

Analytische Bestimmung der Handlingart für die Konzeptfindung von automatischen Be- und Entladeprozessen von Einzelpackstücken

Analytical determination of the handling type for the concept development of automatic loading and unloading processes of single parcels

Erik Möllmann M.Eng., TRAPO GmbH, 48712 Gescher, Deutschland, emoellmann@trapo.de

Prof. Dr.-Ing. Michael Bühren, Westfälische Hochschule, Mechatronik Institut Bocholt, 46397 Bocholt, Deutschland, michael.buehren@w-hs.de

Prof. Dr.-Ing. Tobias Bruckmann, Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Mechatronik, 47057 Duisburg, Deutschland, tobias.bruckmann@uni-due.de

Abstract

Given the inherent trade-offs among high performance demands, cost-effectiveness, and reliability within the field of intralogistics, current automation solutions for loading and unloading single parcels consistently have significant optimization potential. Addressing this challenge, a modular system is under development to tailor the automation approach to the requirements of each application. A pivotal component of this initiative is the establishment of a dependable decision-making process that categorizes the handling type into bulk handling, single handling, and group handling. To facilitate the identification of the appropriate automation concept, a thorough understanding of the process to be automated, coupled with empirical boundary conditions, is essential. Mass handling is employed for robust packages with a preference for high throughput, where a lower fill level is acceptable. Single handling is suitable when the average process time aligns with or falls below the minimum cycle time for parcel movement. Group handling offers increased throughput but is viable only when parcel dimensions match sufficiently. This comprehensive approach ensures a nuanced and effective solution tailored to the specific demands of each scenario.

Kurzfassung

In der Logistikbranche werden zur Optimierung intralogistische Prozesse automatisiert. In den Funktionsbereichen Lagerhaltung, Transport oder Sortierung sind automatische Systeme bereits Stand der Technik. Eine Ausnahme stellt die Handhabung der Pakete im Bereich der Be- und Entladung von Transportfahrzeugen, im Speziellen von Lastkraftwagen und Seecontainern, dar. Trotz vorhandener Automatisierungslösungen ist die Be- und Entladung von Einzelpackstücken im überwiegenden Teil ein manuell durchgeführter Arbeitsschritt.

Eine Betrachtung der aktuell am Markt erhältlichen Systeme zeigt, dass diese zwar potentielle Lösungen für bestimmte Anwendungsfälle sind [1, 2], aber aufgrund des komplexen Arbeitsbereiches bisher eine geringe Marktdurchdringung erreichen. Das Spannungsfeld zwischen Qualität, Zeit und Kosten [3] führt bei der Entwicklung einer allgemein anwendbaren Automatisierungslösung zu einer Kompromisslösung mit erheblichem Optimierungspotential. Dies resultiert aus dem breiten Produktspektrum innerhalb der Logistikbranche, weil so sämtliche Produktarten, -formen, -eigenschaften und weitere Aspekte berücksichtigt werden müssen. Diese Merkmale sind in der Norm DIN ISO 3569 für die Charakterisierung von Stückgüter beschrieben [4].

Alternativ kann mithilfe eines variablen Entwicklungsansatzes das System individuell auf die Bedürfnisse des Anwenders abgestimmt werden. Die sich ergebenden Konzeptlösungen sind stets auf die vorliegende Anwendung optimiert und versprechen somit ein besseres Gesamtergebnis für die einzelne Anwendung [5].

Aufgrund dieser Schlussfolgerung wird in dem vorliegenden Beitrag eine allgemein anwendbare Struktur gesucht, die mittels definierter Eingangsparameter zu einem passenden Lösungskonzept führt. Zu diesen gehören folgende Aspekte: Die geforderte Taktzeit, die Art und die Eigenschaften des Transportmittels, die Charakterisierungsmerkmale des Einzelpackstücks, die Prozessart, die benötigte Handhabungsflexibilität und die Kosten [6]. Im Entwicklungsprozess erfolgt anschließend der Aufbau der Funktionsstruktur [7], die regelbasiert aus den Eingangsparameter abgeleitet werden sollen. Hierfür ist zunächst zu prüfen, ob die Basisfunktion, der eigentliche Handhabungsprozess, unter den genannten Umständen umsetzbar ist. Außerdem ist der analytische Ansatz notwendig, um die Handhabungsart zuverlässig für die Funktionsstruktur zu bestimmen.

