Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Trends in logistischen Prozessen 2

3. Bedeutung des Faktors Mensch 3

3.1 Ergonomische Grundsätze zur psychischen Arbeitsbelastung (DIN ISO 10075) .. 4

3.2 Kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Beschäftigung 6

4. Implikationen für Logistik-Prozesse 6

4.1 Implikationen für Augmented Reality 6

4.2 Implikationen für bionisches Enhancement 8

4.3 Auswirkungen auf Robotik und Automatisierung 9

4.4 Implikationen für selbstfahrende Fahrzeuge 10

5. Fazit 10

6. Literaturverzeichnis 12

1. Einleitung

Digitalisierungs- und Automatisierungsentwicklungen sind ein wichtiger Trend in Logistik- und Transportprozessen, der in der Regel mit vielen Erwartungen in Bezug auf Kostensenkung sowie ökologische und soziale (z. B. Arbeitsbedingungen, Sicherheit) Verbesserungen verbunden ist (vgl. Caballini et al., 2016, S. 38). Im Straßenverkehr beispielsweise, einem der wichtigsten Prozesse in globalen Lieferketten und einem riesigen Beschäftigungssektor, wird das autonome Fahren voraussichtlich eine Revolution der Effektivität in wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Hinsicht bewirken (vgl. Bazilinskyy und de Winter, 2017, S, 56). Obwohl die beteiligten Personen - z.B. Lkw-Fahrer - offensichtlich stark betroffen sind, vernachlässigt die Forschung und Unternehmensentwicklung den "menschlichen Faktor" innerhalb solcher Entwicklungen weitgehend, meist werden technische und wirtschaftliche Aspekte in Publikationen sowie Projekten behandelt (vgl. Klumpp, 2017a, S. 583). Dies steht im Zusammenhang mit dem Konzept eines ausgewogenen Triple-Bottom-Line-Ansatzes für Spediteure und Logistikdienstleister (vgl. Klumpp, 2017b, S. 842) sowie einer zukünftigen Bedeutung insbesondere sozialer und sicherheitsrelevanter Dimensionen im Straßenverkehr (vgl. Anund et al., 2017, S. 31), auch als "Faktor Mensch" bezeichnet. Damit verbunden sind wiederum Fragen z.B. des weiteren Logistikmanagements und der Fahrerschulung (z.B. Todorova et al., 2016, S. 1494) sowie eine weitere Berechnung von Nachhaltigkeitsverbesserungen gegenüber der aktuellen Situation (Emissions- und Reduktionssimulationen auf Basis bestehender Modelle, Zhang et al., 2016, S. 661; Valverde et al., 2016, S. 672). Dies entspricht auch der Kernaufgabe der Logistik im Hinblick auf Wettbewerbsvorteile der Supply Chain Akteure (vgl. Kasarda, 2017, S. 1). Die Forschungsfrage in Bezug auf Digitalisierungsanwendungen lautet daher: RQ: Wie kann eine ökonomisch, ökologisch und sozial tragfähige Einbindung und Vorbereitung von Arbeitskräften im Rahmen der zu erwartenden Digitalisierung von Logistikprozessen in Zukunft erreicht werden?

Diese Analyse steht im Zusammenhang mit Entwicklungen in Bezug auf die Digitalisierung und das physische Internet sowie mit Industrie 4.0-Konzepten, bei denen z. B. Big-Data-Anwendungen im Mittelpunkt stehen (vgl. Montreuil, 2011, S. 73).

Daher befasst sich die vorliegende Arbeit mit dieser Thematik und zielt darauf ab die folgende Forschungsfrage zu beantworten: „Wie wirkt sich die Digitalisierung auf die Beschäftigung in der Logistik aus, und wie verschieben sich dadurch Angebot und Nachfrage von Fach- und Führungskräften?“.

2. Trends in logistischen Prozessen

Die Digitalisierung wird durch den technologischen Fortschritt in drei verschiedenen Bereichen vorangetrieben. Erstens gibt es den Bereich "IT und Software", der Cloud-Technologien, mobile Anwendungen, Big-Data-Technologien und künstliche Intelligenz umfasst. Der zweite Teil ist die "Roboter- und Sensortechnik" und der dritte Teil beinhaltet die "Vernetzung", also cyber-physische Systeme für das Internet der Dinge und Industrie 4.0 (vgl. BMWi et al., 2017, S. 5; Zijm und Klumpp, 2016, S. 2). Dies bildet die Grundlage für aktuelle Trends in Logistikprozessen.

In einer aktuellen Studie, die Trends im Bereich Logistik und SCM analysiert, strukturierten die Autoren die Trends in die Kategorien "Geschäftsprozessmanagement", "Wettbewerbsvorteil", "strategisches Management" und "Netzwerkstruktur" (Zijm und Klumpp, 2017, S. 367). Die erste Kategorie Geschäftsprozessmanagement umfasst das Management von Aktivitäten mit dem Ziel der Bereitstellung von Output für Kundenanforderungen, z. B. Reverse Logistics, Tracking & Tracing und Inventar/Lager. Wettbewerbsvorteil beinhaltet alle Innovationen, die Unternehmen zu Vorteilen verhelfen, z.B. Informationstechnologie/Industrie 4.0, Nachhaltigkeit oder demografischer Wandel. Strategisches Management beschreibt das Bestreben, eine effiziente Ressourcenallokation zu erreichen, z.B. Humanressourcen, organisatorisches Lernen und Fähigkeiten/Kompetenzen. Die Netzwerkstruktur beinhaltet Informations- und Materialflüsse sowie Potenziale, die durch vertikale oder horizontale Zusammenarbeit entstehen, z. B. Kollaboration, Kooperation und Lieferkettenintegration (vgl. Zijm und Klumpp, 2017, S. 367).

