

# LOGISTIKentdecken

Magazin des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML Dortmund



Auszug aus Logistik entdecken #21 zur 4. Dortmunder Wissenschaftskonferenz:

## KI-SPEZIAL

# LAUFSTALL FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Große Datenmengen autonom zu verarbeiten und darauf in der Gruppe zu reagieren, ist das Ziel der Schwarmrobotik. In der »AI-Arena« am Fraunhofer IML und der Technischen Universität Dortmund lernen Roboter mithilfe von Machine Learning, selbstständig komplexe logistische Aufgaben und Umgebungen im Kollektiv zu meistern.

Der Ort des Geschehens sieht aus wie ein Eishockeyfeld. Eine ovale Fläche mit Bande – allein die Tore fehlen. Während die Namen von Forschungsprojekten oft spektakulärer und plastischer klingen als sie es in Wirklichkeit sind, handelt es sich beim Projekt »AI-Arena« tatsächlich um eine echte Arena: Roboter treten gegeneinander an, rasen von A nach B, lösen virtuelle logistische Aufgaben. Die Wissenschaftler sitzen am Spielfeldrand und sind scheinbar Nebendarsteller – doch der Eindruck täuscht: Sie sind vielmehr Trainer der Akteure auf dem Feld. Sie trainieren die Künstliche Intelligenz (KI) und bewerten, welche Algorithmen sich durchsetzen und das Potenzial zum Stammspieler haben. Einer von ihnen ist Dr. Marius Brehler, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IML. »In der AI-Arena betrachten wir natürlich nicht nur einzelne Roboter, sondern Schwärme, die einander sehen und sich aufeinander einstellen können. Sollen sie beispielsweise einen Hindernisparcours bewältigen, können sie sich flexibel anderen Robotern und veränderten Umgebungen anpassen und ihre Routen dementsprechend neu wählen«, so Brehler. In der Arena findet also auch Mannschaftssport statt.

Schwärme Fahrerloser Transportfahrzeuge, die in Lagern einfache logistische Aufgaben übernehmen, sind in der Industrie längst im Alltag angekommen. Das ist allerdings nur mit komplexer manueller Programmierung möglich. Die AI-Arena am Fraunhofer IML und der TU Dortmund soll nun Abhilfe schaffen: Schwarmrobotik wird mit Künstlicher Intelligenz verknüpft. Die Roboter sollen im Schwarm in der Lage sein, die Umgebung einzuordnen, selbstständig Entscheidungen zu treffen und diese korrekt auszuführen.

Beteiligt an dem KI-Forschungsprojekt sind neben dem Fraunhofer IML der Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der Technischen Universität Dortmund (FLW), die Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Recklinghausen Bocholt (WHS) und das Institut für Roboterforschung der TU Dortmund (IRF). Gefördert wird das Verbundprojekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit knapp 1,5 Millionen Euro über einen Zeitraum von zwei Jahren. Die Namensgebung beruht auf dem englischen Begriff für Künstliche Intelligenz: artificial intelligence (AI). Die Arena selbst, also die Trainings- und Testfläche, befindet sich in einer Forschungshalle des FLW. Zudem verfügt auch das IRF über eine entsprechende Fläche. Die Übertragung von kollektiver Intelligenz

auf einen Schwarm von Robotern bietet in vielerlei Hinsicht neue Möglichkeiten für die logistische Nutzung von KI. Im Mittelpunkt steht bei diesem Projekt der Einsatz von Machine Learning – ein Lernprozess, der über das sogenannte Deep Reinforcement Learning erfolgt. Ähnlich wie beim Prinzip der Konditionierung erlernen die Roboter das richtige Verhalten durch Belohnung oder Bestrafung in bestimmten Situationen: Wenn sie beispielsweise gegeneinanderstoßen, wird das als Fehler bewertet und beim nächsten Mal vermieden. »Wie bei einem Haustier, dem wir ein Kunststück beibringen möchten. Wird das Kunststück ausgeführt, belohnen wir das Tier z. B. mit Leckerchen, ansonsten verweigern wir die Belohnung«, erläutert Brehler.

Prof. Michael ten Hompel, geschäftsführender Institutsleiter des Fraunhofer IML und Inhaber des Lehrstuhls für Förder- und Lagerwesen an der TU Dortmund, sieht in den im Projekt erforschten KI-Verfahren eine Schlüsseltechnologie für den Weg des Wirtschaftsstandorts Deutschland in eine industrielle Plattformökonomie. »In den immer komplexeren Wertschöpfungsnetzen wird Künstliche Intelligenz in Zukunft zwangsläufig einen immer breiteren Einsatz finden. Das Potenzial ist groß. In der Silicon Economy, der industriellen Plattformökonomie der Zukunft, werden Schwärme von Fahrerlosen Transportfahrzeugen mittels KI selbstständig Aufträge annehmen, verhandeln und per Distributed Ledger buchen. Wir stehen erst am Anfang einer wahrlich disruptiven Entwicklung«, betont ten Hompel.

Ein weiterer Fokus des Projekts liegt darin, mittels einer sogenannten Code-zu-Code-Übersetzung die für die Roboterschwärme programmierten Neuronale Netze für die Zielplattform zu übersetzen. Den Übersetzer, den die Forscher dafür entwickeln, stellen sie als Open-Source-Software zur Verfügung. »Anstatt die Software vollständig selbst zu implementieren, arbeiten wir hierfür mit Google zusammen und integrieren Teile unserer Forschung u. a. in den Machine Learning Compiler IREE«, sagt Brehler, der für seine Open-Source-Arbeit im September 2020 mit dem Google Peer Bonus Award ausgezeichnet wurde. So lassen sich die Ergebnisse des Projekts aus den Simulationen in die Realität bringen. Zudem lässt sich die zur Verfügung gestellte Software auf diese Weise einfach in bereits vorhandene Projekte einbinden, wodurch auch Projekte mit KI- und Machine-Learning-Verfahren arbeiten können, denen das sonst verwehrt bliebe.

Darüber hinaus erstellen die Wissenschaftler auch Simulationen, um Studierende und Fachkräfte auszubilden. Denn zur Umsetzung braucht es neben den technischen Möglichkeiten von Machine Learning die richtige Ausbildung der Beteiligten, um die Schwarmroboter richtig anzuweisen und zu kontrollieren.



