

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

# INTERAKTIVE ARBEITSSYSTEME IN DER INTRALOGISTIK

■ WHITEPAPER

# INTERAKTIVE ARBEITSSYSTEME IN DER INTRALOGISTIK

Die steigende Autonomie cyber-physischer Systeme (CPS) beginnt, die klassische Hierarchie zwischen Mensch und Maschine aufzuweichen. Aus der steuernden Kontrolle des Menschen über die Maschinen und andere Technikkomponenten entsteht im Zuge der vierten industriellen Revolution ein interaktives Miteinander aus autonom agierenden Parteien. Die Fähigkeit von Technikkomponenten zum eigenständigen Handeln erfordert eine Erweiterung klassischer Arbeitssysteme um die interaktive Komponente, die einem menschenzentrierten Gestaltungsansatz folgt.

## Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien und Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

### Autoren

Semhar Kinne, Fraunhofer IML  
Jana Jost, Fraunhofer IML  
Thomas Kirks, Fraunhofer IML

### Herausgeber

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel  
Prof. Dr. Michael Henke  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

### Internet

Das Whitepaper steht Ihnen auch im Internet unter [www.innovationslaborlogistik.de](http://www.innovationslaborlogistik.de) zur Verfügung.

### Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss  
und Logistik IML  
  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4  
44227 Dortmund

### DOI

10.24406/IML-N-643025

[schriftenreihe@iml.fraunhofer.de](mailto:schriftenreihe@iml.fraunhofer.de)

Ausgabe 23 • 15. Dezember 2021

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen auf dieser Webseite sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

# Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik

Das Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik stärkt die digitale Vorreiterrolle des Standorts Dortmund und fördert eine nachhaltige Weiterentwicklung, indem die Zukunftsfragen der Logistik und der Informationslogistik unter dem Aspekt der Mensch-Technik-Interaktion adressiert und deren Forschungsstand am Standort reflektiert werden.

Dazu entwickeln Wissenschaft und Wirtschaft, bestehend aus Logistikern und Soziologen, gemeinsam technologische Innovationen für eine sozial vernetzte Industrie, die Social Networked Industry. Die Ausgestaltung der Innovationen zu hybriden Dienstleistungen wird durch so genannte Showcases in fünf Bereichen gewährleistet: Handel, Produktionslogistik, Transport, Instandhaltung und Virtual Training.

Das Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Leuchtturmprojekt. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt ist ein Vorhaben des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, des Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn sowie der Technischen Universität Dortmund mit der Fakultät Maschinenbau und dem Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung. Darüber hinaus sind zahlreiche Netzwerkpartner in die Forschungsarbeit eingebunden.

## ■ WHITEPAPER

# INHALT

<b>Die Rolle des Menschen in der Arbeitswelt der Zukunft. . . . .</b>	<b>1</b>
Herausforderungen in der Logistik . . . . .	1
Technik für den Menschen . . . . .	1
<b>Mensch-Technik-Interaktion im Innovationslabor. . . . .</b>	<b>3</b>
Interaktionsmodell . . . . .	4
Individualisierungsmodell . . . . .	6
<b>Beispiele für interaktive Arbeitssysteme im Innovationslabor. . . . .</b>	<b>8</b>
Interaktives Transportfahrzeug EMILI . . . . .	8
Interaktion Mensch-Roboter-FTF . . . . .	10
MIA – My Individual Assembly . . . . .	13
Assistenzsystem zur Größenauswahl eines Exosketts . . . . .	14
<b>Ausblick . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>Literaturverzeichnis. . . . .</b>	<b>17</b>

# Die Rolle des Menschen in der Arbeitswelt der Zukunft

Der technische Fortschritt von Automatisierungslösungen wie autonom agierenden Fahrzeugen, Drohnen oder Handhabungsrobotern verändert die Logistikbranche auf allen Ebenen. Die Digitalisierung ermöglicht nicht nur neue Geschäftsmodelle, sondern beeinflusst auch bestehende Prozesse auf Shopfloor-Ebene grundlegend. Der Mensch als kognitiver Alleskönner ist und bleibt unverzichtbarer Faktor einer zuverlässigen und wandlungsfähigen Logistik. Dennoch weicht die starre Trennung zwischen Mensch und Technik einem interaktiven Miteinander. Die Arbeitswelt ist im Wandel.

## HERAUSFORDERUNGEN IN DER LOGISTIK

Die Logistikbranche ist durch Kostendruck und hohe Leistungsanforderungen besonders gefordert, effiziente Lösungen bereitzustellen. Getrieben durch den steigenden Onlinehandel und den Ansprüchen der Konsumenten nach „Sofortness“ und Individualisierung werden die Möglichkeiten der Digitalisierung genutzt, um dynamische Lieferketten und wandlungsfähige Logistikstandorte zu realisieren. Der Erfassung und Aufbereitung von Daten kommt eine hohe Bedeutung zu, da sie notwendige Voraussetzungen sind, um Prozesse automatisch zu steuern und um Maschinen zu mehr Intelligenz zu befähigen. Die Schwierigkeit liegt darin, Beschäftigten genügend Handlungsspielraum für eigene Entscheidungen zur Verfügung zu stellen und diesen „Unsicherheitsfaktor“ in den Planungsalgorithmen zu berücksichtigen. Die Vernetzung von Mensch und Technik kann nur funktionieren, wenn sie für Mitarbeitende und Unternehmen profitabel ist.

Eine weitere Herausforderung für die Logistikbranche ist der Fachkräftemangel, auch hervorgerufen durch den demografischen Wandel [1]. Es sind Arbeitssysteme erforderlich, die einerseits für die Beschäftigung leistungsgewandelter Menschen geeignet sind und andererseits die Mitarbeiter lange gesund halten. Neben den geeigneten technischen Rahmenbedingungen, die insbesondere die Ergonomie betreffen, wird dies auch durch die Gestaltung von Arbeitsinhalten (zum Beispiel Aufgabenwichtigkeit, Autonomie [2]) beeinflusst, welche unter anderem auf die Zufriedenheit der Mitarbeiter einzahlt.

