

Soziotechnische Systemgestaltung in der Intralogistik vor dem Hintergrund digitaler Transformation

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Dr.-Ing.
von der Fakultät Maschinenbau
der Technischen Universität Dortmund
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Dipl.-Logist. Johannes Dregger
geboren in Bergisch Gladbach

Dortmund, 2019

Tag der mündlichen Prüfung: 08. Okt 2019
Erster Gutachter: Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel
Zweiter Gutachter: Prof. em. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen

Kurzfassung

Die digitale Transformation beschreibt die fortschreitende Digitalisierung der Gesellschaft. Diese ist auch in der Intralogistik zu beobachten, wo sie sich in Form neuer digitaler Technologien äußert, die maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung der Arbeitssysteme haben. Davon sind insbesondere die damit einhergehenden veränderten oder neuen Formen der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit betroffen.

Vor diesem Hintergrund befasst sich diese Arbeit mit der zentralen Forschungsfrage, welche Auswirkungen die digitale Transformation auf die zukünftige Gestaltung der Arbeitssysteme der Intralogistik hat. Als personalintensivstem Bereich der Intralogistik betrifft dies in besonderem Maße die Kommissionierung, die als Betrachtungsrahmen dient. Dazu wird methodisch auf den soziotechnischen Systemansatz zurückgegriffen, der auf dem ganzheitlichen Gedanken beruht, dass technologische Veränderungen eines Arbeitssystems mit personellen oder organisatorischen Wechselwirkungen verbunden sind und nicht isoliert betrachtet werden können. Dazu werden zunächst notwendige Grundlagen dargelegt, die die organisatorische und beschäftigungsstrukturelle Charakterisierung der Kommissionierung, die allgemeine digitale Transformation sowie Ansätze ganzheitlicher Arbeitssystemgestaltung umfassen.

Der technologische Kern der Arbeit umfasst eine umfassende Analyse der digitalen Transformation in der Intralogistik. Mittels qualitativer Literaturanalyse werden die vier Technologietrends Autonomie, Assistenz, Automatisierung und Vernetzung abgeleitet und deren Entwicklungsstand sowie Potential anhand exemplarischer Zukunftstechnologien analysiert. Der Einfluss der Technologietrends auf die Arbeitssysteme der Intralogistik wird in einem Wirkmodell dargestellt, das ingenieurwissenschaftliche und arbeitssoziologische Ansätze vereint. Durch eine Logistikexpertenstudie werden intralogistische Einflussfaktoren sowie damit verbundene personelle und organisatorische Wechselwirkungen empirisch erhoben.

Die soziotechnische Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme der Intralogistik wird schließlich aus einer kombinierten Analyse der technologisch bedingten Änderungen in der Arbeits- und Funktionsteilung, der Beschäftigungsstrukturentwicklung sowie der domänenspezifischen Technologieverbreitung abgeleitet. Dabei wird ersichtlich, dass die digitale Transformation die voranschreitende Polarisierung in der Kommissionierung unterstützt und zukünftig vermehrt Geringqualifizierte beschäftigt werden. Dies betrifft in besonderem Maße den Online-Einzelhandel. Dabei sind jedoch stets die betriebsstrukturellen Bedingungen zu beachten, die die Arbeitssystemgestaltung im Einzelfall beeinflussen können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziel	7
1.3	Wissenschaftstheoretische Einordnung und Aufbau der Arbeit.....	9
2	Grundlagen der Arbeit.....	13
2.1	Intralogistik	13
2.1.1	Kommissionierung	17
2.1.2	Beschäftigungsstruktur.....	21
2.2	Digitale Transformation	39
2.3	Ganzheitliche Gestaltung von Arbeitssystemen.....	45
3	Digitale Transformation in der Intralogistik	55
3.1	Methodisches Vorgehen.....	55
3.2	Analyse wissenschaftlicher Studien	57
3.3	Technologietrends	64
3.3.1	Autonomie.....	65
3.3.2	Assistenz	71
3.3.3	Automatisierung.....	77
3.3.4	Vernetzung	82
3.4	Zusammenfassung und Potentialanalyse.....	91
4	Systemisches Wirkmodell der digitalen Transformation in der Intralogistik.....	95
4.1	Systemische Betrachtung der Intralogistik.....	95
4.2	Konkretisierung des Wirkmodells.....	101
4.3	Methodik	104
4.4	Auswertung der Empirie	110
4.4.1	Szenarien der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit	111
4.4.2	Intralogistische Einflussfaktoren.....	115
4.4.3	Kompetenzen	121
4.4.4	Herausforderungen.....	123
5	Soziotechnische Gestaltung von Arbeitssystemen der Intralogistik.....	131
5.1	Organisatorische Perspektive	133
5.1.1	Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends <i>Autonomie</i>	141

5.1.2	Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends <i>Assistenz</i>	144
5.1.3	Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends <i>Automatisierung</i>	146
5.1.4	Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends <i>Vernetzung</i>	149
5.1.5	Zusammenfassung.....	152
5.2	Menschliche Perspektive.....	154
5.2.1	Entwicklung der Beschäftigungsstruktur	154
5.2.2	Fazit zu der strukturellen Entwicklung der Beschäftigten.....	160
5.3	Technologische Perspektive	162
5.3.1	Funktionale Analyse von Kommissioniersystemen	162
5.3.2	Kommissionierungsdomänen.....	169
5.3.3	Domänenspezifische Verbreitung der Technologietrends	170
5.4	Schlussfolgerungen	176
6	Fazit	185
6.1	Zusammenfassung.....	185
6.2	Ausblick	188
	Literaturverzeichnis	VII
	Abbildungsverzeichnis	XXXIII
	Tabellenverzeichnis	XXXVII
	Abkürzungsverzeichnis	XLI
	Anhang	XLIII

1 Einleitung

1.1 Motivation

Eine effiziente und anforderungsgerechte **Logistik** trägt heutzutage zu einem ganz wesentlichen und mitunter entscheidenden Teil zum Geschäftserfolg von Organisationen bei. Diese These lässt sich in mehrerlei Hinsicht untermauern. Zum Ersten beinhaltet Logistik die Funktion der Prozessoptimierung. Die Optimierung von Material- und Informationsflüssen bezieht sich dabei insbesondere auf die Ressourceneffizienz. Hierzu gehört die Reduktion von Verschwendung jeglicher Form. Dies ist in der ökonomischen Notwendigkeit begründet, betriebswirtschaftlich zu handeln – denn Verschwendung verursacht Kosten. Der in vielen Bereichen des Alltags vorherrschende Käufermarkt und der damit einhergehende Konkurrenzdruck und -kampf machen eine effiziente, d. h. kostensparende Logistik für Unternehmen somit unabdingbar.

Zum Zweiten ist eine effiziente und anforderungsgerechte Logistik für Unternehmen ein entscheidender Wettbewerbsvorteil. Dies liegt einerseits begründet im globalen Wettbewerb. Durch die Globalisierung konkurrieren Unternehmen mit einer Vielzahl internationaler Unternehmen. Kosten und Service sind nur zwei Kriterien, die für die Anbieterauswahl bzw. Auftragsvergabe relevant sind und maßgeblich von der Logistik beeinflusst werden. Die Globalisierung hat aber auch noch einen weiteren Effekt: Durch die globale Vernetzung, offene Märkte und vielfältige Distributionsstrukturen entsteht ein größerer Markt an Nachfragern¹. Ein Großteil der Weltbevölkerung ist nun ein potentieller Kunde.

Eine funktionierende Logistik generiert keine klassische Wertschöpfung an einem Produkt. Jedoch: Ohne eine funktionierende Logistik ist es

¹ Vorab sei darauf hingewiesen, dass aus Gründen der besseren Lesbarkeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet wird. Wenn nicht anders kenntlich gemacht, gelten im Rahmen dieser Arbeit sämtliche Personenbezeichnungen gleichermaßen für alle Geschlechter.

für Unternehmen schwierig, ein Produkt auf dem Markt erfolgreich zu vertreiben. Folglich kann die Logistik eine Wertsteigerung eines Produktes generieren. Die effiziente Gestaltung von Logistiksystemen hat also eine hohe Bedeutung. Dies umfasst in besonderem Maße die Arbeitssysteme der Logistik, in denen Menschen und Maschinen die logistische Leistung erzeugen.

Die fortschreitende **Digitalisierung** beeinflusst die Logistik in vielerlei Hinsicht. Immer mehr Menschen informieren sich, kommunizieren und agieren mithilfe des Internets. Stationär oder mobil werden über das Internet Einkäufe getätigt. Die Folgen sind ein stetig wachsender E-Commerce und M-Commerce. Diese Entwicklung hat maßgeblichen Einfluss auf die Logistik: Aufträge müssen zusammengestellt, Waren verschickt und ausgeliefert werden. Dieser triviale Ablauf steht jedoch vor der Herausforderung, dass sich sowohl Kundenverhalten als auch -erwartungen ändern. Dies äußert sich bspw. in kleineren Bestellmengen oder höheren Bestellfrequenzen (vgl. [GH10], S. 3) oder gesteigener Anforderungen der Kunden hinsichtlich des Lieferservices, bspw. in Hinblick auf die Lieferzeit oder den –ort.

Die Digitalisierung äußert sich jedoch auch in erweiterten technologischen Möglichkeiten, die zu neuen **Technologien** führen. Die technologische Entwicklung ist rasant, d. h. Entwicklungszyklen werden immer kürzer. Dabei kommt der Digitalisierung eine doppelte Rolle zuteil. Zum einen sind neuartige Technologien vermehrt mit vielfältigen digitalisierten Komponenten, wie Sensorik, ausgestattet. Somit werden bestehende Anwendungsfelder optimiert oder es ergeben sich vollkommen neue. Zum anderen kann das Potential der neuen Technologien oft erst durch Maschinelernen (artificial intelligence; deutsch: künstliche Intelligenz) ausgeschöpft werden. Ein anschauliches Beispiel hierfür sind Montageroboter, die durch Sensorik ihre Umwelt wahrnehmen und bspw. Werkstücke greifen. Für den Greifvorgang eines standardisierten Werkstücks mag dies simpel umsetzbar erscheinen. Muss sich der Roboter jedoch auf verschiedenste, unbekannte Werkstücke einstellen, kann dies sinnvoll realisiert werden, indem der Roboter sich, ähnlich wie ein Kleinkind, das Greifen selbst beibringt – mithilfe von Deep Learning Algorithmen (vgl. [LPK⁺17]).

Die **Intralogistik** umfasst alle Prozesse des unternehmensinternen Materialflusses sowie die damit verbundene Prozessorganisation und Informationsverwaltung. Die **Kommissionierung**, also das Zusammenstellen von Aufträgen, stellt dabei den zentralen wertschöpfenden Prozess dar ([HSD18], S. 270). Dies gilt insbesondere in der Distribution, wo die Kommissionierung die Verbindung zwischen der i. d. R. nicht-wertschöpfenden Lagerfunktion und dem vergleichsweise einfach organisierten Versand herstellt, aber auch für die Produktion, an deren intralogistischem Prozessende bspw. die Montage steht. Die zentrale Funktion spiegelt sich auch noch in

einem weiteren Punkt wider: Die Kommissionierung gilt als personalintensivster Bereich der Intralogistik². Zur Funktionserfüllung wird dabei eine große Bandbreite an Technologien, von Assistenzsystemen bis Flurfördergeräten, eingesetzt. Welche Wechselwirkungen zwischen den neuen digitalen Technologien und der Gestaltung des Kommissionierarbeitssystems bestehen, ist jedoch in vielerlei Hinsicht unklar. Klar erscheint hingegen, dass die fortschreitende Digitalisierung in diesem Bereich der Intralogistik aus den genannten Gründen die weitreichendsten Auswirkungen auf die **Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technologie** hat. Folglich dient die Kommissionierung als Betrachtungsrahmen dieser Arbeit.

Zusammenfassend kann man von einem in digitalen Technologien begründeten weitreichenden Veränderungsprozess sprechen, der als **digitale Transformation** bezeichnet wird und große Relevanz für die Intralogistik hat. Der technologische Fortschritt äußert sich letztlich in veränderten Arbeitssystemen, die durch sich wandelnde oder neue Formen der Mensch-Maschine-Interaktion charakterisiert sind.

Die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit ist, welche Auswirkungen die digitale Transformation auf die zukünftige Gestaltung der Arbeitssysteme der Intralogistik hat.

Die Betrachtung des Kommissioniersystems als soziotechnischem System bildet einen Ansatz zur Beantwortung dieser Frage. Dieser Ansatz betrachtet nicht isoliert, was technologisch möglich ist, sondern beinhaltet in einer ganzheitlichen Perspektive auch die mit der digitalen Transformation einhergehenden organisatorischen und personellen Wechselwirkungen. Im Folgenden werden die Herausforderungen beschrieben, die im Rahmen dieser Arbeit von besonderer Relevanz sind.

Herausforderung #1:

² Auch wenn es hierzu an umfassenden Studien, bspw. über eine repräsentative Anzahl von Intralogistiksystemen, mangelt, gibt es in der Fachgemeinde keinen Zweifel an dieser These (vgl. u. a. [DLZ12]; [FSS13]; [GGJ⁺14]; [SMV⁺18], deren Schlussfolgerungen über z. T. mehrere Wege auf [TW84], S. 117 zurückgehen, welche den hohen Personalbedarf in der Kommissionierung mithilfe einer kostenorientierten Herangehensweise aus dem Aufwand der Materialhandhabung herleiten).

Für den Anwendungsbereich der Kommissionierung existiert eine Vielzahl neuer digitaler Technologien. Welche Technologien von besonderer Relevanz sind und sich zukünftig in diesem Bereich verbreiten werden, ist jedoch schwerlich abzusehen.

Seit dem Jahr 2011 ist die als Industrie 4.0 betitelte Vision einer massenhaften Verbindung von Informations- und Kommunikationstechnologien mit der industriellen Produktion populär geworden (vgl. [aca17], S. 7). Logistik 4.0 beschreibt die Übertragung dieser Vision auf die Logistik durch die Vernetzung von Prozessen, Objekten, Akteuren (wie Lieferanten, Herstellern, Händlern und Logistikdienstleistern) und Kunden (vgl. [HK15], [Gab17b]).

Die Basis dieser Vision bilden neue technologische Möglichkeiten, die aus der digitalen Transformation entstehen. Dies spiegelt sich in einer Vielzahl neuer Technologien wider, bspw. im Bereich der Robotertechnik. Daneben existiert eine Vielzahl an Expertenstudien aus Forschung und Praxis zu Industrie 4.0 und Logistik 4.0, die verschiedene Trends benennen. Es mangelt jedoch an Studien, die explizit die Technologietrends für Kommissioniersysteme benennen.

Herausforderung #2:

Die vielfältigen Ausprägungsformen von Kommissioniersystemen bilden die ganze Bandbreite an Digitalisierungsgraden ab. Die Faktoren, von denen der Digitalisierungsgrad abhängt, sind vielfältig. Es mangelt an umfassenden Analysen hinsichtlich der Einflussfaktoren auf die Verbreitung digitaler Technologien in Kommissioniersystemen.

In der betrieblichen Praxis herrschen viele verschiedene Ausprägungsformen von Kommissioniersystemen vor. Sie können bspw. hinsichtlich Automatisierungsgrad (von manuell über teil- bis vollautomatisiert) oder Organisationsform (Ware-zur-Person oder Person-zur-Ware) unterschieden werden ([HSB11], S. 66). Ebenso vielfältig verhält es sich mit dem Digitalisierungsgrad.

Es existiert eine breite Palette an Einflussfaktoren, die den Digitalisierungsgrad eines Kommissioniersystems beeinflussen. So wie unternehmensinterne und -externe Einflüsse bei der Gestaltung von Kommissioniersystemen zusammenspielen (vgl. [HSB11], S. 14), verhält es sich auch mit den Faktoren, die den Einsatz digitaler Technologien in solchen Systemen beeinflussen. Eine rein technologische Sichtweise greift dabei jedoch zu kurz, denn nicht alles, was technologisch machbar ist, ist betriebswirtschaftlich sinnvoll oder sozial wünschenswert (vgl. [Wes16]).

Herausforderung #3:

Digitale Technologien, die in Kommissioniersystemen eingesetzt werden, haben Folgewirkungen auf das betriebliche Gesamtsystem aus Mensch, Technik und Organisation. Es existieren nur bedingt Ansätze, die die Auswirkungen in diesem Anwendungsbereich ganzheitlich untersuchen.

Interdisziplinäre Forschungsprojekte wie *SoMaLI (Social Manufacturing and Logistics – Industrie 4.0)* haben aufgezeigt, dass die alleinige technologische Betrachtung von digitalen Technologien im Industrie 4.0- und Logistik 4.0-Kontext zu kurz greift. Vielmehr ist ein ganzheitlicher Gestaltungsansatz vonnöten, der auch die sozialen, organisatorischen und spezifischen betrieblichen Einsatzbedingungen betrachtet (vgl. [HHI⁺16], S. 5). Ein konzeptioneller Ansatz hierfür ist das soziotechnische System.

Die Notwendigkeit einer Übertragung dieses recht universellen Ansatzes auf die unterschiedlichen Einsatzfelder von digitalen Technologien in Logistik und Produktion mit ihren spezifischen Charakteristika liegt auf der Hand. Nur so kann den strukturellen und ökonomischen Anforderungen des jeweiligen Einsatzfeldes Rechnung getragen werden ([INH⁺16], S. 12).

In der wissenschaftlichen Literatur existieren nur bedingt Ansätze, die das ganzheitliche Systemdenken (wie bspw. in Form einer Betrachtung als Gesamtsystem aus Mensch, Technik und Organisation) auf die Kommissionierung übertragen. [DNI⁺18] skizzieren exemplarisch erste Ansätze, die jedoch noch weiterer Forschungsarbeit benötigen.

Herausforderung #4:

Die zukünftige Verbreitung digitaler Technologien in verschiedenen Anwendungsbereichen von Kommissioniersystemen ist weitestgehend unerforscht. Es mangelt an differenzierten Prognosen, die Kommissioniersysteme und deren Technologiedurchdringung anwendungsspezifisch betrachten.

Es existiert eine Vielzahl an Studien, die die zukünftige Verbreitung digitaler Technologien betrachten. Im Bereich der industriellen Produktion sind hier bspw. [SGG⁺13] oder [IF14] zu nennen. Spezifische Studien für die Logistik sind bspw. [Bit17b] oder [BVL17b].

Problematisch ist in diesem Zusammenhang jedoch eine Einordnung der Kommissionierung. Dies liegt darin begründet, dass sich Kommissionierung in nahezu allen Branchen sowie verschiedenen Knoten der Supply Chain wiederfindet. Die Materialbereitstellung für die Produktion bspw. ist genauso wie die Auftragszusammenstellung in einem Distributionszentrum der Kommissionierung zuzuordnen. Folglich ist eine eindeutige Übertragung der o. g. Studien auf den Bereich der Kommissionierung nicht gegeben. Wissenschaftliche Prognosen über die Verbreitung digitaler Technologien in der Kommissionierung sind jedoch notwendige Grundlage für die Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme in diesem Bereich.

Herausforderung #5:

Die Auswirkungen digitaler Technologien auf die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine in der Kommissionierung sind unklar. Dies beinhaltet bspw. die Frage nach der Arbeits- und Funktionsteilung sowie damit verbundene Fragen der Qualifikation.

Neue digitale Technologien werfen viele unbeantwortete Fragen auf, wie Mensch und Maschine zukünftig zusammenarbeiten werden. Digitale Technologien sind in mancherlei Hinsicht dem Menschen überlegen, bspw. bei der Verarbeitung riesiger Datenmengen. Ein weiteres Beispiel ist die rasante Entwicklung im Bereich der Robotertechnik. Es existieren bereits humanoide Roboter, die motorisch so weit entwickelt sind, dass sie laufen, springen und Salto schlagen können (vgl. [Gol17]).

Diese beiden Beispiele verdeutlichen, dass zunehmende Intelligenz und fortschreitende Autonomie digitaler Technologien das Potential innehaben, die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine grundlegend zu verändern. Die zentrale Frage in diesem Zusammenhang ist, ob die Technologie den Menschen im Prozess unterstützen oder verdrängen wird und welche Funktion wem obliegt (vgl. [WS12], S. 216 ff.). Pauschale Aussagen dazu sind für die Kommissionierung schwerlich zu treffen. Daher bedarf es differenzierter Untersuchungen, die Prozesse, Tätigkeiten, Funktionen und Kompetenzen im Kommissionierprozess berücksichtigen (vgl. [BVL17], S. 14).

Herausforderung #6:

Die ingenieurwissenschaftliche Herangehensweise bei der Gestaltung von Kommissioniersystemen betrachtet einige wesentliche Aspekte nicht, die für die Ausschöpfung des betriebswirtschaftlichen Potentials neuer Technologien jedoch notwendig erscheinen. Es fehlt an einer interdisziplinären, d. h. disziplinübergreifenden Herangehensweise bei der Gestaltung von Kommissioniersystemen.

Bei der Implementierung digitaler Technologien handelt es sich um einen komplexen und wechselseitigen Zusammenhang, der von einer Vielzahl kontextueller Faktoren (bspw. ökonomisch, sozial, kulturell) geprägt ist. Nur unter Einbeziehung dieser Faktoren kann das volle Nutzenpotential digitaler Technologien erreicht werden (vgl. [EGM14], S. 803).

Ingenieurwissenschaftliche Planungsmodelle für Kommissioniersysteme lassen diese Faktoren weitestgehend unbeachtet (vgl. [HSD18]; [Gud12]; [Mar14]). Eine Erweiterung dieser technologisch fokussierten Gestaltungsansätze durch Methoden und Erkenntnisse anderer relevanter Wissenschaften erscheint als Unterstützung für den Planer hilfreich.

1.2 Ziel

Das Ziel der Arbeit besteht in der ganzheitlichen Analyse der durch digitale Technologien bedingten Wirkungen auf die Arbeitssystemgestaltung in der Intralogistik. Dies wird durch die Kombination ingenieurwissenschaftlicher und arbeitssoziologischer Methoden erreicht. Ausgehend von einer ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise werden differenzierte Einsatzfelder neuer digitaler Technologien erarbeitet. Die arbeitssoziologische Perspektive setzt diese Erkenntnisse anschließend in den komplexen betrieblichen Gesamtzusammenhang. Anhand des Anwendungsbeispiels der Kommissionierung wird der Intralogistik somit sowohl eine ganzheitliche Betrachtung als auch Herangehensweise zur Implementierung digitaler Technologien eröffnet, die Technologie und Mensch nicht getrennt voneinander betrachtet.

Das formulierte Ziel der Arbeit leitet sich aus den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Herausforderungen ab. Diese werden im Folgenden in Form konkreter Forschungsziele beschrieben.

Forschungsziel #1:

Identifikation und Analyse digitaler Technologien, die zukünftig von besonderer Relevanz für die Kommissionierung sein werden

Die digitale Transformation äußert sich u. a. in neuen Technologien. Die Identifikation dieser und deren Potentialanalyse für den Einsatz in der Kommissionierung ist Grundlage für die technologische Herangehensweise der Arbeit.

Forschungsziel #2:

Analyse der Einflussfaktoren auf die Verbreitung digitaler Technologien

Pauschale Aussagen über die Verbreitung einzelner digitaler Technologien in Kommissioniersystemen sind aufgrund der großen Bandbreite an Systemausprägungen nicht möglich. Daher werden Einflussfaktoren (d. h. Systemparameter) abgeleitet, die die digitale Gestaltung von Kommissioniersystemen beeinflussen.

Forschungsziel #3:

Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes zu der Verbreitung digitaler Technologien und deren Auswirkungen in und auf Kommissioniersysteme/n

Die Abbildung des systemischen Wirkzusammenhangs zwischen digitaler Transformation und der Gestaltung von Arbeitssystemen in der Kommissi-

onierung stellt die Grundlage für weiterführende Schritte dar. Das Forschungsziel #3 gründet somit auf den Erkenntnissen der Forschungsziele #1 und #2.

Forschungsziel #4:

Differenzierte Prognosen zur Verbreitung digitaler Technologien in der Kommissionierung

Für die Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme in der Kommissionierung liefern wissenschaftlich fundierte Prognosen eine wichtige Grundlage. Anhand von Einflussfaktoren erfolgt eine differenzierte Ableitung von Entwicklungsperspektiven zukünftiger Kommissioniersysteme und der Mensch-Technik-Interaktion innerhalb dieser. Dies beinhaltet die domänenspezifische Ausprägungsform von Kommissioniersystemen, die bspw. Branchencharakteristika berücksichtigt.