**Ansprechpartner**  
Dr. Marius Brehler | 0231 9743-546  
marius.brehler@iml.fraunhofer.de

Wenn Menschen Verträge abschließen, können sie die Konsequenzen ihres Handelns prinzipiell abschätzen. Was aber, wenn es um Entscheidungen geht, die autonom agierende Maschinen treffen? Sie sind nach heutiger Gesetzeslage de facto nicht befugt, rechtsgültige Abkommen zu treffen. Folglich können sie im Schadensfall auch nicht haftbar gemacht werden. Diese »Grauzone« zu lichten ist eine Herausforderung, der sich ein Team aus Wissenschaftlern, Juristen, Informatikern und Ingenieuren stellt.

Mit Initiierung des Forschungsprojekts »Industrie 4.0 Recht-Testbed« wurde die Mission ausgegeben, eine sichere Testumgebung zu schaffen, in der sogenannte Software-Agenten automatisiert Verhandlungen durchführen und Verträge abschließen. Die Testumgebung ist so gestaltet, dass sie auch Rechtsfragen sowie Aspekte der IT-Sicherheit untersuchen und validieren kann. Deren Einbindung in ein Industrie-4.0-Ökosystem wäre auch für den Menschen eine enorme Erleichterung. Denn monotone Tätigkeiten, wie etwa die Aufgabe von Bestellungen sowie das Prüfen von Verträgen und Rechnungen, könnten entfallen. Stattdessen ordern Software-Agenten zum Beispiel den Nachschub für die Produktion in Eigenregie. Doch bis die erforderliche Rechtssicherheit geschaffen werden kann, die mit dieser Form der maschinellen Autonomie einhergeht, ist es noch ein weiter Weg.

#### Interdisziplinäre Expertenrunde am Werk

Auf dieser Reise gilt es, Konzepte zur Schaffung von Rechtskonformität in der M2M-Kommunikation zu erarbeiten und entsprechende Werkzeuge bereitzustellen. Explizit adressiert werden auch mittelständische und kleinere Betriebe (KMU), die Investitionen in intelligentere Systeme meist zögerlich gegenüberstehen. Denn auch sie sollen an der Industrie 4.0 partizipieren können. In einem ersten Schritt hat das einberufene Konsortium Use Cases für Produktion und Logistik entwickelt. Anhand dieser wurden variierende Szenarien simuliert, inklusive provozierten Störfälle, wie etwa Lieferverzug. Diese sind in rechtlicher Hinsicht zu analysieren und zu bewerten. Weitere Erkenntnisse liefern simulierte Gerichtsverfahren (Mock trials), in denen fiktive kritische Ereignisse aus juristischer Perspektive geprüft werden. »Dass Maschinen mit Maschinen verhandeln, ist aus technologischer Sicht heute gar kein Problem mehr«, weiß Lara Reinhardt aus der Abteilung Informationslogistik und Assistenzsysteme am Fraunhofer IML. »Um daraus resultierende Rechtsfragen klären zu können, entwickeln wir das Recht-Testbed, vergleichbar mit einem virtuellen Sandkasten.« In diesem digitalen, öffentlich zugänglichen Experimentierfeld sollen Unternehmen geplante Industrie-4.0-Komponenten und damit einhergehende Geschäftsprozesse ausgiebig testen und rechtskonform gestalten können.

#### Justiziable Rechtsfragen im Stresstest

Nach Aufbereitung der simulierten Anwendungsfälle stand auf Seiten der Juristen die Entwicklung von Musterverträgen im Fokus. Parallel haben IT-Sicherheitsforscher 2020 Risikoanalysen durchgeführt, und das Team des Fraunhofer IML konzentrierte sich auf die Implementierung des Recht-Testbeds. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand auch die Distributed-Ledger-Technologie, die als Unterbau dient. Zwei Varianten

der Blockchain wurden in die engere Wahl gezogen und unter Berücksichtigung der Anforderungen des Recht-Testbeds vergleichend gegenübergestellt. Eine endgültige Entscheidung, die die Forscher in enger Abstimmung treffen, steht noch aus.

Die Arbeit der selbstorganisierenden Teams ist von einer iterativen und inkrementellen Vorgehensweise geprägt. »Die technische Implementierung des Recht-Testbeds gehen wir agil an. Dabei agieren wir Schritt für Schritt in sogenannten Sprints, bei denen wir stets neu hinzulernen«, sagt Lara Reinhardt. »Hochspannend für uns primär technisch Versierte ist die Fülle der zu berücksichtigenden rechtlichen Kriterien. So ist es zum Beispiel notwendig, abzugrenzen, wann es sich noch um einen Verhandlungsprozess handelt und an welchem Punkt eine Einigung stattfindet, die in einem Vertragsschluss mündet.«

#### Sukzessiver Verstetigungsprozess

Erste Hinweise, wie das Recht-Testbed funktionieren kann, vermittelt ein Demonstrator (Sawyer-Roboter). Dieser wurde primär für Präsenzveranstaltungen – wie Messen und Kongresse – entwickelt. Pandemiebedingt ist alternativ am 11. September 2020 eine virtuelle Web-Applikation auf der Projektwebseite freigeschaltet worden, über die sich ein Verhandlungsprozess durchspielen lässt. Vorstellbar wäre ein zu treffendes Agreement mit einem Logistikdienstleister, der den Auftrag erhalten soll, ein dringend benötigtes Bauteil zuzustellen. Eine etwaige Expresslieferung und weitere Parameter könnten die zugrunde liegenden Vertragsbedingungen verändern.

Weitere Aspekte, die über Termin- und Preisabstimmungen hinausgehen, sind im Demonstrator nicht berücksichtigt. Vielmehr dient er rein zur Visualisierung allgemeiner Fragestellungen. »Diese abgespeckte Version vermittelt zwar erste Eindrücke, kann jedoch die Arbeit, die wir hier leisten, noch nicht im Detail erklären«, unterstreicht Lara Reinhardt. Gerade die juristischen Facetten seien zu komplex, um sie darin abzubilden. Auch die Szenarien in den Use Cases gestalten sich wesentlich umfangreicher.

