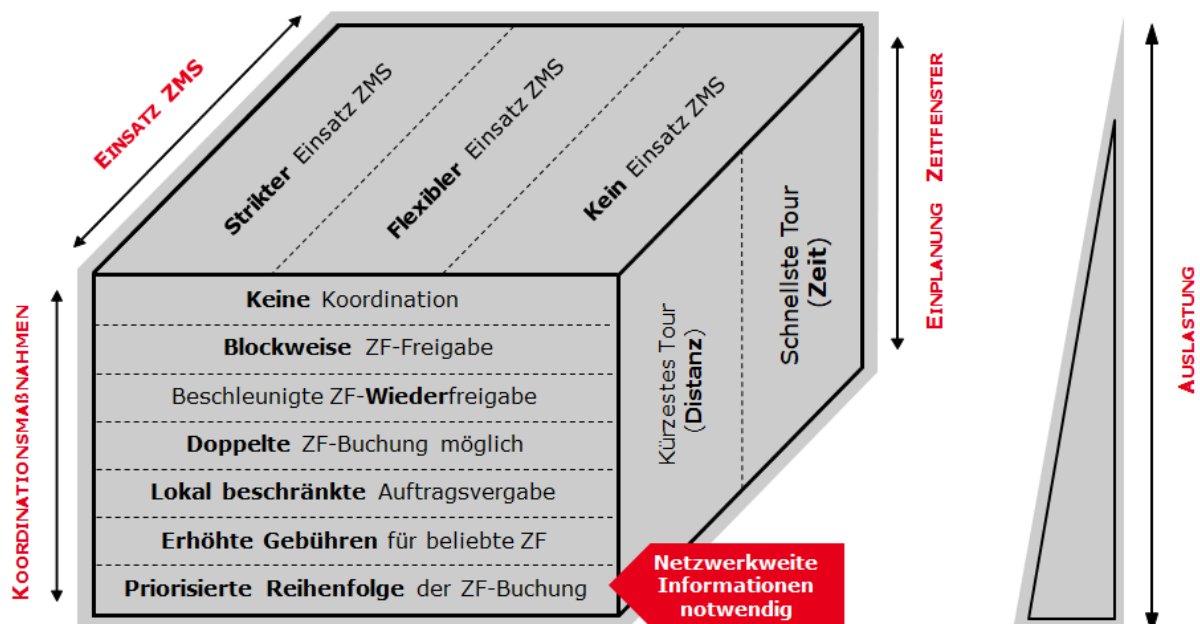


Abbildung 18: Würfel zur Definition relevanter Entscheidungs- und Umweltszenarien (Quelle: THIEL, 2018).

2.4.1 Szenarien für den Einsatz von Zeitfenstermanagement

Für den Einsatz von ZMS wurde die Entscheidung getroffen, alle drei in Arbeitspaket 3 dargestellten Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern im Simulationsmodell zu modellieren (siehe Abbildung 18). Hierbei dient das Szenario „**Kein Einsatz von ZMS**“ als Referenzszenario, um die Wirkung des Einsatzes von ZMS gegenüber der unkoordinierten Ankunft der LKW bewertbar zu machen. Bei der Entladung ohne Zeitfenstersteuerung bilden die LKW eine Warteschlange und werden nach dem FIFO-Prinzip nacheinander entladen (**THIEL, 2018**).

Beim Szenario „**Strikter Einsatz von ZMS**“ werden Fahrzeuge nur abgefertigt, wenn ein Zeitfenster gebucht wurde und das Fahrzeug das Zeitfenster pünktlich zur Entladung erreicht. Falls der entsprechende LKW nicht bereitsteht, erfolgt während des Zeitfensters keine Abfertigung. Zur Umsetzung des strikten Einsatzes wird im Simulationsmodell zum Startzeitpunkt eines Zeitfensters geprüft, ob der entsprechende LKW, der für das Zeitfenster eingebucht ist, am Lagerhaus bereitsteht. Hierfür bilden alle am Lagerhaus ankommenden LKW zunächst eine Warteschlange. Wenn das Lagerhaus offen ist und ein Rampe nicht belegt ist wird geprüft, welcher LKW das Zeitfenster gebucht hat. Der spezifische LKW wird in der Warteschlange gesucht. Kann der LKW identifiziert werden, so wird ihm im nächsten Schritt übermittelt, dass er an die Rampe fahren soll und die Entladung beginnt. Ist der entsprechende LKW nicht pünktlich am Lagerhaus, so wird er nicht mehr abgefertigt. Bei der verspäteten Ankunft wartet der LKW am Lagerhaus. Hierfür wird eine Wartezeit von 90 Minuten angenommen. Anschließend fährt er ohne durchgeführte Entladung weiter zum nächsten Lagerhaus seiner Tour (**THIEL, 2018**). Die entsprechende Entscheidungslogik für den strikten Einsatz von ZMS wird in Abbildung 19 dargestellt.

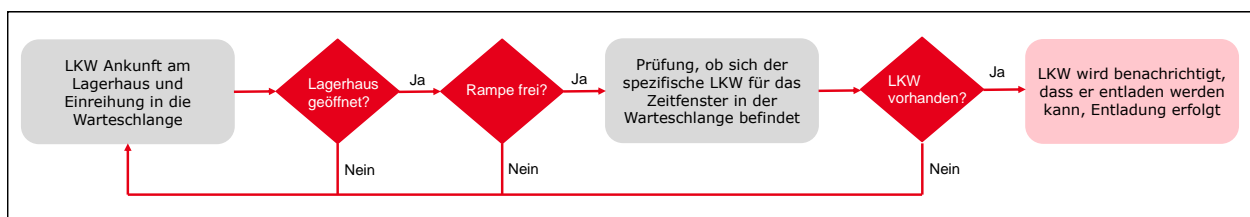


Abbildung 19: Entscheidungslogik beim strikten Einsatz von Zeitfenstern (Quelle: In Anlehnung an **THIEL, 2018**).

Auch beim Szenario „**Flexibler Einsatz von Zeitfenstern**“ sind Zeitfenster zu buchen. Wenn jedoch Zeitfenster frei sind, können auch Fahrzeuge entladen werden, die kein bzw. nicht das aktuelle Zeitfenster gebucht haben. Im Simulationsmodell wird hierfür wiederum eine

Warteschlange aller ankommenden LKW gebildet (siehe Abbildung 20). Innerhalb der Öffnungszeiten des Lagerhauses und bei einer leeren Rampe wird geprüft, ob der eingebuchte LKW in der Warteschlange identifiziert werden kann. Ist der LKW in der Schlange vorhanden, so wird er an die Rampe gerufen und die Entladung beginnt. Falls der entsprechende LKW nicht gefunden werden kann, wird das Zeitfenster gemäß dem FIFO-Prinzip an den ersten LKW in der Schlange vergeben. Dieser wird an die Rampe gerufen und entladen (**THIEL, 2018**).

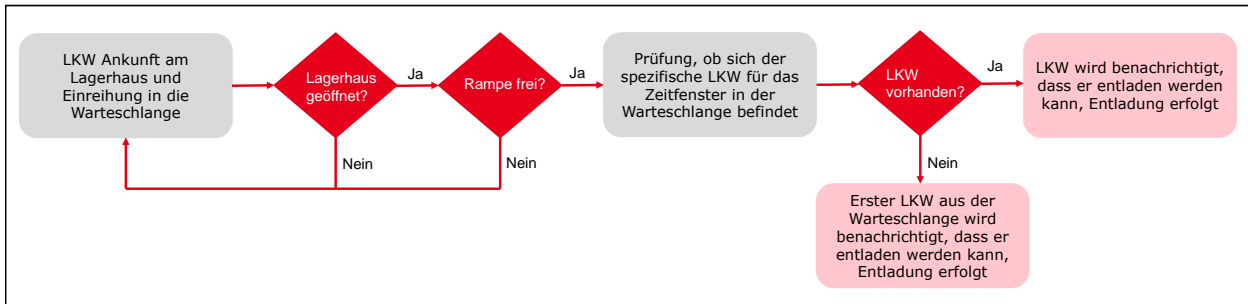


Abbildung 20: Entscheidungslogik beim flexiblen Einsatz von Zeitfenstern (Quelle: In Anlehnung an **THIEL, 2018**).

2.4.2 Szenarien für ausgewählte Koordinationsmechanismen

Grundlage für die Definition der Szenarien waren die in Abbildung 16 in Arbeitspaket 3 diskutierten Koordinationsmechanismen. In Abbildung 21 sind sechs Koordinationsmechanismen markiert, die zur Ableitung von Szenarien dienten. Bei der Auswahl wurde ein Fokus auf Koordinationsmaßnahmen gelegt, die zu einer Verbesserung der Planung beitragen. Dies geschah vor dem Hintergrund der Zielsetzung, dass die Perspektive des Spediteurs und insbesondere die Unterstützung des Disponenten bei Planungs- und Dispositionsaufgaben im Zentrum der Projektbearbeitung stehen. So wurden lediglich aus einem Konzept zur Verbesserung der Ausführung („Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern“) ein Szenario entwickelt. Für die weiteren Szenarien wurden Koordinationsmechanismen gewählt, bei denen sich bei Workshops viel Diskussionsbedarf und Uneinigkeit über die Wirksamkeit abzeichnete.

	 Isolierte Konzepte	 Bilaterale Konzepte	 Netzwerkbasierte Konzepte
Verbesserte Planung	1. Berücksichtigung von weichen Faktoren bei der Planung und Disposition 2. Buchungskorridore 3. Ausweitung bzw. Flexibilisierung der Öffnungszeiten 4. Mehr Zeitfenster zu beliebten Öffnungszeiten 5. Eskalationskonzepte für den Fahrer bei (unverschuldeten) Verspätungen	8. Reservierung fester, regelmäßiger Zeitfenster 9. Optimierung von Bestellvorgängen und Mengen 10. Sukzessive Freischaltung von Zeitfenstern 11. Höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster	15. Auktionsmechanismen/ flexible Buchungskosten 16. Zentral koordinierte Zeitfenstervergabe 17. Zeitfenster pro Kundengruppe
Verbesserte Ausführung	6. Genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen 7. Zusätzliche parallele Rampen ohne Zeitfenstersteuerung	12. Abstimmung von Pausenzeiten und Be- bzw. Entlagevorgängen 13. Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern 14. Kurzfristige Anpassung der Wareneingangsplanung bei freien Zeitfenstern	18. Tauschbörse für ungünstige, gebuchte Zeitfenster 19. Nutzung von verbesserten ETA-Daten

Abbildung 21: Anknüpfungspunkte für die Definition der Szenarien zu ausgewählten Koordinationsmechanismen.

Aus den sechs markierten Koordinationsmechanismen (siehe Abbildung 21) wurden die folgenden Szenarien entwickelt (THIEL, 2018):

1. **Keine Koordination:** Dieses Szenario wird als Referenzszenario zur Bewertung der Wirksamkeit der Koordinationsmechanismen definiert. Bei diesem Szenario buchen die Spediteure ihre Zeitfenster in einer zufälligen Reihenfolge.
2. **Blockweise Zeitfensterfreigabe von nicht genutzten Zeitfenstern:** Statt gleichzeitig werden die Zeitfenster in zwei Blöcken freigegeben. Im ersten Block steht jedes zweite Zeitfenster zur Buchung zur Verfügung. Die zweite Hälfte der Zeitfenster wird freigegeben, wenn die Hälfte der Spediteure bereits die Touren disponiert hat.
3. **Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern:** Zeitfenster, die während der Tour nicht pünktlich erreicht werden und somit vom Spediteur nicht genutzt werden können, werden freigegeben. Hierfür wird die Information über die Verspätung vom Fahrer an den jeweiligen Lagerhausbetreiber gemeldet. Bei einem flexiblen Einsatz von Zeitfenstern ergibt sich jetzt die Möglichkeit, LKW aus der Warteschlange zu entladen.

4. **Doppelte Zeitfensterbuchung möglich:** Spediteuren wird die Möglichkeit gegeben, statt nur ein Zeitfenster zwei Zeitfenster zu buchen. Hierdurch wird die Anlieferflexibilität erhöht.
5. **Lokal beschränkte Auftragsvergabe:** Transportaufträge werden an Spediteure vergeben, die in einem definierten Umkreis vom Lagerhaus angesiedelt sind. Hieraus resultiert, dass auch Zeitfenster nur von lokal angesiedelten Spediteuren gebucht werden.
6. **Erhöhte Gebühren für beliebte Zeitfenster:** Für beliebte Zeitfenster von 06:00 bis 09:00 Uhr werden höhere Buchungsgebühren erhoben.
7. **Priorisierte Reihenfolge bei der Zeitfensterbuchung:** Spediteure buchen die Zeitfenster in der Reihenfolge ihrer Tourenlänge. Hierbei werden Spediteure mit langen Touren gegenüber Spediteuren mit kurzen Touren bevorzugt. Dieses Szenario setzt voraus, dass die Information über die Tourenlänge der einzelnen Spediteure zentral verfügbar ist.

2.4.3 Szenarien für die Einplanung von Zeitfenstern

Zwei weitere Szenarien wurden zur Einplanung von Zeitfenstern festgelegt. Die Tourenplanung und die korrespondierende Zeitfensterbuchung können zum einen nach dem Kriterium der kürzesten Distanz, also anhand der Gesamtkilometer der Tour erfolgen. Zum anderen kann die schnellste Tour in Anbetracht der Dauer der Tour geplant werden. Als zentrale Einflussfaktoren wurden in diesem Kontext die Fahrzeit und die Entladezeit identifiziert. Für diese Zeiten können im Simulationsmodell stochastische Verteilungen hinterlegt werden. Als Referenz dienen feste Fahr- sowie Entladezeiten (**THIEL, 2018**).

2.5 Arbeitspaket 5 (M14-M16) – Untersuchung der Auswirkungen von Zeitfenstermanagementsystemen

Zielsetzung: In diesem Arbeitspaket bestand die Zielsetzung in der Untersuchung der Auswirkungen des Einsatzes von ZMS. Hierfür sollten in einer Simulationsstudie die unterschiedlichen Szenarien ausgewertet werden. Ursprünglich war vorgesehen, den Fokus der Auswertung auf finanzielle Auswirkungen von ZMS zu legen. Im Verlauf der Projektbearbeitung rückten jedoch die Auswertung der Warte- und Fahrzeiten in den Mittelpunkt, sodass eine inhaltliche Anpassung von Arbeitspaket 5 erfolgte. Statt finanzieller Kennzahlen wurden die Fahr- und Wartezeiten bei den unterschiedlichen Szenarien erhoben und in Abhängigkeit von der Auslastung im Transportnetzwerk ausgewertet.

Vorgehen: Simulationsexperimente wurden zu ausgewählten Kombinationen des in Arbeitspaket 4 vorgestellten Würfels (siehe Abbildung 18) durchgeführt. Hierbei dienen Simulationsexperimente ohne ZMS bzw. ohne Koordinationsmechanismus als Referenzszenarien.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Simulationsexperimente beschrieben. Zunächst werden die Ergebnisse der Untersuchung der Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern dargestellt und analysiert. Anschließend werden die Simulationsexperimente zur Untersuchung der Auswirkungen der sechs ausgewählten Koordinationsmechanismen erläutert und diskutiert. Zu beachten ist bei beiden Auswertungen, dass nur vollständig erledigte Touren berücksichtigt werden. Tritt der Fall ein, dass Touren mit hohen Wartezeiten aufgrund der begrenzten Öffnungszeiten der Lagerhäuser nicht beendet werden können, so werden diese nicht in die Auswertung mit einbezogen. Hierdurch bedingt kommt es teilweise zu einer Verringerung der Wartezeiten bei einer hohen Auslastung (**THIEL, 2018**).

