

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

# **DIGITALE ASSISTENZSYSTEME IN DER LOGISTIK**

■ WHITEPAPER

# DIGITALE ASSISTENZSYSTEME IN DER LOGISTIK

Die Digitalisierung in der Logistik hat starke Auswirkungen auf die Arbeit der Beschäftigten und die Art und Weise, wie sie mit ihrer digitalisierten Arbeitsumgebung interagieren. Digitale Assistenzsysteme bilden den Schlüssel für eine vollständige und barrierefreie Integration der Beschäftigten in digitalisierte Prozessabläufe. Durch den Einsatz von Assistenzsystemen kann eine individualisierte und ergonomische Arbeitsunterstützung gewährleistet werden. In diesem Whitepaper werden die grundlegenden Anforderungen an Assistenzsysteme und deren Gestaltung zusammengefasst. Hierbei werden insbesondere Aspekte der Akzeptanz sowie der Ergonomie von Assistenzsystemen berücksichtigt und auf die spezifischen Herausforderungen im Kontext der Logistik bezogen. In diesem Kontext soll dieses Dokument als Guideline für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme in bestehende Prozesse dienen. Dieses Whitepaper basiert auf den Ergebnissen und Forschungen innerhalb des Forschungsprojektes „Innovationslabor - Hybride Dienstleistungen in der Logistik“, das am Fraunhofer IML gemeinsam mit der TU Dortmund durchgeführt wurde.

## 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**

Benedikt Mättig, IML  
Dr. Veronika Kretschmer, IML

### **Internet**

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

### **DOI**

10.24406/IML-N-643026

### **Herausgeber**

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

### **Kontakt**

Fraunhofer-Institut für Materialfluss  
und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4  
44227 Dortmund

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

# 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

Informationsaustausch zwischen Mensch und Technik . . . . .	1
Herausforderungen des Einsatzes digitaler Lösungen . . . . .	2
Rahmenbedingungen der Logistik . . . . .	3
Assistenzsysteme als Schlüsselement einer erfolgreichen Digitalisierung . . . . .	6
Datenpool . . . . .	6
Informationsauswahl . . . . .	6
Kontextzuordnung . . . . .	6
Individualisierung . . . . .	8
Dialoggestaltung . . . . .	9
Technologische Ausprägungen von Assistenzsystemen. . . . .	11
Mobile Assistenzsysteme . . . . .	11
Stationäre Assistenzsysteme . . . . .	12
Assistenzsysteme in unterschiedlichen logistischen Szenarien . . . . .	13
Assistenzsysteme in der Verpackung . . . . .	13
»ARpack« – Verpacken mit Augmented Reality . . . . .	14
»passt« – Intuitives Verpacken mit geringem Aufwand . . . . .	15
Assistenzsysteme in der Kommissionierung. . . . .	16
»LaserPick« – Kommissionieren mit Laserprojektion. . . . .	17
»mika« – Lineargeführter Kommissionierassistent. . . . .	18
Wissenschaftliche Bewertung von Assistenzsystemen . . . . .	19
Zusammenfassung der Potenziale von Assistenzsystemen in operativen Prozessen der Logistik . . . . .	21
Literatur . . . . .	22

# Informationsaustausch zwischen Mensch und Technik

Im Kontext des Innovationslabors wurde unter anderem untersucht, wie digitale Assistenzsysteme in der Logistik die Arbeit des Menschen sowie auch logistische Prozesse verbessern können. Dieses Whitepaper fasst die Ergebnisse der Forschungen aus dem Bereich „Assistenzsysteme und Smart Devices“ zusammen. Ziel des zugehörigen Arbeitspaketes war es, auf der einen Seite den aktuellen Stand der Forschung und Technik zu beleuchten und auf der anderen Seite Erkenntnisse für die Integration des Menschen in digitalisierte Prozesse in der Praxis abzuleiten. Hierbei wurde der Fokus auf folgende Fragestellungen gelegt:

- Welche Herausforderungen stören oder erschweren die Kooperation zwischen Mensch und Technik in der Praxis?
- Was für einen Einfluss haben die spezifischen Charakteristika der Logistik auf die identifizierten Herausforderungen?
- Welche Anforderungen müssen Assistenzsysteme erfüllen, um die genannten Herausforderungen zu bewältigen?

Zusammenfassend wird in diesem Whitepaper beleuchtet, welche Kriterien bei der Entwicklung digitaler Assistenzsysteme für die Logistik beachtet werden müssen und anhand welcher Parameter sich Assistenzsysteme bewerten lassen. Darüber hinaus werden spezialisierte Assistenzsysteme aufgezeigt, die innerhalb des Projektes entwickelt wurden und die zuvor erfassten Anforderungen adressieren.

# Herausforderungen des Einsatzes digitaler Lösungen

Akzeptanz wird als eines der entscheidenden Kriterien für die Einführung digitaler Lösungen im industriellen Kontext betrachtet. So hat in einer Umfrage der Bitkom im Jahr 2019 fast ein Viertel aller befragten Unternehmen angegeben, dass fehlende Akzeptanz in der Belegschaft als ein Hemmnis für den Einsatz digitaler Lösungen darstellt (Bitkom 2019).

Digitale Assistenten sowie die Einführung digitaler Technologien in der Logistik können nur dann funktionieren, wenn sie von den Mitarbeitenden angenommen werden. Die Akzeptanz der Beschäftigten gilt daher als erfolgskritischer Faktor. Fallen die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und Zweckmäßigkeit einer Technologie gering aus, werden die Nutzenden diese Technologie mit großer Wahrscheinlichkeit ablehnen. Diese Aussage basiert auf dem Technology Acceptance Model, das in verschiedenen Forschungsarbeiten validiert werden konnte (Davis 1986, Venkatesh und Bala 2008). Die wahrgenommene Zweckmäßigkeit entspricht hierbei einer subjektiven Empfindung der Beschäftigten, die beurteilen, ob die neue Lösung die Arbeitsleistung verbessert bzw. bei der Arbeitstätigkeit optimal unterstützt. Ein Faktor, der hierbei einen erheblichen Einfluss hat, ist die allgemeine Einstellung der Mitarbeitenden gegenüber dem Einsatz technischer bzw. digitaler Lösungen.

## Rahmenbedingungen der Logistik

Die Logistik im Allgemeinen und die Lagerlogistik im Speziellen sind geprägt durch saisonale Schwankungen und eine hierdurch notwendige Flexibilität in der Verfügbarkeit von Arbeitskräften. Durch diesen Sachverhalt zeichnet sich die Logistik durch einen hohen Anteil von Leiharbeitskräften aus, die nur für eine begrenzte Zeit im Unternehmen und den zugehörigen Prozessen eingesetzt werden. Laut Zahlen der Bundesagentur für Arbeit aus dem Jahr 2019 waren rund 26 Prozent aller Leiharbeitskräfte in Deutschland in der Logistik tätig. Dies verdeutlicht, dass die zeitlich begrenzte Beschäftigung ein wichtiges Element in der Logistik darstellt. Neben der Leiharbeit spielen in der Logistik auch geringfügig Beschäftigte eine wichtige Rolle. Während laut Zahlen der Bundesagentur für Arbeit fast 12 Prozent der Beschäftigten in der Lagerwirtschaft ausschließlich geringfügig beschäftigt sind, macht diese Gruppe im Bereich der Post- und Zustelldienste fast die Hälfte aller Beschäftigten aus (48,1 Prozent) (Bundesagentur für Arbeit 2020).