Massenhandling ist die effektivste Art, die Handhabung von Paketen hinsichtlich hohem Durchsatz zu realisieren, da die Pakete als chaotisches Schüttgut ohne definierte Pose be- oder entladen werden. Dies führt zu einem quantitativ hohen Durchsatz, jedoch auch zu sehr rauen Handhabungsbedingungen aufgrund möglicher Stürze und Kollisionen. Zusätzlich resultiert die Beladung mittels Massenhandling in einem niedrigeren Füllgrad aufgrund einer chaotischen Verteilung von



starrten Paketen. Daher ist diese Handhabungsart zu vermeiden.

Im Gegensatz zum Massenhhandling erfolgt bei der Handhabungsart Einzelhandling (siehe **Bild 1**) die Bewegung eines Pakets durch einen Roboter. Typischerweise wird hierbei im Stand der Technik ein Knickarmroboter eingesetzt, der das Paket mittels eines Greifers aufnimmt und präzise an den vorgesehenen Ort bewegt. Diese Methode ermöglicht die Optimierung der Packungsdichte innerhalb des Ladevolumens und eine sichere Handhabung des Pakets. Ein Nachteil besteht jedoch im Verhältnis von gehandhabten Paketen zu Robotertakten, da die dynamischen Eigenschaften des Roboters und die Grifftechnik die untere Taktzeitgrenze für den gesamten Prozess festlegen. Diese Handhabungsart ist zu bevorzugen, da sie einen schlanken mechanischen Aufbau verspricht.

Die letzte Handhabungsart, Gruppenhandling genannt, beinhaltet das Greifen mehrerer dimensionsähnlicher Pakete gleichzeitig durch einen Roboter (siehe **Bild 1**). Eine Lagenbildungseinheit ist erforderlich und die Effizienz hängt von der Varianz der Paketdimensionen ab. Eine Optimierung der Taktzeit ist hier möglich, da pro Roboterbewegung mehrere Pakete platziert werden können. Allerdings erfordert insbesondere eine vertikale Lagenbildung eine aufwendigere Gestaltung der Greifeinheit. Bei beiden Handhabungsarten, Gruppen- und Einzelhandling, ist ein Greifprozess während des Paketplatzierungsvorgangs integriert, um die Prozessgenauigkeit und -wiederholbarkeit sicherzustellen. Diese Handhabungsart wird verwendet, wenn ein Einzelhandling aus Zeitgründen nicht anwendbar ist.



Bild 1 Beispiele für Handhabungssysteme mit Einzel-(links) und Gruppenhandling(rechts)
(Quelle: Trapo GmbH, alle Rechte vorbehalten)

Die Ermittlung der anzuwendenden Handhabungsart beginnt mit der Definition von Eingangsvariablen, die aus der bestehenden Applikation abgeleitet werden. Dazu zählt die vorgegebene Prozess- oder Taktzeit für die gesamte Be- oder Entladung. In dieser Zeit wird ausschließlich der reine Handlingprozess betrachtet, ohne Einrichtungsvorgänge zu berücksichtigen. Ein Beispiel hierfür ist der Wechsel des Transportfahrzeugs, wie das Abfahren eines beladenen LKW und die Anfahrt eines neuen. Mit dem vorliegenden Ladevolumen wird anhand des Volumens und der Prozesszeit die durchschnittliche Beladerate ermittelt. Zusätzlich sind Informationen zu den Paketdimensionen und deren Häufigkeitsverteilung erforderlich, wobei der Worst Case, eine Kombination aus vielen kleinen Paketen, besonders berücksichtigt wird. Weitere Parameter wie die minimal realisierbare Taktzeit und eine zeitliche Sicherheitsreserve werden festgelegt und später durch Tests in der realen Anwendung verifiziert.