Gleichwohl handelt es sich bei dem Demonstrator um einen wichtigen Meilenstein, der auch das öffentliche Interesse am Recht-Testbed bedient. Indes geht die Arbeit der Wissenschaftler weiter. Bis Ende 2022 sind die Veröffentlichung der Handlungsempfehlungen für neue rechtliche Standards sowie die Präsentation der Pilotanwendung vorgesehen. Verfolgt wird ein offenes »Repository«, das Unternehmen Zugang zu technischen und juristischen Fachkonzepten bietet, die auf ihre Eignung hin getestet werden können. Gleichzeitig sollen auf Smart Contracts basierende Musterverträge, exemplarische AGB, Apps und APIs sowie (Basis-)Connectoren des Industrial Data Space abrufbar sein.

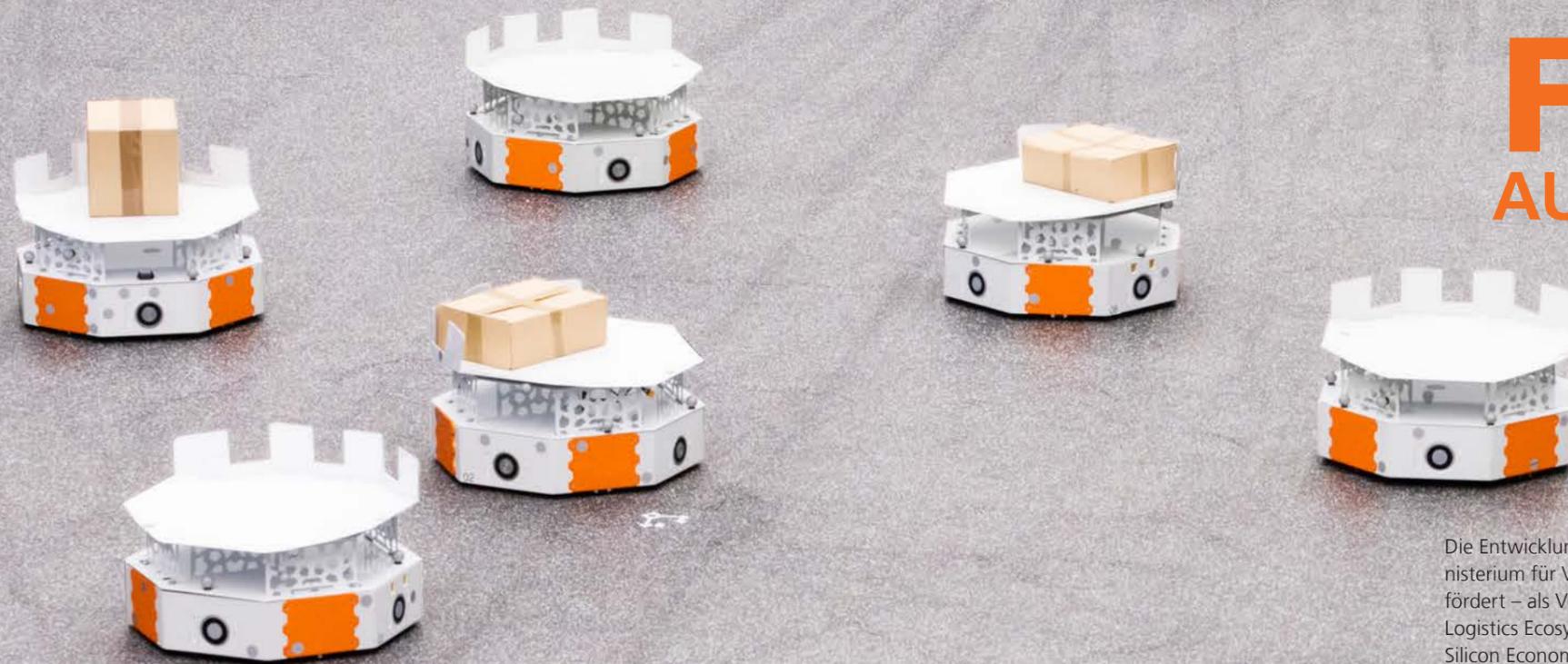


# RECHTSSICHERHEIT FÜR DIE INDUSTRIE-4.0-KOLLABORATION

GEFÖRDERT VOM  
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

**Ansprechpartner**  
 Dr. Martin Böhmer | 0231 9743-203  
 martin.boehmer@iml.fraunhofer.de

**Ansprechpartner**  
 Lara Reinhardt M. Sc. | 0231 9743-528  
 lara.reinhardt@iml.fraunhofer.de



# FORMEL 1 AUF DEM HALLENBODEN

Eine neue KI-basierte Fahrzeuggeneration bricht sich Bahn: Dank hochverteilter Künstlicher Intelligenz und Kommunikation über 5G ist der »LoadRunner« des Fraunhofer IML ein weltweiter Meilenstein in der Schwarmrobotik – und prädestinierter Schlüssel für die Transformation der Wirtschaft in eine Silicon Economy. Die Fahrzeuge organisieren sich bei hohen Geschwindigkeiten eigenständig im Schwarm und erreichen eine enorme Sortierleistung.

Während des Digital-Gipfels 2019 feierte der LoadRunner seine Premiere: Acht kleine Fahrzeuge flitzten vor den Augen von Spitzenpolitik und großen Fernsehanstalten über den Hallenboden und organisierten sich selbst im Fahrzeugschwarm. Komplett autonom nahmen sie Pakete auf und legten sie an der richtigen Stelle wieder ab. »Mit dem LoadRunner haben wir einen zentralen Mosaikstein für die Logistik von morgen entwickelt und setzen einen internationalen Benchmark in puncto autonomer Transportsysteme und Künstlicher Intelligenz. Die Fahrzeuge verfügen über die Beschleunigung eines Sportwagens und dringen in eine ganz neue Leistungsklasse vor. LoadRunner-Schwärme adressieren Bereiche, die bislang der Hochleistungssortier- und -fördertechnik vorbehalten waren. Die WiFi-6- und 5G-basierte Kommunikation, das selbstständige Verhandeln und Buchen von Aufträgen über die Blockchain und die Künstliche Intelligenz an Bord machen den LoadRunner zum Begründer einer neuen KI-basierten Fahrzeuggeneration und zur Blaupause der Logistikbranche auf dem Weg in eine vertikale und in Echtzeit vernetzte digitale Plattformökonomie«, erklärt Prof. Michael ten Hompel, geschäftsführender Institutsleiter am Fraunhofer IML.

