

Helft den Robotern!

Statische Kommissionierprozesse müssen für autonome Kommissionierroboter neu gedacht werden

STEPHANIE BÄUML UND DR. MORITZ TENORTH



Abstract

In der wissenschaftlichen Literatur zu Kommissioniersystemen (ten Hompel et al., 2011; Wisser, 2009) werden Unterstützungstechnologien zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung der Kommissionierleistung in statischen Kommissionierprozessen (Person zur Ware) hinreichend beschrieben. Der Einsatz von autonomen Kommissionierrobotern, die in der Lage sind die gesamte Kommissionierleistung zu erbringen, werden kaum betrachtet. Gleichzeitig werden bei der Prozessintegration von autonomen Kommissionierrobotern Prozesse, mit der Leistung von Robotern

verglichen, die für eine menschliche Leistungserbringung gestaltet wurden. Die Herausforderung besteht deshalb darin, die Prozesse so zu planen und zu gestalten, dass Kommissionierroboter effektiv und effizient eingesetzt werden können, um ihr Leistungspotenzial voll ausschöpfen zu können. Dafür ist einerseits eine Prozessvision und andererseits eine genaue Vorstellung notwendig, was eine Leistungssteigerung bei autonomen Kommissionierrobotern bewirkt. In unserem Beitrag gehen wir auf beide Themen ein: Wie muss ein Kommissionierprozess gestaltet sein, um einen autonomen Kommissionierroboter in einem statischen Kommissioniersystem zu unterstützen, und welche Parameter in der Prozessgestaltung kann man bei der Gestaltung von Kommissioniersystemen nutzen, um eine Leistungssteigerung bei autonomen Kommissionierrobotern zu erzielen?

Die Herausforderung besteht darin, die Prozesse so zu planen und zu gestalten, dass Kommissionierroboter effektiv und effizient eingesetzt werden können, um ihr Leistungspotenzial voll ausschöpfen zu können.

Inhalt

Motivation	4
Ursachenanalyse für unzureichende Leistung bei autonomen Kommissionierrobotern in statischen Kommissioniersystemen	5 – 7
Planung/Steuerung	
Lagersystem/Lagertechnik	
Infrastruktur/Materialfluss/Layout	
Gestaltungsprinzipien für die erfolgreiche Mensch-Maschine Prozessintegration mit autonomen Kommissionierrobotern	8 – 12
Planung/Steuerung	
Lagersystem/Lagertechnik	
Infrastruktur/Materialfluss/Layout	
Ausblick	13

Motivation

Die Magazino GmbH ist Entwickler und Hersteller von autonomen Kommissionierrobotern. TORU wurde für den Einsatz im E-Commerce entwickelt und wird vorwiegend für die Kommissionierung von Schuhkartons eingesetzt. TORU ist bereits in zahlreichen Schuhlägern als Roboterflotte im Einsatz und ermöglicht eine gemeinsame Kommissionierung von Mensch und Roboter in der gleichen Umgebung. SOTO wurde für die industrielle Produktionsversorgung mit Kleinladungsträgern (KLT) entwickelt und befindet sich in der Erprobungsphase bei namhaften Automobilherstellern und -zulieferern. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den Erfahrungen die Magazino mit TORU sammeln konnte. Beide Produkte sind geeignet die nach VDI-Richtlinie 3590 zu erbringenden Leistungen einer Kommissionierung vollautomatisiert ohne menschliche Unterstützungsleistung zu erreichen. Das Haupteinsatzgebiet von autonomen Kommissionierrobotern sind statische Kommissioniersysteme mit dem Kommissionierprinzip „Person-zu-Ware“.

Autonome Roboter bilden die nächste Stufe der Automatisierung eines statischen Kommissioniersystems nach Unterstützungstechnologien wie „pick-by“-Ansätzen. Statt den Menschen effizienter zu machen, beispielsweise durch eine Verkürzung

der Suchvorgänge, können autonome Roboter den kompletten Kommissionierprozess übernehmen. Im Prinzip ist es möglich, Roboter mit minimalen Umgebungsanpassungen in einem bestehenden Prozess gemeinsam mit menschlichen Kommissionierern einzusetzen, da sie die gleichen Prozessschritte mit gleichen Objekten und gleichen Regalen durchführen können. Da die Roboter weiterhin in der gleichen Umgebung eines statischen Kommissioniersystems agieren, blei-

Gleichzeitig ergeben sich Chancen und Möglichkeiten durch die speziellen Fähigkeiten eines Robotersystems: Roboter können sich die genauen Positionen von Objekten merken, diese mit anderen Robotern teilen und sie daher fast ohne Suchzeiten wiederfinden. Roboter verlieren nicht den Überblick über die Objekte in einem Auftrag und können z.B. leicht verschiedene Aufträge im Abgabefach konsolidieren. Sie machen keine Pausen und haben keine festgelegten

Schichtzeiten, zu denen eine Kommissionierwelle beendet sein muss.

