

Analytische Modellierung von Kommissioniersystemen zur systematischen Planungsunterstützung

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Stefan Galka

Technische Universität München

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Abstract: Im Rahmen eines Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München eine allgemeingültige Vorgehensweise für die Grobplanung von Kommissioniersystemen entwickelt. Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, eine Methode zu entwickeln, die den Planer unterstützt, ihn aber nicht mit seinen fundierten Kenntnissen und Erfahrungen ersetzt. Angefangen von der Ist-Analyse bis zur Bereitstellung von Kennzahlen für die Entscheidungsfindung unterstützt das Vorgehensmodell den Planer. Die Ermittlung der Kennzahlen basiert auf einer analytischen Modellierung des Kommissioniersystems. Mit Hilfe des Modells können sowohl homogene als auch heterogene Kommissioniersysteme abgebildet werden. Das Modell ermöglicht die Ermittlung der Leistung, der Investitionen und der Betriebskosten. Auf der Basis dieser Ergebnisse werden die für die Systemauswahl notwendigen Kennzahlen berechnet.

1 Einleitung

Kommissioniersysteme stellen in der heutigen Zeit ein wichtiges Schlüsselement in der Wirtschaft dar, indem sie den Lieferservice und die Logistikkosten im Wesentlichen mitbestimmen. Veränderungen des Marktes wirken sich direkt auf die Anforderungen an das Kommissioniersystem aus, da die Kommissionierung die Schnittstelle zum Kunden ist. Deshalb ist ein flexibles und robustes Kommissioniersystem gefragt. [Dul-05] Trotz der zunehmenden Automatisierung von Kommissioniersystemen kann die geforderte Flexibilität nur dann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erreicht werden, wenn der Mensch weiterhin im Mittelpunkt von Kommissioniersystemen steht. Dies hat zur Folge, dass die Kommissionierung einer der kostenintensivsten Bereiche von modernen Logistiksystemen bleiben wird. Daraus lässt sich die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung ableiten, denn das Planungsergebnis bestimmt nach der Realisierung über Jahre hinweg die Betriebskosten des Kommissioniersystems und somit die logistische Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens. [Gud-06]

2 Anforderungen an die Planung von Kommissioniersystemen

Die Planung von Kommissioniersystemen ist eine der schwierigsten Aufgabe der innerbetrieblichen Logistik. [Gud-04] Dies ist auf die Komplexität von Kommissioniersystemen zurückzuführen. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie die Kommissionieraufgabe realisiert werden kann. [Sad-07], [Dul-05], [Pie-82], [VDI3590] Bei der Planung muss die für die Anforderung effizienteste Mischung aus dem Spektrum der unterschiedlichen Realisierungsformen ausgewählt werden. Entscheidend ist, dass eine hohe Lieferqualität und gleichzeitig eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden kann. In der Abbildung 1 sind Gestaltungsmöglichkeiten, Anforderungen und Einflussgrößen beispielhaft dargestellt.

Häufig besteht die richtige Lösung nicht nur aus einem bestimmten Kommissionierverfahren, sondern aus zwei, drei oder vier verschiedenen Kommissionierverfahren, die in einer sinnvollen Kombination angeordnet werden. [Dul-05], [Pie-82] Hybride oder heterogene Kommissioniersysteme ermöglichen die Anpassung des Gesamtsystems an die spezifischen Anforderungen der Auftrags- und Artikelstruktur. Eine Standardlösung für Kommissioniersysteme

gibt es nicht. Allerdings besteht die Möglichkeit auf Standardmodule (z.B. AKL, Kommissionierstation) zurückzugreifen. [Dul-05]