Mit dem LoadRunner haben die Wissenschaftler des Fraunhofer IML eine neue Generation Fahrerloser Transportfahrzeuge (FTF) geschaffen. Hochverteilte Künstliche Intelligenz (KI) und Kommunikation über 5G machen das High-Speed-Fahrzeug zum eindrucksvollen Demonstrator dessen, was in der Silicon Economy alles möglich sein wird. In dieser digitalen Plattformökonomie der Zukunft werden sich Fahrzeugschwärme selbst organisieren und mit Menschen, anderen Schwärmen und Plattformen kommunizieren, um ihre Mission zu erfüllen. Der LoadRunner kann sich hochdynamisch mit bis zu 10 m/s im Schwarm organisieren und sich bei Bedarf sogar für Transportaufträge zusammenkoppeln. Die KI befähigt ihn zudem dazu, selbstständig Aufträge anzunehmen und zu verhandeln.

»Die Entwicklung des LoadRunners war aufgrund der hohen Geschwindigkeiten und der Autonomie des Schwarms sehr komplex. Ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern erarbeitete viele Neuentwicklungen – zum Beispiel Kameras, die bis zu 400 Bilder pro Sekunde aufnehmen können und die Fahrzeuge so trotz ihrer hohen Geschwindigkeit tracken«, erklärt Moritz Roidl, Oberingenieur am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund, der an dem Projekt beteiligt ist.

Die Entwicklung des LoadRunners wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert – als Vorprojekt zum Großprojekt »Silicon Economy Logistics Ecosystem«, mit dem das Fraunhofer IML der Silicon Economy zum Durchbruch verhelfen soll. Mit seiner Dynamik und seinem omnidirektionalen Fahrwerk ist das Fahrzeug perfekt an Sortierprozesse in Paketnetzwerken angepasst. Die Lastabgabe erfolgt ohne zusätzliche Aktorik ausschließlich mittels Trägheit, die beim Abbremsen entsteht. Als einzelnes Fahrzeug kann der LoadRunner Pakete bis zu einer bestimmten Größe und bis zu einem Gewicht von 30 Kilogramm allein transportieren und sortieren. Somit lässt er sich z. B. auch für den Transport und die Sortierung von Gepäckstücken an Flughäfen einsetzen. Im Verbund können mehrere Fahrzeuge durch Kopplung auch große und sperrige Teile bewegen. Dabei kann jeder LoadRunner zusätzlich bis zu vier passive Anhänger ankopeln und transportieren.

## Bessere Sortierleistung

Um den LoadRunner zu entwickeln und seine Sortierleistung zu verbessern, testeten die Wissenschaftler des Fraunhofer IML unterschiedliche virtuelle Szenarien. Verschiedene Aspekte des Fahrzeugsystems sowie der gesamte Schwarm wurden digital modelliert und in verschiedenen Komplexitäten simuliert. Dafür nutzten sie eine Echtzeit-Entwicklungsplattform für 3D-Simulationen. Diese lässt sich nicht nur zur Simulation verwenden, sondern bietet auch eine dynamische Darstellung des Systemverhaltens in Echtzeit. So können die Forscher riskante und komplexe Manöver ohne Risiko im Schwarmsystem entwickeln und testen.

Diese Umgebung lässt sich außerdem skalieren, um die Leistung großer Systeme zu bestimmen. Zu diesem Zweck simulierten die Wissenschaftler ein typisches Sortiersystem, das eine Kapazität von rund 13 000 Bestellungen pro Stunde erreicht. Sie bildeten eine Sortierung mit einer unterschiedlichen Anzahl an LoadRunnern und verschiedenen Beschleunigungswerten (4 m/s<sup>2</sup> bzw. 5m/s<sup>2</sup>) ab. Zusätzlich beachteten sie Faktoren wie die Lokalisierung der Fahrzeuge oder die Kollisionsvermeidung. »Wir konnten

herausfinden, dass mit 60 LoadRunnern eine mit einem klassischen Sortiersystem vergleichbare Leistung erzielt werden kann. Bei mehr Fahrzeugen und einer etwas höheren Beschleunigung können wir die Leistung deutlich steigern«, sagt Roidl. Im Gegensatz zu einem klassischen Sortiersystem benötigt der LoadRunner jedoch wesentlich weniger fest installierte Infrastruktur und bietet eine deutlich schnellere Inbetriebnahme und höhere Skalierbarkeit.

Um das Potenzial der LoadRunner-Technologie voll auszuschöpfen, ist eine offene digitale Infrastruktur wie die Silicon Economy nötig, in der die Fahrzeuge über 5G sicher kommunizieren und mittels Blockchain eigenständig Pay-per-Use-Verträge abschließen können. Auch an diesen Voraussetzungen arbeitet das Fraunhofer IML im Rahmen des Silicon-Economy-Großprojekts bereits mit Hochdruck.

### Ansprechpartner

Dipl.-Logist. Jan Behling | 0231 9743-465  
jan.behling@iml.fraunhofer.de

### Ansprechpartner

Dipl.-Inform. Moritz Roidl | 0231 755-3092  
moritz.roidl@tu-dortmund.de



Hier geht es zum Video



# ES WAR EINMAL



**Ansprechpartner**  
Dipl.-Inf. Benedikt Mättig | 0231 9743-270  
benedikt.maettig@iml.fraunhofer.de



Sie leuchten, sprechen und geben Zeichen: Die Rede ist von Kommissionierassistenten. Die Palette reicht von AR-Brillen über sprachgesteuerte Systeme bis hin zu solchen, die fest im Regal montiert sind. »mika« ist ein Kommissioniersystem, das etwas andere Wege gehen soll. Der mobile, interaktive Assistent macht die Kommissionierung spielend einfach, sodass Mensch und Technik zum Team verschmelzen. Eine günstige und praktische Alternative zu gewöhnlichen Kommissionierhilfen.