Das wiederum führt zu einer notwendigen Prozessintegration, die vergleichbar mit Technologien wie z.B. der Einführung von Routenzügen zur Materialversorgung ist. Auch hier müssen zum Beispiel Schnittstellen und

Übergabestationen neu geplant und gestaltet und die Auftragssteuerung angepasst werden. Zumeist sind das keine substanziellen Anpassungen und ermöglichen dadurch eine Prozessgestaltung, die die Vorteile des Roboters sichtbar machen und eine Leistungssteigerung ermöglichen.

In diesem Artikel möchten wir einerseits die Ursachen für Leistungsschwankungen darstellen und andererseits unsere Erfahrungen teilen welche Aspekte bei der Prozessgestaltung berücksichtigt werden sollten, und wie sie sich auf die Leistung des Kommissioniersystems auswirken.

In diesem Artikel möchten wir einerseits die Ursachen für Leistungsschwankungen darstellen und andererseits unsere Erfahrungen teilen welche Aspekte bei der Prozessgestaltung berücksichtigt werden sollten, und wie sie sich auf die Leistung des Kommissioniersystems auswirken.

ben auch viele der Rahmenbedingungen bestehen, beispielsweise die große statische Lagerkapazität und die Abhängigkeit der Produktivität von den zurückzulegenden Strecken. Bei einigen Aspekten gibt es für Roboter allerdings auch Unterschiede: So untersagen Sicherheitsrichtlinien die gemeinsame Nutzung von Kommissioniergängen, oder können Übergabestationen meist nur exklusiv von einem Roboter genutzt werden, oder dauern einzelne Prozessschritte unterschiedlich lang im Vergleich zum Menschen.