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Auswertung hinsichtlich der Wartezeiten erfolgt. Weitere Effekte, die aus den Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern oder aus dem Einsatz von Koordinationsmechanismen resultieren, werden nicht explizit untersucht. So ist beispielsweise als weitere Konsequenz festzustellen, dass sich bei der Gesamtheit der Verhaltensweisen und Koordinationsmechanismen durchschnittlich die Fahrstrecke um 7 % durch Umwege verlängert. Abzuwägen ist in diesem Kontext, welche finanziellen Auswirkungen verlängerte Fahrstrecken und Wartezeiten für den Spediteur haben (**THIEL, 2018**).

2.5.1 Untersuchung unterschiedlicher Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern

Zielsetzung der Simulationsexperimente war die Untersuchung der drei definierten Strategien von Lagerhausbetreibern „Strikter Einsatz von ZMS“, „Flexibler Einsatz von ZMS“ und „Kein Einsatz von ZMS“. Für die Simulationsexperimente wurden die drei Einsatzszenarien mit keiner Koordinationsmaßnahme kombiniert. Für die Einplanung der Zeitfenster im Rahmen der Tourenplanung wurde die kürzeste Tour (Distanz) als Zielkriterium herangezogen (siehe Abbildung 22). Insgesamt ergaben sich so drei Szenarien, für welche die Auslastung im Transportnetzwerk variiert wurde.

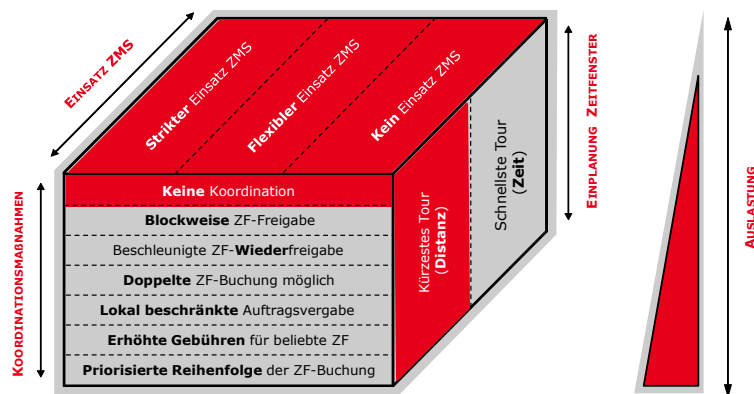


Abbildung 22: Untersuchung der Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern.

Abbildung 23 zeigt die Auswertung der durchschnittlichen Wartezeiten pro Anlieferung während in Abbildung 24 die Wartezeiten über den Tag verteilt ausgewertet werden. Insgesamt wird in beiden Auswertungen ersichtlich, dass der Einsatz von ZMS zu einer Koordination der Ankünfte an der Rampe beitragen kann und in der Simulationsstudie zu einer Reduzierung der Wartezeiten führt.

1. Durchschnittliche Wartezeiten pro Anliefervorgang

Bei der Auswertung der durchschnittlichen Wartezeiten pro Anliefervorgang (siehe Abbildung 23) zeigt sich zunächst, dass sich bei einer geringen Auslastung im Netzwerk der Einsatz von ZMS nicht lohnt. Ist die Auslastung gering, so können die LKW ohne erhebliche Wartezeiten nach dem FIFO-Prinzip ohne Zeitfenstersteuerung abgefertigt werden. Aus dem flexiblen Einsatz von ZMS resultieren im Bereich der niedrigen Auslastung ähnliche niedrige Wartezeiten wie bei keinem ZMS. Denn ankommende LKW können bei freien Zeitfenstern auch außerhalb ihres ursprünglich gebuchten Zeitfensters entladen werden. Beim strikten Einsatz von Zeitfenstern müssen LKW auf ihr spezifisches Zeitfenster warten. Es ergibt sich somit nicht die Möglichkeit einer verfrühten Abfertigung bei wenigen bzw. nur einem LKW an der Laderampe (THIEL, 2018).

Wird schrittweise die Auslastung im Netzwerk erhöht, so zeichnet sich ab, dass bei Anlieferungen ohne ZMS die durchschnittliche Wartezeit pro Anlieferung in den Simulationsexperimenten kontinuierlich von 0,6 Stunden auf 1,8 Stunden ansteigt. Sowohl beim strikten als auch beim flexiblen Einsatz von ZMS ist hingegen zu beobachten, dass sich die durchschnittliche Wartezeit auf einem konstanten Level von einer Stunden (strikt) und ca. 0,8 Stunden (flexibel) einpendelt. Während beim strikten Einsatz zunächst ein Absinken von etwa 10 % der Wartezeiten eintritt, ist beim flexiblen Einsatz eine Erhöhung von ca. 25 % zu verzeichnen. Insgesamt bleibt auch bei einer hohen Auslastung die durchschnittliche Wartezeit des flexiblen Einsatzes unter der des strikten Einsatzes. Es erweist sich als Vorteil, dass beim flexiblen Einsatz von ZMS bei freien Zeitfenstern (z. B. wenn sich der eingebuchte LKW verspätet) nach dem FIFO-Prinzip weiter entladen wird und verspätete LKW trotzdem noch abgefertigt werden (THIEL, 2018).

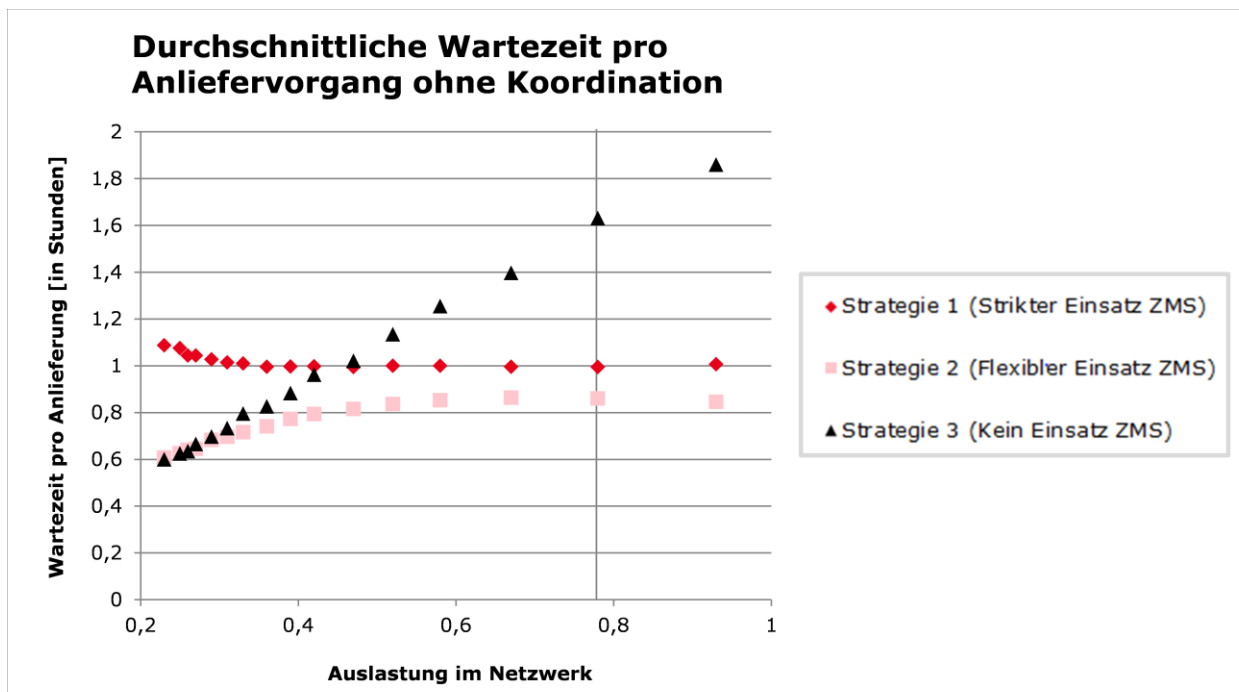


Abbildung 23: Durchschnittliche Wartezeit pro Anliefervorgang ohne Koordination (Quelle: THIEL, 2018).

Insgesamt kann der Schluss gezogen werden, dass die Strategie des Lagerhausbetreibers die Wartezeiten an der Laderampe beeinflusst. Außerdem ist die Wirkung der Strategie von der Auslastung abhängig. Den Ergebnissen zufolge kann sich die koordinierende Wirkung von ZMS ab der Überschreitung einer gewissen Auslastung positiv auf die Wartezeiten auswirken. Aus der Sicht von Speditionsunternehmen ist bei einem Lagerhaus mit striktem Einsatz von Zeitfenstern und einem Lagerhaus ohne Implementierung eines ZMS (ab einer bestimmten

Auslastung) mit höheren durchschnittlichen Wartezeiten als beim flexiblen Einsatz zu rechnen **(THIEL, 2018)**.

2. Anteil der wartenden LKW verteilt über den Tag

Bei der Auswertung des Anteils der wartenden LKW über den Tag verteilt wird eine konstante Auslastung von knapp 80 % angenommen (siehe Markierung der Auslastung in Abbildung 23). Ersichtlich wird in Abbildung 24 zunächst, dass die Anzahl der wartenden LKW stark innerhalb der Öffnungszeiten der Lagerhäuser schwankt. In der beliebten Anlieferzeit zwischen 06:00 bzw. 07:00 und 14:00 Uhr am Vormittag warten bei allen drei Verhaltensweisen mehr LKW als am Nachmittag bzw. Abend **(THIEL, 2018)**.

Wird kein ZMS eingesetzt, so warten 70 % der LKW zu Beginn der Öffnungszeiten. Ursächlich hierfür ist, dass bei einer unterbleibenden Koordination durch ZMS alle LKW um 05:00 Uhr den Standort des Spediteurs verlassen und das erste Lagerhaus anfahren. Als Konsequenz bilden sich direkt zur Öffnung der Lagerhäuser um 06:00 Uhr Warteschlangen. Die Anzahl der wartenden LKW reduziert sich stetig über den Tag verteilt. Zunehmend werden Touren abgeschlossen, sodass insgesamt weniger LKW im Netzwerk vorhanden sind **(THIEL, 2018)**.

Sowohl beim strikten als auch beim flexiblen Einsatz von ZMS zeichnet sich statt eines abfallenden Verlaufs ein eher kurvenförmiger Verlauf ab. Der Anteil der wartenden LKW steigt ab dem Beginn der Öffnungszeiten um 06:00 Uhr zunächst an und erreicht seinen Höhepunkt zwischen 09:00 und 10:00 Uhr am Vormittag. Zu dieser Uhrzeit warten ca. 33 % (flexibler Einsatz) bzw. ca. 37 % (striktter Einsatz). Anschließend sinkt der Anteil der wartenden LKW stetig bis zum Ende der Öffnungszeiten der Laderampen. Beim strikten und flexiblen Einsatz tritt der Peak etwas zeitverzögert auf, da nicht alle LKW sofort um 05:00 Uhr losfahren sondern aufgrund der Zeitfensterbuchungen und eingerechneten Pufferzeiten teilweise früher oder erst später losfahren. Die größtmögliche Anzahl der LKW ist somit erst verzögert zwischen 09:00 und 10:00 Uhr im Netzwerk unterwegs. Es zeigt sich darüber hinaus, dass beim flexiblen Einsatz von ZMS zu jeder Uhrzeit etwas weniger LKW warten als beim strikten Einsatz. Grund hierfür ist wiederum, dass bei freien bzw. nicht genutzten Zeitslots bereits wartende LKW nachrücken können **(THIEL, 2018)**.

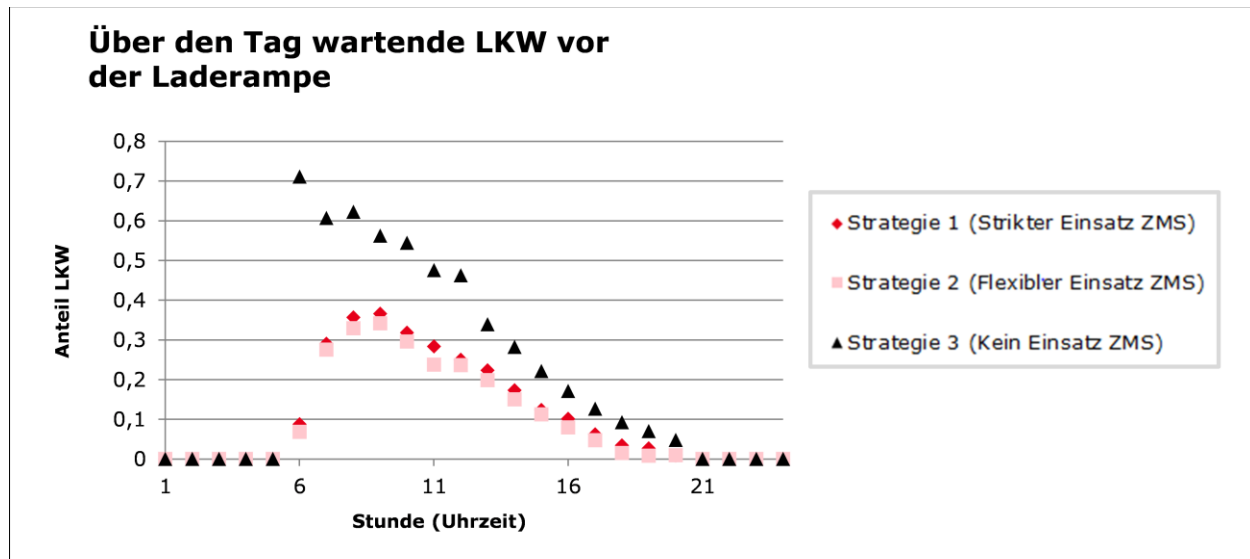


Abbildung 24: Anteil der wartenden LKW über den Tag verteilt (Quelle: THIEL, 2018).

Es kann insgesamt abgeleitet werden, dass der Anteil der wartenden LKW in den Experimenten stark von der Tageszeit abhängt. Außerdem zeigt sich, dass die Strategien der Lagerhausbetreiber einen Einfluss auf die Anzahl der wartenden LKW haben und sich bei unterschiedlichen Strategien unterschiedliche Verläufe ergeben. Nützlich erscheint der Einsatz von ZMS zur Reduzierung der wartenden LKW insbesondere am Vormittag zwischen 06:00 und 14:00 Uhr. Am Nachmittag und Abend ergeben sich geringfügige Reduzierungen der Wartezeiten (THIEL, 2018).

2.5.2 Untersuchung der Wirkung von Koordinationsmechanismen

In einer zweiten Simulationsstudie wurde die Wirkung der sechs ausgewählten Koordinationsmechanismen untersucht. Hierbei wurde ein flexibler Einsatz von Zeitfenstermanagement durch den Lagerhausbetreiber unterstellt. Außerdem wurde die Tourenplanung unter der Zielsetzung möglichst kurzer Touren (Distanz) durchgeführt (siehe Abbildung 25).