Die Anforderungen an ein digitales Assistenzsystem können sehr vielfältig sein. Die Hauptaufgabe liegt in der Übermittlung der relevanten Entnahmeanforderungen mit der generellen Zielsetzung einer maximalen Kommissionierleistung und der Minimierung möglicher Pick-Fehler. Am Markt und im Feld existieren eine Reihe etablierter stationärer und mobiler Lösungen, die genau dies tun. Beide bringen Vor- und Nachteile mit sich. Benedikt Mättig kennt sie alle: Seit nunmehr neun Jahren beschäftigt er sich am Fraunhofer IML mit der Forschung und Entwicklung von Assistenzsystemen. Die praktischen Helfer für die Logistik sind sein Steckenpferd oder mehr noch seine Passion. Die perfekte Kommissionierlösung gibt es seiner Meinung nach zurzeit jedoch noch nicht, da gerade Systeme, die am Körper getragen werden, die Mitarbeiter häufig eher belasten: »Pick-by-voice-Systeme sind beispielsweise schon sehr anstrengend, weil die Kommandos sehr schnell sind. Man muss sich immer konzentrieren und kann sich nicht mit den Kollegen unterhalten. Dadurch ist man schon recht abgeschottet. Da der Mitarbeiter permanent zuhören muss, ist die Belastung recht hoch. Datenbrillen-Varianten, die visuelle Anweisungen geben, beanspruchen wiederum die Augen und sind langfristig teils unangenehm zu tragen.« Es muss also weiter getüftelt werden, und genau das tun Benedikt Mättig und sein Team mit der Entwicklung eines Kommissionier-Displays.

## Einfach zu bedienen und ohne zusätzlichen Ballast

»mika« vereint die Stärken eines fest installierten Systems mit denen eines mobilen Kommissionierassistenten. Der Mitarbeiter meldet sich zum Beispiel per Gesichtserkennung an einem mika-Shuttle an und wird über das System durch den Kommissionierauftrag geleitet. Dafür fährt das Shuttle automatisiert und horizontal auf einer Schiene am Regal entlang und zeigt dem Mitarbeiter auf dem Display an, aus welchem Fach er welchen Artikel entnehmen soll. Die Lokalisierung des Displays erfolgt über Marker auf der Fahr-schiene. Dieses kann samt Stromversorgung einfach in

Fachbodenregale eingehängt werden und steht somit sofort zur Verfügung. Über einen Scanner-Handschuh kann der Mitarbeiter die entnommenen Artikel scannen und jede Entnahme drahtlos an mika übermitteln. Pick-Fehler werden so direkt erkannt und vermieden. Ein weiterer Vorteil: Mit mika benötigen die Mitarbeiter keine zusätzlichen Devices wie Datenbrillen oder Handhelds. Sie können sich bei der Arbeit frei bewegen. Zudem bietet das System die Möglichkeit, mehrere Displays auf einer Schiene einzusetzen, ohne dass sich die Fahrtstrecken der Displays überschneiden. Der Auftrag wird per »Handshake« einfach von einem zum anderen Display via Bluetooth weitergegeben. »Jedem Mitarbeiter wird bei der Anmeldung eine eigene Farbe zugewiesen. Auf diese Weise weiß der Mitarbeiter auch nach einem Wechsel, welchem Display er folgen muss, da mit dem Auftrag auch die persönliche LED-Farbe des Mitarbeiters übertragen wird. Ich erkenne mein Shuttle und meinen Auftrag also immer anhand der Farbe«, erklärt Mättig.

## mika hilft und schützt vor Stress

Wenn Mensch und Maschine geschickt zusammenarbeiten, erreichen sie in der Regel mehr. »mika« ist ein persönlicher Begleiter am Regal, der die Angst vieler Mitarbeiter vor technischen Lösungen nehmen soll. So ist zumindest die Vision des Teams rund um Benedikt Mättig: »mika ist mit seinem Gesicht, dem Avatar auf dem Display, ein sympathisches Gerät, das mit dem Mitarbeiter kommuniziert. Es begleitet den Mitarbeiter, ersetzt ihn aber nicht, sondern fungiert als Kompagnon im Lager. Somit ist mika eine Art digitaler Begleiter im Lager«.

Der Assistent, der aus einem acht Zoll großen Display besteht, setzt auf Standardkomponenten wie ein Tablet und eine einfache Aufhängung und ist damit eine günstige und praktische Alternative zu gewöhnlichen Kommissionierhilfen. Dank Algorithmen des maschinellen Lernens und einer integrierten Kamera ist es für mika sogar möglich, die Vitalparameter bzw. die Herzfrequenz der Mitarbeiter zu checken, um sie vor Stress zu bewahren und ggf. zu einer Pause aufzufordern.

Der erste Prototyp von mika ist vollendet. Derzeit arbeitet das Team an der Stabilisierung der Schienen und der Weiterentwicklung der Technik. Als nächstes soll das System in einem Pilotprojekt innerhalb eines kleinen oder mittelständischen Unternehmens auf Herz und Nieren getestet werden. Einen zwar nicht quantitativen, dafür aber qualitativen Pluspunkt hat mika jedoch schon mal sicher: »Er ist sympathisch«, sagt Benedikt Mättig und lacht.

## EIN SMARTES HELFERLEIN.

# SEIN NAME WAR MIKA

Wenn es um Mäuse und Ratten geht, scheiden sich die Geister. Einig werden sich die Lager allerdings, wenn es um Schädlinge in der Lebensmittelindustrie geht, denn hier haben die felligen Tierchen definitiv nichts zu suchen. Um die Bekämpfung von Schädlingen zu erleichtern, hat das Fraunhofer IML zusammen mit der Futura GmbH eine »Überwachungskamera« für Schädlingsfallen entwickelt, die einmal am Tag Bilder an eine Cloud sendet – und das Ergebnis ist alles andere als »zum Mäusemelken«.

Die Überwachungskamera ist nicht größer als eine Zigarettenschachtel und von außen eher unscheinbar. Leon Siebel-Achenbach, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IML, hat die Überwachungskamera für die intelligente Schädlingsfalle mit seinem Team entwickelt. Zielsetzung war es, die Hygienestandards in der Lebensmittelindustrie wie in Großbäckereien oder Supermärkten nachhaltig zu verbessern und gleichzeitig den hier geltenden Gesetzesvorgaben Rechnung zu tragen – denn jede Schädlingsfalle muss täglich kontrolliert werden.