## TECHNIK FÜR DEN MENSCHEN

Die Vision der »Social Networked Industry« rückt die Bedeutung des Menschen im Zusammenhang mit dem Leitthema Industrie 4.0 in den Fokus und wirkt dem beunruhigenden

Bild einer menschenleeren Fabrik entgegen [3]. Um die spezifischen Fähigkeiten des Menschen mit den Vorteilen der Digitalisierung in Einklang zu bringen, muss die virtuelle Datenwelt mit der physisch realen Welt vernetzt werden. Im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik [4] werden technologische Innovationen zur Realisierung der dafür notwendigen Schnittstellen entwickelt und erforscht. Assistenzsysteme und Smart Devices dienen dabei der Bereitstellung und dem Austausch von Informationen. Darüber hinaus werden Technologien untersucht, die beanspruchende Tätigkeiten erleichtern oder eigenständig ausführen. Dazu zählen beispielsweise kollaborierende Roboter, Fahrerlose Transportsysteme und Exoskelette.

Technologien zur physikalischen und kognitiven Unterstützung von Mitarbeitern verändern bestehende Arbeitssysteme und erfordern eine Akzeptanz der Nutzergruppe. Damit in der Summe die Arbeit für den Menschen leichter wird, müssen Gestaltungshinweise und Organisationskonzepte für einen menschenzentrierten Technikeinsatz erarbeitet werden, welche die neue Rolle des Menschen in diesen Arbeitssystemen definieren und neue bzw. veränderte Belastungsformen [5] sowie potentielle Sicherheitsrisiken minimieren.

## Mensch-Technik-Interaktion im Innovationslabor

In Zusammenarbeit mit dem Leistungszentrum Logistik und IT wurde eine Definition des Begriffs „Mensch-Technik-Interaktion“ erarbeitet, welche die Eigenschaften von Cyber-physischen Systemen berücksichtigt [6]: „Im Innovationslabor wird der Begriff »Mensch-Technik-Interaktion« als Oberbegriff für die Zusammenarbeit von Menschen mit technischen Einrichtungen zur Unterstützung und Ermöglichung von logistischen Prozessen verwendet. Technische Einrichtungen bezeichnen existierende und geplante Geräte, die zur Interaktion, also zum aufeinander bezogenen Handeln mit einem oder mehreren Interaktionspartnern bzw. Akteuren fähig sind. Grundvoraussetzung für Interaktion ist die Fähigkeit zur Kommunikation, d. h. zum Senden und Empfangen von Nachrichten, auf wenigstens einem Informationskanal (visuell, akustisch etc.) und beinhaltet darüber hinaus aus soziologischer Sicht das Reagieren, den Umgang miteinander sowie das einander Beeinflussen und ggf. sogar Steuern. Interaktion kann verschiedene Ausprägungen aufweisen. Darunter fallen beispielsweise Systeme, die über eine grafische Benutzeroberfläche verfügen und schließt ebenfalls Geräte ein, welche die Lage oder den Zustand eines Betriebsmittels verändern sowie Kräfte und Momente aufnehmen können.“ Der verwendete Begriff »Mensch-Technik-Interaktion« beinhaltet damit die gängigen, aber oft nicht eindeutig definierten und synonym verwendeten Bezeichnungen »Mensch-Maschine-Interaktion«, »Mensch-Maschine-Kommunikation«, »Mensch-Roboter-Interaktion« und »Mensch-Computer-Interaktion«. Somit werden alle notwendigen technischen Einrichtungen, die der oben genannten Definition entsprechen und die für die Ausübung eines manuellen logistischen Teilprozesses notwendig sind, berücksichtigt. Dies ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung von zukünftigen Arbeitssystemen und deren menschenzentrierte Gestaltung.

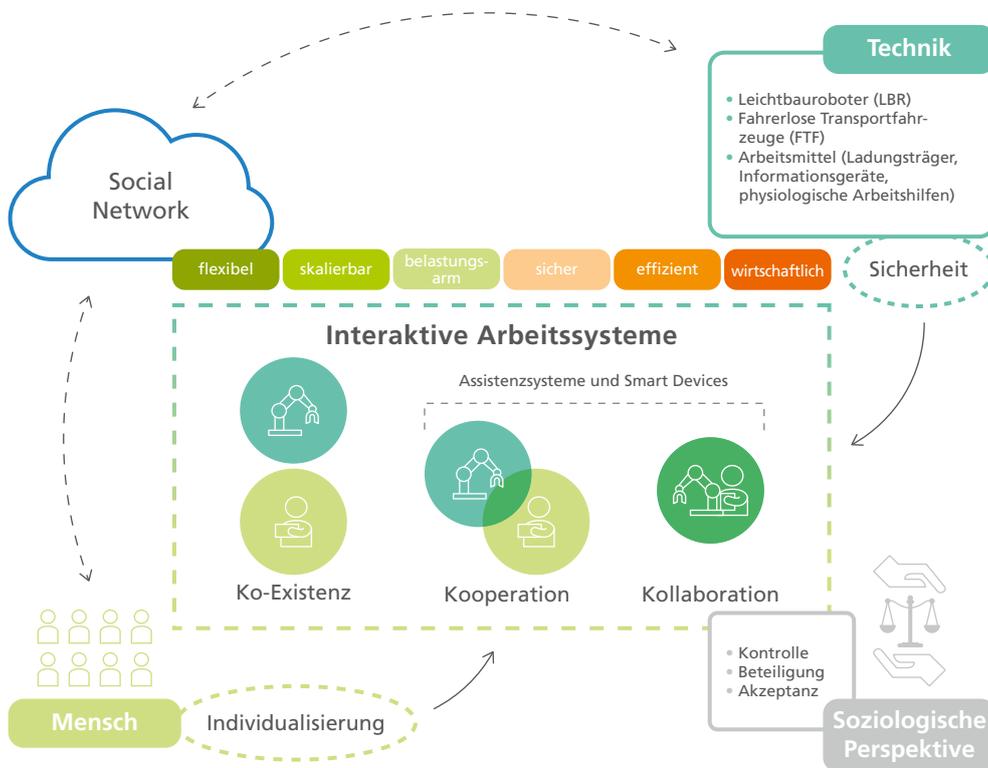


Abbildung 1: Interaktive Arbeitssysteme im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik

Insbesondere Technik ist es, welche die Arbeitsplätze der Zukunft verändern wird. Anstatt rein automatisierter oder rein manueller Prozesse erfolgt ein Wandel zu interaktiven Arbeitssystemen aus Mensch und Technik. Um dem zu begegnen, wurden im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik grundlegende Modelle zur Interaktion (siehe Abschnitt 2.1) und zur individuellen Arbeitssystemgestaltung (siehe Abschnitt 2.2) definiert und szenariobasiert umgesetzt. Ziel war die Entwicklung von interaktiven Arbeitssystemen (siehe Abbildung 1), in denen Menschen und Technikkomponenten logistische und produktionstechnische Aufgaben gemeinsam bewältigen.

