

# Integration eines omnidirektionalen FTF in eine Produktionsprozesssteuerung

## Evaluierung der industriellen IoT-Plattform OPIL

Lennart Rolfs,  
Dirk Schweers,  
Nils Hendrik Hoppe,  
Christoph Petzoldt,  
Zain Shahwar und  
Michael Freitag, Bremen<sup>\*)</sup>

Die Optimierung logistischer Abläufe durch Integration neuer Systeme kann mit hohem Planungs- und Inbetriebnahmeaufwand verbunden sein. Mit der neuen cloudbasierten Open Platform for Innovations in Logistics (OPIL) lassen sich Maschinen und Logistiksysteme zu einer IoT-Plattform verbinden, die durchgängig für die Optimierung, Evaluation und anschließende Produktionsprozesssteuerung herstellerunabhängig eingesetzt werden kann. In diesem Beitrag wird die Plattform durch die Integration eines omnidirektionalen FTF validiert.<sup>\*\*)</sup>

### Einleitung

In den letzten Jahren haben vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) verstärkt mit dem Mangel an Fachkräften zu kämpfen. Um das vorhandene Potential bestmöglich zu nutzen, gilt es, die produktive Arbeitszeit zu maximieren. Durch das Ausführen von begleitenden logistischen Aufgaben, die nicht in die Haupttätigkeit fallen, wird die produktive Arbeitszeit jedoch reduziert. Hier bieten automatisierte Logistikprozesse die Möglichkeit, die Fachkräfte zu entlasten und sich auf ihre Haupttätigkeit zu konzentrieren, wodurch eine höhere Arbeitsleistung erzielt werden kann [1].

#### <sup>\*)</sup> Hinweis

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen von den Mitgliedern des ZWF-Advisory Board wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz (Peer-Review).

#### <sup>\*\*)</sup> Förderhinweis

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts "MARGO - Optimizing Material Flow with AGVs in Ring Gear Production", welches im Kontext des L4MS Projekts von der Europäischen Union im Programm Horizon 2020 gefördert wurde.

Die Automatisierung von Prozessen stellt jedoch gerade für KMU durch hohen planerischen und finanziellen Aufwand eine große Einstiegshürde dar [2]. Durch Simulationen können die Produktions- und Logistikprozesse abgebildet und ohne hohen Kostenaufwand Anpassungen und deren Einflüsse auf die Prozesse ermittelt werden. Der Einsatz von automatisierten Logistikprozessen wird so besser planbar und Kosten können genauer kalkuliert werden. Mit detaillierten Simulationen ist zudem eine virtuelle Inbetriebnahme möglich, wodurch die reale Inbetriebnahme schneller und mit weniger Stillstandzeiten abläuft [3].

Bei entsprechenden Schnittstellen zwischen Simulation und Hardware, können darüber hinaus prozessrelevante Daten in Echtzeit ausgelesen und der Prozess über die Simulation gesteuert werden. Die Simulation wird damit zu einem Digitalen Zwilling (DT) [4].

In diesem Beitrag werden zunächst aktuelle Simulations- und Flottenmanagementsysteme für fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sowie die IoT-Plattform "Open Platform for Innovation in Logistics" (OPIL) beschrieben. Es folgt eine Umschreibung des Szenarios, in dem OPIL zur Steuerung eines omnidirektionalen FTF eingesetzt wird. Anschließend

wird das omnidirektionale Fahrzeug [5] beschrieben und notwendige Anpassungen des Fahrzeuges für die Einbindung in OPIL werden aufgezeigt.

### Stand der Technik

Die Steuerung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) in der Intralogistik koordiniert die Transportaufgaben und erstellt eine Routenplanung für die FTF, unter der Einschränkung Kollisionen und Deadlocks zu vermeiden. Um diese zu meistern, bieten die meisten Hersteller von FTS eigene proprietäre Flottenmanagementsysteme an. Exemplarisch können hier die Systeme der Firmen Grenzebach [6], Effidence [7] oder Rocla [8] genannt werden. Bei Grenzebach und Rocla können Karten in einem Editor vom Gebäude erstellt werden, in denen sich die FTF bewegen. Anschließend können feste Routen angelegt werden, die zur autonomen Bewegung der FTF genutzt werden. Sollte eine Route blockiert sein, können Ausweichrouten gefahren werden. Routenoptimierung findet, wie in der Industrie weit verbreitet [9, 10], auf Basis kürzester Wege statt. Unter der Annahme, dass sich alle FTF in gleicher Geschwindigkeit bewegen, stellt dies gleichzeitig die schnellste