Auf der anderen Seite bestehen die ausgeführten Tätigkeiten in der Lagerlogistik zu großen Teilen aus Helfertätigkeiten, die auch als Einfacharbeiten bezeichnet werden. Einfacharbeiten lassen sich durch die fehlende Notwendigkeit einer abgeschlossenen Ausbildung charakterisieren und sind geprägt durch eine kurze Einarbeitungszeit (Abel et al. 2014). Typische Bereiche der Logistik, die schwerpunktmäßig der Einfacharbeit zuzuordnen sind, sind die Verpackung und die Kommissionierung (Hirsch-Kreinsen 2016). Einfacharbeiten werden in den Statistiken der Bundesagentur für Arbeit auch als Helfertätigkeiten bezeichnet. Unter Betrachtung vorliegender Statistiken aus dem Jahr 2019 zeigt sich, dass in der Lagerwirtschaft fast 70 Prozent aller Beschäftigten als Helfende tätig sind (Bundesagentur für Arbeit 2020). In der Wissenschaft existieren verschiedene Prognosen, die Aussagen zu der zukünftigen Entwicklung der Einfacharbeit im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung abgeben. Insbesondere bei flexiblen und manuellen Aufgaben wie der Verpackung und der Kommissionierung wird nicht davon ausgegangen, dass diese Aufgaben akut durch die Automatisierung bedroht sind (Grosse et al. 2017).

Der demografische Wandel hat einen Einfluss auf die gesamte Industrie. Auch in der Logistik zeigt sich, dass der Anteil älterer Arbeitskräfte größer ist als der Anteil jüngerer Arbeitskräfte. Dem Alter wird ein signifikanter Einfluss auf Faktoren wie die Technikaffinität und der Angst vor Technologien zugeordnet, was mit ihrer individuellen Technikbiografie zu tun haben kann. So zeigen Befragungen des Statistischen Bundesamts sowie verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen, dass mit steigendem Alter die Offenheit gegenüber neuen digitalen Lösungen sinkt. Hierbei fällt auch häufig der



Begriff der Digital Natives bzw. der Digital Immigrants. Ältere Menschen neigen eher dazu, sich an gewohnte Abläufe zu halten und Veränderungen in diesen Abläufen kritisch zu betrachten.

Der Ausländeranteil in der Logistik ist höher als in den meisten anderen Branchen. Liegt der Ausländeranteil branchenübergreifend bei rund 13 Prozent, machen ausländische Beschäftigte in der Logistik einen Anteil von 26 Prozent aus. Bei diesen Beschäftigten kann nicht davon ausgegangen werden, dass sie Deutsch sprechen oder verstehen. Daher ergibt sich aus diesem Kriterium die Notwendigkeit des Einsatzes sprachunabhängiger oder mehrsprachiger Lösungen.

Die skizzierten Rahmenbedingungen der Logistik beeinflussen Digitalisierungsprozesse und erfordern, dass durch spezialisierte Lösungen Schnittstellen geschaffen werden. Mit ihnen kann die hochgradig heterogene und volatile Belegschaft der Logistik in die Lage versetzt werden, mit ihrer digitalisierten und automatisierten Umgebung zu kommunizieren. Als entscheidendes Kriterium dieser Aufgabe gilt es, die Akzeptanz aller Beschäftigten zu gewährleisten.

Um den hohen Anteil an Leiharbeitskräften und geringfügig Beschäftigten zu adressieren, ist es erforderlich, dass ein Assistenzsystem in der Logistik schnell zu erlernen und intuitiv zu nutzen ist. Der Einarbeitungsprozess und die Unterstützung durch das Assistenzsystem muss so gestaltet werden, dass auch unerfahrene Beschäftigte nach einer kurzen Einarbeitung Prozesse schnell und fehlerfrei ausführen können. Auf der anderen Seite müssen auch erfahrene und ältere Beschäftigte bedarfsgerecht unterstützt werden. Insbesondere ältere Beschäftigte zeigen häufig Skepsis gegenüber digitalen Lösungen. Um die Akzeptanz älterer Mitarbeiter zu unterstützen, sollten Assistenzsysteme so gestaltet werden, dass auf vertraute Elemente und einfache Informationsdarstellungen gesetzt wird. Unter Berücksichtigung des hohen Anteils von nicht deutschen Beschäftigten, ist es wichtig, dass die Informationsbereitstellung sprachunabhängig gestaltet ist und Symbole kulturell übergreifend verstanden werden.

# Assistenzsysteme als Schlüsselement einer erfolgreichen Digitalisierung

Die zuvor ermittelten Anforderungen erfordern eine Integration älterer und jüngerer Beschäftigter, eine Verbesserung des Trainings sowie eine Erhöhung der Akzeptanz digitaler Lösungen. Dieses Ziel lässt sich mit Hilfe digitaler Assistenzsysteme, die als Mensch-Technik-Schnittstelle zwischen dem Menschen und seiner digitalen Umgebung vermitteln, erreichen. Die Kernkomponenten digitaler Assistenzsysteme in der Logistik lassen sich in zwei Kategorien unterteilen (siehe Abbildung 1).

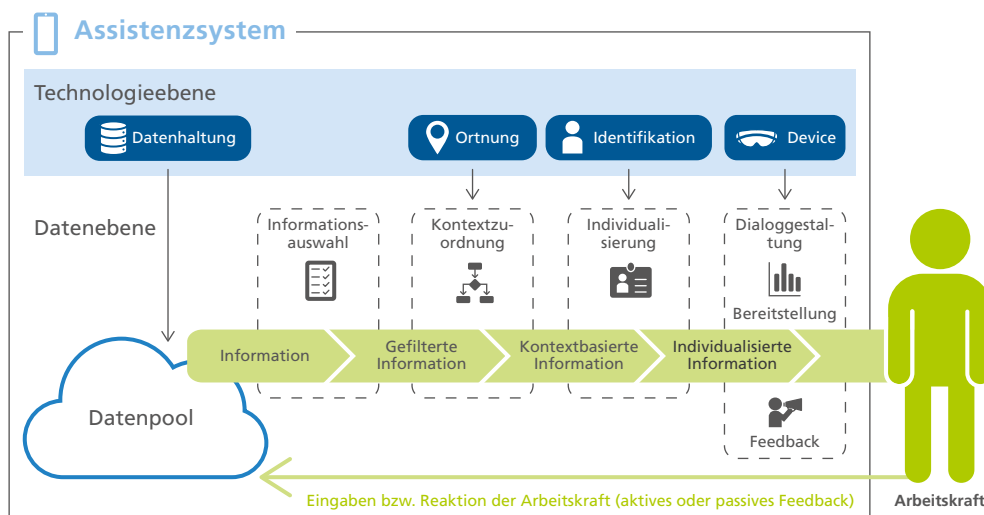


Abbildung 1:  
Aufbau eines  
industriellen  
Assistenzsystems

Die Datenebene repräsentiert den Informationsfluss und die einzelnen Schritte der Informationsaufbereitung vom Datenpool bis hin zur Bereitstellung und dem optionalen Feedback der nutzenden Arbeitskraft. In mehreren Aufbereitungsschritten erfolgen die Auswahl, die Kontextzuordnung, die Individualisierung sowie die finale Dialoggestaltung, in der die Mensch-Technik-Interaktion geschieht. Auf der anderen Seite steht die Technologieebene, die gezielt dazu dient, den Prozess der Informationsaufbereitung sowie der Interaktion zwischen Mensch und Technik zu unterstützen. Diese Unterstützung erfolgt durch technische Komponenten, durch die der Austausch zwischen der physischen Realität und der virtuellen Prozessrepräsentation ermöglicht wird. Dies kann durch Sensorik, Aktorik oder Datenhaltung erfolgen. Im konkreten Fall der industriellen Assistenzsysteme lässt sich durch Ortungssysteme die Kontextzuordnung der

Beschäftigten unterstützen. Um die Individualisierung der bereitgestellten Informationen zu ermöglichen, werden Technologien benötigt, die eine Identifikation der jeweiligen Arbeitskraft durchführen. Für die Bereitstellung der aufbereiteten Informationen werden darüber hinaus Endgeräte (Devices) benötigt, die die eigentliche Schnittstelle zwischen Mensch und Technik bilden. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der Informationsaufbereitung detailliert erläutert.

