

Kapitel 1

Einleitung

Die Auflösung von Bestandsmengen zu anforderungsgerechten Bedarfsmengen ist eine zentrale Aufgabe der Intralogistik. Sowohl in der Produktionsversorgung wie auch im Warenfluss vom Produzenten zum Verbraucher übernehmen Kommissioniersysteme diese wichtige Aufgabe. Als Komponente der Intralogistik ist die Kommissionierung einer der komplexesten und personalintensivsten Bereiche der logistischen Kette (vgl. [HSB11], [TWB10]). Sie verantwortet bis zu 70 % der Lager- und Distributionskosten und bis zu 50 % der gesamten Logistikkosten eines Unternehmens [PS09].

Die hohen Kostenanteile ergeben sich auch aufgrund der hohen Marktanforderungen. Durch Produktindividualisierungen steigt die Artikelvielfalt. Kunden erwarten kurze Lieferzeiten, hohe Artikelverfügbarkeiten und geringe Lieferkosten. Um einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen, versuchen Unternehmen bspw. im Online-Handel diese Erwartungen immer besser zu erfüllen. Der gebotene hohe Lieferservice führt auf Kundenseite automatisch zu einer Verringerung der Bestellmengen in Kombination mit einer Erhöhung der Bestellfrequenz. Hierdurch steigen wiederum die Anforderungen an den Kommissionierprozess.

Im Rahmen der Planung von Kommissioniersystemen müssen sowohl Anforderung als auch Kosten beachtet werden. Als Zielsetzung gilt die Identifikation einer möglichst wirtschaftlichen Lösung, welche den geforderten Lieferservice erfüllt. Bei dieser Planungsaufgabe ergibt sich durch die Vielzahl an Realisierungsmöglichkeiten eine sehr hohe Komplexität.

1.1 Ausgangssituation

Bereits in den 70er Jahren werden verschiedene Ansätze zur Systemauswahl in der Kommissionierung veröffentlicht ([Mie71], [Gud73], [Für74], [Bor75]). Sie alle verfolgen das Ziel, die Vielzahl an Realisierungsmöglichkeiten durch einen systematischen Planungsprozess einzugrenzen. Hierzu werden von Gudehus sowie von Gudehus und Kunder erste analytische Berechnungsverfahren entwickelt, mit deren Hilfe die Leistung einiger Systeme ermittelt werden kann ([Gud73], [KG75], [Gud78]). Wie im weiteren Verlauf dieser Arbeit dargestellt ist, wird die wissenschaftliche Theorie zur Berechnung von Kommissioniersys-

temen seitdem stetig erweitert. Mittlerweile existiert eine Vielzahl an Veröffentlichungen zur Berechnung der Kommissionierleistung, wodurch verschiedenste Systeme unter verschiedensten Restriktionen berechenbar werden. Allerdings beziehen sich einzelne Arbeiten oftmals auf konkrete Teilsysteme. Problematisch hierbei ist, dass die Leistung des Gesamtsystems nicht unmittelbar aus der Leistungsfähigkeit der Teilsysteme abgeleitet werden kann. Aus diesem Grund entwickelt Sadowsky einen allgemeinen, teilsystemübergreifenden Berechnungsalgorithmus, der die Leistungsermittlung systematisiert und eine einheitliche Vorgehensweise definiert [Sad07]. Weiterhin löst Sadowsky viele Restriktionen der vorherigen Lösungsansätze auf.

Trotz der Weiterentwicklung der Leistungsberechnung können aber wichtige Fragestellungen im Rahmen der Auswahl von Kommissioniersystemen aktuell nicht beantwortet werden. Bei bestehenden Berechnungsansätzen wird zwischen dem Prinzip Person-zur-Ware (PzW) und Ware-zur-Person (WzP) unterschieden [AF10]. Für WzP-Systeme ist eine Leistungsberechnung nur sehr eingeschränkt möglich. Zwar wird in Publikationen der Durchsatz des Bereitstellsystems in Transporteinheiten pro Zeiteinheit thematisiert (vgl. bspw. [BW90], [PFW99], [Sad07], [Wis09], [PM12]), doch die Fragestellung, wie viele Transporteinheiten zur Abarbeitung einer Auftragslast überhaupt notwendig sind, ist kein Gegenstand dieser Arbeiten. Alleine von Gudehus wird ein Ansatz zur Berechnung der mittleren Zeilenanzahl von Sammelaufträgen publiziert [Gud78]. Gudehus leitet in dieser Veröffentlichung den Zeilenreduktionsfaktor her. Dieser Faktor soll bei dynamischer Bereitstellung angeben, inwieweit sich die notwendige Bereitstellleistung vermindert, wenn gleichzeitig eine Auftragsserie anstelle von Einzelaufträgen an stationären Kommissionierplätzen bearbeitet wird. Allerdings ist dieser Ansatz durch die folgenden Bedingungen beschränkt:

1. Es müssen an der Kommissionierstation alle Auftragseinheiten komplett bearbeitet worden sein, bevor neue Auftragseinheiten begonnen werden können.
2. Es können nur Kommissionierstationen mit genau einem Bereitstellplatz berechnet werden.
3. Die statistische Wahrscheinlichkeit, dass ein neuer Auftrag eine aktuell vorhandene Bereitstellereinheit nutzen kann, wird vernachlässigt.