Forschungsziel #5:

Ganzheitliche Gestaltung von Arbeitssystemen der Kommissionierung

Die in den Forschungszielen #1 bis #4 gewonnenen Erkenntnisse über digitale Technologien und deren Verbreitung bilden die Basis für die ganzheitliche Analyse der durch digitale Technologien bedingten Wirkungen auf die zukünftige Arbeitssystemgestaltung in der Intralogistik. Im Fokus steht hier das Ziel, fundierte Entwicklungsperspektiven für die zukünftige Zusammenarbeit von Mensch und Technologie abzuleiten. Den Startpunkt der Analyse bildet dabei das Wissen über die technologischen Möglichkeiten. Davon ausgehend werden arbeitssoziologische Fragestellungen von besonderer Relevanz angeknüpft, die Funktionen, Arbeitsinhalte, Kompetenzen und systemische Auswirkungen betrachten.

Forschungsziel #6:

Diskussion nicht-technologischer Einflussfaktoren bei der Gestaltung von Kommissioniersystemen

Die Arbeitssystemgestaltung in der Kommissionierung ist traditionell ingenieurwissenschaftlich geprägt. Diese wird dahingehend überprüft, inwiefern Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik und Organisation berücksichtigt werden, und ggf. um gestaltungsrelevante Faktoren erweitert.

Der erhoffte Mehrwert der Arbeit kann in wissenschaftliche, praktische und wirtschaftliche Aspekte unterteilt werden. Der **wissenschaftliche Mehrwert** der Arbeit besteht in der systemischen Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen Mensch und Technologie bei der Arbeitssystemgestaltung

in der Intralogistik. Die Arbeit liefert somit einen fundierten Beitrag zur ganzheitlichen Gestaltung von Kommissioniersystemen. Das Wissenschaftsgebiet der Systemgestaltung in der Intralogistik wird damit erweitert um wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Arbeitssoziologie. Durch die konsistente Verknüpfung des Wissens der für die Fragestellung relevanten Wissenschaftsdisziplinen und der Verwendung von deren Methoden entstehen neue Erkenntnisse, die zur Wissenserweiterung auf diesem Gebiet beitragen.

Der **praktische Mehrwert** der Arbeit liegt in ihrem gestaltungsorientierten Ansatz begründet. Demnach wird das Wissen auf dem Gebiet der Intralogistiksystemgestaltung erweitert. Dies geschieht vor dem Hintergrund der mit der digitalen Transformation einhergehenden Herausforderungen (bspw. in Form disruptiver Technologien). Diese werden identifiziert und spezifische Lösungsansätze benannt. Zugute kommen diese Erkenntnisse insbesondere den Gestaltern, aber auch sonstigen Akteuren dieser Intralogistiksysteme.

Der **wirtschaftliche Mehrwert** der Arbeit lässt sich aus der Systemrelevanz des Untersuchungsgegenstands ableiten. Arbeitssysteme, wie solche in der Kommissionierung, sind elementarer Bestandteil von Unternehmen und tragen zum Unternehmenserfolg bei. Der Einsatz von Technologien geht zudem einher mit Fragestellungen der Investitionsrechnung. Somit liefert die Arbeit einen betriebswirtschaftlichen Mehrwert durch den mit ihrem Erkenntnisgewinn verbundenen Potential zur zukünftigen Gestaltung dieser Systeme. Der volkswirtschaftliche Mehrwert der Arbeit begründet sich zum Ersten aus der bereits genannten betriebswirtschaftlichen Relevanz. Ein zweiter Grund liegt in der hohen Personalintensität in Intralogistiksystemen und der damit einhergehenden besonderen arbeitspolitischen Relevanz. Die Erkenntnisse der Arbeit können folglich zu beschäftigungsrelevanten Fragestellungen beitragen.

1.3 Wissenschaftstheoretische Einordnung und Aufbau der Arbeit

Die Wissenschaft ist der Suche nach Wahrheit gewidmet. Der Weg zu dieser Wahrheit liegt im Erkenntnisgewinn. Insbesondere heutzutage, wo Wahrheit in Teilen der öffentlichen Diskussion zu einem dehnbaren Begriff geworden ist (postfaktische Ära, Fake News etc.), obliegt der Wahrheitssuche eine besondere Verantwortung. Folglich muss die Generierung von Erkenntnissen auf Qualitätsstandards beruhen, um gute von schlechter Wissenschaft zu unterscheiden (vgl. [Dei16]).

Erkenntnis kann auf unterschiedliche Weise gewonnen werden. Im Folgenden wird eine wissenschaftstheoretische Einordnung dieser Arbeit vorgenommen. Daraus lässt sich der Aufbau der Arbeit ableiten, welcher anschließend kompakt dargestellt wird.

Als grundlegendste Aufgliederung können Wissenschaften in Formal- und Realwissenschaften unterteilt werden (siehe Abbildung 1). Formalwissenschaften konstruieren Sprachen, d. h. Zeichensysteme mit Regeln zur Verwendung dieser Zeichen, wohingegen Realwissenschaften sich mit der Beschreibung, Erklärung und Gestaltung empirisch wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte beschäftigen ([UH76], S. 305). Anhand der im vorherigen Abschnitt formulierten praktischen Ziele ist diese Arbeit den Realwissenschaften zuzuordnen.

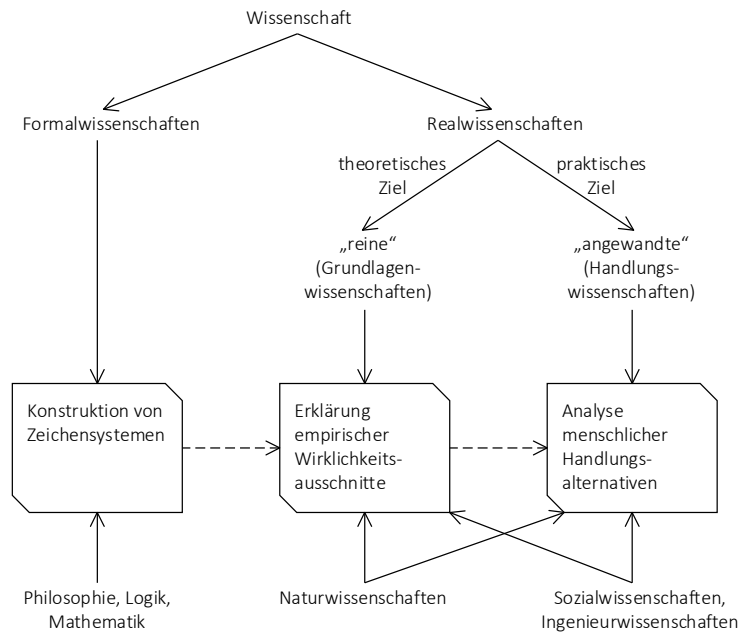


Abbildung 1: Wissenschaftssystematik (eigene Darstellung mit Ergänzung der Ingenieurwissenschaften nach [UH76], S. 305)

Innerhalb der Realwissenschaften stellt die Unterteilung in reine und angewandte Wissenschaften eine weitere Differenzierung dar. Bei den erstgenannten stehen die Erklärungsmodelle im Vordergrund. Bei den zweitgenannten ist es die Analyse menschlicher Handlungsalternativen durch die

Gestaltung sozialer und technischer System, indem Entscheidungsmodelle oder –prozesse entwickelt werden (ebd.).

Der Forschungsprozess dieser Arbeit ist interdisziplinär angesetzt, indem ingenieurwissenschaftliches und sozialwissenschaftliches Wissen sowie Methoden kombiniert eingesetzt werden. Der Betrachtungsrahmen der Intralogistik stellt ein ingenieurwissenschaftlich geprägtes Arbeitssystem dar, welches durch einen breiten Technologieeinsatz gekennzeichnet ist. Folglich bedarf es ingenieurwissenschaftlicher Ansätze, um die Arbeitsprozesse zu analysieren. Dadurch und darauf aufbauend können fundierte arbeitssoziologische Erkenntnisse gewonnen werden.

Das gestaltungsorientierte Ziel der Arbeit unterstreicht deren angewandten Charakter, weshalb diese primär den Handlungswissenschaften zuzuordnen ist. Dabei werden teils Erkenntnisse gewonnen, die tendenziell eher den Grundlagenwissenschaften zurechenbar sind (bspw. Datenanalyse von Beschäftigungsstruktur oder intralogistischen Einflussfaktoren), aber zur Generierung von Handlungswissen vonnöten sind.

Bei der erwarteten Erkenntnis der Arbeit handelt es sich in vielerlei Hinsicht um Ergebnisse, die nur eingeschränkt empirisch validiert werden können. Damit obliegt dem Weg zu diesem Erkenntnisgewinn, also dem Forschungsprozess, eine besondere Relevanz. Um wissenschaftlichen Qualitätsstandards gerecht zu werden, bedarf es dabei der permanenten Berücksichtigung folgender Aspekte (vgl. [UH76], S. 306 f.; [Rai06], S. 23 f.):

- Entdeckungszusammenhang (Zweckmäßigkeit der eingesetzten Methoden anhand des Untersuchungsgegenstands und der Problemstellung),
- Begründungszusammenhang (Bedingungen zum Schließen vom Einzelfall auf allgemeingültige Zusammenhänge) und
- Verwendungszusammenhang (Effekt der Arbeit zur Lösung der Problemstellung).

Der Aufbau der Arbeit stellt sich wie folgt dar (siehe Abbildung 2). Im Anschluss an Kapitel 1, in dem der Forschungsbedarf dargelegt wird, werden in Kapitel 2 die Grundlagen der Arbeit beschrieben. Dies umfasst die zugrunde liegenden ingenieurwissenschaftlichen (Intralogistik und digitale Transformation) und die arbeitssoziologischen Aspekte (ganzheitliche Gestaltung), deren Stand der Technik bzw. Wissenschaft dargestellt sowie Forschungslücken aufgezeigt werden. In Kapitel 3 erfolgt eine tiefgehende Analyse der digitalen Transformation in der Intralogistik. Das Ergebnis stellen konkrete Technologietrends der Intralogistik dar, deren Potential eingehend untersucht wird. Die umfassenden Auswirkungen dieser Technologietrends auf die Arbeitssysteme der Intralogistik werden in Kapitel 4 in Form

eines Wirkmodells entworfen und empirisch durch eine Expertenstudie untermauert. Diese Erkenntnisse fließen in Kapitel 5 ein, in welchem aus einer technologiezentrierten Herangehensweise verschiedene Perspektiven auf die Arbeitssystemgestaltung geworfen werden und entsprechende Schlussfolgerungen aufgezeigt werden. Kapitel 6 schließt mit einer Zusammenfassung der Arbeit sowie einem Ausblick auf weitere Studien.

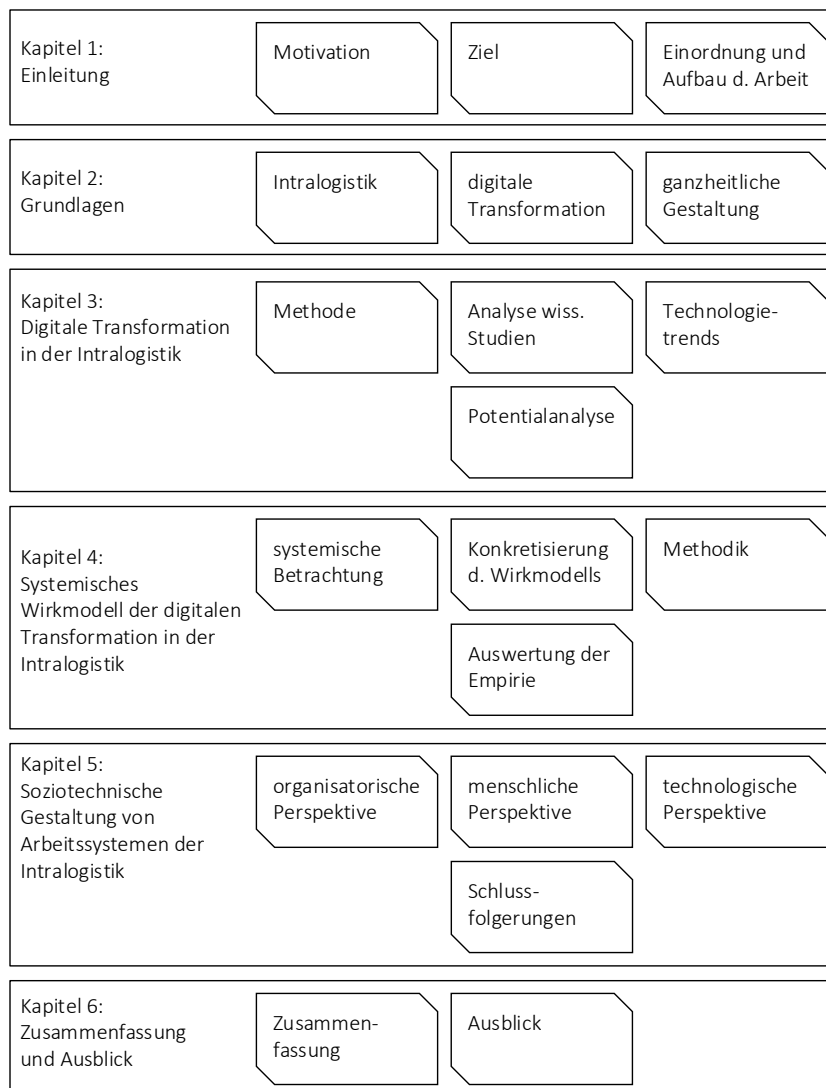


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)

2 Grundlagen der Arbeit

In diesem Kapitel werden die notwendigen Grundlagen der Arbeit dargestellt. Diese umfassen im Konkreten die drei verschiedenen Wissensbereiche, welche den interdisziplinären Charakter der Arbeit unterstreichen: die Intralogistik, die hinsichtlich der Kommissionierung als Untersuchungsgegenstand näher betrachtet wird, die digitale Transformation, die als Hintergrund dieser Arbeit fungiert und die methodischen Ansätze der ganzheitlichen Gestaltung von Arbeitssystemen.

2.1 Intralogistik

Die Intralogistik beinhaltet die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung innerbetrieblicher Materialflüsse, die innerhalb der verschiedenen Logistiknoten stattfinden, sowie der dazugehörigen Informationsströme und des Umschlags (vgl. [HSD18], S. VI; [Arn06], S. 1). Das bedeutet, die Intralogistik wirkt und agiert nicht nur in Logistikunternehmen, sondern auch in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen – also potentiell in allen Knoten einer Supply Chain. Der Begriff „innerbetrieblich“ ist dabei mit Vorsicht zu genießen, da er sich nicht auf die physischen bzw. baulichen, sondern die funktionalen Grenzen eines Systems oder Unternehmens bezieht. Somit fallen neben Produktionsbetrieben oder Distributionszentren auch Häfen und Flughäfen, bei denen auch Materialflüsse außerhalb der betrieblichen Wände stattfinden, unter die Definition.

Die Bezeichnung Intralogistik in dem o. g. Zusammenhang ist erst seit 2003 verbreitet. Die Schöpfung einer eigenen, neuen Bezeichnung und deren Etablierung kann als gelungener Versuch gewertet werden, einen „Dachbegriff“ für eine vielgestaltige Branche gefunden zu haben (vgl. [Arn06], S. 1). Demnach finden sich unter diesem Dach all jene wieder, deren Tätigkeiten sich im engeren oder im weiteren Sinn auf den innerbetrieblichen Materialfluss beziehen.

Mit der Bezeichnung Intralogistik wurde zum einen eine begriffliche Abgrenzung zu der Logistik außerhalb des Betriebs gefunden (vgl.

[proo.J.]). Zum anderen wurde somit eine Möglichkeit geschaffen, die Relevanz innerbetrieblicher Logistik herauszustellen, indem diese mit einer eigenen Bezeichnung versehen und somit nicht mehr als Anhängsel anderer Branchen, wie der Produktion, betrachtet wird. Des Weiteren beschreibt Intralogistik den Wandel hin zu einer ganzheitlichen und funktionalen Betrachtung innerbetrieblicher Materialflüsse und weg von einer nach einzelnen Gewerken abgegrenzten und maschinenbaulich geprägten Betrachtung, die sich in Bezeichnungen wie Förder- oder Lagertechnik äußerte (siehe dazu auch [Jün97]).

Die Intralogistik stellt eine Teildisziplin der Logistik dar, deren operative Grundaufgabe in der effizienten Bereitstellung der geforderten Mengen benötigter Objekte in der richtigen Zusammensetzung zur rechten Zeit am richtigen Ort besteht ([Gud10], S. 3). Daraus leiten sich die Hauptziele der Unternehmenslogistik ab: die Sicherung eines anhaltend hohen Gewinns durch die optimale Abstimmung der Parameter Qualität, Leistung und Kosten (vgl. ebd., S. 73 f.). Die Grundfunktionen der Logistik stellen Transport, Umschlag, Lagern und Kommissionieren dar (ebd., S. 3).

Akteure der Intralogistik

Nach o. g. Definition der Intralogistik ist das Spektrum an Akteuren der Intralogistik breit gefächert. Zum einen kann hier unterschieden werden zwischen Anwendern, d. h. den Akteuren, die in derartigen Materialflusssystemen arbeiten. Dies erstreckt sich vom operativen Mitarbeiter bis hin zum Management. Zum anderen gehören ebenfalls die Akteure dazu, die Intralogistiksysteme planen und herstellen, die entsprechenden Zulieferer, Hard- und Softwareentwickler sowie die Wissenschaftler, Branchenvertreter und Journalisten ([Arn06], S. 1).

Es kann also festgehalten werden, dass die Intralogistik viele Branchen tangiert. Als eigene Branche kann sie daher schwer abgegrenzt werden. Eine Kennzahl der Intralogistik kann jedoch gut beziffert werden: die Produktion von intralogistischen Systemen (siehe Abbildung 3). Demnach liegt das Produktionsvolumen bei derzeit rund 20 Milliarden Euro, wovon knapp zwei Drittel exportiert werden (vgl. [Log17]). Als maßgeblicher Treiber für die positive Geschäftsentwicklung der Intralogistikhersteller wird die Digitalisierung genannt (ebd.). Nach der Antriebs- und Fluidtechnik stellen Fördertechnik und Intralogistik die zweitgrößte Fachbranche im deutschen Maschinen- und Anlagenbau dar [VDM17a].

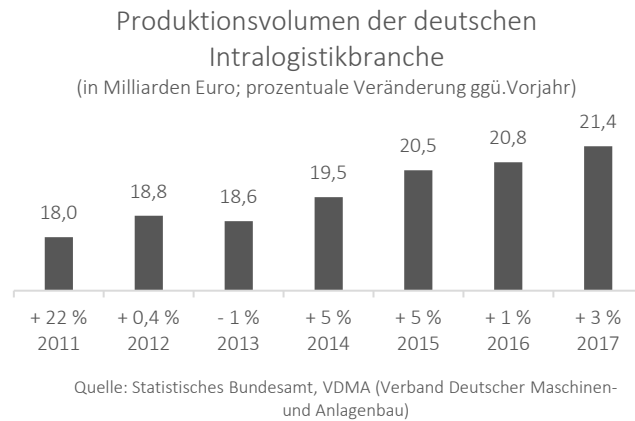


Abbildung 3: Produktionsvolumen der deutschen Intralogistikbranche (eigene Darstellung nach [Mat17a])

Subsysteme der Intralogistik

In Logistiksystemen können entweder Wertschöpfungsprozesse oder Transformationsprozesse oder eine Verknüpfung beider wirken. Die Vorgänge der Wertschöpfungsprozesse werden vorrangig durch die Fertigungs- und Produktionstechnik beschrieben und die Transformationsprozesse durch die Materialflusstechnik (siehe Abbildung 4).

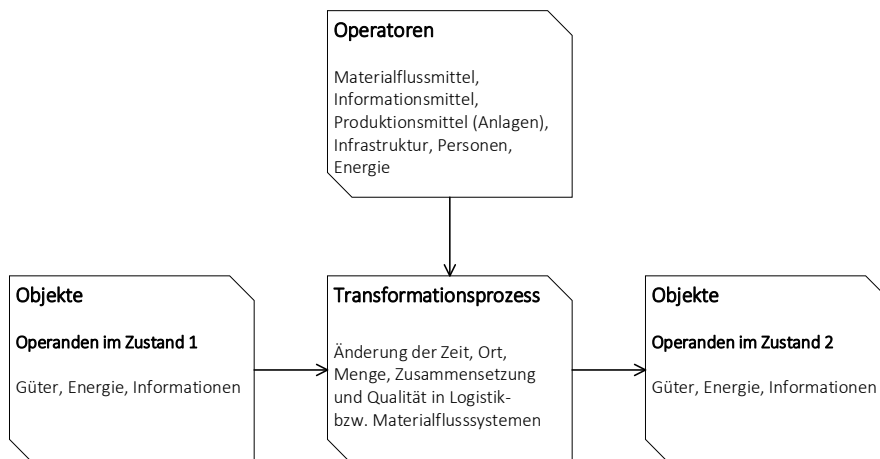


Abbildung 4: Transformationsprozesse in der Logistik (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 3)

Die Transformationsprozesse verändern den Systemzustand logistischer Objekte (Güter, Informationen, Energie) hinsichtlich Zeit, Ort, Menge, Zusammensetzung³ und Qualität ([HSD18], S. 3). Diese Transformationen werden in den verschiedenen Subsystemen der Materialflusssysteme geleistet (ebd.):

- Verpackungssysteme,
- Fördersysteme,
- Lagersysteme,
- Sortier- und Verteilsysteme,
- Umschlagsysteme und
- Kommissioniersysteme.

Im Folgenden wird die Kommissionierung als Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit detaillierter betrachtet. In intralogistischen Materialflusssystemen stellt die Kommissionierung eine elementare Grundfunktion dar, die eng mit der Lagerfunktion verzahnt ist (siehe Abbildung 5).

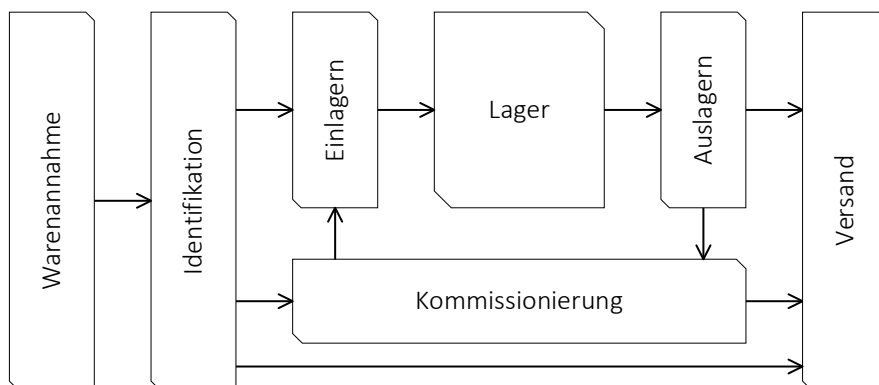


Abbildung 5: Materialflusstechnische Grundfunktionen (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 55)

³ Eine differenziertere Untersuchung zum Wertschöpfungsbeitrag der Kommissionierung (Zusammensetzung) erfolgt in Abschnitt 5.1. An dieser Stelle kann vorweggenommen werden: Die Kommissionierung wird primär dem Transformationsprozess zugeordnet, besitzt jedoch auch wertschöpfende Aspekte.

2.1.1 Kommissionierung

Die Kommissionierung hat das Ziel, aus einer Gesamtmenge von Gütern (Sortiment) Teilmengen aufgrund von Anforderungen (Aufträge) zusammenzustellen [VDI3590]. Bei einem Logistikdienstleister oder Handelsunternehmen umfasst die Kommissionierung demnach all jene Prozesse, die notwendig sind, um aus einem Warensortiment vorliegende Artikel kundenauftragspezifisch zusammenzustellen, um daraus anschließend Versandeinheiten bilden zu können.

Teilsysteme von Kommissioniersystemen

Der Kommissionierprozess findet in einem Kommissioniersystem statt. Dieses besteht aus drei Teilsystemen, die untereinander in Verbindung stehen: Materialfluss-, Informations- und Organisationssystem (siehe Abbildung 6; vertiefend dazu [HSB11]).

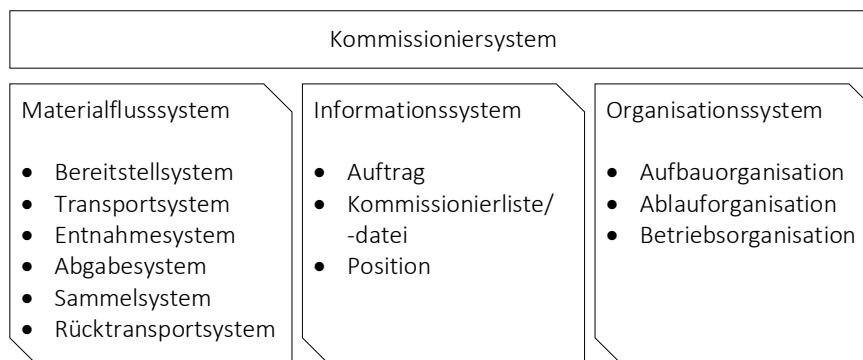


Abbildung 6: Teilsysteme und Elemente eines Kommissioniersystems (eigene Darstellung nach [VDI3590], S. 3 ff.)