Route dar. Bei Effidience findet die Kartenerstellung mittels LIDAR-Kartierung der Umgebung mit dem Fahrzeug im „Follow-me“-Modus statt. Dies hat den Vorteil, dass die erstellte Karte die wahre Topologie ohne Vereinfachungen abbildet. Nachteile ergeben sich jedoch insbesondere, wenn Teile der Gebäudeinfrastruktur, wie z. B. Glaswände, nicht gemessen werden können. Anschließend werden manuell Routen in die Karte gelegt. Außerhalb der definierten Routen können sich die FTF jedoch nicht bewegen. Weiterhin findet keine Optimierung der festgelegten Routen hinsichtlich Lage bzw. auf definierte Auslastungsszenarien statt.

Materialflusssimulationen wie Plant Simulation [11] und Anylogic [12] bieten die Möglichkeit, die gesamten Produktions- und Logistikabläufe in einem Gebäude zu simulieren. Hierdurch können, abhängig von der Zielstellung, unterschiedliche Szenarien der Routenplanung bewertet werden und hinsichtlich ihrer Eignung lässt sich eine begründete Auswahl treffen. Durch Erweiterungen kann eine virtuelle Inbetriebnahme ganzer Produktionsanlage inklusive FTF, aber auch Retrofits vorgenommen werden. Diese stellen eine Schnittstelle zwischen der Steuerung und der Simulation her. Hierdurch kann die Programmierung der Controller durch Signale aus der Simulation getestet werden. Dies ist vor allem bei Neuanlagen sinnvoll, da hierfür meist Simulationen erstellt werden. Bei bestehenden Anlagen müsste jedoch zuerst eine Simulation erstellt werden, um diesen Vorteil nutzen zu können. Die Hardware muss jedoch weiterhin separat programmiert werden.

Die Anforderungen nach einer ganzheitlichen Steuerungssoftware, welche aus einer Karte eine Topologie für dynamisches Routing erstellt und die Hardware direkt aus der Simulation programmiert, wurden bisher nicht vollumfänglich realisiert. Zudem entsprechen in den meisten Fällen die aktuell in der Industrie verwendeten Routing-Algorithmen nicht den Anforderungen für ein dynamisches Routing [9]. Dies liegt daran, dass diese Algorithmen auf ein globales Routing setzen, welche bei steigender Anzahl der FTF die Skalierbarkeit und Leistung nicht gewährleisten können,

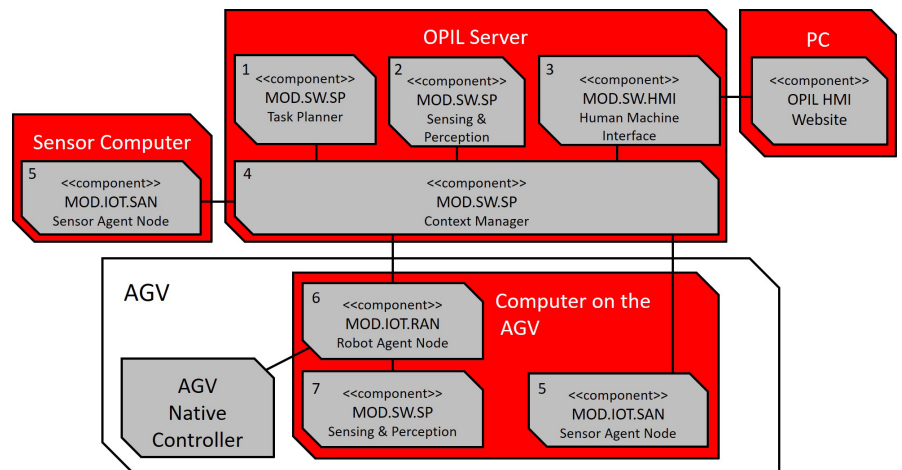


Bild 1. Übersicht der OPIL-Architektur (vgl. [15])