### DATENPOOL

Im Datenpool werden die Daten gespeichert sowie vorverarbeitet. Vorhandene Datenpools können aus hochgradig heterogenen Quellen bestehen. Neben den Daten, die in WMS oder ERP-Systemen gehalten und verarbeitet werden, können auch beliebige andere digitale Datenquellen berücksichtigt werden. Als Beispiel lassen sich in diesem Fall Auftragsdaten nennen, in denen Kundenaufträge eines Unternehmens beschrieben werden und als Information im Datenpool vorliegen. Der Datenpool unterliegt einem kontinuierlichen Aktualisierungsprozess und wird in Echtzeit an die jeweiligen Umgebungsparameter und die Auftragslage angepasst. Auf der Technologieebene ist der Datenpool eng mit einer oder mehreren Datenhaltungen verknüpft.

### INFORMATIONSAUSWAHL

Je nach Prozessfortschritt eines Auftrages erfolgt im ersten Schritt eine Informationsauswahl, die für die Informationsbereitstellung erforderlich ist. Wurde ein Auftrag beispielsweise noch nicht bearbeitet, werden die entsprechenden Informationen des Auftrages zusammengestellt. Dies kann z. B. die zu kommissionierenden Artikel, deren Anzahl sowie die zugehörigen Entnahmeorte umfassen. Die Informationsauswahl kann als erster Filter zwischen dem Datenpool und der Kontextzuordnung verstanden werden und berücksichtigt noch nicht die konkreten Bedarfe der Arbeitskraft im Kontext des jeweiligen Prozessschrittes.

### KONTEXTZUORDNUNG

Die Zuordnung der Arbeitskraft zu einem Kontext umfasst zwei unterschiedliche Vorgänge. Einerseits ist es notwendig, dass die Arbeitskraft einem bestimmten Prozess bzw. einem Prozessschritt zugeordnet werden kann. Andererseits ist sein Kontext abhängig von der jeweils physischen Position im Raum. So kann diese Zuordnung beispielsweise über Ortungssysteme erfolgen. Die Kontextzuordnung lässt sich hierbei stufenweise betrachten. In der ersten Stufe erfolgt die Zuordnung einer Arbeitskraft zu einem Standort bzw. einem Gebäude. In der zweiten Stufe wird ein Bereich innerhalb eines Gebäudes definiert, in dem sich die Arbeitskraft aktuell befindet. Die Bereiche können in dem

Sinne entsprechenden Arbeitsbereichen zugeordnet sein. Über diese Zuordnung lässt sich erkennen, ob eine Arbeitskraft sich beispielsweise in der Montage, der Kommissionierung oder der Verpackung befindet. Die zugehörigen Informationen werden auf dieser Basis gefiltert und für die Arbeitskraft aufbereitet. In dieser Ebene können beispielsweise Auftragsübersichten oder Hinweise zu den jeweiligen Prozessen bereitgestellt werden. Bewegt sich die Arbeitskraft zu einem konkreten Arbeitsplatz erfolgt die spezifische Zuordnung der Arbeitskraft zu den Arbeitsaufgaben an der jeweiligen Arbeitsstation.

Zusammenfassend lassen sich folgende Ebenen der ortungsabhängigen Kontextzuordnung definieren (siehe auch Abbildung 2):

- Ebene 1: Standort bzw. Gebäude
- Ebene 2: Zone bzw. Arbeitsbereich
- Ebene 3: Arbeitsstation

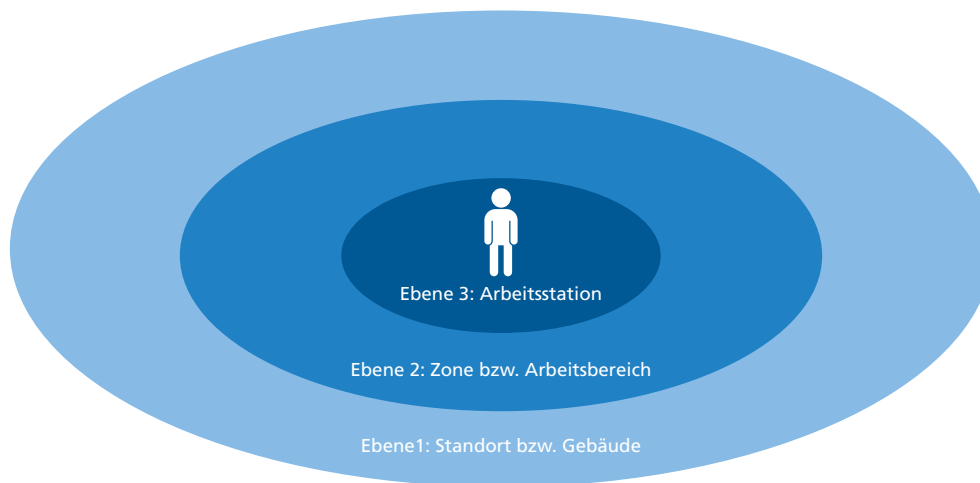


Abbildung 2:  
Abstufung der  
Kontextzuordnung  
eines Arbeitsprozesses  
in der Logistik

Neben der ortsabhängigen Zuordnung ist eine prozessspezifische Zuordnung notwendig. Diese umfasst folgende Informationen:

- **Rolle:** Die Rolle beschreibt, welchen Aufgabenbereich eine Arbeitskraft zum jeweiligen Zeitpunkt einnimmt. So kann sie zum Beispiel die Rolle der Lagerleitung einnehmen und somit andere Aufgabenbereiche umfassen, als sie es in der Rolle der verpackenden oder kommissionierenden Arbeitskraft tun würde.
- **Prozess:** Innerhalb der jeweiligen Rolle umfasst die Prozessinformation, in welchem spezifischen Prozess sich die Arbeitskraft aktuell befindet. Dies kann am Beispiel der kommissionierenden Arbeitskraft ein bestimmter Auftrag sein, der bearbeitet werden soll.
- **Prozessschritt:** Innerhalb des Prozesses ist die Information relevant, in welchem Teil der Prozessbearbeitung sich die Arbeitskraft aktuell befindet.
- **Status und Verfügbarkeit:** Der Status der Arbeitskraft bzw. ihre Verfügbarkeit gibt z. B. Aussage darüber, ob sie gerade aktiv an einem Prozess arbeitet oder diesen gerade pausiert hat.