Die Trends in der Logistik lassen sich weiter in "globale Trends", "Basistrends", "Kundentrends" und "Konjunkturtrends" unterteilen. Globale Trends sind zum Beispiel die zunehmende Integration des Welthandels (Globalisierung) oder die soziale Verantwortung der Unternehmen (CSR). Grundlegende Trends, d.h. technologische und organisatorische Entwicklungen, sind z.B. das physische Internet und Auto-ID-Technologien wie z.B. RFID. Kundentrends könnten spezielle Dienstleistungen, Flexibilität der Individualisierung, zum Beispiel Mass Customization, sein. Konjunkturelle Trends wie das BIP oder autonome Trends wie die Arbeitsbelastung durch internationale Wettbewerber oder Nachfragezyklen sind ebenfalls Faktoren, die logistische Aktivitäten beeinflussen (vgl. Klumpp et al., 2016, S. 4-11).

Der von DHL veröffentlichte Logistik-Trendradar unterscheidet zwischen "Social & Business Trends" einerseits und "Technology Trends" andererseits. Ein typisches Beispiel für soziale und geschäftliche Trends ist die "faire und verantwortungsvolle Logistik", d. h. Logistikunternehmen verbinden das wirtschaftliche Ziel, Einnahmen zu erzielen, mit dem sozialen Ziel, die Nachhaltigkeit zu erhöhen. Ein weiteres Beispiel ist die "On-Demand-Lieferung", die den Anforderungen der

Kunden in Bezug auf Lieferzeiten und -orte gerecht werden soll, d. h. die Lieferung ihrer Einkäufe zu jeder Zeit und an jedem Ort. Typische Beispiele für Technologietrends, die in dieser Publikation im Mittelpunkt stehen, sind "Augmented Reality", "Bionic Enhancement", "Robotik & Automation" und "Selbstfahrende Fahrzeuge". Augmented Reality liefert mit Hilfe von Heads-up-Displays, z. B. intelligenten Brillen, kontextbezogene Informationen für Arbeitnehmer zur richtigen Zeit und am richtigen Ort. Bionische Hilfsmittel, z. B. tragbare Technologien und Exoskelette, helfen den Arbeitnehmern, ihre physischen Grenzen zu erweitern und Gesundheits- und Sicherheitsrisiken zu verringern. Robotik und Automatisierung bieten ein breites Spektrum an Unterstützung bei manuellen Tätigkeiten. Selbstfahrende Fahrzeuge, z. B. autonome Gabelstapler oder fahrerlose Lkw, schaffen neue logistische Aspekte hinsichtlich Sicherheit, Effizienz und Qualität (vgl. DHL, 2016, S. 13-17; Zijm und Klumpp, 2016, S. 2).

3. Bedeutung des Faktors Mensch

Im Hinblick auf die oben genannten Trends in logistischen Prozessen ist es notwendig, dass Organisationen ihre Bildungssysteme überdenken, damit die Mitarbeiter mit neuen Technologien umgehen und im Kontext zukünftiger Konzepte wie dem physischen Internet oder cyber-physischen Systemen arbeiten können (vgl. Zijm und Klumpp, 2017, S. 367). Trotz der fortschreitenden Digitalisierung in allen Logistik- und Produktionsprozessen spielt der Faktor Mensch weiterhin eine wichtige Rolle (vgl. Becker, 2015, S. 25). Im Vergleich zu Maschinen ist der Mensch mit seinen kognitiven und sensomotorischen Fähigkeiten sowie seiner Kreativität, Erfahrung und Problemlösungskompetenz deutlich überlegen - und wird daher auch weiterhin in cyber-physischen Systemen benötigt (vgl. Günthner et al., 2014, S. 309). Darüber hinaus ist der Mensch der Maschine durch seine Assoziationsfähigkeit deutlich überlegen, so dass er leicht auf andere Aufgaben umgeschult werden kann und schnell auf Änderungen reagieren kann - eine Maschine kann nur das tun, wofür sie konstruiert wurde, aber sehr schnell und mit hoher Wiederholgenauigkeit (vgl. Schließmann, 2014, S. 454).