#### Schädlingsbekämpfung human und effizient

Die Futura GmbH hat sich als Hersteller und weltweiter Vertreiber von Schädlingsbekämpfungsmitteln auf die Fahne geschrieben, gegen Schädlinge so human wie möglich vorzugehen. Da die Schädlingsfallen oftmals an unzugänglichen Orten wie unter Maschinen und Regalen platziert werden, ist die Überprüfung der Fallen oft beschwerlich. »Diese lästige und äußerst unangenehme Aufgabe wird sicher gerne mal unterlassen«, so Siebel-Achenbach. »Um Betriebe bei dieser Aufgabe zu unterstützen, ist Futura auf uns zugekommen, um mit uns zusammen eine Kamera zu entwickeln, die die Zustände der Fallen erfasst.«

Die zu entwickelnde Kamera sollte einerseits robust und langlebig sein und so energieeffizient wie möglich arbeiten – ihre Herstellung andererseits möglichst kostengünstig sein. Eine Aufgabenstellung, vor die sich das Fraunhofer IML nicht zum ersten Mal gestellt sah. Denn in den letzten Jahren sammelten die Dortmunder Wissenschaftler im Bereich der Low-cost Devices und Ultra Low Energy bereits fundierte Erfahrungen mit ähnlichen Entwicklungen für logistische Anwendungen, wie beispielsweise dem IoT Service Button, ein Push-Button mit Display zum Auslösen von Bestellprozessen, der Low Cost Tracker »Pille«, mit dem Waren und Gegenstände mit NB-IoT und Wifi-Sniffing getrackt werden können sowie mit ITCPro, dem Rhenus-Füllstandsensor zur Leerung von Behältern.

#### Hohe Hygienestandards per Algorithmus

Der entwickelte Algorithmus der Kamera ist so konzipiert, dass das Kamerabild auf Ultra-Low-Power-Basis mit niedrigsten Kosten via NarrowBand IoT (NB-IoT) an eine Cloud oder ein ähnliches Backend gesendet wird.

Bis zu 3.000 Bilder kann die 5G-kompatible Kamera mit einem Satz Batterien schießen und versenden. Ein KI-Algorithmus wertet die Fotos selbstständig aus. Dafür wird ein neuronales Netz auf den spezifischen Anwendungsfall angelernt. Dies garantiert, dass die Kamera nur auf Veränderungen in Objekten reagiert. Abhängig vom Anwendungsfall bietet die Technologie die Möglichkeit, die Parameter eines Prozesses remote – also über das Backend – zu konfigurieren. »Im Rahmen der Remotekonfiguration kann beispielsweise die Belichtungszeit eingestellt werden, so dass wir qualitativ hochwertige Tag- und Nachtaufnahmen machen können. Der Nah- und Fernbereich kann über unterschiedliche Objektive abgedeckt werden«, erläutert Siebel-Achenbach. Die Kamera lässt sich auch im Außenbereich einsetzen. Je nach Anwendung ist zudem eine wechselseitige Montage möglich, d. h. die Kamera kann in ihrem Halter umgedreht werden und dann Fotos aus einer anderen Perspektive schießen. Zudem nutzt NB-IoT die LTE-Sicherheitsmechanismen nach 3GPP. Somit ist Cybersicherheit garantiert.

#### Vielfältiges Einsatzspektrum

Mit der Schädlingsfalle, die jetzt in den Feldversuch geht, hat alles angefangen. Es eröffnen sich aber auch für andere Industrien profitable Einsatzmöglichkeiten. Mit der NB-IoT-Kamera gehören alle manuellen Prozesse, um Objekte zu überprüfen, der Vergangenheit an. »Wir können damit Briefkästen in abgelegenen ländlichen Regionen kontrollieren. Diese werden häufig umsonst angefahren, da es ja sein könnte, dass ein Brief eingeworfen worden ist«, so Siebel-Achenbach. Da die NB-IoT-Technologie ebenfalls GEO-Tracking enthält, lässt sich der Standort der Kamera – und so auch des Objekts, das die Kamera überwacht – bestimmen. Die smarte Kamera könnte sich zudem in der Füllstanddetektion bei Schüttgut-, Getreide- oder Futtersilos oder generell bei körnigen Schüttgütern oder Pulvern als Ergänzung zur Entwicklung des ITCPro bewähren. Bei der Lagerung dieser Güter ist keine homogene Verteilung möglich. Mit der Kamera wäre eine Fernüberwachung des Füllstands denkbar. Bei zu niedrigem Füllstand ließe sich automatisch die Nachbestellung auslösen und die Logistik optimieren. Außerdem ließen sich Getreide oder andere landwirtschaftliche Produkte auf Schädlingsbefall oder Fäulnis überwachen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit wäre die Bewachung von Objekten, um Diebstahl oder Vandalismus Einhalt zu gebieten.

#### Silicon Economy: Aus der Maus wird ein Elefant

All diese Anwendungsmöglichkeiten zeigen, dass das Team nicht nur in Mäuse-Dimensionen denkt, sondern gleich einen Schritt weiter geht. Mit der Kamera machen Futura und Fraunhofer eine weitere Technologie des Internets der Dinge massentauglich. Gleichzeitig demonstrieren die Ergebnisse des Projekts, wie Künstliche Intelligenz in der Silicon Economy in verschiedenste Prozesse Einzug hält und so vom Fahrzeug über das Regalfach bis zur Schädlingsfalle selbst einfachste Dinge erfasst. Die intelligente Ultra-Low-Power-Bildverarbeitung und -auswertung ist dabei der nächste entscheidende Schritt.

Mit Künstlicher Intelligenz  
auf Schädlingsfang



#### Ansprechpartner

Leon Valentin Siebel-Achenbach B. Eng. | 0231 9743-432  
leon.valentin.siebel-achenbach@iml.fraunhofer.de

Mit der Errichtung des europaweit ersten Blockchain-Instituts wurde im Mai 2020 ein weiteres Prestigeprojekt (blockchain europe) im Bereich der anwendungsorientierten Forschung auf den Weg gebracht. Ein bis zu 25 Köpfe umfassendes Team von Wissenschaftlern untersucht dort, wie die Technologie gewinnbringend in Wertschöpfungsketten eingesetzt werden kann. Der Plattformgedanke spielt hier eine wichtige Rolle, aber auch Künstliche Intelligenz und das Internet der Dinge (IoT) als Eckpfeiler einer zukünftigen »Silicon Economy«.

