

Michael Kelterborn, Claudia Burghart, Willibald A. Günthner, Ralf Kraul, Carsten Intra: Zeitliche und ergonomische Bewertung in der Kommissionierung. *Industrie Management*, 30 (2014), 5, S. 41-44, ISSN 1434-1980

Zeitliche und ergonomische Bewertung in der Kommissionierung

Erweiterung eines Systems vorbestimmter Zeiten zur Bewertung der Mitarbeiterbelastung in Kommissioniersupermärkten

Michael Kelterborn, Claudia Burghart, Willibald A. Günthner, Technische Universität München und Ralf Kraul, Carsten Intra, MAN Truck & Bus AG

Autoren

M. Sc. ETH Michael Kelterborn arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) an der TU München.

Dipl.-Ing. Claudia Burghart studierte an der TU München Maschinenwesen und verfasste ihre Diplomarbeit bei der MAN Truck & Bus AG im Bereich Logistikplanung

Dr.-Ing. Ralf Kraul ist Projektleiter im Bereich Logistikplanung bei der MAN Truck & Bus AG

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Carsten Intra ist Vorstand für Produktion & Logistik bei der MAN Truck & Bus AG, München

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner ist Inhaber des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) an der TU München.

Kontakt

fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
Technische Universität München
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml)
Boltzmannstraße 15
85748 Garching
Tel.: +49 89 / 289-15921
Email: kelterborn@fml.mw.tum.de
URL: <http://www.fml.mw.tum.de>

Supermärkte werden insbesondere in der Automobilindustrie häufig zur Kommissionierung von fahrzeugspezifischen Aufträgen eingesetzt und ermöglichen damit eine bedarfssynchrone Materialbereitstellung in der Produktion. Die hohe Anzahl an Artikelentnahmen sowie das Schieben des Bereitstellwagens können allerdings zu einer hohen körperlichen Belastung des Kommissionierers führen. Deshalb ist es wichtig, ergonomische Faktoren bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. In der industriellen Praxis ist eine getrennte Bewertung von zeitlicher Auslastung und körperlicher Belastung Stand der Technik. Im vorliegenden Beitrag wird ein Ansatz zur kombinierten Bewertung für Kommissioniersupermärkte vorgestellt. Dieser wurde bei der MAN Truck & Bus AG beispielhaft angewendet.

Der demografische Wandel macht es erforderlich die Arbeitsbedingungen an ältere Mitarbeiter anzupassen. Vor diesem Hintergrund rücken auch bei der Planung neuer Logistiksysteme zunehmend ergonomische Aspekte in den Fokus. Dies trifft insbesondere für Systeme zu, bei welchen Lasten manuell gehandhabt werden müssen. Ein wichtiges Beispiel hierfür sind Kommissioniersupermärkte, die häufig in der Automobilindustrie zur verbauortnahen Zusammenstellung von fahrzeugspezifischen Aufträgen eingesetzt werden. Hierbei werden mehrere, zu einem Fahrzeug gehörende Teile gebündelt und in einem Set für die Produktion bereitgestellt [1].

Um Planungsvarianten von Kommissioniersupermärkten vergleichen zu können, stellen die Kommissionierzeit (als Maßstab für die Effizienz) und die Mitarbeiterbelastung (als Maßstab für die Ergonomie) wichtige Kenngrößen dar. Im folgenden Beitrag werden daher bestehende Ansätze zur kombinierten Bewertung von Zeit und körperlicher Belastung sowie ein neu entwickelter Ansatz für Kommissioniersupermärkte vorgestellt. Dieser Ansatz ermöglicht eine aufwandsarme Bewertung von Planungsvarianten. Die Anwendbarkeit im industriellen Umfeld konnte im Rahmen einer Supermarktneugestaltung bei der MAN Truck&Bus AG beispielhaft aufgezeigt werden.