## INDIVIDUALISIERUNG

Im weiteren Prozess der Informationsaufbereitung erfolgt die Individualisierung der Informationen. Hauptaspekt dieses Vorgangs ist die Anpassung der Informationen sowie deren Darstellung an die jeweilige Person. Hier werden auch personenspezifische Informationen wie die gesprochene Sprache, mögliche Seh- und Farbschwächen oder andere Parameter berücksichtigt.

Folgende Faktoren sollten bei der Individualisierung berücksichtigt werden:

- **Erfahrungswissen und Lernstand der Arbeitskraft:** Diese Faktoren haben einen erheblichen Einfluss auf die Informationsbedarfe der Arbeitskraft. Beschäftigte mit geringem Erfahrungswissen benötigen umfangreichere informatorische Unterstützung als erfahrene Beschäftigte.
- **Sprachlicher Hintergrund:** Als zentrales Element der Kommunikation spielt die eingesetzte Sprache eine entscheidende Rolle. Durch den Abbau von Sprachbarrieren bei der Interaktion zwischen Mensch und Technik lassen sich Beschäftigte mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen in bestehende Prozesse integrieren.
- **Körperliche Einschränkungen:** Körperliche Einschränkungen der Beschäftigten können dazu führen, dass Prozesse einen anderen Ablauf nehmen, oder dass Informationen anders bereitgestellt werden müssen. Beispielsweise erfordert eine Rot-Grün-Schwäche, dass die eingesetzten Farben entsprechend ausgetauscht werden.

- Kognitive Einschränkungen: Menschen mit kognitiven Einschränkungen bzw. Beschäftigte, die aufgrund bestimmter Einschränkungen nicht in der Lage sind, Informationen so aufzunehmen, wie es für andere Beschäftigte möglich ist, benötigen zusätzliche Unterstützung. Auch Leseschwächen oder andere Formen der kognitiven Einschränkung können hierüber berücksichtigt werden.

Um die Individualisierung durchführen zu können, ist eine Identifikation der jeweiligen Arbeitskraft notwendig, die durch das Assistenzsystem oder verknüpfte Technologien erfolgen können.

## DIALOGGESTALTUNG

Die grundsätzlichen Anforderungen an die Dialoggestaltung wurden in verschiedenen Normen bereits definiert (z. B. DIN ISO 9241). Im Projekt wurden die existierenden Normen untersucht und auf die grundsätzlichen Gestaltungsregeln minimiert, die für die betrachteten Anwendungsszenarien der Lagerlogistik als relevant bewertet wurden. Ergebnis dieser Bewertung ist folgende Ergonomie-Checkliste, die zehn Kernfaktoren für die Dialoggestaltung definiert, die es für die Schaffung einer ergonomischen Mensch-Technik-Schnittstelle in der Lagerlogistik einzuhalten gilt.

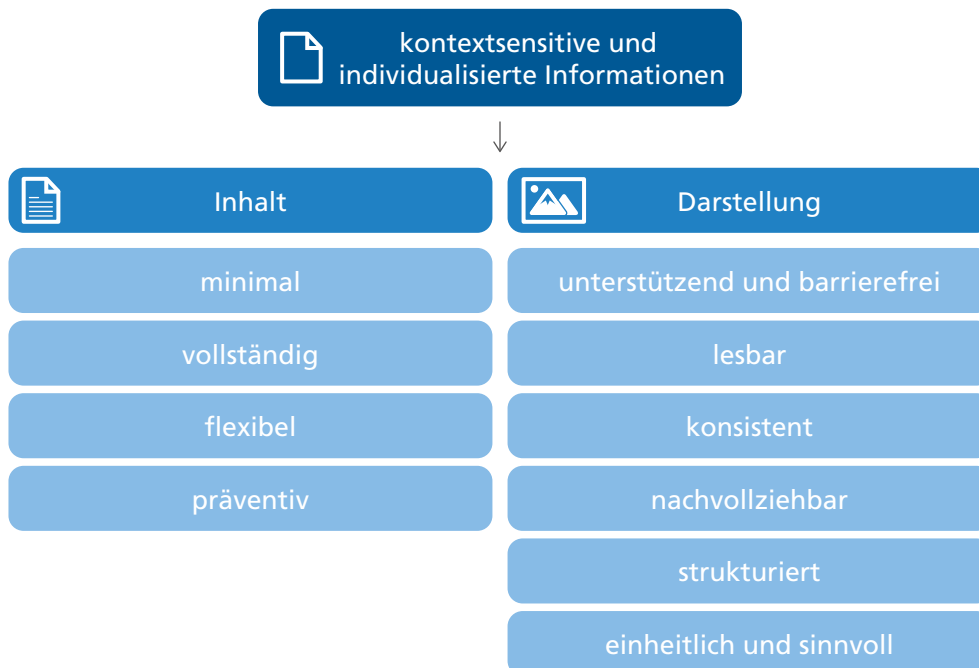


Abbildung 3: Ergonomie-Checkliste, die im Innovationslabor entwickelt wurde und die zehn Kernfaktoren der Dialoggestaltung formuliert

Die definierten Kernfaktoren lassen sich nach Inhalt und Darstellung differenzieren. Bezüglich des Inhaltes ergeben sich vier Anforderungen, die es bei der Zusammenstellung der darzustellenden **Inhalte** zu berücksichtigen gilt. Einen Kernaspekt bildet hierbei die Minimierung der vorhandenen Informationen auf den Notwendigen Umfang. So ist es elementar, dass die bereitgestellten Inhalte sich auf den Umfang reduzieren, der im jeweiligen Prozessschritt benötigt wird. Zu viele Informationen können dazu führen, dass relevante Informationen übersehen werden, oder dass die Arbeitskraft sich durch die Fülle an Informationen überfordert fühlt. Dies kann wiederum auch zu vermehrten Fehlern im Prozessablauf oder einer Reduzierung der Ausführungsgeschwindigkeit führen. Auf der anderen Seite sollen dargestellte Informationen vollständig sein und dürfen keine wichtigen Aspekte auslassen. Fehlende Informationen können, genauso wie ihr übermäßiger Einsatz, zu Frust, Fehlern und Verzögerungen führen. Die Menge an bereitgestellten Informationen sollte zudem immer flexibel dem jeweiligen Bedürfnis der individuellen Arbeitskraft angepasst sein. Während erfahrene Beschäftigte wenige Informationen zum Prozessablauf benötigen, steigt dieser Bedarf, sobald Beschäftigte weniger Erfahrung vorweisen können. Ein wichtiger Einflussfaktor in diesem Aspekt bilden das explizite wie auch das implizite Erfahrungswissen der Beschäftigten. Je ausgeprägter dieses Wissen ist, desto weniger Unterstützung benötigt die jeweilige Arbeitskraft. Neben den reinen Prozessinformationen ist es ebenfalls erforderlich, dass bereitgestellte Informationen präventiv hinsichtlich möglicher oder erkannter Fehler auftreten. Dies bedeutet, dass Beschäftigte auf mögliche Fehlerfälle hingewiesen werden, solange diese noch korrigiert werden können.