Das **Materialflusssystem** bildet das physische Gerüst eines Kommissioniersystems. Es besteht im Wesentlichen aus Förder- und Lagertechnik. Diese Infrastruktur bildet die Voraussetzung, dass die Artikel bereitgestellt bzw. gelagert, bei der Kommissionierung bedarfsgerecht entnommen, zum Abgabeort transportiert und dort abgegeben werden können. Das Materialflusssystem besteht aus sechs Elementen: Bereitstell-, Transport-, Entnahme-, Abgabe-, Sammel- und Rücktransportsystem. Der Automatisierungsgrad dieser Systeme reicht von manuell bis vollautomatisiert.

Das **Informationssystem** beinhaltet Informationselemente, die zur Auslösung und/oder Durchführung der Kommissionieraufgabe notwendig sind. Dazu gehört ein Auftrag, welcher Basisinformationen, wie Artikelnummern und Bestellmengen, beinhaltet und den Kommissioniervorgang

initiativ auslöst. Auf der Kommissionierliste oder –datei werden die Basisinformationen mit den spezifischen Informationen des Kommissioniersystems, wie Entnahmeort und Entnahmemenge, verknüpft und aufbereitet. Sie besteht aus einer oder mehreren Positionen, wobei jede Position für einen Entnahmevorgang steht. Ein Entnahmevorgang besteht aus einem oder mehreren Artikeln.

Die Übermittlung der Informationen an den kommissionierenden Mitarbeiter kann auf unterschiedliche Weise geregelt sein. Picklisten existieren in Papierform oder aber auch in digitaler Form auf stationären Terminals oder mobilen Endgeräten, wie Handhelds oder Tablets. Die Kommissionierinformationen können auch auf digitalen Anzeigen an dem Entnahmeort bereitgestellt (bspw. Pick-by-Light) oder akustisch übertragen werden (bspw. Pick-by-Voice).

Das **Organisationssystem** definiert alle Entscheidungen über Aufbau und Abläufe des Kommissioniersystems. Es teilt sich in die drei Teilsysteme Aufbau-, Auftrags- und Betriebsorganisation auf. Die Aufbauorganisation bestimmt die Infrastruktur des Kommissioniersystems, indem Kommissionierzonen anhand ähnlicher Eigenschaften der Artikel eingerichtet werden. Dies können z. B. Zugriffshäufigkeiten oder Artikelabmessungen sein. Die Technologien (wie die Förder- und Lagertechnik oder das Informationssystem) können somit besser auf die Kommissionierzone abgestimmt werden.

Im Rahmen der Ablauforganisation werden die grundlegenden Abläufe im Kommissioniersystem festgelegt, bspw. ob Aufträge auftrags- oder artikelorientiert kommissioniert werden bzw. ob der Ablauf einstufig oder zweistufig ist.

Die Betriebsorganisation umfasst Strategien zur zeitlichen Planung der Kommissionieraufträge wie bspw. die Reihenfolge. Das Ziel dabei ist die Optimierung des Gesamtsystems nach systemspezifischen Zielgrößen wie Personaleinsatz oder Durchlaufzeit.

Technische Komponenten von Kommissioniersystemen

Ein Kommissioniersystem besteht aus einer Kombination verschiedener technischer Komponenten. Diese können in Lager-, Förder-, Handhabungs- und Ladehilfsmittel sowie informationstechnische Kommissioniererführung unterteilt werden (vgl. [HSB11], S. 43 ff.; vertiefend siehe auch [HSD18]).

Lagermittel werden vorrangig zur Bereitstellung der zu kommissionierenden Güter, aber auch zur Bevorratung des Nachschubs eingesetzt. Sie sind zwingender Bestandteil der Infrastruktur eines Kommissioniersystems. Je nachdem, ob das Lagergut nach der Einlagerung an einem ortsfesten Lagerplatz verbleibt oder nicht, wird zwischen statischer und dynamischer Lagerung unterschieden.

Fördermittel bezeichnen die technischen Hilfsmittel, die den innerbetrieblichen und räumlich begrenzten Transport bewerkstelligen. Sie unterteilen sich in stetige (Be- und Entladung im laufenden Betrieb) und unstetige Fördermittel (im Stillstand). Neben dem Güter- und Personentransport können Fördermittel auch verteilende, sammelnde, sortierende, puffernde oder zwischenlagernde Funktionen erfüllen. In Kommissioniersystemen werden Fördermittel, wie Kommissionierfahrzeuge oder -gabelstapler, auch für den kombinierten Transport von Personen und Aufträgen, Nachschub, Ladehilfsmitteln etc. genutzt.

Handhabungsmittel realisieren insbesondere die räumliche Anordnung von Objekten. In Kommissioniersystemen treten sie bspw. in Sortiersystemen in Form von Pushern oder bei ergonomisch ungünstigen Hebevorgängen in Form von Greifern auf.

Ladehilfsmittel dienen zur Bündelung von Gütern zu Ladeeinheiten, zur Konsolidierung von Kommissionierpositionen und allgemein zum Transport von Gütern. Zudem können sie eine schützende Funktion innehaben. In Kommissioniersystemen werden vorrangig standardisierte, genormte Kleinladungs- (wie Behälter) und Großladungsträger (wie Europaletten) eingesetzt.

Die **informationstechnische Kommissioniererführung** stellt die Verbindung zwischen dem Warehouse Management System o. Ä. und dem Kommissionierer dar. Mithilfe dieser werden die benötigten Informationen sowohl über den Auftrag als auch den Entnahmeort übermittelt. Beispiele hierfür sind mobile Handhelds oder stationäre Displays an Bereitstellorten.

Klassifizierung und Systemtypen

Durch die Kombination der verschiedenen technischen Komponenten und der verschiedenen Gestaltungsvarianten der Teilsysteme entsteht eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungen für Kommissioniersysteme. Eine beispielhafte Klassifizierung kann anhand der organisatorischen Prinzipien Person-zur-Ware und Ware-zur-Person sowie einer Kombination aus beiden und dem Automatisierungsgrad des Systemtyps vorgenommen werden ([HSB11], S. 66). Somit entstehen neun mögliche Systemtypen, die sich in der betrieblichen Praxis jedoch auf fünf gängige Systemtypen reduzieren lassen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Klassische Systemtypen in der Kommissionierung und beispielhafte Systemlösungen (eigene Darstellung nach [HSB11], S. 66)

	Person-zur-Ware (PzW)	Ware-zur-Person (WzP)	Kombination aus PzW und WzP
manuell	konventionelles Kommissionieren Kommissioniernest Kommissioniertunnel		
teilautomatisiert	manuelles Kommissionieren mit fahrerlosem Transportfahrzeug Kommissionieren im Hochregal manuelles Kommissionieren mit Bahnhof manuelles Kommissionieren – Kombination aus Durchlaufregal und Fachbodenregal	Kommissionierstation mit Behälterregal-Anbindung Kommissionierstation mit Shuttlesystem-Anbindung Kommissionierstation mit Horizontal-Umlaufregal-Anbindung Vertikal-Umlaufregal Liftsystem	zweistufige Kommissionierung mit Pick-to-Belt Kommissionieren entlang einer Regalfront am automatischen Kleinteilelager inverses Kommissionieren
vollautomatisiert		stationärer Kommissionierroboter mit Palettenregal-Anbindung Schachtkommissionierer automatisches Kollipicken	

Systemauswahl und Automatisierungsgrad

Bei der Planung und Gestaltung von Kommissioniersystemen ist ein wesentlicher Aspekt die zugrunde liegende Auftragsstruktur (vgl. [HSB11], S. 33). Anhand des vorwiegenden Durchschnittsauftrags werden grundlegende Entscheidungen zur Systemauswahl getroffen, die insbesondere die Art der Bereitstellung und damit den Grad der Automatisierung des Kommissioniersystems beeinflussen. Tabelle 2 zeigt eine beispielhafte erste Stufe der Systemauswahl, die auf der Auftragsstruktur anhand der gängigen Parameter Artikelanzahl (d. h. Sortiment) und Anzahl von Auftragspositionen basiert.

Tabelle 2: Erste Stufe der Systemauswahl bei einstufiger Kommissionierung (eigene Darstellung nach [Kum97], S. 167)

	hohe Artikelanzahl	niedrige Artikelanzahl
hohe Anzahl von Auftragspositionen	dynamische Bereitstellung Ware-zur-Person sequenzielle Auftragsbearbeitung	statische Bereitstellung Person-zur-Ware sequenzielle Auftragsbearbeitung
niedrige Anzahl von Auftragspositionen	statische Bereitstellung Person-zur-Ware parallele Auftragsbearbeitung	statische Bereitstellung Person-zur-Ware sequenzielle Auftragsbearbeitung

2.1.2 Beschäftigungsstruktur

In diesem Abschnitt wird die Beschäftigungsstruktur im Bereich der Kommissionierung untersucht. Dem wird sich zuerst über eine Beschäftigungsstrukturanalyse der gesamten Logistikbranche angenähert, um anschließend die Intralogistik und daraus die Kommissionierung herauszufiltern.

Die Beschäftigten in der Kommissionierung stellen eine Teilmenge der rund drei Millionen Logistikbeschäftigten in Deutschland dar (vgl. [BVL17c]). Der Anteil der Kommissionierbeschäftigten ist jedoch schwer zu beziffern. Dies hat mehrere Gründe. Die Logistik hält eine Querschnittsfunktion inne, das heißt, man findet sie in vielen Branchen wieder. Das betrifft insbesondere die Intralogistik. Daher ist die Identifikation von Logistikbeschäftigten nicht unmittelbar trivial. Viele Studien denken in Branchengrenzen oder betrachten Logistik ausschließlich als Verkehr⁴. Die Intralogistik als Querschnittsbranche ist somit aus vielen Studien schwer zu extrahieren.

Als Teilbereich der Intralogistik ist auch die Kommissionierung mit dieser schwierigen statistischen Abgrenzung konfrontiert. Daher existieren wenige aussagekräftige Studien zur Logistikbeschäftigung in Deutschland, welche explizit die Kommissionierung betrachten. Eine Fraunhofer-Arbeitsgruppe widmet sich in unregelmäßigem zeitlichem Abstand dieser Herausforderung (vgl. [KDV15]). Dazu haben die Forscher eine Methode entwickelt, die die Logistikinhalte der ausgeübten Tätigkeiten anhand der Statistik der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in Deutschland bewer-

⁴ Bspw. das Statistische Bundesamt, das zwischen sieben Wirtschaftsbereichen, einer davon „Transport & Verkehr“, unterscheidet (vgl. [Sta17]).

tet. Somit wird die logistikrelevante Beschäftigung aus der Statistik extrahiert. Die funktionale Sichtweise der Studie ermöglicht es, die Struktur der Logistikbeschäftigten abzubilden (vgl. [KDV15], S. 10):

- 53 % der Logistikbeschäftigten sind im Bereich Lager und Umschlag tätig, also der Intralogistik,
- 26 % erledigen Transport- und Zustelltätigkeiten und
- 21 % sind im kaufmännischen Bereich und der Verwaltung tätig.

Vorausgesetzt, die Logistikbeschäftigungsstruktur ist seit der letzten Ausgabe der Studie (2015) gleichgeblieben, bedeutet dies, dass derzeit rund 1,59 Millionen Beschäftigte in Lager und Umschlag tätig sind. Wie viele davon in der Kommissionierung arbeiten, lässt die Studie jedoch offen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand existieren keine belastbaren und allgemeingültigen Studien zu der Beschäftigungsstruktur innerhalb der Intralogistik. Die Fachgemeinde ist sich lediglich einig, dass die Kommissionierung der personalintensivste Bereich der Intralogistik ist⁵. Folglich bedarf es einer alternativen Herangehensweise, um fundierte Aussagen über die Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung zu generieren. Im Folgenden werden verschiedene Ansätze diskutiert und anschließend zu einem Gesamtbild zusammengeführt.

Ansatz #1: Annäherung über Qualifikationen

Eine Möglichkeit, die Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung zu analysieren, besteht in einer genaueren Betrachtung der Arbeitsmarktdaten des Statistischen Bundesamts. Viele der dort erhobenen Daten enthalten Angaben zu der beruflichen Tätigkeit.

Die jährlich erscheinende *Fachserie 16, Reihe 2.3* erhebt Daten über Verdienste und Arbeitskosten (vgl. [Sta18b]). Somit ist die Fachserie primär dafür geeignet, das Verdienstniveau zu analysieren. Jedoch hat die Fachserie den positiven Nebeneffekt, dass sie nach Wirtschaftszweigen und Leistungsgruppen differenziert. Somit kann man sich der Kommissionierung als Kernprozess in der Lagerung annähern. Dies geschieht über den Wirtschaftszweig *H Verkehr und Lagerei*. Dieser gliedert sich u. a. in *H52 Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr*. Die feinste Detaillierungsstufe ist dann anschließend *H521 Lagerei*, die im Folgenden weiter betrachtet wird.

⁵ Beispielfür die deutsche Intralogistikbranche sind hier [HSB11] und [Wis09] zu nennen. Allgemein lässt sich feststellen, dass es an umfassenden Erhebungen fehlt, was an der großen Bandbreite branchenspezifischer Kommissioniersysteme liegen mag. Andere Autoren verweisen auf Kostenanalysen betriebswirtschaftlicher Studien (siehe Fußnote 2).

Die Daten gliedern sich in fünf verschiedene Leistungsgruppen, die sich hinsichtlich Tätigkeiten und notwendigen Qualifikationen unterscheiden. Die Definition von Leistungsgruppen ist für alle Wirtschaftszweige universalgültig. Daher bedarf es einer Anpassung dieser für den Wirtschaftszweig *H521 Lagerei*. Dies geschieht über die in der Kommissionierung verorteten Ausbildungsstufen: akademische Ausbildung⁶, Berufsausbildung⁷ und keine berufliche Ausbildung. Eine Zuordnung von eindeutig in der Kommissionierung verorteten Positionen bzw. Funktionen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Die operativen Tätigkeiten im Rahmen der Kommissionierung sind demnach den Leistungsgruppen 4 und 5 zuzuordnen, wenngleich sie auch von den anderen Leistungsgruppen erfüllt werden könnten.

Tabelle 3: Leistungsgruppen für Arbeitnehmer (eigene Darstellung)

Bezeichnung	Beschreibung (vgl. [Sta18a])	Position / Funktion in der Kommissionierung
Leistungsgruppe 1	Arbeitnehmer in leitender Stellung mit Aufsichts- und Dispositionsbefugnis. Hierzu zählen z. B. auch angestellte Geschäftsführer, sofern deren Verdienst zumindest noch teilweise erfolgsunabhängige Zahlungen enthält. Eingeschlossen sind ferner alle Arbeitnehmer, die in größeren Führungsbereichen Dispositions- oder Führungsaufgaben wahrnehmen (z. B. Abteilungsleiter) und Arbeitnehmer mit Tätigkeiten, die umfassende kaufmännische oder technische Fachkenntnisse erfordern. In der Regel werden die Fachkenntnisse durch ein Hochschulstudium erworben. Die Tätigkeiten werden selbstständig ausgeführt.	Logistikmanager (Lagerleiter, o. Ä.)
Leistungsgruppe 2	Arbeitnehmer mit sehr schwierigen bis komplexen oder vielgestaltigen Tätigkeiten, für die in der Regel nicht nur eine abgeschlossene Berufsausbildung, sondern darüber hinaus mehrjährige Berufserfahrung und spezielle Fachkenntnisse erforderlich sind. Die Tätigkeiten werden überwiegend selbstständig ausge-	Fachwirt für Logistiksysteme Teamleiter für die Kommissionierung

⁶ Studiengänge, die unmittelbar der Lagerei zugeordnet werden können, sind aufgrund der großen Bandbreite an wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlichen Studienangeboten nicht eindeutig zu benennen. Es gibt nicht *den* einen Studiengang, vielmehr existieren eine Vielzahl relevanter Studiengänge (vgl. [Tar17]).

⁷ Ausbildungsberufe, die unmittelbar der Lagerei zugeordnet werden können, sind *Fachlagerist* und *Fachkraft für Lagerlogistik*. Daneben existieren kaufmännische Ausbildungsberufe, die indirekten Bezug zur Lagerei aufweisen (vgl. [Ver18]).

	führt. Dazu gehören auch Arbeitnehmer, die in kleinen Verantwortungsbereichen gegenüber anderen Mitarbeitern Dispositions- oder Führungsaufgaben wahrnehmen (z. B. Vorarbeiter, Meister).	
Leistungsgruppe 3	Arbeitnehmer mit schwierigen Fachtätigkeiten, für deren Ausübung in der Regel eine abgeschlossene Berufsausbildung, zum Teil verbunden mit Berufserfahrung, erforderlich ist.	Fachkraft für Lagerlogistik Fachlagerist
Leistungsgruppe 4	Angelernte Arbeitnehmer mit überwiegend einfachen Tätigkeiten, für deren Ausführung keine berufliche Ausbildung, aber besondere Kenntnisse und Fertigkeiten für spezielle, branchengebundene Aufgaben erforderlich sind. Die erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten werden in der Regel durch eine Anlernzeit von bis zu zwei Jahren erworben.	Kommissionierer
Leistungsgruppe 5	Ungelernte Arbeitnehmer mit einfachen, schematischen Tätigkeiten oder isolierten Arbeitsvorgängen, für deren Ausübung keine berufliche Ausbildung erforderlich ist. Das erforderliche Wissen und die notwendigen Fertigkeiten können durch Anlernen von bis zu drei Monaten vermittelt werden.	Kommissionierer Lagerhelfer

Die Beschäftigungsstruktur im Wirtschaftszweig *H521 Lagerei* lässt sich der folgenden Tabelle 4 entnehmen.

Tabelle 4: Prozentuale Verteilung der Leistungsgruppen im Wirtschaftszweig *H521 Lagerei* im Jahr 2016 (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte) (eigene Darstellung)

Leistungsgruppe 1	Leistungsgruppe 2	Leistungsgruppe 3	Leistungsgruppe 4	Leistungsgruppe 5
6 %	13 %	26 %	27 %	27 %

Quelle: Statistisches Bundesamt; Abweichungen zu 100 % im Original

Die Betrachtung des Wirtschaftszweiges *H521 Lagerei* als beispielhaftem Wirtschaftszweig für die Intralogistik erscheint prinzipiell sinnvoll. Die angestellten Überlegungen weisen jedoch einige Mängel auf. Zum Ersten besteht dies in der bereits mehrfach diskutierten Querschnittsfunktion der Intralogistik, die sich auch in anderen Wirtschaftszweigen wiederfindet. Zum Zweiten ist zu bemerken, dass die hier betrachtete Datenbasis ausschließlich Vollzeitbeschäftigte betrachtet. Zum Dritten ist die mangelnde Abgrenzung innerhalb des Wirtschaftszweigs zu beanstanden. Demnach kann nicht eindeutig gesagt werden, welche Positionen/Funktionen alle innerhalb der

Leistungsgruppe im Bereich Lagerei zusammengefasst werden. Definitiv beinhalten diese die für die Kommissionierung. Jedoch existieren noch weitere Tätigkeiten, die dem Bereich der Lagerei zugeordnet werden könnten, bspw. die Verpackung oder die Verladung. Lediglich die Abgrenzung zu den Dienstleistungstätigkeiten innerhalb des Wirtschaftszweigs ist gegeben (Kategorie *H522 Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr*). Welcher Kategorie jedoch Dienstleistungstätigkeiten, die zwar kaufmännisch einzuordnen, jedoch eigentlich den Lagerprozessen zugehörig erscheinen (wie bspw. Kaufmann für Spedition und Logistikdienstleistung), zuzuordnen sind, bleibt fraglich.

Zusammenfassend zu Ansatz #1 lässt sich sagen:

- Die Beschäftigungsstruktur in Lagerprozessen kann hinsichtlich der Qualifikationen unterschieden werden. Demnach gilt:
 - 54 % der sozialversicherungspflichtig Lagerbeschäftigten sind angelernt (Leistungsgruppen 4 und 5),
 - 39 % besitzen eine spezifische Berufsausbildung (Leistungsgruppen 2 und 3) und
 - 6 % verfügen über ein Studium oder Vergleichbares (Leistungsgruppe 1).
- Dieser Ansatz gibt ausschließlich eine prozentuale Verteilung der Beschäftigungsstruktur her.
- Es lassen sich Rückschlüsse auf das Qualifikationsniveau in der Kommissionierung folgern.

Ansatz #2: Annäherung über Tätigkeiten

Eine weitere Möglichkeit zur Analyse der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung stellen die Daten der Bundesagentur für Arbeit dar. Die Datensätze werden systematisch gruppiert in Form der Klassifikation der Berufe (KldB), mit dem Ziel die aktuelle Berufslandschaft in Deutschland realitätsnah abzubilden [Buno.J.b]. Dazu werden Berufe in Form einer fünfstelligen Ziffer klassifiziert. Insgesamt existieren

- 10 Berufsbereiche (1-Steller),
- 37 Berufshauptgruppen (2-Steller),
- 144 Berufsgruppen (3-Steller),
- 700 Berufsuntergruppen (4-Steller) und
- 1.286 Berufsgattungen (5-Steller).

Die KldB in ihrer aktuellen Form aus dem Jahr 2010 strukturiert Berufe anhand der zwei Dimensionen Berufsfachlichkeit (1- bis 4-Steller) und Anforderungsniveau (5-Steller), und gibt somit ein detailliertes Bild der Tätigkeiten wieder. Die vier verschiedenen Ziffern am 5-Steller geben dabei Auskunft über das Anforderungsniveau:

- Anforderungsniveau 1: Helfer- und Anlerntätigkeiten
- Anforderungsniveau 2: fachlich ausgerichtete Tätigkeiten
- Anforderungsniveau 3: komplexe Spezialistentätigkeiten
- Anforderungsniveau 4: hoch komplexe Tätigkeiten

Aufsichts- und Führungskräfte werden gesondert von den Fachkräften betrachtet, indem diesen eine 9 an dem 4-Steller des numerischen Schlüssels zugeordnet wird. Zu den Aufsichtskräften zählen insbesondere die Meisterberufe, aber auch Teamleiter (Endziffer/Niveau 3). Die Führungskräfte sind durch Leitungsfunktion mit Personal- und Budgetverantwortung charakterisiert, wie bspw. Geschäftsführer oder Abteilungsleiter (Endziffer/Niveau 4).

Analog zum Vorgehen im Ansatz #1 kann man sich der Kommissionierung als Kernprozess in der Lagerung annähern. Dies geschieht über die Berufsgruppe *513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag*. Dieser gliedert sich in die vier Berufsuntergruppen *5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, 5132 Berufe für Post- und Zustelldienste, 5133 Berufe im Güter- und Warenumschlag* und *5139 Aufsicht, Führung – Lagerwirtschaft, Zustellung, Güterumschlag*. Von besonderer Relevanz für die Kommissionierung erscheint auf den ersten Blick die Berufsgruppe *5131 Berufe in der Lagerwirt-*

schaft, die im Folgenden weiter betrachtet wird. Die quartalsweise publizierte Statistik *Beschäftigte nach Berufen (Klassifikation der Berufe 2010)* wird als Datenbasis verwendet⁸.

Eine genauere Betrachtung der Berufsuntergruppe 5131 hinsichtlich der Aufgaben, Tätigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten bestätigt die oben vermutete Relevanz für die Kommissionierung. Sowohl bei den Helfer- (51311) als auch fachlich ausgerichteten Tätigkeiten (51312) werden explizit Arbeitsprozesse der Kommissionierung genannt. Der Aufgabenbereich der Aufsichts- (51393) und Führungskräfte (51394) umfasst planerische und strategische Tätigkeiten, die ebenfalls eindeutig der Kommissionierung zuzuordnen sind.

Des Weiteren wird bei der Betrachtung deutlich, dass die Berufsuntergruppe *5131 Berufe in der Lagerwirtschaft* ausschließlich aus operativen Berufen besteht, die ausschließlich auf dem Shopfloor verortet sind. Kaufmännische Berufe werden in dieser Berufsuntergruppe also nicht betrachtet.

⁸ Die Publikationen werden zwar vierteljährlich erstellt, jedoch liegt der jeweilige Stichtag ein dreiviertel Jahr zurück. Im Folgenden werden jeweils die Statistiken zu dem Stichtag 31.12. verwendet.