»Technologien wie die Blockchain, das Internet der Dinge oder Künstliche Intelligenz verändern das Wirtschaften grundlegend und eröffnen ganz neue Möglichkeiten für die Unternehmen. Das Europäische Blockchain-Institut wird insbesondere die Logistik-Branche in Nordrhein-Westfalen entscheidend voranbringen.« Mit diesen Worten unterstrich NRW-Wirtschafts- und Digitalisierungsminister Andreas Pinkwart die künftige Bedeutung der neuen, international operierenden Forschungssektion am Fraunhofer IML. Parallel übergab er den Bewilligungsbescheid über Fördergelder in Höhe von mehr als 7,7 Millionen Euro.

#### Dezentrales Register für Transaktionen

Damit fiel offiziell der Startschuss zum Aufbau des Blockchain-Instituts in Dortmund. Von diesem Standort aus, der in einem anerkannt exzellenten regionalen Ökosystem verankert ist, soll die Digitalisierung in Wissenschaft und Praxis weiter vorangetrieben werden. Der breite Zuspruch unterstreicht einmal mehr den Stellenwert der Blockchain als Schlüsseltechnologie der Zukunft. Sie besitzt das Potenzial, den Datenaustausch manipulationssicher zu gestalten sowie Prozesse entlang der Wertschöpfungskette zu automatisieren und autonom operierend zu gestalten. Doch es gibt auch Zweifel, speziell unter Sicherheitsaspekten. »Gerade in der Logistik und im Supply-Chain-Management arbeiten viele verschiedene, wirtschaftlich unabhängige Protagonisten eng zusammen, die sich aber nicht uneingeschränkt aufeinander verlassen. Mit der Blockchain-Technologie ist es möglich, geschäftsrelevante Informationen untereinander zu teilen, ohne dem Partner zwangsläufig vertrauen zu müssen«, unterstreicht Philipp Sprenger, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IML. Das Vorgehen sei zwar nicht mit einem unternehmerischen Paradigmenwechsel vergleichbar, erfordere jedoch ein Umdenken auf Führungsebene.



# MISSION BLOCKCHAIN GESTARTET

#### Mehrwert für alle!

Das für die Abwicklung des Leuchtturmprojekts verantwortliche Konsortium setzt sich aus den Dortmunder Fraunhofer-Instituten IML und ISST, dem Lehrstuhl für Unternehmenslogistik und dem Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der Technischen Universität Dortmund zusammen. Im Anschluss an die zunächst auf drei Jahre angelegte Laufzeit soll das Blockchain-Institut als nachhaltige und dauerhafte Einrichtung etabliert werden. Auf der Agenda der Wissenschaftler steht die Entwicklung von Open-Source-Lösungen in Form von Software, Hardware und neuen, Blockchain-getriebenen Geschäftsmodellen. Diese sollen für und auch gemeinsam mit Unternehmen jeder Größenordnung erarbeitet werden. Verfolgt werden offene und ganzheitliche Lösungen, die von allen Marktteilnehmern genutzt werden können. Übergeordnetes Ziel ist die Etablierung einer Open-Source-Plattform, über die interessierten Logistikern variierende Anwendungsbeispiele zugänglich gemacht werden. Dies beschränkt sich nicht allein auf Nordrhein-Westfalen. Ambition ist vielmehr, komplette Lieferketten deutschland- bzw. europaweit digital miteinander zu verbinden. »Wir sind stolz darauf, als Institut eine tragende Rolle in der Digital-Strategie des Landes NRW und damit auch einen

wichtigen Beitrag zur Konkretisierung der Blockchain-Strategie der Bundesregierung einnehmen zu dürfen«, merkt Abteilungsleiter Axel T. Schulte an. Weiter verstärkt wird diese Position durch die bereits im letzten Jahr im September erfolgte Einbindung des Fraunhofer IML in den Aufbau des Blockchain-Reallabors im Rheinischen Revier. Dort wird das Leistungsreservoir von Blockchain-Anwendungen in der Region erforscht. Auf den Prüfstand kommen auch neue, im positiven Fall zu validierende Geschäftsmodelle. Damit avanciert das Dortmunder Institut auch zu einem zentralen Ansprechpartner für die politischen Akteure auf regionaler und bundesweiter Ebene.

#### Überzeugungsarbeit hält an

Doch was ist das Besondere an einer Blockchain? Ein Fakten- beziehungsweise Nutzencheck mag selbst Skeptiker überzeugen: So werden in der Silicon Economy autonome Devices eigenständig miteinander verhandeln und Verträge, etwa über Smart Contracts, abschließen. Dem liegen programmierte Wenn-dann-Bedingungen zugrunde, bei denen zum Beispiel ein Bezahlvorgang automatisch eine Handlung auslöst. Blockchains sind geradezu prädestiniert für diese Aufgabe, da sie die Daten dezentral speichern und mani-

pulationssicher aufbewahren. Verträge können rechtssicher geschlossen werden und die Souveränität aller Beteiligten ist stets gewahrt. »Doch die Technologie allein wird die sich selbst organisierende Silicon Economy nicht prägen«, stellt Prof. Michael Henke, Institutsleiter des Fraunhofer IML, fest. »Im Fokus unserer Forschung steht auch die Verknüpfung der Blockchain mit neuen Managementansätzen«.

Wichtig sei außerdem, den hypeumwobenen Begriff der Blockchain auf den »Boden der Tatsachen« zurückzuholen. Viele Unternehmen würden zwar erkennen, dass diese Technologie die Wirtschaft maßgeblich zum Positiven verändern kann. Doch es fehle bisher an greifbaren Beispielen, die die Vorteile konkret verdeutlichen. Deshalb planen die Mitarbeiter des Blockchain-Instituts, Demonstrationszentren einzurichten, in denen der Nutzen der Technologie direkt erlebbar wird.