## INTERAKTIONSMODELL

Das Interaktionsmodell ist eine Systematik zur Klassifizierung von interaktiven Arbeitssystemen mit Menschen und technischen Geräten. Die Beschreibung interaktiver Arbeitssysteme in einem Ordnungsschema dient dem Vergleich verschiedener Interaktionszusammensetzungen und -gestaltungen wie beispielsweise Rollenfunktionen. Darüber hinaus werden die Eigenschaften der einzelnen Akteure berücksichtigt, die eine Voraussetzung für die Nutzerbeschreibung zur Umsetzung einer Social Network Plattform [7] sind.

Der Klassifikationsansatz der existierenden Taxonomie für Mensch-Roboter-Interaktionen (MRI) [8] ist in Beschreibungen der Interaktion, des Roboters und des Teams

gegliedert. Sie gilt ausschließlich für Interaktionen des Menschen mit Robotern, worunter sowohl Manipulatoren als auch Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) fallen. Um eine Menschzentrierung u. a. für die gesellschaftliche und individuelle Technikakzeptanz sicherzustellen, bedarf es eines Modells, welches die Interaktionsmöglichkeiten von Menschen mit technischen Geräten in generalisierter Form beschreibt und für spezifische Anwendungen detailliert werden kann.

Das im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik entwickelte Interaktionsmodell orientiert sich an der MRI-Taxonomie [8], ist aber unabhängig von Robotern nutzbar und ermöglicht darüber hinaus eine vollständige Beschreibung des Arbeitssystems unter Berücksichtigung des Menschen. Es ist ebenfalls dreistufig aufgebaut und beschreibt die Teilnehmer (Akteure) der Interaktion, deren Eigenschaften sowie die Form der Interaktion (s. Abbildung 2; [9]).

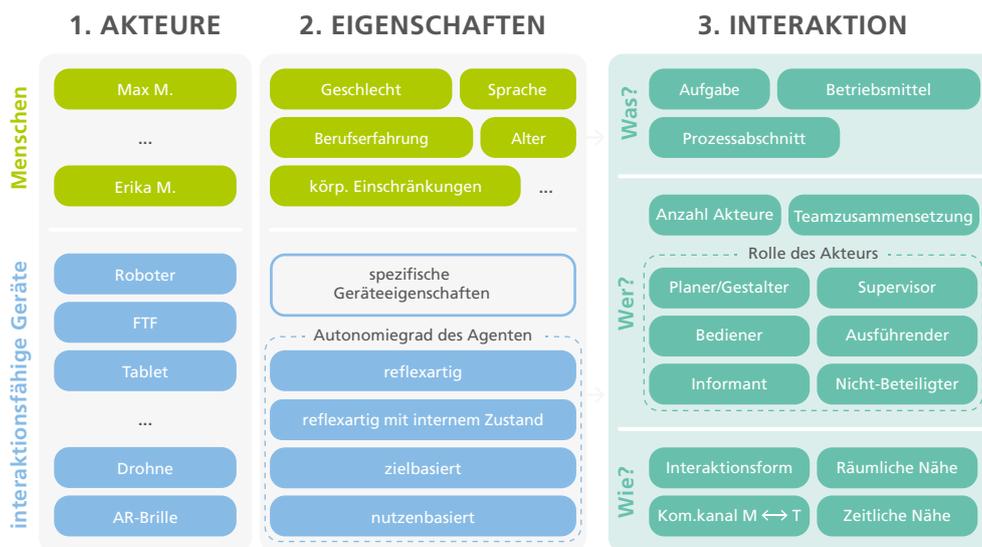


Abbildung 2:  
Übersichtsbild des im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik entwickelten Interaktionsmodells [9]

In der ersten Stufe werden mögliche Teilnehmer der Interaktion definiert und bestimmten Typen zugeordnet. Es erfolgt eine Unterscheidung zwischen Menschen und Geräten, wobei nur die Einrichtungen berücksichtigt werden, die zur Interaktion fähig sind, d. h. in einen kommunikativen Austausch gehen können.

In der zweiten Stufe werden die Eigenschaften der Akteure entsprechend ihres Interaktionstyps beschrieben. Die Spezifikationen sind jedoch unabhängig von der eigentlichen Interaktion und sind nutzbar für das Metadatenmodell einer Social Network Plattform [7]. Relevante Eigenschaften des Menschen beziehen sich auf die physiologischen Grundvoraussetzungen und auf die Fähigkeiten in Bezug auf eine bestimmte Tätigkeit. Interaktionsfähige Geräte sind von spezifischen Eigenschaften gekennzeichnet, durch

die sich auch Geräte gleichen Typs voneinander abgrenzen. Das Modell ermöglicht dadurch nicht nur eine Klassifikation der Interaktionspartner, sondern ermöglicht auch eine Geräteauswahl bei der Gestaltung interaktiver Arbeitssysteme.

In der dritten Stufe wird der eigentliche Interaktionsprozess beschrieben. Dabei sollen die folgenden Fragestellungen beantwortet werden: Was ist das Ziel der Interaktion und welche Aufgaben haben die Handlungspartner? Wie viele Akteure sind in der Interaktion aktiv und in welchen Rollen stehen sie zueinander? Wie erfolgt die Kommunikation und welche Hilfsmittel werden dafür benötigt?

Die Details zur Herleitung des Interaktionsmodells finden sich in [9]. Das Modell wurde anhand ausgewählter Exponate der Anwendungsfälle (Showcases) des Innovationslabors [10] angewendet und evaluiert. Die Interaktion zwischen Mensch, Roboter und FTF ist im Abschnitt 3.2 aufgeführt.

