

**Kennlinienbasierte Optimierung von Kommissioniersystemen  
mit dynamischer Bereitstellung**

**Von der Fakultät für Maschinenbau  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur**

**genehmigte Dissertation**

**von**

**Dipl.-Ing. Martin Lucas**

**geboren am 19.09.1975 in Münster**

**2007**

**1. Referent:** Prof. Dr.-Ing. L. Schulze

**2. Referent:** Prof. Dr.-Ing. G. Voß

**Tag der Promotion:** 01.06.2007

Materialfluss- und Logistiksysteme

Band 5

**Martin Lucas**

**Kennlinienbasierte Optimierung  
von Kommissioniersystemen mit  
dynamischer Bereitstellung**

Shaker Verlag  
Aachen 2007

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6443-7

ISSN 1438-4922

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Vorwort des Herausgebers**

Die Kommissionierung in Industrie, Handel und Dienstleistung nimmt eine Schlüssel-funktion für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen ein. Dabei wird die wirt-schaftliche Effizienz sowohl durch unter- als auch durch überdimensionierte Kom-missioniersysteme beeinträchtigt. So erreichen unterdimensionierte Systeme nicht die geforderte Leistung, und als Folge können nicht alle Aufträge termingerecht fertig gestellt werden. Überdimensionierte Kommissioniersysteme ermöglichen zwar eine termingerechte Ausführung der Aufträge, aber sie halten ungenutzte Ressourcen vor.

Vor dem Hintergrund ansteigender Lohnkosten wird deutlich, dass die Automatisie-rung in der Kommissionierung ansteigt und die Fortbewegung der Kommissioniermit-arbeiter eine zu minimierende Größe ist. Diesen Zielen wird durch das Organisati-onsprinzip der dynamischen Bereitstellung entsprochen. Bei diesem Prinzip wird die Artikelpalette zum Kommissionierplatz gefahren. Nach Abschluss der Greifarbeit wird die Restmenge mit der Artikelpalette in das Vorratslager zurückgeführt.

Für diesen Typ von Kommissionieranlagen werden Dimensionierungsansätze entwi-kelt und Arbeitsprozesse für die Planung und Optimierung von Kommissioniersys-temen mit dynamischer Bereitstellung definiert. Die Ergebnisse ermöglichen eine Dimensionierung, ohne dass kosten- und zeitaufwändige Simulationen notwendig sind. Damit liegen methodische Ansätze vor, die sowohl für weitere wissenschaftliche Arbeiten als auch für die Praxis von großer Bedeutung sind.

Der Verfasser hat sich durch wissenschaftlich fundierte Forschungs- und Entwick-lungsarbeiten und durch eine Vielzahl erfolgreicher Industrieprojekte ausgezeichnet. Er hat sich dabei ein tiefes Wissen über logistische Geschäftsprozesse, Order-Picking-Systems und Warehouses erarbeitet. Dieses Know-how stellte die Basis für die vorliegende Arbeit dar, die der Autor am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen der Leibniz Universität Hannover erstellt hat.

Hannover, im Juli 2007

Lothar Schulze



## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Zeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen der Leibniz Universität Hannover entstanden. Mein Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. L. Schulze, Leiter des Fachgebietes, für die wertvollen Anregungen sowie die fortwährende Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Für die Übernahme des Korreferates bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr.-Ing. G. Voß, ehemaliger Leiter des Institutes für Schienenfahrzeuge und maschinelle Bahnanlagen. Herrn Professor Dr.-Ing. G. Redeker, bisheriger Leiter des Institutes für Qualitätssicherung, gilt mein Dank für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Für die stets freundschaftliche Zusammenarbeit sowie die fachliche Unterstützung bedanke ich mich bei meinen ehemaligen Kollegen des Fachgebietes. In besonderer Weise danke ich Herrn Dipl.-Wirtsch.-Ing. Alexander Wüllner und Herrn Dipl.-Oec. Marcus Gerasch.

Neben meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben, danke ich ganz besonders meiner Freundin Nicole für den Verzicht auf die vielen gemeinsamen Stunden. Ihre Ruhe und Geduld hat mir den notwendigen Rückhalt für die Erstellung dieser Arbeit gegeben.

Münster, im Juli 2007

Martin Lucas



## **Kurzfassung**

Der Optimierung von logistischen Abläufen und Prozessen kommt vor dem Hintergrund des wachsenden Kostendrucks sowie der Globalisierung der Märkte eine zunehmende Bedeutung zu. Als Bindeglied zwischen Lieferant und Kunde bilden Kommissioniersysteme ein Kernelement der Optimierungsansätze.

Aufgrund der Vielzahl technischer Gestaltungsvarianten und der vernetzten Strukturen von Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung stellt die Planung dieser Systeme alle beteiligten Partner vor große Herausforderungen.