nen, da Neuplanungen rechenintensiv sind [13]. Insbesondere im letzteren Fall kann ein dezentraler Ansatz helfen, diese Anforderungen zu erfüllen [14]. Spezielle Verkehrsregeln, wie z. B. eingeschränkte Fahrtrichtungen (z. B. Einbahnstraßen), oder kritische Verkehrssituationen, wie z. B. enge Fahrbahnen, müssen in einer topologischen Repräsentation des verwendeten Routing-Algorithmus abgebildet werden. Ebenso ist es notwendig, Fahrzeugpositionen und die Positionen von Objekten, wie z. B. verlegbare Lagerflächen, als logistische Umgebung abzubilden, die sich in einem Zustand ständiger Veränderungen befindet, wobei all diese möglichen Veränderungen und Anforderungen in der Datenrepräsentation des Routing-Algorithmus laufend aktualisiert werden müssen.

Häufig können Lösungen unterschiedlicher Hersteller aufgrund ungeeigneter Datenrepräsentationen oder Schnittstellen-Inkompatibilitäten nicht integriert werden. Die Behandlung blockierender FTF, die zu einer Deadlock-Situation führen können, und die Erstellung von Auftragssequenzen sind in der Industrie durch Priorisierungen bzw. fixen Auftragszuordnungen gelöst. Flexiblere Algorithmen sind in der Forschung bereits verfügbar, wurden industriell jedoch noch nicht umgesetzt [9]. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde im Rahmen des EU-Projekts L4MS [15] die IoT-Plattform OPIL entwickelt, welche nachfolgend vorgestellt wird.

## Architektur der IoT-Plattform OPIL

OPIL verfolgt das Ziel, KMU und Systemintegratoren bei der Einführung von innovativen Logistiklösungen in deren Fabriken zu unterstützen. Der Hauptanwendungsfall besteht momentan aus dem Bereitstellen eines heterogenen FTS, an den FTF unterschiedlicher Hersteller teilnehmen können. Hierzu stellt OPIL dem Anwender Komponenten zur Verfügung, die in Docker-Containern gekapselt sind.

Die OPIL-Architektur ist in Bild 1 dargestellt, welche nachfolgend zunächst allgemein und anschließend anhand der einzelnen, in Bild 1 nummerierten Komponenten genauer erläutert wird. Die Routenplanung erfolgt zentral über logische Agenten im OPIL-Server, welcher die ermittelte Route an das FTF schickt. Die Kommunikation zwischen den Komponenten der Plattform sowie den externen Komponenten, wie z. B. Taster an Anlagen, erfolgt über den Context Manager der offenen FIWARE-Architektur [16]. Die Grundfunktionalitäten des FTS wie Routing und Aufgabenplanung sowie der Hardwareanbindung werden durch Module des Open Source Projekt ROS (Robot Operating System) bereitgestellt. Hierdurch ist eine ROS-Schnittstelle am FTF erforderlich, um mit der Steuerung zu kommunizieren.

- Der Task Planner (1) besteht aus drei Komponenten:
  - Mittels der Business Process Optimization wird die Reihenfolge der an die verschiedenen Agenten zu verteilen-

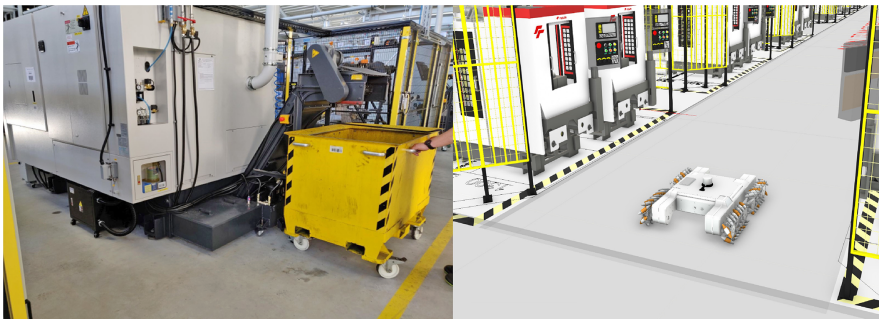


Bild 2. Einsatzszenario des FTFs in industrieller Produktionsumgebung. Links: Transportbehälter für Späne hinter einer CNC-Fräse zur Aufnahme durch manuelles Transportsystem (aktuelle Situation). Rechts: Simulation des FTF in der Produktionsumgebung zur Prozessautomatisierung

den Aufgaben entschieden und optimiert.