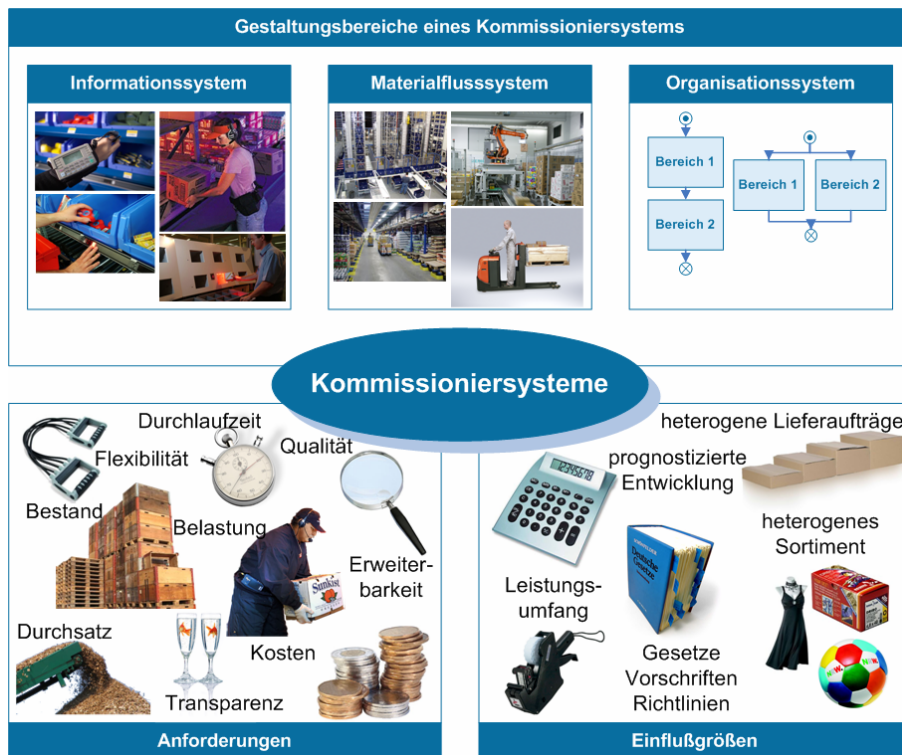


Abbildung 1: Gestaltungsmöglichkeiten, Anforderungen und Einflussgrößen von Kommissioniersystemen

Aufgrund von straffen Zeitplänen in den Planungsprojekten kommt es häufig zu Einsparungen bei der Ist-Analyse und dem Forecasting. [Lue-07] Dabei sind das genaue Erfassen und Analysieren der projektspezifischen Kommissionieraufgabe und die minutiöse Ist-Analyse zwingende Voraussetzungen für eine zielorientierte Planung. [Dul-05] Im Vergleich zu den Ist-Zahlen ist die anschließende Hochrechnung der Leistungsbedarfe für den gesamten Planungshorizont von noch größerer Bedeutung. [Gud-06] Die Hochrechnung stützt sich auf Einschätzungen, die unter Unsicherheit getroffen wurden. Es ist daher wichtig das Planungsergebnis hinsichtlich der Abweichungen von den Einschätzungen zu untersuchen. Sensitivitätsanalysen und die Szenariotechnik können hierbei als Methoden verwendet werden. [Ulb-07] Um Zeit zu sparen und Wiederholungseffekte zu nutzen, wurde bereits Anfang der 70iger Jahre versucht, den Planungsprozess und die Systemauswahl mit Hilfe von Entscheidungstabellen zu standardisieren. [Sch-73] Bis heute hat sich kein einheitliches Konzept für die standardisierte Planung von Kommissioniersystemen etabliert. Vielmehr hat jeder Planer und Systemanbieter ihre eigenen Methoden für die Konzeptfindung. [Dul-05] Häufig ruht die Systemauswahl auf den Erfahrungen des Planers und überschlägigen Berechnungen, die eine fehlende Transparenz und Nachvollziehbarkeit in der Entscheidungsfindung nach sich führen können. [Gal-08a]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, die Planung von Kommissioniersystemen kostet Geld, erfordert Zeit und hat weitreichende Konsequenzen hinsichtlich des Unternehmenserfolges. Einen Beitrag zur Beschleunigung der Grobplanung bei gleichzeitiger Verbesserung der Planungsqualität soll das Forschungsprojekt „Analytische Modellierung von Kommissioniersystemen zur systematischen Planungsunterstützung“ leisten. Dieses Forschungsprojekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

In den folgenden Abschnitten wird das allgemeingültige Vorgehensmodell für die Planung von Kommissioniersystemen vorgestellt und auf die analytische Modellierung von Kommissioniersystemen eingegangen. Abschließend wird die praktische Anwendung an einem Beispiel demonstriert.

3 Vorgehensmodell für die Planung

Das entwickelte Vorgehensmodell orientiert sich an der VDI-Richtlinie 2689. Ein wesentlicher Aspekt ist, dass das Vorgehensmodell von den projektspezifischen Anforderungen unabhängig ist und somit für jede Grobplanung von Kommissioniersystemen genutzt werden kann. Das Vorgehensmodell stellt somit einen Rahmen für eine Sammlung von Methoden und Planungswerkzeugen dar, die den Planer unterstützen sollen. Der gesamte Entscheidungsprozess und die Kontrolle der Ziele obliegen dem Planer. Die Aufgabe der Methoden und Werkzeuge ist es, objektive und reproduzierbare Kennzahlen für die Bewertung von Systemvarianten zu liefern. Die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells sind in Abbildung 2 dargestellt.