Die Kernfaktoren der **Darstellung** definieren die Anforderungen an eine adäquate Bereitstellung der aufbereiteten Informationen. Auf der einen Seite sollten dargestellte Informationen in jedem Fall unterstützend und barrierefrei gestaltet sein. Der Einsatz von Farben sollte in dem Zuge reduziert und der Einsatz beschreibender Icons und Bilder erhöht werden. Eindeutige Bilder sind meist besser und schneller verständlich als entsprechende Texte. Wenn Texte verwendet werden, ist die Lesbarkeit zu beachten. Es sollte darüber hinaus eine Konsistenz zwischen dargestellten Informationen und der Realität hergestellt werden. Je mehr sich die Darstellung an bekannten, realen Szenarien und Parametern orientiert, desto besser ist das Verständnis auf Seiten der Nutzenden. Weitere wichtige Aspekte der Darstellung sind deren Nachvollziehbarkeit und Struktur. Informationsdarstellungen sollten immer gleichen Strukturen folgen und hierbei einen roten Faden abbilden. Zusammengehörige Informationen sollten auch entsprechend visuell gruppiert werden, sodass Zusammenhänge direkt erkannt und nachvollzogen werden können. Die Einheitlichkeit umfasst die Anforderung, Schriften, Schriftgrößen sowie auch Maßeinheiten durchgehend in einem einheitlichen Stil darzustellen, was z. B. die Lesbarkeit erhöht und somit die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit erhöht. Alle Stilelemente sollten hierbei sinnvoll eingesetzt werden, um die inhaltliche Verständlichkeit zu gewährleisten.

## Technologische Ausprägungen von Assistenzsystemen

Die konkrete technologische Ausprägung eines Assistenzsystems hängt von verschiedenen Faktoren ab, die durch die jeweiligen Einsatzszenarien definiert werden. Hierbei lassen sich diese Systeme grundsätzlich in zwei Gruppen – die mobilen und die stationären Assistenzsysteme – unterteilen. Wie sich diese beiden Gruppen differenzieren lassen und in welchen Szenarien sie zum Einsatz kommen, wird in den folgenden Abschnitten beschrieben. Eine Klassifikationsmöglichkeit bietet die Unterteilung hinsichtlich der Technologieart in optische, akustische und haptische Assistenzsysteme (Minow & Böckelmann 2018). Zu den optischen Systemen zählen z. B. Head Mounted Displays (HMD), zu den akustischen Systemen Headsets und zu den haptischen Systemen z. B. Sensorarmbänder. Des Weiteren können Assistenzsysteme hinsichtlich ihrer Anwendungsmobilität (stationär versus portabel) unterschieden werden (Minow & Böckelmann 2018).

### MOBILE ASSISTENZSYSTEME

Bei mobilen Assistenzsystemen handelt es sich laut Niehaus (2017) um Systeme oder Einrichtungen, die durch die Mitarbeitenden am Körper oder körpernah getragen werden. Dazu gehören neben Smartphones, Tablets und Handscannern insbesondere auch Datenbrillen sowie Head-Mounted-Displays wie auch Smartwatches (Niehaus 2017; Mättig und Kretschmer 2020). Auch die verbreiteten Pick-by-Voice-Systeme lassen sich dieser Kategorie zuordnen. Vorteil dieser Systeme ist deren Flexibilität und die daraus resultierende Möglichkeit, zu jeder Zeit und an jedem Ort kontextsensitive Informationen erhalten zu können. Mobile Assistenzsysteme sind in der Regel nicht auf einen Prozess oder Aufgabenbereich beschränkt und lassen sich vielfältig einsetzen. So lassen sich über Smartphones und Datenbrillen sowohl Kommissionierdaten eines Auftrags als auch Wartungsanleitungen einer Maschine darstellen. Nachteil mobiler Assistenzsysteme sind häufig ergonomische Aspekte. So müssen Handhelds und Smartphones meist in der Hand gehalten werden, um sie zu nutzen, was zu Einschränkungen in der Prozessausführung (z. B. bei Greifprozessen) führen kann. Voice-Systeme erlauben die Bedienung mit freien Händen, schotten die Beschäftigten jedoch akustisch nach außen ab, was zu einer höheren Belastung oder einer Gefährdung der Arbeitssicherheit führen kann. Auch gilt die akustische Bereitstellung von Informationen als langsamer – Anweisungen müssen bis zum Ende angehört werden – und fehleranfälliger – wurde eine Anweisung nicht verstanden, muss diese wiederholt werden – als dies bei der visuellen Bereitstellung der Fall ist. Smartwatches bieten durch ihre geringe Displayfläche nur eine



begrenzten Informationsumfang an, lassen sich jedoch gut mit weiteren stationären oder mobilen Assistenzsystemen kombinieren (Jaschinski-Schürmann 2018). Datenbrillen erlauben zwar freie Hände bei der Prozessausführung, können aber u. a. zu visuellen Beschwerden sowie Kopfschmerzen und Verspannungen der Hals- und Schultermuskulatur führen. Auch die psychische Belastung des Einsatzes von Datenbrillen wurde in Studien bereits höher bewertet, die bei mehrmaligem Gebrauch jedoch abzunehmen scheint (BAuA 2016, Kirchhoff & Adolph 2018).

Datenbrillen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen, die jeweils in unterschiedlichen Szenarien eingesetzt werden können. Auf der einen Seite stehen die Assisted Reality-Brillen, die dynamisch Informationen im Sichtfeld der Arbeitskraft über ein kleines Display bereitstellen. Diese Brillen werden aktuell meist im Bereich der manuellen Kommissionierung als Pick-by-Vision-System eingesetzt. Auf der anderen Seite lassen sich die Augmented Reality-Brillen nennen, die über zwei halbtransparente Displays perspektivische Objekte und Informationen in die Realität der Arbeitskraft einbetten können. Solche Lösungen werden z. B. im Bereich der Wartung und Instandhaltung eingesetzt, in denen perspektivisch korrekte Darstellungen von Vorgängen benötigt werden.

## STATIONÄRE ASSISTENZSYSTEME

Anders als die mobilen Assistenzsysteme, zeichnen sich stationäre Assistenzsysteme durch ihre feste örtliche bzw. technische Verknüpfung aus. So sind stationäre Assistenzsysteme meist mit einem Arbeitsplatz oder einem beweglichen Arbeitsgerät verbunden. Während mobile Assistenzsysteme mit der Anzahl der Nutzer skalieren, ist die Anzahl der stationären Assistenzsysteme an die Menge an Arbeitsplätzen oder Arbeitsgeräte gekoppelt. Über eine Anbringung an ein bewegliches Arbeitsgerät, kann auch der Ort stationärer Assistenzsysteme verändert werden. Nachteil dieser Systeme ist die geringe Flexibilität, die aus deren festen Anbringung resultiert. Stationäre Assistenzsysteme können nur an dem Arbeitsplatz oder dem Arbeitsgerät verwendet werden und sind in dem Zuge auch meist an bestimmte Anwendungsszenarien gekoppelt. Der Vorteil hierbei ist, dass stationäre Assistenzsysteme speziell an bestimmte Prozessabläufe angepasst sind und sowohl ergonomisch als auch prozesstechnisch für die jeweiligen Bedarfe optimiert wurden. Ein prominentes Beispiel stationärer Assistenzsysteme sind Pick-By- bzw. Put-to-Light-Systeme, die durch fest installierte Leuchteinheiten bzw. Displays und Knöpfen die Interaktion mit der kommissionierenden Arbeitskraft unmittelbar am Entnahmeort ermöglichen (Schäfer et al. 2018). Im Unterschied zu mobilen Assistenzsystemen in der Kommissionierung liegen die Investitionskosten dieser Systeme deutlich höher, da in den meisten Ausprägungen jedes Regalfach ausgestattet und verkabelt werden muss.