- Der Motion Task Planner bestimmt die Routen für die Agenten und ermittelt Ausführungskosten.
- Der Task Supervisor empfängt die Aufgabenspezifikation vom Human Machine Interface (HMI)-Modul und weist den Transportauftrag einem verfügbaren Agenten zu.
- Das zentrale Sensing & Perception (S&P)-Modul (2) liefert 2D- bzw. 3D-Positionsschätzungen für die Agenten und für alle Objekte, wie z.B. Waren und Produkte, im Fertigungssystem und stellt Informationen über die Struktur der Fertigungshalle für die an der Navigation beteiligten Komponenten bereit.
- Im HMI (3) können der Zustand des Systems überwacht und neue logistische Aufgaben eingetragen werden.
- Über den Context Manager (4) wird der Informationsaustausch in OPIL abgewickelt.
- Durch das Sensor Agent Node (5) können Sensoren auf dem FTF sowie externe Sensoren in OPIL eingebunden werden. Dies können zum Beispiel Taster sein, welche Aktionen des Task Planners triggern.
- Das Robot Agent Node (6) stellt die Verbindung zwischen FTF Hardware und OPIL her.
- Das S&P-Modul (7) im FTF ist für dessen Navigation basierend auf ROS zuständig.

Durch die in OPIL verwendete Kapselung der Module, sind diese austauschbar und können durch eigene Module ersetzt werden, wenn die entsprechenden Schnitt-

stellen verwendet werden. Dies trifft auch auf das reale System zu, welches durch ein simuliertes Abbild (Bild 2 rechts) ersetzt werden kann. Hierdurch können, wie im nachfolgend erläuterten Anwendungsszenario demonstriert, neue Hardwarekomponenten getestet werden, bevor diese kostenintensiv entwickelt und hergestellt wurden.

### Prozessautomatisierung durch FTF-Einsatz im Anwendungsszenario

Bei einem Zahnradhersteller werden mehrere CNC-Fräsen parallel genutzt, um individuell nach Auftrag Zahnräder für die Automobilbranche zu fertigen. Die entstehenden Späne werden derzeit hinter den Maschinen in großen Behältern gesammelt. Ist ein Behälter gefüllt, wird dieser mittels Handhubwagen oder Gabelstapler zu einer Entsorgungsstelle transportiert (Bild 2 links).

Dabei werden mehrere Maschinen von einer Person betreut, welche die Maschinen konfiguriert und die Behälter leert. Die Entleerung wird dabei priorisiert. Müssen zeitgleich Maschinen neu parametrisiert und Behälter geleert werden, kommt es zum Stillstand an mehreren Maschinen. Durch die Automatisierung des Abtransports der Behälter werden die Stillstandzeiten so deutlich reduziert. Damit die Maschinen ohne Stillstandzeiten arbeiten können, muss ein voller Behälter bündig in einer Bewegung durch einen neuen, leeren ausgetauscht werden. Um das maximale Potenzial der Automatisierung zu nutzen, soll hierfür kein Eingriff eines Menschen mehr notwendig sein.