Tabelle 5: Klassifikation der Berufe, Ausgabe 2010 (KldB 2010), Auszug (eigene Darstellung)

	51311 Berufe in der Lagerwirtschaft - Helfer-/Anlern Tätigkeiten	51312 Berufe in der Lagerwirtschaft - fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	51393 Aufsichtskräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag	51394 Führungskräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag
zugeordnete Berufe (Beispiele)	Belader Entlader Etikettierer Lagerhelfer Lagerhilfsarbeiter Möbelträger Packer Produktionshelfer – Verpackung Transporthelfer Versandarbeiter Warenauszeichner	Disponent – Lager Fachkraft – Lagerlogistik Fachlagerist Kommissionierer Magazinverwalter Warenannehmer	Meister – Lagerwirtschaft Ladebetriebsleiter Hafenumschlagsmeister	Lagerleiter Versandleiter
Aufgaben, Tätigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten, üblicherweise	<ul style="list-style-type: none"> • bei Umzügen und Möbeltransporten mithelfen, Möbelstücke montieren, demonstrieren, verpacken und kennzeichnen • Fachkräfte bei der Kommissionierung und Verpackung von Artikeln unterstützen, Waren annehmen und ausgeben • auf Anweisung die auf Paletten gelagerten Waren und Güter transportieren und stapeln 	<ul style="list-style-type: none"> • Entladungsvorgänge organisieren, angelieferte Waren in Empfang nehmen und sie auf Vollständigkeit und Unversehrtheit kontrollieren • die Kommissionierung, Verpackung, Verladung und Versendung von Gütern organisieren • den Warenfluss vom Lager zu anderen Unternehmensbereichen wie Fertigung, Vertrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • den Wareneingang ins Lager, den Warentransport innerhalb des Lagers sowie den Warenausgang aus dem Lager überwachen • Qualitätskontrollen bei gelieferten Waren durchführen • Warenbestände sowie deren ordnungsgemäße, produktspezifische Lagerung kontrollieren • Lagerbücher, -karteien, -listen und -dateien 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategien zu Lagerhaltung, Güterumschlag sowie Zustellung von Express-, Kurier- und Postsendungen festlegen, implementieren und überwachen • Pläne zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Lagerbestände bei minimalen Kosten erstellen und implementieren • Lager- und Lagerhaltungssysteme zur Erfüllung der Lieferanforderungen

<ul style="list-style-type: none"> ● Produkte, Verpackungen und verschiedene Behälter befüllen und kennzeichnen ● Verladearbeiten verrichten, z. B. Be- und Entladen von Lkws, Waggonen oder Schiffen 	<p>oder Service gewährleisten</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen ● Möbel und andere zur Lagerung übernommene Gegenstände inventarisieren ● Lageraufzeichnungen führen, die Warenausgabe überprüfen, Bedarfsschätzungen vornehmen und neue Lagerbestände anfordern 	<p>führen, den Lagerbedarf festlegen und Ergänzungsbedarf der Geschäftsleitung melden</p> <ul style="list-style-type: none"> ● den Einsatz von Personal und Geräten bzw. den sachgemäßen Transport und Versand von Gütern planen, organisieren und kontrollieren ● Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter organisieren und den betrieblichen Teil der Ausbildung durchführen 	<p>überwachen und prüfen, Lagerbestände kontrollieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ● den Wareneingang, Warentransport innerhalb des Lagers sowie den Warenausgang aus dem Lager überwachen ● Aufzeichnungssysteme zur Verfolgung aller Warenbewegungen führen, um die Nachbestellung und Lagerauffüllung zu optimalen Zeitpunkten sicherstellen zu können ● sich mit vor- und nachgelagerten Abteilungen wie Einkauf, Produktion oder Vertrieb abstimmen ● das Budget verwalten, Ausgaben kontrollieren und einen effizienten Ressourceneinsatz sicherstellen ● operative und administrative Verfahren festlegen und leiten ● die Auswahl, Weiterbildung und Leistung der Mitarbeiter überwachen
---	---	--	--

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Die Beschäftigungsstruktur der gesamten Berufsgruppe *513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag* ist Tabelle 6 zu entnehmen. Dabei wird ersichtlich, dass Aufsichts- und Führungskräfte (Anforderungsniveau 3 und 4) nicht direkt der Lagerwirtschaft zugeordnet werden können, da sie zusammengefasst für Lagerwirtschaft, Post- und Zustelldienste sowie Güter- und Warenumsschlag betrachtet werden. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass die Kommissionierung innerhalb der Berufsgruppe gut abgegrenzt werden kann, da sie eindeutig der Berufsuntergruppe *5131 Berufe in der Lagerwirtschaft* zugeordnet werden kann.

Tabelle 6: Klassifikation der Berufe, sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Berufsgruppe 513, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

	Anforderungsniveau aus der KldB2010 (Bezeichnung)	1 (Helfer)	2 (Fachkraft)	3 (Spezialist)	4 (Experte)	gesamt
Berufsgruppe 513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag	5131 Berufe in der Lagerwirtschaft	911.926	420.206	-	-	1.332.132
	5132 Berufe für Post- und Zustelldienste	93.589	128.568	-	-	222.157
	5133 Berufe im Güter- und Warenumsschlag	-	17.305	-	-	17.305
	5139 Aufsicht, Führung – Lagerwirtschaft, Zustellung, Güterumschlag	-	-	8.970	18.881	27.851

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Die Klassifizierung der Berufe beinhaltet neben den oben genannten Punkten noch weitere Daten, die für die Beschäftigungsstruktur relevant sind. So werden ebenfalls die Merkmale Arbeitszeit, Berufsabschluss, Geschlecht, Staatsangehörigkeit und Altersgruppe erhoben. Zusammenfassend lässt sich feststellen (siehe Tabelle 7), dass der Anteil ausländischer Staatsbürger an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten 21 % beträgt. Zudem sind 17 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten zwischen 55 und 65 Jahren alt und 3 % sind Auszubildende.

Tabelle 7: Klassifikation der Berufe, sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Berufsuntergruppe 5131 nach ausgewählten Merkmalen, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

insgesamt (KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft)			1.332.132
darunter	Arbeitszeit	in Vollzeit	1.094.823
		in Teilzeit	237.309
	Anforderungsniveau aus der KldB 2010	Helfer	911.926
		Fachkraft	420.206
		Spezialist	-
		Experte	-
	Berufsabschluss	ohne beruflichen Ausbildungsabschluss	323.889
		mit anerkanntem Berufsabschluss	768.423
		mit akademischem Berufsabschluss	25.321
		Ausbildung unbekannt	214.499
darunter	Geschlecht	Männer	999.647
		Frauen	332.485
	Staatsangehörigkeit	Deutsche	1.050.929
		Ausländer	280.419
	Altersgruppen	unter 25 Jahre	144.340
		25 bis unter 55 Jahre	947.727
		55 bis unter 65 Jahre	232.387
		65 Jahre und älter	7.678
		darunter bis zur Regelaltersgrenze	1.826
	darunter: Auszubildende	Geschlecht	insgesamt
Männer			29.796
Frauen			3.916

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Das Verhältnis von geringfügig zu sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Berufsuntergruppe 5131 *Berufe in der Lagerwirtschaft* beträgt fast 1 zu 4. Dieser Wert erscheint recht hoch. Eine genauere Analyse der geringfügig Beschäftigten insgesamt über alle Wirtschaftszweige hinweg untermauert dies: Die Lagerwirtschaft ist eine besonders präferierte Berufsuntergruppe für geringfügig Beschäftigte. Im Produktions- und Logistikbereich sind nur noch Post- und Zustelldienste populärer (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Top 10 der geringfügig Beschäftigten insgesamt nach der ausgeübten Tätigkeit der Klassifikation der Berufe (KldB 2010), Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

gesamt	7.624.134
5410 Berufe in der Reinigung (o. S.)	1.002.749
7140 Büro- und Sekretariatskräfte (o. S.)	784.277
6330 Berufe im Gastronomieservice (o. S.)	665.129
6210 Berufe im Verkauf (ohne Produktspezial.)	525.561
5132 Berufe für Post- und Zustelldienste	387.219
5131 Berufe in der Lagerwirtschaft	307.920
3410 Berufe in der Gebäudetechnik (o. S.)	258.912
2930 Köche (o. S.)	212.569
5218 Fahrzeugführer im Straßenverkehr (s. s. T.)	154.623
5311 Berufe im Objekt-, Werte-, Personenschutz	111.933

Quelle: Bundesagentur für Arbeit; s. s. T.: sonstige spezifische Tätigkeitsangabe; o. S.: ohne Spezialisierung

Die Beschäftigungsstruktur der Lagerwirtschaft ist in der folgenden Tabelle 9 abgebildet. Aufsichts- und Führungskräfte (Anforderungsniveau 3 und 4) sind aufgrund der fehlenden Zuordnung zur Lagerwirtschaft nicht berücksichtigt.

Tabelle 9: Beschäftigungsstruktur KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

5131 Berufe in der Lagerwirtschaft	Helfer	Fachkraft	gesamt
sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	911.926 (68 %)	420.206 (32 %)	1.332.132 (100 %)
geringfügig Beschäftigte	274.283 (89 %)	33.637 (11 %)	307.920 (100 %)
gesamt	1.186.209	453.843	1.640.052

Quelle: Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnung

In einem Gedankenexperiment lassen sich die Aufsichts- und Führungskräfte (Berufsuntergruppe 5139) der Berufsuntergruppe 5131 zuzuordnen, indem man diese anteilig auf die Berufsgattungen 51311, 51312 und 51313 aufteilt. Voraussetzung dieses Gedankenexperiments ist, dass der Anteil der Aufsichts- und Führungskräfte an diesen drei Berufsuntergruppen jeweils identisch ist. Somit ergibt sich eine Verteilung, die der folgenden Tabelle 10 zu entnehmen ist⁹.

Tabelle 10: Struktur der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Lagerwirtschaft, Stichtag 31.12.2016, inklusive Aufsichts- und Führungskräfte (eigene Darstellung)

Helfer	Fachkraft	Spezialist	Experte	gesamt
911.926 (67 %)	420.206 (31 %)	7.603 (1 %)	16.004 (1 %)	1.355.739 (100 %)

Quelle: Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnung

Zusammenfassend zu Ansatz #2 lässt sich sagen:

- Die Beschäftigungsstruktur in Lagerprozessen kann hinsichtlich der Tätigkeiten unterschieden werden. Demnach gilt:
 - 68 % der sozialversicherungspflichtig und 89 % der geringfügig Lagerbeschäftigten sind Helfer (Anforderungsniveau 1),
 - 32 % der sozialversicherungspflichtig und 11 % der geringfügig Lagerbeschäftigten sind Fachkräfte (Anforderungsniveau 2),
 - Aufsichts- und Führungskräfte (Anforderungsniveau 3 und 4) können nicht eindeutig lagerspezifisch ausgewiesen werden, außer im Gedankenexperiment.
- Dieser Ansatz gibt zudem absolute Zahlen zu der Beschäftigungsstruktur her.
- Es lassen sich insbesondere Rückschlüsse auf die Beschäftigungsstruktur hinsichtlich des Ausbildungsstands in der Kommissionierung folgern.

⁹ Die geringfügig beschäftigten Aufsichts- und Führungskräfte wurden aufgrund ihrer geringen Anzahl vernachlässigt (613 zum Stichtag 31.12.2016).

Ansatz #3: Annäherung über Beschäftigungsverhältnisse

Die Leistungsanpassung an wechselnde Systemlasten stellt eine Herausforderung der Logistik dar. Über- sowie Unterkapazitäten führen zu Ineffizienz und widersprechen somit logistischen Prinzipien. Das gilt auch für den Personalbedarf in Logistiksystemen. In besonderem Maße betrifft dies (teil-)manuell betriebene Kommissioniersysteme. Eine Stellschraube zur Kapazitätsanpassung ist die temporäre Arbeitnehmerüberlassung (auch geläufig als Leih- oder Zeitarbeit bezeichnet).

Insbesondere in Intralogistiksystemen, die dem E-Commerce zuzuordnen sind, herrschen bisweilen so starke saisonale Schwankungen (z. B. im Weihnachtsgeschäft), dass dieser Planungsschwierigkeit mit Leiharbeitern begegnet wird (vgl. [onv17]). Aber auch neben dem Saisongeschäft ist Leiharbeit bei Kontraktlogistikdienstleistern zur Abdeckung von kurz- und mittelfristigen Schwankungen weit verbreitet. Auch Industrieunternehmen anderer Branchen greifen häufig im Rahmen von Outsourcingstrategien auf Leiharbeiter zurück, die insbesondere für logistische Tätigkeiten eingesetzt werden (vgl. [DB06]).

Die Leiharbeit hat folglich eine hohe Relevanz für die Intralogistik und die Kommissionierung, da sie eine Möglichkeit darstellt, das Flexibilitätsbedürfnis von Unternehmen zu stillen. Aus diesem Grund wird sie explizit in der Analyse der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung betrachtet. Die Daten des Statistischen Bundesamtes (vgl. Ansatz #1) und der Bundesagentur für Arbeit (vgl. Ansatz #2) beinhalten zwar auch Leiharbeiter, die den Leistungs- bzw. Berufsgruppen des jeweiligen Wirtschaftszweiges zugeordnet werden, in dem sie tätig sind, jedoch lassen sie keinen Rückschluss darüber zu, welchen prozentualen Anteil Leiharbeit in der Kommissionierung hat. Dies ist besonders interessant mit den damit verknüpften Fragen hinsichtlich Kompetenzen/Fähigkeiten oder Vergütung.

Die Entwicklung der gesamten Leiharbeitsbranche in Deutschland zeigt im langfristigen Vergleich eine kontinuierliche Wachstumstendenz auf. 1993 lag die Zahl der Leiharbeiter noch bei jahresdurchschnittlich 114.000. Fünf Jahre später war sie bereits doppelt so groß. 2016 waren 991.000 Leiharbeiter in Deutschland sozialversicherungspflichtig (920.000, das entspricht 93 %) oder ausschließlich geringfügig (71.000, d. h. 7 %) beschäftigt. Das entspricht knapp 3 % der Gesamtbeschäftigung (vgl. [Bun17a]). Geprägt ist die Entwicklung durch die Konjunktur und durch gesetzliche Änderungen. Im Zuge der rechtlichen Änderungen im Rahmen der Hartz-Gesetze (Agenda 2010) kam es zu einem deutlichen Anstieg der Beschäftigung in der Leiharbeitsbranche. Wie sich die 2017 verabschiedeten Neuregelungen im Arbeitnehmerüberlassungsgesetz auswirken

werden, bleibt noch abzuwarten. Unter anderem sieht dies eine Überlassungshöchstdauer von 18 Monaten sowie eine Gleichstellung hinsichtlich des Arbeitsentgelts mit den Stammarbeitern vor (Equal Pay).

Auf der volkswirtschaftlichen Ebene der Beschäftigung kann man also eine hohe Relevanz der Leiharbeit feststellen. Inwiefern sich dies auf die Logistikbranche allgemein und die Kommissionierung im speziellen auswirkt, bedarf einer tiefergehenden Untersuchung. Allgemein arbeiten Leiharbeiter häufiger in Tätigkeiten, die mit einem niedrigen Anforderungsniveau verbunden sind, mehr als jeder Zweite übt eine Helfertätigkeit aus ([Bun17a], S. 4). Somit liegt die Vermutung nahe, dass die Kommissionierung mit ihrem niedrigen Anforderungsniveau (siehe Ansatz #1 und #2) ein potentielles Einsatzgebiet für Leiharbeiter darstellt. Die Betrachtung der Top-20-Berufsuntergruppen der KldB bestätigt dies: Knapp 24 % der Leiharbeiter sind in der Lagerwirtschaft tätig. Demnach ist die Lagerwirtschaft der bedeutendste Einsatzort von Leiharbeitern (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Bestand an Leiharbeitnehmern nach den Top 20 in Deutschland ausgeübten Tätigkeiten der KldB 2010, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

ausgeübte Tätigkeit nach KldB 2010	Anzahl	Anteil an Leiharbeitnehmer insgesamt in % (sozialversicherungspflichtig und ausschließlich geringfügig Beschäftigte)
513 Lagerwirt., Post, Zustellung, Güterumschlag	241.172	24,3
dar. 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft	237.708	23,9
242 Metallbearbeitung	101.714	10,2
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	59.806	6,0
714 Büro und Sekretariat	40.531	4,1
244 Metallbau und Schweißtechnik	36.059	3,6
221 Kunststoff, Kautschukherstell., -verarbeit.	31.876	3,2
633 Gastronomie	25.190	2,5
713 Unternehmensorganisation und -strategie	24.762	2,5
263 Elektrotechnik	24.184	2,4
262 Energietechnik	23.259	2,3
541 Reinigung	21.305	2,1
292 Lebensmittel- u. Genussmittelherstellung	21.061	2,1
525 Bau- und Transportgeräteführung	19.554	2,0
813 Gesundh., Krankenpfl., Rettungsd., Geburtsh.	16.671	1,7
252 Fahrzeug-Luft-Raumfahrt-, Schiffbautechn.	16.511	1,7
621 Verkauf (ohne Produktspezialisierung)	15.549	1,6
521 Fahrzeugführung im Straßenverkehr	15.198	1,5
821 Altenpflege	12.354	1,2
293 Speisenzubereitung	11.881	1,2
831 Erziehung, Sozialarb., Heilerziehungspfl.	11.521	1,2

Quelle: Bundesagentur für Arbeit [Bun17b]

Bereinigt man die 237.708 Beschäftigten in der Lagerwirtschaft um die dort ausschließlich geringfügig Beschäftigten, ergibt sich die Anzahl von 221.068 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Lagerwirt-

schaft¹⁰. Gemessen an den 1.332.132 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Lagerwirtschaft (siehe Ansatz #2) ergibt dies einen Anteil von 17 %. Bei der Betrachtung aller 1.640.052 Beschäftigten in KldB 5131 ergibt sich ein Anteil von 14 %.

Der Anteil an ausländischen Leiharbeitern in der Berufsgruppe *513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag* ist mit 38,5 % als sehr groß einzustufen. In keiner anderen Berufsgruppe gibt es anteilig mehr ausländische Leiharbeiter. Der Leiharbeiteranteil an den ausländischen Beschäftigten ist mit 25,9 % ebenfalls sehr groß. Lediglich in der Berufsgruppe *242 Metallbearbeitung* ist dieser noch größer. Zu beachten ist bei diesen Werten allerdings, dass sie sich auf die gesamte Berufsgruppe 513 beziehen (siehe Tabelle 12). Aufgrund des hohen Anteils der Berufsuntergruppe 5131 an der Berufsgruppe können sie jedoch als repräsentativ für die Kommissionierung angesehen werden.

Tabelle 12: Bestand an Leiharbeitern der Berufsgruppe 513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag nach ausgeübter Tätigkeit der KldB 2010 und Staatsangehörigkeit, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)

Beschäftigte	insgesamt	2.096.014
	Deutsche	1.736.188
	Ausländer	358.360
davon Leiharbeitnehmer	insgesamt	241.172
	Deutsche	148.127
	Ausländer	92.817
Anteil von Leiharbeitnehmern an Beschäftigten in %	insgesamt	100,0 %
	Deutsche	61,4 %
	Ausländer	38,5 %
Anteil von Leiharbeitnehmern an Beschäftigten in %	insgesamt	11,5 %
	Deutsche	8,5 %
	Ausländer	25,9 %

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

¹⁰ Da die Datenbasis keine detaillierteren Angaben hergibt, wird angenommen, dass die allgemeine 7 %-Quote von ausschließlich geringfügig beschäftigten Leiharbeitern auf alle Tätigkeiten übertragen werden kann.

Zusammenfassend zu Ansatz #3 lässt sich sagen:

- Die Lagerwirtschaft hat eine hohe Relevanz für die Leiharbeit. Knapp jeder vierte Leiharbeiter arbeitet in diesem Bereich (*KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft*).
- Die Leiharbeit hat eine hohe Relevanz für die Lagerwirtschaft. 17 % der sozialversicherungspflichtig und 14 % der insgesamt Beschäftigten dort sind Leiharbeiter.
- Ausländische Arbeitnehmer haben einen überdurchschnittlich großen Anteil an den Leiharbeitern der Lagerwirtschaft.
- Es lassen sich Rückschlüsse auf die Art der Beschäftigungsverhältnisse in der Kommissionierung schließen.

Fazit

Die drei verfolgten Ansätze liefern eine wissenschaftlich fundierte Analyse der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung, die auf aktuellen Daten basiert. Somit entsteht erstmalig ein Bild, das Qualifikationen, Tätigkeiten und Beschäftigungsverhältnisse vereint. In der Literatur existiert keine Beschäftigungsstrukturanalyse, die Kommissioniersysteme dermaßen ganzheitlich untersucht. Aspekte der Arbeitsbedingungen, wie Arbeitsentgelt oder Arbeitsumfang, wurden an dieser Stelle vernachlässigt, da sie nicht primär relevant für die Forschungsfragen sind. Das somit generierte Bild der Beschäftigungsstruktur ist eine elementare Grundlage, die Kommissionierung als soziotechnisches System zu analysieren und zu gestalten.

Rund zwei Drittel der Tätigkeiten in der Kommissionierung stellen simple Tätigkeiten dar, die keine spezifischen Qualifikationen benötigen. Diese können durch Helfer verrichtet werden, die angelernt werden und über keine spezifische Ausbildung in diesem Bereich verfügen (müssen). Somit erfüllt die Kommissioniertätigkeit alle Kriterien der Einfacharbeit, die keine einschlägige Berufsausbildung verlangt, nach kurzen Qualifizierungs- oder Einarbeitungsprozessen ausgeführt werden kann und kein übergeordnetes oder Hintergrundwissen erfordert (vgl. [AHI14], S. 15).

Damit ist die Kommissionierung besonders prädestiniert für Leiharbeiter, die vergleichsweise unqualifiziert sind. Sie können durch kurzfristiges Anlernen einfach in die Arbeitsprozesse integriert werden. Knapp vier von zehn Leiharbeitern sind ausländische Staatsbürger. Die Vermutung liegt hier nahe, dass dies mit den niedrigen Qualifikationsanforderungen in der Kommissionierung zusammenhängt. Sprachdefizite oder fehlende Qualifikationen stellen ggf. weniger Hürden dar als in anderen Arbeitsbereichen. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den direkt in der Kommissionierung sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, von denen jeder fünfte eine ausländische Staatsbürgerschaft hat.

Die fachspezifischen Tätigkeiten, die rund ein Drittel in der Kommissionierung ausmachen, können durch Fachkräfte abgedeckt werden. Diese verfügen vorrangig über eine Ausbildung zum Fachlagerist oder zur Fachkraft für Lagerlogistik.

Die leitenden oder gestaltenden Tätigkeiten obliegen den Aufsichts- und Führungskräften, die lediglich 1 bis 2 % der Beschäftigten in der Kommissionierung ausmachen. Diese Positionen werden von den wenigen Beschäftigten in diesem Bereich ausgefüllt, welche über weiterführende Qualifikationen, wie einen akademischen Abschluss, verfügen.

2.2 Digitale Transformation

Der Begriff „Digitalisierung“ kann auf unterschiedliche Weise interpretiert werden, weshalb die differenzierte Abgrenzung nicht nur für die Arbeitswissenschaft von besonderer Bedeutung ist. Es lassen sich zwei verschiedene Lesarten aus dem Englischen ableiten, wo zwischen „digitizing“ und „digitalization“ unterschieden wird (vgl. [Hes16]), und die für unterschiedliche Evolutionsstufen der Digitalisierung stehen.

Traditionell ist die technische Interpretation, dass Digitalisierung einerseits die Überführung von Informationen aus einer analogen in eine digitale Speicherform (engl. „digitizing“) und andererseits die Übertragung von Aufgaben an den Computer bezeichnet. Dafür notwendig ist sowohl ein Sensor zur Erfassung analoger Größen als auch eine Software, die diese Größen in ein maschinenlesbares, digitales (d. h. binäres) Format überführt. Die somit in digitalisierter Form vorliegenden Daten können dann über unterschiedliche Medien transportiert und auf unterschiedlichen Endgeräten genutzt werden. Diese primär technologische Perspektive hat sich bereits spätestens Ende der 1990er-Jahre in jenen Wirtschaftsbereichen durchgesetzt, in denen „Produktion, Konsumtion und Kommunikation unmittelbar auf immateriellen Transaktionen und der Nutzung von Daten und Informationen basieren“ ([HH17], S. 359) und kann als erste Phase der Digitalisierung beschrieben werden. Beispiele dafür sind die Musikherstellung und -distribution, das Verlags- und Zeitschriftenwesen oder auch Finanzdienstleistungen (ebd.).