Integrierte zeitliche und ergonomische Bewertung

Zur zeitlichen Bewertung von manuellen Arbeitsabläufen stehen Systeme vorbestimmter Zeiten wie das Methods-Time-Measurement (MTM) System zur Verfügung. Dabei werden Grundbewegungen feste Zeiten zugeordnet (z. B.: 1m Gehen = 0,9s). Dies ermöglicht die zeitliche Auslegung von Arbeitsabläufen und Berechnung von Mitarbeiterkapazitäten bereits in der Planungsphase. In der Regel findet diese Auslegung durch den Prozessplaner statt und berücksichtigt nicht die körperliche Belastung des Mitarbeiters [2]. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend bereits vorliegende Ansätze zur kombinierten Bewertung vorgestellt. Dabei wird geprüft, ob sich die Methoden eignen um die Mitarbeiterbelastung in Kommissioniersupermärkten zu bewerten. Hierfür sollten die wesentlichen körperlichen Belastungen in einem mitarbeiter- und schichtbezogenem Risikowert berücksichtigt werden. In Kommissioniersupermärkten stellen die Artikelentnahme und das Schieben des Kommissionierwagens die wesentlichen körperlichen Belastungen dar [3].

- Das Motion Analysis and Index Derivation System (**MAID**) leitet aus der MTM-Analyse ohne zusätzliche Informationen eine Belastungsanalyse ab und wurde von Laurig 1985 veröffentlicht [4]. Den MTM-Grundbewegungen werden dabei sechs Lastgruppen zugeordnet (1. Finger-/Handsystem, 2. Hand-/Armsystem 3. Körper, 4. Erhöhter Kontrollaufwand, 5. Visuelle Kontrolle, 6. Erhöhte aufzubringende Kraft). Die Methode ermöglicht auf Basis der MTM-Daten eine Belastungsanalyse ohne Zusatzinformationen. Allerdings kann nur erkannt werden, welche Lastgruppen in einer Bewegungsfolge dominieren. Eine Risikoabschätzung für ergonomische Aspekte kann hieraus nicht abgeleitet werden, da wichtige Belastungsfaktoren, wie das Gewicht oder die Körperhaltung, nicht berücksichtigt werden.
- **ErgoSAM**, welches in der schwedischen Automobilindustrie entwickelt worden ist, erweitert die MTM-Bausteine um zwei Komponenten: Das zu handhabende Gewicht sowie, zur Bestimmung der Körperhaltung, die Entfernungszone in der sich das zu handhabende Objekt befindet [5]. Die Methode erzeugt einen fortlaufenden Risikowert, welcher sich auf die momentan durchgeführte Bewegung bezieht. Somit ist es möglich, Situationen mit hoher Belastung zu identifizieren. Allerdings wird kein über eine Schicht kumulierter Risikowert vorgeschlagen. Damit ist das Verfahren nur bedingt geeignet, da in der Supermarktkommissionierung gerade die hohe Anzahl an Wiederholungen zu einer kritischen Belastungssituation führen kann.

Kommerzielle Softwarelösungen, welche eine zeitliche Auslegung um Belastungsfaktoren erweitern, liegen ebenfalls vor.

- Von der deutschen MTM-Vereinigung wurde ein Zusatzmodul entwickelt, welches basierend auf dem Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS)Verfahren eine Analyse der Belastungen erlaubt (**MTMErgonomics**).
- Eine ähnliche Lösung stellt das innerhalb der Volkswagen AG verwendete Arbeitsplansystem mit Ergonomie-Modul (**AP Ergo**) dar, welches ebenfalls auf dem EAWS Verfahren basiert [6].

Mit den verfügbaren kommerziellen Softwarelösungen lassen sich die Arbeitsschritte in Kommissioniersupermärkten zeitlich und ergonomisch bewerten. Allerdings ist der Aufwand als hoch zu bewerten, da der Bewegungsablauf aus einer Vielzahl von Grundbewegungen aufgebaut werden muss. Für wiederkehrende Tätigkeitsabläufe, wie sie in der Kommissionierung auftreten, kann der Analyseaufwand mithilfe von vordefinierten Prozessbausteinen reduziert werden. Vordefinierte Prozessbausteine beschreiben einen Prozess zeitlich und belastungsmäßig mit Hilfe von Parametern (z.B. Artikelgewicht, Anzahl Positionen je Auftrag). In diesem Fall muss für eine Bewertung nicht der gesamte Ablauf aus Grundbewegungen neu aufgebaut werden.