## ASSISTENZSYSTEME IN UNTERSCHIEDLICHEN LOGISTISCHEN SZENARIEN

Assistenzsysteme im intralogistischen Umfeld fokussieren nach aktuellem Stand mehrheitlich Handhelds und Terminals zum Scannen von Sendungen und Artikeln, für Staplerleitsysteme sowie den Datenaustausch zwischen Mitarbeitern auf der Fläche und Warenwirtschaftssystemen, in denen die entsprechenden Aufträge verwaltet werden. Weitergehende Assistenzsysteme, die über die Bereitstellung von Daten des Warenwirtschaftssystems hinaus gehen, finden sich vermehrt im Bereich der Kommissionierung sowie auch im Wareneingang. Im Wareneingang werden beispielsweise Assistenzsysteme eingesetzt, um mit Hilfe von Kameras und Waagen die Wareneingangskontrolle durchführen zu können. So lässt sich schon am Beginn des intralogistischen Prozesses erkennen, ob falsche oder beschädigte Ware geliefert wurde.

Innerhalb des Innovationslabors wurden die Prozesse der Verpackung sowie der Kommissionierung detailliert analysiert, um spezialisierte Assistenzsysteme für diese Arbeitsbereiche zu entwickeln. In diesem Kontext wurden jeweils zwei spezialisierte Assistenzsysteme entwickelt und in Form von Demonstratoren umgesetzt. Die betrachteten Prozesse sowie die entwickelten Assistenzsysteme werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

## ASSISTENZSYSTEME IN DER VERPACKUNG

Die Verpackung von Sendungen im Online-Handel erfordert von den Beschäftigten, dass die richtigen Artikel optimal in einer minimal dimensionierten Versandkartonage verbracht werden. Die hierfür benötigten Packschemata lassen sich durch existierende Software, basierend auf bestehenden Stammdaten der zu versendenden Artikeln, berechnen. Die Bereitstellung einer Packanleitung für die Arbeitskraft, die Schritt für Schritt durch den Verpackungsprozess führt, stellt bestehende Systeme jedoch vor große Herausforderungen. Existierende Lösungen setzen meist auf eine perspektivische Visualisierung einzelner Verpackungsschritte in Papierform oder über einen Bildschirm (Heck und Gesing 2019). Die Bereitstellung von Platzierungsinformationen auf einem zweidimensionalen Darstellungsmedium kann jedoch zu Problemen bei der Überführung dieser Arbeitsanweisungen in die Realität führen. So erfordert diese Art der Darstellung, dass die Arbeitskraft die Informationen in die Realität überträgt. Bei diesem Prozess können Fehler entstehen, die zu einer fehlerhaften Umsetzung des Packschemas führen können. Auch der wechselnde Fokuswechsel zwischen Darstellungsmedium und Versandkartonage verursacht einen hohen mentalen Aufwand.

Durch den Einsatz eines Assistenzsystems in der Verpackung lassen sich sowohl direkte als auch indirekte Optimierungen erzielen. Zu den direkten Effekten gehören die

Volumenoptimierung der Verpackung, die Verringerung der Verpackungszeit sowie eine Reduktion des eingesetzten Verpackungsmaterials. Die indirekten Effekte umfassen eine Reduktion an Transportschäden sowie die Reduktion der Emissionen des Transports durch eine Verringerung des benötigten Laderaumvolumens.

#### »ARPACK« – VERPACKEN MIT AUGMENTED REALITY

Aufgrund der bestehenden Problemstellung in der Verpackung wurde im Innovationslabor eine mobile Lösung entwickelt, welche die visuelle Distanz zwischen bereitgestellten Informationen und der Realität reduziert, um den mentalen Aufwand der Informationsaufnahme sowie die Fehleranfälligkeit dieses Prozesses zu minimieren. Eine Technologie, die es erlaubt, beliebige Informationen unmittelbar im Sichtfeld des Nutzers bzw. direkt in den Aktionsbereich einzublenden, lässt sich dem Bereich der Augmented Reality (AR) zuordnen. Im Projekt wurde eine Lösung entwickelt, die adaptiv Packanweisungen direkt im Sichtfeld des Benutzers und in der Versandkartonage darstellt. Zu verpackende Artikel erscheinen in diesem Zuge unmittelbar als virtuelles Hologramm an der Stelle, an der der reale Artikel platziert werden soll. Durch die hohe Konsistenz zwischen virtueller Abbildung und der realen Umgebung sollte die intuitive Nachvollziehbarkeit der bereitgestellten Informationen unterstützt werden. Darüber hinaus wurde durch einen weitgehenden Verzicht auf textuelle Informationen die Sprachbarriere reduziert.



Abbildung 4:  
Unterstützung des  
Verpackungsprozesses  
durch Augmented  
Reality und Daten-  
brillen

### »PASST« – INTUITIVES VERPACKEN MIT GERINGEM AUFWAND

Die Bereitstellung von Verpackungsanweisungen über AR und den Einsatz von Datenbrillen ist technisch aufwändig und aktuell noch an eine Reihe an Limitationen geknüpft. So schränkt die eingesetzte Datenbrille der vorgestellten Lösung das Sichtfeld des Nutzers stark ein und die Akkulaufzeit erlaubt keinen Einsatz über eine gesamte Schicht hinweg. Aufgrund dessen wurde im Innovationslabor eine alternative Lösung entwickelt, die als stationäres Assistenzsystem gezielte Informationen zur Platzierung von Artikeln in einer Versandkartonage bereitstellen kann (Mättig et al. 2019). Kernelement dieses Assistenzsystems sind zwei LED-Streifen, die – eingebettet in den Arbeitsplatz – unterhalb und links von der Kartonage angebracht wurden. Durch selektive Aktivierung der Leuchtstreifen auf den beiden Achsen der Kartonage lassen sich visuell und intuitiv Packanleitungen darstellen. Durch den Einsatz verschiedener Farben sowie eine ergänzende Informationsbereitstellung über einen Bildschirm lässt sich der gesamte Verpackungsprozess mit einem minimalen Informationsumfang umsetzen.



Abbildung 5:  
Lichtgestützte  
Verpackungsunter-  
stützung durch das  
»passt«-System

### ASSISTENZSYSTEME IN DER KOMMISSIONIERUNG

Ähnlich wie bei der Verpackung, ist auch die Kommissionierung meist geprägt von manuellen Prozessabläufen. Insbesondere in Prozessen der Person-zur-Ware Kommissionierung nimmt die Arbeitskraft eine zentrale Position ein. Beschäftigte in der Kommissionierung stellen Aufträge durch manuelles Auslagern im Fachbodenregal zusammen. Um diesen Prozess ausführen zu können, benötigen Beschäftigte in der Kommissionierung Entnahmeanforderungen – also Informationen zu Artikeln, Anzahl und Entnahmestellen, die über Assistenzsysteme oder Picklisten bereitgestellt werden können. Ziel dieser Bereitstellung ist eine Maximierung der Kommissionierleistung und die Minimierung etwaiger Kommissionierfehler. Um dies zu erreichen, werden in der manuellen Kommissionierung Assistenzsysteme eingesetzt, die eine Routenoptimierung sowie eine Verringerung der Suchzeiten ermöglichen. Am Markt existieren verschiedene Lösungen, durch die die Arbeitskräfte durch den Prozess geleitet werden. Von stationären Pick-by-Light-Systemen bis zu mobilen Pick-by-Voice oder Pick-by-Vision-Systemen kommen unterschiedliche Assistenzsysteme zum Einsatz.