Gegenwärtig kann von einer zweiten Phase der Digitalisierung gesprochen werden, welche begrifflich an die Bedeutung von „digitalization“ angelehnt ist (dazu vertiefend [BMP15]). Diese neuere, umfassendere Interpretation bezeichnet eine spezielle Form der Automatisierung mithilfe von Informationstechnologien und impliziert den damit ausgelösten Adaptionsprozess für Menschen, Organisationen, Arbeitskontexte und Gesellschaft

[Hes16]. Die technologische Grundlage bilden höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten, größere Speicherkapazitäten, verbesserte Energieeffizienz und erhöhte Packungsdichten der Mikroprozessoren. Somit ist es möglich, softwareseitig u. a. große Datenmengen (Big Data) zu verwerten und zu verarbeiten, womit neue Geschäftsmodelle einhergehen. Die Auswirkungen dieser Entwicklung sind so weitreichend, dass man von einem „Prozess des sozio-ökonomischen Wandels“ sprechen kann, der durch die Einführung digitaler Technologien, darauf aufbauender Anwendungssysteme und vor allem ihrer Vernetzung angestoßen wird ([HH17], S. 359).

Der Begriff „digitale Transformation“ unterstreicht den durch Informationstechnologien hervorgerufenen Wandel, der dazu führt, dass Unternehmen in veränderten Märkten und in modifizierten Wertschöpfungsstrukturen agieren (vgl. [Hes16])¹¹. Dabei deuten viele Anzeichen darauf hin, dass die Vernetzung von Menschen, Maschinen und IT-Systemen in einer prozessübergreifenden Weise die industrielle Wertschöpfung grundlegend verändern wird (siehe dazu Abschnitt 3.2). Diese begriffliche Schärfung des oben diskutierten Digitalisierungsbegriffs soll auch im Rahmen dieser Arbeit herangezogen werden.

¹¹ Teilweise wird auch synonym von einem **digitalen Wandel** gesprochen (vgl. bspw. [Buno.J.d] oder [DMS⁺17]).

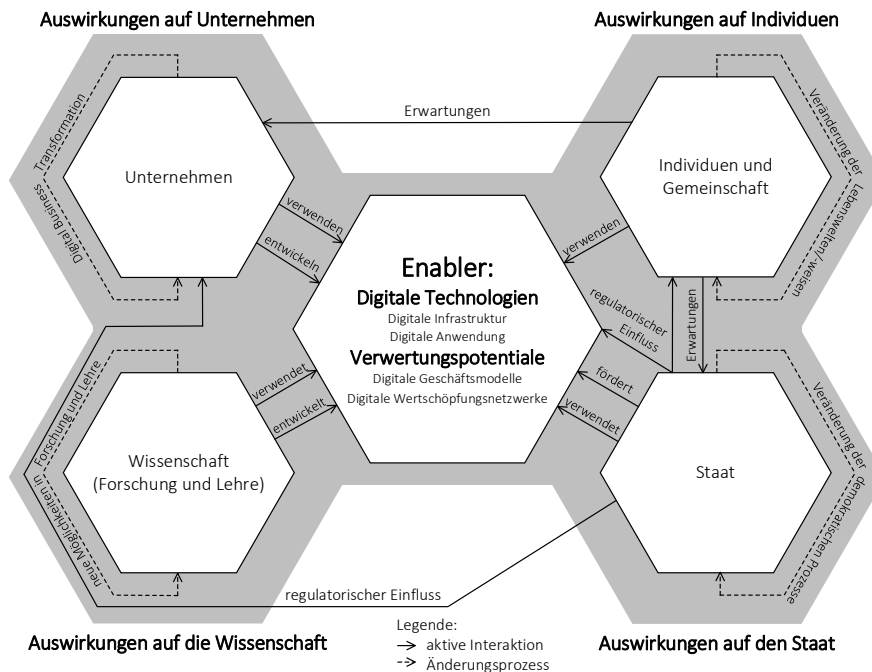


Abbildung 7: Die digitale Transformation (eigene Darstellung nach [Kof16])

Die Treiber bzw. Enabler (Ermöglicher) der digitalen Transformation sind digitale Technologien, darunter fallen die digitale Infrastruktur (z. B. Hardware und Netz) und die digitalen Anwendungen (z. B. Apps), sowie die damit einhergehenden Verwertungspotentiale in Form von digitalen Geschäftsmodellen und digitalen Wertschöpfungsnetzwerken (siehe Abbildung 7).

Digitale Infrastruktur

Voraussetzung und gleichzeitig Zugang für viele digitale Geschäftsbereiche ist ein Internetzugang, welcher somit die digitale Infrastruktur zur Partizipation bildet. Die Internetnutzung in Deutschland liegt auf einem hohen, nur langsam wachsenden Niveau (siehe Abbildung 8). Bei den jüngeren Generationen der unter 30-Jährigen ist eine nahezu vollständige Internetdurchdringung zu verzeichnen: 99 % nutzen zumindest ab und zu das World Wide Web ([D2117], S. 11). Die gesamtgesellschaftliche Steigerung der Internetnutzung ist in einer vermehrten Internetnutzung der über 50-Jährigen begründet (ebd.). Altersübergreifend ist die Internetnutzung sehr heterogen,

nicht nur was die Häufigkeit, sondern auch die Art der Nutzung angeht, woraus sich ein Spektrum vom Gelegenheitsnutzer bis zum Technikenthusiasten charakterisieren lässt (siehe Anhang 3).

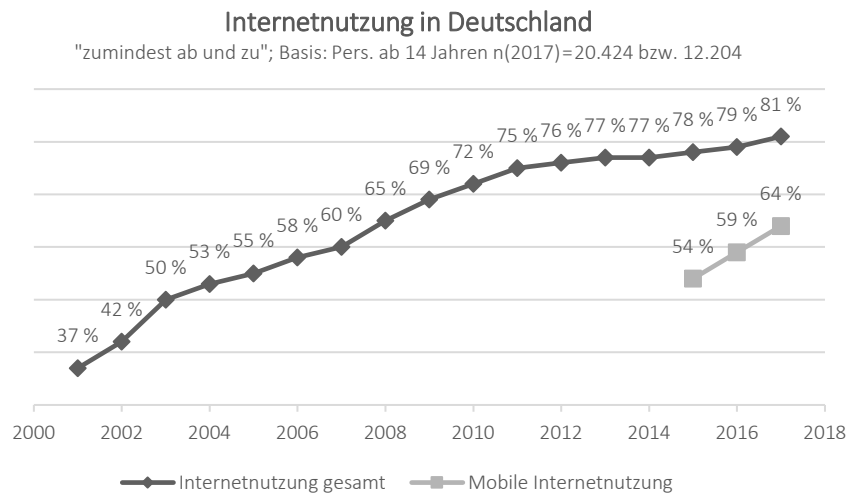


Abbildung 8: Internetnutzung in Deutschland (eigene Darstellung nach [D2117], S. 10)

Digitale Anwendung

Die digitale Transformation äußert sich in einer Vielzahl neuer Technologien. Neben weitverbreiteten Technologien zur Internetnutzung, wie internetfähigen Smartphones, Tablets oder PCs (s. o.), dringen in immer kürzer werdenden Entwicklungszyklen neue Technologien auf den Markt. Bis oder ob diese Verbreitung finden, hängt von vielerlei Einflussfaktoren ab. Eine populäre Einschätzung dazu stellt der jährlich publizierte *Gartner Hype Cycle* dar, der vorrangig aufkommende digitale Technologien untersucht und deren Reifegrad und zukünftige Entwicklungen grafisch darstellt (siehe Abbildung 9).

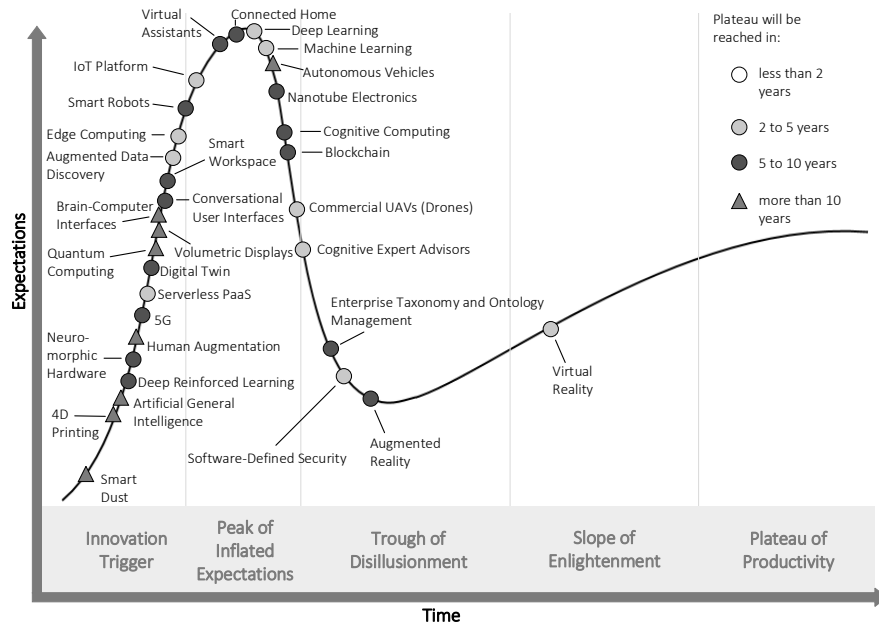


Abbildung 9: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2017 (eigene Darstellung nach [Gar17b])

Verwertungspotentiale

Digitale Technologien schaffen neue Verwertungspotentiale, die auf deren technologischen Möglichkeiten basieren. Beispiele hierfür sind internetfähige Endgeräte, die das Einkaufen revolutioniert haben. Der interaktive Handel (d. h. Versandhandel, der unter das Fernabsatzgesetz fällt) wächst beständig, zwischen 2015 und 2016 stieg der E-Commerce um 12,5 % (siehe Abbildung 10), und zu 2017 wird ein weiteres Wachstum von 11 % prognostiziert ([bev17], S. 23). Dabei werden immer mehr Kaufverträge über mobile Endgeräte abgeschlossen (M-Commerce): In diesem Zeitraum stieg der Anteil um 2 % auf 24 % an (ebd., S. 16). Die umsatzstärksten Warengruppen sind Bekleidung und Elektronikartikel und die größten Wachstumsraten sind im Lebensmittelbereich zu verzeichnen (siehe Anhang 4).

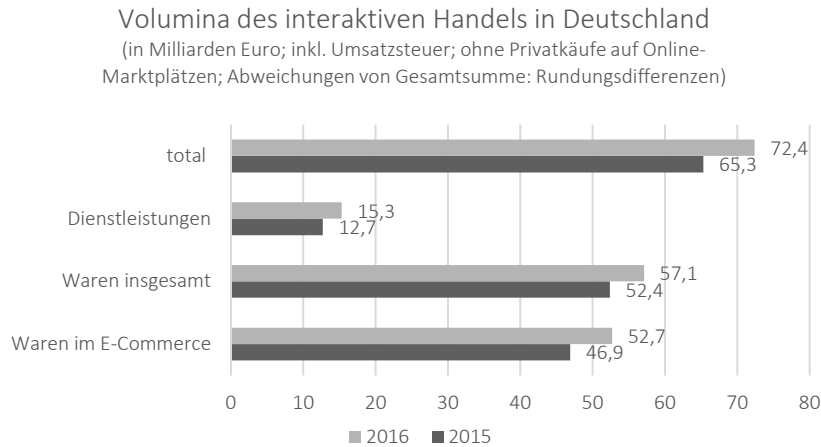


Abbildung 10: Volumina des interaktiven Handels in Deutschland (eigene Darstellung nach [bev17], S. 10)

Die Auswirkungen des wachsenden Onlinehandels wirken sich unmittelbar auf die Logistik aus. Zum einen auf der Straße: 2016 wurden erstmals mehr als 3 Milliarden Pakete in Deutschland verschickt, für 2017 wird mit einem weiteren Wachstum gerechnet (vgl. [BIE17], S. 7). Zum anderen in der Intralogistik: Es werden immer mehr Distributionszentren in Betrieb genommen (vgl. [Sol17]), was zu einem erhöhten Kommissionieraufwand führt.

Der Begriff „4.0“

Im Zuge der digitalen Transformation hat sich ein Begriff von besonderer Popularität herauskristallisiert: „4.0“. Es fing 2011 mit Industrie 4.0 an, was „die sog. vierte Industrielle Revolution auf der Basis cyber-physischer Systeme (intelligente technische Systeme aus der Elektronik, Softwaretechnologie, Informationssysteme, Mechatronik)“ bezeichnet, also eine hoch digitalisierte und vernetzte Produktion, die mit beachtlichen Wertschöpfungspotentialen und Innovationsschüben einhergeht [Wis16]. In den Folgejahren verbreitete sich der Begriff „4.0“ auch auf weitere, teils industrieferne Bereiche (u. a. Arbeit 4.0, Logistik 4.0, Einkauf 4.0, Pflege 4.0 usw.). Gemein ist allen, dass „4.0“ als Synonym für die durch die digitale Transformation bedingten Veränderungen in dem jeweiligen Bereich steht.

2.3 Ganzheitliche Gestaltung von Arbeitssystemen

Unter ganzheitlichen Gestaltungskonzepten werden in der arbeitswissenschaftlichen Forschung solche verstanden, die darauf abzielen, Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Technik und Organisation im Kontext zur Umwelt aufzudecken ([Sch06], S. 15). Dieser Ansatz basiert auf einer Betrachtung des Arbeitssystems aus verschiedenen Perspektiven, je nachdem, um welche Prozessebene es sich handelt. Diese unterschiedlichen Perspektiven können sich bspw. in Form unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen äußern.

In diesem Abschnitt wird ein Ansatz dargestellt, der in seiner Herangehensweise den Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Technik und Organisation Rechnung trägt und somit zu einer ganzheitlichen Betrachtung des Gesamtsystems führt.

Betrachtung von Arbeitssystemen als soziotechnische Systeme

Einen Ansatzpunkt für die ganzheitliche Analyse und Gestaltung eines (Intralogistik-) Systems bietet das Konzept des soziotechnischen Systems, das den interdependenten Zusammenhang zwischen den technologischen, organisatorischen und personellen Elementen eines Gesamtsystems in den Blick nimmt [TB51]. Obgleich in der Forschung nicht immer einheitlich definiert, kann somit unter einem soziotechnischen System eine Produktionseinheit verstanden werden, die aus interdependenten technologischen, organisatorischen und personellen Teilsystemen besteht (siehe Abbildung 11). Demnach begrenzt zwar das technologische Teilsystem die Gestaltungsmöglichkeiten der beiden anderen Teilsysteme, jedoch weisen diese eigenständige arbeitspsychologische, arbeitspolitische und organisationale Eigenschaften auf, die wiederum auf die Funktionsweise des technologischen Teilsystems zurückwirken.

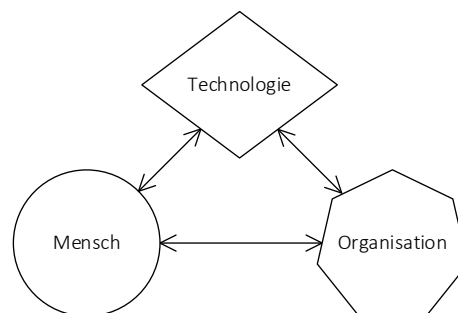


Abbildung 11: Teilsysteme des soziotechnischen Systems (eigene Darstellung)

Weiterführende Ansätze ergänzen das soziotechnische System um kulturellen Strukturen und Interaktionen (wie [JMH06], S. 38). Dieser Aspekt soll im Folgenden jedoch nicht weiter vertieft werden.

Historie des soziotechnischen Ansatzes

Das Konzept des soziotechnischen Systems ist auf eine Studie des Londoner Tavistock Institute for Human Relations im englischen Kohlebergbau zurückzuführen (vgl. [TB51]). Im Jahr 1949 wurde eine neue Methode des teilmechanisierten Abbaus der Kohle eingeführt (*longwall method of coal getting*). Dabei wurden bisher gut funktionierende Arbeitsgruppen auseinandergerissen und Arbeitsteilung eingeführt. Das führte jedoch zu unerwarteten Folgewirkungen wie schlechter Arbeitsmotivation, hohen Fehlzeiten und Fluktuationsraten, häufigen Unfällen sowie überdurchschnittlich häufigen Arbeitskämpfen. Durch die Einführung der teilmechanisierten Arbeitsmethode wurde die vorhandene organisatorische und soziale Struktur abgeschafft. Stattdessen wurde Schichtdienst eingeführt und Aufsichts- und Koordinierungsfunktionen von Vorgesetzten übernommen. Dies hatte zur Folge, dass die bisherige Selbstregulation kleiner Gruppen motivierter und qualifizierter Bergleute außer Kraft gesetzt wurde (vgl. [Uli11], S. 192; [Tri81], S. 7 ff.).

Trist und Kollegen deckten im Rahmen ihrer Studie auf, dass nicht die Einführung der neuen Technik zu einer nachteiligen Veränderung der Arbeitsmoral führte, sondern die Eingriffe in das soziale System. Daraufhin wurde eine Vergleichsstudie in den North East Durham Kohlegruben vorgenommen (siehe dazu [Uli11], S. 194). Hier konnten unterschiedliche Formen des Umgangs mit der Longwall-Methode festgestellt werden. Während eine Form der Arbeitsorganisation dem Konzept der Arbeitsteilung entsprach, wurde in der anderen Form versucht, möglichst viele Elemente der alten Arbeitsmethode beizubehalten. Die Bergleute bildeten eigenständig kleinere Gruppen, verteilten Aufgaben und Schichten, tauschten ihre Arbeitsplätze innerhalb und zwischen den Schichten und regelten die Entlohnung über einen gemeinsamen Lohnzettel im Rahmen eines an der Gruppenleistung orientierten Entlohnungssystems. Die zweijährige Studie verdeutlichte, dass die Produktivität des Systems mit der Selbstregulation in teilautonomen Arbeitsgruppen um 25 % höher war als die des arbeitsteiligen Systems. Weiterhin nahmen die Abwesenheitsraten um rund 12 % ab.

Mit der Studie wurden die wesentlichen Grundzüge des soziotechnischen Konzepts in der Praxis der Bergleute charakterisiert. Hierzu zählten einerseits das Potential der kollektiven Selbstregulation in teilautonomen Gruppen. So wurde konstatiert, dass kollektive Selbstregulation und Solidarität für die Arbeitsmoral von großer Bedeutung sind. Andererseits zählte hierzu der Spielraum, den identische Technologien für unterschiedliche

Ausformungen der Arbeitsorganisation bieten. Es konnte gezeigt werden, dass das technologisch scheinbar überlegene System unwirtschaftlicher als das weniger entwickelte Vergleichssystem ist (vgl. [Uli11], S. 192 ff.; [TB51], S. 7 ff.).

Neben den Bergbaustudien zählt vor allem das Ahmedabad-Experiment (1953) zu den frühen empirischen Studien der Tavistock-Forscher ([Uli11], S. 195 f.; [Tri81], S. 18). Die im englischen Bergbau gewonnenen Erkenntnisse wurden nicht nur in einer anderen Branche, sondern auch in einer anderen Kultur eingeführt. Anhand des Ahmedabad-Experiments in der indischen Textilindustrie wollte Rice die aus dem Bergbau gewonnenen Erkenntnisse überprüfen. Bedingt durch die Entwicklung automatischer Webstühle wurden auch hier die Arbeitsstrukturen verändert. Die Arbeiter waren voneinander isoliert und es waren aufgrund voneinander unabhängiger Teilaufgaben keine Gruppenstrukturen erkennbar. Wie in der Bergbaustudie war auch hier zu erkennen, dass nicht die neue Technologie, sondern die Arbeitsstruktur zu schwerwiegenden Problemen führte. Rice schlug vor, jeweils einer Gruppe von Arbeitern die Verantwortung für die Arbeit an einer bestimmten Anzahl von Webstühlen zu übertragen. Ebenso wurde der Akkordlohn durch ein Gruppenprämienystem ersetzt. Nach anfänglichen Schwierigkeiten durch die von Rice eingeführte Arbeitsumstrukturierung arbeiteten die Gruppen schließlich sehr erfolgreich und die Produktivität konnte um 20 % gesteigert werden. Das System wurde so auf die gesamte nichtautomatisierte Weberei ausgedehnt. Ein neues Lohnsystem mit Gruppenprämien für Qualität und Produktivität wurde eingeführt. Dieses System führte über mehrere Jahre hinweg zu sehr positiven Effekten, wie z. B. einer Produktivitätssteigerung um 21 % und einer Halbierung von Qualitätsmängeln. Diese Gruppenmethode fand jedoch weder im Bergbau noch in der Textilindustrie weite Verbreitung.

Aus diesen Untersuchungen konnte die Erkenntnis abgeleitet werden, dass der Erfolg der betrachteten Unternehmen abhängig davon war, wie gut diese als soziotechnisches System funktionierten. Das Arbeitssystem kann nicht einfach als ein technisches System mit ersetzbaren Individuen angesehen werden, die hinzugefügt werden und sich anpassen müssen. Das bedeutet, dass bei der Einführung neuer Technologien neben der Arbeitsorganisation auch das soziale System betrachtet werden muss. Es werden optimale Lösungen gefunden, wenn die Umstellung gemeinsam neu gestaltet wird ([MPR02], S. 129 f.).

Das Design der Tavistock-Studien ist auf das gruppensystemische Konzept der Psychologen Bion und Levy zurückzuführen ([Ole89], S. 45). Die Arbeit von Bion beschäftigt sich mit führungslosen Gruppen und wechselnder Führung sowie unbewussten Prozessen, die Gruppenintentionen und Gruppenkreativität behindern. Levy definiert Gruppen als dynamische

Ganzheit. Er untersuchte Gruppenklima und Gruppenentscheidungen und führte Studien über Handlungsverpflichtungen als Folge der Gruppenteilnahme durch.

Zu Beginn der 1960er-Jahre forderten die Gewerkschaften in Norwegen mehr Demokratisierung der Industrie. Aufgrund freiwilliger Abmachungen zwischen Arbeitgeberverbänden und Gewerkschaften war es möglich, hinsichtlich dieser Problematik eine Reihe umfassender Studien und Experimente in Betrieben durchzuführen. Um die Demokratisierung auf der Ebene des Arbeitsplatzes und des Arbeitssystems zu begünstigen, wurde das Konzept der autonomen Arbeitsgruppen angewendet ([Mik97], S. 157). Während in den vorherigen Studien lediglich Arbeitsorganisation und Arbeitsgruppen betrachtet wurden, rückten nun die individuellen Einzeltätigkeiten in den Rahmen der Untersuchung, was mit der in dieser Zeit wissenschaftlichen Diskussion um das sogenannte *job design* einherging, wonach sich Arbeitstätigkeiten unterschiedlich auf die menschlichen Bedürfnisse nach Abwechslung, Lernen und eigenständiger Entscheidungsfällung auswirken ([You95], S. 21 f.). Es wurde somit eine Methode benötigt, um Arbeitssysteme detaillierter zu analysieren. Mithilfe des Norwegian Industrial Democracy Project wurde ein Verfahren über neun Stufen (*nine-step model*) entwickelt, das erstmalig zur ganzheitlichen Diagnose von betroffenen Fehlfunktionen von Arbeitssystemen genutzt wurde [Eme67].

Übertragung des soziotechnischen Systemansatzes auf die digitalisierte Industrie

Der Begriff „soziotechnisches System“ wurde maßgeblich von der britischen Informatikerin Mumford geprägt, die diesen im Jahre 1987 auf Computersysteme bezog ([RN12], S. 113). Mit der sogenannten ETHICS-Methode (Effective Technical and Human Implementation of Computer-based Systems) erweiterte sie die bisherigen produktionsnahen Ansätze um informationstechnische Aspekte ([MPR02], S. 129). Demnach ist der wesentliche Erfolgsfaktor für die Wirksamkeit einer Technologie innerhalb eines Systems, dass die Technologie eng mit den sozialen und organisatorischen Faktoren übereinstimmt (vgl. [Mum95]). Der soziotechnische Ansatz besitzt laut Mumford soziale Merkmale und führt zu hoher Arbeitszufriedenheit. Mumford bezeichnet den Ansatz als technisch effizient ([LW10], S. 3).

Die ETHICS-Methode basiert auf einigen fundamentalen Annahmen: Es gilt die Zufriedenheit sowie die Qualität des Berufslebens, bezogen auf technische und operationale Faktoren, zu verbessern. Weiterhin ist eine Ausgeglichenheit zwischen Technik und Organisation notwendig. Die Nutzer müssen in der Gestaltung von Computersystemen eine bedeutende Rolle spielen, um ihre Arbeitssituation eigenständig zu beeinflussen ([Ole89], S. 53 f.). Bei der Gestaltung und Entwicklung eines neuen Arbeitssystems soll

versucht werden, die sozialen und technischen Anforderungen, Fragestellungen, Forderungen etc. aufeinander abzustimmen ([MPR02], S. 129 f.).

