

Effiziente Reorganisationsmaßnahmen in manuellen Kommissioniersystemen

Efficient relocating in manual order picking systems

David Korte
Karl-Heinz Wehking

Institut für Fördertechnik und Logistik
Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
Universität Stuttgart

Manuelle Kommissioniersysteme mit dynamischen, d. h. zeitveränderlichen Sortimenten umfassen wechselnde Artikel, die regelmäßig ein- und ausgelistet werden und deren Bestände großen Schwankungen unterliegen. Um effizient kommissionieren zu können, müssen diese Kommissioniersysteme regelmäßig reorganisiert werden. Den Umfang sowie den Zeitpunkt dieser Maßnahmen gilt es zu bestimmen.

[Schlüsselwörter: Lagerreorganisation, manuellen Kommissionierung, Lagerverwaltung, Optimierung]

Manual order picking systems with a dynamic i.e. time-varying range of goods include changing items that are regularly listed in and out and their stock are subject to large fluctuations. To pick goods efficiently, those must be regularly relocated. The range and the timing of these measures, is to be determined.

[Keywords: Reslotting, manual order picking, warehouse management, optimization]

1 LAGERPLATZZUORDNUNG UND REORGANISATIONSBEDARF

Die Zuordnung von Artikeln zu ihren Plätzen in Kommissioniersystemen unterliegt bestimmten Strategien. Nicht immer können diese Strategien bei der Einlagerung eingehalten werden. Dadurch kann eine nicht gewollte Unordnung entstehen, die zur Wiederherstellung des Optimalzustandes beseitigt werden muss.

1.1 LAGERPLATZZUORDNUNG

Bei der Einlagerung von Artikeln in Kommissioniersysteme werden unterschiedliche Belegungsstrategien angewandt, die von bestimmten physischen, organisatorischen oder auch sicherheitstechnischen Anforderungen abhängen. Die Artikel werden unter Berücksichtigung der Fahr- und Transportwege, der Umschlagsleistung oder auch der Verfügbarkeit entsprechenden Lagerplätzen zugewiesen [HS10]. Unterteilt werden können die Be-

legungsstrategien in Strategien der festen Lagerplatzvergabe, der freien Lagerplatzvergabe sowie der freien Lagerplatzvergaben innerhalb fester Bereiche [Neu13]. Bei der festen Lagerplatzvergabe werden die Artikel hinsichtlich spezifischer Kriterien geordnet und befinden sich dann leicht auffindbar an definierten Plätzen. Im Gegensatz dazu kann bei der freien Lagerplatzvergabe eine Einlagerung der Artikel an jedem momentan frei verfügbaren Lagerplatz erfolgen. Ein Ziel dieser Strategie stellt der höhere Raumnutzungsgrad dar, dem ein höherer Verwaltungsaufwand gegenüber steht [Koe14]. Eine Kombination dieser beiden Strategien ist die Vergabe freier Lagerplätze innerhalb fester Bereiche. Zur Minimierung der Zugriffszeiten werden Artikel in Abhängigkeit ihrer Zugriffshäufigkeit den dafür geeigneten Zonen zugewiesen. Zur Steigerung der Kommissionierleistung können häufig gemeinsam kommissionierte Artikel innerhalb der definierten Zonen an benachbarten Plätzen eingelagert werden.

1.2 REORGANISATIONSBEDARF

Aufgrund saisonaler Schwankungen bei der Nachfrage einzelner Artikel oder Artikelgruppen, Veränderungen im Sortiment, wie die Neuaufnahme oder das Entfernen von Artikeln (auch aufgrund der kürzeren Produktlebenszyklen) kann es in manuellen Kommissioniersystemen zu Ineffizienzen hinsichtlich der Lagerplatzzuordnung kommen [HS10] [KBW12]. Bei der Neuaufnahme von Artikeln werden diese häufig, aufgrund der schlechten Prognostizierbarkeit der Nachfrage, einem beliebigen freien Lagerplatz zugewiesen. Dies führt dazu, dass sich dadurch nachfragestarke Artikel auf Lagerplätzen befinden können, die für Artikel mit einer geringeren Nachfrage prädestiniert sind.

Als Beispiel dafür ist in Abbildung 1 die Nachfrage nach Artikeln eines Unternehmens, welche in einem aus vier Zonen bestehenden Kommissionierbereich bereitgestellt werden, dargestellt.