Neuer Ansatz für Kommissioniersupermärkte

Von Walch [7] wurde ein Parametermodell zur zeitlichen und ergonomischen Bewertung für Kommissionierprozesse vorgestellt. Basierend auf Durchschnittswerten (z.B. durchschnittliches Artikelgewicht) wird dabei eine MTM Bewertung mit einer Belastungsbewertung kombiniert. Die Belastungsbewertung basierend auf der erweiterten Leitmerkmalmethode (**eLMM**), welche das Schieben des Kommissionierwagens allerdings nicht berücksichtigt.

Der im Folgenden vorgestellte neue Ansatz stellt eine Erweiterung der Methode von Walch dar: In der Belastungsbewertung wird das Schieben des Kommissionierwagens berücksichtigt und die Analyse basiert nicht mehr auf Auftragsdurchschnittswerten, sondern auf realen Auftragsdaten. Damit soll eine detaillierte Abbildung von Auftragsspitzen und der Wegezeiten ermöglicht werden. Basis des Ergonomiemodells bildet die Berechnungsmethodik des vom IAD (Institut für Arbeitswissenschaften der Technischen Universität Darmstadt) entwickelten Multiple-Lasten-Tools [8]. Dieses ermöglicht eine kumulative Bewertung unterschiedlicher Lasthandhabungsvorgänge und eignet sich damit gut für den Einsatz in der Kommissionierung [3]. Ergebnisgröße des Multiple-Lasten-Tools ist ein mitarbeiter- und schichtbezogener Risikopunktwert.

Zur Modellierung wurde ein Referenzablauf für Kommissioniersupermärkte erstellt. Dieser beschreibt die einzelnen Schritte der Auftragsbearbeitung und ist in Bild 1 inklusive der Einflussparameter dargestellt.

| Phase | Vorgangsschritt | Parameter | Skalierungs-faktor | Einfluss auf | |
|---------------------|--|--|--------------------|--------------|-----------|
| | | | | Zeit | Ergonomie |
| Auftrag vorbereiten | Vorbereitende Tätigkeiten | Dauer [s] | Auftrag | x | |
| | Bewegung zur Wagenaufnahme | Weg [m] | Auftrag | x | x |
| | Bewegung zur Basisstation | Weg [m], Wagengewicht [kg] Haltung, Ausführungsbedingungen | Auftrag | x | x |
| Auftrag bearbeiten | Informationsträger aufnehmen | Art der Informationsübermittlung | Position | x | |
| | Lagerort identifizieren | Art der Informationsübermittlung Länge der Stellplatz ID | Position | x | |
| | Bewegung mit Wagen zum Artikelstandort | Weg [m], Wagengewicht [kg], Auftragsgewicht[kg], Anzahl Stops, Haltung | Position | x | x |
| | Lagerort überprüfen | Art der Informationsübermittlung Länge der Stellplatz ID | Position | x | |
| | Mengenangabe ablesen | Art der Informationsübermittlung | Position | x | |
| | Informationsträger ablegen | Art der Informationsübermittlung | Position | x | |
| | Bewegung zum Entnahmefach | Weg [m], Entnahmeebene | Artikel | x | x |
| | Deckel/Zwischenlage entfernen | Anteil der Positionen mit Zwischenlage | Artikel | x | |
| | Artikel aufnehmen | Gewicht [kg], Sperrigkeit Haltung, Ausführungsbedingungen | Artikel | x | x |
| | Artikel auspacken | Anteil Artikel mit Verpackung | Artikel | x | |
| | Bewegung zum Wagen | Weg [m] | Artikel | x | |
| | Artikel auf Wagen platzieren | Platziergenauigkeit | Artikel | x | |
| | Artikelentnahme quittieren | Art der Informationsübermittlung | Artikel | x | |
| | Positionsentnahme quittieren | Art der Informationsübermittlung | Position | x | |
| Auftrag abgeben | Nachbereitende Tätigkeiten | Dauer [s] | Auftrag | x | |
| | Bewegung mit Wagen zur Abgabe | Weg [m], Wagengewicht [kg], Haltung, Ausführungsbedingungen | Auftrag | x | x |
| | Ausrichten des Wagens | Wagengewicht [kg], Auftragsgewicht[kg] | Auftrag | x | x |
| | Bewegung zur Basisstation | Weg [m] | Auftrag | x | |