Heutzutage werden in Organisationen vorrangig informationstechnische Systeme zur Kommunikationsunterstützung genutzt. Das bedeutet, dass die Kommunikation computergestützt abläuft. Somit haben technische Systeme einen starken Einfluss auf die Organisation und den Wissenstransfer. Nach dem deutschen Soziologen Luhmann prägt der Einsatz von Computern das soziale System maßgeblich. Sie ändern die Kommunikationswege sowie die Entscheidungskompetenzen grundlegend. Aus diesem Grund sind Organisationen im Zeitalter der neuen Informations- und Kommunikationstechniken als soziotechnische Systeme anzusehen und nicht als soziale Systeme, die technische Systeme zur Kommunikation verwenden ([Luh00], S. 365).

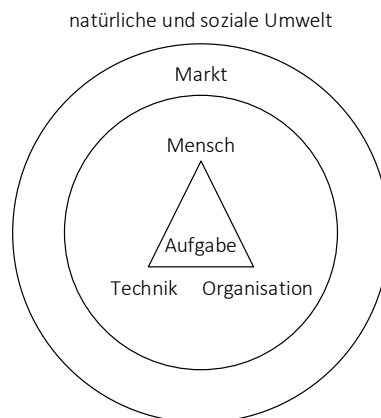


Abbildung 12: MTO-Konzept (eigene Darstellung nach [Uli97])

Der soziotechnische Ansatz zu Zeiten der dritten industriellen Revolution

In Deutschland ist der soziotechnische Ansatz insbesondere seit den 1980er Jahren im Zusammenhang mit dem Computer Integrated Manufacturing (CIM) in den wissenschaftlichen Fokus geraten. Das auf Ulich zurückzuführende MTO-Konzept setzt die Arbeitsaufgabe in das Zentrum der Betrachtung (siehe Abbildung 12). Dieses Konzept geht davon aus, dass Mensch, Technik und Organisation (kurz: MTO) in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit und ihrem Zusammenwirken zu reflektieren sind [Uli13]. Die hierauf aufbauende MTO-Analyse kombiniert in sieben Schritten neue Vorgehensweisen und bewährte Instrumente. Die Untersuchungen erstrecken sich über die Ebenen Unternehmen, Organisationseinheit, Gruppe und Individuum, weshalb sie als ganzheitlich bezeichnet werden.

Verbindung des soziotechnischen Ansatzes zur Systemtheorie

Die Erkenntnisse aus dem soziotechnischen Ansatz hinsichtlich der Wechselwirkungen der verschiedenen Teilsysteme finden sich auch in der Organisationstheorie wieder. Der Systemtheoretiker von Bertalanffy betrachtet eine Organisation als offenes System, dessen Entwicklung entscheidend durch seine Abhängigkeit von der Umwelt beeinflusst wird [Ber68]. Das bedeutet, dass Systeme Materie, Energie oder Informationen von ihrer Umwelt aufnehmen, verarbeiten und in veränderter Form wieder abgeben ([Fre91], S. 162 f.). Dieses Prinzip erscheint analog und ergänzend zu dem Ansatz des soziotechnischen Systems.

Soziotechnischer Ansatz in der Industrie 4.0

Der soziotechnische Ansatz hat mit der Debatte um die digitale Transformation in der Produktion und der Logistik eine erhöhte Popularität erfahren. Der wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 stellte bereits zu Beginn der intensiveren Debatte in seinen 17 Thesen die Wichtigkeit des soziotechnischen Ansatzes heraus:

„Industrie 4.0 ist als sozio-technisches System zu verstehen, und bietet die Chance, das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter zu erweitern, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume zu erhöhen sowie ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern“ ([Wis14], These Nr. 2)

Die Thesenstruktur orientiert sich zudem an den soziotechnischen Elementen Mensch, Technik und Organisation. Des Weiteren wird eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation prognostiziert (ebd., These 1). Der wissenschaftliche Beirat betrachtet demnach die Digitalisierung als Chance für eine humanere Arbeitswelt. Erreicht werden soll dies durch die ganzheitliche Betrachtung der Produktions- und Logistiksysteme, wie es der soziotechnische Ansatz ermöglicht. Diese Ansicht wird in diesem Zeitraum auch von der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften vertreten und verbreitet (vgl. [Fa13]).

Die Untersuchung der durch Digitalisierung veränderten Arbeitssysteme wurde in der Folge in verschiedenen Forschungsvorhaben vorangetrieben. Neben den arbeitssoziologischen Studien (wie [Win14]; [PS15] u. v. m.) traten vermehrt interdisziplinäre Herangehensweisen in den Fokus. Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung bzw. Gestaltung wird diesen im Folgenden eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

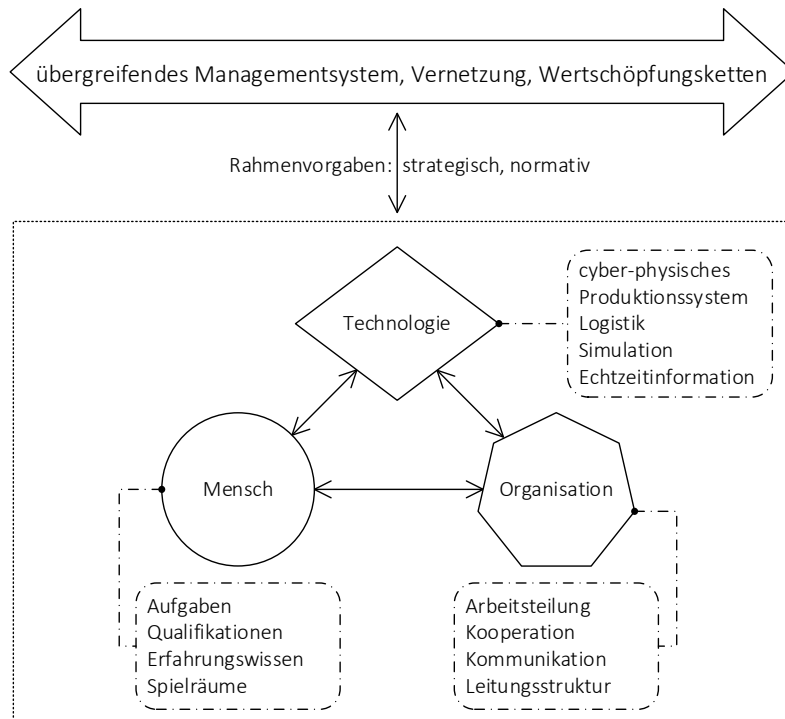


Abbildung 13: Industrie 4.0 als soziotechnisches System (eigene Darstellung nach [SoM15], S. 7)

Eine interdisziplinäre Studie von Beteiligten der Disziplinen Industriesozio-
 logie und Logistik argumentiert, dass neue Technologien zu personellen
 und organisatorischen Veränderungen führen, weshalb ein Blick auf das Ge-
 samtsystem der Produktion vonnöten ist, der die wirkenden Interdependen-
 zen mit einbezieht (vgl. [SoM15]). In Abbildung 13 werden Elemente, aus-
 gewählte Aspekte und Rahmenbedingungen einer soziotechnischen Indust-
 rie 4.0-Systems dargestellt. Des Weiteren sind Industrie 4.0-Systeme ge-
 staltbar, da sehr verschiedene Entwicklungsprognosen industrieller Arbeit
 vorliegen. Da bislang keine validen empirischen Untersuchungsergebnisse
 zur Einführung autonomer Produktionssysteme vorliegen, wird auf konzep-
 tionelle Überlegungen zurückgegriffen. Dabei wird zwischen technologie-
 zentrierten und komplementären Automatisierungskonzepten unterschieden.
 Dem verfolgten Automatisierungskonzept und damit zusammenhän-
 gend den Gestaltungs- und Einführungsprozessen der neuen Systeme wird
 in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle zugesprochen. Zudem werden
 erste Konturen eines Leitbilds für „gute Industriearbeit“ entworfen, das auf

einer komplementären Systemauslegung beruht. Dieser Ansatz eröffnet neue Gestaltungsmöglichkeiten der Arbeit bei einer gleichzeitigen optimalen Ausschöpfung der technologischen und ökonomischen Potentiale des Produktionssystems.

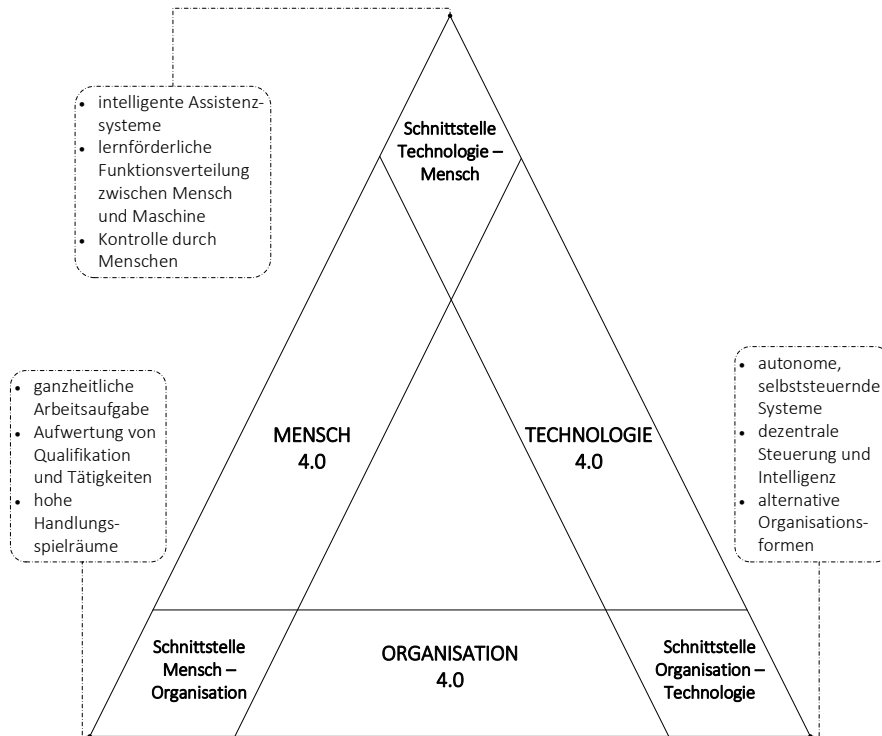


Abbildung 14: Ansatzpunkte einer humanorientierten Systemgestaltung (eigene Darstellung nach [DNI⁺16])

Empirische Befunde, die auf einer ganzheitlichen Betrachtung von Logistik- oder Produktionssystemen basieren, liegen in der Debatte um Industrie 4.0 nur bedingt vor. Oben genannte interdisziplinäre Forschergruppe präsentierte, basierend auf Experteninterviews und Fallstudien, Erkenntnisse über die grundlegenden Herausforderungen einer humanorientierten Gestaltung von Industrie 4.0-Arbeitssystemen (vgl. [HH16]; [DNI⁺16]). Demnach sind diese Herausforderungen insbesondere an den Schnittstellen zwischen Technik, Mensch und Organisation verortet. Diverse Ansatzpunkte für eine humanorientierte Systemgestaltung in der Industrie 4.0 sind in Abbildung 14 beispielhaft zusammengefasst und umfassen u. a. weitgehende Kontroll-

möglichkeiten und intelligente Assistenzsysteme, vollständige Gesamtaufgabe, Lernförderlichkeit und hohe Handlungsspielräume sowie neue Formen der Selbstorganisation bei dezentraler Steuerung.

Soziotechnischer Ansatz in der Kommissionierung

Eine Anwendung des soziotechnischen Ansatzes auf das Anwendungsfeld der Kommissionierung unter den Rahmenbedingungen der fortschreitenden Digitalisierung liegt bei [DNI⁺18] vor. Basierend auf eigenen Erkenntnissen skizzieren die Wissenschaftler exemplarisch die drei Schnittstellen zwischen Technik, Mensch und Organisation und leiten die dort wirkenden Herausforderungen ab. Demnach stellen Datenbrillen (Schnittstelle Technologie – Mensch) ein großes Optimierungspotential dar, die datenschutzgerechte Gestaltung dieser Systeme ist jedoch noch eine Herausforderung. Neue technologische Möglichkeiten, bspw. in Form entsprechender Apps für die privaten Smartphones der Kommissionierer, ermöglichen eine verbesserte, flexiblere Personaleinsatzplanung und somit die bessere Anpassung auf kurzfristige Leistungsanforderungen des Kommissioniersystems (Schnittstelle Mensch – Organisation). Intelligente Logistikobjekte, die vernetzt sind, eröffnen neue Geschäftsmodelle, z. B. indem Nachfüllprozesse autonom von der Technik durchgeführt werden (Schnittstelle Organisation – Technologie).

3 Digitale Transformation in der Intralogistik

Die digitale Transformation äußert sich in Technologietrends, die auch die Intralogistik und Kommissionierung betreffen. Diese Technologietrends führen letztlich zu neuen Produkten, die als Arbeitsmittel in den Arbeitssystemen eingesetzt werden. Diese deduktive Herangehensweise von Trends auf Technologien ist weitaus umfassender als eine ausschließliche Betrachtung von Technologien (vgl. [Hor10], S. 4). Unter anderem können somit Technologien in unterschiedlichen Entwicklungsstadien betrachtet werden. Des Weiteren können Trends auch mehrere Technologien umfassen. Somit entsteht ein weitaus differenzierteres Untersuchungsergebnis. Im Folgenden soll untersucht werden, welche Technologietrends in der Intralogistik derzeit vorherrschen. Dies erfolgt in drei aufeinander aufbauenden Schritten. Zuerst wird das methodische Vorgehen dargelegt. Darauf aufbauend erfolgt eine Analyse verschiedener Studien. Als Analyseergebnis werden verschiedene Technologietrends identifiziert. Diese können dann anschließend näher betrachtet werden. Dabei werden Zukunftstechnologien¹² abgeleitet, die repräsentativ für diese Technologietrends stehen. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung des Potentials der Zukunftstechnologien.

3.1 Methodisches Vorgehen

Die Identifikation von Technologietrends für die Kommissionierung unter den Rahmenbedingungen der digitalen Transformation stellt das übergeordnete Ziel dieses Kapitels dar. Dass es sich bei dem Thema digitale Transformation um ein aktuell sehr virales Thema handelt, belegt nicht nur die feste Verankerung in der Hightech-Strategie der Bundesregierung (vgl. [Buno.J.c]), sondern auch die diversen wissenschaftlichen Studien zu dem

¹² Im Rahmen dieser Arbeit wird Zukunftstechnologie definiert als eine Technologie, deren Know-how relativ neu ist, deren zukünftige Verwertungsfähigkeit von Experten als hoch eingeschätzt wird und die derzeit noch nicht standardmäßig eingesetzt wird.

Thema. Wissenschaftliche Studien verfolgen keine kommerziellen Zwecke und sind in der Hinsicht neutral, dass sie ergebnisoffen forschen und keinem Dritten (z. B. einem industriellen Auftraggeber) ergebnismäßig verpflichtet sind. Zudem basieren sie auf wissenschaftlich fundierten Methoden.

Das Vorgehen bei der Ableitung von Technologietrends für die Kommissionierung erfolgt in zwei Schritten. Dabei wird auf sozialwissenschaftliche Methoden der Inhaltsanalyse zurückgegriffen. Die zwei Schritte stellen sich folgendermaßen dar:

(1) Qualitative, strukturierende Inhaltsanalyse der relevanten Technologiestudien mittels objektiver Hermeneutik (Abschnitt 3.2)

Die digitale Transformation umfasst viele Bereiche des täglichen Lebens, der Gesellschaft und der Geschäftswelt. Um Technologietrends für die Kommissionierung zu identifizieren, bedarf es also einer Einschränkung des Untersuchungsgegenstandes. Dies erfolgt zuerst auf einer inhaltlichen Ebene. Als Ausgangsmaterial dieser qualitativen Inhaltsanalyse werden ausschließlich wissenschaftliche Studien herangezogen, die einen starken inhaltlichen Bezug zu Logistik und Produktion aufweisen (vgl. [Ram13]). Zudem werden ausschließlich wissenschaftliche Studien herangezogen, die aus einer technologischen Perspektive das Thema digitale Transformation betrachten. Darüber hinaus ist das Kriterium der wissenschaftlichen Herangehensweise zwingend zu erfüllen.

Als weiteres Einschränkungskriterium wirkt die zeitliche Ebene. Es werden nur wissenschaftliche Studien herangezogen, die o. g. Kriterien erfüllen und nach dem Frühjahr 2011 publiziert wurden. Zu diesem Zeitpunkt wurde das Zukunftsbild einer *Industrie 4.0* von der gleichnamigen Initiative, bestehend aus Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, auf der HANNOVER MESSE erstmals der breiten Öffentlichkeit präsentiert (vgl. [VDI11]).

Diese methodische Vorgehensweise liefert eine Auswahl relevanter Studien, die strukturiert hinsichtlich der Fragestellung analysiert werden können. Dies erfolgt mittels objektiver Hermeneutik, die den Anspruch eines formalisierten, wissenschaftlichen Interpretationsverfahrens erhebt (vgl. [Mat92]). Die Analyse wird zudem mit eigenen Evidenzen verknüpft.

(2) Qualitative, explikative Inhaltsanalyse der Technologietrends (Abschnitt 3.3)

Das Ergebnis von Schritt (1) bildet eine Anzahl an Technologietrends für die Kommissionierung. Diese werden nun in einem weiteren Analyseschritt tiefergehend betrachtet, indem verschiedene studienrelevante Aspekte beleuchtet werden (siehe Abschnitt 1.2). Diese Vorgehensweise ori-

entiert sich an der explikativen Inhaltsanalyse, die darauf abzielt aus einzelnen Stellen des Materials zusätzliches kontextbezogenes Material zu finden, das die Stellen erläutert oder deutet (vgl. [May00]). Die explorative Vorgehensweise findet vorrangig Anwendung in der qualitativen Analyse von Texten, wie Interviews, Studien etc. (vgl. [Sch14]).

Die qualitative Herangehensweise ist in beiden Schritten notwendig, da die Analyse des Ausgangsmaterials (so viel sei vorweggenommen) nach zielführenden quantitativen Kriterien nicht möglich ist: Nach derzeitigem Kenntnisstand gibt es schlichtweg keine Studie, die Technologietrends in der Kommissionierung unter den Rahmenbedingungen der digitalen Transformation benennen kann.

Abschließend bedarf es noch einer Abgrenzung des Trendbegriffes. Nach [Hor17] beschreiben Trends eine Veränderungsbewegung oder ein Wandlungsprozess und finden sich in verschiedenen Bereichen des Lebens wieder. Trends sind immer in ihrem jeweiligen Umwelt- und Referenzsystem zu betrachten. Das bedeutet für die Fragestellung dieser Studie, dass die Kommissionierung das trendspezifische Umweltsystem darstellt. Die Wahl des Begriffs *Technologietrend* unterstreicht die technologische Perspektive dieser Studie.

3.2 Analyse wissenschaftlicher Studien

Basierend auf dem oben beschriebenen methodischen Vorgehen und anhand der festgelegten Kriterien konnten elf Studien identifiziert werden. Im Folgenden werden diese dargestellt und hinsichtlich der Fragestellung dieser Arbeit analysiert.

Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion

Autoren / Institution: Henning Kagermann (Gesamtleitung) et al. / acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [aca16]

In der Studie werden aktuelle technologische Entwicklungen und die damit verbundenen Innovationspotenziale benannt. Sensorik und Robotik werden dabei als eindeutige Zukunftsfelder der Logistik gesehen. Basierend auf einer Expertenbefragung von Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft (n = 87) werden die Potentiale der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) aufgezeigt.

Die Anwendungsfelder für MMI sind hauptsächlich die Intralogistik und das Supply Chain Management. Obwohl die starke Entwicklung in der Logistik einen erhöhten Automatisierungsgrad bedarf, wird der Mensch in

den Logistikprozessen weiterhin eine bedeutende Rolle spielen. Dabei wird er zukünftig in höherem Maße von Assistenzsystemen unterstützt. In der Intralogistik besteht durch die überwiegend manuellen Kommissioniersysteme eine hohe Fehleranfälligkeit. Um dies zu vermeiden, sollen in Zukunft neue Informationstechnologien verstärkt Innovationen im Logistikbereich ermöglichen. Als Beispiel dafür wird die Kommissionierung mit Datenbrillen aufgeführt.

Menschen und Güter bewegen – Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand

Autoren / Institution: Michael ten Hompel (Projektleitung) et al. / acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [aca12]

Vor dem Hintergrund der auf Mobilität und Logistik wirkenden Trends arbeitet das Positionspapier den Handlungsbedarf aus technologischer, wirtschafts-, umwelt-, ressourcen-, raum- und gesellschaftspolitischer Sicht heraus. Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen zur integrativen Gestaltung von Mobilität und Logistik formuliert. Das Positionspapier führt dabei die Notwendigkeit von flexiblen und dezentral organisierten Systemen auf. Um den variierenden Bedürfnissen der Nutzer nachgehen zu können, sollten Systeme genauso variierbar, also anpassungsfähig an den jeweiligen Nutzer sein. Dies kann mit flexibel skalierbarer Förder- und Lagertechnik erreicht werden, die wandelbare Logistikinfrastrukturen ermöglichen. Beispiele hierfür sind:

- Wandelbare, bewegliche Förder- und Lagertechnik, deren Installation und Konfiguration sich dynamisch an die situativen Anforderungen anpassen lässt und gleichzeitig mit minimalem Zeitaufwand ihren Standort verändern kann.
- Intelligente Logistikobjekte, wie Ladungsträger, die ihre Identität sowie ihren Zustand und ihr Ziel kennen und so in den zukünftig wandelbaren Logistikinfrastrukturen ohne individuellen Anpassungsaufwand einsetzbar sind.

Technologien, die an der Schwelle zur Umsetzung stehen und in den Innovationsprozess politischer Maßnahmenpläne eingebracht werden sollten, sind u. a. autonome Systeme im Bereich von Intralogistik und Umschlag.

Industrie 4.0 – Status und Perspektiven

Institution: Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien [Bit16]

Die Studie beurteilt den Status quo der Umsetzung von Industrie 4.0 in Unternehmen und deckt Perspektiven auf. Dazu wurden 203 Anwendungsfälle der *Plattform Industrie 4.0* analysiert und den folgenden sieben Anwendungskategorien zugeordnet, die Zukunftsszenarien der industriellen Praxis beschreiben:

- *Auftragsgesteuerte Produktion*: Integration von Wertschöpfungsketten mit dem Ziel der Steigerung von Kosteneffizienz bei kleinen Losgrößen
- *Value-based Services*: komplementäre Dienstleistungen für ausgelieferte Produkte, bspw. bedarfsgesteuerte Wartung zur Erhöhung der Verfügbarkeit oder zur Senkung der Kosten von Wartung und Instandhaltung
- *Assistenzsysteme*: Automatisierung von Teilbereichen des Produktionsprozesses
- *Transparenz und Wandlungsfähigkeit ausgelieferter Produkte*: Steigerung der Wertschöpfung durch Produktverbesserungen im Feld
- *Wandlungsfähige Fabrik*: schnelle, automatisierte Anpassung von Produktionssystemen und –abläufen
- *Adaptive Logistik*: Erneuerung/Optimierung logistischer Prozesse
- *Smart Engineering*: kollaborative, integrierte Produktentwicklung, typischerweise in einer gemeinsam genutzten Cloud-Infrastruktur

Die Studie kommt u. a. zu dem Ergebnis, dass branchenübergreifend das Gros der heute praktizierten Industrie 4.0-Anwendungen unter die Kategorie *Assistenzsysteme* fällt (ca. 40 %). Dabei stehen *Automatisierungslösungen* im Vordergrund, ergänzt durch *Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz*.

Logistik und IT als Innovationstreiber für den Wirtschaftsstandort Deutschland – Die neue Führungsrolle der Logistik in der Informationstechnologie

Autoren / Institution: Michael ten Hompel, Jakob Rehof, Frauke Heistermann / BVL - Bundesvereinigung Logistik [BVL14]

Das Positionspapier formuliert zwölf Thesen, die an eine Betrachtung der Informatik aus logistischer Perspektive appellieren. Dabei werden neben diversen informationstechnischen Aspekten auch die Mensch-Maschine-Zusammenarbeit adressiert. Trotz immer intelligenteren Technologien ist die

Logistik in der Industrie 4.0 auf die Flexibilität und Kreativität des Menschen angewiesen. Folglich ist die engere Zusammenführung cyber-physischer Systeme und des Menschen ein bedeutender Schritt zur Logistik 4.0. Hierfür bieten soziale Netzwerke eine Grundlage. Dazu bedarf es der verstärkten Integration von Tablets, Smartphones und Datenbrillen in die Produktions- und Logistikprozesse. Die Nutzung von Datenbrillen in der Intralogistik, deren Funktionsumfang über die reine Anzeige kontextabhängiger Informationen hinausgeht, wird als vielversprechender Ansatz benannt. Es soll bspw. möglich sein, durch den Blick durch die Brille einen Kommunikationspfad zu einem Fahrzeug zu erstellen, sodass dieses dann herbeigerufen werden kann.