Für zukünftige Produktions- und Logistiksysteme muss jedoch entwickelt werden, auf welche Weise die Mensch-Maschine-Interaktion stattfindet. Der Mensch wird aber weiterhin für die Planung, Steuerung, Verwaltung und Disposition der Tätigkeiten zuständig sein. Sicherlich werden sich die Arbeitsinhalte, Arbeitsaufgaben, Arbeitsabläufe und die Umgebungsbedingungen ändern. Darüber hinaus werden sich die Anforderungen an die fachlichen, regionalen und zeitlichen Bedingungen für die Beschäftigten ändern. Insbesondere die Aspekte Komplexität, Abstraktion, Problemlösung, selbstgesteuertes Handeln, Kommunikation und Selbstorganisation werden sich in ihren Anforderungen an die Beschäftigten verändern (vgl. Becker, 2015, S. 25-27). Auf der einen Seite

wird es Arbeitsinhalte mit hohen technischen, technologischen, ökonomischen und IT-spezifischen Anforderungen geben und auf der anderen Seite Arbeit für gering qualifizierte Arbeitnehmer (vgl. Becker, 2015, S. 27; Tödter et al., 2015, S. 73). Die Hauptaufgaben werden sich von manuellen, körperlichen Arbeiten hin zu Überwachungstätigkeiten verändern. Das Problem ist, dass die meisten gering qualifizierten Arbeitnehmer nicht wissen, was im Falle von Störungen zu tun ist (vgl. Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 90). Um dieses Problem zu lösen, ist es notwendig, dass die Arbeitnehmer ein Qualifikationsprofil haben, das theoretisches Wissen mit praktischer Erfahrung verbindet (vgl. Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 90-91). Es kann davon ausgegangen werden, dass Arbeitsplätze mit geringen Qualifikationsanforderungen und einfachen, sich wiederholenden Arbeiten durch Maschinen ersetzt werden; außerdem könnten Aufgaben für hochqualifizierte Arbeitskräfte in dieser Form nicht mehr benötigt werden, da die Automatisierung von einfachen Maschinenhandhabungstätigkeiten, Materialanpassungen sowie einige Arten von Steuerungs- und Überwachungsfunktionen erfolgt (vgl. Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 91). Diese neuen Aufgaben könnten von weniger qualifizierten und billigeren Arbeitskräften anstelle von hochqualifizierten Arbeitskräften erledigt werden. Dennoch ist aufgrund der gestiegenen Komplexität und der IT-gestützten Dezentralisierung von Entscheidungs-, Steuerungs- und Koordinierungstätigkeiten auch ein Bedarf an höher qualifizierten Arbeitskräften zu erwarten (vgl. Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 91-92).
Internationale Norm für psychische Arbeitsbelastungen

3.1 Ergonomische Grundsätze zur psychischen Arbeitsbelastung (DIN ISO 10075)

Grundlage für das Instrument der Gefährdungsbeurteilung ist die Norm DIN ISO 10075 ("Gefährdungsbeurteilung"). Durch die Digitalisierung verändern sich die Anforderungsprofile an die Arbeitsplätze und die Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten und führen zu neuen Aspekten der psychischen Arbeitsbelastung. Der erste Teil dieser Norm (DIN ISO 10075-1:2015) legt allgemeine Konzepte, Begriffe und Definitionen für ergonomische Grundsätze in Bezug auf psychische Arbeitsbelastung fest (vgl. DIN, 2015, S. 1). Psychische Belastung kann aus jeder Tätigkeit resultieren, auch aus einer überwiegend körperlichen Tätigkeit, und wird als Folge von äußeren Einflüssen beschrieben, die den Menschen psychisch betreffen. Es ist möglich, dass psychische Belastungen positive und negative Auswirkungen auf den Menschen haben (vgl. DIN, 2015, S. 6). Unter dem Begriff "psychische Belastung" werden alle äußeren Einflüsse verstanden, die den Menschen oder Arbeitnehmer psychisch betreffen (vgl. DIN, 2015, S. 6). Psychische Belastungen umfassen in der Regel mehrere äußere Belastungsfaktoren, die in ihrer Kombination, nicht isoliert, auf den Menschen einwirken und zu kognitiven, informationellen und emotionalen Prozessen führen (vgl. DIN, 2015, S. 6). Diese Stressfaktoren lassen sich in vier verschiedene Bereiche einteilen (vgl.

DIN, 2015, S. 13): Die erste Kategorie "Aufgabenanforderungen" umfasst anhaltende Aufmerksamkeit (z. B. sehr lange Überwachung eines Bildschirms), Informationsverarbeitung (z. B. Umgang mit einer sehr hohen Anzahl von Informationen oder Umgang mit unvollständigen Informationen), Verantwortung (z. B. Verantwortung (z. B. für die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter verantwortlich sein), Dauer, zeitliches Muster und zeitliche Lage der Tätigkeit (z. B. Verteilung der Arbeitszeit, Ruhezeiten und Schichtarbeit), Aufgabeninhalt (z. B. das Berechnen, Planen, Ausführen und Auswerten von Arbeitsteilen) und Gefahr (z. B. Arbeiten unter Tage, Umgang mit explosiven oder gefährlichen Gütern, Arbeiten direkt an Autobahnen).