### **INDIVIDUALISIERUNGSMODELL**

Mit einem menschenzentrierten Gestaltungsansatz bei der Umsetzung interaktiver Arbeitssysteme soll sichergestellt werden, dass sich nicht der Mensch nach der Technik richtet, sondern die Technik den Bedürfnissen und Anforderungen des menschlichen Interaktionspartners folgt. Im Individualisierungsmodell (s. Abbildung 3) werden die Eigenschaften des Nutzers erfasst, auf deren Basis die Adaption des Arbeitssystems erfolgt. Hierfür können die Beschreibungen aus dem Interaktionsmodell verwendet werden, die nach statischen und dynamischen Kennwerten gegliedert werden. Die statischen Eigenschaften beeinflussen insbesondere die grundsätzliche Gestaltung der Tätigkeit unter Berücksichtigung der anthropometrischen Gestaltung des Arbeitsplatzes, der Arbeitsmittel und individueller Kraftgrenzen. Dynamische Parameter können sich im Verlauf einer Tätigkeit verändern und erfordern eine Anpassung des jeweiligen Arbeitssystems. Für den Aufbau einer Datenbank wurden existierende Richtlinien und Handlungsanweisungen im Hinblick auf eine adaptive, ergonomische Arbeitsplatzgestaltung der physischen Schnittstellen analysiert. Darüber hinaus wurden Studien mit Exoskeletten durchgeführt ([11], [12]) und im Hinblick auf die Individualisierungsmöglichkeiten ausgewertet [13]. Die entstandene Datenbank bildet die Basis für eine autonome Anpassung von Technikkomponenten bzw. je nach Fähigkeiten des Geräts eine Anleitung zur manuellen Adaption an wechselnde Nutzerinnen und Nutzer sowie Prozess- und Zustandsveränderungen.

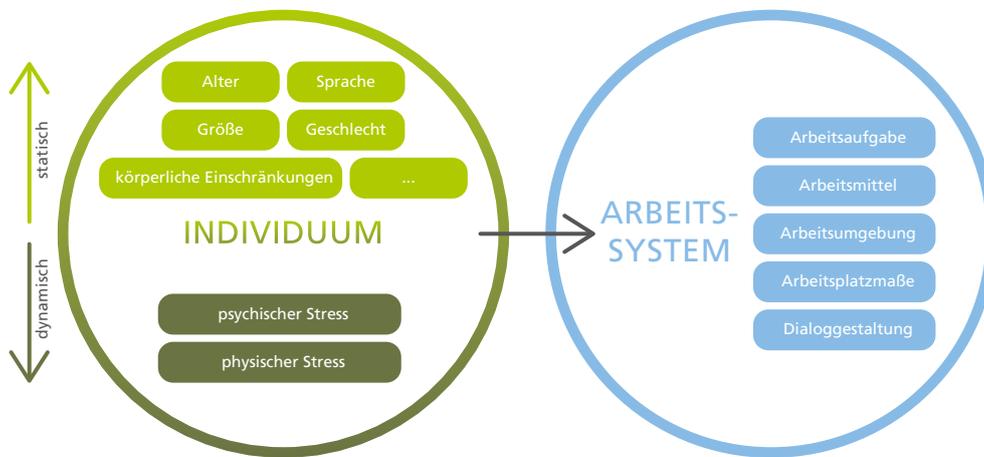


Abbildung 3:  
Individualisierungsmodell zur nutzerabhängigen Arbeitsplatzgestaltung [9]

Das Modell ist je nach eingesetzter Technik mit spezifischen Merkmalen erweiterbar und wurde beispielhaft als Assistenzsystem für die Arbeitsvorbereitung (s. Abschnitt 3.3) umgesetzt. Eine weitere Umsetzung des Modells erfolgte als Assistenzsystem für die Auswahl von Exoskeletten (s. Abschnitt 3.4).

# Beispiele für interaktive Arbeitssysteme im Innovationslabor

## INTERAKTIVES TRANSPORTFAHRZEUG EMILI

Neben den grundlegenden Modellen zur Mensch-Technik-Interaktion und zur Individualisierung der Arbeitssysteme wurde im Rahmen des Innovationslabors für Hybride Dienstleistungen in der Logistik auch das FTF EMILI («Ergonomischer Mobiler Interaktiver Ladungsträger für die Intralogistik») (s. Abbildung 4) entwickelt. EMILI ist ein revolutionäres FTF, welches vollkommen autonom handeln und mit seiner Umgebung interagieren kann [14].



Abbildung 4:  
EMILI – Ergonomischer  
Mobiler Interaktiver  
Ladungsträger für die  
Intralogistik [18]

EMILI zeichnet sich dadurch aus, dass es selbst als Behälter mit Lagerraum fungiert. Durch die exakte Einhaltung der Außenmaße eines Kleinladungsträgers (KLT) lässt es sich nahtlos in den Prozess mit anderen KLT, wie auch in bestehende Abläufe und Anlagen einbinden. Um die Anpassung auch auf Seiten der physischen Interaktion mit dem Menschen umzusetzen, wurde für EMILI eine technologische Lösung entwickelt, die es ihr erlaubt, sich auf jeden Menschen so einzustellen, wie er es benötigt. So verfügt EMILI über einen integrierten und vollautomatischen Hubmechanismus, über den neben der integrierten Kiste auch alle auf EMILI gestapelten KLT auf ergonomische Arbeitshöhe des Menschen angehoben werden können. EMILI kombiniert die kompakte Bauweise und das einfache Handling eines KLT mit den Fähigkeiten eines modernen FTF. Es lässt sich durch das einfahrbare Fahrwerk auf andere KLT stapeln, über klassische Fördertechnik transportieren und zum Beispiel in einem Automatischen Kleinteilelager einlagern. Gleichzeitig kann es selbst KLT transportieren.

Über ein auf dem Robot Operating System (ROS) basierendes System lassen sich einzelne Komponenten nahtlos austauschen. Hierdurch kann beispielsweise die Spurführung durch eine andere Navigationsart ersetzt werden.