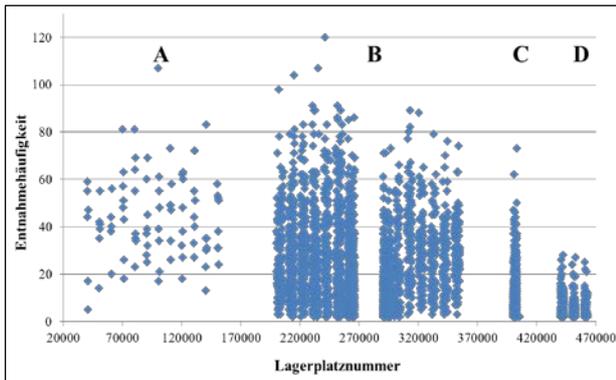


Abbildung 1. Artikelnachfrage in vier Zonen eines Kommissionierbereichs

Die Artikel werden in Abhängigkeit der Nachfrage einer der vier Zonen zugeordnet. Artikel mit einer sehr hohen Nachfrage befinden sich in der A-Zone, welche sich über die Regalfächer mit den Nummern 20.000 bis 170.000 erstreckt. Daran anschließend befinden sich gruppiert die Artikel mit der zweithäufigsten Nachfrage in der B-Zone in den Regalfächern mit den Nummern 200.000 bis 350.000. Artikel mit einer geringeren Nachfrage befinden sich in der dritten Zone der C-Artikel. Die Artikel mit der geringsten Nachfrage werden in der Zone der D-Artikel in den Regalfächern 440.000 bis 470.000 eingelagert. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, weicht die Nachfrage einiger Artikel von anderen derselben Zone ab. So befinden sich Artikel in der B-Zone, welche sich aufgrund der relativ hohen Nachfrage in der A-Zone befinden sollten. Auf der anderen Seite befinden sich jedoch auch nachfrageschwache Artikel in der A-Zone und belegen dort Lagerplätze, die für nachfragestarke Artikel verfügbar sein sollten.

Dieser Zustand führt in der manuellen Person-zur-Ware-Kommissionierung dazu, dass zum Kommissionieren der häufig nachgefragten Artikel größere Wegstrecken als erforderlich zurückgelegt werden müssen.

Abbildung 2 zeigt die Anteile der einzelnen Tätigkeiten an der Kommissionierzeit in manuellen Kommissioniersystemen. Da der Zeitanteil, der in der manuellen Kommissionierung für das Zurücklegen der Wegstrecken aufgewendet wird, mit rund 50 % den größten Anteil der Kommissionierzeit einnimmt, führt ein Anstieg der Wegzeit, der durch die ineffiziente Kommissionierung verursacht wird, schnell zu einem Anstieg der gesamten Kommissionierzeit. Durch relativ einfache Maßnahmen können die Wegstrecken verringert werden, wodurch der für die Kommissionierzeit maßgebliche Zeitanteil reduziert werden kann.

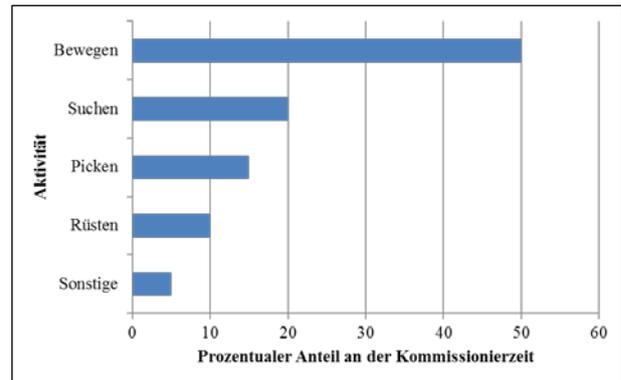


Abbildung 2. Anteil der Tätigkeiten an der Kommissionierzeit in Anlehnung an [Tom96]

2 REORGANISATIONSMASSNAHMEN

Die oben genannten Ursachen bedingen die Durchführung einer Reorganisation des Kommissionierbereichs in festen zeitlichen Abständen oder bei Eintritt bestimmter Ereignisse. Als Einflussfaktoren gelten neben der Anzahl der in einem Zeitabschnitt neu aufgenommenen oder entfernten Artikel auch die allgemeine Volatilität der Nachfrage.

2.1 INDIKATOREN FÜR REORGANISATIONSBEDARF

Um die Notwendigkeit von Reorganisationsmaßnahmen zu identifizieren, vor allem dann, wenn diese auch außerhalb festgelegter zeitlicher Intervalle bei bestehendem Bedarf durchzuführen sind, stehen verschiedene Verfahren bzw. Kennzahlen zur Verfügung. Als Kennzahl zur Bewertung des Organisationsgrades eines Kommissioniersystems definiert Neuhäuser den sogenannten *Lagerorganisationsgrad*, der bei zonen- oder klassenbasierten Lagerstrategien angewendet werden kann [Neu13]. Es wird davon ausgegangen, dass sich aufgrund der hohen Dynamik Artikel nicht an ihrem optimalen Lagerplatz befinden. Gemäß der Lagerstrategien existiert also für jeden Artikel ein optimaler Lagerplatz (L_{opt}). Aufgrund der oben genannten Gründe befinden sich einige Artikel im Laufe der Zeit an einem vom Optimum abweichenden realen Lagerplatz (L_{real}). Durch die Differenz zwischen dem optimalen und dem realen Lagerplatz lässt sich der Lagerorganisationsgrad bestimmen.

$$L_{Org} = \frac{\text{Anzahl Artikel}}{\text{Anzahl Artikel} + \sum_{i=1}^n |L_{opt,i} - L_{real,i}|^{\alpha_j}}$$

Es wird angenommen, dass sich über die Lagerplatznummern der Abstand zwischen den Plätzen bestimmen lässt [Neu13]. Über den Faktor α_j können hochfrequente Artikel bei der Berechnung des Lagerorganisationsgrades stärker gewichtet werden. In einem optimalen Zustand befindet sich der Kommissionierbereich, wenn der Lagerorganisationsgrad gegen eins konvergiert. Je stärker der Wert gegen Null konvergiert, desto mehr Artikel be-

finden sich an einem nicht optimalen Lagerplatz und der Bedarf zur Durchführung einer Reorganisationsmaßnahme steigt.