Da das eingesetzte FTF die bisher verwendeten Behälter nicht transportieren kann, werden Kleinladungsträger (KLT) für die Umsetzung verwendet. Die im Vergleich zur aktuellen Situation stärker limitierte Füllmenge mit Spänen in KLTs führt zu einer höheren Taktung der Entleerung. Durch Vollautomatisierung des Prozesses und Wegfallen des manuellen Entleerens der Behälter wird gebundene Arbeitskraft frei, die produktiver eingesetzt werden kann. Für den KLT hinter der Fräse wird eine Halterung benötigt, unter die das FTF zur Aufnahme des KLTs fahren kann. Um den beschriebenen bündigen Wechsel der KLTs in dem begrenzten Platz hinter der CNC-Fräse zu realisieren, ist eine speziell entwickelte Übergabestation (Bild 3) notwendig. In diese Übergabestation kann das FTF mit einem leeren KLT frontal einfahren und durch eine Bewegung zur Seite den gefüllten KLT durch den neuen ersetzen. Dabei wird der gefüllte KLT von dem leeren beiseite gedrückt, wodurch ein bündiger Wechsel entsteht. Der gefüllte KLT wird auf das FTF geschoben und kann zur Entladestation transportiert werden. Die Kinematik und Steuerung des FTF sowie die Anpassungen für die Einbindung in OPIL werden im folgenden Abschnitt genauer dargestellt.

### IoT-Steuerungsfunktionalitäten durch FTF-Integration in OPIL

Für das im Anwendungsszenario genutzte FTF wurde auf ein Fahrzeug zurückgegriffen, welches in früheren Forschungsarbeiten [5] entwickelt wurde. Für die Einbindung in OPIL wurden einige Modifikationen an der Systemhardware vorgenommen, um notwendige Funktionalitäten für die Schnittstellen bereitzustellen. Das Fahrzeug basiert auf einem in [5] beschriebenen omnidirektionalen Kettenantrieb, der die Flächenbeweglichkeit von Mecanumrädern mit der Geländegängigkeit von Kettenfahrwerken kombiniert. Durch eine Rotation der exzentrisch an der Basis befestigten Ketten kann diese zusätzlich angehoben werden und begrenzte Nick-, Gier- und Rollbewegungen ausführen [5]. Da das Fahrzeug komplett unabhängig entwickelt wurde, ist die Einbindung einer individuellen Steuerung ein interessanter Fall zur Evaluation der Integrationsfähigkeit von OPIL. Das ur-



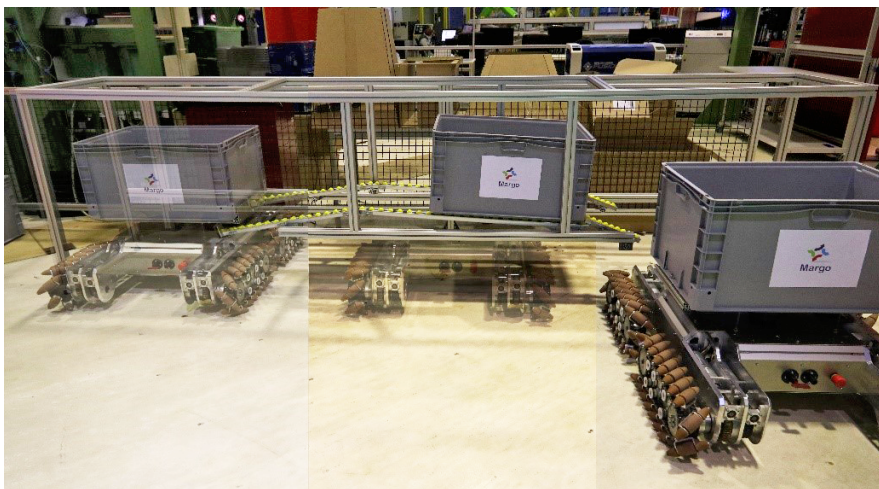


Bild 3. KLT-Übergabestation mit omnidirektionalem FTF im Labortest

sprüngliche System wurde als Prototyp zum prinzipiellen Funktionsnachweis des omnidirektionalen Kettenantriebs konzipiert und weist nur rudimentäre Selbstfahreigenschaften auf. Neben der für erste Tests notwendigen Handsteuerung wurde zusätzlich eine Fernsteuerung über eine nicht standardisierte Schnittstelle im Rahmen kleinerer Experimente umgesetzt. Das in Bild 3 dargestellte System zeigt die Basisplattform mit dem beschriebenen omnidirektionalen Kettenantrieb, die für den Anwendungsfall um eine Vorrichtung für die Aufnahme von bis zu zwei Kleinladungsträgern vom Typ Eurobox mit den Maßen von 600 mm x 800 mm und einem Gewicht von < 70 kg erweitert wurde.