Digitalisierung in der Logistik – Antworten auf Fragen aus der Unternehmenspraxis

Autoren / Institution: Frauke Heistermann, Torsten Mallée, Michael ten Hompel / BVL - Bundesvereinigung Logistik [BVL17d]

Das Positionspapier resümiert, dass die Intralogistik nahezu an jeder Stelle durch die Digitalisierung betroffen sein wird. Viele Prozesse in der Kommissionierung können mithilfe von Smart Devices optimiert und effizienter gestaltet werden. Aufgrund immer dynamischer werdender Logistikprozesse bei gleichzeitig hohem Servicegrad und veränderten Leistungsanforderungen besteht ein Bedarf an Intralogistik 4.0-Technologien, wie intelligente Behälter, Smart Devices und autonome Fahrzeuge. Den Unternehmen, an die sich das Positionspapier primär richtet, wird empfohlen, bei der Einführung digitaler Prozesse stufenweise und bottom-up vorzugehen. Zudem wird postuliert, dass es bei der Digitalisierung intralogistischer Prozesse nicht um die Vollautomatisierung dieser geht, sondern um die Vernetzung von Menschen und Maschinen und die Interaktion mithilfe selbstgesteuerter Regelkreise.

Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0

Autoren / Institution: Dieter Spath (Hrsg.), Oliver Ganschar, Stefan Gerlach, Moritz Hämmerle, Tobias Krause, Sebastian Schlund / Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO [SGG+13]

Der Kern der auf Unternehmensbefragungen und Expertenmeinungen beruhenden Studie besteht aus der Abschätzung allgemeiner Entwicklungen sowie möglichen Lösungsansätzen für zukünftige Herausforderungen. Dabei wird von einer auch zukünftig hohen Bedeutung der Produktion für die Wertschöpfung in Deutschland ausgegangen. Aufgrund der zu erwarteten Volatilität der Rahmenbedingungen wird Flexibilität von Strukturen und Prozessen als ausschlaggebend für eine auch zukünftig wettbewerbsfähige

Produktion angesehen. Die Bedeutung der menschlichen Arbeit wird auch zukünftig als hoch veranschlagt. Eine umfassende Autonomisierung der Produktion wird als unrealistisch angesehen. Der Vernetzung von Prozessen und darüber hinaus werden große Potentiale bescheinigt. Auch wenn die Studie sich primär mit der Produktion beschäftigt, lassen die genannten Erkenntnisse Rückschlüsse auf die Intralogistik zu.

Forschungsprojekte im Themenfeld Industrie 4.0

Institution: VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau) [VDM17b]

Die Studie liefert einen Überblick über relevante Forschungsprojekte im Bereich Industrie 4.0. Allgemein nimmt die Integration cyber-physischer Systeme in der Industrie eine Schlüsselstellung ein. In der Intralogistik reicht die Bandbreite in diesem Bereich von autonomen innerbetrieblichen Logistiklösungen bis hin zu selbstoptimierender Planung und Steuerung von logistischen Prozessen. Darüber hinaus werden logistikrelevante Technologien in anderen Kategorien behandelt, wie etwa Assistenzsysteme und relevante Konzepte wie Mensch-Maschine- bzw. Mensch-Roboter-Interaktion.

Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden

Autoren / Institution: Wilhelm Bauer (fachliche Leitung), Sebastian Schlund, Moritz Hämmerle, Tobias Strölin / Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO im Auftrag der Ingenics AG (Hrsg.) [IF14]

Laut der Studie, die auf einer umfassenden Befragung von Produktionsunternehmen basiert, ist mit einem weitreichenden Automatisierungsschub in der Produktion zu rechnen. Insgesamt wird mit Effizienzsteigerungen und einer Abnahme einfacher Arbeit gerechnet. Der Logistik wird in diesem Prozess ein großes Veränderungspotential bescheinigt, was sich in einer Effizienzsteigerung der Supply Chain, der Maschinenvernetzung und der Digitalisierung des Shopfloor-Managements äußert. In diesem Zusammenhang werden RFID, Tablet-PCs, Leichtbauroboter und Cloud-Services aufgeführt. Hinsichtlich der Arbeitsaufgaben und -inhalte wird allgemein mit einer Zunahme von Management- und Dispositionsarbeit gerechnet.

Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand

Institution: agiplan GmbH, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, ZENIT GmbH [aFZ15]

Die Studie kommt u. a. zu dem Ergebnis, dass die Unterstützungsprozesse, zu denen die Logistik gezählt wird, mitentscheidend für den erfolgreichen Einsatz von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen sind. Dabei werden basierend auf Workshops und Recherche fünf zentrale Funktionsbereiche identifiziert:

- Datenerfassung und -verarbeitung
- Assistenzsysteme
- Vernetzung und Integration
- Dezentralisierung und Serviceorientierung
- Selbstorganisation/Autonomie

Es wird eine mangelnde konzeptionelle Einbindung der Intralogistik in Industrie 4.0-Strategien bemängelt. Die allgemein gesteigerten Flexibilitätsanforderungen werden als große Herausforderung für die Intralogistik betrachtet.

Digitale Transformation der Wirtschaft (2. Auflage)

Institution: Bitkom Research [Bit17a]

Die Studie gibt branchenübergreifend eine grundsätzlich positive Haltung seitens der befragten Unternehmen hinsichtlich der Digitalisierung wieder. Digitalisierung wird als Chance gesehen, auch bei den befragten Logistikunternehmen. Die Bedeutung von Digitalisierungsstrategien wird betont. Langfristig werden Kostensenkungen durch digitale Technologien erwartet. Allerdings wird insgesamt eine zögerliche Umsetzung der Digitalisierung auf operativer Ebene diagnostiziert. Intralogistikrelevante Technologien finden dabei explizit Erwähnung. Dabei sind (in dieser Reihenfolge) fahrerlose Staplersysteme, intelligente Lagerinfrastruktur und -objekte, Datenbrillen und Lagerroboter die Technologien, deren zukünftiger Einsatz am stärksten vorangetrieben wird (siehe Abbildung 15).

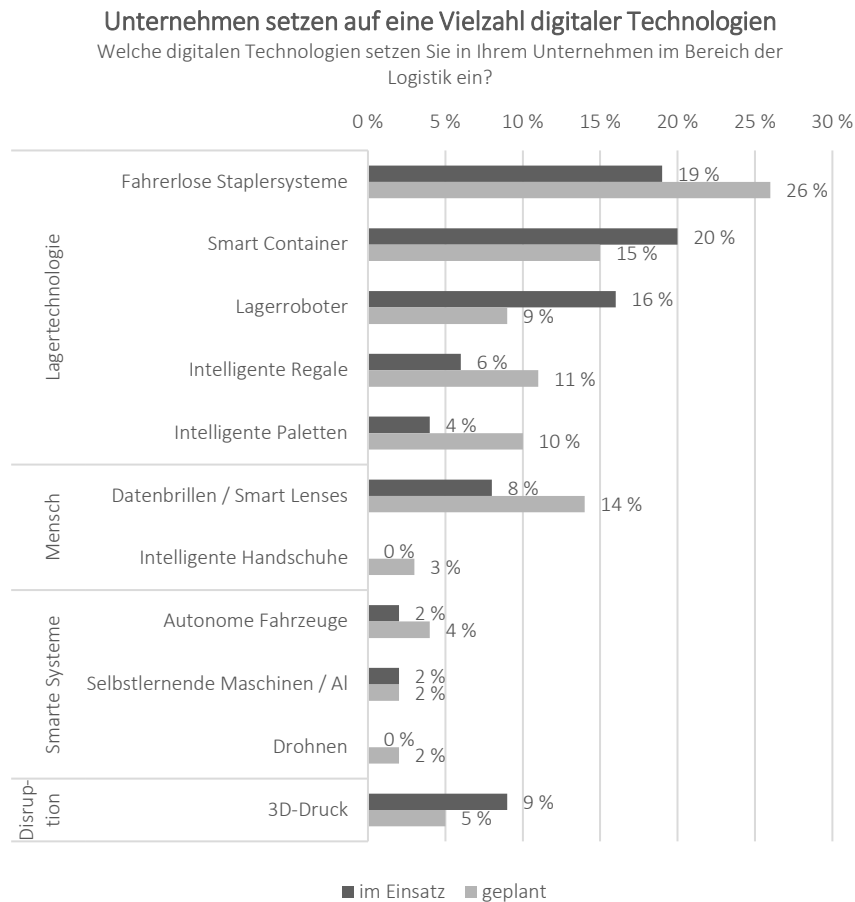


Abbildung 15: Einsatz digitaler Technologien bei Unternehmen mit Logistikprozessen (eigene Darstellung nach [Bit17a], S. 84)

Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management – Chancen der digitalen Transformation

Autoren / Institution: Wolfgang Kersten, Mischa Seiter, Birgit von See, Niels Hackius, Timo Maurer / BVL - Bundesvereinigung Logistik [KSS+17]

Die Studie behandelt allgemeine Trends der Logistik und des Supply Chain Managements im Zuge der Digitalisierung. Methodisch basiert die Studie auf einem Mix aus Literaturanalyse, Experteninterviews, Online-Befragung und Fokusgruppeninterviews. Es werden 15 Trends identifiziert, insbesondere in den Bereichen innovativer Technologiekonzepte, Veränderung der Wertschöpfungsketten, Veränderungen der Kompetenzanforderungen und

Geschäftsmodelle. Bei den Trends wird in exogene und endogene Trends unterschieden:

Exogene Trends:

- Kostendruck
- Individualisierung
- Nachfrageschwankungen
- Komplexität
- Personalmangel
- Nachhaltigkeit
- staatliche Regulierung/Compliance
- Risiken/Unterbrechungen
- verändertes Käuferverhalten

Endogene Trends:

- Digitalisierung von Geschäftsprozessen
- Transparenz der Wertschöpfungsketten
- Vernetzung/Kollaboration
- Business Analytics
- Automatisierung
- Dezentralisierung

Die innovativen Technologiekonzepte im Bereich Intralogistik sind laut der Studie Assistenzsysteme, Kommissioniertechnologien und fahrerlose Transportsysteme (FTS). Insgesamt haben FTS eine mittlere Relevanz; für das verarbeitende Gewerbe sind diese Systeme allerdings signifikant relevanter als für den Handel. Des Weiteren wird laut Experteninterviews die Robotik langfristig auch in Lagern von Logistikdienstleistern oder Handelsunternehmen Einzug halten und dort einfache Arbeitsaufgaben automatisieren, auch wenn deren Relevanz von Branchenvertretern noch als durchschnittlich eingeschätzt wird.

3.3 Technologietrends

Zusammenführend können vier Technologietrends ausgemacht werden, die für den Untersuchungsgegenstand der Kommissionierung als besonders relevant angesehen werden. Diese werden in diesem Abschnitt dargestellt. Zudem wird für jeden Technologietrend eine Zukunftstechnologie abgeleitet.

3.3.1 Autonomie

Aus einer technologischen Sichtweise wird Autonomie in der Anwendungsdomäne Intralogistik als Selbststeuerung von Objekten oder Systemen verstanden (vgl. [Buno.J.e]). Autonomie kann sich dabei in verschiedenen Formen widerspiegeln: Auf einer organisatorischen, konzeptionellen Ebene beschreibt sie die Gestaltung selbstgesteuerter Systeme im Sinne des Internets der Dinge. Dieser Aspekt wird in dieser Studie jedoch primär unter dem Technologietrend *Vernetzung* untersucht. Auf einer technologischen, operativen Ebene äußert sich Autonomie in Form von eigenständig agierenden Maschinen. In den Prozessen der Intralogistik betrifft dies insbesondere die Transportvorgänge (vgl. ebd.).

Im Folgenden wird der Stand der Technik und Forschung im Technologietrend *Autonomie* dargestellt, indem die Funktionalität von Transportrobotern untersucht wird. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf dem Autonomiegrad dieser Technologien. Des Weiteren werden Einsatzgebiete in Kommissioniersystemen sowie jüngste Entwicklungen dargestellt.

Transportroboter

Bei Transportrobotern handelt es sich um fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF, engl. AGV (Automated Guided Vehicle) oder auch Mobile Robot), die der Gruppe der automatischen Flurförderzeuge zugeordnet sind. Ihre Funktion besteht in dem Materialtransport¹³ durch Ziehen oder Tragen des Förderguts. In den Ingenieurwissenschaften ist traditionell die Bezeichnung *fahrerloses Transportfahrzeug* geläufig. In der Debatte um Industrie 4.0 hat sich jedoch vermehrt die Bezeichnung *Transportroboter* etabliert, die im Folgenden gebraucht wird (vgl. [Böh12], S. 5; [Sch17]). Diese Bezeichnung hat den Vorteil, dass sie breiter greift, indem die Funktion der Technologie hervorgehoben wird und sich somit nicht auf *eine* fahrzeugartige Realisierungsform beschränkt wird.

Die Ausprägungsform von Transportrobotern ist vielfältig. Sie werden bspw. in Form von Schleppern oder Wagen für Transportvorgänge, rollenden Werkbänken für Montagevorgänge oder Staplern für Stapel- und Transportvorgänge realisiert (vgl. [Mül11]). Die Steuerung erfolgt automatisch und berührungslos. Transportroboter bewegen sich ohne direktes menschl-

¹³ Im industriellen Kontext werden FTF vorrangig für den Transport von Material, Gütern, Behältern u. Ä. herangezogen. Der Transport von FTF für Menschen ist im industriellen Anwendungsbereich eher zweitrangig und wird daher hier nicht weiter betrachtet.

ches Einwirken fort und navigieren sich anhand verschiedener Führungsprinzipien, bspw. entlang physischer oder virtueller Leitlinien ([HSD18], S. 209 ff.).

Mehrere Transportroboter bilden ein fahrerloses Transportsystem (FTS). Durch ein übergeordnetes IT- und Organisationssystem (Leitsteuerung) werden die Transportroboter und Arbeitsaufträge koordiniert, disponiert und verwaltet. Weitere Bestandteile des FTS sind die Einrichtungen zur Standort- und Lagebestimmung, Leitsteuerung sowie periphere Einrichtungen, die für den Betrieb erforderlich sind (ebd.).

Technische Bestandteile von Transportrobotern

Die technischen Bestandteile eines Transportroboters gliedern sich in das eigentliche Fahrzeug, die Sicherheitstechnik, die Navigationstechnik und die Leitsteuerung (vgl. [Mül11]). Bei dem Fahrzeug handelt es sich um speziell konzipierte Karossen mit anwendungsspezifischen Aufbauten oder um konventionelle Flurförderzeuge (wie Gabelstapler), die durch Sensorik erweitert sind und somit für den autonomen Betrieb vorbereitet werden (vgl. [BGR⁺14], S. 222). Der Antrieb erfolgt vorrangig elektronisch.

Bei der Sicherheitstechnik wird zwischen berührenden und nicht-berührenden Sicherheitssystemen differenziert. Zu den berührenden Systemen zählen Bügel oder Schaumstoff-Bumper. Unter die berührungslosen Systeme, die fast ausnahmslos eingesetzt werden, fallen Laserscanner oder Ultraschallsensoren (vgl. [Mül11]).

Die Navigationstechnologie wird in Verfahren mit physischer und virtueller Leitlinie unterteilt (ebd.). Bei der physischen Leitlinie folgt der Transportroboter einer bestimmten Bodeninstallation, wie einer optischen, magnetischen oder induktiven Linie. Der Vorteil dieser Realisierungsmöglichkeit liegt in der preiswerten Investition und der Robustheit. Nachteilig ist jedoch der verhältnismäßig hohe bauliche Aufwand bei Inbetriebnahme sowie die fehlende Anpassung des Fahrweges (vgl. [BGR⁺14], S. 223). Eine spezielle Form der diskontinuierlichen Leitlinie stellt die Rasternavigation dar, die in Form von gittermäßig angelegten RFID-Tags oder Magneten und entsprechender Sensorik am Transportroboter realisiert wird. Daraus ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für den Fahrweg (vgl. ebd.).

Die Verfahren der virtuellen Leitlinie umfassen klassischerweise die Konturenavigation sowie die Navigation per Reflektormarkern (ebd.). Die Konturenavigation erfolgt mithilfe eines Laserscanners, der die Umgebung abtastet, oder mithilfe einer Kamera. Die Navigation mit Reflektormarkern erfordert die Installation von Reflektoren an bspw. Wänden oder Regalen, die dann von dem rotierenden Laserscanner des Transportroboters erfasst werden, und die aktuelle Position über Triangulation berechnet. Bei diesen Verfahren können Fahrwege aufwandsarm geändert werden.

Die dreidimensionale Erkennung stellte lange Zeit eine große Herausforderung dar, da es an einem zufriedenstellenden 3D-Sensor mangelte (vgl. [Sem14]). Jüngste Ansätze lösen dies, indem sie die dreidimensionale Erkennung der Umgebung mittels 3D-Kameras mit weiterer Sensorik wie Ultraschall kombinieren (vgl. [Daho.J.]).

Die Leitsteuerung umfasst die administrative und die operative Ebene [Mül11]. Die administrative Steuerung verwaltet die Transportaufträge und ordnet sie Transportrobotern zu. Ist dies der Fall, spricht man von einem zentralen Steuerungssystem. Zudem sind in der administrativen Ebene Service-Funktionen wie Simulation oder statistische Auswertungen verortet. Die operative Steuerung beschreibt die Fahrzeugsteuerung. Die Kommunikation zwischen beiden Ebenen erfolgt über Funk.

Transportroboter als cyber-physisches System

Durch die Integration von Sensoren, Aktoren und Kognition können Transportroboter als cyber-physisches System bezeichnet werden (vgl. [BGR⁺14], S. 221). Diese Komponenten sind letztlich auch dafür verantwortlich, dass sich die Navigation von Transportrobotern in den letzten Jahren deutlich verbessern konnte (vgl. ebd.). Bessere Navigationsmöglichkeiten resultieren in einer besseren Anpassungsfähigkeit an wechselnde oder individuelle Umgebungen und unvorhergesehene Situationen. Folglich erhöht sich der Grad der Autonomie der Transportroboter.

Grad der Autonomie

Der Grad der Autonomie von Transportrobotern muss differenziert untersucht werden, da sich Autonomie über verschiedene Ebenen erstreckt. Dabei kann zwischen drei Arten der Autonomie unterschieden werden ([Sch08], S. 42 ff.; Hervorhebungen im Original):

*„**Verhaltensautonomie** bezeichnet die Fähigkeit technischer Geräte, bestimmte Verhaltensweisen selbsttätig durchzuführen. Verhaltensautonomie können Geräte auf jeder Stufe technischer Selbststeuerung besitzen. Erforderlich ist zunächst nur, dass sie Zugriff auf jene Verhaltensressourcen besitzen, die sie zur Durchführung ihrer Verhaltensprogramme benötigen.“*

*„**Entscheidungsautonomie** bezeichnet die Fähigkeit technischer Geräte, eigenständig zwischen Verhaltensalternativen auswählen zu können. Das Merkmal technischer Entscheidungsautonomie setzt nicht voraus, dass ein Entscheidungskalkül zum Einsatz kommt. Bereits die Reiz-Reaktions-Steuerung realisiert eine Form technisch eigenständiger Wahl zwischen Verhaltensalternativen. Eine Form technischer Ent-*

scheidungsautonomie ist auch die Verhaltenswahl nach Massgabe vorgegebener Entscheidungsprogramme. In beiden Fällen ist es sinnvoll, von technischer Entscheidungsautonomie zu sprechen, weil die Entscheidung darüber, welche technische Verhaltensoption als Teilstück einer Handlung realisiert wird, vom technischen Gerät getroffen wird und nicht von seinem Benutzer.“

*„**Informationsautonomie** bezeichnet die Fähigkeit technischer Geräte, aus verfügbaren Daten eigenständig Informationen zu gewinnen, die dann einen Einfluss auf ihr Verhalten haben. Technische Geräte, denen von ihren Herstellern oder Benutzern bestimmte Informationen zweckbezogen vorgegeben werden und die dann fallweise auf relevante Information zugreifen, besitzen keine Informationsautonomie.“*

Transportroboter verfügen demnach allgemein über Verhaltensautonomie, da sie führerlos und selbstständig agieren. Ihre Entscheidungsautonomie differenziert sich insbesondere hinsichtlich der Navigation. Sofern sie keiner physischen Leitlinie folgen (müssen), haben Transportroboter Entscheidungsautonomie hinsichtlich der eingeschlagenen Route, d. h. sie suchen sich selbst den optimalen Weg. Hinsichtlich Verhaltens- und Entscheidungsautonomie kann noch unterschieden werden, ob sie sich auf bekanntem oder unbekanntem Terrain befinden (vgl. [Ull15]).

Komplexer verhält es sich bei der Betrachtung der Informationsautonomie. Zentral gesteuerte Systeme (s. o.) verfügen über keine Informationsautonomie, da sie durch die administrative Leitsteuerung mit relevanten, d. h. auftragsbezogenen Informationen versorgt werden, die ggf. sogar die Fahrspur im Voraus festlegen (vgl. [BGR⁺14], S. 224).

Es zeichnen sich jedoch Bestrebungen ab, „mehr Intelligenz für die Steuerung logistischer Prozesse direkt auf den Transporteinheiten zu verorten“ ([GKT17], S. 105). Diese dezentrale Steuerung hat das Potential, dass Transportroboter ihre Arbeitsumgebung und –aufträge wahrnehmen, untereinander kommunizieren und somit Aufträge selbstständig koordinieren. Diese Organisationsweise wird mitunter als Schwarmintelligenz bezeichnet (vgl. [MM17a]). Die Voraussetzung für diese Funktionsweise ist das Ausstatten der Transportroboter mit Sensorik, Rechenkapazität, Entscheidungslogik und der Fähigkeit, drahtlos zu kommunizieren (ebd.). Softwareseitig kann die dezentrale Steuerung mittels Agenten realisiert werden, die anhand vorgegebener Regeln selbstständig Entscheidungen treffen (vgl. [SSS⁺13]). In dieser Evolutionsstufe kann man von informationsautonomen Transportrobotern sprechen.

Einsatzgebiete in der Kommissionierung

Transportroboter erfüllen die Transportfunktion in der Kommissionierung. In manuellen und teilmanuellen Kommissioniersystemen kann dies den Transport von Behältern (wie Kommissionier- oder Leerbehältern), Ladeeinheiten, Bereitstelleneinheiten, Retouren oder Nachschub umfassen – oder auch von Lagertechnik. Als Unstetigförderer sind Transportroboter flexibel einsetzbar, da sie keine aufwendige Installation benötigen. Des Weiteren sind sie leicht skalierbar, indem die Anzahl der Transportroboter kurzfristig an die Systemleistung angepasst werden kann. Die Lastaufnahme und –abgabe kann automatisiert oder durch Hilfe eines Mitarbeiters erfolgen.

Kooperative Konzepte

In jüngster Zeit zeichnen sich vermehrt technologische Entwicklungen ab, die auf einer intensivierten Mensch-Maschine-Zusammenarbeit fundieren. Dabei wird der Transportroboter vermehrt als Arbeitswerkzeug des Mitarbeiters eingesetzt, indem Arbeitsprozesse gemeinsam, kooperativ ausgeführt werden. Dies betrifft in besonderer Weise die manuellen Arbeitsprozesse der Kommissionierung.

Eine marktreife Technologievariante von Transportrobotern stellen Kommissionierstapler dar, die dem Kommissionierer während des Kommissioniervorgangs folgen (vgl. [Stio.J.]; [Croo.J.]). Der Kommissionierer verbindet sich mithilfe eines Assistenzsystems mit dem Kommissionierstapler, um die kooperative Arbeitsteilung zu starten. Die angebrachten Bewegungsverfolgungssensoren sorgen dann dafür, dass der Stapler zwischen Bediener, weiteren Personen und Hindernissen unterscheiden und dadurch flexibel auf die Umgebung reagieren kann. In diesem autonomen Betrieb verfolgt der Kommissionierstapler den Bediener, passt sich dessen Arbeitstempo an und hält eigenständig einen Mindestabstand. Fahren und Lenken werden dabei autonom vom Gerät gesteuert und an die Umgebung sowie anderen Fahrzeugen angepasst. Durch eine Taste am Stapler kann die Maschine zudem zwischen autonomen und manuellen Betrieb wechseln, sodass sie auch als konventioneller Gabelstapler genutzt werden kann.

