

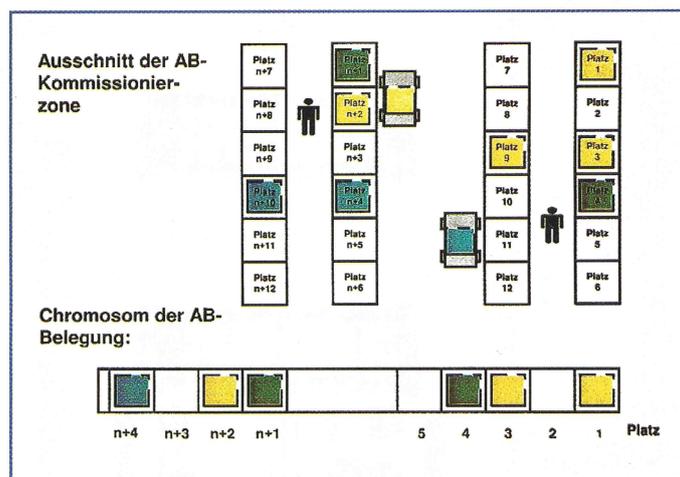
# OGA – Optimierung mit Genetischen Algorithmen

## Neue Methodik zur Steigerung von Durchsatzleistungen in komplexen Kommissioniersystemen

Für einen Medizintechnik- und Pharma-Anbieter hat die MAN Logistics GmbH, Heilbronn, eine Software mit der Bezeichnung OGA, Optimierung mit Genetischen Algorithmen, für die Durchsatzsteigerung in einer als AB-Kommissionierung bezeichneten Zone neu entwickelt. Kennzeichnend für das Projekt ist die Gliederung in zwei Komponenten. Zum einen die Entwicklung eines statistischen Modells, das Transportzeiten von Gebinden in dieser Zone und das Bestellverhalten von Kunden berücksichtigt. Zum anderen die Entwicklung eines Genetischen Algorithmus (GA), der Daten des statistischen Modells zur Optimierung des Zonendurchsatzes nutzt. – Von Dr. Wilfried Lyhs und Moritz Strube

In dem zu optimierenden Lager wird eine automatische Förder-technik eingesetzt, um die Kundenpaletten nach dem Prinzip „Ware-zu-Mann“ von einem Kommissionierplatz zum nächsten zu fahren, wobei die Warenpaletten an festen Plätzen stehen. Abb. 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt dieser Kommissionierzone.

Basierend auf Warenbestellungen wird im Rahmen einer einfachen Simulation der Kommissionierung bei gegebener Warenbestückung und Vergabestrategien der Kommissionieraufträge der Lagerdurchsatz gemessen. Die Warenbestückung und -wiederbestückung sowie die Auftragsvergabe unterliegen der Optimierung durch den GA (Abb. 1). Dazu werden sie in Individuen kodiert und mehrere dieser Individuen in einer Population zusammengefaßt. Diese Population wird einer durch die Bewertung des Lagerdurchsatzes gegebenen Selektion unterworfen, d.h. die besten Strategien



werden ausgewählt. Aus diesen Strategien werden mittels Rekombination und Mutation neue Individuen, d.h. Strategien (Abb. 2). Diese werden erneut einer künstlichen Evolution unterworfen. Nach einer gewissen Zeit stellen sich aufgrund dieses Evolutionsprozesses Individuen ein, also Waren- und Auftragsstrategien, die einem gegebenen Qualitätsanspruch genügen.

### Der Genetische Algorithmus

Angesichts der Komplexität der Aufgabe, mehrere hundert Artikel auf etwa halb so vielen Warenplätzen einer AB-Kommissionierung zu verteilen, und der leichten Darstellbarkeit einer solchen Bestückung, wurde als Werkzeug für die Optimierung ein Genetischer Algorithmus gewählt. Zu optimierende Strategien werden als Erbinformation von Individuen kodiert, die eine Population bilden. Eine Bewertungsfunktion ermöglicht eine Messung der Fitness der Individuen. Diese Fitness bringt die Qualität eines Individuums zum Ausdruck. Auf Basis dieser Bewertung wird eine Selektion der besten

**Abb. 1: Kodierung einer Warenbestückung in der AB-Kommissionierung**

Individuen vorgenommen. Diese verbleiben in der Population, während die anderen, nicht selektierten Individuen ausscheiden und durch Nachkommen ersetzt werden, die wiederum durch Rekombination aus den selektierten Individuen erzeugt werden.