Da an Kommissionierstationen mit mehreren Auftragsablagen ein kontinuierlicher Wechsel der fertigen Auftragseinheiten stattfindet, ist der Ansatz von Gudehus zur Bestimmung der notwendigen Bereitstellleistung nicht geeignet. Allerdings stellt dieser Ansatz einen Baustein für die Entwicklung der Leistungsberechnung in Person-zur-Ware-Systemen dar.

Eine weitere offene Fragestellung ist damit die Auswirkung der Anzahl an Auftragsablagen oder Bereitstellplätzen an Kommissionierstationen. Ob beim Einsatz von Kommissionierstationen eine Dimensionierung mit einem Bereitstellplatz und einer Auftragsablage wirtschaftlicher ist als bspw. eine Dimensionierung mit einem Bereitstellplatz und acht Auftragsablagen, kann aktuell nicht beantwortet werden. Hierzu sind sowohl Wegzeitmodelle als auch die Leistungsberechnung im Ware-zur-Person-Bereich herzuleiten.

Entwicklungen in der Kommissioniertechnik der letzten Jahre zeigen teilweise eine Vermischung der Prinzipien PzW und WzP, wie bspw. das sogenannte „Picken an der

AKL-Front“ [HSB11]. Für ein derartiges System kann aktuell keine Leistungsberechnung erfolgen, da die Anzahl an notwendigen Transporten von Bereitstellereinheiten zur Abarbeitung einer Auftragslast bisher nicht analytisch zu ermitteln ist.

Auch bei der Wegzeitermittlung des Kommissionierers in PzW-Systemen zeigen sich Restriktionen im aktuellen Stand der Wissenschaft. Die Wegzeiten in PzW-Systemen lassen sich mit den Berechnungsverfahren von Sadowsky bestimmen [Sad07]. Allerdings ist es mit Hilfe dieses Berechnungsverfahrens nur möglich, die mittlere Wegzeit für Kommissioniertouren mit einem Auftrag zu berechnen, wobei die Auftragsstruktur für ein exaktes Ergebnis eine konstante Anzahl an Positionen aufweisen muss. Zur Bestimmung der mittleren Wegzeit bei einer Auftragsstruktur mit bspw. exponentialverteilten Positionsanzahlen muss das Berechnungsverfahren erweitert werden. Ebenfalls fehlt eine Berechnungsformel für das Multi-Order-Picking. Für die inverse Kommissionierung bspw. bestehen ebenso keine Berechnungsansätze, und somit fehlt die Möglichkeit, dieses Prinzip in einer analytischen Systemauswahl zu beachten.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Mit dieser Arbeit wird die Zielsetzung einer Kommissioniersystemauswahl auf Basis der analytischen Leistungsermittlung verfolgt. Hierzu ist es notwendig, bestehende Berechnungsverfahren weiter zu entwickeln und um neue Ansätze zu ergänzen. Somit besteht das wesentliche Ziel dieser Arbeit in der Erweiterung der theoretischen Grundlagen im Bereich der Materialflussrechnung für Kommissioniersysteme.

In der Arbeit werden zunächst die relevanten Zielgrößen für die Kommissioniersystemauswahl identifiziert. Hierbei zeigt sich ein Zielkonflikt in der Kommissioniersystemplanung zwischen kurzen Kommissionierwegen und geringem Bereitstelleraufwand. Daher ist es im weiteren Verlauf der Arbeit notwendig, Kommissionierwege und Bereitstelleraufwände analytisch berechenbar zu machen und die in der Ausgangssituation dargestellten Grenzen der bestehenden Berechnungen aufzulösen.

Ein übergeordnetes Ziel dieser Arbeit besteht in der automatisierten Systemplanung. Ein Team von Wissenschaftlern am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML forscht aktuell an der Verwirklichung dieser Vision. Kann der Planer für die vielfältigen Realisierungsmöglichkeiten jeweils durch analytische Methoden bestimmen, ob Leistungsanforderungen bei einzelnen Varianten erfüllt werden, so ist ein grundlegender Schritt in diese Richtung erreicht. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird dieses übergeordnete Ziel nicht weiter thematisiert, aber die Ergebnisse der Arbeit bilden die theoretischen Grundlagen bzw. die Wissensbasis für Modelle der automatisierten Systemplanung.