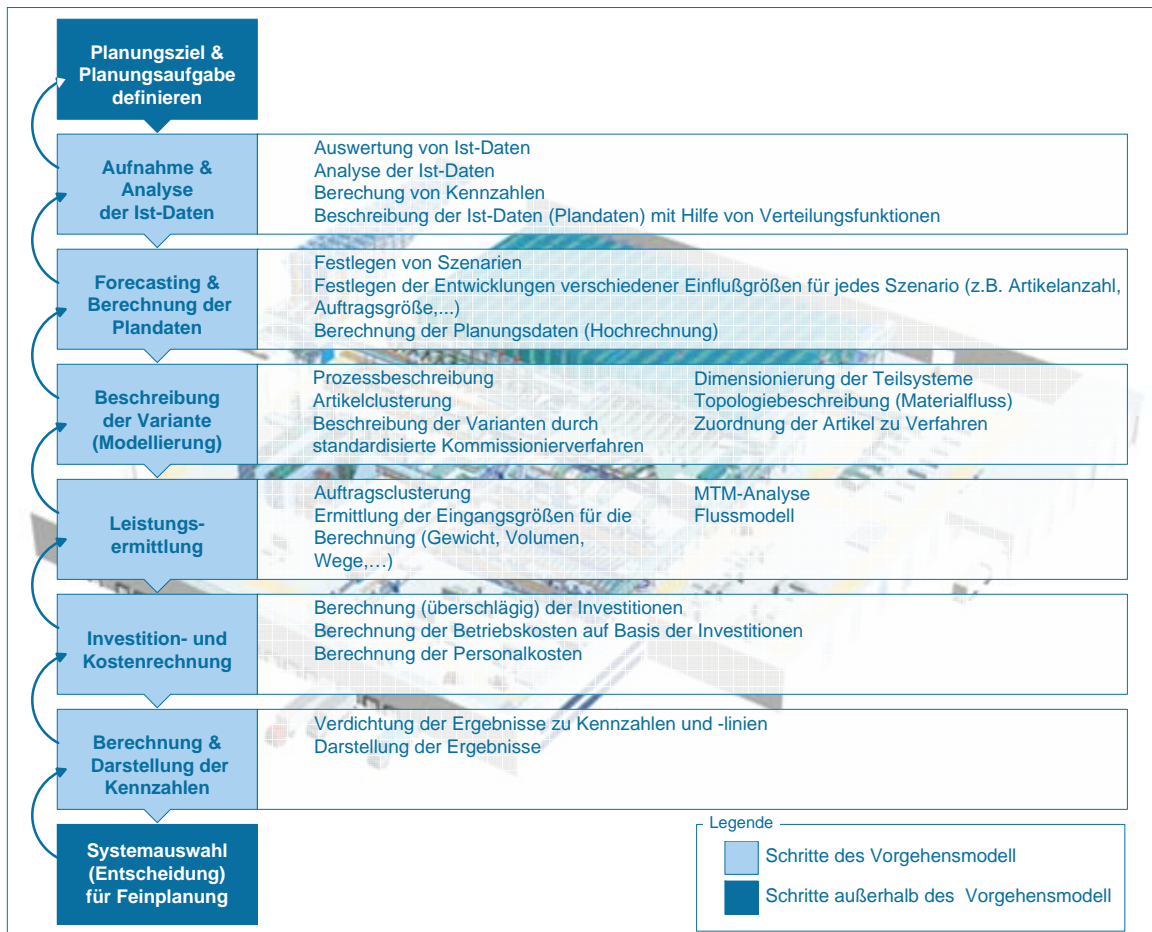


Abbildung 2 Vorgehensmodell für die Grobplanung von Kommissioniersystemen

Nach dem der Planer die Planungsaufgabe und -ziele definiert hat, beginnt die Ist-Analyse. Ein Datenmodell unterstützt den Planer bei der Auswahl der aufzunehmenden Daten. Durch Werkzeuge können die Daten auf Vollständigkeit und Konsistenz geprüft werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit Kennzahlen für die Bewertung der Ist-Situation bzw. der Anforderungen zu ermitteln.

Von den gewonnenen Daten ausgehend muss die zukünftige Entwicklung beschrieben werden. Ein Werkzeug bietet dem Planer die Möglichkeit die aktuellen Daten auf Grund seiner Einschätzungen anzupassen. Die Anpassung erfolgt über Parameter und die Auswirkung auf die Planungsdaten wird graphisch dargestellt.

Im nächsten Schritt muss das Modell für eine Planungsvariante erstellt werden. Für das abzubildende Kommissioniersystem stehen verschiedene Bausteine zur Verfügung. Die Bausteine können nach den Vorstellungen des Planers kombiniert werden. Für die unterschiedlichen Funktionen eines Kommissioniersystems gibt es unterschiedliche Bausteintypen. Die Bausteine müssen den projektspezifischen Anforderungen angepasst werden. Dafür steht

dem Planer ein Werkzeug zur Verfügung, das z.B. die notwendige Anzahl von Bereitstellplätzen berechnet und dabei die Zugriffshäufigkeit, den Ladungsträgertyp und die Reichweite berücksichtigt.