Bild 1: Referenzmodell des Kommissioniervorgangs

Der Ablauf setzt sich aus den drei Phasen Auftrag vorbereiten, Auftrag bearbeiten und Auftrag abgeben zusammen. Die Phase der Auftragsvorbereitung und -abgabe wird für jeden Auftrag einmal durchlaufen. Die Vorgangsschritte der Auftragsbearbeitung werden hingegen für jede Position oder für jede Artikelentnahme einmal durchlaufen.

Der ergonomische Risikopunktwert berücksichtigt die Lasthandhabungsvorgänge des Kommissionierers. Dabei werden die Artikelentnahme und das Schieben des Kommissionierwagens bewertet. Einflussparameter stellen für die Artikelentnahme das Artikelgewicht, die Entnahme- und Abgabeposition sowie die Häufigkeit dar. Für das Schieben des Kommissionierwagens ergeben sich als Einflussparameter der Schiebeweg, das Wagen- und Auftragsgewicht und die Haltung.

Bild 2 zeigt schematisch den Modellaufbau des entwickelten Bewertungswerkzeuges. Eingangsgrößen sind die Auftragsdaten sowie Konzeptdaten von Planungsvarianten. Die Auftragsdaten werden als Tabelle mit Artikelnummer, Fahrzeugcode und Bedarfszeitpunkt eingelesen. Die Konzeptdaten beschreiben ein Planungsszenario oder einen bestehenden Supermarkt hinsichtlich des Artikelspektrums (z.B. Artikelgewicht, Artikelstandort), des Layouts sowie des Kommissionierprozesses (z.B. Wagengewicht, Dauer Auftragsvorbereitung, Anteil Behälter mit Zwischenlagen). Die Wegstrecke wird für jeden Auftrag eines Auftragsprogramms individuell ermittelt. Hierzu wird das Layout in Blöcke, welchen jeweils Artikel über den Artikelstandort zugewiesen werden, eingeteilt. Die Entfernungen zwischen den Blöcken werden in einer Matrix abgelegt. Hieraus kann für jeden Auftrag die Weglänge berechnet werden. Ergebnisgrößen des Werkzeugs sind die durchschnittliche Auftragsdauer und deren Standardabweichung sowie ein ergonomischer Risikopunktwert. Die Standardabweichung beziffert dabei die Schwankung der Auftragsbearbeitungszeiten über das Auftragsprogramm.

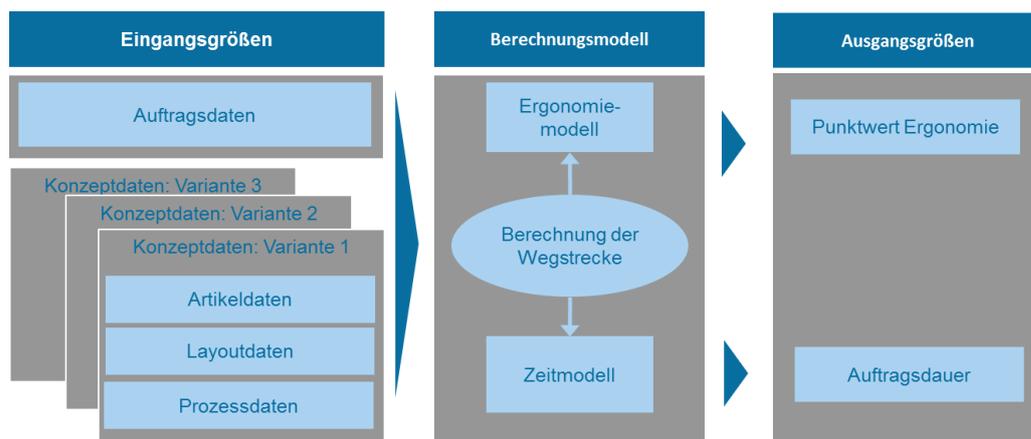


Bild 2: Modellaufbau

Anwendung in der Nutzfahrzeugindustrie

Bei der MAN Truck & Bus AG konnte die neue Methode beispielhaft angewendet werden. Ausgangssituation dabei war ein bestehender Kommissioniersupermarkt. Der Mitarbeiter schiebt einen Kommissionierwagen durch das in mehrere Blöcke angeordnete Layout. Dabei bearbeitet er einen Auftrag pro Rundgang. Die Auftragsinformationen erhält der Kommissionierer durch eine Auftragsliste.