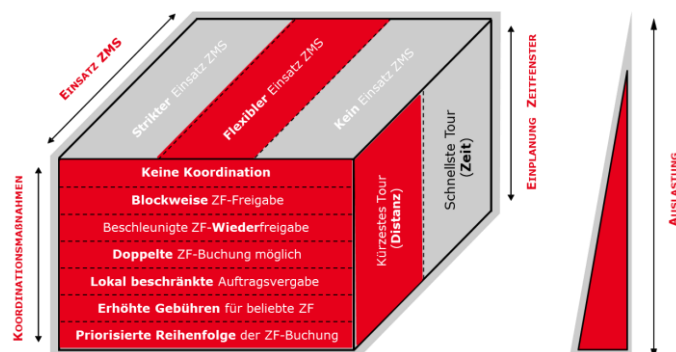


Abbildung 25: Untersuchung der Wirkung ausgewählter Koordinationsmechanismen.

In Abbildung 26 wird die durchschnittliche Wartezeit pro Anlieferung in Abhängigkeit von der Auslastung im Netzwerk dargestellt. Insgesamt ist der Trend zu erkennen, dass bei fünf der sechs Koordinationsmechanismen die durchschnittliche Wartezeit bei zunehmender Auslastung ansteigt. Lediglich bei K3 (doppelte Zeitfensterbuchung) stellt sich mit zunehmender Auslastung eine etwas geringere Wartezeit ein. Insgesamt ist zu beachten, dass die sinkende Tendenz bei einer hohen Auslastung bei allen Verläufen teilweise auf Aufträge zurückzuführen ist, die nicht mehr abgeschlossen werden können (THIEL, 2018).

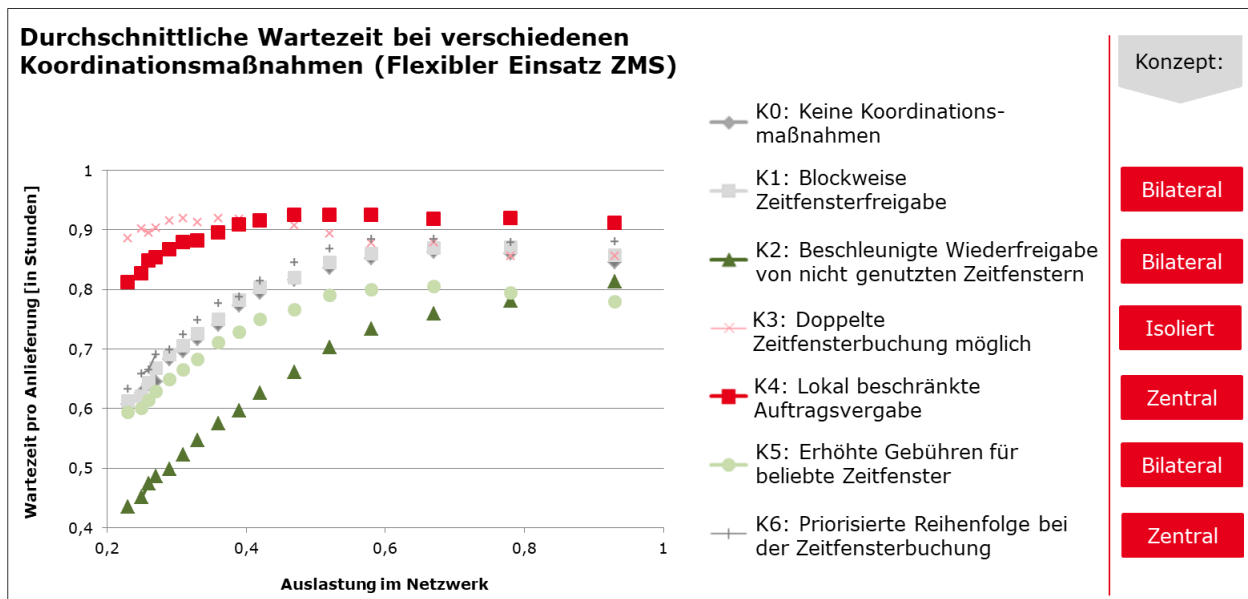


Abbildung 26: Durchschnittliche Wartezeit bei verschiedenen Koordinationsmaßnahmen (Quelle: THIEL, 2018).

K0 (keine Koordination) bildet das Referenzszenario für die Koordinationsmechanismen. Die Wartezeiten liegen bei einer geringen Auslastung bei durchschnittlich 0,6 Stunden und steigen bei einer hohen Auslastung auf ca. 0,85 Stunden pro Anlieferung an.

Der Vergleich der unterschiedlichen Koordinationsmechanismen offenbart, dass K2 (beschleunigte Wiederfreigabe) und K5 (erhöhte Gebühren für beliebte Zeitfenster) über alle Auslastungen hinweg zu durchschnittlich geringeren Wartezeiten im Netzwerk als K0 (keine Koordination) führen. Die beiden bilateralen Konzepte erweisen sich somit in den Experimenten als wirkungsvolle Koordinationsmechanismen. Dabei sind bis zu einer Auslastung von 80 % mit K2 (beschleunigte Wiederfreigabe) die geringsten Wartezeiten verbunden. Durch das frühzeitige Informieren der LKW über nicht nutzbare Zeitfenster, können Lagerhausbetreiber die freien Zeitfenster flexibel an wartende LKW vergeben. Die Erhöhung der Buchungsgebühren für Zeitfenster zwischen 06:00 und 09:00 Uhr führt bei einer niedrigen Auslastung zu höheren

ähnlichen Wartezeiten und bei einer hohen Auslastung zu vergleichbaren Wartezeiten wie die beschleunigte Wiederfreigabe **(THIEL, 2018)**.

Ein ähnliches Ergebnis wie K0 (ohne Koordination) wurde in der Simulationsstudie mit K1 (blockweise Freigabe) und K6 (priorisierte Buchungsreihenfolge) erzielt. K3 (doppelte Zeitfensterbuchung) führt bei einer geringen bis mittleren Auslastung zu höheren durchschnittlichen Wartezeiten und pendelt sich bei einer hohen Auslastung auf einem ähnlichen Level wie K0, K1 und K6 ein. Die durchschnittlich höchsten Wartezeiten von über 0,9 Stunden pro Anlieferung traten bei K4 (lokal beschränkte Auftragsvergabe) auf. Die Koordinationsmaßnahme führte somit zu einer deutlich höheren Wartezeit als bei unterbliebener Koordination **(THIEL, 2018)**.

Insgesamt erweisen sich in der Simulationsstudie die bilateralen Konzepte K2 und K5 als wirksam. Mit realisierbaren, dezentralen Maßnahmen können folglich bereits geringere durchschnittliche Wartezeiten erreicht werden.

2.6 Arbeitspaket 6 (M17-M20) – Validierung und Auswertung aus verhaltenswissenschaftlicher Perspektive

Zielsetzung: Im Mittelpunkt des sechsten Arbeitspakets steht das Verhalten des Disponenten bei der Disposition mit Zeitfenstervorgaben. Zielsetzung des Arbeitspakets war es, Entscheidungen des Disponenten mit und ohne Einsatz des Simulationsmodells zur Entscheidungsunterstützung miteinander zu vergleichen. Da dem entwickelten Simulationsmodell ein generisches Transportnetzwerk und zufällig erzeugte Transportaufträge zugrunde gelegt wurden, konnte dieses nicht zur Simulation realer Transportaufträge von Unternehmen herangezogen werden. Vor diesem Hintergrund wurde das Arbeitspaket neu ausgerichtet. Nach wie vor im Zentrum standen die Entscheidungen und Verhaltensweisen des Disponenten. Diese wurden in einer Prozessaufnahme mit drei Disponenten untersucht und bildeten die Grundlage zur Analyse von Assistenzsystemen zur Dispositionsunterstützung. Die Evaluierung von Assistenzsystemen erfolgte vor dem Hintergrund der steigenden Anforderungen an den Disponenten, die eine angepasste Bereitstellung dispositionsrelevanter Informationen erfordern.

Vorgehen: Die Prozessaufnahme erfolgte bei drei Disponenten eines großen Speditionsunternehmens. Die Ergebnisse wurden im Anschluss mit den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses diskutiert und weiterentwickelt. Bestehende Assistenzsysteme wurden recherchiert und bezüglich ihres Funktionsumfangs zur Integration von Zeitfensterrestriktionen untersucht. In Workshops mit dem projektbegleitenden Ausschuss wurden außerdem Potenziale und Barrieren auf dem Weg hin zur teilautomatisierten Disposition diskutiert.

2.6.1 Untersuchung von Entscheidungen und Verhaltensweisen im Dispositionsprozess

Bei der Aufnahme und anschließenden Diskussion des Dispositionsprozesses konnte festgestellt werden, dass sich die zu treffenden Entscheidungen und Verhaltensweisen von kleinen und mittleren Speditionen sowie von großen Speditionen unterscheiden (siehe Abbildung 27 und 28). Zu beachten ist, dass sich die Prozessaufnahme auf die Disposition im Fernverkehr bezieht, da im Nahverkehr häufig eine feste Zuteilung von Zeitfenstern durch den Lagerhausbetreiber ohne Buchung erfolgt (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

In großen Speditionsunternehmen ist es aufgrund des großen Auftragsvolumens und der Heterogenität der ZMS erforderlich, dass ein oder mehrere Mitarbeiter in Vollzeit Zeitfensterbuchungen vornehmen. Hierdurch bedingt erfolgt die Tourenplanung und

Zeitfensterbuchung durch zwei verschiedene Mitarbeiter. Zuerst wird die Tourenplanung durch den Disponenten vorgenommen. Anschließend wird von dem zuständigen Mitarbeiter versucht, für die geplanten Tourenstopps Zeitfenster zu buchen. Falls keine Zeitfenster zur Buchung zur Verfügung stehen, ist zusätzlicher Abstimmungsaufwand erforderlich. Durch eine direkte Kontaktaufnahme mit dem Lagerhausbetreiber bzw. im zweiten Schritt mit dem Verloader wird versucht, ein passendes Zeitfenster freimachen zu lassen (siehe Abbildung 27). Falls dies erfolglos bleibt, wird der Stopp der Tour als letzte Konsequenz durch den Verloader auf den Folgetag verschoben.

Neben dem geschilderten Fall existiert auch der Fall, dass Zeitfenster zur Buchung zur Verfügung stehen, diese jedoch für die bereits geplante Tour nicht günstig sind. Der Disponent bucht ungünstige Zeitfenster in der Regel trotzdem. Bei erfolgter Buchung von ungünstigen Zeitfenstern ist anschließend zu überprüfen, ob die Tour unter Einhaltung der Zeitfensterrestriktionen durchführbar ist. Erforderliche Anpassungen bei der Tourenplanung sind durch den Disponenten vorzunehmen (ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018).

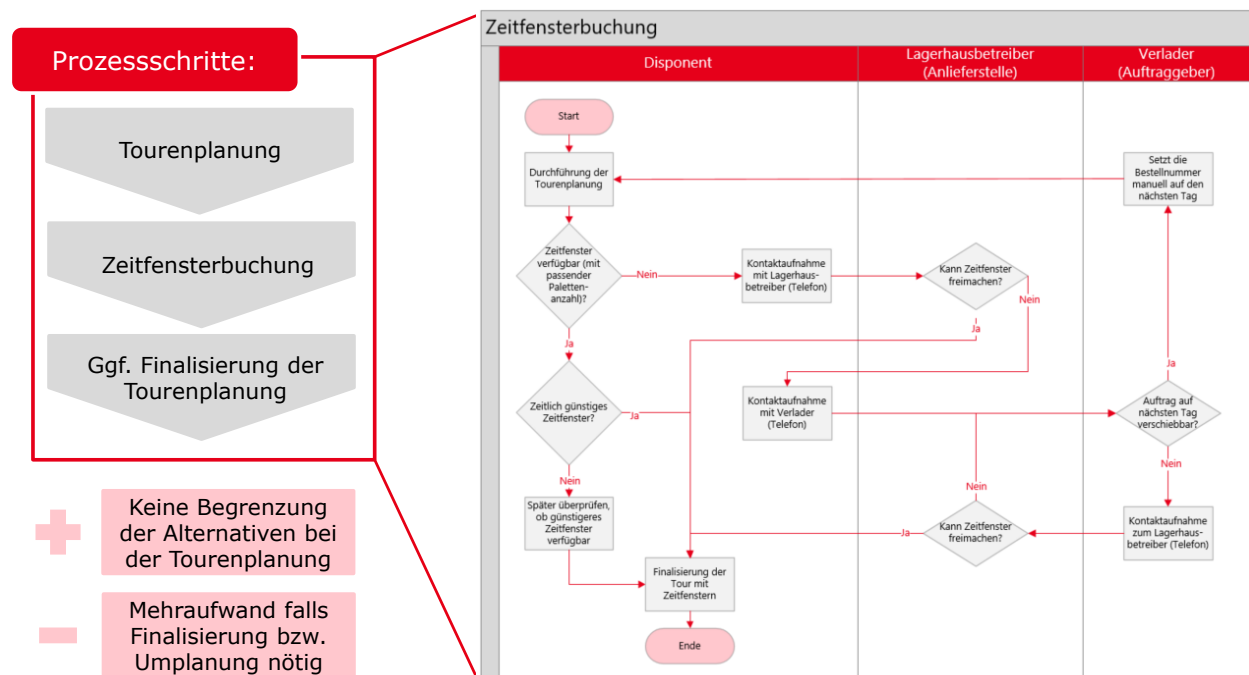


Abbildung 27: Identifizierter Dispositionsprozess bei großen Speditionen (Quelle: In Anlehnung an ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018).

Insgesamt lässt sich der Schluss ziehen, dass das Dispositions- und Buchungsverhalten bei großen Speditionsunternehmen den Vorteil bietet, dass bei der Tourenplanung zunächst die Planungsmöglichkeiten nicht durch Zeitfenster begrenzt und somit alle Alternativen in Betracht

gezogen werden. Durch die nachträgliche Zeitfensterbuchung ist jedoch mit Mehraufwand durch etwaige Umplanungen zu rechnen **(ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018)**.

Aus der Diskussion konnten bei kleinen und mittleren Unternehmen auftretende Prozessabweichungen identifiziert werden. Hieraus wurde der in Abbildung 28 abgebildete Prozessfluss entwickelt. Als entscheidender Unterschied wird bei kleinen und mittleren Speditionen die Zeitfensterbuchung als integrierter Bestandteil der Tourenplanung von einem Disponenten vorgenommen. Der Disponent sucht für eingehende Transportaufträge zunächst nach passenden Zeitfenstern und nimmt Buchungen auf den entsprechenden Plattformen vor. Erst im Anschluss wird die Tourenplanung durchgeführt (siehe Abbildung 28). In der Diskussion wurde ersichtlich, dass teilweise zum Zeitpunkt des Zeitfensterbuchens kaum Informationen zu der später geplanten Tour vorliegen. Zwischen dem Auftragseingang und der Tourenplanung, welche in der Regel erst einen Tag vor der Ausführung stattfindet, liegen somit meist mehrere Tage.

Als Vorteil zeichnet sich bei diesem Dispositions- und Buchungsverhalten ab, dass weniger Aufwand auf eine nochmalige Umplanung der Tour nach der Buchung der Zeitfenster entfällt. Auch besteht eine höhere Planungssicherheit für den Prozess der Tourenplanung. Dies ist erforderlich, da sich den Diskussionen in den Workshops zufolge, kleine und mittlere Speditionsunternehmen nicht darauf verlassen können, dass sie passende Zeitfenster buchen können. Nachteilig ist jedoch, dass durch die vorgelagerte Zeitfensterbuchung bereits die Planungsalternativen begrenzt und somit auch Verbesserungspotenziale limitiert werden **(ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018)**.

