Konzeptentwicklung einer autonomen Be- und Entlade-Lösung für Ladungsträger von Standardanlagen

Steffen Furtwängler

Betreuer: Prof. Dr. Gunter Ketterer (HFU); Dipl.-Ing. Matthias Weishaar (Dunkermotoren GmbH)

***Abstract* — Die Firma EGS Automation hat unteranderem mehrere Standardanlagen zur Be- und Entladung von Werkzeugmaschinen mit verschiedenen Ladungsträgern im Portfolio. Diese Standardmodelle automatisieren ganze Fertigungen von Produktionsanlagen und können dank ihres Aufbaus die einzelnen Prozesse entkoppeln. Bisher werden die Anlagen manuell von einer Person mittels Transportmittel be- und entladen. Für diese Anlagen ist zukünftig ein autonomes Be- und Entladen vorgesehen, um auch mehrere dieser Anlagen untereinander bzw. miteinander zu vernetzen und zu automatisieren. —**

***Schlüsselwörter*: Fahrerloses Transportsystem, Logistiksysteme, AGV, AMR, Standardanlagen, Automatisierung, Industrie 4.0**

I. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Firma EGS Automation mit Sitz in Donaueschingen ist Hersteller von Automatisierungsanlagen mit Robotern. Hierbei sind Handling, Sortierung sowie Be- und Entladung von Werkzeugmaschinen im Regelfall die Aufgabe der Anlage. Neben dem Sondermaschinenbau und der Umsetzung von Individuallösungen werden, für verschiedenste Standard-Ladungsträger, die SUMO-Standard-Automationsanlagen angeboten. Eine dieser Anlagen ist in Abbildung 1 zusehen. Immer mehr Kunden setzen auf diese Standartsysteme und verwenden dabei auch mehrere Geräte in ihrer Produktion.

Abbildung 1 SUMO Ecoplex2 [1]

Seit 2021 gehört das Unternehmen EGS Automation zu Dunkermotoren, einem Hersteller von rotativer und linearer Antriebstechnik. Zum Produktportfolio von Dunkermotoren gehören diverse Elektromotoren und Linearsysteme, sowie Getriebe und Elektroniken. Hierbei werden unteranderem auch Antriebseinheiten für AGV angeboten [2]

Der sehr schnell wachsende Markt von fahrerlosen Transportsystemen betrifft hierbei die beiden beschriebenen Firmen und bietet die Möglichkeit den Absatzmarkt sowie das Produktportfolio zu erweitern und zu ergänzen.

Das zukünftige Ziel ist dabei, die Standardanlagen mit ihren unterschiedlichen Ladungsträgern mittels fahrerlosen Transportsystem, welches Antriebe von Dunkermotoren verwendet, zu be- und entladen.

Diese Arbeit hat hierbei das Ziel, die Grundlagen zur Technik zu erarbeiten, Anforderungen sowie Lösungsansätze aufzuzeigen und die Umsetzung voranzutreiben.

Die Aufgabenstellung wird hierbei wie folgt beschrieben: Konzeptentwicklung einer fahrerlosen Be- und Entlade-Lösung, um unterschiedliche Ladungsträger der Standardmodelle der Fa. EGS (SUMO-Automation Systeme) transportieren zu können. Die Aufgabe beinhaltet im Wesentlichen:

- Machbarkeitsanalyse
- Marktrecherche
- Kosten-Nutzen-Analyse
- Technische Realisierung

II. Grundlagenforschung

Das Ziel, die Landungsträger transportieren zu können, bedarf einer am Kunden orientierten Transportmittellösung. In diesem Bereich gilt es die optimale Lösung zu finden, hierzu sind jedoch die Grundlagen der Beförderungssysteme und die Vertiefung in das gewünschte Feld notwendig.

Die Beförderungssysteme sind in vier Kategorien unterteilt: Flurförderfahrzeug (FFZ), bspw. Gabelstapler, Einschienen-Hängebahn (EHB), starre Montageband (SMB) sowie Fahrerlose Transportsysteme (FTS/AGV).