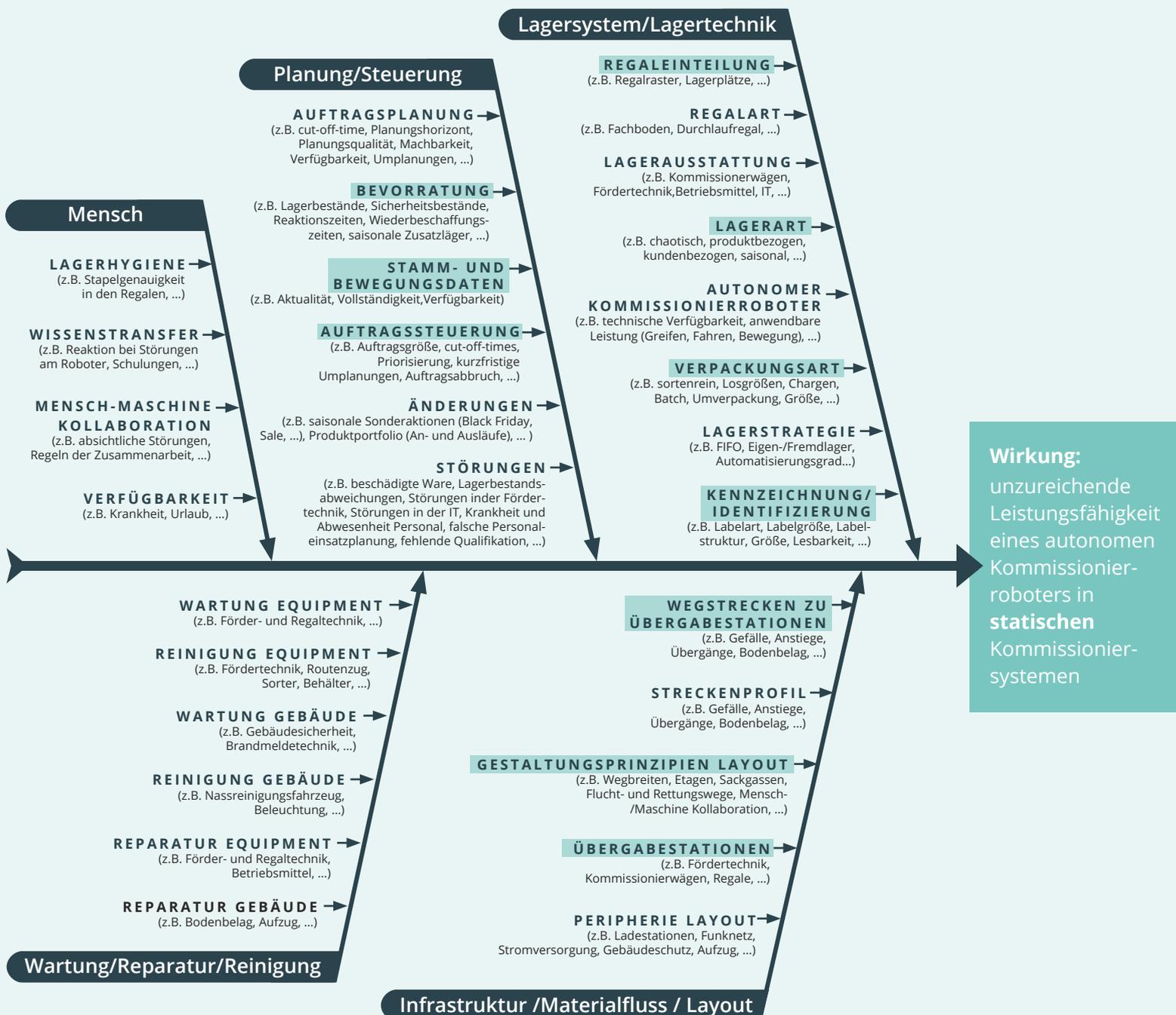
Ursachenanalyse

Aus den bisherigen umgesetzten Roboterprojekten bei zahlreichen E-Commerce Kunden konnte mittlerweile eine spezifische Ursachensammlung erarbeitet werden, die einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines autonomen Kommissionierroboters in einem statischen Kommissioniersystem haben.

Die Ursachen wurden als Ursachen- und Wirkungsdiagramm dargestellt, dass auch als Ishikawa- oder Fischgrätendiagramm bekannt ist (Abbildung 1). Die Hauptstränge sind in Mensch, in Planung/Steuerung, in Lagersystem/ Lagertechnik, in Wartung/Reparatur/Reinigung und in Infrastruktur/ Materialfluss/Layout unterteilt. Dabei sind Planung/Steuerung, Lager-

system/Lagertechnik und Infrastruktur/Materialfluss/ Layout die Hauptstränge mit dem größten Einfluss, um das Leistungspotenzial des Roboters zu heben. In Abbildung 1 sind die wichtigsten Ursachen grün markiert. In der weiteren Ausführung wird der Fokus auf diese drei Hauptstränge gelegt und jeweils ein Beispiel der wichtigsten Ursache ausgeführt.

Abbildung 1 - Ursachen- und Wirkungsdiagramm zur Leistungsfähigkeit eines autonomen Kommissionierroboters



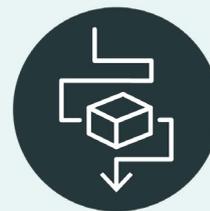
Die drei wichtigsten Ursachen für unzureichende Leistung bei autonomen Kommissionierrobotern in statischen Kommissioniersystemen:



1. Planung / Steuerung



2. Lagersystem / Lagertechnik



3. Infrastruktur / Materialfluss / Layout

1. Planung/Steuerung

In der Planung und Steuerung gibt es eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die zu einer verringerten Kommissionierleistung des Roboters führen können. Als Erstes ist hier die Auftragssteuerung zu nennen. Darunter fallen Restriktionen, die im ERP-System bzw.

WMS-System festgelegt werden. Insbesondere die Freigabe von Aufträgen spielt hier eine große Rolle. Für Menschen werden die Aufträge optimiert bereitgestellt. Zum Beispiel werden Aufträge wegeoptimiert zusammengefasst oder die Aufträge

werden pro Mitarbeiter limitiert, oder sie orientieren sich an Arbeitszeitmodellen. Für die Kommissionierleistung einer Roboterflotte ist es allerdings wichtig auf alle verfügbaren Aufträge zugreifen zu können, um sich zu optimieren.