Eine Untersuchung der Ausgangssituation ergab einen auffällig hohen Anteil an Totzeit an der Auftragsdauer. Dies bedeutet, dass der Kommissionierer viel Zeit mit dem Ablesen, Vergleichen oder sonstigen, von der Artikelanzahl abhängigen, nicht dem Materialfluss dienenden Tätigkeiten verbringt [9]. Die außerdem ermittelten ergonomischer Risikopunktwerte zeigten zudem, dass Gestaltungsmaßnahmen zur körperlichen Entlastung der Mitarbeiter erforderlich waren.

Auf Basis dieser Feststellungen wurden drei Maßnahmen ausgearbeitet und mit dem Werkzeug gegenüber der Ausgangssituation bewertet (siehe Bild 3).

| Beschreibung | Auftragsdauer $\bar{\sigma}$ | Standardabweichung ¹ | Ergonomischer Risikopunktwert ² |
|---|------------------------------|---------------------------------|--|
| Ausgangssituation | 12,91 min | 1,16 min | 55,5 |
| Maßnahme (Bewertung jeweils einzeln gegenüber Ausgangssituation) | | | |
| 1. ABC Zonierung | 12,17 min | 1,25 min | 54,2 |
| 2. Kürzere Artikelidentifikation | 11,83 min | 1,04 min | 55,5 |
| 3. Schiebehilfe für den Wagen | 13,24 min | 1,16 min | 26,4 |
| Kombination Maßnahme 1-3 | 11,42 min | 1,14 min | 26,4 |

1) Standardabweichung der Auftragsbearbeitungszeiten über das Auftragsprogramm

2) Risikoklassen [8]:

Grün (0 bis < 25): Geringe Belastung

Gelb (25 bis < 50): Wesentlich erhöhte Belastung

Rot (≥ 50): Hohe Belastung

Bild 3: Anwendungsbeispiel in der Nutzfahrzeugindustrie

Als erste Maßnahme wurde zur Verkürzung der Wegezeiten das Artikelspektrum nach Zugriffshäufigkeit analysiert und eine ABC-optimale Artikelanordnung vorgenommen. Die Analyse dieser Maßnahme mit Hilfe des Werkzeugs ergab eine leichte Zeitersparnis der durchschnittlichen Auftragsdauer von 6 %.

Aufgrund des in der Ausgangssituation festgestellten hohen Totzeitanteils wurde als zweite Maßnahme eine Verkürzung der Artikelidentifikationszeit untersucht. Dabei werden die zu entnehmenden Positionen nicht mehr durch eine Sachnummer, sondern durch ein kurzes Wort identifiziert [1]. Im Vergleich zur Ausgangssituation konnte die durchschnittliche Auftragsdauer somit um 8% reduziert werden. Auch die Standardabweichung und damit die Schwankungen der Auftragsdauer gingen durch die Maßnahme zurück.

Mit der dritten Maßnahme wurde die körperliche Belastung der Mitarbeiter reduziert. Da eine hohe Belastung durch das Schieben des Kommissionierwagens identifiziert wurde, erscheint dort der Einsatz einer Schiebehilfe sinnvoll. Dieses Hilfsmittel übernimmt vollelektrisch das Schieben oder Ziehen des Wagens, welcher durch den Mitarbeiter nur noch gelenkt werden muss (siehe Bild 4). Da diese aber an den Wagen an- und abgekoppelt werden muss, verlängert sich der Zeitbedarf in der Vor- und Nachbereitungsphase. Der ergonomische Risikowert konnte mit dieser Maßnahme um 52% gesenkt werden.