Die zweite Kategorie "Physikalische Bedingungen" umfasst Beleuchtung (z. B. sehr helles oder dunkles Licht, Blendung), klimatische Bedingungen (z. B. extreme Hitze oder Kälte, Luftfeuchtigkeit), Lärm (z. B. sehr laute Arbeitsbereiche), Wetter (z. B. Arbeiten im Freien bei extremem Regen, Sturm, Schnee oder extremer Sonneneinstrahlung) und Gerüche (z. B. intensive oder ekelerregende Düfte). Die dritte Kategorie "soziale und organisatorische Faktoren" umfasst die Art der Organisation (z.B. Organisationsstruktur, Hierarchie, Kommunikationspolitik), das Organisationsklima (z.B. zwischenmenschliche Beziehungen, Bedeutung des Faktors Mensch), Gruppenfaktoren (z.B. Größe der Arbeitsgruppen, Zusammenhalt), Führung (z.B. starke oder weniger kontrollierende Führung), Konflikte (z.B. zwischen Arbeitnehmern oder zwischen Führungskraft und Arbeitnehmern) und soziale Kontakte (z.B. viel Teamarbeit und Kontakte zu anderen oder isolierte Arbeitsplätze). Die vierte Kategorie "gesellschaftliche Faktoren" umfasst soziale Anforderungen (z. B. soziale Unternehmensverantwortung), kulturelle Standards (z. B. gute Arbeitsbedingungen) und die wirtschaftliche Situation (z. B. Arbeitsmarkt).

Psychischer Stress, der die menschliche Fähigkeit der Informationsverarbeitung übersteigt, führt direkt zu Fehlern in der menschlichen Leistung. In diesen Fällen erreicht die psychische Belastung ein Niveau, bei dem die Bewältigung von Aufgaben in der Regel unmöglich ist. Daher ist es notwendig, dass Mensch-Maschine-Schnittstellen in geeigneter Weise modelliert werden, um solche psychischen Belastungssituationen zu vermeiden (vgl. DIN, 2015, S. 7). Der Begriff psychische Belastung bezeichnet die unmittelbare Auswirkung psychischer Beanspruchung für jeden Menschen, die von individuellen Voraussetzungen abhängt (vgl. DIN, 2015, S. 9). Beispiele für individuelle Voraussetzungen können in vier Kategorien eingeteilt werden (vgl. DIN, 2015, S. 13): Beispiele für die erste Kategorie sind das Anspruchsniveau, das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, die Motivation, die Einstellung und der Bewältigungsstil eines jeden Menschen. Die zweite Kategorie umfasst zum Beispiel Fähigkeiten, Fertigkeiten, Wissen und Erfahrung des Menschen. Allgemeiner Zustand, Gesundheit, Alter, Geschlecht, körperliche Konstitution und Ernährung des Menschen sind

Beispiele für die dritte Kategorie. Die letzte, die vierte Kategorie beschreibt zum Beispiel den aktuellen Zustand und das anfängliche Aktivierungsniveau des Menschen.

3.2 Kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Beschäftigung

Psychische Belastungen können unterschiedliche Auswirkungen auf den Menschen haben. Zum einen kann sie erleichternde Wirkungen mit kurz- oder langfristigem Potenzial haben, zum anderen kann sie beeinträchtigende Wirkungen mit kurz- oder langfristigem Potenzial haben (vgl. DIN, 2015, S. 9-11).

Es gibt vier verschiedene Beispiele für Erleichterungseffekte mit kurzfristigem Potenzial. Der erste ist der Aufwärm-Effekt, der ein häufiger Effekt der psychischen Belastung ist und kurz nach Beginn der Aufgabe zu einer Verringerung der Anstrengung im Vergleich zur Anstrengung zu Beginn dieser Aufgabe führt. Der nächste ist der Aktivierungseffekt, der einen inneren Zustand mit erhöhter geistiger und körperlicher Funktionsfähigkeit darstellt. Lernen ist ein weiterer Erleichterungseffekt mit kurzfristigem Potenzial und ein auf Arbeitserfahrungen beruhender Prozess, der zu Veränderungen im Verhalten oder Verhaltenspotenzial führt, z. B. bei Plänen, Einstellungen und Werten. Der letzte dieser Kategorie ist der Übungseffekt und meint eine dauerhafte Veränderung der individuellen Leistungen, die sich aus der wiederholten Reaktion auf psychische Belastungen ergibt (vgl. DIN, 2015, S. 9-10). Ein fördernder Effekt mit Langzeitpotenzial ist die Kompetenzentwicklung, die durch eine intensive Auseinandersetzung mit einer bestimmten Aufgabe entsteht. Beeinträchtigende Wirkungen mit Langzeitpotenzial können durch sechs verschiedene Beispiele beschrieben werden: geistige Ermüdung, müdigkeitsähnliche Zustände des Menschen, Monotonie, verminderte Vigilanz, geistige Sättigung und Stressreaktion (vgl. DIN, 2015, S. 11). Eine beeinträchtigende Wirkung mit Langzeitpotenzial ist Burnout, ein Zustand gefühlter geistiger, emotionaler und/oder körperlicher Erschöpfung. Es handelt sich dabei um eine distanzierte Haltung gegenüber den eigenen Aufgaben und eine wahrgenommene verminderte Leistungsfähigkeit als Folge einer länger andauernden Belastung durch psychischen Stress, was zu beeinträchtigenden kurzfristigen Auswirkungen führt (vgl. DIN, 2015, S. 11).