2. Lagersystem/Lagertechnik

In zahlreichen Lagersystemen, die Schuhe lagern, wird jeder Platz im Fachbodenregal genutzt. Die Schuhkartons lagern übereinander, oder zwischen zwei Stapel werden Schuhkartons quer abgelegt. Dies ist das häufigste Beispiel in der Mensch-Roboter-Interaktion, welches zu Heraus-

forderungen führt, die gemeinsam gelöst werden müssen, um ein erfolgreiches Miteinander zu schaffen. Zumeist werden die Roboter eher für den Auslagerungsprozess genutzt und nicht für den Einlagerungsprozess. Dieser kann in der Regel vom Menschen schneller durch-

geführt werden als von einem Roboter. Wenn der Mitarbeiter sich nicht ausreichend Zeit nimmt für die Ablage, kann der Roboter sehr viel Zeit verschwenden, wenn er den Schuhkarton aufnehmen muss. Im schlechtesten Fall kann der Schuhkarton vom Roboter nicht gepickt werden.

3. Infrastruktur/Materialfluss/Layout

Weitere Haupteinflussfaktoren auf eine unzureichende Leistungsfähigkeit sind die Infrastruktur, der Materialfluss, und das Lagerlayout. Angefangen von bestimmten Gestaltungsprinzipien im Lagerlayout, die für Menschen keine Herausforderung dar-

stellen, bis hin zu einer ausreichenden Anzahl an Übergabemöglichkeiten für die Roboter. Sackgassen sind beispielsweise für einen Menschen kein Problem. Für eine Mensch-Roboter-Interaktion gelten hier aber gesetzliche Regelungen, die Sackgassen verbieten.

Ein weiterer entscheidender Einflussfaktor ist die Anzahl bzw. Art der Übergabestationen, an welche die Roboterflotte abgeben kann. Beispielsweise benötigt eine Roboterflotte mehr stationäre Übergabemöglichkeiten als für Menschen vorgesehen werden müssen.

Abschließend lassen sich die Leistungsfähigkeit der autonomen Kommissionierroboter als folgende Leistungskennzahlen zusammenfassen und dahingehend unterteilen, ob ein einzelner Roboter betrachtet wird oder die gesamte Roboterflotte.

Die Leistung des einzelnen Roboters repräsentiert sich in den Kennzahlen:



Die Leistung der gesamten Roboterflotte repräsentiert sich in folgenden Kennzahlen:



Gestaltungsprinzipien für die erfolgreiche Mensch-Maschine Prozessintegration mit autonomen Kommissionierrobotern

In diesem Abschnitt diskutieren wir gesammelte Erfahrungen und Gestaltungsprinzipien für die optimale Integration von Kommissionierrobotern in den Bereichen "Lagertechnik und Lagerlayout", "Auftragsplanung und -steuerung", sowie "Infrastruktur und Materialfluss".



1. Planung / Steuerung



2. Lagersystem / Lagertechnik



3. Infrastruktur / Materialfluss / Layout

1. Planung/Steuerung

Roboter-spezifische Touren bilden

Die optimale Touren-Aufteilung kann sich zwischen Menschen und Roboter unterscheiden, wenn sich etwa der Roboter aus Sicherheitsgründen an andere Verkehrsregeln halten muss, oder das Wechseln der Gangseite für den Roboter aufwendiger als für den

Menschen ist. Daher ist es wichtig, die Eigenschaften und Prozesszeiten des Roboters bei der Tourenbildung zu berücksichtigen und sie idealerweise durch das Flottenmanagement bilden zu lassen.

Es ist wichtig, die Eigenschaften und Prozesszeiten des Roboters bei der Tourenbildung zu berücksichtigen.

Ausreichend großen Auftragspool bereitstellen

Bei einer Roboterflotte ist es vorteilhaft, eine größere Menge Aufträge an das System zu übermitteln.

Während menschlichen Kommissionierern die Aufträge üblicherweise in Form kleinerer Picklisten übergeben werden, ist es bei einer Roboterflotte vorteilhaft, eine größere Menge Aufträge an das System zu übermitteln. Je größer der Auftragspool, umso besser

können Touren optimiert und Aufträge auf mehrere Roboter aufgeteilt werden. Wenn die Menge der verfügbaren Aufträge zu gering wird oder stark schwankt, kann es sein, dass einzelne Roboter keine Aufträge mehr erhalten und Wartezeiten anfallen.