Aufgrund der gewünschten Anwendung zur Beförderung von Ladungsträgern bzw. Stückgut in unregelmäßigen Taktzeiten und einer schienenfreien Lösung zur einfachen Nachrüstung kommen lediglich das FFZ oder FTS/AGV in Frage. Aufgrund des steigenden Automatisierungsgrades, dem Fachkräftemangel und den stark wachsenden AGV-Bereich soll auf ein fahrerloses Transportsystem gesetzt werden. FTS mit ihren Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) werden dabei in folgende Kategorien eingeordnet:

Kat.	Benennung- FTF	Typische Last
1	Gabelhub, eigens konstruiert	Palette
2	Gabelhub, automatisiertes Seriengerät	Palette
3	Huckepack-FTF	Palette
4	Schlepper	Anhänger
5	Unterfahr-FTF	Rollcontainer, Trolley
6	Montage-FTF	Montageobjekt
7	Schwerlast-FTF	Rollen, Coils
8	Mini-FTF	KLT
9	Outdoor-FTF	diverse
10	Sonder-FTF	diverse

Abbildung 2: Einteilung der FTF vgl. [3]

Für den visierten Anwendungsfall auf Grundlage der typischen Last, werden jedoch nur die Kategorien 1,2,4,5 als Lösungsmöglichkeit vorgesehen. Die weitere Recherche umfasst daher diese Kategorien. Zusätzlich zu den Fahrzeugen musste sich mit den Grundsatzfragen für FTS-Systeme befasst werden:

- Welcher FTF-Typ ist einzusetzen? Z.B. Gabelfahrzeug
- Welches Navigationsverfahren? Z.B. Lasertriangulation
- Welches Konzept für den Personenschutz?
- Welche Steuerung ist einzusetzen?

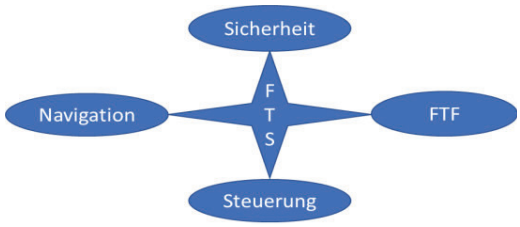

Abbildung 3: Einzelne Komponenten des Systems

In diesen Bereichen wurde Wissen gesammelt und soll zum einen für dieses Projekt aber auch für zukünftige Themen Anwendung finden. Hierzu wurden Präsentationen für Schulungszwecke und einzelne Themen speziell erarbeitet.

III. Machbarkeitsanalyse

Im Folgenden wurde eine Machbarkeitsanalyse, welche sich mit der expliziten Aufgabenstellung zur Konzeptentwicklung des Transportes mit unterschiedlichen Ladungsträgern der Standardmodelle der Fa. EGS mittels fahrerlosen Transportsystem befasst, erstellt. Dazu wurden die Standardanlagen gesichtet, ihre Anforderungen beschrieben und auf ihre FTF-Fähigkeit und die dafür notwendigen Änderungen untersucht.

Im Folgenden werden die einzelnen Standartanlagen und die Ergebnisse zur Machbarkeitsanalyse aufgelistet.

SUMO- Europlex

Der Sumo-Europlex ist das Universalsystem für das Europalettenformat. Ladungsträger sind dabei Europaletten mit einer maximalen Last von 500 kg. Die Anlage bietet für zwei Paletten übereinander Platz. Zentrale Schutzeinrichtung ist das Gehäuse. Die Be- und Entladeöffnung wird manuell vom Werker bedient.

Abbildung 5: Standardanlage Sumo-Europlex [1]

Die Herausforderungen für den FTS-Einsatz sind das Sicherheitskonzept, ein automatisches Öffnen und Schließen sowie die unterschiedlichen Entnahmehöhen. Grundsätzlich ist die FTS-Fähigkeit für den SUMO-Europlex gegeben, am Markt sind Hubgabel-FTS für Europaletten schon weit verbreitet.

Die Änderungen an der Anlage sind verhältnismäßig einfach umzusetzen. Für das Sicherheitskonzept müssen zusätzliche Sensoren, wie bspw. Lichtschranken vorgesehen werden, um auszuschließen, dass sich Personen in diesen Arbeitsbereichen befinden oder in diese eindringen. Die automatische Öffnung soll mit Antrieben von Dunkermotoren umgesetzt werden. Eine Rollladen- sowie eine Anschlagtürenlösung sollen dabei vorgesehen werden.