Nach Kenntnis dieser Eingangsgrößen und Parameter ist eine Entscheidungsfindung hinsichtlich der Handhabungsart möglich. Die Auswahl erfolgt durch die Prüfung, ob der Prozess mittels Einzelhandling realisiert werden kann. Dies wird durch Vergleichsoperationen für jedes Paket und individuelle Prozesszeiten berechnet, basierend auf Volumenanteilen im Vergleich zum Ladevolumen und der gesamten Prozesszeit. Wenn die kalkulierte durchschnittliche Prozesszeit unter der durchschnittlichen Taktzeit und oberhalb der vordefinierten unteren Taktzeitgrenze liegen, gilt der Prozess als realisierbar mittels Einzelhandling. Andernfalls wird überprüft, ob eine Realisierung durch Gruppenhandling möglich ist, indem die Häufigkeitsverteilung der Paketdimensionen auf eine Optimierung durch Lagenbildung geprüft wird. Bei positivem Ergebnis werden iterativ die Prozesszeiten optimiert, und der Handhabungsprozess gilt vorläufig als realisierbar. Die vorläufige Annahme muss im weiteren Verlauf Entsprechend dem Ergebnis wird dann ein Einzel-, Gruppenhandling oder eine Kombination vorgesehen.

Anhand des berechneten Ergebnisses wird die Funktionsstruktur für das Handlingsystem aufgestellt, welche bspw. zu einem Konzept wie in **Bild 1** weiterentwickelt wird. In diesem Fall handelt es sich um ein Beladesystem, welches Pakete mit ähnlichen Grundflächen, aber stark variierenden Höhen handhaben kann. Der Roboter ist hierfür mit einem aktiv drehbarem Greifer ausgestattet, welches eine frontale und oberseitige Aufnahme eines Pakets ermöglicht. Durch diese siebte Achse wird nicht nur ein Aufrichten von Paketen ermöglicht, sondern auch der Arbeitsbereich entscheidend vergrößert. So kann ein kleinerer Roboter verwendet werden, was in einer Gewichts- und Kosteneinsparung resultiert.

Literatur

- [1] Hoppe, Nils and Wilhelm, Jasper and Petzoldt, Christoph and Mortensen Ernits, Rafael and Rolfs, Lennart and Thies, Beinke and Freitag, Michael: *Design eines Robotiksystems zur Entleerung von Seecontainern*. Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik, 2020
- [2] Möllmann, Erik ; Kurtenbach, Stefan ; Bühren, Michael ; Bruckmann, Tobias; DuEPublico: Duisburg-Essen Publications online, University of Duisburg-Essen, Germany (Mitarb.): *Klassifizierung von Automatisierungslösungen für das Handling im Bereich der Be- und Entladung von Einzelpackstücken*. 2023
- [3] GUDEHUS, Timm: *Logistik 1*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2012
- [4] *DIN ISO 3569:1978-08, Stetigförderer; Klassifizierung von Stückgut*
- [5] Stoyanov, Todor ; Vaskevicius, Narunas ; Mueller, Christian A. ; Fromm, Tobias ; Krug, Robert ; Tincani, Vinicio ; Mojtahedzadeh, Rasoul ; Kunaschk, Stefan ; Mortensen Ernits, Rafael ; Canelhas, Daniel R. ; Bonilla, Manuel ; Schwertfeger, Soren ; Bonini, Marco ; Halfar, Harry ; Pathak, Kaustubh ; Rohde, Mortiz ; Fantoni, Gualtiero ; Bicchi, Antonio ; Birk, Andreas ; Lilienthal, Achim J. ; Echelmeyer, Wolfgang: *No More Heavy Lifting: Robotic Solutions to the Container Unloading Problem*. In: IEEE Robotics & Automation Magazine 23 (2016), Nr. 4, S. 94-106
- [6] Möllmann, Erik ; Kurtenbach, Stefan ; Bühren, Michael ; Bruckmann, Tobias: *Systementwurf eines Modulbaukastens für die Konzeptionierung von automatischen Be- und Entladeprozessen*. In: 15. Kolloquium Getriebetechnik. 13.-15. September Aachen. Corves, Burkhard (Herausgeber), Hüsing, Mathias (Herausgeber) 2023. ISBN 3-95886-502-X S. 123-129.
- [7] Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): *Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme*. Düsseldorf: Beuth Verlag, 2021

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

In: Zehnte IFToMM D-A-CH Konferenz 2024

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/81696

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20240304-115234-8



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 Lizenz (CC BY-NC-ND 4.0) genutzt werden.