EMILI wurde für eine Arbeitsumgebung entwickelt, in der eine direkte Interaktion zwischen Mensch und Technik ohne Schutzzäune stattfindet. Dafür verfügt das Fahrzeug über Sensorik zur Erfassung von Hindernissen oder Personen [15]. Die Kollaboration mit dem Menschen kann sowohl über herkömmliche Mensch-Maschine-Schnittstellen als auch über Smartwatches und AR-Brillen erfolgen. Die Kommunikation erfolgt bei EMILI beidseitig. So ist die Darstellung von Zuständen und Rückmeldungen über verschiedenste Kanäle denkbar, wie beispielsweise direkt auf der AR-Brille des Menschen. Ebenfalls verfügt EMILI über ein integriertes, industrietaugliches Display und zeigt so dem Menschen über ihre Gesichtszüge sowie andere Icons ihre aktuelle Gemütslage an (s. Abbildung 5).



Abbildung 5:  
Gesichtszüge von  
EMILI: 1. Stand-by, 2.  
Befehl nicht ausführ-  
bar, 3. Beschäftigt, 4.  
Befehl nicht verstanden

Die Zahl der auf dem Markt befindlichen autonomen Transportfahrzeuge (ATF) und die Vielfalt ihrer Fähigkeiten nehmen weiter zu. Die Anforderungen der Unternehmen, die sich der Herausforderung stellen, Transportprozesse zu automatisieren, sind sehr unterschiedlich. Daher ist der Einsatz von Standard-ATFs oft keine Option. Sobald sich Anforderungen ändern, müssen neue ATF's angeschafft werden. Außerdem spielen die kognitiven Fähigkeiten des Arbeitnehmers bei zukünftigen Produktionsanlagen immer noch eine große Rolle. Er steht vor der Herausforderung, mit komplexen CPS zu arbeiten. Es wurden erste Versuche unternommen, Beschäftigte besser in Prozesse zu integrieren, indem sich das CPS an seine individuellen Bedürfnisse anpasst [16].

Für diesen Zweck wurde ein modular aufgebautes Erweiterungssystem (Interaktionsmodul, IAM) für EMILI entwickelt (s. Abbildung 6). Dieses Erweiterungssystem konzentriert sich in erster Linie auf die Interaktion mit dem Menschen und stattet das ATF mit zusätzlicher Funktionalität, z. B. Gestenerkennung, aus. Das IAM besteht aus zwei Teilen: einem Körper mit austauschbaren Einschubmodulen und mechanischen sowie elektrischen Anschlüssen an der Unterseite (zur Verbindung mit dem ATF oder einem weiteren IAM) und an der Oberseite (für ein weiteres IAM) in einer Plug-and-Play-Manier. Dies ermöglicht eine einfache Aufrüstung mit weiteren IAM-Modulen. Jedes IAM hat eine variable Anzahl an Aussparungen, die gängige elektronische Anschlüsse (z. B. USB) bieten. In jede Aussparung können verschiedene Einschubmodule eingesetzt werden. Jeder Einschub ist mit einer kleinen Steuereinheit ausgestattet, die Informationen über seinen erweiterten Funktionssatz an das ATF sendet. Da ROS als Steuersystem verwendet wird, kann Software für neue Module leicht integriert werden.



Abbildung 6:  
Interaktionsmodul  
(IAM) für EMILI

Die Einschübe sind aufgabenspezifisch. So wurden sowohl Module für Navigationszwecke als auch Module für Interaktionsaufgaben, z. B. Scannen von Gegenständen, Visualisierung von Informationen, entworfen. Durch diese Adaptivität können Kosten reduziert und veränderte Anforderungen an die Interaktion mit den Mitarbeitern durch den Austausch der Einschübe realisiert werden.

### INTERAKTION MENSCH-ROBOTER-FTF

Zur Evaluierung des Interaktionsmodells wurde es auf ausgewählte Exponate, die innerhalb der Showcases im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik entstanden sind, angewendet. Im Showcase „Produktionslogistik“ wird an einem adaptiven Arbeitsplatz eine manuelle Kleinteilmontage durchgeführt. Das fertig montierte Produkt wird von dem Cobot Sawyer [17] in die vorbeifahrende EMILI gelegt. Der Montagetisch ist selbst interaktionsfähig, da auf einer RFID-Karte individuelle, auf einen Mitarbeiter und eine bestimmte Tätigkeit optimierte Einstellungen des Arbeitsplatzes (wie Arbeitshöhe und Lichtkonzept) hinterlegt sind. Sobald ein Mitarbeiter sich durch Auflegen der RFID-Karte an dem Arbeitsplatz anmeldet, passt sich der Tisch automatisch an die jeweilige Konfiguration an.

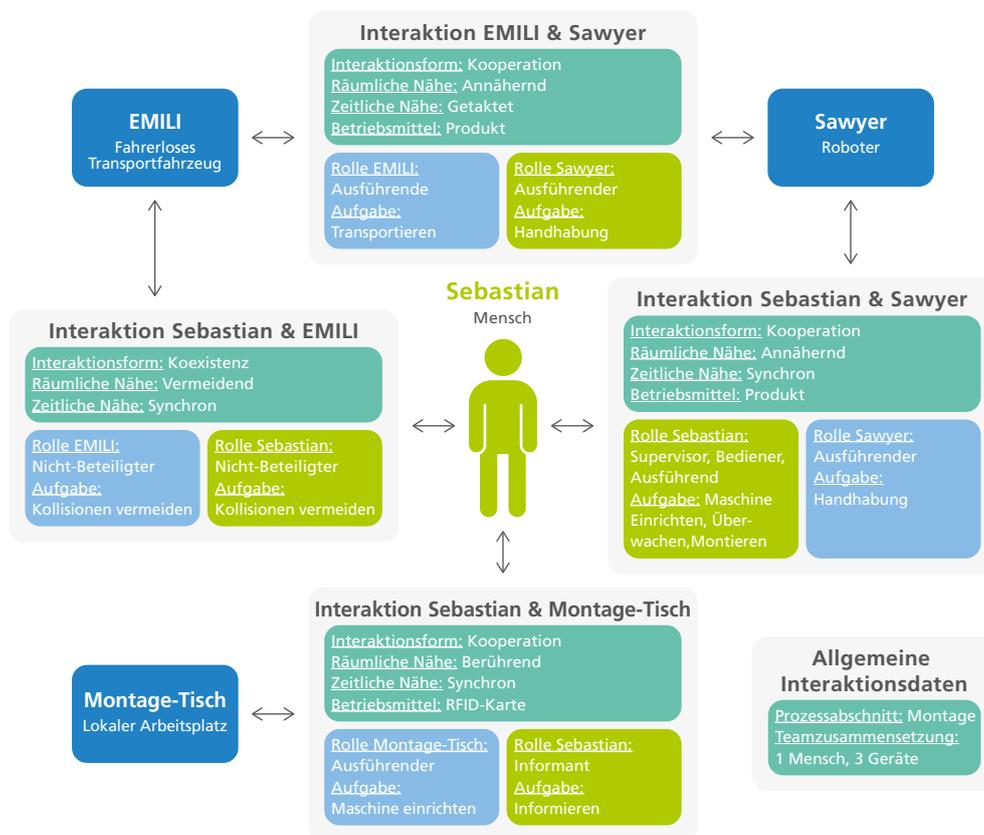


Abbildung 8: Kurzübersicht der Interaktion zwischen Mensch, EMILI, Sawyer und Montagearbeitsplatz