Durch den Anstieg der zurückgelegten Wegstrecken steigt auch die für einen Kommissionierauftrag bzw. die für eine Entnahmeposition benötigte Zeit. Neuhäuser stellte im Rahmen seiner Arbeit einen linearen Zusammenhang zwischen dem Lagerorganisationsgrad und der Kommissionierzeit fest [Neu13]. Zur Beurteilung der Notwendigkeit der Durchführung einer Reorganisationsmaßnahme kann somit auch die Kennzahl *Kommissionierzeit* betrachtet werden.

Um die Güte einer Lagerbelegung messbar zu machen, entwickelten Kofler et al. den *PF/PA-Score* als Indikator dafür [KBW12]. Da davon ausgegangen wird, dass sich ein Artikel an mehreren Lagerplätzen befindet, wird für die Bestimmung des Pick Frequency Score (PF) die mittlere Distanz des Artikels zum Abgabepunkt der Kommissionieraufträge mit dessen relativer Entnahmehäufigkeit multipliziert. Der Part Affinity Score (PA) berücksichtigt die Artikelkorrelation und multipliziert die mittlere Distanz zweier Artikel über alle möglichen Lagerplatzpaare mit der Artikelaffinität in Form des Anteils der Aufträge, in denen beide Artikel enthalten sind [KBW10].

$$PF/PA = \alpha * \sum_{i=1}^n PF(p_i) + \beta * \sum_{i=1}^n PA(p_i)$$

Die Faktoren α und β dienen der Gewichtung hinsichtlich Artikelaffinität oder Entnahmehäufigkeit [KBW11].

2.2 HEALING VS. RE-WAREHOUSING

Nach der Identifikation der Notwendigkeit zur Durchführung einer Reorganisationsmaße gilt es ein Verfahren auszuwählen, mit dessen Hilfe die Reorganisation operativ umgesetzt werden kann. Dabei stehen in Abhängigkeit des Umfangs der Reorganisationsmaßnahme zwei übergeordnete Strategien zur Verfügung. Es wird zwischen der induktiven und der deduktiven Reorganisationsstrategie unterschieden [Fre02]. Bei der induktiven Strategie steht die kontinuierliche Verbesserung des bestehenden Systems im Vordergrund und der Fokus liegt auf der Identifikation von Schwachstellen und der Behebung selbiger. Im Kontext von Lagerreorganisationsmaßnahmen spricht man bei dieser Art von Strategie vom Healing-Ansatz, der dadurch gekennzeichnet ist, dass eine kleine Menge an Umlagerungen durchgeführt wird. Umlagerungsmaßnahmen dieser Art lassen sich aufgrund ihres begrenzten Umfangs im laufenden Betrieb durch freie Personalkapazitäten realisieren.

Bei der deduktiven Strategie hingegen soll das Ziel der Reorganisationsmaßnahme durch die Umsetzung neuartiger Ideen und Konzepte erreicht werden. Bei der Durchführung von Lagerreorganisationsmaßnahmen wird

diese Strategie als Re-Warehousing bezeichnet und zeichnet sich dadurch aus, dass eine große Anzahl an Umlagerungen durchgeführt wird, um den gewünschten Zielzustand zu erreichen. Angewendet wird diese Strategie beispielsweise bei der initialen Belegung neuer Lagerflächen oder einer zyklisch durchgeführten Neugestaltung des Kommissionierbereichs.

Für sich betrachtet werden beide Strategien als holistische Systemgestaltungen bezeichnet. Die Kombination beider Strategien, also eines anfänglichen deduktiven Re-Warehousing in Verbindung mit einer daran anschließenden induktiven kontinuierlichen Verbesserung, wird in diesem Kontext als hierarchisch strukturierte Systemgestaltung bezeichnet.

2.3 HEALING-STRATEGIEN

Da das Ziel die Entwicklung einer Methodik zur Reorganisation bestehender Systeme darstellt, werden Re-Warehousing-Verfahren an dieser Stelle nicht betrachtet. Einige zur Optimierung bestehender Kommissioniersysteme geeignete Verfahren werden hier in chronologischer Reihenfolge kurz vorgestellt.