Möglichst wenige Abhängigkeiten zwischen den Aufträgen schaffen

Dass Abhängigkeiten wie Prioritäten, Auftrags-Klammern oder cut-off-Zeiten zwischen Aufträgen bestehen und bei der Kommissionierung berücksichtigt werden müssen ist allgegenwärtig. Trotzdem ist bei der Gestaltung des Prozesses darauf zu achten, dass möglichst keine weiteren Abhängigkeiten künstlich herbeigeführt werden, da sie die Optimierung der Tourenbildung und die Flexibilität der Ausführung negativ beeinflussen können. Beispielsweise

können Sequenzbedingungen, wie kleine Aufträge, die erst abgeschlossen werden müssen bevor ein neuer Auftrag gestartet werden darf, dazu führen, dass für andere Roboter keine neuen Aufträge vorhanden sind. Insbesondere wenn diese Aufträge an gemeinsam genutzte Bereiche oder Geräte, etwa Übergabestationen oder Regalgänge gebunden sind, können Einschränkungen für einen Roboter schnell auf andere Roboter in der Flotte eskalieren.

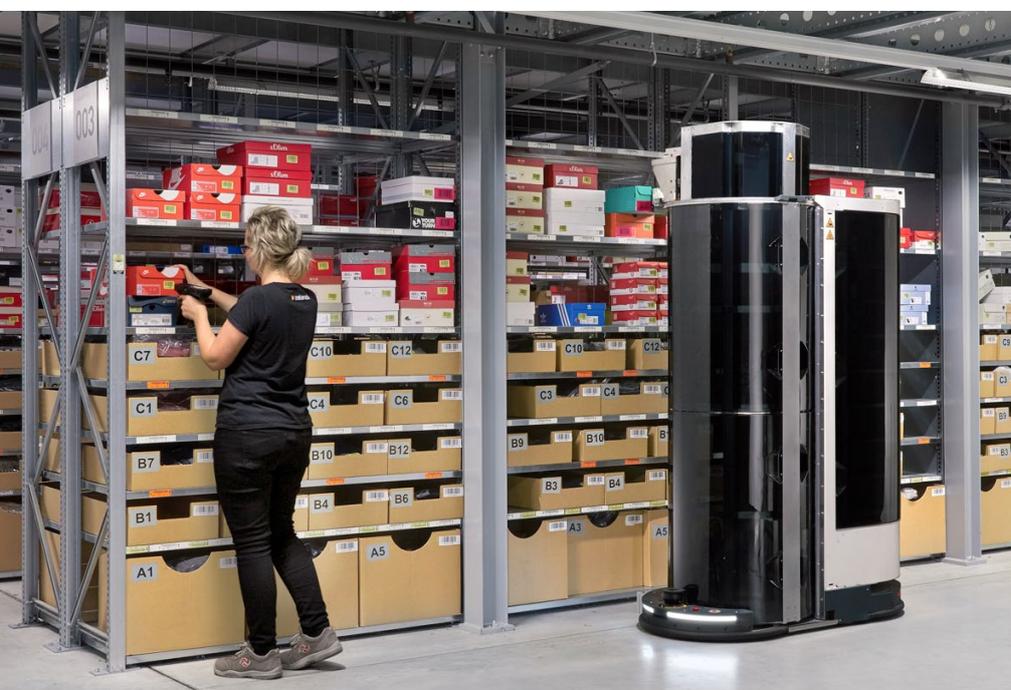
Es ist darauf zu achten, dass neben Prioritäten, Auftrags-Klammern oder cut-off-Zeiten keine weiteren Abhängigkeiten künstlich herbeigeführt werden, da sie die Optimierung der Tourenbildung und die Flexibilität der Ausführung negativ beeinflussen können.

Kontrolle über Lagerbestand und Möglichkeit der Reorganisation

Idealerweise hat das Robotersystem die Möglichkeit, den Lagerbestand zu verwalten und in Phasen niedriger Auslastung gezielt für Phasen hoher Auslastung zu optimieren.

Idealerweise hat das Robotersystem die Möglichkeit, den Lagerbestand zu verwalten oder zumindest dem WMS Umlagerungen vorzuschlagen und dann auszuführen. In diesem Fall kann man Phasen niedriger Auslastung nutzen, um das Lager durch eine gezielte Umlagerung besser für die Phasen hoher Auslastung zu optimieren, da die Grenzkosten für den Einsatz einer bestehenden Roboterflotte sehr niedrig sind. So ist denkbar die Objekte in einem Fach zu verdichten,

um freien Raum zum Ablegen großer Objekte zu erhalten. Durch ein Clustering nach Größe der Objekte bleibt dann auch für größere Objekte Raum, wenn z.B. obere Objekte nicht breiter sein dürfen als Untere. Aufwendiger, aber mit großem Potential, ist auch die Umlagerung zwischen Lagerplätzen unter Berücksichtigung vergangener Umsätze und zu erwartender Nachfrage, zum Beispiel zum Saison-Start oder -Ende oder zu größeren Marketing-Aktionen.