Bild 4: Exemplarischer Einsatz einer Schiebehilfe zur Reduktion der körperlichen Belastung

Durch eine Kombination der drei Maßnahmen konnte sowohl die Auftragsbearbeitungszeit als auch die körperliche Belastung des Mitarbeiters bei der Supermarktumgestaltung reduziert werden.

Fazit

Die vorgestellte Methode bietet die Möglichkeit, mit relativ geringem Aufwand Planungsalternativen von Kommissioniersupermärkten quantitativ hinsichtlich Kommissionierzeit und Belastung zu bewerten.

Die Genauigkeit der Ergebnisse basiert dabei auf den im Referenzprozess getroffenen Annahmen. Weicht der reale Prozess von dem Referenzprozess wesentlich ab, ist das Modell nicht mehr aussagekräftig. Für die Ermittlung der körperlichen Belastung wird im Modell das Umsetzen der Artikel sowie das Schieben des Kommissionierwagens berücksichtigt. Weitere mögliche Belastungen wie Umgebungseinflüsse (z. B. Lärm und Staub), monotone Bewegungsabläufe oder Zeitdruck werden nicht betrachtet.

Das Werkzeug wurde erfolgreich bei der MAN Truck & Bus AG eingesetzt, wodurch im neu gestalteten Supermarkt sowohl die Kommissionierzeit als auch die körperliche Belastung der Mitarbeiter reduziert werden konnten.

Literatur

- [1] Günthner, W.A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.: Schlanke Logistikprozesse – Handbuch für den Planer. Springer, Berlin u.a.: 2013.
- [2] Wells, R.; Mathiassen, S.E.; Medbo, L.; Winkel, J.: Time—A key issue for musculoskeletal health and manufacturing. In: Applied Ergonomics 38 (2007) 6, S. 733–744.
- [3] Kelterborn, M.; Koch, M.; Günthner, W. (2013): Physische Belastung in der Produktionslogistik. Geeignete Verfahren zur Beurteilung der physischen Belastung für Arbeitsplätze in der Produktionslogistik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 108 (11), S. 846–849.
- [4] Laurig, W.; Kühn, F.M; Schoo, K.-C: An approach to assessing motor workload in assembly tasks by the use of predetermined-motion-time systems. In: Applied Ergonomics 16 (1985) 2, S. 119-125.
- [5] Laring, J.; Christmansson, M.; Kadefors, R.; Örtengren, R.: ErgoSAM: A preproduction risk identification tool. In: Hum. Factors Man. 15 (2005) 3, S. 309–325.
- [6] Deemann, D.; Kaniewski, P.: Arbeitsplätze der Logistik von Anfang an richtig gestalten. In: Materialflusskongress 2013, Vortrag vom 11.Okt 2013, Garching.
- [7] Walch, D.; Galka, S.; Günthner, W. A.: Zwei auf einen Streich – Integrative Planung von Kommissionierprozessen durch die Kombination von MTM und der Leitmerkmalmethode. In: Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia Verlag, 2009.
- [8] Kugler, M; Bierwirth, M; Schaub, K; Sinn-Behrendt, A; Feith, A; Ghezal-Ahmadi, K; Bruder, R.: Förderschwerpunkt 2007: KoBRA - Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit : Ergonomie in der Industrie - aber wie? ; Handlungshilfe für den schrittweisen Aufbau eines einfachen Ergonomiemanagements. Bundesanst. für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin 2010.
- [9] Wisser, J.: Der Prozess Lagern und Kommissionieren im Rahmen des Distribution Center Reference Model (DCRM). Dissertation Universität Karlsruhe. Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe: 2009.

Schlüsselwörter:

Kommissionierung, Ergonomie, MTM, Intralogistik, Automobillogistik,

Incorporating workload in the design of order picking areas

In the automotive industry, picking areas – so called supermarkets – are used to supply the production with material. By supplying the material in small quantities and with high frequency supermarkets are an important enabler of just in time production. A new method is presented, which allows a quantitative evaluation of time and physical workload. Using the tool, design alternatives as well as existing supermarkets can be assessed quantitatively at a favorable cost-benefit ratio.

Keywords:

Order picking, workload, MTM, automotive, logistic