Das Kommissioniersystem ist vollständig beschrieben und es erfolgt nun die Leistungsberechnung durch ein weiteres Werkzeug. In dieser Phase ist der Planer nur durch die Vorgaben für die Flussebene eingebunden. Im Abschnitt 4 wird auf die Modellierung und Berechnung detaillierter eingegangen. Im Anschluss an die Leistungsberechnung wird eine Investitions- und Kostenrechnung durchgeführt. Die Investitionsrechnung nutzt eine Kostenzahlenbasis für die notwendige System- und Gebäudetechnik. Über die Parameter der Dimensionierung und den Angaben zur verwendeten Systemtechnik können die Investitionen grob berechnet werden. Dabei werden auch Investitionen für das Gebäude und Grundstück berücksichtigt. Anhand der Investitionen werden über einen prozentualen Ansatz die Betriebs- und Wartungskosten bestimmt. Der Planer ist in die Ermittlung der Personalkosten aktiv eingebunden. Dafür werden die Ergebnisse der Leistungsberechnung genutzt. Es obliegt dem Planer festzulegen, wie das passende Arbeitszeitmodell aussieht und welche Personalkosten dadurch entstehen.

In der letzten Phase werden die Kennzahlen für die Bewertung berechnet. Das Werkzeug für die Berechnung der Kennzahlen stellt bereits vordefinierte Kennzahlen wie „Positionen pro Mitarbeiter und Stunde“ oder „Kosten pro Position“ zur Verfügung. Im folgenden Abschnitt sollen die Modellierung und Leistungsberechnung von Kommissioniersystemen detaillierter beschrieben werden.

4 Modellierung des Kommissioniersystems

Das Modell des Kommissioniersystems setzt sich aus vier verschiedenen Bausteintypen zusammen. Es handelt sich um die Transportbausteine, dem Zusammenführungsbaustein und dem Nachschubbaustein. Den Kern des Modells bilden die Kommissionierbausteine, die die verschiedenen Kommissionierprinzipien darstellen. Im Forschungsprojekt wurden bisher drei verschiedene Kommissionierbausteine entwickelt.

Der erste Baustein repräsentiert das konventionelle eindimensionale Kommissionieren mit statischer Bereitstellung der Artikel und einer zentralen Abgabe der Sammelbehälter. Beim zweiten Baustein kommt ein vertikal fahrbares Kommissionierfahrzeug zum Einsatz. Das Bereitstellungsprinzip ändert sich beim dritten Baustein, denn in diesem Fall wird die Ware dynamisch bereitgestellt. Die automatische Bereitstellung erfolgt an einem Kommissionierarbeitsplatz in der Vorzone eines automatischen Hochregallagers (Pick-Station). In der Abbildung 3 sind Praxisbeispiele für die drei Bausteine dargestellt. Das Erstellen und Einbinden von weiteren Bausteinen ist möglich.



Abbildung 3 Beispiele für die Kommissionierbausteine

Durch die Kombination der verschiedenen Bausteintypen kann eine Vielzahl verschiedener homogener und heterogener Kommissioniersysteme erstellt werden. In der Abbildung 4 ist ein Beispiel für ein Modell dargestellt. Dieses Modell besteht aus zwei parallel angeordneten

Kommissionierbausteinen, einem Nachschubbaustein und einem Zusammenführungsbau- stein. Der Wareneingang und der Warenausgang sind nicht Bestandteile des Modells.