Als weiterer Unterschied konnte festgestellt werden, dass in kleinen und mittleren Speditionsunternehmen die Kontaktaufnahme mit Lagerhausbetreibern in der Regel unterbleibt bzw. durch Verlader unterbunden wird **(ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018)**. Dementsprechend wird bei Buchungsproblemen direkt Kontakt zum Verlader aufgenommen (siehe Abbildung 28).

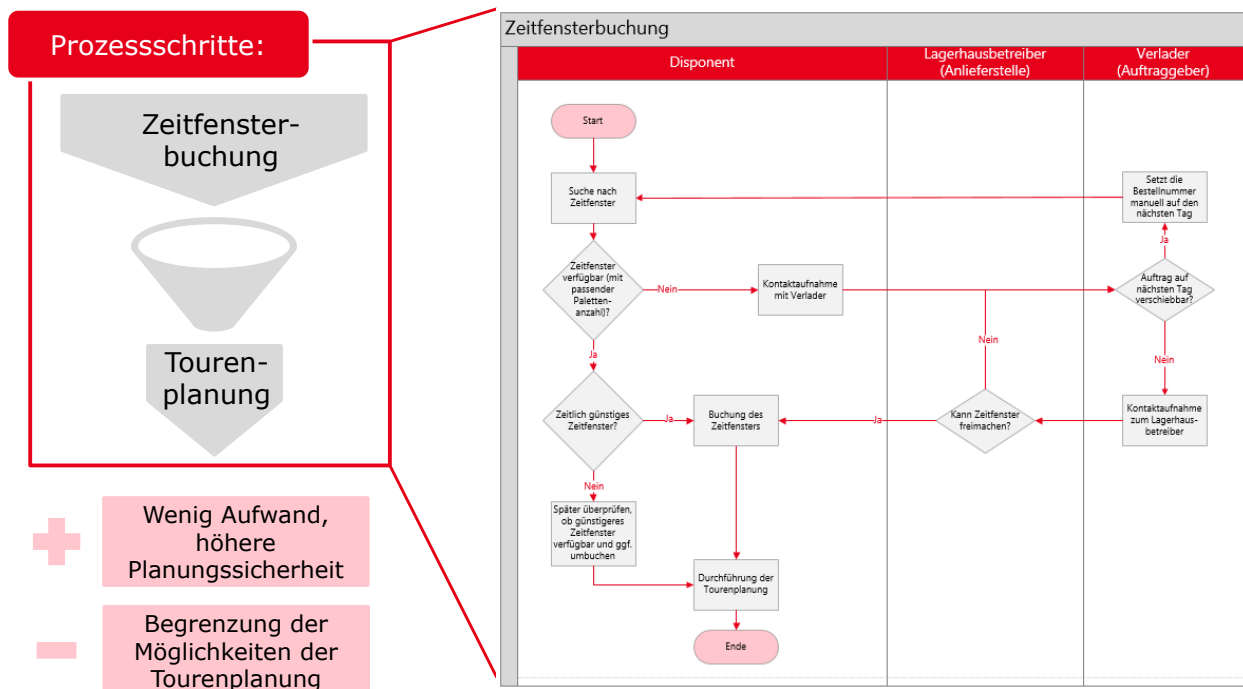


Abbildung 28: Identifizierter Dispositionsprozess bei kleinen und mittleren Speditionen.

Insgesamt konnte anhand der Prozessaufnahmen verdeutlicht werden, dass durch Zeitfensterbuchungen die Komplexität und der Abstimmungsaufwand erheblich steigen. In Anbetracht der zunehmenden Implementierung von ZMS erhöhen sich die Anforderungen an Disponenten. Es zeichnet sich Handlungsbedarf ab, um Disponenten durch angepasste Assistenzsysteme zu unterstützen und den sich abzeichnenden Fachkräftemangel vorzubeugen (FRISCHE, 2017; ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018).

2.6.2 Evaluierung von Assistenzsystemen zur Entscheidungsunterstützung

Vor dem Hintergrund der steigenden Anforderungen an die Tätigkeit von Disponenten wurde eine Recherche unter Nutzung der Suchmaschine Google zu verfügbaren Assistenzsystemen durchgeführt. Zielsetzung war es zu untersuchen, inwieweit die Softwarelösungen bei der Berücksichtigung von Zeitfensterrestriktionen und der zeitenstergesteuerten Anlieferung bereits Unterstützung bieten könnten. 51 Softwarelösungen wurden recherchiert. Von diesen konnten bei 40 Softwarelösungen anhand ihres Webauftritts die Unterstützungsmöglichkeiten beurteilt werden. Hierbei wurden die Softwarelösungen jeweils auf das Vorhandensein von sechs Funktionalitäten überprüft. Zunächst wurde ausgewertet, ob neben der Tourenplanung auch die Fremdvergabe an Transportunternehmen in die Software integriert ist. Hinsichtlich der Tourenplanung selbst wurden die Möglichkeiten der Berücksichtigung von Zeitfensterrestriktionen und eigenen Restriktionen untersucht. Um den Disponenten neben der Tourenplanung auch bei der Umplanung von Touren und bei der Ankündigung von

Verspätungen unterstützen zu können, wurden weitere Funktionen untersucht. Dabei handelte es sich um eine Eventmanagement-Funktion, Live-Tracking Funktion sowie die Einbindung der aktuellen Verkehrslage (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**). Die Bewertung der Funktionalitäten erfolgte anhand der in Tabelle 8 aufgeführten Kriterien.

Tabelle 8: Kriterien zur Bewertung der Softwarelösungen.

Funktionalität	Erfüllungskriterium
Berücksichtigung von Transportunternehmen (Fremdvergabe)	Bei der Tourenplanung kann berücksichtigt werden, dass die Tour an ein Transportunternehmen verkauft wird.
Berücksichtigung von Zeitfenstern	Gebuchte Zeitfenster können in der Software hinterlegt und bei der Tourenplanung berücksichtigt werden (Öffnungszeiten von Laderampen sind nicht ausreichend).
Berücksichtigung von eigenen Restriktionen	Individuelle Restriktionen können hinterlegt werden (z. B. Öffnungszeiten, Definition eigener Zeitfenster).
Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage	Dem Disponenten werden Statusmeldungen zu Staus und Baustellen in Echtzeit angezeigt.
Berücksichtigung einer Live-Tracking Funktion	Der Disponent kann jederzeit einsehen, an welchem geografischen Ort sich der LKW gerade befindet.
Berücksichtigung einer Eventmanagement-Funktion	In einer Live-Tracking Funktion sind individuelle Befehle hinterlegt. Z. B. kann der Disponent gewarnt werden, wenn der LKW den nächsten Stopp der Tour nicht mehr pünktlich erreichen kann.

In Abbildung 29 werden die Ergebnisse der Bewertung der ausgewählten Softwarelösungen zusammenfassend dargestellt. Eigene Restriktionen können bei 85 % der analysierten Assistenzsysteme hinterlegt werden, was zu einer individuellen Anpassbarkeit beiträgt. Zeitfensterrestriktionen sind bei 60 % integrierbar. So zeichnet sich ab, dass gebuchte Zeitfenster bei mehr als der Hälfte der analysierten Softwarelösungen bei der Tourenplanung mitberücksichtigt werden können. Zur Unterstützung bei der ETA-Berechnung und -Kontrolle (Eventmanagement, Live-Tracking, Verkehrsinformationen) zeigt sich, dass am ehesten Live-Tracking Funktionen in Softwarelösungen realisiert werden (58 %). Eine Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage und ebenso eine Eventmanagement-Funktion waren nur bei 30 % bzw. 27 % der Assistenzsysteme feststellbar. Als problematisch erweist sich, dass zu den Funktionalitäten teilweise auf den Webseiten keine Angaben gemacht wurden. Erforderlich ist es daher, Kontakt mit den Softwareanbietern aufzunehmen, um Angaben über den Funktionsumfang konkretisieren zu können (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

Entscheidungsunterstützung	Funktionalität	Status		
		Integriert	Nicht integriert	Keine Angabe
„Make-or-Buy“ Entscheidung	Berücksichtigung von Transportunternehmen			
Tourenplanung mit Zeitfensterrestriktionen	Berücksichtigung von Zeitfenstern			
	Berücksichtigung von eigenen Restriktionen			
Anpassung der Tourenplanung bzw. Ankündigung von Verspätungen	Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage			
	Berücksichtigung einer Live-Tracking Funktion			
	Berücksichtigung einer Eventmanagement-Funktion			

● : Zutreffend ○ : Nicht zutreffend

Abbildung 29: Evaluierung ausgewählter Softwarelösungen (Quelle: In Anlehnung an **ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

Die Bestandsaufnahme verdeutlicht, dass Softwarelösungen vermehrt Funktionen zur direkten Berücksichtigung von Zeitfenstern und eigenen Restriktionen bieten. Bezüglich des Funktionsumfangs der Softwarelösungen konnte in der Diskussion mit den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses identifiziert werden, dass dieser je nach Softwarelösung stark variiert. Bei Zeitfensterrestriktionen reicht das Spektrum beispielsweise von der Hinterlegung von Öffnungszeiten bis zu auftragsspezifischen Zeitfenstern und zukünftig gegebenenfalls auch bis zu dynamischen Zeitfenstern pro Auftrag und Tour. Insgesamt zeichnete sich in der Diskussion darüber hinaus ein Trend zu einer Erhöhung der Anpassungsfähigkeit und Individualisierbarkeit der Softwarelösungen ab. So können beispielsweise häufig Be- bzw. Entladezeiten manuell nachbearbeitet und wiederkehrende Staus durch Geschwindigkeitsreduktionen hinterlegt werden. Zielgrößen der Tourenplanung (zum Beispiel Zeit und Kosten der Tour) können selbst gewichtet werden. Anpassungsmöglichkeiten erfordern gleichzeitig jedoch auch eine regelmäßige Aktualisierung und Pflege der Daten, um effiziente und gültige Touren planen zu können.

2.6.3 Herausforderungen und Potenziale der teilautomatisierten Disposition

In den Diskussionen des Projektbegleitenden Ausschusses konnte eine grundlegende, positive Meinung zur teilautomatisierten Disposition festgestellt werden. Als zentrales Potenzial wurde identifiziert, dass Disponenten durch den Einsatz von Assistenzsystemen bei der manuellen Tourenplanung durch Dispositionsvorschläge unterstützt werden könnten. So wäre es

vorstellbar, dass Disponenten beispielsweise auf der Basis von in der Vergangenheit getroffenen Entscheidungen Vorschläge für Touren erhalten. Bei Routinetouren könnten die Vorschläge direkt angenommen werden, sodass sich der Disponent auf Sonderfälle mit Nachbearbeitungsbedarf konzentrieren kann. Vorstellbar wäre darüber hinaus, dass eine Vollintegration von ZMS in Tourenplanungssysteme realisiert wird. Als Hauptprobleme dieser Zukunftsvision wurden die Heterogenität der Systemlandschaft und Probleme mit der Datenqualität hervorgehoben. Außerdem wurde thematisiert, dass zunächst die Akzeptanz für Assistenzsysteme bei Disponenten erhöht werden muss, um den Einsatz von Assistenzsystemen zu ermöglichen. Zentrale Aussagen aus der Diskussion im Rahmen eines Workshops mit dem Projektbegleitenden Ausschuss am 06.11.2017 werden in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Potenziale und Herausforderungen der teilautomatisierten Disposition.

Thema	Zentrale Kommentare zur teilautomatisierten Disposition
Potenziale	<p>"Also wie gesagt, ich habe mir so eine Software mal angeguckt und das ist für den Disponenten extrem gut. Es wird viel im Voraus geregelt, was man an manueller Tätigkeit hat."</p> <hr/> <p>"Im besten Fall werden doch dem Disponenten Vorschläge gemacht, die er noch anpassen kann, sodass die Arbeitszeit auf die Fälle konzentriert werden kann, wo er dann nacharbeiten oder anrufen muss."</p>
Herausforderungen	<p>"(...) die Systemlandschaft ist trotzdem noch sehr heterogen. Die Unterschiede sind so groß, dass es immer eine Stelle gibt, an der keine Schnittstelle funktioniert oder wo die Datenverfügbarkeit nicht ausreicht, weil die Daten nicht ins System übertragen werden können."</p> <hr/> <p>"Ich sehe die Herausforderung in der Datenverarbeitung und in den Schnittstellen. Wenn man ein sauberes System mit ordentlichen Schnittstellen hat, in welchem die Datenverarbeitung permanent gut läuft und man der Datenqualität auch trauen kann, lässt sich viel machen."</p> <hr/> <p>"Oftmals trauen die Disponenten dem System und den Planungsergebnissen nicht und argumentieren, dass sie am Ende mehr Arbeit als ohne das System hätten, da sie am Ende sowieso ihren eigenen Plan machen."</p>

2.7 Arbeitspaket 7 (M21-M24) – Erstellung von Leitfaden und Dokumentation: Aufbereitung von Ergebnissen und Simulation für die Nutzung durch KMU

Zielsetzung: Zum Abschluss des Projektes sollten die gewonnenen Erkenntnisse und Auswertungen aufbereitet und in einem Leitfaden übersichtlich zusammengestellt werden. Im Mittelpunkt des Leitfadens sollten die Planungs- und Dispositionsaufgaben unter Beachtung von Zeitfenstervorgaben bei kleinen und mittleren Speditionsunternehmen stehen. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse aus der Simulationsstudie für interessierte Unternehmen zugänglich gemacht werden.

Vorgehen: Erkenntnisse und Auswertungen aus der Projektbearbeitung wurden strukturiert und auf Ihre Nutzbarkeit für kleine und mittlere Speditionsunternehmen geprüft. Anschließend wurden diese aufbereitet und anlässlich eines offiziellen Abschlusstreffens des Projektes im Februar 2018 den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses und weiteren interessierten Unternehmensvertretern vorgestellt. Im Folgenden werden zentrale Projektergebnisse und Handlungsempfehlungen mit dem Fokus auf kleine und mittlere Speditionsunternehmen zusammenfassend dargestellt.

2.7.1 Zentrale Ergebnisse

Als zentrale Ergebnisse der Datenaufnahme in Interviews, Workshops und Fallstudien wird auf das relevante Akteursgefüge rund um ZMS, identifizierte Problemfelder, Buchungskonzepte für Zeitfenster und Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern eingegangen. Außerdem werden die Erkenntnisse aus der Untersuchung der Entscheidungen und Verhaltensweisen bei der Disposition und Zeitfensterbuchung zusammengefasst.

1. Relevantes Akteursgefüge:

Spediteure und Lagerhausbetreiber sind als primäre Akteure an der Zeitfensterbuchung und zeitfenstergesteuerten Anlieferung beteiligt. Dabei bilden ZMS die Kommunikationsschnittstelle zwischen den beiden Akteuren. Bei der Wahrnehmung von ZMS aus Sicht der beiden primären Akteure zeichnen sich Diskrepanzen ab. Für Lagerhausbetreiber erweisen sich ZMS als vorteilhaft für die Erhöhung der Transparenz und Planungssicherheit der Wareneingangsprozesse (niedrigere Prozesskosten im Wareneingang). Spediteure werden mit einem erhöhten Aufwand und einer Komplexitätssteigerung bei der Disposition konfrontiert (höhere Prozesskosten in der Disposition). Kleine und mittlere Speditionsunternehmen können die Mehrkosten auf dem wettbewerbsintensiven Transportmarkt nicht bzw. nur bedingt an den

Verlader weitergeben und haben mit weiteren finanziellen Auswirkungen zu rechnen (ineffiziente Touren, zusätzliche Wartezeiten, Neuplanungen von Touren für den nächsten Tag, Entrichtung von Strafkosten an den Lagerhausbetreiber).