Christofides und Colloff (1973):

Einer der ersten Ansätze zur Durchführung von Lagerreorganisationsmaßnahmen geht auf Christofides und Colloff aus dem Jahre 1973 zurück [CC73]. Der Algorithmus hat das Ziel, eine optimale Reihenfolge der Umlagermaßnahmen hinsichtlich der benötigten Zeit und den daraus resultierenden Kosten zu erreichen. Die Autoren gehen von einem bekannten Ausgangs- und Endzustand aus, der nicht durch simultane Umlagerungen erreicht werden kann. Durch die sukzedane Durchführung der Umlagerungen und der Beschränkung auf ein einzelnes Transportmittel können die Umlagermaßnahmen im laufenden Betrieb oder bei freien Mitarbeiterkapazitäten durchgeführt werden. Darüber hinaus geben sie keine optimale Lagerplatzzuordnung vor.

Jaikumar und Solomon (1990):

Auf die Umlagerungen von palettierter Ware in einem automatisierten Lager fokussierten sich Jaikumar und Solomon [JS90]. Auf Basis der Kundennachfrage bzw. der Wahrscheinlichkeit der Entwicklung der Kundennachfrage sollen diejenigen Paletten, die am folgenden Tag zur Auslagerung benötigt werden, möglichst nahe zum Ein- und Auslagerpunkt umgelagert werden. Durchgeführt werden sollen diese Umlagermaßnahmen in Zeiten geringer Auslastung, um in auftragsstarken Zeiten schneller auf Kundenanfragen reagieren zu können. Die Anzahl der durchzuführenden Umlagerungen soll aber im Hinblick auf etwaige Handhabungsschäden möglichst gering sein.

Carlo und Giraldo (2010):

Der Ansatz von Carlo und Giraldo zielt vor allem darauf ab, Umlagermaßnahmen im laufenden Betrieb durchzuführen [GC10]. Vorausgesetzt wird dabei unter anderem,

dass zur Kommissionierung ausgelagerte Paletten nach der Artikelentnahme wieder eingelagert und in diesem Zug einem neuen geeigneteren Lagerplatz zugewiesen werden. Vor der Durchführung der Umlagermaßnahmen ist neben dem Anfangs- auch der gewünschte Endzustand bekannt.

Chen (2011):

Aufbauend auf dem Ansatz von Jaikumar und Solomon entwickelten Chen et al. ein Verfahren, welches in automatisierten Lagersystemen eingesetzt werden kann [CLR11]. Vorausgesetzt wird bei diesem Ansatz, dass das automatisierte Förderzeug nur eine Operation (Ein- oder Auslagerung) pro Fahrt durchführen kann und dass die finale Lagerplatzzuordnung bekannt ist. Wie auch bei anderen Ansätzen sollen hier in Zeiten geringer Auslastung Umlagerungen durchgeführt werden, um den Durchsatzanforderungen in Stoßzeiten gerecht zu werden. Einzulagernde Artikel werden in Zeiten maximaler Auslastung demnach möglichst nahe am Ein- und Auslagerpunkt eingelagert, um sie zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der Reorganisation einem geeigneten Platz zuführen zu können.

Kofler (2012):

Kofler et al. entwickelten das oben bereits vorgestellte Verfahren zur Zuordnung von Lagerplätzen in Abhängigkeit der Entnahmehäufigkeit und der Teileaffinität [KBW12]. Beim sogenannten PF/PA-Slotting (Pick Frequency/Part Affinity Score) werden die Artikel hinsichtlich der Entnahmehäufigkeit in einem bestimmten Betrachtungszeitraum und der Affinität zu anderen gemeinsam kommissionierten Artikeln untersucht und je nach Häufigkeit möglichst dicht am Ein- und Auslagerpunkt sowie bei hoher Affinität nahe zueinander eingelagert [KBW10]. Im Vergleich zur chaotischen Lagerplatzbelegung konnte im Rahmen einer Simulation die zurückgelegte Wegstrecke um 65 % reduziert werden.

Neuhäuser (2013):

Seinen Fokus richtete Neuhäuser auf die manuelle Kommissionierung im Bereich des Lebensmittelhandels und entwickelte eine Methodik zur Reorganisation von Artikeln, um sie hinsichtlich Stabilitätskriterien einzulagern. Durch Reorganisationsmaßnahmen soll der Umpackaufwand während und nach der Kommissionierung reduziert werden.

Mit Hilfe von Simulationen und einer anschließenden Validierung konnte bewiesen werden, dass unter anderem die Kommissionierleistung in einem funktionalen Zusammenhang zum Lagerorganisationsgrad steht [Neu13].

In Abhängigkeit der Spezifikationen der zu reorganisierenden Kommissioniersysteme eignen sich manche Verfahren besser als andere. Sollen die Umlagerungen explizit während des laufenden Betriebs durchgeführt werden, eignen sich beispielsweise die Ansätze von Carlo und Giraldo bzw. Christofides und Colloff. Soll auch

die Artikelkorrelation eine Berücksichtigung finden, so wäre der Ansatz von Kofler et al. anzuwenden. Ist die Anzahl der Umlagerungen so groß, dass ein Healing-Ansatz nicht mehr ausreichend ist, kann darüber hinaus auf ein Verfahren aus dem Bereich des Re-Warehousing zurückgegriffen werden.