4. Implikationen für Logistik-Prozesse

4.1 Implikationen für Augmented Reality

Generell kann festgestellt werden, dass alle Digitalisierungsprozesse von den Mitarbeitern akzeptiert werden müssen, damit sie effizient arbeiten und ihr Bestes geben (vgl. BMWi et al., 2017, S. 21). Des Weiteren muss die Privatsphäre jedes Arbeitnehmers berücksichtigt werden, da es notwendig sein kann, sensible Daten von Arbeitnehmern zur Steuerung solcher technischer Systeme zu verwenden

(vgl. Günthner et al., 2014, S. 318). Die Angst vor einer möglichen "gläsernen Belegschaft" wird die Akzeptanz von Digitalisierungsprozessen beeinflussen (vgl. Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 92).

Augmented Reality integriert Hintergrundinformationen für die Nutzer in das Sichtfeld durch intelligente Brillen (vgl. DHL, 2016, S. 35; Günthner et al., 2014, S. 315). Sie kann in verschiedenen Prozessen im Lagerbetrieb eingesetzt werden, z. B. bei Kommissioniervorgängen; man spricht in diesem Zusammenhang von "Pick-by-Vision-Systemen" (vgl. DHL, 2016, S. 35; Günthner et al., 2014, S. 316; Schraven, 2017, S. 25). Für die Beschäftigten bedeutet dies eine Steigerung der Prozesseffizienz sowie eine Steigerung der Qualität und eine Entlastung bei arbeitsintensiven Tätigkeiten (vgl. DHL, 2016, S. 35; Günthner et al., 2014, S. 316). Darüber hinaus können Smart Glasses zum einen zum Scannen von Barcodes und zum anderen zur Navigation durch Lagerhallen genutzt werden (vgl. DHL, 2016, S. 35). Diese Informationen, z.B. für Lagerarbeiter, können Parkpositionen, Artikelnummern, Bestimmungsort der Waren sein und werden am Rand des Gesichtsfeldes angezeigt (vgl. Schraven, 2017, S. 25). So kann der Nutzer seinen Arbeitsbereich in der Realität sehen und gleichzeitig die benötigten Informationen virtuell abrufen (vgl. Schraven, 2017, S. 25). Darüber hinaus kann Augmented Reality zur Visualisierung von Gefahrenstellen an Straßen für Autofahrer als nächste Generation von Navigations- und Fahrerassistenzsystemen eingesetzt werden (vgl. DHL, 2016, S. 35). Zumindest kann sie für die intelligente Beladung genutzt werden, indem der Nutzer durch die Smart Glasses die optimale Beladungsreihenfolge jeder Sendung sieht (vgl. DHL, 2016, S. 35).

Die Chancen dieser Technologie liegen in der handfreien Bedienung, kürzeren Umschlagzeiten in den Lagern und einer schnellen Einarbeitung aufgrund der sehr einfachen Schnittstelle und der Flexibilität der Spracheinstellungen (vgl. DHL, 2016, S. 35). Diese Technologie ist jedoch in tiefgekühlten Bereichen eingeschränkt, da in diesen Bereichen nur sehr kurze Arbeitszeiten möglich sind. Es ist notwendig, dass diese smarte Brille einen hohen Tragekomfort hat und das Gestell die verschiedenen Bewegungsabläufe des Nutzers mitmacht (vgl. Schraven, 2017, S. 25). Daher muss das Gewicht relativ gering sein und das Gestell muss gut ausbalanciert sein (vgl. Schraven, 2017, S. 25). Smart Glasses können auch in Fahrprozessen wie dem Führen eines Gabelstaplers eingesetzt werden (vgl. Günthner et al., 2014, S. 316). Die Herausforderung für die Fahrer besteht darin, dass ihr Gesichtsfeld aufgrund des Mastes und der Ladeeinheiten eingeschränkt ist und zusätzliche Informationen durch die Smart Glasses das Gesichtsfeld zusätzlich einschränken (vgl. Günthner et al., 2014, S. 317). Aus der DIN ISO 10075-1 ergeben sich folgende Implikationen für Augmented Reality als erstes Beispiel für die Digitalisierung von Logistikprozessen. Aus der ersten Kategorie der Norm DIN ISO 10075-1 "Aufgabenanforderung" sind die Aspekte "Informationsverarbeitung" und "Aufgabeninhalt" relevant. Die Nutzer erhalten die benötigten Informationen über die Smart