In der vorliegenden Arbeit werden Kennlinien und Kennzahlen entwickelt, die die Planung, den Betrieb sowie die Optimierung von Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung unterstützen. Betrachtungsgegenstand sind Kommissioniersysteme mit dynamischer Bereitstellung, in denen über stetig arbeitende Kreissysteme die Ladeeinheiten an den Kommissionierplätzen bereitgestellt werden. Aufbauend auf der Ableitung eines geeigneten methodischen Ansatzes zur Beurteilung des Leistungsverhaltens derartiger Systeme, werden wesentliche Varianten der Kommissioniersysteme untersucht.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass zwischen den Eingangsgrößen und den Ergebnisgrößen allgemeingültige Zusammenhänge bestehen. So haben die Anzahl an Kommissioniermitarbeitern sowie die Entnahmezeit pro Ladeeinheit unabhängig von der Variante des Kommissioniersystems einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung. Neben den Erkenntnissen zu Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung stehen mit der vorliegenden Arbeit Grundlagen für die Dimensionierung und den Betrieb dieser Kommissioniersysteme zur Verfügung.

## **Schlagworte:**

- o Kommissionierung
- o Dynamische Bereitstellung
- o Leistungsanalyse

## **Abstract**

The optimization of logistic chains and processes is increasingly becoming more important due to a growing price challenge and globalization of markets. The linking joint between the supplier and the customer are order picking systems and therefore a central element of the optimization approaches.

As a result of many technical configuration possibilities and highly networked structures of order picking systems with a dynamic provision strategy the planning of those systems is a big challenge for every party involved.

In the paper at hand characteristic curves and numbers are developed that support the planning, the operation as well as the optimization of order picking systems with a dynamic provision strategy. The topic examined are order picking systems with a dynamic provision of goods in which the loading units are prepositioned at the picking stations with conveyor cycles. Based on the assortment of an applicable methodical approach for evaluating the output capacity of such systems the different system alternatives are analysed with variable inputs using simulations.

The results of the simulations underline that general connections exist between the input and the output values. For example the number of pickers as well as the picking contents per loading unit have an important influence on the behavior of the output capacity independent of the examined conveyor technique. Besides consolidated findings about order picking systems with a dynamic provision strategy this paper also develops basics for the dimensioning and operation of such systems.

## **Keywords:**

- o Order picking
- o Dynamic provision
- o Performance analyses

## Inhaltsverzeichnis

0	Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1	Einleitung.....	1
2	Ausgangssituation .....	4
2.1	Abgrenzung Betrachtungsbereich .....	4
2.2	Forschungsdefizit .....	8
2.3	Ziel der Arbeit und Vorgehensweise.....	9
3	Kommissioniersysteme mit dynamischer Bereitstellung .....	11
3.1	Informationssystem .....	13
3.2	Organisationssystem.....	15
3.2.1	Aufbauorganisation .....	15
3.2.2	Ablauforganisation .....	15
3.3	Materialflusssystem.....	17
3.3.1	Direkte Bereitstellung .....	18
3.3.2	Indirekte Bereitstellung.....	19
3.4	Zeitanteile der Kommissionierung .....	22
4	Methoden zur Beurteilung des Leistungsverhaltens .....	24
4.1	Kenngrößen aus realen Kommissioniersystemen .....	24
4.2	Statische Leistungsbestimmung.....	24
4.3	Warteschlangentheorie .....	25

---

4.4	Künstliche neuronale Netze .....	27
4.5	Simulation .....	28
4.6	Methodenauswahl .....	29
5	Modellerstellung .....	33
5.1	Simulationsexperiment .....	33
5.2	Simulatorauswahl .....	36
5.3	Modellaufbau.....	36
5.4	Grenzleistung der Einzelelemente.....	43
5.4.1	Regalbediengeräte.....	43
5.4.2	Stetigfördertechnik .....	46
5.4.3	Eckumsetzer und Kettenausschleuser .....	47
5.5	Validierung .....	48
6	Modellversuche .....	52
6.1	Zweikreissystem.....	57
6.1.1	Auslastung Regalbediengeräte .....	59
6.1.2	Auslastung Kommissionierplätze .....	61
6.1.3	Ressourcenoptimierung .....	65
6.2	Verbundenes Zweikreissystem .....	72
6.2.1	Auslastung Eckumsetzer.....	74
6.3	Einkreissystem .....	80
6.3.1	Ressourcenoptimierung .....	82

---

6.4	Gegenüberstellung der Varianten der Kommissioniersysteme.....	86
7	Dimensionierungsansätze .....	91
7.1	Kommissionierplätze .....	92
7.2	Kommissioniermitarbeiter.....	97
8	Zusammenfassung.....	98
9	Schrifttum .....	101