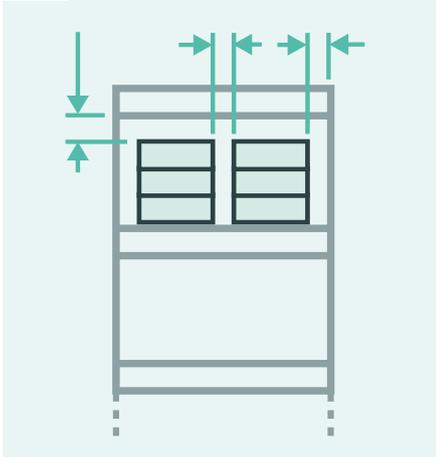


2. Lagersystem/Lagertechnik

Durch gute Lagerhygiene Ausnahmebehandlung reduzieren



Objektlagerung



Reaktionen auf unerwartete Situationen kosten Zeit. Ungeplante Verzögerungen haben Auswirkung auf die Koordination der Roboterflotte. Daher zahlt es sich aus, auf eine ausreichende Lagerhygiene (saubere Stapel, ausreichend Abstand zwischen den Objekten) zu achten.

Autonome Roboter können mittlerweile in einer bestehenden Umgebung mit den vorhandenen Regalen und einer großen Bandbreite von Objekten flexibel umgehen, Probleme erkennen und autonom darauf reagieren. Dies ist eine ihrer wichtigsten Stärken und Voraussetzung dafür sie in einem existierenden Lager gemeinsam mit menschlichen Kollegen einzusetzen.

Allerdings kostet die Reaktion auf unerwartete Situationen (z.B. ein verschobenes Objekt) oder die Behandlung von Fehlern (z.B. ein Objekt, das zu weit entfernt oder hinter einem

Regalpfosten liegt) Zeit und reduziert damit die Produktivität der Roboter. Hinzu kommt, dass diese ungeplanten Verzögerungen Auswirkung auf die Koordination der Roboterflotte haben: Die Aufträge und der Zugang zu gemeinsam genutzten Bereichen werden anhand von Annahmen, wie lange einzelne Aktionen dauern, verteilt. Gibt es häufige Verzögerungen kann das zu Wartezeiten anderer Roboter führen. Daher zahlt es sich in der Regel aus auf eine ausreichende Lagerhygiene (saubere Stapel, ausreichend Abstand zwischen den Objekten) zu achten.

Lagerplatzstruktur im E-Commerce bewusst wählen

Sehr große Fächer führen zu sehr langen Objekt-Suchzeiten. Es ist hilfreich durch kleinere Fächer den Suchbereich reduzieren.

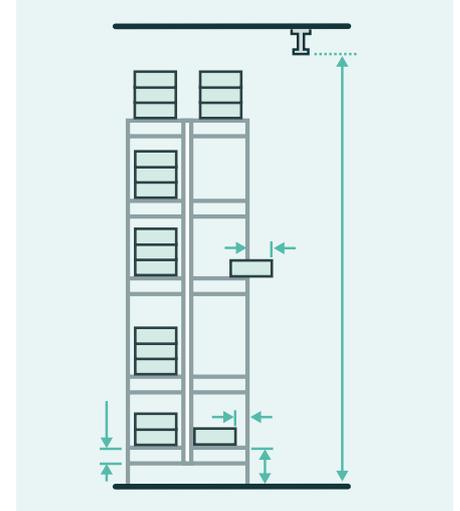
Während das WMS nur die logischen Lagerplätze von Objekten verwaltet, benötigen Roboter zum Greifen die exakte physische Position, die sie üblicherweise anhand ihrer Kamera-Sensorik bestimmen.

Während Roboter Objekte in einem Lagerplatz suchen können, kann dies bei sehr großen Fächern lange dauern. Auch hier ist es hilfreich,

durch kleinere Fächer den Suchbereich zu reduzieren, um so die Produktivität und Berechenbarkeit zu erhöhen.