3 REDUZIERTER WEGSTRECKEN DURCH REORGANISATION

Für eine übersichtliche Betrachtung des Optimierungspotentials des in Abbildung 1 dargestellten Beispiels, wurde iterativ eine Reorganisation durchgeführt, in dem eine bestimmte Menge an Artikel zwischen den vier Zonen ausgetauscht wurde. Als Basis dafür wurden die Bewegungsdaten eines durchschnittlichen Monats herangezogen. Die durch die Reorganisation realisierte Reduktion der für die Kommissionierung zurückgelegten Wegstrecke wurde auf Basis des von Sadowsky vorgestellten Verfahrens zur Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen bestimmt [SH07].

In einem ersten Schritt wurden fünf Prozent der Artikel mit der geringsten Zugriffshäufigkeit aus der A-Zone in die B-Zone umgelagert, wobei im Gegenzug die identische Anzahl an Artikeln mit der höchsten Nachfrage aus der B- in die A-Zone umgelagert wurde. Im nächsten Schritt wurden fünf Prozent der nachfrageschwächsten Artikel der B-Zone in die C-Zone umgelagert und mit derselben Menge an nachfragestarken Artikeln aus der C-Zone getauscht. Zwischen den Artikeln der C- und der D-Zone fand auch ein dementsprechender Austausch statt. Die Wegstrecken pro Kommissionierauftrag entwickelten sich entsprechend des in Abbildung 3 dargestellten Diagramms.

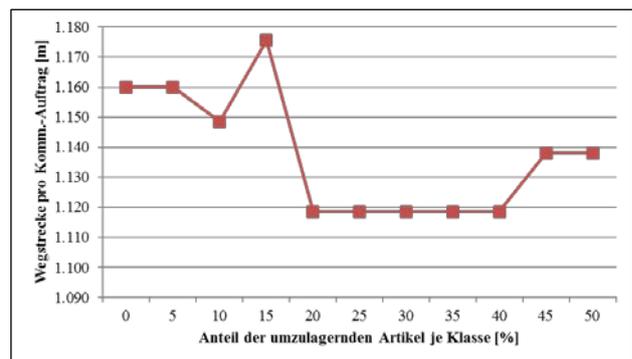


Abbildung 3. Wegstrecke pro Kommissionierauftrag bei Umlagerungen

Es ist zu erkennen, dass sich ab einer umzulagernden Menge von jeweils 20 % ein geringeres Niveau bei knapp 1.120 m pro Kommissionierauftrag einstellt bevor dies bei 45 % umgelagerter Artikel zwischen den vier Zonen wieder ansteigt.

Abbildung 4 zeigt das Potential, welches nach Berücksichtigung der Wegstrecken zur Durchführung der Umlagermaßnahmen realisiert werden kann.

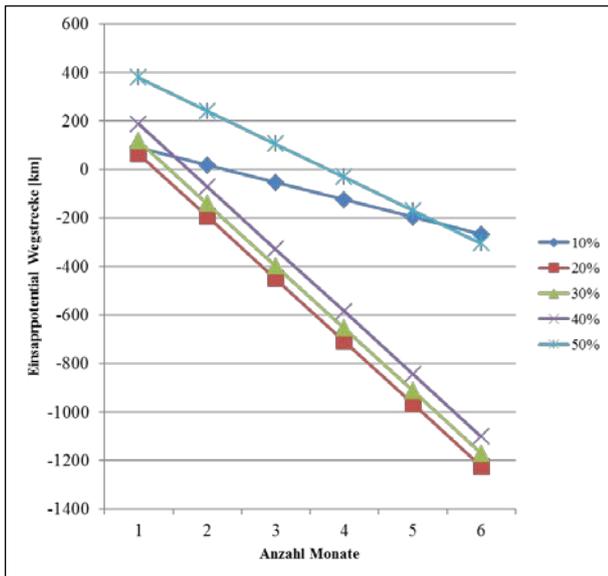


Abbildung 4. Reduktion der Wegstrecke unter Berücksichtigung des Umlagerwegs

Nach einer Umlagermaßnahme würde sich im prognostizierten sechsten Monat bei einer 20 %-Umlagerung zwischen den vier Zonen eine Reduktion des Kommissionierwegs von 1.224 km realisieren lassen. Dies entspricht einer Verbesserung von ca. 2,9 %. Nicht berücksichtigt sind dabei jedoch der Nachschubaufwand und die Position des genauen Lagerplatzes in der jeweiligen Zone. Weitere Untersuchungen sollen auch diese beiden Aspekte bei der Bewertung von Reorganisationsmaßnahmen berücksichtigen.

Um die Umlagermaßnahmen monetär detaillierter bewerten zu können, wurde für diesen Zweck ein Kostenmodell entwickelt.