2. Identifizierte Problemfelder:

Es konnte identifiziert werden, dass zur Verbesserung der Situation an der Laderampe eine akteursübergreifende Perspektive erforderlich ist. Diese ermöglicht die Entwicklung von Koordinationsmechanismen für verbesserte Rahmenbedingungen für ZMS. Als kritische Faktoren konnten Informationsasymmetrien, eine tendenziell geringe Bereitschaft zur Kooperation und Koordination sowie ein Mangel an gemeinsamem Verständnis identifiziert werden. Es herrscht insbesondere Uneinigkeit und Unmut über die Wahrnehmung von Wartezeiten, die Erhebung von Buchungsgebühren und das Einfordern von Standgeldern. Hinzu kommen operative Probleme, verursacht durch eine fehlende Aufgabenverteilung und mangelnde Prozessstandardisierung an der Laderampe.

3. Disposition und Buchung von Zeitfenstern:

Drei verschiedene Buchungskonzepte für Zeitfenster wurden identifiziert. Dies sind fixe, vom Lagerhausbetreiber vorgegebene Zeitfenster (z. B. JIT- oder JIS-Anlieferung), eine bilaterale Koordination zwischen Spediteuren und Lagerhausbetreibern bzw. Industrieunternehmen (Telefonaten, E-Mail-Verkehr, etc.) und webbasierte ZMS. In der Praxis dominieren insbesondere in der Handelslogistik webbasierte ZMS.

Bei der Untersuchung des Prozesses der Tourenplanung mit Zeitfensterbuchung wurden Unterschiede zwischen dem Nahverkehr- und Fernverkehr sowie zwischen kleinen und mittleren sowie großen Speditionsunternehmen deutlich. Im Nahverkehr werden Zeitfenster häufig von Lagerhäusern vorgegeben, sodass Buchungsprozesse entfallen. In großen Speditionsunternehmen erfolgen die Tourenplanung und Zeitfensterbuchung getrennt voneinander. Zuerst wird die Tourenplanung vorgenommen, bevor anschließend von einem anderen Mitarbeiter Zeitfenster gebucht werden. Somit wird die Tourenplanung zunächst nicht durch Zeitfensterrestriktionen begrenzt. Falls keine passenden Zeitfenster buchbar sind, ist es jedoch erforderlich, bei der Tourenplanung nachträglich Änderungen vorzunehmen. In kleinen und mittleren Speditionen werden vom Disponenten hingegen direkt nach dem Auftragseingang Zeitfenster gebucht. In der Regel erst am Tag vor der Transportdurchführung werden Touren geplant. Bei diesem Vorgehen werden die Planungsalternativen und Verbesserungspotenziale bei der Tourenplanung begrenzt, jedoch bestehen auch eine höhere Planungssicherheit und in der Regel kein weiterer Anpassungsbedarf.

Zur Unterstützung von Disponenten stehen zahlreiche Softwarelösungen zu Verfügung. Bei einer Evaluierung von 40 repräsentativen Softwarelösungen konnte festgestellt werden, dass eigene Restriktionen bzw. Zeitfensterrestriktionen bereits vielfach hinterlegt werden können. Darüber hinaus ist bei den Assistenzsystemen ein Trend zu mehr Individualisierbarkeit und somit einer Erhöhung der Anpassungsfähigkeit erkennbar.

4. Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern:

Insgesamt konnten drei verschiedene Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern zum Einsatz von Zeitfensterrestriktionen identifiziert werden. Beim strikten Einsatz von Zeitfenstern werden nur Fahrzeuge abgefertigt, für die ein Zeitfenster gebucht wurde und die pünktlich zur Registrierung das Lagerhaus erreichen. Beim flexiblen Einsatz von ZMS werden hingegen bei freien Zeitfenstern auch Fahrzeuge entladen, die kein bzw. nicht das aktuelle Zeitfenster gebucht haben (aus einer Warteschlange). Als dritte Verhaltensweise kann eine Be- bzw. Entladung ohne Zeitfenster nach dem FIFO-Prinzip identifiziert werden. Am häufigsten kommen in der Praxis, insbesondere im Handel, strikte Zeitfenster zum Einsatz.

Hinsichtlich der Durchsetzung von Zeitfenstern bzw. des Umgangs des Lagerhausbetreibers mit verpassten Zeitfenstern konnten vier Verhaltensweisen identifiziert werden. Als das am weitesten verbreitete Verhaltensmuster konnte das Einreihen in Warteschlangen zur verspäteten Abfertigung bei freien bzw. nicht bebuchten Zeitfenstern herausgestellt werden. Als weitere Konsequenz kann eine manuelle Verschiebung der Be- bzw. Entladung auf den Folgetag und eine erneute Einplanung in eine Tour erforderlich werden. Dieser Fall tritt auch ein, wenn die Wartezeiten in der Warteschlange die Öffnungszeiten der Laderampe übersteigen. Denkbar ist darüber hinaus, dass mit keinen Konsequenzen zu rechnen ist oder dass feste Strafgebühren für Verspätungen erhoben werden.

2.7.2 Entwickelte Koordinationsmechanismen und darauf aufbauende Handlungsempfehlungen

19 Koordinationsmechanismen wurden für eine verbesserte Nutzung von ZMS in Interviews und Workshops entwickelt und diskutiert. Diese werden in Tabelle 10 hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bewertet. Die zehn in Tabelle 10 grau markierten Koordinationsmechanismen werden basierend auf den Workshops und Interviews als relevant und nutzenbringend für kleine und mittlere Speditionsunternehmen identifiziert.

Tabelle 10: Vor- und Nachteile der Koordinationsmechanismen.

Nr.	Koordinationsmechanismus	Vorteil bzw. Potenzial	Nachteil bzw. Mehraufwand
K1	Berücksichtigung von weichen Faktoren bei der Tourenplanung	Reduzierung der Abhängigkeit von dem Erfahrungsschatz des Disponenten (durch Hinterlegung von Wartezeiten, Konsequenzen bei Verspätungen, zur Situation an der Rampe)	Systematische Dokumentation und Datenpflege erforderlich
K2	Buchungskorridore	Erhöhung der Flexibilität bei der Disposition, Verzögerungen im Verlauf der Tour können besser kompensiert werden	Reduzierung der Transparenz und gleichmäßigen Auslastung im Wareneingang
K3	Ausweitung bzw. Flexibilisierung von Öffnungszeiten	Entzerrung bei der Buchung von Zeitfenstern	Primär werden Zeitfenster am Vormittag nachgefragt (daher eingeschränkte Wirksamkeit)
K4	Mehr Zeitfenster zu beliebten Öffnungszeiten (06:00 bis 14:00 Uhr)	Entzerrung und Entspannung bei der Buchung von Zeitfenstern	Erhöhung der Mitarbeiterkapazitäten im Wareneingang erforderlich
K5	Eskalationskonzepte für den Fahrer bei (unverschuldeten) Verspätungen	Erleichterung der Umplanung der Tour bzw. der erneuten Einplanung	Bereitschaft der Fahrer zur Informationsweitergabe oft niedrig, Anpassung des Verhaltens erforderlich
K6	Genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen	Erleichterung der Einforderung von Standgeldern	Zusätzlicher administrativer Aufwand für Spediteure, höhere Bereitschaft von Lagerhausbetreibern für Standgeldzahlungen nötig
K7	Zusätzliche parallele Rampen ohne Zeitfenstersteuerung	Einsatz für verspätete LKW oder bei langen Warteschlangen („Notfallrampe“)	Risiko für Lagerhausbetreiber, dass Rampe nicht optimal ausgelastet ist
K8	Reservierung fester, regelmäßiger Zeitfenster	Reduzierung des Drucks bei der Zeitfensterbuchung, Erhöhung der Planungssicherheit des Disponenten	Entsprechendes Auftragsvolumen muss für regelmäßige Touren vorhanden sein
K9	Optimierung von Bestellvorgängen und Mengen	Bündelung von Transportaufträgen zu größeren Aufträgen mit einer geringeren	Abstimmung über die operative Logistik hinaus (z. B. mit Einkauf und weiteren Bereichen des

Nr.	Koordinationsmechanismus	Vorteil bzw. Potenzial	Nachteil bzw. Mehraufwand
		Frequenz (weniger Touren mit größeren Mengen erforderlich)	Lagerhauses bzw. des Verladers), Restriktion auf bestimmte Produkte
K10	Sukzessive Freischaltung von Zeitfenstern	Möglichkeit, für später eingehende Transportaufträge noch günstige Zeitfenster zu buchen	
K11	Höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster (am Vormittag)	Verringerung der Nachfrage nach den Zeitfenstern am Vormittag	Trotzdem Buchung der Zeitfenster am Vormittag (insbesondere wenn Touren an Transportunternehmen verkauft werden sollen), finanzielle Mehrbelastung
K12	Abstimmung von Pausenzeiten und Be- bzw. Entladevorgängen	Einplanung der Pausenzeiten des Fahrers an der Laderampe	Schwierig zu realisieren (Fahrer muss häufig bei der Be- bzw. Entladung helfen)
K13	Beschleunigte Wiederfreigabe von Zeitfenstern	Lagerhausbetreiber kann Zeitfenster anderweitig vergeben	Informationsübermittlung durch den Fahrer erforderlich
K14	Kurzfristige Anpassung der Wareneingangsplanung bei freien Zeitfenstern	Flexibilisierung der kurzfristigen Planung im Wareneingang zur Erhöhung der Effizienz und Reduzierung von Wartezeiten	Planungsaufwand im Wareneingang
K15	Auktionsmechanismen / flexible Buchungskosten	Zeitfenstervergabe getreu dem Nutzen der einzelnen Akteure	Zentrale Koordinationsstelle nötig, Vereinheitlichung von Zeitfensterbuchungen
K16	Zentral koordinierte Zeitfenstervergabe	Zeitfenster werden nach bestimmten Kriterien von einer zentralen Stelle vergeben (z. B. Minimierung der Wartezeiten im gesamten Netzwerk)	Vorschlägen von Zeitfensterbuchungen an eine zentrale Stelle bis zu bestimmten Frist erforderlich, Vereinheitlichung der Zeitfensterbuchung nötig
K17	Zeitfenster pro Kundengruppe	Bevorzugung bestimmter Kundengruppen bei der Buchung (z. B. Fernverkehr)	
K18	Tauschbörse für ungünstige, gebuchte Zeitfenster	Möglichkeit, einen Tauschpartner zur beidseitigen Verbesserung der gebuchten Zeitfenster zu finden; effizientere Tourenplanung	Hohe Komplexität, da spezifische Bedingungen (z. B. Anzahl der Paletten, Besonderheiten der Rampe) berücksichtigt werden müssen

Nr.	Koordinationsmechanismus	Vorteil bzw. Potenzial	Nachteil bzw. Mehraufwand
K19	Nutzung von verbesserten ETA-Daten	Verbesserung der Planungssituation für Disponenten und Lagerhausbetreiber	Technische Möglichkeiten müssen gegeben sein (Integration in Telematik-Lösungen, Datenübermittlung an Disponenten und Lagerhausbetreiber in Echtzeit)

Basierend auf der Diskussion der Koordinationsmechanismen in den Interviews und Workshops können folgende **Handlungsempfehlungen** für den nutzenbringenden Einsatz von ZMS aus Sicht der kleinen und mittleren Speditionen abgeleitet werden.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen Koordinationsmechanismen, die aus Sicht der kleinen und mittleren Speditionen nur beschränkt umgesetzt werden können (K3, K5, K6, K8, K9, K11, K12, K15, K16) und solchen, die realistisch eingesetzt werden können (K1, K2, K4, K7, K10, K13, K14, K17, K18, K19).

1. Beschränkt umsetzbare Koordinationsmechanismen

Bei den neun nur beschränkt aus der Perspektive von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen umsetzbaren Koordinationsmechanismen konnten Barrieren identifiziert werden, welche der Nutzung entgegenstehen. Bei K6 (genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen) wurde der administrative Aufwand für die Einforderung von Standgeld als zu hoch eingeschätzt. Für K8 (reservierte Zeitfenster) fehlt es häufig an entsprechenden Auftragsvolumen, um eine regelmäßige Belieferung derselben Ladestelle zu realisieren. Die Bereitschaft der Fahrer zur Weitergabe aktueller Informationen sowie die Verfügbarkeit qualifizierter Berufskraftfahrer wurden von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen als niedrig eingestuft. Hierdurch wird die Umsetzung von K5 (Eskalationskonzepte bei unverschuldeter Verspätung) und K6 (genaue Dokumentation von Zeiten und Verspätungen) in der Praxis erschwert. Zudem wurde argumentiert, dass Fahrer häufig bei der Be- oder Entladung helfen bzw. diese eigenständig durchführen müssen. Daher kann oftmals nicht gewährleistet werden, dass Fahrer Be- und Entladungen als Pausenzeiten nutzen können (K12).

Die Unternehmensvertreter sahen sich außerdem nicht in einer entsprechenden Marktposition, um eine Optimierung von Bestellvorgängen und Mengen bei Verladern bewirken zu können (K9). Ein nur geringes Potenzial wurde von den kleinen und mittleren Speditionen zudem in der Ausweitung der Öffnungszeiten gesehen. In der Regel werden vermehrt Zeitfenster am

Vormittag und nicht am Nachmittag benötigt. Daher kann die Verfügbarkeit von zusätzlichen Zeitfenstern am Nachmittag bzw. Abend zu keiner signifikanten Entspannung der Buchungssituation beitragen (K3). Gleichmaßen wurde argumentiert, dass eine höhere Bepreisung stark nachgefragter Zeitfenster am Vormittag zu keiner Veränderung des Buchungsverhaltens sondern einer finanziellen Mehrbelastung führen würde (K11). Insgesamt wurden zentral koordinierte Maßnahmen in Anbetracht der Heterogenität der Systeme als noch nicht realisierbar eingeschätzt (K15 und K16). Neben einer Vereinheitlichung der ZMS wäre außerdem eine Fristsetzung zum Vorschlagen gewünschter Zeitfenster erforderlich. Da bei kleinen und mittleren Speditionen die Aufträge tendenziell verteilt über den Tag eingehen und zunächst gesammelt werden, ergeben sich durch die Fristsetzung Planungsschwierigkeiten.

2. Umsetzbare Koordinationsmechanismen

Bei den als umsetzbar eingeschätzten Koordinationsmechanismen standen aus der Perspektive von kleinen und mittleren Speditionen häufig die Vorteilhaftigkeit und die technische Realisierbarkeit im Vordergrund. Eine Berücksichtigung von weichen Faktoren bei der Tourenplanung führt aus der Sicht der Unternehmensvertreter zu einer Reduzierung der Abhängigkeit vom Erfahrungswissen des Disponenten (K1). So könnte beispielsweise direkt in der Tourenplanungssoftware oder in einem Katalog vermerkt werden, wie hoch die Wartezeiten einzuschätzen sind, welche Konsequenzen bei Verspätungen zu erwarten sind und welche weiteren Besonderheiten der Laderampe relevant sind. Die systematische Sammlung der Informationen könnte genutzt werden, um die Reihenfolge der Stopps der Tour zu planen.