SUMO-Ecoplex2

Der Ecoplex2 ist ein hochflexibles, platzsparendes Universalsystem mit unterschiedlicher Werkstückzufuhr. Es besteht die Möglichkeit die Be- und Entladung über drei Trägereinheiten zu realisieren: Standardmäßig über den hauseigenen Einschubwagen, einen Standardbodenroller (600mm x 400mm) sowie über ein Förderband. Die maximale Last der Trägereinheiten beläuft sich auf ca. 300 kg. Vgl. [1]

Abbildung 4:SUMO-Ecoplex2 mit Trägereinheiten vgl. [1]

Neben der Variante für den Einschubwagen, ist für die Verwendung des Bodenrollers eine Ausführung mit Anschlagtür und bei dem Fließband eine Version mit Rollladen vorgesehen. Die Herausforderungen für den FTS- Einsatz sind ein passendes Sicherheitskonzept, ein automatisches Öffnen und Schließen, die Verwendung und Arretierung der unterschiedlichen Trägereinheiten sowie die benötigte Traglast und Stabilität des FTS zu ermöglichen.

Grundsätzlich ist die FTS- Fähigkeit für den SUMO Ecoplex2 gegeben, jedoch sind FTS/AGV im Kleinladungsträgerbereich noch nicht weit verbreitet. Die geforderte Traglast von 300 kg sowie die Höhe der Stapel sind dabei eine Herausforderung. Der Schwerpunkt bei der FTS-Suche liegt auf der Beförderung des Einschubwagens und des Bodenrollers, da hier das größte Marktsegment liegt.

Bei dieser Standardanalage ist zudem die Genauigkeit der Platzierung der Trägereinheiten entscheidend, wenige Millimeter Spielraum sind lediglich möglich. Ebenso muss der Schwerpunkt der Last auf dem FTS sowie die Aufnahme bei Bodenrollern über die lange Seite (600mm) berücksichtigt werden.

SUMO-Megaplex

Die letzte betrachtete Standardanlage ist der SUMO-Megaplex. Er bietet sich dabei ähnlich wie der Ecoplex2 für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Werkstückautonomie an. Er ermöglicht größere Werkstücke mit Werkstückgewichten bis zu 15 kg zu bearbeiten. Die Werkstückzufuhr ist hier auf Bodenrollern mit einer Abmaße von 800x600 mm doppelt so groß wie beim Ecoplex2. Das anvisierte Gewicht eines Stapels beläuft sich auf 500 kg zu bewegender Masse.

Abbildung 6: SUMO-Megaplex [1]

Die Anforderungen an den Megaplex für einen FTS- Einsatz unterscheiden sich grundsätzlich nicht von dem des Ecoplex2, die zu bewegende Last ist jedoch nochmals deutlich schwerer. Die Bodenrolleraufnahme ist über die kürzere Seite (600mm).

Der Fokus wird in den weiteren Schritten auf die Umsetzung mit dem SUMO-Ecoplex2 mit der Bodenroller- und Einschubwagenausführung sowie auf den SUMO-Megaplex, aufgrund des höheren Absatzes und des damit verbundenen höheren Marktpotentials, gelegt.

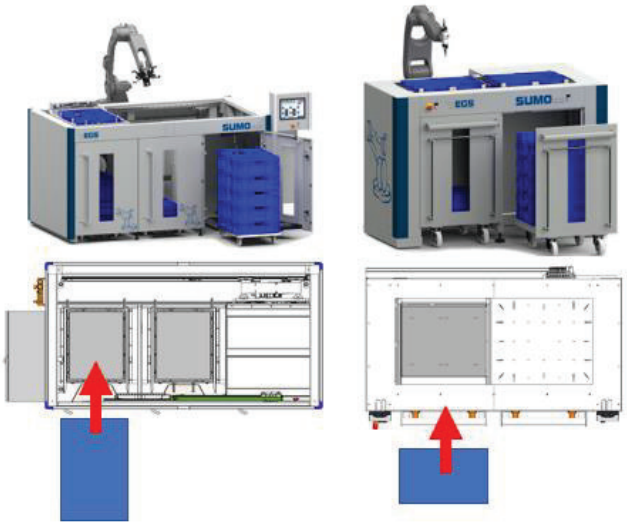

Abbildung 7:Unterschiedliche Bodenrolleraufnahme (links Megaplex, rechts Ecoplex2) vgl. [1]

Bei der Betrachtung der beiden Anlagen als Bodenrollerausführung muss, wie in Abbildung 7 grafisch dargestellt, berücksichtigt werden, dass die Aufnahme beim Ecoplex2 über die lange Seite und beim Megaplex über die kurze Seite erfolgt. Zusätzlich mit dem Einschubwagen gilt es somit drei Radabstände zu berücksichtigen.