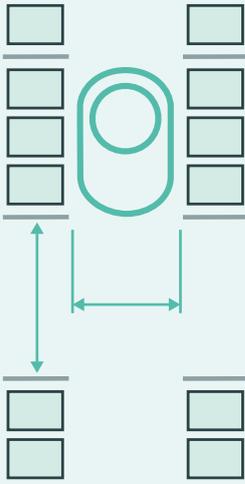
Regale



Ausreichende Gangbreiten für Mensch-Maschine Kollaboration vorsehen



Fahrwege

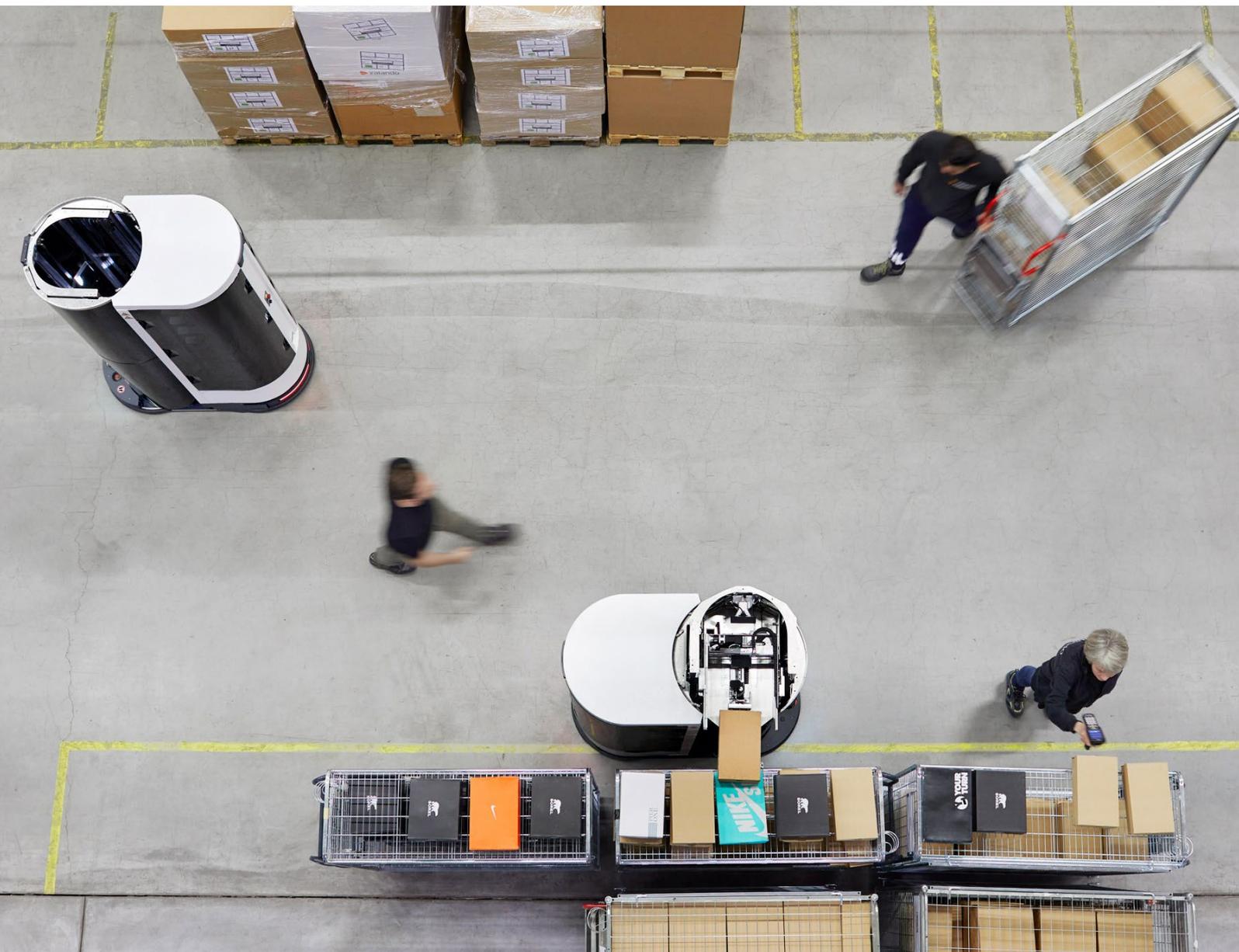


Wenn Menschen und Roboter die gleichen Gänge nutzen ist es notwendig auf eine ausreichende Gangbreite und die geltenden Sicherheitsregelungen zu achten.

In einem nur von Robotern genutzten Lager können die Gänge recht schmal gehalten werden.