4 KOSTEN DER REORGANISATIONSMASSNAHMEN

Die Kosten zur Durchführung von Reorganisationsmaßnahmen lassen sich mit Hilfe der Vollkostenrechnung bestimmen. Unterteilt werden können die anfallenden Kosten in drei Blöcke:

$$K_{Reorg} = K_{Planung} + \sum_{i=1}^u K_{Umlagerung,i} + \sum_{j=1}^f K_{Fläche,j}$$

An erster Stelle stehen die Kosten, die bei der Planung und Vorbereitung der Umlagermaßnahmen verursacht werden. Neben der Planung des Reorganisationszeitpunktes, der Auswahl der umzulagernden Artikel, sowie der Wahl der Route müssen die zu beanspruchenden Lagerplätze bestimmt werden.

Der zweite Kostenblock beinhaltet all diejenigen Kosten, die in direktem Zusammenhang mit den durchzuführenden Umlagermaßnahmen stehen. Sie setzen sich zusammen aus den Kosten für das erforderliche Personal und den Nutzungskosten der Betriebsmittel.

$$K_{Umlagerung} = K_{E/A} + K_{Weg}$$

Die Umlagerungskosten $K_{Umlagerung}$ setzen sich wiederum aus den Kosten für die Ein- und Auslagerung der betreffenden Artikel und dem Zurücklegen der Wegstrecken mit den dafür erforderlichen Ressourcen zusammen. Die Bestimmung der benötigten Zeit kann mit Hilfe von MTM-Zeitbausteinen erfolgen, die für Anwendungen in der Intralogistik geeignete Zeitbausteine bereitstellen. In Abhängigkeit des zu transportierenden Artikels, der Strecke und der Anzahl der Kurven können die Umlagerungen zeitlich sehr genau bewertet werden.

	01-01-10	01-09-10	02-01-10	02-09-10	03-01-10	03-09-10	04-01-10	04-12-10	05-01-10	05-12-10	06-01-10	06-12-10	07-01-10	07-12-10	08-01-10	08-12-10	09-01-10	09-12-10	10-01-10	10-12-10	11-01-10	11-12-10	12-01-10	12-12-10	15-01-10
01-01-10	0	9,2	3,1	12,3	6,55	15,75	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	22,75	35,4	22,75	35,4	28,15	40,8	28,15	40,8	38,925
01-09-10	9,2	0	12,3	3,1	15,75	24,95	15,75	28,4	21,15	33,8	21,15	33,8	26,55	39,2	26,55	39,2	31,95	44,6	31,95	44,6	37,35	50	37,35	50	48,125
02-01-10	3,1	12,3	0	9,2	6,55	15,75	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	22,75	35,4	22,75	35,4	28,15	40,8	28,15	40,8	38,925
02-09-10	12,3	3,1	9,2	0	15,75	24,95	15,75	28,4	21,15	33,8	21,15	33,8	26,55	39,2	26,55	39,2	31,95	44,6	31,95	44,6	37,35	50	37,35	50	48,125
03-01-10	6,55	15,75	6,55	15,75	0	9,2	3,1	15,75	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	22,75	35,4	22,75	35,4	33,525
03-09-10	15,75	24,95	15,75	24,95	9,2	0	12,3	6,55	15,75	28,4	15,75	28,4	21,15	33,8	21,15	33,8	26,55	39,2	26,55	39,2	31,95	44,6	31,95	44,6	42,725
04-01-10	6,55	15,75	6,55	15,75	3,1	12,3	0	12,65	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	22,75	35,4	22,75	35,4	33,525
04-12-10	19,2	28,4	19,2	28,4	15,75	6,55	12,65	0	19,2	31,85	19,2	31,85	24,6	37,25	24,6	37,25	30	42,65	30	42,65	35,4	48,05	35,4	48,05	46,175
05-01-10	11,95	21,15	11,95	21,15	6,55	15,75	6,55	19,2	0	12,65	3,1	15,75	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	28,125
05-12-10	24,6	33,8	24,6	33,8	19,2	28,4	19,2	31,85	12,65	0	15,75	3,1	19,2	31,85	19,2	31,85	24,6	37,25	24,6	37,25	30	42,65	30	42,65	40,775
06-01-10	11,95	21,15	11,95	21,15	6,55	15,75	6,55	19,2	3,1	15,75	0	12,65	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	17,35	30	17,35	30	28,125
06-12-10	24,6	33,8	24,6	33,8	19,2	28,4	19,2	31,85	15,75	3,1	12,65	0	19,2	31,85	19,2	31,85	24,6	37,25	24,6	37,25	30	42,65	30	42,65	40,775
07-01-10	17,35	26,55	17,35	26,55	11,95	21,15	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	0	12,65	3,1	15,75	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	22,725
07-12-10	30	39,2	30	39,2	24,6	33,8	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	12,65	0	15,75	3,1	19,2	31,85	19,2	31,85	24,6	37,25	24,6	37,25	35,375
08-01-10	17,35	26,55	17,35	26,55	11,95	21,15	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	3,1	15,75	0	12,65	6,55	19,2	6,55	19,2	11,95	24,6	11,95	24,6	22,725
08-12-10	30	39,2	30	39,2	24,6	33,8	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	15,75	3,1	12,65	0	19,2	31,85	19,2	31,85	24,6	37,25	24,6	37,25	35,375
09-01-10	22,75	31,95	22,75	31,95	17,35	26,55	17,35	30	11,95	24,6	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	0	12,65	3,1	15,75	6,55	19,2	6,55	19,2	17,325
09-12-10	35,4	44,6	35,4	44,6	30	39,2	30	42,65	24,6	37,25	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	12,65	0	15,75	3,1	19,2	31,85	19,2	31,85	29,975
10-01-10	22,75	31,95	22,75	31,95	17,35	26,55	17,35	30	11,95	24,6	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	3,1	15,75	0	12,65	6,55	19,2	6,55	19,2	17,325
10-12-10	35,4	44,6	35,4	44,6	30	39,2	30	42,65	24,6	37,25	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	15,75	3,1	12,65	0	19,2	31,85	19,2	31,85	29,975
11-01-10	28,15	37,35	28,15	37,35	22,75	31,95	22,75	35,4	17,35	30	17,35	30	11,95	24,6	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	0	12,65	3,1	15,75	11,925
11-12-10	40,8	50	40,8	50	35,4	44,6	35,4	48,05	30	42,65	30	42,65	24,6	37,25	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	12,65	0	15,75	3,1	24,575
12-01-10	28,15	37,35	28,15	37,35	22,75	31,95	22,75	35,4	17,35	30	17,35	30	11,95	24,6	11,95	24,6	6,55	19,2	6,55	19,2	3,1	15,75	0	12,65	11,925
12-12-10	40,8	50	40,8	50	35,4	44,6	35,4	48,05	30	42,65	30	42,65	24,6	37,25	24,6	37,25	19,2	31,85	19,2	31,85	15,75	3,1	12,65	0	24,575
15-01-10	38,925	48,125	38,925	48,125	33,525	42,725	33,525	46,175	28,125	40,775	28,125	40,775	22,725	35,375	22,725	35,375	17,325	29,975	17,325	29,975	11,925	24,575	11,925	24,575	0