In dem interaktiven Arbeitssystem handelt es sich demnach um eine Interaktion mit vier Interaktionspartnern. Es existieren Mensch-Technik-Interaktionen zwischen dem Nutzer, EMILI, Sawyer und dem Montagetisch. Darüber hinaus gibt es Technik-Technik-Interaktionen zwischen Montagetisch, EMILI und Sawyer. Die Darstellung als Steckbrief mit Hilfe des Interaktionsmodells ist in Abbildung 6 als Kurzübersicht und in Abbildung 7 als detaillierte Ansicht dargestellt, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit und Relevanz auf die Darstellung der Technik-Technik-Interaktionen zwischen Montagetisch und EMILI sowie Montagetisch und Sawyer verzichtet wurde.

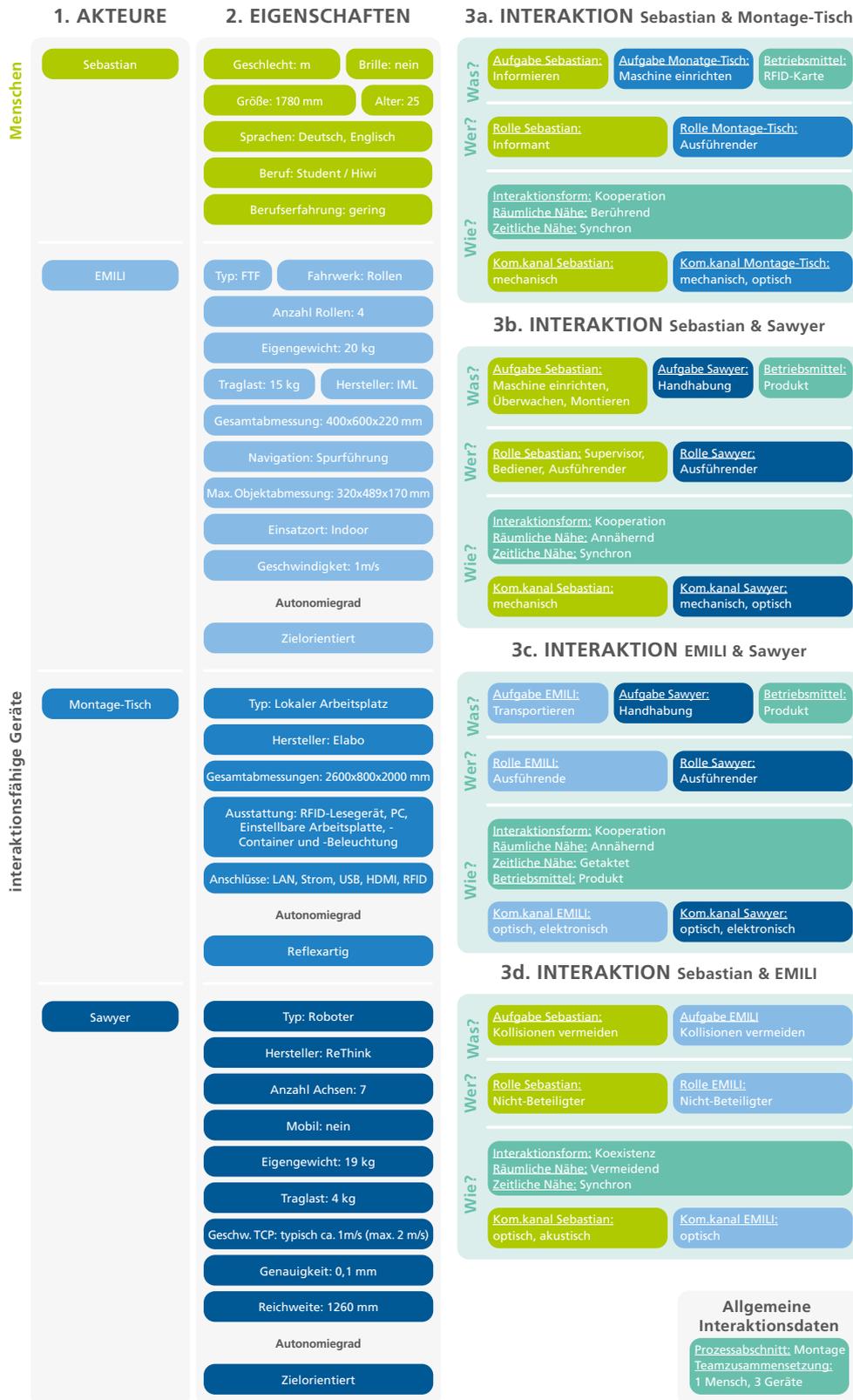


Abbildung 9: Detailsicht der Interaktion zwischen Mensch, EMILI, Sawyer und Montagearbeitsplatz

## MIA – MY INDIVIDUAL ASSEMBLY

Für den Showcase Produktionslogistik wurde das Assistenzsystem MIA (My Individual Assembly) entwickelt, welches auf dem Individualisierungsmodell basiert. Für eine menschenzentrierte Arbeitsplatzgestaltung müssen sich Arbeitsplätze an den jeweiligen Nutzer anpassen. Insbesondere an Arbeitsplätzen, die von verschiedenen Mitarbeitern sitzend und/oder stehend für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden, ist die Arbeitsvorbereitung von entscheidender Bedeutung, um manuelle Vorgänge effizient und ergonomisch optimiert durchzuführen. Das Assistenzsystem MIA ermöglicht die Eingabe anthropometrischer Daten des Mitarbeiters und adaptiert die Arbeitshöhe sowie die Arbeitsplatzbeleuchtung passend zu den Anforderungen der jeweiligen Arbeitsaufgabe. Darüber hinaus wird der Mitarbeiter zur Anordnung der erforderlichen Betriebsmittel angeleitet und erhält Empfehlungen zur persönlichen Schutzausrüstung [9].