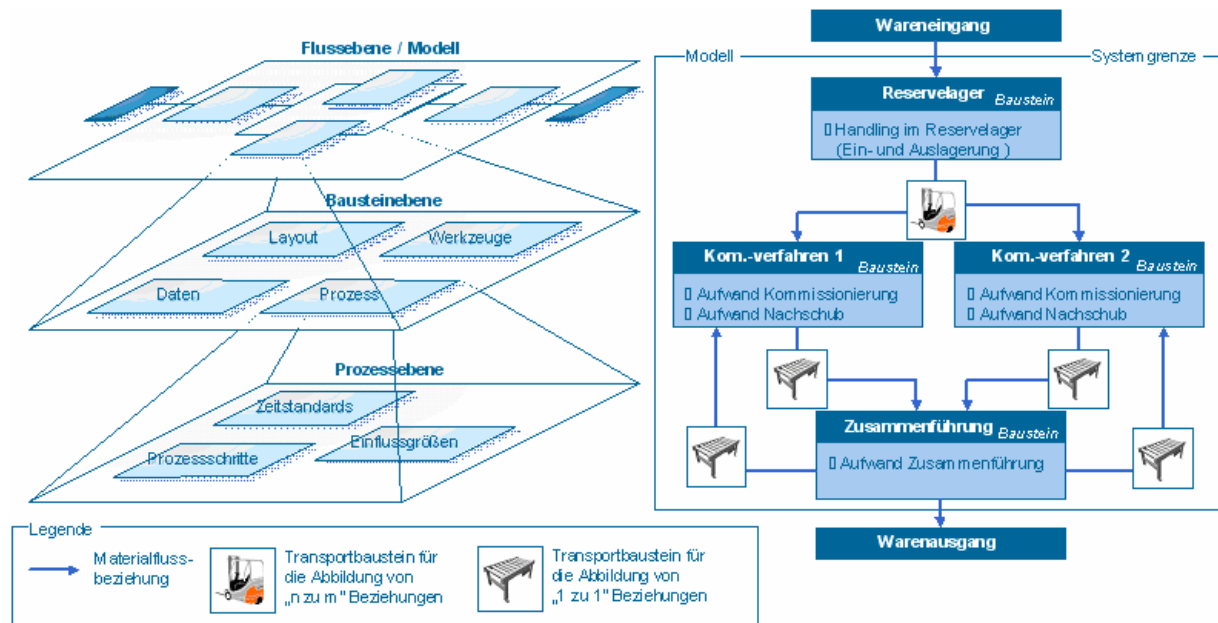


Abbildung 4 Ebenen des Modells und Beispiel für die Flussebene eines Modells

Alle Bausteine müssen entsprechend des geplanten Materialflusses verknüpft werden. Die Beschreibung des Materialflusses erfolgt in der Flussebene. Diese Ebene ist die oberste Ebene im Modell. Durch die Verknüpfung der Bausteine entstehen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen. Die Aufgabe der Flussebene ist es, diese abzubilden. Dabei handelt es sich um ein mesoskopisches Modell, welches den Durchsatz (unter Berücksichtigung der Kapazität) der einzelnen Bausteine in Abhängigkeit der Zeit berücksichtigt. [Sch-08][Nyh-08] In der Abbildung 5 ist die Funktionsweise des Flussmodells am Beispiel von zwei Kommissionierbausteinen, die mit einem Transportbaustein verknüpft sind, dargestellt. Der Abfluss $\lambda_{KB1}^{out}(t)$ des Kommissionierbausteins 1 wird demnach aus dem Zufluss $\lambda_{KB1}^{in}(t)$, dem Durchsatz $\mu_{KB1}(t)$ und dem Auftragsbestand $B_{KB1}(t)$ des Kommissionierbausteins 1 bestimmt. Der Input des Transportbausteins entspricht dem Output des Kommissionierbausteins 1. Die Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufes ermöglicht es, Leistungsbeeinflussende Veränderungen der Anforderungen über den Tagesverlauf zu berücksichtigen. Insofern lässt sich die oft typische Zunahme der Auftragsanzahl zum Nachmittag hin einbeziehen.

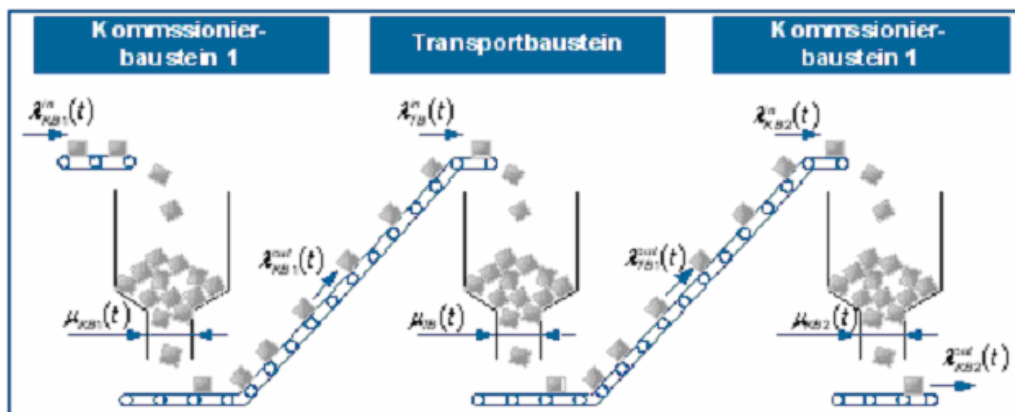


Abbildung 5 Flussmodell für die Abbildung des Materialflusses in Abhängigkeit der Kapazität

Die durch das Flussmodell verknüpften Bausteine sind alle ähnlich aufgebaut. Im Folgenden soll der Aufbau der Kommissionierbausteine erläutert werden. Die Kommissionierbausteine

unterscheiden sich durch den Prozess und das Layout. Für jeden Baustein wird ein Standardlayout unterstellt, welches durch Parameter angepasst wird. Im Fall des Kommissionierbausteins „konventionelles Kommissionieren“ sind die wesentlichen Parameter die Gassenanzahl, die Lagerfachspalten und -zeilen pro Regal.