Bei geeigneter Kodierung kann man davon ausgehen, dass die Qualität der Elternstrategie auf die Kinder vererbbar ist und sogar eine bessere Strategie hervorgebracht werden kann. Nachkommen werden zusätzlich einer Mutation, d.h. einer willkürlichen Änderung ihrer Erbsubstanz, unterworfen, um neue Strategieansätze realisieren zu können (Abb. 2). Diese neue Population wird nun wieder der Bewertung, Selektion usw. unterworfen. Generation für Generation entwickeln sich bessere Individuen, die schließlich zu einer befriedigenden Variante für das gegebene Optimierungsproblem führen.

Die initiale Warenbestückung der AB-Kommissionierzone, die der Betreiber des Lagers vor der Entwicklung des Genetischen Algorithmus eingesetzt hat, bildet die Basis für eine Optimierung des Durchsatzes in der AB-Zone. Bei der Warenbestückung müssen der Warenbedarf, die Zusammensetzung der Aufträge, die abhängig von Wochentagen und Jahreszeiten ist, das Transportverhalten auf der Anlage und andere Faktoren berücksichtigt werden.

### Das statistische Modell

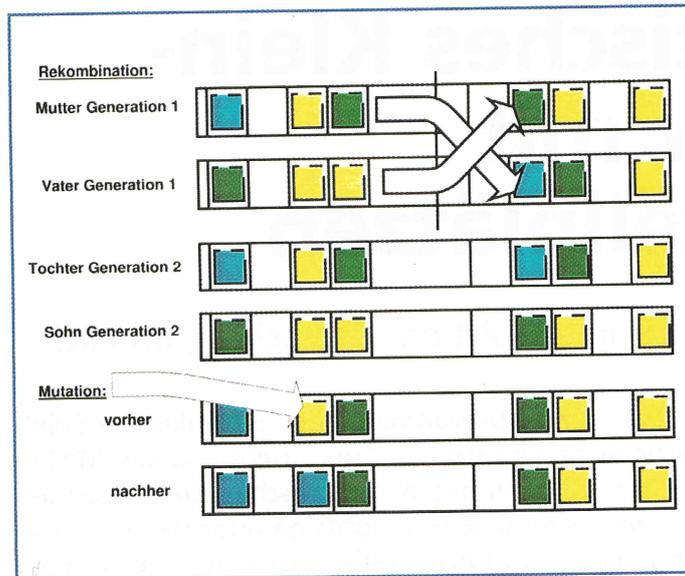
Die vom GA erzeugte Bestückung bildet die Basis für die Anwendung von Auftragswahl- und Wiederbestückungsstrategien (Abb. 3). Die Wiederbestückung ist ein weiterer zentraler Bestandteil eines Optimierungsvorhabens in der AB-Kommissionierzone. Einerseits wird durch die Umlagerungs-

Dr. W. Lyhs ist Leiter und M. Strube Mitarbeiter des Bereichs KI Informatik bei der MAN Logistics GmbH in Heilbronn

transporte zwischen der AB-Zone und dem Hochregallager (HRL) Verkehr in der AB-Zone erzeugt, der die Anzahl der gleichzeitig zu bearbeitenden Kommissionieraufträge reduziert, andererseits sind vorausschauende Umlagerungen nötig, um eine termingerechte Bearbeitung von Kommissionieraufträgen zu ermöglichen. Strategische Ansätze sind langfristige Analysen der aktuellen Bestückung der AB-Zone, des Warenbedarfs, der aus den eingegangenen Lieferungen resultiert, und des prognostizierten Warenbedarfs.

Das Synchronisieren der Wiederbestückung und der Auftragsvergabe kann zu einer Minimierung der Belastung durch Umlagerungen bei gleichzeitiger Gewährleistung der termingerechten Bearbeitung von Kommissionieraufträgen führen. Ursprünglicher Ansatz der Abbildung der Transportprozesse war eine Schar von sogenannten „Von-Zu-Matrizen“. Zur gegebenen Belastung der AB-Zone, gemessen in Gebinden, die sich in der AB-Zone befinden, wird eine Matrix erzeugt, die die jeweilige Fahrtzeit von einem Kommissionierplatz zum nächsten festhält. Dieser Ansatz wurde verworfen, da er eine Reduzierung eines Kreiselphänomens nicht in verringerter Transportzeit berücksichtigt. Das sogenannte Kreiseln entsteht dadurch, dass Kundenpaletten ihren aktuellen Platz verlassen müssen, ihr neuer Zielplatz aber noch nicht frei ist. Um Verklemmungen zu vermeiden, werden die Paletten dann in einem Kreis auf der Fördertechnik solange im Kreis gefahren, bis der Zielplatz frei ist.