Glasses. Der Aspekt "Informationsverarbeitung" bedeutet, dass die Nutzer durch die Brille zu viele Informationen erhalten, mehr als sie brauchen und zu viel verarbeiten. Sie fühlen sich also überfordert und überlastet durch zu viele Informationen und zu hohe Komplexität. Darüber hinaus bedeutet der Aspekt "Aufgabeninhalt", dass die Nutzer nicht in der Lage sind, die von der Brille angezeigten Daten zu planen, zu kontrollieren oder auszuwerten. Die Nutzer führen einfach nur aus, was ihnen die Smart Glasses sagen. Eine Folge könnte sein, dass sich diese Nutzer von einer virtuellen Maschine fremdgesteuert fühlen. Aus der zweiten Kategorie "Physikalische Bedingungen" ist der Aspekt "Erleichterung" relevant, da die Smart Glasses einen Nachleseeffekt haben könnten. Außerdem kann sich das Gewicht der Brille auf den Nutzer und den Tragekomfort auswirken. Die dritte Kategorie "soziale und organisatorische Faktoren" ist in Bezug auf zwei Aspekte relevant. Der erste ist "Führung", was in diesem Zusammenhang bedeutet, dass sich die Nutzer von Smart Glasses von ihren Vorgesetzten sehr kontrolliert fühlen. Das liegt daran, dass die Smart Glasses direkt mit einem Informationssystem verbunden sein sollten. So kann der Vorgesetzte z.B. an Kommissioniersystemen steuern, wann welcher Mitarbeiter welchen Artikel entnimmt. Auch die Zeiten, die für jede Entnahme benötigt werden, und die Zeiten, in denen nicht gearbeitet wird, werden überwacht. Der zweite Punkt sind die "sozialen Kontakte", die zu isolierten Arbeitsplätzen und weniger Interaktionen zwischen den Mitarbeitern führen können, da die intelligenten Brillen dem Benutzer alles "zeigen", was er wissen muss, und im Extremfall keine Kommunikation zwischen Menschen erforderlich ist.

4.2 Implikationen für bionisches Enhancement

Bionische Arme oder smarte Kontaktlinsen als Beispiele für bionisches Enhancement können einerseits die Logistikarbeit in Bezug auf Kommunikation und Prozessumsetzung unterstützen und andererseits Risiken für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten reduzieren (vgl. DHL, 2016, S. 37). Die Idee ist, Stress und Belastungen zu reduzieren, die durch zyklische Handlungen bei manuellen Tätigkeiten aller Art entstehen (vgl. DHL, 2016, S. 37). In Zukunft sollen mit Hilfe von Smart Wearables und ergonomischer Bionik arbeitsbedingte Verletzungen beseitigt werden (vgl. DHL, 2016, S. 37). Exoskelette als ein Beispiel für bionisches Enhancement können die Kraft und Ausdauer des Nutzers erhöhen, sodass ältere Arbeitnehmer länger ihre Aufgaben ausführen können (vgl. DHL, 2016, S. 37). Robo-Mate-Exoskelette ermöglichen es zum Beispiel, Dinge zu halten, die normalerweise zu schwer für die Hand eines Arbeiters sind (vgl. DHL, 2016, S. 37). Ein weiterer Vorteil neben der Verringerung der arbeitsbedingten Verletzungen ist die Steigerung der Produktivität und Effizienz (vgl. DHL, 2016, S. 37).

4.3 Auswirkungen auf Robotik und Automatisierung

Robotik und Automatisierung bieten neue Möglichkeiten in logistischen Prozessen und sorgen für einen Null-Fehler-Prozess und eine Steigerung der Effizienz (vgl. DHL, 2016, S. 42; Hülsbömer, 2017, S. 48). Eine Anwendung für Roboter und Automatisierung ist in Lager- und Fulfillment-Prozessen, indem sie als Assistenten für die Kommissionierung, Verpackung und Sortierung von Artikeln eingesetzt werden (vgl. DHL, 2016, S. 42; Hülsbömer, 2017, S. 49; Tödter et al., 2015, S. 71). Diese Roboter sind mit hochauflösenden Kameras, Druckaufnehmern und selbstlernenden Fähigkeiten ausgestattet (vgl. DHL, 2016, S. 42; Hülsbömer, 2017, S. 49). Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz von Robotern zum Be- und Entladen von Anhängern und Containern, um von der Stärke der Roboter zu profitieren (vgl. DHL, 2016, S. 42). Ein drittes Beispiel sind Roboter, die für lokale Lieferprozesse eingesetzt werden (vgl. DHL, 2016, S. 42). Sie können als Assistenten der Zusteller eingesetzt werden, indem sie den Arbeitern folgen und schwere Gegenstände zu den Kunden transportieren (vgl. DHL, 2016, S. 42). Außerdem können sie Pakete im Zustellfahrzeug umsortieren oder selbstständig Briefe oder Pakete zu festen Sammelplätzen transportieren (vgl. DHL, 2016, S. 42). Neben der höheren Effizienz besteht ein weiterer Vorteil darin, dass Roboter körperlich anstrengende Aufgaben übernehmen, sodass sich die Mitarbeiter auf komplexere und planende Tätigkeiten konzentrieren können (vgl. DHL, 2016, S. 42; Tödter et al., 2015, S. 74-75). Für die Robotik & Automation als zweites Beispiel für die Digitalisierung in Logistikprozessen hat die DIN ISO 10075-1 folgende Implikationen. Aus der ersten Kategorie der Norm DIN ISO 10075-1 "Aufgabenanforderung" sind zwei Aspekte relevant. Der erste Aspekt ist der "Aufgabeninhalt". Die Arbeiter haben die Roboter nicht programmiert und sind in der Regel auch nicht in der Lage, sie in Situationen umzuprogrammieren, in denen die Roboter etwas anderes tun sollen. Die Arbeiter haben also das Gefühl, die Kontrolle über ihre Assistenten zu verlieren. Da es sich bei den Robotern um Maschinen handelt, können die Arbeitnehmer nicht mit ihnen sprechen, sie um etwas bitten oder mit ihnen in Situationen diskutieren, in denen dies notwendig sein könnte. Der zweite relevante Aspekt ist die "Gefahr". Die enge Zusammenarbeit mit Robotern könnte für Menschen gefährlich sein. Derzeit gibt es gesetzliche Beschränkungen für den Einsatz von Robotern in der Nähe von menschlichen Arbeitnehmern (vgl. DHL, 2016, S. 42). Die dritte Kategorie "soziale und organisatorische Faktoren" ist in zweierlei Hinsicht relevant. Der erste ist "Gruppenfaktoren", was in diesem Zusammenhang bedeutet, dass der Assistent eines Arbeiters ein Roboter ist. Es ist nicht möglich, Gruppenfaktoren wie Zusammenhalt mit einer technischen Sache, in diesem Fall einem Roboter, zu haben. Der zweite Aspekt sind die "sozialen Kontakte", die zu isolierten Arbeitsplätzen und weniger Interaktionen zwischen den Arbeitnehmern führen können, weil der Roboterassistent