Zu mehr Flexibilität bei der Tourenplanung und mehr Spielraum bei auftretenden Verzögerungen während der Durchführung der Tour führen aus dem Blickwinkel von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen Buchungskorridore (K2) und das Angebot von mehr Zeitfenstern zu beliebten Öffnungszeiten (K4). Insbesondere mehr Zeitfenster am Vormittag könnten die Buchungssituation verbessern. Aktuell werden Zeitfenster von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen zwangsläufig möglichst frühzeitig gebucht. Wenn mehr Zeitfenster verfügbar wären, könnten die Buchungen gegebenenfalls auch zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen werden und so die Chance auf die Planung effizienterer Touren gegeben werden. Ähnlich wurde auch hinsichtlich der sukzessiven Freischaltung von Zeitfenstern (K10) argumentiert. Auch diese würden zu mehr Flexibilität hinsichtlich des Buchungszeitraums führen und die Ausgangssituation für eine effiziente Tourenplanung verbessern. Als weiterer Ansatz wurde diskutiert, Zeitfenster für bestimmte Nutzergruppen bevorzugt freizugeben. Von den kleinen und mittleren Speditionsunternehmen wurde es als nutzbringend angesehen, wenn eine priorisierte Buchung für Transportaufträge im Fernverkehr ermöglicht wird (K17). Lokal

angesiedelte Speditionen fahren Lagerhäuser häufiger an, kennen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit Ansprechpartner am Lagerhaus und sind daher bei Planungsengpässen im Vorteil.

Ist eine Zeitfensterbuchung bereits erfolgt, so kann eine Tauschfunktion den Unternehmensvertretern zufolge bei ungünstigen Zeitfenstern zu Verbesserungen führen (K18). Kleine und mittlere Speditionsunternehmen buchen in der Regel lieber ein unpassendes Zeitfenster als kein Zeitfenster. Eine integrierte Funktion zum Aufzeigen der Tauschbereitschaft und zur Angabe günstiger Tauschzeiträume ermöglicht für beide Tauschpartner eine effizientere Tourenplanung.

Ansatzpunkt der beschriebenen Mechanismen ist eine Verbesserung der Buchungssituation. Weitere der von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen als nutzbringend eingeschätzten Mechanismen knüpfen an eine verbesserter Lage bei der Durchführung der Tour an. Wenn zusätzlich Laderampen ohne Zeitfenstersteuerung als „Notfallrampen“ bereitstehen (K7) kann nach Meinung der Unternehmensvertreter die Wartezeit bei der Be- bzw. Entladung verkürzt werden. Gleichmaßen kann durch eine beschleunigte Wiederfreigabe von nicht erreichbaren Zeitfenstern (K13) und die kurzfristige Anpassung der Wareneingangsprozesse bei freien Zeitfenstern (K14) ein Flexibilitätsvorteil bei der Be- bzw. Entladung generiert werden. Erweist sich die Wareneingangsplanung somit als reaktiv und anpassbar auf kurzfristige Änderungen, so kann die Wartezeit für Spediteure und die Effizienz der Wareneingangsprozesse gesteigert werden. Zur Realisierung einer flexibleren Wareneingangsplanung wurde die verbesserte Nutzung von ETA-Daten angesehen (K19). Gleichzeitig ist die Übermittlung aktualisierter ETA-Daten nützlich für den Disponenten. Ist der Disponent darüber informiert, ob das Zeitfenster pünktlich erreicht wird, so kann er frühzeitig auf Planabweichungen reagieren und eine Umplanung der Tour oder Neuplanung von Stopps für den Folgetag vornehmen.

2.7.3 Ergebnisse der Simulationsstudie und darauf aufbauende Handlungsempfehlungen

Es wurden realitätsnahe Szenarien zur Untersuchung der Wirkung der identifizierten Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern und von ausgewählten Koordinationsmechanismen definiert. In einer Simulationsstudie wurden die unterschiedlichen Szenarien hinsichtlich der Wartezeiten ausgewertet.

1. Untersuchung unterschiedlicher Verhaltensweisen von Lagerhausbetreibern:

Die durchschnittliche Wartezeit pro Anlieferung hängt von der Strategie des Lagerhausbetreibers ab. So lässt sich insgesamt schlussfolgern, dass der Einsatz eines ZMS (strikt oder flexibel) zu einer Reduzierung der Wartezeiten beiträgt. Bei einer sehr geringen

Auslastung sind die niedrigsten durchschnittlichen Wartezeiten bei keinem Einsatz von ZMS und somit der Be- bzw. Entladung nach dem FIFO-Prinzip zu verzeichnen. Der flexible Einsatz eines ZMS ist laut der Simulationsstudie bei jeder einstellbaren Auslastung geeigneter als der strikte Einsatz, um eine Reduzierung der durchschnittlichen Wartezeit pro Anlieferung zu bewirken.

Neben der Auslastung der Rampe konnte die Tageszeit als Einflussgröße auf den Anteil der wartenden LKW identifiziert werden. Sinnvoll können ZMS zur Reduktion der Wartezeiten insbesondere am Vormittag eingesetzt werden. Hierbei ist beim flexiblen Einsatz von ZMS zu jeder Uhrzeit der Anteil der wartenden LKW etwas geringer als beim strikten Einsatz. Durch das niedrige Aufkommen von LKW am Nachmittag können nur vergleichsweise geringe Vorteile hinsichtlich des Anteils der wartenden LKW pro Anlieferung durch den Einsatz von ZMS erzielt werden.

Aus den Ergebnissen der Simulationsstudie kann als **Handlungsempfehlung** abgeleitet werden, dass sich die Implementierung eines ZMS erst bei einer zunehmenden Auslastung der Laderampe zur Reduzierung der Wartezeiten lohnt. In Anbetracht der Reduzierung der Wartezeiten als Zielgröße ist der flexible Einsatz von ZMS gegenüber dem fixen Einsatz als nutzbringender anzusehen. Dies ist aus Sicht des Disponenten bei der Tourenplanung zu berücksichtigen. So kann es sich als sinnvoll erweisen, wenn ein Lagerhaus mit striktem Einsatz von Zeitfenstern erst am Ende der Tour angefahren wird, auch wenn sich hierdurch die Gesamtlänge der Tour erhöht.

2. Untersuchung der Wirkung von Koordinationsmechanismen

In der Simulationsstudie wurde aufgezeigt, dass durch einfache, bilaterale Maßnahmen durchschnittliche Wartezeiten pro Anlieferung bereits signifikant reduziert werden können. Als wirksam erwies sich die beschleunigte Wiederfreigabe von bereits gebuchten Zeitfenstern durch eine Meldung an das Lagerhaus, sobald der Fahrer den nächsten Stopp der Tour aufgrund der verbleibenden Fahrzeit nicht mehr pünktlich erreichen kann. Außerdem wurde als zweite wirksame Maßnahme zur Reduzierung der Wartezeiten eine höhere Bepreisung von beliebten Zeitfenstern identifiziert.

Als **Handlungsempfehlung** kann aus der simulationsbasierten Untersuchung ausgewählter Koordinationsmechanismen abgeleitet werden, dass sich insbesondere Maßnahmen zur Flexibilisierung nicht genutzter Zeitslots als nutzbringend erweisen. Eine Wiederfreigabe nicht nutzbarer Zeitfenster könnte in der Praxis durch die Übermittlung aktualisierter ETA-Daten erreicht werden. Insgesamt erweist es sich somit als empfehlenswert, Kommunikationskanäle mit Lagerhausbetreibern zum Austausch aktueller Statusmeldungen aufzubauen. Für die

höhere Bepreisung beliebter Zeitfenster besteht zunächst die Notwendigkeit, ein geeignetes Preismodell zu entwickeln. Hierauf aufbauend ist zu ermitteln, ob realisierte Reduzierungen der Wartezeiten etwaige Mehrkosten bei der Zeitfensterbuchung kompensieren können.

3. Verwendung der Zuwendungen

Die Projektbearbeitung erfolgte in den Jahren 2016 und 2017 durch drei wissenschaftliche Mitarbeiter_innen. Jan Philipp Müller bearbeitete das Projekt von Januar 2016 bis Mai 2016. Anschließend wurde die Projektbearbeitung an Dominik Thiel übergeben, der die Projektbearbeitung von Juni 2016 bis Januar 2017 fortsetzte. Von Februar 2017 bis Dezember 2017 erfolgt die Projektbearbeitung durch Anne Friedrich. Die drei Mitarbeiter_innen haben über den jeweils angegebenen Bearbeitungszeitraum in Vollzeit an dem Projekt gearbeitet. Durch ihr abgeschlossenes Hochschulstudium (Wirtschaftsingenieurwesen – M.Sc.) sind die drei Mitarbeiter_innen dem wissenschaftlich-technischen Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans) zuzuordnen. Durch den notwendigen, anspruchsvollen Methodeneinsatz ist das vorliegende Qualifikationsniveau der Mitarbeiter im laufenden Vorhaben unabdingbar.

Herr Müller hat sich von Januar bis einschließlich Mai 2016 schwerpunktmäßig mit den Arbeitspaketen 1 und 2 beschäftigt. Ab Juni 2016 bis einschließlich Januar 2017 hat Herr Thiel die Arbeiten von Herrn Müller am Arbeitspaket 2 zur Entwicklung eines grundlegenden Simulationsmodells fortgesetzt. Entsprechend des Projektplanes wurden von Herrn Thiel darüber hinaus die Arbeitspakete 3, 4 und 5 bearbeitet. Hierbei legte er seinen Fokus auf die Entwicklung des Simulationsmodells, die Definition der Entscheidungs- und Umweltszenarien sowie die Durchführung der Simulationsexperimente. Ab Februar 2017 ergänzte Frau Friedrich die bereits vorhandene Datengrundlage aus Arbeitspaket 3 durch weitere Interviews, Workshops und Vor-Ort-Besuche. Daten wurden insbesondere zu Entscheidungen im Dispositionsprozess und zu Verhaltensweisen der beteiligten Akteure aufgenommen. Anschließend wurden von Frau Friedrich die Arbeitspakete 6 und 7 bis einschließlich Dezember 2017 bearbeitet.

Die drei wissenschaftlichen Mitarbeiter_innen wurden während der Projektbearbeitung durch neun studentische Hilfskräfte (A.3 des Finanzierungsplans) unterstützt. Im Jahr 2016 übernahmen die Hilfskräfte Paul Rieger, Philipp Meusel, Jan Markhoff und Alexander Hermann insbesondere Aufgaben zur Datenaufbereitung im Rahmen des Arbeitspaketes 1 und 3. Auch im Jahr 2017 übernahmen Paul Rieger, Philipp Meusel und Alexander Hermann weiterhin Aufgaben in der Projektbearbeitung. Darüber hinaus unterstützten Johannes Rentschler, Christian Kunz, Mike Raiser, Tobias Mahnke und Jacqueline Deisenroth insbesondere bei der Aufnahme und Aufbereitung von Realdaten in unterschiedlichem Umfang. Ausgaben für Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans) und Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans) sind im Finanzierungsplan nicht vorgesehen und sind dementsprechend im vorliegenden IGF-Vorhaben nicht angefallen.

4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit sowie die erzielten Ergebnisse entsprechen in Umfang und Qualität den Vorgaben aus dem Projektantrag. Um ein realitätsnahes Simulationsmodell erstellen zu können, musste zunächst ein umfassendes Verständnis der Prozesse rund um den Wareneingang, die Disposition und ZMS erarbeitet werden. Zusätzlich war es notwendig, die angesprochenen Themenfelder im Hinblick auf die vorhandene Literatur aufzuarbeiten. Es wurde eine umfassende wissenschaftliche und praxisorientierte Literaturrecherche durchgeführt. Diese ermöglichte es, das Akteursgefüge zur Zeitfensterbuchung und zeitfenstergesteuerten Be- bzw. Entladung zu analysieren und relevante Unternehmensprozesse sowie Entscheidungen zu identifizieren. Zur Datenerhebung kamen neben der Literaturrecherche Interviews und Workshops sowie Fallstudien zur Anwendung. Diese Basis war erforderlich, um valide und relevante Verbesserungsmaßnahmen zur Effizienzsteigerung von Planungs- und Dispositionsprozessen entwickeln und bewerten zu können. So konnten Verhaltensweisen der beteiligten Akteure identifiziert, kategorisiert und Koordinationsmaßnahmen zur verbesserten Nutzung von ZMS entwickelt werden.

Als Methodik zur Untersuchung der Verhaltensweisen der Akteure und der Wirkung von Koordinationsmechanismen wurde die Simulation gewählt. Simulationsstudien stellen eine aktuelle, moderne jedoch auch anspruchsvolle Forschungsmethodik dar, mit der Entscheidungsverhalten von Akteuren praxisnah und mit genau definierten Szenarien untersucht werden kann. Durch die umfassende Datenaufnahme konnten geeignete Simulationsszenarien definiert werden. Weiterhin mussten zur Validierung der Simulationsergebnisse Realdaten bei den Praxispartnern erhoben und fortlaufend Anpassungen am Simulationsmodell zur Erhöhung der Realitätsnähe vorgenommen werden. Im Anschluss an die Simulationsstudie erfolgte eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Verhaltensweisen des Disponenten. Möglichkeiten der Entlastung bzw. Entscheidungsunterstützung wurden untersucht und bewertet. Um die Prozesse der Disposition und Zeitfensterbuchung im Detail nachvollziehen zu können, waren Aufnahmen des Dispositionsprozesses bei Vor-Ort-Besuchen nötig. Insgesamt wurde die Thematik der Entscheidungsunterstützung in Anbetracht der steigenden Anforderungen an das Berufsbild des Disponenten von den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses als relevant und zukunftsweisend eingeordnet. Die Ergebnisse und die weiteren geplanten Maßnahmen schaffen die Voraussetzung für einen anwendungsorientierten Ergebnistransfer in die Wirtschaft.

5. Bewertung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten

Durch ZMS verursachter Mehraufwand belastet Speditionsunternehmen stark. Grund hierfür ist zum einen, dass es sich beim Transportgewerbe um eine margenschwache Branche handelt. Zum anderen zeigt sich vermehrt, dass durch ZMS die Anforderungen an den Disponenten steigen. Diese Entwicklung führt zu einer zunehmenden Überlastung des Disponenten und verstärkt den aufkommenden Fachkräftemangel. Insbesondere für kleine und mittlere Speditionsunternehmen wiegt der skizzierte Mehraufwand schwer. Verhältnismäßig kleine Kostensteigerungen können bereits die Wirtschaftlichkeit gefährden (**BAG, 2011; CORDES, 2013**). Bedingt durch die hohe Wettbewerbsintensität können kleine und mittlere Speditionsunternehmen Mehrkosten durch Zeitfensterbuchungen (z. B. Buchungsgebühren und Mehrkosten für ineffiziente Touren mit Umwegen und einer reduzierten Auslastung der LKW) in der Regel nicht an den Verlager weitergeben. Auch fehlen kleinen und mittleren Speditionsunternehmen insbesondere in der Handelslogistik häufig entsprechend große Auftragsvolumen, um Be- und Entladestellen regelmäßig anzufahren und so die Möglichkeit zu erhalten, mit dem Lagerhausbetreiber eine langfristige Beziehung aufzubauen. Es ist somit in der Regel nur begrenzt bzw. nicht möglich, einen langfristigen kooperativen Ansatz mit Lagerhausbetreibern zu verfolgen, bei dem bei Planungsengpässen individuelle Lösungen ermöglicht werden. Die Unterstützung des Disponenten erfolgt in kleinen und mittleren Speditionsunternehmen häufig nur mit rudimentären Softwarelösungen. Bei Dispositionsentscheidungen dominieren die Intuition und das Erfahrungswissen des Disponenten. In Anbetracht der steigenden Anforderungen erweist es sich zunehmend als schwierig, den Disponenten zu entlasten oder bei Abwesenheit geeignet zu vertreten.