Im Innovationslabor wurden zwei Assistenzsysteme für die Kommissionierung entwickelt, die nicht in der Hand gehalten oder am Körper getragen werden müssen. Auf der anderen Seite sind beide Systeme darauf ausgelegt, flexibel und mit geringen Investitionskosten in bestehende Prozessstrukturen integriert zu werden. In beiden Fällen handelt es sich um stationäre – also fest verbaute – Assistenzsysteme, die durch die Anbringung auf einem Fahrzeug flexibler sind, als existierende Systeme, die an die jeweiligen Lagerfächer gebunden sind.

### »LASERPICK« – KOMMISSIONIEREN MIT LASERPROJEKTION

Neben dem Einsatz von Bildschirmen und Leuchtmitteln zur visuellen Informationsbereitstellung existieren auch Lösungen, die Projektionstechnologien einsetzen, um Beschäftigten kontextsensitiv im Prozessablauf zu assistieren (Schäfer et al. 2018). Während Bildschirme Informationen getrennt von den betreffenden realen Umgebungen darstellen – Nutzende müssen den Blick zwischen dem Bildschirm und dem realen Szenario wechseln – lassen sich Projektionen, ähnlich wie bei AR, unmittelbar auf die betreffenden Objekte darstellen. Dieses Prinzip greift das im Innovationslabor entwickelte Assistenzsystem »LaserPick« auf, indem ein Laserprojektor auf einem Kommissionierwagen montiert wird, der sowohl den Suchprozess als auch den eigentlichen Entnahmeprozess durch gezielte Informationsanzeigen unterstützt. Umgesetzt wird dies, indem sich der Projektor über eine Kamera und im Raum angebrachte visuelle Marker lokalisiert und kontextsensitiv Navigationsinformationen auf den Boden neben dem Kommissionierwagen und Entnahmeinformationen auf die jeweiligen Regalfächer projiziert.



Abbildung 6:  
Laserprojektion zur  
Unterstützung des  
Kommissionierpro-  
zesses



Abbildung 7:  
Entnahmeinforma-  
tionen werden  
unmittelbar auf das  
Regal projiziert

### »MIKA« – LINEARGEFÜHRTER KOMMISSIONIERASSISTENT

Einen anderen Ansatz verfolgt das zweite im Innovationslabor entwickelte Assistenzsystem für die Kommissionierung. Über eine fest installierte Linearführung am Fachbodenregal verfahren Shuttles, die mit einem Display ausgestattet sowohl den Suchprozess als auch die Entnahme begleiten. Erreicht die kommissionierende Arbeitskraft das Fachbodenregal erfolgt die Anmeldung an einem Shuttle per Gesichtserkennung. Unmittelbar nach der Anmeldung wird der Arbeitskraft der aktuelle Kommissionierauftrag auf dem Display angezeigt. Sobald ein Auftrag ausgewählt und gestartet wurde, fährt das Shuttle entlang der Linearführung zum Entnahmeort und zeigt dort über das Display den zu entnehmenden Artikel sowie die entsprechende Anzahl an. Über einen Hands scanner kann die Arbeitskraft die Entnahme quittieren und wird daraufhin zum nächsten Entnahmeort geführt. Bei einem Gangwechsel verbleibt das Shuttle im Gang und überträgt den Auftrag an das nächste Shuttle im darauffolgenden Gang.



Abbildung 8:  
Individuelle  
Unterstützung im  
Kommissionierprozess  
durch den persön-  
lichen Assistenten  
»mika«

## Wissenschaftliche Bewertung von Assistenzsystemen

Um den Nutzen und die Eignung eines Assistenzsystems wissenschaftlich bewerten zu können, lassen sich unterschiedliche Bewertungskriterien anwenden, die schwerpunktmäßig in den Bereichen der Prozessleistung sowie der kognitiven Ergonomie angesiedelt sind. Bewertet werden in diesem Zusammenhang sowohl objektive als auch subjektive Kriterien, die in Labor- oder Feldstudien ermittelt werden können.

Im Innovationslabor wurden mehrere Studien durchgeführt, in denen die digitalen Assistenzsysteme der Verpackung miteinander verglichen und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit sowie der kognitiven Ergonomie bewertet wurden (Kretschmer et al. 2018; Kretschmer und Spee 2018). Neben einer Reihe von Vorstudien wurden in einer finalen Laborstudie die beiden Verpackungsassistenten »ARpack« und »passt« mit einer konventionellen Packliste verglichen (Mättig und Kretschmer 2019). Neben der objektiv messbaren Packleistung wurden subjektive Aspekte der kognitiven Ergonomie untersucht.

Innerhalb der durchgeführten Laborstudie bestand die Aufgabe der teilnehmenden Personen darin, innerhalb eines Zeitfensters von zehn Minuten so viele Aufträge wie möglich zu verpacken. Jeder Verpackungsauftrag bestand durchschnittlich aus 15 Artikeln und bis zu acht unterschiedlichen Verpackungsgrößen. Rahmenbedingung dieser Aufgabe war, alle Artikel in die vorgegebene Kartonage zu verpacken, ohne dass Artikel beschädigt werden oder ein Überstand entsteht. Dieser Ablauf wurde sowohl für die beiden Assistenzsysteme als auch für die herkömmliche Packliste durchgeführt.

Im Verlauf der Studie wurden bei jedem Durchgang objektive Messwerte erfasst, über die die Verpackungsleistung mit dem jeweiligen Assistenzsystem bzw. der Packliste ermittelt werden. Zu diesen Messwerten gehörten die Fehlerquote, das Einhalten des zur Verfügung stehenden Packmittelvolumens sowie die Prozesszeit je Auftrag. Wurden falsche Artikel gegriffen oder – beim Einsatz eines Assistenzsystems – Artikel falsch platziert, wurde ein Fehler gezählt. Die Volumenvorgabe wurde nur dann als erfüllt gewertet, wenn der fertig verpackte Auftrag keinen Überstand vorweisen konnte – sich die Versandkartonage also problemlos schließen ließ. Die Prozesszeit wurde berechnet, indem die zur Verfügung stehende Zeit von zehn Minuten durch die Anzahl verpackter Aufträge geteilt wurde. Aufträge mit Überstand wurden als fehlerhafte Ausführung gewertet und flossen in die abschließende Bewertung ein.



Werden Fehler und Überstände außen vor gelassen, erlangen die Packliste sowie das »ARpack«-System die beste Verpackungsleistung. So konnten innerhalb der zehn Minuten mit Packliste im Schnitt 3,69 und mit »ARpack« 3,82 Aufträge verpackt werden. Das »passt«-System erreichte eine Packleistung von durchschnittlich 3,41 Aufträgen innerhalb des betrachteten Zeitraumes. Sobald Fehler und Überstände berücksichtigt werden, zeigt sich, dass die Packliste – also das Fehlen spezifischer Angaben zur Platzierung – eine deutlich geringere Prozessqualität vorweisen kann. Werden Aufträge mit Überstand als ungültig deklariert, sinkt die Packleistung in diesem Fall auf einen Durchschnittswert von 1,88 Aufträgen in zehn Minuten. Aufgrund der exakten Vorgaben der Assistenzsysteme konnten in diesen Fällen keine Überstände festgestellt werden. Bei dem Einsatz der Assistenzsysteme konnten 82 Prozent der Aufträge vollständig fehlerfrei verpackt werden. Bei Verwendung der Packliste konnten nur 57 Prozent der Aufträge fehlerfrei verpackt werden.