Wenn Menschen und Roboter die gleichen Gänge zur Kommissionierung nutzen, ist es zur Reduzierung von Wartezeiten erforderlich, dass sie einander passieren lassen können. Bei der optimalen Gestaltung der Gangbreiten sind weiterhin die geltenden Sicherheitsregelungen zu berücksichtigen, so dass dem Roboter auch eine schnelle Fahrt im Gang ermöglicht werden kann.





3. Infrastruktur/Materialfluss/Layout

Wenige Abhängigkeiten zwischen den Robotern schaffen

Idealerweise können alle Roboter einer Flotte ihre Aufträge vollkommen unabhängig voneinander ausführen. In der Praxis ergeben sich natürliche Abhängigkeiten, vor allem durch die gemeinsam genutzte Umgebung, Kommissioniergänge, Übergabestationen, Ladestationen etc. Diesen Bereichen ist besondere Beachtung zu schenken, um zu vermeiden, dass sie

zum Problem werden: Wird ein Gang zum Beispiel von Menschen und Robotern sehr stark frequentiert, wird ein Roboter länger brauchen, um ihn zu durchqueren. Gibt es dazu noch Zugangsbeschränkungen wie „maximal ein Roboter pro Gang“ blockiert der Roboter während dieser Zeit weitere Roboter, die nicht in den Gang einfahren dürfen.

Bereichen wie Umgebung, Kommissioniergängen, Übergabestationen, Ladestationen, etc. ist besondere Beachtung zu schenken, um zu vermeiden, dass Roboter sich gegenseitig blockieren.

Systemische Bottlenecks vermeiden

Ähnliche Blockaden können durch systemische Bottlenecks entstehen, wie etwa Übergabestationen, die von mehreren Robotern genutzt werden müssen, aber immer nur exklusiv von einem Roboter zur gleichen Zeit verwendet werden können.

Hier hilft es ausreichend Übergabepunkte zur Verfügung zu stellen, um Blockaden unwahrscheinlich zu machen. Durch eine geeignete Sequenzierung und Zugangssteuerung können weitere Probleme vermieden werden.

Wenn ein Touchpoint, z. B. eine Übergabestation nur exklusiv von einem Roboter genutzt werden kann, hilft es, sie in ausreichender Anzahl zur Verfügung zu stellen.

Ausblick

Für eine erfolgreiche Prozessintegration von autonomen Kommissionierrobotern ist einerseits ein Verständnis für die Anforderungen des Kunden und den dazugehörigen Prozess notwendig und andererseits ist es erforderlich einen autonomen Kommissionierroboter nicht mit den Prozessbedürfnissen eines Menschen gleichzusetzen. Ein autonomer Kommissionierroboter benötigt für eine erfolgreiche Prozessintegration Anpassungen in der Auftragsplanung und -steuerung, im Lagersystem und -technik und im Materialfluss.

Die Erfahrung der zahlreichen Projekte zeigt, dass Kompromisse in der Roboterintegration Leistungseinschränkungen der Roboterflotte bedeuten können. Deshalb ist es bei Beginn des

Projektes wichtig eine Prozessanalyse durchzuführen und ein Prozessdesign mit dem Kunden zu erstellen. Die Bereitschaft zu Anpassungen insbesondere in den drei oben beschriebenen Haupteinflüssen sind Erfolgsfaktoren für eine leistungsfähige Roboterflotte und somit für eine gelungene Mensch-Roboter-Interaktion.

Dabei ist es unerlässlich als auftraggebende Organisation eine Roboterintegration als Projekt anzugehen, mit allen dazu notwendigen Aufgaben und Funktionen. Zu empfehlen wäre die Durchführung des Projekts nach einem Change-Management-Modell (z.B. 8-Stufen-Modell nach Kotter), da jede technologische Implementierung erfahrungsgemäß zu Widerständen und Ängsten in der Organisation führt, insbesondere wenn es sich um eine Technologie handelt, die mit dem Menschen interagiert.

Sie haben noch Fragen?
Kontaktieren Sie uns!

baeuml@magazino.eu
+49 89 2155 2415 0



Stephanie Bäuml
Senior Consultant Robot Integration



Dr. Moritz Tenorth
CTO

Quelle: (Bäuml S.; Tenorth M.): Statische Kommissionierprozesse müssen für autonome Kommissionierroboter neu gedacht werden; 2023; VDI Deutscher Materialfluss-Kongress