Die einführenden Standpunkte verdeutlichen, dass ZMS und der resultierende (finanzielle) Mehraufwand für kleine und mittlere Speditionsunternehmen ein relevantes Thema darstellen. Als zentrale Zielsetzung des Projektes wurde definiert, ZMS aus der Perspektive des Spediteurs zu untersuchen, um Rückschlüsse auf eine effiziente Planung und Disposition unter Berücksichtigung von Zeitfenstervorgaben ziehen zu können. Die Umsetzung der Zielsetzung erfolgte, indem zunächst die Strategien des Lagerhausbetreibers und Spediteurs als einzelne Akteure untersucht wurden. Aus einem akteursübergreifenden Blickwinkel wurden anschließend Koordinationsmechanismen entwickelt und hinsichtlich ihres Verbesserungspotenzials bewertet.

Das Verhalten des Disponenten bei der Tourenplanung mit Zeitfenstervorgabe wurden detailliert untersucht und der Funktionsumfang verfügbarer Assistenzsysteme diskutiert. Bei der Verfolgung der beschriebenen Zielsetzung wurden stets die spezifischen Anforderungen von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen in den Vordergrund gestellt und Unterschiede im Vergleich zu großen Speditionsunternehmen aufgezeigt.

Als zentrale Projektergebnisse stehen kleinen und mittleren Speditionsunternehmen Ergebnisse der Simulationsstudie und ein Leitfaden zur Verfügung. Mit den gewählten Forschungsmethoden, insbesondere durch die Simulationsstudie, wurden neue Erkenntnisse zur verbesserten Nutzung von ZMS in einem bisher kaum aus der Perspektive von Spediteuren erforschten Feld gewonnen. Durch Workshops, Interviews und Fallstudien wurde eine praxisnahe Ausrichtung des Forschungsprojektes sichergestellt und die direkte Übertragung der Erkenntnisse auf reale Entscheidungssituationen in kleinen und mittleren Speditionsunternehmen ermöglicht. Bedingt durch diese Anwendungsorientierung liefern Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für verbesserte Planungs- und Dispositionsprozesse, welche Zeitfensterrestriktionen geeignet berücksichtigen, einen direkten Mehrwert für kleine und mittlere Speditionsunternehmen. Diese können zur Mehrkostenbeeinflussung sowie zur Unterstützung von Disponenten herangezogen werden und so einen wirtschaftlichen Nutzen stiften.

Insgesamt bergen Maßnahmen für dynamische Planungs- und Dispositionsprozesse ein hohes Innovationspotenzial für kleine und mittlere Speditionsunternehmen. Eine Zukunftsvision ist, dass idealerweise eine Vollintegration von ZMS in die Tourenplanungssoftware ermöglicht wird. Dies könnte beispielsweise in Form einer Cloud-Lösung zur Buchung von Zeitfenstern mit Schnittstelle zur Tourenplanungssoftware realisiert werden. Durch das Hinterlegen verfügbarer Zeitfenster in der Tourenplanungssoftware könnten simultan Vorschläge für Zeitfensterbuchungen und Touren gemacht werden (**ELBERT, FRIEDRICH & THIEL, 2018**).

Um den wissenschaftlich-technischen Nutzen für kleine und mittlere Speditionsunternehmen erhöhen zu können, wurde im letzten halben Jahr der Projektbearbeitung der Kontakt mit Anbietern von ZMS intensiviert. Mit einem führenden Anbieter von ZMS fanden mehrere Rücksprachen zur Realisierbarkeit der entwickelten Koordinationsmechanismen statt. Hier haben sich nach Projektende Anknüpfungspunkte für eine gemeinsame Zusammenarbeit zur Konkretisierung der Koordinationsmechanismen und Untersuchung der technischen Umsetzbarkeit ergeben.

6. Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Der Transfer der im Projekt erzielten Ergebnisse erfolgte in Teilen bereits während der Projektlaufzeit und wurde im Projektverlauf weiter entsprechend des Zwischenberichts konkretisiert. Die Transferstrategie stützt sich auf Workshops, Veranstaltungen mit der Praxis, Publikationen in praxisnahen und wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie die Vorstellung der Ergebnisse auf Konferenzen und Fachtagungen. Ziel war es, fortlaufend Feedback von Unternehmensvertretern zu erhalten, um die Praxistauglichkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Im Folgenden werden zunächst während der Projektlaufzeit durchgeführte Transfermaßnahmen beschrieben. Anschließend erfolgt die Schilderung von noch geplanten Transfermaßnahmen.

6.1 Transfermaßnahmen während der Projektlaufzeit

Während der Projektlaufzeit wurden Maßnahmen in vier Bereichen zum kontinuierlichen Transfer der Forschungsergebnisse in die Wirtschaft durchgeführt. Tabelle 11 enthält die durchgeführten Transfermaßnahmen. Diese werden unter der Tabelle mit Verweisen auf zusätzliche Detailinformationen beschrieben.

Tabelle 11: Während der Projektlaufzeit durchgeführte Maßnahmen zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft.

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen
A: Workshops mit dem Projektbegleitenden Ausschuss	Validierung des Lösungskonzepts	A1: Workshops A2: Fallstudien A3: Experteninterviews
B: Veranstaltung mit der Praxis	Bekanntmachen des Lösungskonzepts und Testen der Simulation	B1: 1. Darmstädter Logistics Summit B2: Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses B3: Postersession beim Deutschen Logistik-Kongress
C: Publikationen in praxisnahen Fachjournals	Diskussion der (Zwischen-) Ergebnisse	C1: Proceedings of the 8th International Scientific Symposium on Logistics 2016 C2: Commercial Transport C3: Forschungsbericht des Fachgebiets Unternehmensführung und Logistik (Zwischenbericht nach dem ersten Jahr der Projektbearbeitung) C4: Beiträge zur LM 2017

		C5: Deutsche Verkehrszeitung
D: Konferenzbesuch	Wissenschaftliche Diskussion	D1: 16. Treffen der Forschungssäule Logistik und Supply Chain Management (2016) D2: ISSL 2016 D3: 19th International Symposium on Inventories (ISIR 2016) D4: Konferenz Logistikmanagement 2017

A: Workshops mit dem Projektbegleitenden Ausschuss

Zur Validierung des Konzepts zur Entwicklung des Simulationsmodells wurden die Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses sowie zahlreiche Experteninterviews genutzt. Im Rahmen von Besuchen bei Spediteuren und Handelsunternehmen konnte die Datenaufnahme vorgenommen und weiterhin die theoretisch betrachteten Prozesse und Konzepte mit den realen Gegebenheiten bei Unternehmen verglichen werden.

A1: Workshops: Wie geplant wurden in der Projektlaufzeit insgesamt vier Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses durchgeführt. Das erste Treffen wurde am 21.06.2016 (Dienstag) mit sechs externen Vertretern der Praxis ausgerichtet. Beim zweiten Treffen am 03.11.2016 (Donnerstag) waren acht externe Praxisvertreter anwesend. Das dritte Treffen fand am 28.03.2017 (Dienstag) mit vier Praxisvertretern statt. Am 06.11.2017 (Montag) fand die vierte Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses mit vier Praxisvertretern statt. Alle Treffen wurden in den Räumlichkeiten der Forschungsstelle, in der Technischen Universität Darmstadt, veranstaltet.

A2: Fallstudien: Im Rahmen von Fallstudien wurden in der Projektlaufzeit verschiedene Speditions- und Handelsunternehmen besucht. Insbesondere die Annahmen und Konzepte für das entwickelte Modell konnten durch die Besuche validiert werden. Eine größtmögliche Relevanz der Simulationsergebnisse bzw. der darauf basierenden Projektergebnisse kann so sichergestellt werden.

A3: Experteninterviews: Um die Ergebnisse aus den Diskussionen des Projektbegleitenden Ausschusses, Besprechungen und Beobachtungen vor Ort zu speziellen Aspekten mit weiterem Expertenwissen und verschiedenen Perspektiven abgleichen und erweitern zu können, wurden mehrere ergänzende Interviews durchgeführt. Zusätzlich fanden im zweiten Jahr der Projektbearbeitung Interviews zur Aufnahme des Dispositionsprozesses und zwei Diskussionsrunden mit Unternehmensvertretern außerhalb des Projektbegleitenden Ausschusses am 06.10.2017 und 23.11.2017 statt. Insgesamt wurde die Anzahl der Interviews

gegenüber dem ursprünglichen Projektplan erhöht, da die Termine mit den Praxispartnern individuell vereinbart werden konnten.

B: Veranstaltungen mit der Praxis

Neben den Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses wurden Projektergebnisse beim Darmstädter Logistics Summit und bei der Postersession anlässlich des Deutschen Logistik-Kongresses präsentiert.

B1: Darmstädter Logistics Summit: Zur Präsentation des erarbeiteten Lösungskonzepts und zur Diskussion des Zwischenstands der Simulation wurden die Projektergebnisse während der Veranstaltung „1. Darmstädter Logistics Summit“ vor rund 60 Unternehmensvertretern erläutert und anschließend diskutiert.

Elbert, R. / Thiel, D. (2016): Digitalisierung an der Laderampe – Potentiale und Herausforderungen durch Zeitfenstermanagement. Anlass: 1. Darmstädter Logistics Summit. Darmstadt, 12.05.2016

B2: Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses: Die Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses fanden am 21.06.2016, 03.11.2016, 28.03.2017 und 06.11.2017 an der TU Darmstadt statt (siehe Punkt A1).

B3: Postersession beim Deutschen Logistik-Kongress: Zentrale Projektergebnisse wurden am 27.10.2017 bei der Postersession im Rahmen des 34. Deutschen Logistik-Kongresses vorgestellt. Das Poster zum Projekt wurde während des Deutschen Logistik-Kongresses für interessierte Vertreter aus der Forschung und Praxis ausgestellt.

C: Publikationen in praxisnahen Fachjournals

Folgende Veröffentlichungen sind mit Schwerpunkt auf das vorliegende Forschungsthema zum Zeitfenstermanagement während der Projektlaufzeit durch die Forschungsstelle erfolgt:

C1: Elbert, R. / Thiel, D. (2016): Impact of the Warehouse Operator's Behavior Regarding Enforcement of Time Slots in the Cost Structure of Road Freight Transport Services. In: Proceedings of the 8th International Scientific Symposium on Logistics 2016: Logistics in the Times of the 4th Industrial Revolution – Ideas, Concepts, Scientific Basis, 15.-16.06.2016, Karlsruhe.

C2: Elbert, R. / Thiel, D. / Reinhardt, D. (2016): Delivery Time Windows for Road Freight Carriers and Forwarders – Influence of Delivery Time Windows on the Costs of Road Transport Services. In: Clausen, U. / ten Hompel, M. / de Souza, R. (Hrsg.): Commercial Transport, S. 255–274.

C3: Elbert, R. / Thiel, D. (2017): Zeitfenstermanagement im Straßengüterverkehr – Ergebnisse zur Entwicklung von Koordinationsmaßnahmen zum verbesserten Einsatz von ZMS
In: Forschungsbericht des Fachgebiets Unternehmensführung und Logistik (22), Darmstadt.

C4: Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2017): Akteursübergreifende Potenziale bei Zeitfenstervorgaben an der Laderampe – Ein praxisorientierter Diskurs. In: Large, R. et al. (Hrsg.): Logistikmanagement – Beiträge zur LM 2017, Stuttgart.

C5: Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2017): Rampe: Kooperation statt Selbstoptimierung. In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ), (2017)89, S. 7.

D: Konferenzbesuch

Im Jahr 2016 und 2017 wurden die erzielten Zwischenergebnisse auf drei wissenschaftlichen Konferenzen und einem Workshop mit internationalen Wissenschaftlern aus dem Bereich Logistik und Supply Chain Management präsentiert:

D1: Thiel, D. (2016): Delivery Time Windows for Road Freight Carriers and Forwarders. Anlass: 16. Treffen der Forschungssäule Logistik und Supply Chain Management. Darmstadt, 28.04.2016.

D2: Elbert, R. / Thiel, D. (2016): Impact of the Warehouse Operator's Behavior Regarding Enforcement of Time Slots in the Cost Structure of Road Freight Transport Services. Anlass: 8th International Scientific Symposium on Logistics 2016: Logistics in the Times of the 4th Industrial Revolution – Ideas, Concepts, Scientific Basis. Karlsruhe, 16.06.2016.

D3: Thiel, D. (2016): Time Slot Management Systems for Warehouse Loading Docks – A Simulation-based Analysis of the Policies of Warehouse Operators. Anlass: 19th International Symposium on Inventories. Budapest, 23.08.2016.

D4: Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2017): Akteursübergreifende Potenziale bei Zeitfenstervorgaben an der Laderampe – Ein praxisorientierter Diskurs. Anlass: Logistikmanagement Konferenz. Stuttgart, 21.09.2017.

6.2 Transfermaßnahmen nach Abschluss des Vorhabens

Nach Abschluss des Projektes sind weitere Transfermaßnahmen geplant. Bereits durchgeführte Maßnahmen sind in Tabelle 12 schwarz markiert. Weitere für das Jahr 2018 vorgesehene Maßnahmen sind in Tabelle 12 rot markiert. Unter der Tabelle werden die Transfermaßnahmen im Detail beschrieben.

Tabelle 12: Durchgeführte und geplante Maßnahmen zum Ergebnistransfer nach Abschluss des Vorhabens.

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Zeitraum
E: Veröffentlichung der Ergebnisse auf Internetportal	Freier Zugang zu Ergebnissen	E1: Internetseite der Forschungsstelle	April und Mai 2018
F: Publikation der Ergebnisse in Fachzeitschriften	Bekanntmachung der Ergebnisse und des Leitfadens	F1: Internationales Verkehrswesen F2: Forschungsbericht des Fachgebiets Unternehmensführung und Logistik (Endbericht) F3: Bundesvereinigung Logistik (ehemals LogKompass)	Nach Projektabschluss
G: Veranstaltung mit der Praxis	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	G1: Offizieller Projektabschluss G2: Arbeitskreis Versand und Logistik der IHK Darmstadt Rhein Main Neckar G3: Ergebnispräsentation bei einem Anbieter für ZMS	Februar 2018 (G1) bzw. Herbst 2018 (G2 und G3)
H: Transfer durch Verbände	Multiplikatoren-effekt	Zusammenfassender Ergebnisbericht, veröffentlicht bei: H1: Bundesvereinigung Logistik	Innerhalb von sechs Monaten nach Projektabschluss

E: Veröffentlichung der Ergebnisse auf Internetportal

Zentrale Projektergebnisse, insbesondere Ergebnisse der Simulationsstudie und der erarbeitete Leitfaden, werden nach Projektabschluss auf einer Projektwebseite der Forschungsstelle zugänglich gemacht.

F: Publikation der Ergebnisse in Fachzeitschriften

Folgende Veröffentlichungen sind nach Abschluss des Vorhabens bereits erfolgt bzw. geplant:

F1: Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2018): Disposition mit Zeitfenstervorgaben - Assistenzsysteme und Entlastungspotenziale für den Spediteur. In: Internationales Verkehrswesen, 70(2018)1, S. 48–52.

Für das erste Halbjahr 2018 ist geplant, die Projektergebnisse in einem Forschungsbericht des Fachgebiets Unternehmensführung und Logistik zu veröffentlichen (**F2**). Darüber hinaus soll eine Zusammenfassung der Ergebnisse über ein Fachmedium der Bundesvereinigung Logistik veröffentlicht werden (**F3**).