MIA kann ohne arbeitswissenschaftliche Vorkenntnisse verwendet werden und leitet den Nutzer mittels einer digitalen Eingabemaske bei der Datenaufnahme an. Nach einer anfänglichen Sprachauswahl werden Geschlecht, Alter, Körpergröße und mögliche körperliche Einschränkungen abgefragt. Darüber hinaus sind Angaben zur Händigkeit möglich und es können Präferenzen zur Arbeit im Sitzen oder Stehen sowie zur bevorzugten Lichtfarbe getroffen werden. Abschließend erfolgt die Auswahl einer Montagetätigkeit.

Mia  
My individual assembly



**INNOVATIONSLABOR**  
Hybride Dienstleistungen  
in der Logistik

Deine Eingabe									
Geschlecht	Alter	Rechts / Linkshänder	Körpergewicht (kg)	Körpergröße (m)	Arbeitsplatz	körperliche Einschränkung	Arbeitsaufgabe	Arbeitszeit	
Mann	26 - 40 Jahre	Rechts	80 kg	1,63 m	stehend	Keine	Montage mit Werkzeug	Zwischen 6 und 9 Uhr oder ab 16 Uhr	

Hier geht's zum Ergebnis

TISCHHÖHE	<input type="text" value="924.39 mm"/>	HOHE VON ANZEIGEN BILDSCHIRMEN IM STEHEN	<input type="text" value="1380.10 mm"/>	
SITZHÖHE	<input type="text" value=""/>	WERKZEUG-BEREITSTELLUNG	<input type="text" value="Schraubenzieher"/>	
BELEUCHTUNGSSTÄRKE	<input type="text" value="83.78 Lumen"/>			
BELEUCHTUNGSFARBE				

Abbildung 10: Ergebnisanzeige des Assistenzsystems MIA [9]

Aus den Angaben wird eine Empfehlung der optimalen Einstellungen des Arbeitsplatzes angezeigt (s. Abbildung 8). Dazu gehören die Höhen der Arbeitsfläche sowie das Beleuchtungskonzept, welche abhängig von den Fähigkeiten des Arbeitstisches automatisch oder manuell eingestellt werden. Weiterhin erfolgen Arbeitsanweisungen, welche Werkzeuge und Schutzausrüstungen für die Tätigkeit erforderlich sind und auf welcher Seite der Bildschirm für die Arbeitsanweisung positioniert werden sollte. Darüber hinaus werden über einen Beamer der individuelle Greifraum auf die Arbeitsfläche projiziert und die Ablagepositionen der erforderlichen Behälter angezeigt (s. Abbildung 9). Je nach Vorliebe (Rechts- oder Linkshänder) oder körperlichen Einschränkungen (z. B. Rot-Grün-Schwäche) sind weitere Adaptionen des Arbeitsplatzes und der Anzeige möglich.

Einerseits ermöglicht der Demonstrator die Sicherstellung einer optimierten Anordnung der Arbeitsmittel für einen verschwendungsarmen Arbeitsablauf. Andererseits werden die in aktuellen Regelwerken empfohlenen Arbeitsplatzmaße eingehalten, um ein ergonomisches Arbeiten zu ermöglichen und haltungsbezogene Belastungen zu reduzieren. Dies leistet einen Beitrag zum langfristigen Erhalt der Arbeitsfähigkeit und begegnet den Anforderungen des Demografischen Wandels.

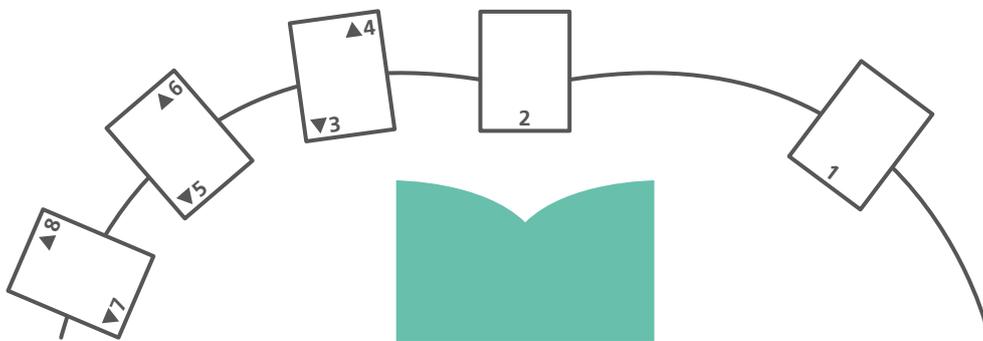


Abbildung 11:  
Projizierte Anordnung  
der Betriebsmittel auf  
der Arbeitsfläche [9]

### ASSISTENZSYSTEM ZUR GRÖSSENAUSWAHL EINES EXOSKELETTS

Exoskelette sind körpergetragene Stützstrukturen, die einzelne Körperregionen oder den gesamten Körper während der Ausübung körperlicher Arbeit entlasten. Für den erfolgreichen Einsatz in der Praxis ist vor allem die Akzeptanz der Beschäftigten relevant, die vor allem von der erlebten Wirksamkeit und einem guten Tragekomfort beeinflusst wird. Im Rahmen verschiedener Studien ([11], [12]) wurde das passive Exoskelett Laevo [18] auf diese Parameter untersucht. Dabei wurde u. a. herausgefunden, dass der Aufwand zur Anpassung des Exoskeletts auf die individuelle Körperform einen Einfluss auf die erlebte Wirksamkeit hat. Um dem zu begegnen und zukünftige Nutzer bei

der Größenauswahl zu unterstützen, wurde aus den dokumentierten Daten ein Assistenzsystem entwickelt, welches im Zuge der Einweisung und während der Anlernphase verwendet werden kann. Der Anwender wird dabei durch eine digitale Eingabemaske geleitet, bei der relevante anthropometrische Daten abgefragt werden. Im Ergebnis wird dem Nutzer ein Vorschlag für die erforderliche Modellgröße ausgegeben. Im Gegensatz zur Herstellerempfehlung basiert diese nicht ausschließlich auf der Körpergröße, sondern berücksichtigt auch das Geschlecht und das Gewicht. Details zur Auswertung der Individualisierungsdaten der Studien sowie zur Ableitung eines Algorithmus' für das Assistenzsystems finden sich in [9] und [13].