**Ansprechpartner**  
Dr. Axel T. Schulte | 0231 9743-298  
axel.t.schulte@iml.fraunhofer.de

GEFÖRDERT VOM

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen





## STRUKTURIERTER PLANEN PER MACHINE LEARNING

Speditionen stehen kontinuierlich vor der Herausforderung, Kapazitäten über Monate im Voraus verplanen zu müssen. Keine leichte Aufgabe! Denn unvorhersehbare Einflüsse machen manche Einschätzung zunichte. Im »Dachser Enterprise Lab« untersuchten Wissenschaftler des Fraunhofer IML daher, wie sich vorhandene Ressourcen mit Unterstützung selbstlernender Programme exakter disponieren lassen. Stichwort: Maschine Learning (ML).

80,6 Millionen Sendungen mit einem Gewicht von 41,0 Millionen Tonnen transportierte Dachser im vergangenen Jahr. Damit ist das Kemptener Unternehmen einer der führenden Logistikdienstleister. Um Laderaumkapazitäten organisieren zu können, müssen die Disponenten bei Dachser – ähnlich wie andere Speditionen – rund sechs Monate im Voraus kalkulieren, welche Kapazitäten voraussichtlich bereitzustellen sind. Unter Berücksichtigung des in den Eingangshäusern erwarteten Sendungsvolumens werden Stellplätze, Mitarbeiter oder Fahrzeuge verplant. Doch dieses Aufkommen ist großen Schwankungen unterworfen. In der Folge schleichen sich Ungenauigkeiten in die Bedarfsplanung ein, die im Nachgang mitunter aufwändig und kostenintensiv zu korrigieren sind.

Mit diesem Problem haben sich Wissenschaftler des Fraunhofer IML gemeinsam mit Logistikexperten von Dachser im Enterprise Lab auseinandergesetzt. Das »Dachser Enterprise Lab« wurde 2017 mit der Intention gegründet, im Rahmen konkreter Forschungs- und Entwicklungsaufträge zukunftsweisende Technologien für den flächendeckenden Einsatz in der Praxis zu entwickeln. Der flexible Zugriff auf spezialisiertes Wissen sowie die vorhandene Infrastruktur am Fraunhofer IML sollten in Kombination mit eigenem Know-how dazu beitragen, die Innovationsgeschwindigkeit von Dachser weiter zu erhöhen.

### Automatisiert generierte Prognosen

»Im aktuellen Fall bestand die Aufgabe darin, eine Lösung zu finden, wie sich die in den Eingangshäusern erwarteten Mengen bei gleichzeitiger Entlastung der Mitarbeiter fundierter abschätzen lassen«, sagt Martin Friedrich, Senior Scientist in der Abteilung Verkehrslogistik am Fraunhofer IML. Den größten Erfolg versprochen Modelle, die mit Unterstützung von Künstlicher Intelligenz Wirkungszusammenhänge erkennen, die automatisiert in die Planung einfließen. In diesem Kontext galt es zunächst, alle relevanten Datenquellen zu identifizieren.

„Wir haben sowohl interne, historische Daten zu den Mengenverläufen ausgewertet, als auch externe Daten wie Ferien- und Feiertagskalender oder Indikatoren, die die zukünftige Lage der Wirtschaft prognostizieren“, so Martin Friedrich weiter. In einem nächsten Schritt überprüften die Forscher, inwieweit sich diese

Kriterien auf steigende oder sinkende Volumina auswirken. Jene Daten, die den größten Einfluss auf die Vorhersage hatten, verankerte das Team schließlich in einem Machine-Learning-Modell. Dort suchen Algorithmen in einer großen Menge von Trainingsdaten eigenständig nach Mustern und wenden diese stetig auf neue Datensätze an. Resultat dieses »Predictive Analytics«-Ansatzes sind mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) erzeugte Prognosen, die das zukünftige Mengenaufkommen deutlich präziser darstellen.

### Testläufe bestätigen die Qualifikation

Dieses Modell wurde über einen Zeitraum von sechs Monaten in mehreren Dachser-Niederlassungen getestet. Dabei erzielten die vor Ort anwesenden Forscher gute Ergebnisse: Die Erprobungsläufe zeigten, dass das Programm die Planungssituation deutlich verbessern konnte. Nach durchgängiger Implementierung wird es möglich sein, die Kapazitätsplanung zukünftig in allen Eingangshäusern des Logistikdienstleisters automatisiert zu unterstützen.

In Summe beanspruchte die Entwicklung des KI-getriebenen Programms ein Zeitfenster von knapp zwei Jahren. Ein derartiger Aufwand ist vermutlich ab sofort nicht mehr erforderlich. Dazu Martin Friedrich: »Die Kapazitätsplanung mittels maschinellen Lernens ist noch ein ziemlich neuer Bereich. Wir mussten zunächst Erfahrungen sammeln und ausprobieren, welcher Algorithmus die zuverlässigsten Ergebnisse liefert. Nun könnten wir ähnliche Projekte wahrscheinlich deutlich schneller umsetzen.«

Zufrieden mit dem kollaborativ Erreichten zeigt sich Stefan Hohm, Corporate Director, Corporate Solutions, Research & Development bei Dachser: »Beim Machine Learning steht die Logistik sicherlich noch ganz am Anfang. Das Fraunhofer IML erlaubt uns, diese neuen Verfahren basierend auf höherer Mathematik und Informatik schnell zu erlernen und in Innovationen zu überführen.«

#### Ansprechpartner

Dipl.-Wirt.-Math. Martin Friedrich | 0231 9743-370  
martin.friedrich@iml.fraunhofer.de



## IMPRESSUM

**Herausgeber**  
Fraunhofer-Institut für  
Materialfluss und Logistik IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2–4  
44227 Dortmund

Telefon 0231 9743-0  
Telefax 0231 9743-211

logistikentdecken@iml.fraunhofer.de  
www.iml.fraunhofer.de

Zur Vollversion von Logistik entdecken und zum Abo:  
<https://s.fhg.de/logistikentdecken1>

**Redaktion**  
Bettina von Janczewski,  
Julian Jakubiak, Sabine Barde,  
Sabine Vogel, Rebecca Wolfer,  
Alia Khaddour

**Fotos**  
Georgios Katsimitsoulis,  
Sebastian Beierle, Mwide NRW

**Satz und Layout**  
Melanie Wegner