Zentrales Element des Bausteins ist die Prozessbeschreibung. Jeder Baustein hat definierte Prozessschritte. Für die einzelnen Prozessschritte können durch den Planer unterschiedliche Varianten ausgewählt werden. Am Beispiel des Prozessschritts „Entnahme“ des Bausteins „konventionelles Kommissionieren“ sind folgende Alternativen möglich: Entnahme ohne Bestätigen, Entnahme mit Bestätigen, Entnahme mit Scannen des Lagerfaches,...Die Konsistenz des gesamten Prozesses wird durch eine Verknüpfungsmatrix gewährleistet, die nur bestimmte Kombinationen von Alternativen für Prozessschritte zulässt.

Um den Zeitstandard für einen Prozessschritt zu ermitteln, müssen die Einflussgrößen aus den Planungsdaten ermittelt bzw. berechnet werden. Die relevanten Einflussgrößen für einen Prozessschritt sind im Modell hinterlegt. Die Abbildung 6 soll den Zusammenhang zwischen Prozess, Prozessschritt und den Einflussgrößen verdeutlichen.

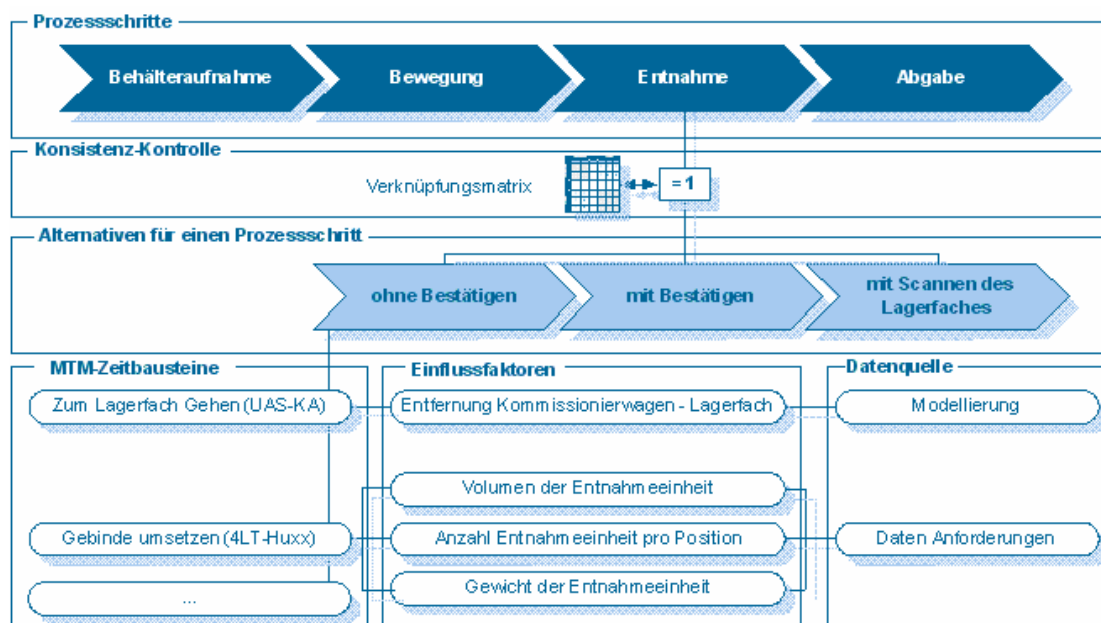


Abbildung 6 Aufbau der Prozessmodellierung und Verknüpfung mit MTM-Zeitbausteinen

Für die Berechnung der zurückzulegenden Entfernungen im Kommissioniersystem werden bereits publizierte Methoden von Gudehus, Kunder, Schulte und Sadowsky verwendet, die sowohl die Einlager- als auch die Bewegungsstrategie beachten.

Mit Hilfe der Prozessbeschreibung und der Einflussgrößen kann die Sollzeit für die beschriebene Tätigkeit ermittelt werden. Die so berechnete Sollzeit muss auf eine einheitliche Bezugsgröße normiert werden (z.B. Lieferauftragsposition). Das Ergebnis, die Sollzeit, bestimmt zusammen mit der zur Verfügung stehenden Kapazität (z.B. Anzahl Pickstationen) den Durchsatz eines Bausteins im Flussmodell.