IV. Marktanalyse

Die erste Marktanalyse wurde Online und mittels Broschüren umgesetzt. Nach der Überlegung und Abwägung von verschiedenen Lösungsansätzen und Möglichkeiten haben sich dabei vier FTS-Systeme als untersuchungsfähig ergeben. Diese teilen sich nach Kategorien in ein Schlepper-FTF und drei Unterfahr-FTF auf.

ActiveShuttle	ASTI ProBOT F	MiR Hook 250	CARY
Bosch Rexroth	ASTI Mobile Robots	Mobile industriell Robots	MetraLabs

Abbildung 8: Untersuchte FTF vgl. [4] [5] [6] [7]

Die verschiedenen FTS-Systeme wurden anhand von Datenblättern bzw. Informationen von Vertriebsmitarbeitern gegenübergestellt. Mithilfe einer Nutzwertanalyse sollte dabei eine passende Lösung gefunden werden.

Dabei wurden die verschiedenen Kriterien aufgelistet und nach Nutzen bzw. Anforderung gewichtet. Diese Kriterien und Gewichtung sind in der folgenden Grafik aufgelistet. Die in Rot geschriebenen Kriterien sind dabei Nullkriterien, welche bei nicht Erfüllung zum automatischen Ausschluss führen.

Bewertungskriterien	Gewichtung
Aufwand für Navigation für Kunden (möglichst gering)	6
Bewegungsrichtung	8
Dauerbetrieb möglich	4
Einsatzbereiche nicht eingeschränkt	7
Folgekosten (Wartung, Reparatur, Systen)	3
Genauigkeit	10
Kleiner Wendekreis	8
Kostengünstig in der Anschaffung	6
Last von mind. 300 kg kann bewegt werden	10
keine große Modifikation notwendig	4
Schnittstellen geeignet/Kommunikation zur Anlage	9
Universeller Einsatz möglich oder nur speziell	5
Entwicklungskosten	5
Sicherheit ist von Hersteller gewährleistet	8

Abbildung 9: Bewertungskriterien Nutzwertanalyse mit Wertigkeiten

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ergab dabei keine passende Lösung, da bei den untersuchten Modellen jeweils ein Nullkriterium griff. Bei den Unterfahr-FTF wurde die geforderte zu transportierende Last nach Betrachtung des Lastdiagramms bezogen auf den Schwerpunkt deutlich nicht erreicht. Das Schlepper-FTF scheiterte an der sehr schlechten Genauigkeit sowie der Gewährleistung der Betriebssicherheit.

Während der Online- bzw. Broschüren-Marktrecherche hat sich immer wieder herausgestellt, dass Anbieter mit falschen Produktbehauptungen oder aber mit unklaren Informationen, Darstellungen und Anwendungen werben. Erst durch Rücksprachen mit verschiedenen Mitarbeitern wurden diese Mängel bekannt und aufgeklärt.

Nach diesen Rückschlägen ist im weiteren Verlauf vorgesehen worden, aktiv auf die Anbieter zu zugehen und sich direkt die fahrerlosen Transportsysteme anzuschauen. Dazu wurde der Besuch der LogiMAT, einer Fachmesse für Lösungen von Intralogistik und Prozessmanagement in Stuttgart, anvisiert. Alternativ soll eine Eigenentwicklung eines FTF in Verbindung mit verschiedenen Anbietern überlegt und geprüft werden.

Der Messebesuch der LogiMAT ermöglichte viele neue Eindrücke und zeigte verschiedene Möglichkeiten auf. Bei der Messe präsentierten sich neben Komplettsystemanbietern auch Zulieferer. Die Messe war die erste größere Messe nach den pandemiebedingten Absagen, weshalb die Vorstellung der Neuheiten und Weiterentwicklungen im Fokus stand.

Bei Vorführungen und Testmöglichkeiten an den einzelnen Geräten war es hier möglich die Machbarkeit zu bestätigen. Während der Messe konnten mehrere Kontakte geknüpft werden, welche im weiteren Verlauf intensiviert wurden.

V. Umsetzung

Der Messebesuch hat verschiedene Lösungsmöglichkeiten und weitere Ansätze aufgezeigt. Eine Eigenentwicklung in Kooperation mit weiteren Herstellern ist weiterhin eine Option, jedoch haben die Gespräche mit den Anbietern gezeigt, dass die Umsetzung mit bestehenden Modellen möglich ist.