Die Berechnungsentwicklungen werden analog zur Dissertation von Sadowsky auf die Ermittlung der reinen Kommissionierleistung beschränkt. Nachschubprozesse finden nur Berücksichtigung, sofern es sich um Umlagerungen bei der dynamischen Bereitstellung handelt. Diese Umlagerungen sind immer dann notwendig, wenn im Kommissioniersystem nicht alle Artikel des Sortiments gleichzeitig bereitgestellt werden. Nachgelagerte Prozesse der Kommissionierung wie Konsolidierung und Verpackung werden im Rahmen der Arbeit nicht betrachtet. Weiterhin beschränkt sich die Arbeit auf homogene Kommissi-

oniersysteme mit einheitlicher Technik, Strategie und Organisation in Anlehnung an die Begriffsdefinition von Venn [Ven11].

1.3 Vorgehensweise

Zur Einführung in das Thema der Arbeit werden im folgenden Kapitel 2 zunächst die Grundlagen der Kommissionierung dargestellt. Hierzu erfolgt die Definition von relevanten Begrifflichkeiten. Weiterhin werden technische Funktionselemente des Materialflusssystems in der Kommissionierung thematisiert, grundlegende Kommissionierprinzipien und Systemtypen erläutert sowie Strategien zur Produktivitätssteigerung aufgezeigt. Anschließend erfolgt ein Überblick zum Stand der Wissenschaft und Forschung im Bereich der Leistungsberechnung von Kommissioniersystemen. Es werden vor allem die Ermittlung der Bearbeitungszeit und die Ermittlung der Zusammenführungszeit in PzW-Systemen sowie in WzP-Systemen genauer dargestellt.

Kapitel 3 beginnt mit dem Nachweis der Existenz eines Zielkonfliktes zwischen Beschickungsleistung und Kommissionierwegen bei der Auswahl eines geeigneten Kommissioniersystems. Dieser Zielkonflikt wird anhand der Entscheidungsproblematik zwischen Person-zur-Ware und Ware-zur-Person verdeutlicht und darüber hinaus im Rahmen der Fragestellung zur richtigen Anzahl an Auftragsablagen an einer Kommissionierstation dargestellt. Die Identifikation des Zielkonfliktes mit seinen Einflussgrößen sowie die Abstraktion möglicher Zusammenführungsprozesse werden im letzten Teil des Kapitels zur Herleitung einer Methodik zur Kommissioniersystemauswahl genutzt. Darauf aufbauend wird eine Zielfunktion mit Nebenbedingungen formuliert, welche eine analytische Systemauswahl ermöglicht. Allerdings zeigt sich, dass für die Anwendung der analytischen Systemauswahl die Kommissionierwege und die Umlagerhäufigkeiten auf den Bereitstellplätzen bekannt sein müssen. Nach aktuellem Forschungsstand sind die Kommissionierwege zumindest für einen Teil der möglichen Planungsvarianten berechenbar, während zur Bestimmung von Umlagerhäufigkeiten keine Berechnungsformel bekannt ist.

Die fehlenden Berechnungen für Kommissionierweglängen und Umlagerhäufigkeiten werden in Kapitel 4 hergeleitet. Für die Herleitung der Formeln zur Bestimmung der Umlagerhäufigkeit wird zwischen gleichen und unterschiedlichen Bestellhäufigkeiten unterschieden. Des Weiteren erfolgt bei der Berechnung von Umlagerhäufigkeiten und Kommissionierweglängen eine Differenzierung nach dem Zusammenführungsprinzip. Bei den Kommissionierweglängen sind zusätzlich verschiedene Layoutvarianten innerhalb der Zusammenführungsprinzipien zu unterscheiden.

Die hergeleiteten Berechnungsformeln werden in Kapitel 5 mit Hilfe von Simulationsexperimenten validiert. Hierzu erfolgt die Abbildung verschiedener Szenarien in Simulationsmodellen. Die Ergebnisse der Simulationsexperimente werden den Ergebnissen der Berechnungsformeln gegenübergestellt. Weiterhin wird mit Hilfe der Simulationsergebnisse geprüft, in welchen Fällen Näherungsformeln anstatt rechenintensiver, exakter Formeln angewendet werden können.

Die entwickelte Methodik zur Systemauswahl und die hergeleiteten Berechnungsformeln werden in Kapitel 6 auf ein konkretes Beispiel angewendet, um die Schritte zur An-

wendung der Methodik und die Auswahl der richtigen Berechnungsformeln zu demonstrieren. Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung und gibt abschließend einen Ausblick auf weiterführende Forschungsthemen.