5 Praxisbeispiel

Ein Anwendungsfall für die analytische Modellierung von Kommissioniersystemen wird in diesem Kapitel erläutert. Die Planungsaufgabe ist, zu prüfen, ob bei den vorliegenden Anforderungen eine dynamische Bereitstellung der Artikel an einer Pick-Station (Baustein 3) im Vergleich zur klassischen Kommissionierung nach dem Prinzip Person-zur-Ware (Baustein 1) Vorteile bringt. Der Argumentation im Kapitel 1 folgend, wird auch untersucht, ob beide Verfahren in einer Kombination die gesamte Systemleistung verbessern. Das Sortiment wurde in A, B und C Artikel eingeteilt und in unterschiedlichen Kombinationen den beiden Kom-

missionierverfahren zugeordnet. Der Modellaufbau ist in Abbildung 5 dargestellt. In den Tabellen 1 und 2 sind die Anforderungen und die Planungsvarianten aufgeführt.

Anforderung	gesamt	bezogen auf die Artikelgruppe		
		A	B	C
Artikelanzahl	12.000	1.512	1.693	8.795
Zugriffe pro Tag	6.000	3.962	1.563	475
Aufträge pro Tag	1.500			
Ø Positionen pro Auftrag	4			

Tabelle 1 Auszug aus den Anforderungen an das Kommissioniersystem

Aufteilung der Artikelgruppen auf die Kommissionierbereiche						
Variante	1	2	3	4	5	6
Fachbodenregal	A,B,C	A,B	A		A,B	A
Pick-Station		C	B,C	A,B,C	C	B,C

Tabelle 2 Übersicht über die Planungsvarianten und die entsprechende Zuordnung der Artikelgruppen

Für die Ermittlung der Leistungs- und Kostenkennzahlen wurden zuerst die Prozesse im Kommissioniersystem mit Hilfe der erstellten MTM-Prozessbausteine beschrieben. Des Weiteren wurden die Tätigkeiten für die Versorgung der Kommissionierbereiche (Nachschub) und die Abläufe in der Zusammenführung (Versand) durch die MTM-Prozessbausteine definiert. Um den Zeitstandard bzw. die Bearbeitungszeit zu ermitteln, müssen für jeden Prozessbaustein unterschiedliche Kennzahlen berechnet werden. Dies erfolgt ohne ein zusätzliches Eingreifen des Planers. Die Ermittlung des Zeitstandards schließt mit einer Normierung der ermittelten Bearbeitungszeit auf eine vergleichbare Größe ab. Im Beispiel wird hierbei die Zeit pro Auftragsposition ausgegeben. In Abbildung 7 ist der Zeitbedarf für das Kommissionieren, den Versand und den Nachschub pro Auftragsposition dargestellt.

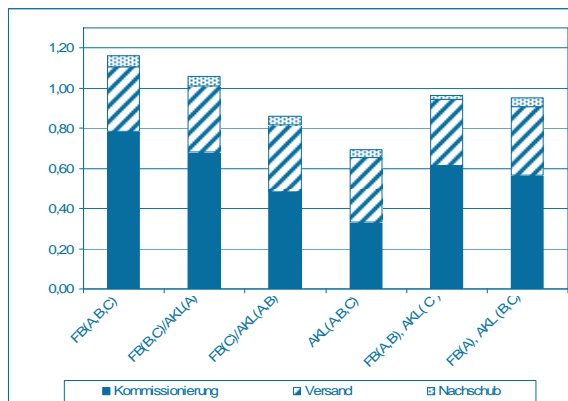


Abbildung 7 Zeit in Minuten pro Position eines Lieferauftrages für jede Planungsvariante

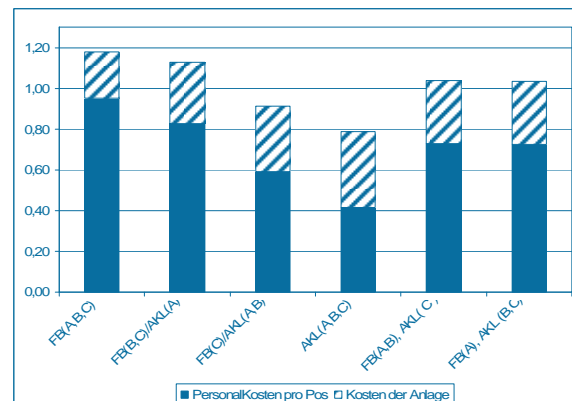


Abbildung 8 Kosten in Euro pro Position eines Lieferauftrages für jede Planungsvariante

Die geringste Bearbeitungszeit pro Position entsteht, wenn alle Aufträge an Pickstationen bearbeitet werden, wobei die Versorgung der Station mit Bereitstellereinheiten durch Förder-technik und einem AKL erfolgt. Eine Entscheidung nur auf Grund des Faktors Zeit muss nicht zu einer kostenminimalen Variante führen. Die Investitionen und die damit verbundenen Kosten für eine höhere Automatisierung müssen berücksichtigt werden. Daher wurden für alle Planungsvarianten die Investitionen und die daraus resultierenden Kosten ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Kosten sprechen auch für diejenige Planungsvariante, bei der nur Pick-Stationen zum Einsatz kommen.