Abbildung 5. Ausschnitt aus einer Distanzmatrix zur Bestimmung der Entfernungen zwischen den Lagerplätzen

Der dritte Kostenblock beinhaltet ggf. anfallende Kosten für die Nutzung zusätzlich erforderlicher Flächen. Dies ist dann der Fall, wenn in Abhängigkeit der gewählten Umlagerstrategie Flächen zur Zwischenlagerung der Artikel benötigt werden.

Anhand dieser Berechnung können diejenigen Kosten bestimmt werden, welche durch die Reorganisationsmaßnahmen verursacht werden. In Abbildung 6 ist ein einfaches Software Tool zur Durchführung dieser Berechnung dargestellt.

	Masse	Anzahl der Umlageroperationen	Gerade Strecke in m	Kurven in Stk.	Σ Höhe Lagerplatz	Zeit in s	Kosten in €
Stapler	-					0	0
Elektro-Hubwagen	-					0	0
Handgabelhubwagen	leer					0	0
	< 500kg					0	0
Transportwagen	> 500kg					0	0
	< 100kg					0	0
	> 100kg					0	0
Planungskosten							0
Lagerraumkosten							0
Gesamtkosten							0

Abbildung 6. Tool zur Bestimmung der Reorganisationskosten

Um die Umlagermaßnahmen mit Hilfe des Tools zeitlich bewerten zu können, werden Angaben zur Masse, der Anzahl der Umlagerungen und der Distanz zwischen den Lagerplätzen (auf Basis der Distanzmatrix) sowie der Anzahl der Kurven und die Höhe der Lagerplätze eingegeben und mit den hinterlegten MTM-Zeitbausteinen verrechnet. Durch Addition der optionalen Planungs- und Lagerraumkosten können die Gesamtkosten der Reorganisationsmaßnahme bestimmt werden.

Keine Berücksichtigung finden bisher die höheren Personalkosten, durch das kurzzeitige neue Aufsuchen der Artikel an ihren neuen Lagerplätzen [Had95].

5 FAZIT UND AUSBLICK

Mit Hilfe zusätzlicher Stamm- und Bewegungsdaten aus unterschiedlichen Kommissioniersystemen sollen weitere Erkenntnisse gewonnen werden, die in die Bewertung von Reorganisationsmaßnahmen einfließen können. Das Ergebnis des Forschungsvorhabens wird eine Methodik sein, die für jedes spezifische Kommissioniersystem neben dem optimalen Zeitpunkt auch den Umfang und die Strategie zur Durchführung der Reorganisation liefern soll. Die Zahlen aus großen Kommissionierbereichen zeigen, dass solche Reorganisationsmaßnahmen ein großes Optimierungspotential bieten. In diesen Kommissionierbereichen wird eine Vielzahl an Artikeln kommissioniert, wodurch mittels Reorganisationsmaßnahmen Verbesserungen der Kommissionierleistung im Bereich von acht bis fünfzehn Prozent sowie Einsparungen von bis zu 500.000 USD pro Jahr erzielt werden konnten [Tre11].