Im weiteren Verlauf wurde mit drei Anbietern die Umsetzung mit Ihren Modellen geprüft. Ein Anbieter hat dabei, vorbehaltlich für alle geforderten Standardanlagen eine fahrerlose Transport-Lösung in seinem Portfolio. Dieser Anbieter deckt dabei die meisten Anforderungen für die unterschiedlichen Ladungsträger ab.

Bei dem favorisierten System handelt es sich jedoch nicht expliziert um ein standmäßiges FTS sondern um einen Autonome mobile Roboter (AMR). AMR können, im Gegensatz zum flurgebundenen FTS, in ihrer Umgebung selbständig agieren und sich bewegen. Dies ist Mithilfe von Kameras, Sensoren und künstlicher Intelligenz möglich.

In der Navigation werden AMR und AGV wie folgt unterschieden: Ein AMR passt sich die Streckenführung über Informationsverarbeitung in Echtzeit an. Das AMR ist mit dem Lagerverwaltungs- oder ERP-System verbunden und benötigt zusätzlich keine Schiene, Kabel, Sensoren oder Magnetstreifen. Ein AGV bewegt sich dagegen auf einer vordefinierten Route. Mittels laser- bzw. drahtgesteuerter Systeme mit einfachen Anweisungen wird ein Kreislauf abgefahren.

Beim Einsatzfeld unterscheiden sich AGV und AMR dahingehend, dass das AGV sehr effizient bei Bewegungen einer klar vordefinierten Strecke ist, welche nicht geändert oder blockiert wird. Das AMR bietet dagegen im Fall einer Blockade, alternative Routen in Echtzeit zu ermitteln. Das Ziel ist dabei selbständig den effizientesten Weg zu finden. Die Inbetriebnahme und das Mapping gestalten sich beim AMR deutlich weniger aufwendig und durch die Verwendung von KI einfacher an die Umgebungen.

Die Kosten von AMR zu AGV lassen sich unter Betrachtung des Gesamtsystems wie folgt bewerten: In der reinen Anschaffung des eines Fahrzeuges sind FTS im Stückpreis aufgrund der weniger komplexen Bauweise deutlich günstiger als ein mit KI ausgestatteter AMR.

Bei der Betrachtung des Gesamtsystems benötigt das AMR jedoch lediglich eine kurze Inbetriebnahme, markante Punkte zur Standortorientierung sowie Start und Endpunkt. Zusätzlich zum AMR muss lediglich eine Ladeinfrastruktur geschaffen werden. Beim Gesamtsystems eines AGV muss berücksichtigt werden, dass zusätzlich zu den Kosten von Gerät und der Ladeinfrastruktur, gegebenenfalls eine aufwändige Kartierung, bauliche Änderungen wie z.B. Installation von Kabel und Magnetbändern sowie konstante und stabile Warenflüsse notwendig sind.

Nach erster technischer Einschätzung bietet der Anbieter mit dem AMR die besten Möglichkeiten für das gewünschte Profil.

Folgende Vorteile bietet das System für die Anwendung:

- Lässt sich bei vorhanden Anlagen ohne Eingriff in die Infrastruktur nachrüsten
- Einfache Inbetriebnahme
- Da alle Standardanlagen mit einem Anbieter abgedeckt werden können, ist lediglich ein System notwendig
- Mensch- und Maschinenbetrieb möglich
- Kleiner Bewegungsradius für schmale Flure dank omnidirektionalen Antrieb

Das Produktportfolio des Anbieters umfasst dabei mit einem Gabelhub-FTF, welcher sich für die Be- und Entladung des Europlex anbietet, auch Lösungen mit Unterfahr-FTF inkl. Scherenhub in verschiedenen Baugrößen für den Ecoplex2 und den Megaplex. Das Erweiterungsmodul mit Förderband bietet sich für den Ecoplex2 mit Förderbandlösung an.

Abbildung 10: Produktpalette der Firma Agilox [8]

Ein erster Vororttermin mit dem Anbieter an einem Ecoplex2 zur Umsetzungsmöglichkeit hat mit folgendem Ergebnis stattgefunden: Für die Verwendung des Unterfahr-AMR muss der hauseigene Einschubwagen, aufgrund zu geringer Radabstände angepasst werden.
Die jeweiligen Trägereinheiten sollen infolgedessen untersucht und getestet werden.