6 Fazit

In diesem Beitrag haben die Autoren die Anforderungen an die Planung von Kommissioniersystemen und die Problematik bei der Standardisierung der Planung erläutert. Es wurde gezeigt, wie mit Hilfe eines allgemeingültigen Vorgehensmodells die Planung von Kommissioniersystemen in der Phase der frühen Grobplanung vereinfacht werden kann. Durch den Ansatz der analytischen Modellierung von Kommissioniersystemen sowie der Methoden und Werkzeuge für die Ermittlung von Kennzahlen kann das Tempo und die Transparenz bei der Auswahl von Planungsvarianten erhöht werden. Der vorgestellte Ansatz hebt sich von bekannten Ansätzen dahingehend ab, dass er sich nicht auf bestimmte Aspekte bei der Planung von Kommissioniersystemen konzentriert.

Das analytische Modell kann über die Planung hinaus für die Untersuchung von strategischen Fragestellungen genutzt werden. So kann die Flexibilität von Kommissioniersystemen bei sich ändernden Anforderungen untersucht werden. [Gal-08b] An Hand der Ergebnisse können Handlungsfelder erkannt werden, die den langfristigen wirtschaftlichen Betrieb von Kommissioniersystemen gewährleisten. Darüber hinaus ist eine Adaption des Modells auf andere Bereiche der Intralogistik möglich.

7 Literatur

- [Dul-05] Dullinger, Karl-Heinz: Das richtige Kommissionier-Konzept – eine klare Notwendigkeit. Jahrbuch Logistik 2005, Korschbroich.
- [Gal-08a] Galka, Stefan; Ulbrich, Alexander; Günthner, Willibald: Performance Calculation for Order Picking Systems by Analytical Methods and Simulation. Logistics and Supply Chain Management: Trends in Germany and Russia DR-LOG 08, Publishing House of the St. Petersburg State Polytechnical University, Moskau, 2008.
- [Gal-08b] Galka, Stefan; Ulbrich, Alexander; Günthner, Willibald: Analytische Untersuchung der Flexibilität von Logistiksystemen am Beispiel von Kommissioniersystemen. Tagungsband "Logistikinnovationen – Erfolg in einem vernetzten Europa" Ludwigsfelde 2008
- [Gud-04] Gudehus, Timm: Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004
- [Gud-06] Gudehus, Timm: 10 Goldene Regeln der Logistikplanung. Logistikjahrbuch 2006, Korschbroich, 2006.
- [Lin-07] Lindemann, Friedhelm: Null-Fehler-Kommissionierung im Distributionszentrum. Jahrbuch Logistik 2007, Korschbroich, 2007.
- [Lue-07] Lüning, Ralf: Die Automatisierungsschere der Kommissionierung. TU-Ilmenau, Institut für rechnergestützte Produktion, 2007.
- [Nyh-08] Nyhuis, Peter: Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- [Pie-82] Pieper-Musioli, R: Entscheidungshilfe zur Auswahl und Bewertung von Kommissioniersystemen. Fördern und Heben – Marktbericht Lager 1982.
- [Sad-07] Sadowsky, Volker: Beitrag zur analytischen Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen, Dissertation Universität Dortmund 2007.
- [Sch-73] Schaab, Wilhelm: Methodik der Lagerplanung. Fördern und Heben 23/ 1973.
- [Sch-08] Schenk, Michael; Tolujew, Juri; Reggelin, Tobias: Mesoskopische Modellierung und Simulation für die schnelle aufwandsarme Planung und Steuerung robuster und sicherer Logistiksysteme. Robuste und sichere Logistiksysteme, Deutscher Verkehrs-Verlag, Bremen, 2008.
- [Ulbr-07] Ulbrich, Alexander; Galka, Stefan; Günthner, Willibald: Simulation Of Multi-Level Order-Picking Systems Within Rough Planning For Decision Making 21st EUROPEAN Conference on Modelling and Simulation ECMS 2007, Prag, 2007.
- [Ulbr-08] Ulbrich, Alexander; Galka, Stefan; Günthner, Willibald: Investigation of the Influences of Article and Order Structure on the Dimensioning of Zone-Picking-Systems 22nd EUROPEAN Conference on Modelling and Simulation ECMS2008, Nicosia, 2008.

- [VDI2689] Verein Deutscher Ingenieure: VDI 2689 "Leitfaden für die Materialflussuntersuchung". Beuth-Verlag, Berlin, 1974.
- [VDI3590] Verein Deutscher Ingenieure: VDI 3590 Blatt 1 „Kommissioniersysteme – Grundlagen. Beuth-Verlag, Berlin, 1994.