Für die Einbindung in die OPIL-Plattform wurde die Fahrzeugsteuerung modifiziert und das System mit neuer Hardware ausgestattet. Im Gegensatz zum ursprünglichen Aufbau kann das System damit um eine für den OPIL-Betrieb notwendige ROS-Schnittstelle erweitert werden. Im Detail wurden hierzu die in Bild 4 aufgeführten Komponenten verwendet und miteinander verbunden. Für die Ansteuerung der Motoren wird ein Raspberry Pi 3 mit einer Codesys-Laufzeitumgebung eingesetzt. Diese als Soft-SPS agierende Steuerung kann über die im ROSIN EU-Projekt entwickelte Shared Memory Bridge ROBIN mittels ROS kommunizieren [17]. Dadurch werden die über eine CAN-Schnittstellen angebotenen Motorcontroller des Fahrzeugs für entsprechende Steuerungsbefehle eines an OPIL angebundenen ex-

ternen Rechners zugänglich gemacht und die Fernsteuerung des Fahrzeugs so über eine standardisierte Schnittstelle ermöglicht. Die Kommunikation mit externen Systemen erfolgt über einen im Fahrzeug verbauten WLAN-Router, an den neben der Hauptsteuerung weitere Komponenten über Ethernet angeschlossen sind. Zur Lokalisierung und Orientierung des FTF im Raum wird ein ROS-fähiger 360° Lidar eingesetzt, dessen Daten von einem weiteren Raspberry Pi aufbereitet und über den Wifi-Router gesendet vom externen Rechner weiterverarbeitet werden.

Auf diese Weise ist das Fahrzeug in die OPIL-Plattform eingebunden und kann aufgrund der standardisierten Schnittstellen schon in frühen Phasen des Planungsprozesses in einer Simulation abgebildet werden. Hierdurch können bereits im Vorfeld große Teile der Fahrzeugsteuerung virtuell in Betrieb genommen und getestet werden. Durch Umsetzung des

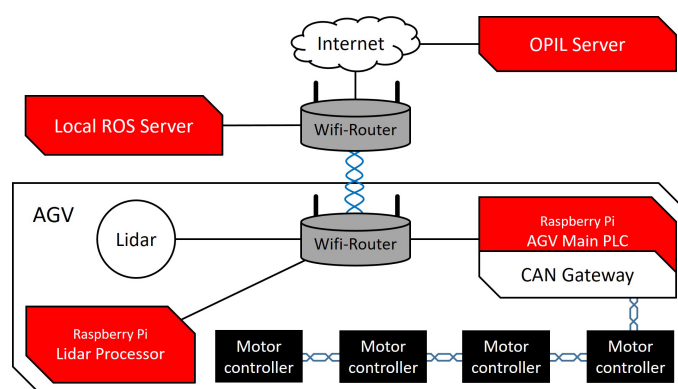
Anwendungsszenarios konnte zum einen gezeigt werden, dass die Umrüstung eines bestehenden, nicht-IoT-fähigen Systems auf ein OPIL-kompatible Schnittstellen möglich ist. Zum anderen wurde ersichtlich, dass der Aufwand bei der Integration und Inbetriebnahme eines FTF hierdurch reduziert werden kann.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Steuerung eines omnidirektionalen Fahrzeuges wurde mit einer ROS-Schnittstelle erweitert, mittels derer es sich in OPIL integrieren lassen hat. Die Odometriedaten des Lidar konnten so für die Plattform bereitgestellt und daraus erzeugte Fahrbefehle vom FTF ausgeführt werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich mittels OPIL das Anwendungsszenario zuerst virtuell planen und die in der Simulation getestete Steuerung auf das reale Fahrzeug übertragen lässt. Um die Genauigkeit der durch den Lidar erzeugten Karte zu optimieren, werden in Zukunft noch Beschleunigungssensoren integriert, deren Daten mit in die Odometrie einfließen.