Neben den objektiven Messwerten für die Erfassung der Packleistung wurden in der beschriebenen Studie subjektive Befragungen zur Ermittlung verschiedener Parameter der kognitiven Ergonomie durchgeführt. Für diese Erfassung kamen verschiedene Fragebögen zum Einsatz, die wissenschaftlich anerkannte Erkenntnisse zur Ergonomie sowie der Eignung von Assistenzsystemen erlauben. Zum Einsatz kamen der NASA Task Load Index, der System Usability Scale sowie der User Experience Questionnaire. Alle drei Fragebögen wurden den Teilnehmenden, im Anschluss an die drei Durchläufe mit allen Varianten der Informationsbereitstellung, vorgelegt.

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Laborstudie lässt sich ableiten, dass beide Assistenzsysteme eine ergonomische Alternative zu der konventionellen Packliste darstellen. Insbesondere die Arbeitsbeanspruchung fiel bei den beiden Assistenzsystemen signifikant geringer aus als bei der Packliste. Daraus lässt sich schließen, dass die Gefahr der Überforderung des Mitarbeitenden eher gegeben ist, als dies bei unterstützenden Assistenzsystemen der Fall ist. Unter Berücksichtigung der einzelnen Beanspruchungsarten zeigen bei der Packliste besonders die mentale sowie die zeitliche Anforderung eine höhere Belastung bei der Packliste. Auch die gefühlte Frustration und die Anstrengung wurde bei dem Einsatz einer Packliste höher bewertet. Dies geht einher mit dem subjektiven Empfinden der Probandinnen und Probanden, ohne Verwendung der Assistenzsysteme schlechtere Ergebnisse zu erzielen. Zwischen den beiden Assistenzsystemen konnten nur wenige signifikante Unterschiede identifiziert werden. So empfanden die Teilnehmenden bei der Nutzung des »ARpack«-Systems einen größeren Zeitdruck als bei der Verwendung des »passt«-Systems. Auch die Benutzerfreundlichkeit des »passt«-Systems erhielt von den Teilnehmenden eine bessere Beurteilung als dies bei dem »ARpack«-System der Fall war.

## Zusammenfassung der Potenziale von Assistenzsystemen in operativen Prozessen der Logistik

Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Studie zeigt sich, dass digitale Assistenzsysteme dazu beitragen können, Prozessabläufe und die Interaktion mit digitalen Systemumgebungen – dies beinhaltet insbesondere die Bereitstellung digital vorgehaltener Daten – messbar zu verbessern. Während die reine Prozessgeschwindigkeit sich durch den Einsatz von Assistenzsystemen nicht immer verbessern lässt, kann insbesondere die Prozessqualität verbessert werden. Auch für die Beschäftigten lassen sich Verbesserungen erzielen, die einen nachhaltigen Einfluss auf deren Wohlbefinden sowie die Ausführungsqualität hat. Dies führt dazu, dass digitale Systeme durch die Beschäftigten eher akzeptiert werden und indirekt die Digitalisierung im Unternehmen unterstützen.

Darüber hinaus ist bei dem Einsatz von Assistenzsystemen darauf zu achten, dass Beschäftigte, je nach individuellem Erfahrungsgrad, unterschiedliche Bedürfnisse an Unterstützung im Prozess vorweisen. Benötigt eine unerfahrene Arbeitskraft genaue Vorgaben zum Prozessablauf, kann ein hoher Unterstützungsgrad bei erfahrenen Beschäftigten die Akzeptanz sogar verschlechtern. Daher ist es notwendig, dass sich der Grad der Unterstützung an den Bedarf der jeweiligen Arbeitskraft anpasst.

## LITERATUR

Abel, Jörg; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter: Einfacharbeit in der Industrie. Berlin: Edition Sigma, 2014

BAuA: Head-Mounted Displays – Arbeitshilfen der Zukunft: Bedingungen für den sicheren und ergonomischen Einsatz monokularer Systeme / Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund, 2016. – Forschungsbericht

Bitkom: Industrie 4.0 – jetzt mit KI. Hannover, 2019.

Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Berufen (KldB 2010) (Quartalszahlen). Nürnberg, 2020

Cohen, M. A., Horowitz, T. S., Wolfe, J. M. (2009). Auditory recognition memory is inferior to visual recognition memory. PNAS 106 (14), 6008-6010. <https://doi.org/10.1073/pnas.0811884106>

Darius, S; Böckelmann, I (2018) Subjektive Beanspruchung bei der Arbeit mit neuen Informationstechnologien. In: Kretschmer, V. & Spee, D. (2018). Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0. München: Huss-Verlag, S. 73-77

Davis, F D.: A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results, Massachusetts Institute of Technology, Diss., 1986

Grosse, E.H.; Glock, C.H.; Neumann, W.P. (2017): Human factors in order picking: A content analysis of the literature. In: International Journal of Production Research 55(5), S. 1260-1276. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1186296>

Heck, Michel; Gesing, Ben: Rethinking Packaging – A DHL perspective on the future of packaging in the logistics industry / DHL Customer Solutions & Innovation. Troisdorf, 2019. – Forschungsbericht

Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Digitalisierung und Einfacharbeit. Bonn, 2016

Jaschinski-Schürmann, B. (2018) Pick-by-Watch: Eine smarte und innovative Kommissioniermethode. In: Kretschmer, V. & Spee, D. (2018). Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0. München: Huss-Verlag, S. 129-135

Kirchhoff, B.; Adolph, L. (2018). Head-Mounted Displays in der Logistik. In: Kretschmer, V. & Spee, D. (2018). Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0. München: Huss-Verlag, S. 78-81

Kretschmer, V.; Schier, A.; Mättig, B. Digitale Assistenten für die Verpackungslogistik – Studie zur Kognitiven Ergonomie unterschiedlicher digitaler Packanleitungen. In: wt Werkstattstechnik online 108 (2018), Nr.7/8, S. 549-554

Kreutzfeldt, M., Renker, J., & Rinkeauer, G. (2019). The Attentional Perspective on Smart Devices: Empirical Evidence for Device-Specific Cognitive Ergonomics. In F. Rebelo & M. Soares (Eds.), *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 3-13). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8_1).

Mättig B., Kretschmer V.: Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Logistik 4.0. In: ten Hompel M., Vogel-Heuser B., Bauernhansl T. (Hrsg.) *Handbuch Industrie 4.0*. Springer Reference Technik. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6\\_114](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6_114)

Mättig, B.; Kretschmer, V.: Smart Packaging in Intralogistics: An Evaluation Study of Human-Technology Interaction. In: *Applying New Collaboration Technologies*. In: 42nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2019. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2019.091>

Mättig, B.; Hering, F.; Doeltgen, M. (2019). Development of an Intuitive, Visual Packaging Assistant. In: *Advances in Human Factors and Systems Interaction*, S.19-25

Minow, A.; Böckelmann, I. (2018). Beanspruchungsindikatoren mit neuen digitalen Assistenztechnologien. In: Kretschmer, V. & Spee, D. (2018). *Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0*. München: Huss-Verlag, S. 106-113

Niehaus, Jonathan: *Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0 – Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle*. Düsseldorf, 2017

Schäfer, S.; Müller, G.; Sorg, J. (2018). Einsatz von Put-to-Light-Technik zur Optimierung der Kommissionierprozesse. In: Kretschmer, V. & Spee, D. (2018). *Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0*. München: Huss-Verlag, S. 122-128

Venkatesh, Viswanath; Bala, Hillol: Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. In: *Decision Sciences* 39 (2008), S. 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>