G: Veranstaltungen mit der Praxis

G1: Offizieller Projektabschluss: Alle Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses und weitere interessierte Unternehmensvertreter wurden am 08.02.2018 zu einer offiziellen Abschlussveranstaltung des Projektes an die TU Darmstadt eingeladen. Es waren sechs Vertreter von Unternehmen sowie ein Vertreter eines Verbands anwesend. Neben Vertretern von Verladern und Speditionen nahmen auch Vertreter eines Anbieters von ZMS an der Abschlussveranstaltung teil. Es wurden zentrale Ergebnisse aus den einzelnen Arbeitspaketen sowie Anschlussmöglichkeiten zur Weiterbearbeitung des Themas ZMS im Straßengüterverkehr diskutiert.

Für das Jahr 2018 sind weitere Transfermaßnahmen geplant. So soll im zweiten Halbjahr eine Vorstellung der Projektergebnisse beim Arbeitskreis Versand und Logistik der IHK Darmstadt Rhein Main Neckar erfolgen (**G2**). Hierbei sollen die Ergebnisse insbesondere kleinen und mittleren Speditionsunternehmen präsentiert werden. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse neben Speditionsunternehmen vermehrt auch mit Industrie- und Handelsunternehmen und Anbietern von ZMS diskutiert werden. Hierfür ist bereits eine Ergebnispräsentation für das zweite Halbjahr 2018 bei einem Anbieter von ZMS in Planung (**G3**).

H: Transfer durch Verbände

Die Veröffentlichung des Abschlussberichts erfolgt durch die Bundesvereinigung Logistik im ersten Halbjahr des Jahres 2018 (**H1**).

7. Zusammenfassung und abschließende Bewertung

Der Einsatz von ZMS aus der Perspektive des Spediteurs stand im Zentrum des Vorhabens „Zeitfenster-Management im Straßengüterverkehr“. Im Rahmen einer Simulationsstudie wurden Auswirkungen der Strategien von Lagerhausbetreibern und Spediteuren sowie die Wirkung ausgewählter Koordinationsmechanismen zur aktorsübergreifenden, verbesserten Nutzung von ZMS untersucht. Hierbei wurde als Kriterium für die Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von ZMS die Wartezeit an der Laderampe herangezogen. Um möglichst realistische, praxisnahe Szenarien für die Simulationsstudie zu definieren, fand eine umfangreiche Datenaufnahme statt. Die Projektergebnisse stützen sich daher auf mehrere von der Forschungsstelle durchgeführte Workshops, Experteninterviews und Fallstudien. Insbesondere durch die Workshops und Interviews konnte ein vielschichtiger Einblick in die Herausforderungen der Disposition mit Zeitfenstervorgaben ermöglicht werden. So konnte das Verhalten und der Entscheidungsprozess des Disponenten detailliert analysiert und insbesondere Herausforderungen von kleinen und mittleren Speditionsunternehmen identifiziert werden.

Durch die Veröffentlichung der Ergebnisse in mehreren praxisnahen Fachzeitschriften und Vorträge sowie durch die online zugänglichen zentralen Projektergebnisse wird ein umfangreicher Transfer der Ergebnisse in die Wirtschaft sichergestellt. Die während des Projekts durchgeführten Workshops mit den Praxisvertretern stellten eine an aktuellen Anforderungen orientierte und praxisrelevante Projektausrichtung bei gleichzeitig wissenschaftlich fundierten Methoden sicher. Mit der agentenbasierten Simulation wurde darüber hinaus eine Methodik angewandt, mit welcher geeignet das heterogene Akteursverhalten rund um das Thema ZMS modelliert werden kann. So konnten neue Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung der Strategien von Lagerhausbetreibern und von Koordinationsmechanismen aus der Perspektive des Spediteurs gewonnen werden. Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden nach Einschätzung der Forscher und der beteiligten Praxispartner uneingeschränkt erreicht.

Literaturverzeichnis

(BAG) Bundesamt für Güterverkehr (Hrsg.) (2011): Marktbeobachtungen Güterverkehr. Sonderbericht zur Situation an der Laderampe, Köln.

Banks, J. (1998): Handbook of simulation. Principles, methodology, advances, applications, and practice. New York, S.I. 1998.

Bargl, M. (1994): Akzeptanz und Effizienz computergestützter Dispositionssysteme in der Transportwirtschaft. Empirische Studien zur Implementierungsforschung von Entscheidungsunterstützungssystemen am Beispiel computergestützter Tourenplanungssysteme. Frankfurt am Main u.a. 1994.

Berlit, M. (2012): Der große Sprung nach vorn. Deutsche Verkehrs-Zeitung (DVZ) 66(62), S. 8.

Borshchev, A. (2013): The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6. Chicago, IL: AnyLogic North America.

Bottler, S. (2014): Wartezeit jederzeit abrufbar. In: Deutsche Verkehrs-Zeitung (DVZ) (2014)38, o. S.

Bradi, N. (2014): Effizienz im Fokus. In: Logistik Heute (2014)7–8, S. 48 f.

Bräysy, O. / Gendreau, M. (2005): Vehicle routing problem with time windows. Part I: Route construction and local search algorithms. In: Transportation Science 39(2005)1, S. 104–138.

(BGL) Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V (Hrsg.) (2011): Verhaltensempfehlungen des Bundesverbandes Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. für einen fairen Umgang der Beteiligten an Be- und Entladestellen (Laderampen). (August 19, 2015) Verfügbar unter: http://www.bgl-ev.de/images/downloads/media_2930_1.PDF (zuletzt geprüft am 15.04.2018).

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2014): Handbuch. Schnittstelle Laderampe – Gute Beispiele. Berlin.

Bushuev, M.A. / Guiffrida, A.L. (2012): Optimal position of supply chain delivery window: Concepts and general conditions. In: International Journal of Production Economics 137(2012), S. 226–134.

Cargoclix (Hrsg.) (2017): References. Verfügbar unter: <https://www.cargoclix.com/info/en/references/page.html> (zuletzt geprüft am 13.09.2017).

Cargoclix (Hrsg.) (2012): Zeitfenstermanagement. Wartezeiten – Durchlaufzeiten – Preise. Eine empirische Untersuchung zur Wirksamkeit von Zeitfenstermanagement-Systemen. Freiburg, April 2012.

Cordes, M. (2013): Geringe Renditen für Transportdienstleister. VerkehrsRundschau-Index: Fast 10 Prozent der Unternehmen schrieben 2012 rote Zahlen. Verfügbar unter: <http://www.verkehrsrundschau.de/geringe-renditen-fuer-transportdienstleister-1232457.html> (zuletzt geprüft am 14.04.2018).

de Jong, N. (2014): Brücke räumt an der Rampe auf. In: Deutsche Verkehrs-Zeitung (2014)99, o. S.

Dumas, Y. / Desrosiers, J. / Soumis, F. (1991): The pickup and delivery problem with time windows. In: European Journal of Operational Research 54(1991), S. 7–24.

DVZ (Hrsg.) (2015): So bekommen Sie LKW-Wartezeiten bezahlt. In: DVZ Telefonaktion. Verfügbar unter: <https://www.dvz.de/rubriken/management-recht/single-view/nachricht/so-bekommen-sie-lkw-wartezeiten-bezahlt.html> (zuletzt geprüft am 10.04.2018).

DVZ (Hrsg.) (2012): Zeitfensterverkauf belastet Lieferanten. In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ) (2012)46, o. S.

Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2018): Disposition mit Zeitfenstervorgaben - Assistenzsysteme und Entlastungspotenziale für den Spediteur. In: Internationales Verkehrswesen 70(2018)1, S. 48–52.

Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2017): Akteursübergreifende Potenziale bei Zeitfenstervorgaben an der Laderampe – Ein praxisorientierter Diskurs. In: Large, R. et al. (Hrsg.): Logistikmanagement – Beiträge zur LM 2017, Stuttgart.

Elbert, R. / Friedrich, A. / Thiel, D. (2017A): Rampe: Kooperation statt Selbstoptimierung. In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ) (2017)89, S. 7.

Elbert, R. / Thiel, D. (2016): Impact of the Warehouse Operator's Behavior Regarding Enforcement of Time Slots in the Cost Structure of Road Freight Transport Services. In: Proceedings of the 8th International Scientific Symposium on Logistics 2016: Logistics in the Times of the 4th Industrial Revolution – Ideas, Concepts, Scientific Basis, Karlsruhe, o. S.

Elbert, R. / Thiel, D. / Reinhardt, D. (2016): Delivery Time Windows for Road Freight Carriers and Forwarders – Influence of Delivery Time Windows on the Costs of Road Transport Services. In: Clausen, U. / ten Hompel, M. / de Souza, R. (Hrsg.) (2016): Commercial Transport S. 255–274.

Frische, T.-O. (2017): Was bringt die Dispo-Zukunft? In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ) (2017) Heft BDISP, S. 2.

Hackius, N. / Kersten, W. (2014): Truck Loading Dock Process – Investigating Integration of Sustainability. In: Kersten, W. / Blecker, T. / Ringle C. M. (Hrsg.): Next Generation Supply Chains. Trends and Opportunities, Hamburg, S. 245–272.

Heiserich, O.-E. (2002): Logistik – Eine Praxisorientierte Einführung. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden, 2002.

Helmke, B. (2014): Transparenz ist der Schlüssel. In: VerkehrsRundschau (2014)26, S. 36–39.

Huynh, N. / Smith, D. / Harder, F. (2016): Truck appointment systems: Where We are and Where to Go from here. In: Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board (2016)2548, S. 1–9.

hwh Gesellschaft für Transport- und Unternehmensberatung mbH (Hrsg.) (2013): Schlussbericht: Schnittstelle Rampe – Lösungen zur Vermeidung von Wartezeiten. Karlsruhe.

Igbaria, M. / Sprague, R. H. / Basnet, C. / Foulds, L. (1996): The impact and benefits of a DSS. The case of FleetManager. In: Information and Management (1996)31, S. 215–225.

Iqbal, S. / Rahman, M. S. (2012): Vehicle Routing Problems With Soft Time Windows. 7th International Conference on Electrical & Computer Engineering, Sonargaon.

Jurczyk, A.J. / Kopfer, H. / Krajewska, M.A. (2006): Speditionelle Auftragsdisposition eines mittelständigen Transportunternehmens. In: Internationales Verkehrswesen 6 (2006), S. 275–279.

Karaenke, P. / Bichler, M. / Minner, S. (2015): Retail Warehouse Loading Dock Coordination by Core-selecting Package Auctions. In: ECIS 2015 Completed Research Papers, Paper 91, o. S.

Kok, A. L. / Hans, E. W. / Schutten, J. M. J. / Zijm, W. H. M. (2010): A dynamic programming heuristic for vehicle routing with time-dependent travel times and required breaks. In: Flexible Services and Manufacturing Journal 22(2010)1–2, S. 83–108.

Kopfer, H. / Wieland Kopfer, H. / Krajewska, M. A. / Stache, U. (2008): Strategien für die Auftragsdisposition in Speditionsunternehmen. In: Borfeldt, D. A. et al. (Hrsg.) (2008): Intelligent Decision Support – Intelligente Entscheidungsunterstützung. Springer Gabler. Wiesbaden, 2008.

Kummer, S. / Jammernegg, W. / Grün, O. (2009): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik. 2. Auflage. Pearson, München.

Kümmerlen, R. (2016): Radikalkur für die Rampe. In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ), (2016)o. N., o. S.

Kürschner, J. (2016): Vorbilder an der Rampe gibt es bereits. In: VerkehrsRundschau (2016)20, S. 16 f.

Law, A. M. (2015): Simulation modeling and analysis. 5. Auflage, McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. New York, NY 2015.

Leyton-Brown, K. / Pearson, M. / Shoham, Y. (2000): Towards a Universal Test Suite for Combinatorial Auction Algorithms. In: Proceedings of the 2nd ACM conference on Electronic commerce, Minneapolis, S. 66–76.

Loderhose, B. (2015): Tesco steuert Rampen mit Mercareon. In: Lebensmittel Zeitung (2015)47, S. 37.

Manuj, I. / Mentzer, J. T. / Bowers, M. R. (2009): Improving the rigor of discrete-event simulation in logistics and supply chain research. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 39(2009)3, S. 172–201.

Min, H. (1991): A Multiobjective Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows: the case of a Public Library Distribution System. Socio-Economic Planning Sciences 25(1991)3, S. 179–188.

Odell, J. J. / Van Dyke Parunak, H. / Bauer, B. (2001): Representing Agent Interaction Protocols in UML. In: Ciancarini, P. / Wooldridge, M. J. (Hrsg.): Agent-Oriented Software Engineering. Springer Verlag. Berlin u. a., S. 121–140.

Pankratz, G. (2002): Speditionelle Transportdisposition. Modell- und Verfahrensentwicklung unter Berücksichtigung von Dynamik und Fremdvergabe. 1. Auflage. Wiesbaden, 2002.

Phan M.-H. / Kim, K. H. (2016): Collaborative truck scheduling and appointments for trucking companies and container terminals. In: Transportation Research Part B: Methodological 86(2016), S. 37–50.

Ramsauer, T. / Drexl, M. / Avenhaus-Betz, J. (2015): Software zur Tourenplanung. Marktstudie 2015/2016. Fraunhofer Verlag. Nürnberg und Mainz, 2015.

Savelsbergh, M. (1992): The vehicle routing problem with time windows: Minimizing route duration. In: ORSA Journal on Computing 4(1992)2, S.146–154.

Schipior, D. (2013): Transport- und Tourenplanung. Verfahren und Software zur Lösung komplexer Tourenplanungsprobleme. Diplomica Verlag GmbH. Hamburg, 2013.

Schulte, C. (2009): Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain. Verlag Franz Vahlen. München, 2009.

Solomon, M. M. (1987): Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. In: Operations Research 35(1987)2, S. 254–265.

Suzuki, Y. (2012): A decision support system of vehicle routing and refueling for motor carriers with time-sensitive demands. In: Decision Support Systems 54(2012)1, S. 758–767.

Tas, D. / Dellaert, N. / van Woensel, T. / de Kok, T. (2013): Vehicle routing problem with stochastic travel times including soft time windows and service costs. In: Computer & Operations Research 40(2013)1, S. 214–224.

Thiel, D. (2018): Digitalisierung des Zeitfenstermanagements in der Distributionslogistik – Simulationsbasierte Analyse der Potentiale und Herausforderungen von webbasierten Zeitfenstermanagementsystemen im Straßengüterverkehr. Diss. Darmstadt, 2018.

Transporeon (Hrsg.) (2017): Unternehmensprofil. Die Transporeon Group (Daten und Fakten).

Trägner, A. (2013): Anlieferung und Abholung ohne Chaos und Stress. In: Getränkeindustrie (2013)7, S. 34.

Voigt, S. (2016): Woran hakt es an den Handels-Rampen? In: VerkehrsRundschau (2016)16, S. 7.

Wenger, W. (2010): Multikriterielle Tourenplanung. Diss. Universität Hohenheim. GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden, 2010.

Winkler, D. (2011): Wer zu spät kommt hofft auf Gnade. VerkehrsRundschau 65(2011)39, S. 32–34.

Wittenbrink, P. (2014): Transportmanagement. Kostenoptimierung, Green Logistics und Herausforderungen an der Schnittstelle Rampe. 2. Auflage, Springer Gabler. Wiesbaden, 2012.

Zänker, K. (2012): Zeitfenster reichen nicht. In: Deutsche Verkehrszeitung (DVZ) (2012)131, o. S.