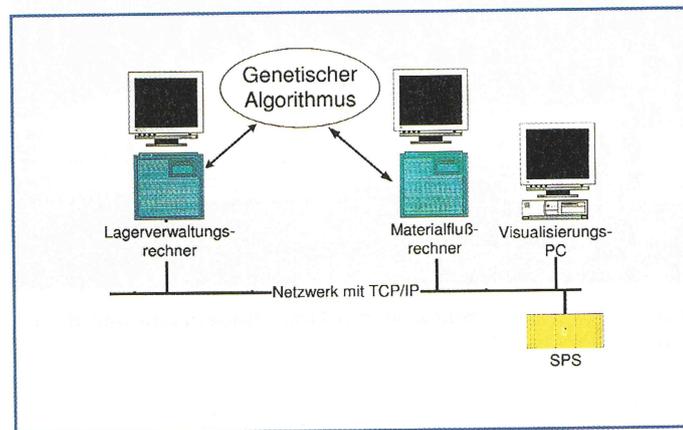
Durch den aktuellen Ansatz werden die Transportzeiten im Lager feiner aufgeschlüsselt. Gemessen werden nun die Transportzeiten auf Teilstrecken zwischen den Plätzen, und daraus wird die Gesamttransport-



**Abb. 2: Mechanismen des Genetischen Algorithmus**

zeit von einem Kommissionierplatz zu einem anderen bestimmt. Kreiseln wird als mehrmaliges Durchfahren von Teilstrecken berücksichtigt. Reduziert die Anwendung einer Strategie die Häufigkeit des Kreiselns, so spiegelt sich dies in verringerten Transportzeiten wieder.

nige Plätze auf der Fördertechnik sind als Prüfplätze für Kreiselphänomene gekennzeichnet. Hier wird abhängig von internen Zählerständen, Platzstatus und weiteren Daten ein Kreiseln ausgelöst. Der Router meldet als nächstes Ziel einen Kreiselplatz, von dem aus die



**Abb. 3: Rechnerhierarchie in einem automatischen Lager**

Zur Bestimmung der Fahrtroute von einem Kommissionierplatz zum nächsten wird ein sogenannter Router – ein gesonderter Prozess auf dem Materialflussrechner – herangezogen. Dieser berechnet aufgrund einer Routingtabelle den Weg eines Gebindes. Dies geschieht abhängig von der momentanen Position und dem Zielplatz eines Gebindes bis zum nächsten Teilstellplatz. Ei-

fahrt auf direktem Weg wieder aufgenommen werden kann.

Die Strategie, mit der Kommissionieraufträge aus dem Auftragspool zur Kommissionierung gewählt werden, wurde im Rahmen der Konzeption als grundlegender Einflussfaktor für die Performance der AB-Zone identifiziert. Einerseits muss die Belastung der AB-Zone in einem optimalen Bereich gehalten werden, der ma-

ximalen Durchsatz ermöglicht. Dies ist abhängig von der Anzahl der gleichzeitig in der AB-Zone verkehrenden Gebinde und damit der gleichzeitig bearbeiteten Aufträge. Andererseits müssen Aufträge hinsichtlich der Tour oder Route, der sie zugeordnet sind, bis zu einem gegebenen Termin bearbeitet und abgeschlossen werden. Außerdem wechselwirkt die Auftragswahl mit der Warenbestückung und Wiederbestückungsstrategie, sowie den weiteren Aufträgen im Pool und den gerade bearbeiteten. Eine sinnvolle Auftragswahlstrategie wird alle diese Faktoren berücksichtigen müssen.

## Zusammenfassung

Die Optimierung eines automatischen Lagers hinsichtlich des Durchsatzes von Transport- und Kommissionieraufträgen gelingt in zwei Schritten:

- o Aufbereitung der Auftragsdaten und ihre Untersuchung auf Regelmäßigkeiten hin sowie Entwicklung eines statistischen Modells für Transportzeiten von Paletten zwischen ausgewählten Punkten, deren Lage in Abhängigkeit von der Topologie der Anlage zu bestimmen ist.
- o Entwicklung eines Genetischen Algorithmus mit dem Ziel, eine optimale Bestückung und Wiederbestückung der Anlage mit Warenpaletten durchzuführen.

Die Optimierung wird entweder durch einen zusätzlichen Modul am Lagerverwaltungsrechner (LVR) realisiert werden (siehe Abb. 3), der im Lagerleitstand Hinweise zur Steuerung des Lagers gibt oder durch einen zusätzlichen Prozess auf dem Materialflussrechner (MFR), der durch automatische Transportaufträge den Materialfluss optimal steuert.

Bildnachweis: MAN Logistics GmbH, Heilbronn