6 FÖRDERHINWEIS

Dieser Beitrag geht aus dem IGF-Forschungsvorhaben 18689 N/1 hervor:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 18689 N/1 der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. wird über das Programm zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

LITERATUR

- [CC73] Carlo, Hector J.; Giraldo, German E. (2010): Optimizing the rearrangement process in a dedicated warehouse. In: Progress in Material Handling Research, S. 39–48.
- [CLR11] Chen, Lu; Langevin, André; Riopel, Diane (2011): A tabu search algorithm for the relocation problem in a warehousing system. In: International journal of production economics 129 (1), S. 147–156.
- [Fre02] Freichel, Stephan L. K. (2002): Distributionsmanagement. Gestaltung internationaler Logistiksysteme. In: Integrative Management- und Logistikkonzepte : Festschrift für Professor Dr. Dr. h.c. Hans-Christian Pfohl zum 60. Geburtstag, S. 261–287.
- [GC10] Christofides, Nicos; Colloff, I. (1973): The rearrangement of items in a warehouse. In: Operations research: the journal of the Operations Research Society of America 21 (2), S. 577–596.
- [Had95] Hadamitzky, Michael C. (1995): Analyse und Erfolgsbeurteilung logistischer Reorganisationen. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-92421-6>.
- [HS10] ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten (2010): Warehouse Management. Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen. 4. Aufl. s.l.: Springer-Verlag (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10385952>.
- [JS90] Jaikumar, Ramchandran; Solomon, Marius M. (1990): Dynamic operational policies in an automated warehouse. USA: Institute of Industrial Engineers.
- [KBW10] Kofler, Monika; Beham, Andreas; Wagner, Stefan; Affenzeller, Michael; Reitinger, Clemens (Hg.) (2010): Reassigning storage locations in a warehouse to optimize the order picking process. 22nd European Modeling and Simulation Symposium (EMSS 2010). Fez, Marokko.
- [KBW11] Kofler, Monika; Beham, Andreas; Wagner, Stefan; Affenzeller, Michael; Achleitner, Werner (Hg.) (2011): Re-warehousing vs. healing: Strategies for warehouse storage location assignment. IEEE 3rd International Symposium on Logistics and Industrial Informatics. Budapest, Ungarn, 2011.
- [KBW12] Kofler, Monika; Beham, Andreas; Wagner, Stefan; Affenzeller, Michael; Achleitner, Werner (Hg.) (2012): Slotting Strategien zur Wegoptimierung in dynamischen Logistikzentren. Unter Mitarbeit von Monika Kofler, Andreas Beham, Stefan Wagner, Michael Affenzeller und Werner Achleitner. Fakultät für Informatik, Kommunikation und Medien, FH OÖ Studienbetriebs GmbH. Online verfügbar unter <http://research.fh-ooe.at/de/publication/2783>, zuletzt geprüft am 19.11.2015.
- [Koe14] Koether, Reinhard (2014): Distributionslogistik. Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit. 2., aktualisierte u. überarb. Aufl. 2014. Wiesbaden: Gabler Verlag (SpringerLink : Bücher).

- [Neu13] Neuhäuser, Daniel (2013): Ein Ansatz zur simulationsgestützten Planung und Bewertung von Lagerreorganisationsmaßnahmen am Beispiel des Lebensmitteleinzelhandels. Univ., Diss. Stuttgart, 2012. Aachen: Shaker-Verl. (Berichte aus dem Institut für Förder-technik und Logistik).
- [SH07] Sadowsky, Volker; ten Hompel, Michael (Hg.) (2007): Beitrag zur analytischen Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen. Univ., Diss. Dortmund, 2007. Dortmund: Verl. Praxiswissen (Logistik für die Praxis).
- [Tom96] Tompkins, James A. (1996): Facilities planning. 2. ed. New York: Wiley.
- [Tre11] Trebilcock, Bob (2011): Resolve to slot your warehouse. In: Modern Materials Handling, S. 24–28.

Dipl.-Ing. David Korte, research assistant at the Institute of Material Handling and Logistics (IFT), University of Stuttgart.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl-Heinz Wehking is head of the Institute for Materials Handling and Logistics (IFT) of the University of Stuttgart. He studied Mechanical Engineering and obtained his doctoral title at the University of Dortmund.

Adresse: Institut für Fördertechnik und Logistik
Universität Stuttgart, Holzgartenstraße 15 B
D-70174 Stuttgart
Phone: +49 711 685-83770
Fax: +49 711 685-83769

E-Mail: david.korte@ift.uni-stuttgart.de

karl-heinz.wehking@ift.uni-stuttgart.de