Da die Fertigungsumgebung während der Projektlaufzeit durch Reisebeschränkungen zur Eindämmung des Sars-CoV-2 Virus nicht zugänglich war, wurde das FTF in einer industrieähnlichen Umgebung getestet. Für eine solche "Remote-Inbetriebnahme" könnten zukünftig Daten aus der Simulationsumgebung mittels Augmented Reality genutzt werden. So ist der Zugang nicht während der gesamten Inbetriebnahme notwendig, was Stillstandzeiten reduzieren und notwendige Anpassungen frühzeitig aufzeigen kann.

Bild 4. Steuerungsarchitektur des FTF und Anbindung zu OPIL



Insbesondere für KMU bietet OPIL die Chance, existierende logistische Prozesse durch die Integration von FTF mit überschaubarem Aufwand zu optimieren, ohne dabei grundlegende Änderungen an der bestehenden Infrastruktur durchführen zu müssen. Der Einsatz eines FTF kann im Vorfeld durch Simulationen geplant und validiert werden.

Der nächste Schritt wäre, basierend auf der Umgebung und weiterer Anforderungen, die durch den Prozess und andere Randbedingungen gegeben sind, den KMUs die Möglichkeit zu geben, automatisch ein für ihren Anwendungsfall mögliches FTF vorgeschlagen zu bekommen oder diese sogar basierend auf einem Komponentenbaukasten automatisiert individuell zu konfigurieren und konstruieren.

Durch offene Schnittstellen, wie OPIL sie bietet, können zukünftig individuelle Nutzerinterfaces erstellt werden, mittels derer Menschen mit FTF intuitiv zusammenarbeiten können. Informationen über den Prozess- oder Fahrzeugzustand könnten direkt vom FTF bereitgestellt und Eingaben am FTF getätigt werden.

## Literatur

1. Bußmann, S.: Fachkräftemangel am deutschen Arbeitsmarkt. In: Lempp J.; van der Beek G.; Korn T. (Hrsg.): Aktuelle Herausforderungen in der Wirtschaftsförderung - Konzepte für eine positive regionale Entwicklung. Springer-Gabler-Verlag, Wiesbaden 2015, S. 45 - 50  
DOI: 10.1007/978-3-658-08960-3\_5
2. Mikael, H.; Erik, H.; Mats, J. Robotics for SMEs - Investigating a Mobile, Flexible, and Reconfigurable Robot Solution. In: Proceedings of the 39<sup>th</sup> International Symposium on Robotics, ISR 2008; Seoul; South Korea; 15 - 17 October 2008, S. 56 - 61
3. Wunsch, G.: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme. Herbert Utz Verlag, München 2007
4. Kritzinger, W.; Karner, M.; Traar, G.; Henjes, J.; Sihn, W.: Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification. IFAC-PapersOnLine 51 (2018) 11, S. 1016 - 1022  
DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.474
5. Mortensen Ernits, R.; Hoppe, N.; Kuznetsov, I.; Uriarte, C.; Freitag, M.: A New Omnidirectional Track Drive System for Off-Road Vehicles. In: Zrnic, N.; Bosnjak, S.; Kartnig, G. (Hrsg.): XXII International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics. University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2017, S. 105 - 110
6. Grenzebach (Hrsg.): Intralogistik. Online unter <https://www.grenzebach.com/de/produkte-maerkte/intralogistik/> [Zugriff am 07.01.2021]
7. EFFIDENCE (Hrsg.): Innovative Technologies and Expertise Used by Effidence. Online unter <https://www.effidence.com/en/technologies-navigation/> [Zugriff am 07.01.2021]
8. Rocla Oy (Hrsg.): Maximierte Leistung in der Logistik. Rocla Oy, Järvenpää 2020
9. De Ryck, M.; Versteyhe, M.; Debrouwere, F.: Automated Guided Vehicle Systems, State-of-the-Art Control Algorithms and Techniques. Journal of Manufacturing Systems 54 (2020), S. 152 - 173  
DOI: 10.1016/j.jmsy.2019.12.002
10. Sahib Hasan, H.; Abidin, M. S. Z.; Mahmud, M. S. A.; Muhamad Said, M. F.: Automated Guided Vehicle Routing: Static, Dynamic and Free Range. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) 8 (2019) 5C, S. 1 - 7  
DOI: 10.35940/ijeat.E1001.0585C19
11. Factory Logistics and Material Flow Optimization | Siemens Digital Industries Software. Online unter <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-planning/factory-logistics-material-flow-optimization.html> [Zugriff am 07.01.2021]
12. AGVs and transporters - Learning the Material Handling Library (Part 2) - AnyLogic Simulation Software. Online unter <https://www.anylogic.de/blog/transporters-learning-to-use-the-material-handling-library-part-2/> [Zugriff am 07.01.2021]
13. Hormes, F.; Siala, A.; Lieb, C.; Fottner, J.: Fleet Sizing of Dynamically Routed In-plant Milk-run Vehicles Based on a Genetic Algorithm. Logistics Journal (2020) 12  
DOI: 10.2195/LJ
14. Reith, K.-B.; Rank, S.; Schmidt, T.: An Approach to Decentralized Conflict Avoidance for Transportation Vehicles with Path-free Navigation. Logistics Journal (2020) 12. Online unter <https://www.logistics-journal.de/proceedings/2020/5161>
15. L4MS project Home | L4MS. Online unter <http://www.l4ms.eu/> [Zugriff am 07.01.2021]
16. Detzner, P.; Pose, T.; Fumagalli, L.; Matteucci, M.: Towards a Plug and Play Architecture for a Materialflow Handling System. In: Proceedings of the IThe 2019 IEEE Conference on Open Systems (ICOS 2019), Pulau Pinang, Malaysia on 19 - 21 November 2019, S. 28 - 33  
DOI: 10.1109/ICOS47562.2019.8975705