VI. Aktueller Stand und weiteres Vorgehen

Die Machbarkeitsanalyse wurde mit folgendem Ergebnis abgeschlossen: Die Machbarkeit ist bewiesen und die verschiedenen Anforderungsprofile an das fahrerlose Transportsystem und die Standardanlage wurden definiert und erstellt.

Die Marktrecherche wurde beendet, dazu wurde der Markt untersucht und eine Lösung gefunden. Die Alternative einer Eigenentwicklung wird nicht mehr fokussiert.
Die Kosten-Nutzen-Analyse wurde auf technischer Basis abgewogen und erstellt. Diese soll jedoch von Marketing und Vertrieb weiter ermittelt werden.

Für die technische Realisierung der Aufnahme der Trägereinheiten werden aktuell die notwendigen Änderungen umgesetzt. Im weiteren Projektverlauf sollen erste Prototypen aufgebaut und direkt am AMR des Anbieters mit Gewichten und simulierten Ladungsträgern getestet werden.

Um den Einsatz eines AMR's zu ermöglichen sind jedoch zusätzliche grundlegende Änderungen an der Anlage notwendig. Die weiteren Anlagenänderungen wie bspw. die Arretierung der Trägereinheiten, weitere Sensoren, sowie Einfahrhilfen sollen hierzu ermittelt und vorgesehen werden. Das Gesamtsystem muss zusätzlich ausführlich betrachtet werden. Das Sicherheitskonzept sowie Schnittstellen zum System müssen hierbei geprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Des Weiteren werden im nächsten Schritt das Kundenpotential und der Absatzmarkt abgeschätzt.

VII. Fazit

Der Bereich der Fahrerlosen Transport Systeme ist ein junger, dynamischer Bereich mit großem Wachstum. Hier konnte der Wissensstand durch dieses Projekt erweitert werden.

Das Projekt selbst gestaltete sich aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen deutlich komplexer als zunächst angenommen. Auch für die Umsetzung und die Realisierung des Projektes gilt es noch weitere Hürden, wie bspw. die Anlagenänderungen, zu überwinden.

Das im Verlauf dieses Projektes erworbene Wissen und die Anwendungsmöglichkeiten kommen nicht nur bezogen auf die Standardanlagen der Firma EGS zum Einsatz. Ebenfalls war und ist es durch solche Projekte möglich Erfahrungen und Kooperationen im Bereich der Antriebstechnik zu ermöglichen. Dunkermotoren als Hersteller von Elektromotoren bietet dies darüber hinaus die Chancen neue Marktsegmente im Bereich der Fahrerlosen Transportfahrzeuge zu erschließen bzw. sich auf den Markt weiterhin zu festigen.

Die zukünftige Ausrichtung der automatisierten und flexiblen Produktion macht den Schritt in Richtung AGV/AMR notwendig.

Die Möglichkeit die Standardprodukte angepasst an dieses System anbieten zu können, ermöglicht es sich vom Markt abzuheben und das eine System als großes Ganze zu realisieren.

VIII. Literaturverzeichnis

[1] „EGS Automation," 2022. [Online]. Available: https://www.egsautomatisierung.de/produkte/sumo-standard-automation/. [Zugriff am 18 10 22].

[2] „Dunkermotoren," [Online]. Available: https://www.dunkermotoren.de/de-de. [Zugriff am 18 10 2022].

[3] T. A. Günter Ullrich, Fahrerlose Transportsysteme, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019.

[4] „Rexroth A Bosch Company," [Online]. Available: https://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/produktgruppen/montagetechnik/intralogistik/activeshuttle/activeshuttle. [Zugriff am 18 10 2022].

[5] „ABB," [Online]. Available: https://amr.robotics.abb.com/de/. [Zugriff am 18 10 2022].

[6] „MiR Mobile Industrial Robots," [Online]. Available: https://www.mobile-industrial-robots.com/de/losungen/aufsatzmodule-und-zubehor-von-mir/mir-hook-250/. [Zugriff am 18 10 2022].

[7] „MetraLabs," [Online]. Available: https://www.metralabs.com/transport-roboter-cary/. [Zugriff am 18 10 2022].

[8] „AGILOX," [Online]. Available: https://www.agilox.net/unternehmen/. [Zugriff am 18 10 2022].