nicht sprechen, interagieren, diskutieren oder irgendwelche menschlichen Fähigkeiten haben kann, die menschliche Interaktionen oder zwischenmenschliche Beziehungen definieren.

4.4 Implikationen für selbstfahrende Fahrzeuge

Der erste Schritt von selbstfahrenden Fahrzeugen fand in genau überwachten Umgebungen wie zum Beispiel Lagerhallen oder Höfen statt (vgl. DHL, 2016, S. 43; Hülsbömer, 2017, S. 50; Lassau, 2017, S. 15; Tödter et al., 2015, S. 69-70). Der nächste Schritt sind selbstfahrende Fahrzeuge im öffentlichen Raum, zum Beispiel auf Autobahnen oder Straßen (vgl. DHL, 2016, S. 43). Derzeit gibt es sehr genaue Gesetze für den Einsatz solcher Fahrzeuge auf offenem Gelände, aber es wird noch an der Akzeptanz von vollständig fahrerlosen Fahrzeugen gearbeitet (vgl. DHL, 2016, S. 43). Es gibt vier verschiedene Anwendungen für selbstfahrende Fahrzeuge. Die erste ist der Einsatz von autonomen Gabelstaplern, Palettenhubwagen und Schwarm-Förderbandsystemen in Lagern (vgl. DHL, 2016, S. 43; Hülsbömer, 2017, S. 50; Lassau, 2017, S. 15). Die zweite Möglichkeit sind Outdoor-Logistikbetriebe für den automatisierten Containerumschlag an Terminals, bei denen selbstfahrende Fahrzeuge, die intelligent zusammengestellt werden, die Container nach Bedarf transportieren und stapeln (vgl. DHL, 2016, S. 43; Hülsbömer, 2017, S. 50). Die dritte Möglichkeit ist der Linienverkehr, der oft sehr lange Touren über Nacht beinhaltet (vgl. DHL, 2016, S. 43). Eine Möglichkeit ist eine autonome Autobahn, die den Fahrer nur für das Befahren und Verlassen der Autobahn benötigt (vgl. DHL, 2016, S. 43). Die letzte Möglichkeit ist eine autonome Zustellung auf der letzten Meile, bei der selbstfahrende Wagen den Arbeitern hinterherfahren und sie beim Transport der Pakete unterstützen können (vgl. DHL, 2016, S. 43). Problematisch ist, dass rechtliche Beschränkungen in vielen Ländern fahrerlose Fahrzeuge verbieten (vgl. DHL, 2016, S. 43). Außerdem besteht die Gefahr von Hackern und Softwarefehlern, Bestätigungs- und Verantwortungsaspekte müssen überdacht werden und die soziale Akzeptanz solcher Systeme durch die Arbeitnehmer einerseits und die Öffentlichkeit andererseits muss berücksichtigt werden (vgl. DHL, 2016, S. 43).

5. Fazit

Die Digitalisierung wird die Logistik- und Supply-Chain-Prozesse in Zukunft maßgeblich prägen. Die Kernfrage für die zukünftige wirtschaftliche und soziale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen wird jedoch sein, wie die Digitalisierung umgesetzt wird und vor allem, wie die menschlichen Arbeitskräfte in diese Entwicklungen eingebunden und darauf vorbereitet werden. Die vorgeschlagene Forschungsfrage, wie eine ökonomisch, ökologisch und sozial tragfähige Einbindung und Vorbereitung der menschlichen Arbeitskräfte im Rahmen der zu erwartenden Digitalisierung logistischer Prozesse in Zukunft erreicht werden kann, wird in diesem Beitrag durch eine umfassende Betrachtung spezifischer Bereiche und Prozesse in der Logistikbranche, z.B. mit Hilfe von

Industriestandards wie der analysierten DIN ISO 10.075, detailliert beantwortet. Als Optionen für die weitere Forschung bieten sich Pilotierungs- und Testversuche in realen Unternehmenskontexten sowie eine vertiefte Analyse weiterer Teile der DIN ISO 10.075 an (Desk Research). In Kombination kann dies mehr Licht auf die zukünftigen Entwicklungen werfen, die uns im Bereich der Logistik in Bezug auf die Digitalisierung und die Integration menschlicher Arbeitskräfte innerhalb dieser wichtigen Entwicklung unserer Volkswirtschaften und globalen Wertschöpfungsketten erwarten.