## Bibliography

DOI 10.1515/zwf-2021-0032

ZWF 116 (2021) 3; page 161 - 165

© 2021 Walter de Gruyter GmbH,

Berlin/Boston, Germany

ISSN 0947-0085 · e-ISSN 2511-0896

17. Fraunhofer Institute for Manufacturing and Automation (Hrsg.): ROBIN (2020). Online unter <https://www.rosin-project.eu/ftp/robin> [Zugriff am 07.01.2021]

## Die Autoren dieses Beitrags

Lennart Rolfs, M.Sc. ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Bremer Institut für Produktion und Logistik (BIBA). Er studierte an der Universität Bremen Elektro- und Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Automatisierung und Mechatronik. Nach dem Studium arbeitet seit 2018 in der Abteilung Robotik und Automatisierung des BIBA.

Dirk Schweers, M.Sc. ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Planung und Steuerung produktionstechnischer und logistischer Systeme (PSPS), Fachbereich Produktionstechnik an der Universität Bremen. Nach seinem Studium im Fach Systems Engineering an der Universität Bremen mit der Spezialisierungsrichtung Automatisierungstechnik und Robotik, welches er 2015 abschloss, arbeitet er am BIBA in der Abteilung Robotik und Automatisierung.

Nils Hendrik Hoppe, M.Sc. ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet PSPS, Fachbereich Produktionstechnik an der Universität Bremen. Nach seinem Produktionstechnik-Studium in der Vertiefungsrichtung Allgemeiner Maschinenbau an der Universität Bremen arbeitet er am BIBA in der Abteilung Robotik und Automatisierung.

Christoph Petzoldt, M.Sc. ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA. Er hat an der Universität Bremen Systems Engineering mit der Spezialisierung Automatisierungstechnik und Robotik studiert und schloss 2017 sein Studium ab. Nach seinem Abschluss hat er bis 2019 in der AG Robotik der Universität Bremen gearbeitet und leitet seit 2020 die Abteilung Robotik und Automatisierung des BIBA.

Zain Shahwar, M.Sc. ist Mitarbeiter der Abteilung Robotics and Data Analytics bei Pumacy Technologies in Bremen.

Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag ist Direktor des BIBA sowie Leiter des Fachgebiets PSPS im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen.

## Summary

**Integration of an omnidirectional AGV in a production process control system - Evaluation of the industrial IoT platform OPIL.** The optimization of logistic processes by integrating new systems can be associated with high effort. With the new cloud-based Open Platform for Innovations in Logistics (OPIL), machines and logistics systems can be combined to form an IoT platform that can be used consistently for optimization, evaluation and subsequent production process control, which can be implemented without depending on a specific supplier. In this paper, the platform is validated by integrating an omnidirectional AGV.