The screenshot displays a web interface for 'Exoskeleton Technology'. At the top left, it says 'Exoskeleton Technology'. In the center is a logo for 'INNOVATIONSLABOR' with the tagline 'Hybride Dienstleistungen in der Logistik'. To the left of the logo, user data is shown: 'Geschlecht: Weiblich', 'Körpergröße: 165 cm', and 'Gewicht: 72 kg'. Below this is a table titled 'Größenempfehlung' with three columns: 'BMI', 'Modellgröße', and 'Passt das ausgewählte Modell?'. The first row of data shows '26.4' for BMI, 'L' for Modellgröße, and an empty input field for 'Passt das ausgewählte Modell?'. At the bottom left is a 'Reset' button and at the bottom right is a 'Bestätigen' button.

Größenempfehlung		
BMI	Modellgröße	Passt das ausgewählte Modell?
26.4	L	<input type="text"/>

Abbildung 12: Ergebnisanzeige des Assistenzsystems zur Größenauswahl eines Exoskeletts [9]

## Ausblick

Die im Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik entwickelten Modelle leisten einen Beitrag zur Beschreibung menschenzentrierter interaktiver Arbeitssysteme und wurden im Rahmen des Showcases Produktionslogistik beispielhaft demonstriert. Um konkrete Handlungsanweisungen für die Praxis auszuarbeiten, sind Erkenntnisse zur subjektiven Wahrnehmung der menschlichen Interaktionspartner notwendig. Hierfür sind Forschungsaktivitäten im Rahmen von Labor- und Feldstudien notwendig, die konkrete Eigenschaften der Interaktion wie beispielsweise Rollenkonstellation oder Kommunikationskanäle adressieren. Auch können Synergien des Leistungszentrums Logistik und IT genutzt werden, wo unter anderem Studien im Hinblick auf die Akzeptanz von FTF unter Berücksichtigung von Interaktionsabständen und Bewegungsgeschwindigkeiten erfolgen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Schroven, A. (2015). Demographischer Wandel - Herausforderung für die Logistik. In: P. Voß (Hrsg.), Logistik - eine Industrie, die (sich) bewegt (S. 19-29). Wiesbaden: Springer Gabler.
- [2] Hackman, J. R.; & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the design of work: Test of a theory. Organizational behavior and human performance, 16, 250-279.
- [3] ten Hompel, M.; Putz, M.; Nettsträter, A. (2016). Whitepaper "Social Networked Industry". Für ein positives Zukunftsbild von Industrie 4.0.
- [4] Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. URL: <https://www.innovationslabor-logistik.de/> – abgerufen am 02.06.2020.
- [5] Rinkenauer, G.; Kretschmer, V.; Kreuzfeldt, M.; ten Hompel, M. (Hrsg.); Henke, M. (Hrsg.); Clausen, U. (Hrsg.) (2017). Kognitive Ergonomie in der Intralogistik. Whitepaper: Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management, 2.
- [6] Jost, J.; Kirks, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.); Henke, M. (Hrsg.); Clausen, U. (Hrsg.) (2017). Herausforderungen der Mensch-Technik-Interaktion in der Intralogistik. Whitepaper: Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management. 3.
- [7] Erler, T., Schier, A., Petrich, L., & Wolf, O. (2017). Vernetzt in der Social Networked Industry. Logistik heute, Sonderheft 2017.
- [8] Onnasch, L.; Maier, X.; Jürgensohn, T. (2016) Mensch-Roboter-Interaktion - Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. DOI: 10.21934/baua:fokus20160630.
- [9] Kinne, S. Lösungen für eine menschenzentrierte Arbeitsgestaltung in der Intralogistik. In: Ergonomie in der Intralogistik, Springer 2020
- [10] Tüllmann, C.; ten Hompel, M.; Nettsträter, A.; Prasse, C. 2017: Social Networked Industry ganzheitlich gestalten (Whitepaper). In: Schriftenreihe Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management, Fraunhofer IML

- [11] Bednorz, N., Kinne, S., & Kretschmer, V. (2019). Ergonomieunterstützung in der Logistik – Industrieller Einsatz von Exoskeletten an Palettier- und Kommissionierarbeitsplätzen zur körperlichen Entlastung von Mitarbeitern. In Arbeit interdisziplinär: analysieren, bewerten, gestalten. 65. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dresden. 27. Februar - 1. März 2019
- [12] Kinne, S., Kretschmer, V., & Bednorz, N. (2019). Palletising Support in Intralogistics: The Effect of a Passive Exoskeleton on Workload and Task Difficulty Considering Handling and Comfort. In Human Systems Engineering and Design II: Proceedings of the 2nd International Conference on Human Systems Engineering and Design (IHSED2019): Future Trends and Applications. München: Universität der Bundeswehr München. 16. – 18. September 2019.
- [13] Bednorz, N. et al: Überprüfung der Eignung von aktiven und passiven Exoskeletten für die Intralogistik. In: Ergonomie in der Intralogistik, Springer 2020
- [14] Jost, J.; Mättig, B.; Kirks, T. (2017). Emili - Ergonomischer Mobiler Interaktiver Ladungsträger für die Intralogistik. Müller, E. TBI 2017. Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts Für Betriebswissenschaften Und Fabrikssysteme. Sonderheft 23.
- [15] Jost, J.; Mättig, B.; Kirks, T. (2018). EMILI: Ergonomischer mobiler interaktiver Ladungsträger für die Intralogistik. 27. Deutscher Materialfluss-Kongress
- [16] Kirks, T.; Jost, J.; Uhloft, T.; Jakobs, M. Towards complex adaptive control systems in intralogistics. In The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, 2018.
- [17] Rethink Robotics GmbH. <https://www.rethinkrobotics.com/de/sawyer> – abgerufen am 02.06.2020.
- [18] Laevo B.V. <https://laevo-exoskeletons.com/laevo-v2> – abgerufen am 02.06.2020.