6. Literaturverzeichnis

Anund, A., C. Fors und C. Ahlstrom (2017). “The severity of driver fatigue in terms of line crossing: a pilot study comparing day- and night time driving in simulator.” In: European Transport Research Review 9.31.

Bazilinskyy, P. und J. de Winter (2017). “Analyzing crowdsourced ratings of speech-based take-over requests for automated driving.” In: Applied Ergonomics 64, S. 56–64.

Becker, K.-D. (2015). “Arbeit in der Industrie 4.0 - Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaften e.V.” In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Ed. by A. Botthof and E. A. Hartmann. Berlin: Springer, S. 23–29.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesminsterium für Arbeit und Soziales (BMWI), Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017). Digitalpolitik für Wirtschaft, Arbeit und Verbraucher. Trends- Chancen- Herausforderungen. URL: www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitalpolitik.pdf

Caballini, C., S. Sacone und M. Saeednia (2016). “Cooperation among truck carriers in seaport containerized transportation”. In: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 93, S. 38–56.

DHL Customer Solutions & Innovation (2016). Logistics Trend Radar.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2015). Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Konzepte und Begriffe (ISO/DIS 10075-1:2015). Berlin.

Günthner, W., E. Klenk und P. Tenerowicz-Wirth (2014). “Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0”. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Ed. by T. Bauernhansl, M. ten Hompel, and B. Vogel-Heuser. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 297–323.

Hirsch-Kreinsen, H. (2015). “Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit.” In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Ed. by A. Botthof and E. A. Hartmann. Berlin: Springer, S. 89–98.

Hülsbömer, D. (2017). “Wie von Geisterhand gesteuert. Smarte Intralogistik. Eine ganze Branche ist in Bewegung geraten: In den Lagern ziehen automatische Systeme ein und bringen Einsparungen mit sich. Ein einzelner Roboter rechnet sich nach einigen Jahren, elektromagnetische Antriebe lohnen sich bei großen Neubauten.” In: BIP Business Logistics 8.2, S. 48–50.

Kasarda, J. (2017). “Logistics Is about Competitiveness and More”. In: Logistics 1.1, S. 1.

Klumpp, M., T. Neukirchen, and S. Jäger (2016). “Logistikqualifikation und Gamification – Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA”. In: ild Schriftenreihe Logistikforschung 51.

Klumpp, M. (2017a). “Artificial Divide: The New Challenge of Human-Artificial Performance in Logistics”. In: Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität. Ed. by H. Proff and T. M. Fojcik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 583–593.

Klumpp, M. (2017b). “Do Forwarders Improve Sustainability Efficiency? Evidence from a European DEA Malmquist Index Calculation”. In: Sustainability 9.5, S. 842.

Lassau, G. (2017). “Flexibilisierung ist Trumpf. Die Anforderungen an flexible Prozesse in der Logistik werden durch E-Commerce und Digitalisierung weiter steigen. Durchgängige Softwarelösungen sind gefragt.” In: Logistik heute, Software in der Logistik, Sonderheft, S. 14– 15.

Montreuil, B. (2011). “Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge”. In: Logistics Research 3.2-3, S. 71–87.

Schließmann, A. (2014). “iProduction, die Mensch-Maschine-Kommunikation in der Smart Factory”. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Ed. by T. Bauernhansl, M. ten Hompel, and B. Vogel-Heuser. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 451–480.

Schraven, R. (2017). “Neue Sichtweisen. Pick-by-Vision-systeme können Vorteile für eine effiziente, durchgehend vernetze Supply Chain bieten - nicht nur, wenn es um schnelldrehende Konsumgüter geht.” In: Logistik heute, Software in der Logistik, Sonderheft, S. 24–26.

Tödter, J., V. Viereck, T. Krüger-Basjmeleh und T. Wittmann (2015). “Steigerung des Autonomiegrades von autonomen Transportrobotern im Bereich der Intralogistik - technische Entwicklungen und Implikationen für die Arbeitswelt 4.0”. In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Ed. by A. Botthof and E. A. Hartmann. Berlin: Springer, S. 69–75.

Valverde, V., M. T. Pay und J. M. Baldasano (2016). “Ozone attributed to Madrid and Barcelona on-road transport emissions: Characterization of plume dynamics over the Iberian Peninsula”. In: Science of The Total Environment 543, S. 670–682.

Zhang, W., J. Lu und Y. Zhang (2016). “Comprehensive Evaluation Index System of Low Carbon Road Transport Based on Fuzzy Evaluation Method”. In: Procedia Engineering 137, S. 659–668.

Zijm, W. und M. Klumpp (2016). “Logistics and supply chain management: Developments and Trends.” In: Logistics and supply chain innovation. Ed. by H. Zijm, M. Klumpp, U. Clausen, and M. ten Hompel. Cham et al.: Springer, S. 1–20.

Zijm, W. und M. Klumpp (2017). “Future Logistics: What to Expect, How to Adapt”. In: Dynamics in logistics. Ed. by M. Freitag, H. Kotzab, and J. Pannek. Lecture notes in logistics. Cham, Switzerland: Springer, S. 365–379.