Eine andere populärer gewordene Technologievariante im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium ist die gesten- oder sprachgesteuerte Steuerung von Transportrobotern. Der Transportroboter erhält dabei seine Arbeitsanweisungen vom Kommissionierer, die er dann autonom ausführt (vgl. [TSS⁺13]). Dies umfasst bspw. das Folgen oder den Abtransport. Andere Varianten dieser Steuerungsform umfassen zudem das eigenständige Ein- und Auslagern des autonomen fahrerlosen Gabelstaplers, währenddessen der Kommissionierer parallel andere Arbeitsaufgaben erledigen kann (vgl. [ODE⁺17]).

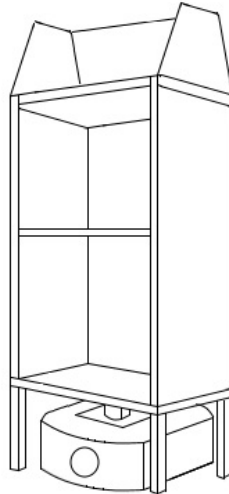


Abbildung 16: Transportroboter mit Regal (eigene Darstellung)

Transportroboter für Lagertechnik

Transportroboter werden in Kommissioniersystemen auch eingesetzt, um Regale zu transportieren (siehe Abbildung 16). Diese werden dann vorrangig an stationäre, abgesicherte Kommissionierarbeitsplätze bedarfsgerecht, d. h. auftragsspezifisch, bereitgestellt (vgl. [Amao.J.]; [Greo.J.]; [Swio.J.]). Bei diesem Ware-zur-Person-Kommissioniersystem besteht keine direkte Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Die Autonomie ist zudem eingeschränkt, da die Steuerung zentral aufgebaut ist und ausschließlich die Navigation autonom erfolgt. Systeme dieser Art sind durch einen sehr hohen Raumnutzungsgrads gekennzeichnet.

Technologisch möglich sind jedoch auch Systemvarianten, die den Menschen innerhalb der sich bewegenden Regale vorsehen. Entsprechende Forschungsvorhaben für die sichere Mensch-Maschine-Interaktion in Systemen dieser Art existieren (vgl. [Safo.J.]). Die Herausforderungen dieser Systemvariante bestehen insbesondere in der Arbeitssicherheit, da die Regale zum Ersten ggf. schwere Lasten mit entsprechender Wirkkraft bewegen. Zum Zweiten erschwert eine große Anzahl bewegender Regale die Übersicht der Situation (seitens des Menschen), die Navigation und das Erkennen von Menschen (seitens des Transportroboters).

Verbreitung von Transportrobotern

Die International Federation of Robotics (IFR) erhebt regelmäßig Daten zu der Verbreitung von Robotern. Dabei unterscheidet sie zwischen Industrierobotern, die in der Fertigung und Montage eingesetzt werden, und Servicerobotern. Unter den Servicerobotern bildet die Logistik das größte Einsatzgebiet, gefolgt von Verteidigungs- und Melkrobotern. Zu den Servicerobotern zählen „automated guided vehicles in manufacturing environments and in non-manufacturing environments“ ([IFRo.J.], S. 12), also Transportroboter im Sinne dieser Arbeit.

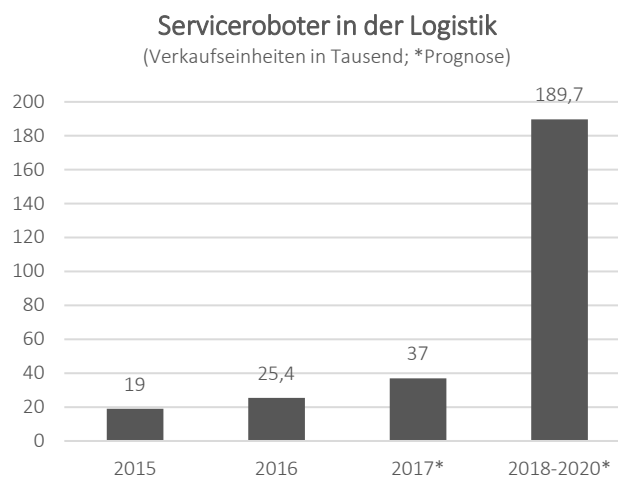


Abbildung 17: Serviceroboter in der Logistik (eigene Darstellung nach [IFRo.J.], S. 13)

Die Entwicklung der Verkaufszahlen ist rasant: Allein zwischen 2015 und 2016 wuchsen diese weltweit um 34 % (siehe Abbildung 17). Für die Folgejahre wird ein ähnlich großes Wachstum erwartet, was die Relevanz von Transportrobotern als Technologietrend unterstreicht.

3.3.2 Assistenz

Im Folgenden wird der Stand der Technik und Forschung im Technologietrend *Assistenz* dargestellt. Dem wird sich in mehreren Schritten angenähert. Zuerst erfolgt eine Bestandsaufnahme derzeitiger technologischer Entwicklungen in diesem Bereich sowie eine chronologische Einordnung dieser. Darauf aufbauend werden die technologischen Entwicklungen detailliert nach

Verbreitung und Entwicklungsstand untersucht. Ergänzt wird das Vorgehen durch eine Rekapitulation der für die Forschungsfragestellung relevanten wissenschaftlichen Debatte, indem insbesondere Herausforderungen in diesem Bereich dargestellt werden.

Assistenzsysteme im industriellen Arbeitsumfeld

Unter Assistenzsystemen im industriellen Arbeitsumfeld verstehen sich rechnerbasierte Systeme, die dem Menschen bei der Entscheidungsfindung und -durchführung unterstützen [SFB07]. Der funktionale Umfang von Assistenzsystemen reicht von der Entscheidungsunterstützung (bspw. Aufgaben der Entscheidungsvorbereitung und/oder der Alternativenauswahl) bis hin zur Entscheidungsausführung und -überwachung.

Hinsichtlich des Leistungspotentials existieren verschiedene Definitionsansätze in der Literatur. Teilweise werden Assistenzsysteme als Notwendigkeit zur Bewältigung von Arbeitsabfolgen mit hohem Schwierigkeitsgrad angesehen, die die kognitiven Fähigkeiten des Menschen übersteigen (vgl. [SFB07]). Dies umfasst bspw. komplexe Tätigkeiten im Bereich der Wartung von Maschinen [Evo15]. Andere Ansätze sehen in Assistenzsystemen vielmehr eine Form der Instruktion bei repetitiven und monotonen Tätigkeiten (vgl. [WRW15], S. 164).

Es lässt sich zusammenfassend konstatieren, dass eine einheitliche Definition, welche Funktion ein Assistenzsystem in den industriellen Arbeitsprozessen einnimmt, nicht existiert. Vielmehr kommt es auf den kontextbezogenen Einsatz dieser an. Das heißt, je nach Arbeitsinhalt kann das Assistenzsystem eine komplexitätsreduzierende oder eine effizienzsteigernde Funktion innehaben.

Kategorisierung von Assistenzsystemen in der Kommissionierung

Bedingt durch die digitale Transformation sind im Bereich der Kommissionierprozesse eine Vielzahl unterschiedlicher Assistenzsysteme hervorgegangen. Diese lassen sich vielseitig kategorisieren. Auf einer technischen Ebene können diese in optische, akustische und haptische Assistenzsysteme unterteilt werden (vgl. [KW16]). Auf einer organisatorischen Ebene der Mensch-Technik-Interaktion können Assistenzsysteme unterschieden werden in solche, die unmittelbar am Körper getragen werden (Wearable Computing, oder vereinfacht auch als Wearables bezeichnet) und solche, die nicht mittelbar mit dem Körper des Menschen verbunden sind (vgl. [Gab17a]).

Stand der Technik: Eine Bestandsaufnahme smarter Assistenzsystemen in der Kommissionierung

Die durch die digitale Transformation bedingten technologischen Möglichkeiten resultieren in einer Vielzahl neuartiger Assistenzsysteme im Bereich der Kommissionierung. Diese erweitern das Portfolio herkömmlicher Assistenzsysteme in der Kommissionierung, wie Barcodescanner. Dabei ist insbesondere das Thema Augmented Reality (AR) in den Fokus gerückt. Unter AR versteht man das Einblenden kontextbezogener, virtueller Informationen in das reale Sichtfeld des Nutzers. Kontextbezogen bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Informationen dem Nutzer „in Abhängigkeit von Zeitpunkt, Ort und Auftragsstatus, sowie bei Bedarf lagerichtig und perspektivisch richtig“ zur Verfügung gestellt werden ([GKT17], S. 116). Die Informationen werden dem Nutzer durch ein head-mounted Display (HMD) bereitgestellt. Alternativ und im Folgenden wird diese Technologievariante auch als Datenbrille bezeichnet.

Datenbrillen können kategorisiert werden in monokulare, biokulare und binokulare Typen ([GBR⁺09], S. 57 f.). Monokulare Ausführungen verfügen nur über eine Bildquelle für ein Auge. Bei biokularen Ausführungen hingegen werden beide Augen durch eine Bildquelle adressiert. Binokulare HMD erweitern zwei Bildquellen noch durch die Erzeugung eines echten 3D-Bildes mit Tiefenwahrnehmung (ebd.).

Weitere Komponenten eines AR-Systems sind neben der Datenbrille das Trackingsystem zur Positionsbestimmung, das Datenhaltungssystem und der Szenengenerator, der den Input für das HMD liefert (ebd.). Teilweise erfolgt die Erfassung der realen Umgebung über Kameras, die ebenfalls für das Tracking verwendet werden können.

Der Einsatz von Datenbrillen in der Kommissionierung wird auch als Pick-by-Vision bezeichnet (siehe Abbildung 18). Das Ziel dieser Technologieanwendung in der Kommissionierung besteht auf Prozessebene darin, den Mitarbeiter durch die visuelle Aufbereitung von Informationen und Daten zu unterstützen und somit die Zielerreichung zu unterstützen (vgl. [RGS⁺10], S. 1; [Ehm11], S. 23).



Abbildung 18: Datenbrille für die Kommissionierung (eigene Darstellung)

Neben den Datenbrillen zählen Smartwatches zur verbreitetsten Form der Wearables im Kommissionierprozess [DWS⁺16]. Dieses Verfahren wird auch als Pick-by-Watch bezeichnet. Über die Smartwatch, welche über WLAN oder Mobilfunknetz mit dem Logistikleitstand verbunden ist, werden dem Mitarbeiter am Handgelenk Kommissionieraufträge eingespielt (vgl. [Arv17]). Des Weiteren existieren auch durch Barcodescanner erweiterte Handschuhe, die in der Kommissionierung eingesetzt werden können (bspw. [Pro17]) oder um Sensorik erweiterte Armbänder (bspw. mit RFID-Technologie [Fra17a]). Aufgrund des vergleichsweise geringen Funktionsumfangs dieser Wearables, der sich vorrangig auf Kommissionierauftragskoordination oder -quittierung beschränkt, werden diese Assistenzsysteme im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Potential von Datenbrillen in der Kommissionierung

In der Intralogistik stellt die Kommissionierung ein großes Anwendungsgebiet für AR-Anwendungen und Wearables dar. Dies liegt in der hohen Varianz in Form, Größe und Gewicht der Artikel begründet, die folglich eine hohe Flexibilität der Mitarbeiter erfordern. Diese Flexibilität können vollautomatisierte Systeme für nicht-standardisierte Artikel im derzeitigen Entwicklungsstand nicht liefern. Demnach ist davon auszugehen, dass auch in Zukunft die Relevanz manueller Kommissioniertätigkeiten bestehen bleibt (vgl. [GKT17], S. 114).

Das Prozessoptimierungspotential von Datenbrillen im Kommissioniervorgang besteht insbesondere in den Totzeiten, während derer der Mitarbeiter Auftragsdaten verarbeitet und nachgelagerte Aktionen einleitet (vgl. [Ehm11], S. 23). An dieser Stelle setzt AR an, durch die bspw. Suchvorgänge oder Quittierungen zeiteffizient gestaltet werden können.

Der Funktionsumfang von Datenbrillen für die Kommissionierung umfasst das Einblenden statischer (Auftrags-)Informationen in das Blickfeld des Nutzers sowie auch dynamische, im Raum positionierte Daten. Dies

wird durch den Einsatz eines Trackingsystems zur Bestimmung der Position und Blickrichtung ermöglicht. Die daraus entstehenden räumlichen 3D-Geometrien weisen den Weg durch das Lager oder heben den Entnahme- oder Ablageort visuell hervor [GBR⁺09].

Ein wesentlicher erhoffter positiver Aspekt beim Einsatz von Datenbrillen liegt in der Vermeidung von Fehlern. Eine in die Brille integrierte Kamera überprüft den Barcode des gepickten Artikels und kann den Kommissionierer somit in Echtzeit auf Typfehler hinweisen (vgl. [BVL17a]). Des Weiteren können Datenbrillen aufgrund ihrer Hands-free-Funktionalität zu einer verbesserten Ergonomie am Arbeitsplatz und zu einer erhöhten Bewegungsfreiheit der Mitarbeiter führen (vgl. [Lau15]; [KW16]).

Es liegen verschiedenartige Studien vor, die versuchen, den Mehrwert von Datenbrillen in der Kommissionierung zu messen. Der Kontraktlogistikdienstleister DHL bspw. hat die Technologie weltweit an verschiedenen Standorten pilotiert und verzeichnet eine Produktivitätssteigerung von 15 % sowie verringerte Pickfehler (vgl. [DHL17]). Ähnliche Erkenntnisse liefern Studien der Wissenschaftler der TU München (siehe auch [GBR⁺09]). Dort wurden Datenbrillen unter Labor- sowie Praxisbedingungen getestet. Die Fehlerquote konnte um 12 % und die Kommissionierzeit um 9 % reduziert werden [Log17b].

Ein weiteres Potential von AR in der Kommissionierung liegt im Anlernen von neuen Mitarbeitern. Die Einarbeitungszeit kann dabei reduziert werden (vgl. [DHL17]). Zudem existieren Bestreben, mithilfe von AR und der Anwendung spieltypischer Elemente in einem spielfremden Kontext bspw. das Anlernen von Arbeitsabläufen zu ermöglichen (vgl. [Fra17b]). Mithilfe dieser sogenannten Gamification soll die Motivation der Mitarbeiter bei der Kommissionierung gesteigert werden. Dieser Ansatz kann prinzipiell auch auf die Prozesse außerhalb der Anlernphase übertragen werden.

Herausforderungen von Datenbrillen in der Kommissionierung

Die Herausforderungen im Zusammenhang mit Datenbrillen sind vielseitig. Beim operativen Einsatz sind hier die Akzeptanz der Mitarbeiter, der Tragekomfort und die kognitive Belastung zu nennen, des Weiteren die vergleichsweise hohen Anschaffungskosten und geringe Laufzeit der integrierten Akkus (im Vergleich zu konventionellen Barcodescannern) sowie die erschwerte Lesbarkeit bei wechselnden Lichtverhältnissen (vgl. [GKT17]; [BVL17]; [GBR⁺09]).

Zudem hat aus arbeitsrechtlicher Perspektive im Zusammenhang mit Datenbrillen das Thema Datenschutz eine besondere Brisanz. Die Kameras sind in der Regel durchgängig in Betrieb. Dies bedeutet, dass die Aktivitäten des Nutzers prinzipiell von Dritten einsehbar sind. Des Weiteren bestehen

durch die Kameraaufzeichnung neuartige Möglichkeiten der Leistungskontrolle, die weit über herkömmliche Assistenzsysteme hinausgehen. Bspw. ist es technologisch möglich, den Kommissioniervorgang (ggf. sogar automatisiert) in verschiedene Teilprozesse zu unterteilen und auszuwerten. Dies könnte Totzeiten, Wegzeiten und Basiszeiten umfassen. Detaillierte Rückschlüsse auf Komponenten der individuellen Leistung sind so möglich.

Im Rahmen der Einführung von Datenbrillen hat die betriebliche Mitbestimmung folglich eine hohe Bedeutung. Die IT-Systeme dieser Assistenzsysteme müssen so gestaltet sein, dass sowohl die informationelle Selbstbestimmung gewährleistet als auch die Überwachung der Mitarbeiter ausgeschlossen werden kann.

Entwicklungsstand von Datenbrillen für die Kommissionierung

Es existiert eine Vielzahl von Anbietern von Datenbrillen für den privaten sowie für den industriellen Einsatz. Auch speziell auf die Kommissionierung angepasste Technologien sind am Markt verfügbar. Diese Lösungen werden von Technologieunternehmen angeboten (bspw. [Ubi17] oder [Pic17]), die sich auf die Anforderungen (d. h. Software) der Kommissionierung spezialisiert haben und dafür in der Regel Datenbrillen (Hardware) anderer Hersteller heranziehen und als Pick-by-vision-Produkt anbieten.

Verbreitung von Assistenzsystemen in der Kommissionierung

Aussagekräftige empirische Untersuchungen zur Verbreitung von Assistenzsystemen unterschiedlicher Ausführungen liegen im Bereich der Kommissionierung nur bedingt vor¹⁴. Im Technologiebereich Datenbrillen existieren jedoch einige populäre Anwendungsfälle, die durch Fallstudien mediale Beachtung gefunden haben (bspw. DHL im Bereich Kontraktlogistik, Volkswagen im Bereich Automotive oder Dr. Babor im Bereich Handel [Int16]).

Marktprognosen zufolge wird die Anzahl von Assistenzsystemen im industriellen Einsatz weiterhin steigen. Abbildung 19 stellt die prognostizierten Absätze dieser Assistenzsysteme weltweit dar. Demnach ist ein überproportionales Wachstum in naher Zukunft zu verzeichnen. Dies geht einher mit dem prognostizierten Wachstum des Internets der Dinge bzw. internetfähiger Devices.

¹⁴ Anzuführen sei hier exemplarisch die jährliche Untersuchung von Kommissionieranlagen der Fachzeitschrift *Materialfluss Markt*. Die Analyseauswahl betrifft jedoch ausschließlich Neuplanungen. Zudem bleibt unersichtlich, wie die Auswahl der Neuplanungen erfolgt (vgl. [Mat17b]).

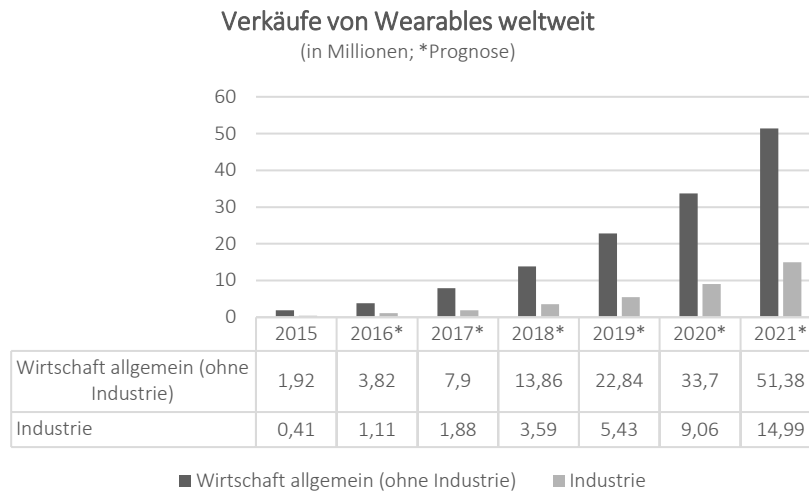


Abbildung 19: Verkäufe von Wearables weltweit (eigene Darstellung nach [Tra16])

Nach Prognosen des Marktforschungsunternehmens Gartner sollen bis 2019 Augmented-Reality-, Virtual-Reality- und Mixed-Reality-Lösungen in jedem fünften Großunternehmen im Einsatz sein [Gar17c].

Der Status quo bei den deutschen Logistikdienstleistern sieht derzeit so aus, dass 2 % umfassend und 6 % teilweise Augmented-Reality-Lösungen nutzen. Allerdings sind hier beachtliche Vorhaben in Planung: 14 % planen den Einsatz in weniger als fünf Jahren und weitere 14 % den Einsatz in mehr als fünf Jahren (vgl. [KSS⁺17], S. 29).

3.3.3 Automatisierung

Die Automatisierung beschreibt die Übertragung von Funktionen vom Menschen auf künstliche Systeme [Gabo.J.]. Die zentrale Funktion bei der Kommissionierung ist die anforderungsgerechte Auftragszusammenstellung. Diese Funktion wird in verschiedenen Branchen bereits in Form von vollautomatisierten Ware-zur-Person-Kommissionier- und Lagersystemen realisiert. Vergleichsweise neu hingegen sind Bestrebungen, die Funktion des Kommissionierens in bisher manuell oder teilmanuell betriebenen Person-zur-Ware-Systemen zu automatisieren. Diese Bestrebungen äußern sich in Form von mobilen Kommissionierrobotern, die im Folgenden im Technologietrend *Automatisierung* untersucht werden.

Im folgenden Abschnitt wird zuerst ein allgemeiner Überblick zur Automatisierung in der Intralogistik gegeben, bevor auf mobile Kommissionierroboter im Speziellen eingegangen wird. Dabei werden der Entwicklungsstand, die Herausforderungen, die Potentiale und die Verbreitung von mobilen Kommissionierrobotern betrachtet.

Stand der Technik: Automatisierung in der Intralogistik

In Materialflusssystemen kann zwischen drei Stufen der Automatisierung unterschieden werden: manuell, teilautomatisiert und automatisiert (vgl. [JB98], S. 103). Manuelle Systeme beruhen auf Tätigkeiten, die von Menschen ausgeführt werden, die sich ggf. Hilfsmitteln bedienen. In teilautomatisierten Systemen teilen sich die Tätigkeiten auf maschinelle und manuell durchgeführte Tätigkeiten auf. Das Verhältnis zwischen menschlicher und maschineller Arbeit beziffert den Grad der Automatisierung.

Die derzeitigen Einsatzfelder von automatisierten Technologien in der Intralogistik umfassen bspw. das Lagern, Fördern, Sortieren, Palettieren oder Verpacken. All diesen Funktionen ist gleich, dass sie einen hohen Standardisierungsgrad voraussetzen. Ermöglicht wird dies bspw. durch den Einsatz von standardisierten Ladehilfsmitteln (vgl. [Mar14], S. 62).

Für die Kommissionierung existieren Automatisierungslösungen, die sich insbesondere in Ware-zur-Person-Systemen finden. Ein Beispiel hierfür sind Kommissionierstationen, die an automatisierte Fördertechnik angebunden sind. Die Kommissionierung von Lagerbehältern in Auftragsbehälter erfolgt an diesen stationären Kommissionierstationen durch einen Mitarbeiter oder durch einen Roboter (vgl. [HSB11], S. 76; [Van17]). Durch diese Systemvariante kann eine hohe Kommissionierleistung erreicht werden, u. a. da keine Wegzeiten anfallen.

Die Automatisierung in manuellen oder teilautomatisierten Kommissioniersystemen beschränkt sich (neben den informationslogistischen Prozessen) zumeist auf die Förder- und Lagertechnik. Der Kommissioniervorgang selbst wird vorrangig von Menschen erledigt.

Mobile Kommissionierroboter

Mobile Kommissionierroboter stellen eine relativ junge Entwicklung im Bereich der vollautomatisierten Kommissioniertechnik dar. Funktional sind diese dem menschlichen Mitarbeiter nachempfunden und decken somit einen großen Teil des Kommissioniervorgangs ab (siehe Abbildung 20). Kommissionierroboter können sich durch das Kommissioniersystem bewegen, Güter greifen und somit Aufträge vollkommen selbstständig zusammenstellen (vgl. [AIK⁺08], S. 685). Bildlich gesprochen stellen mobile Kommissionierroboter eine Kreuzung aus einem Transportroboter und einem stationären Kommissionierroboter dar.

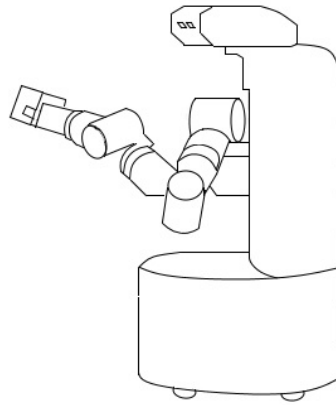


Abbildung 20: Mobiler Kommissionierroboter (eigene Darstellung)

Technische Bestandteile mobiler Kommissionierroboter

Die technischen Bestandteile eines mobilen Kommissionierroboters ergänzen die Komponenten eines herkömmlichen Industrieroboters um die Transportfunktion. Charakterisierend für Kommissionierrobotern ist ihr Effektor: der Greifer. Dies ist der Teil des Roboterarms, der mit der Umgebung in Kontakt tritt. Weitere Bestandteile stellen die Steuerung und das Programmiersystem dar ([Web17], S. 21 ff.). Das Programmiersystem bildet dabei die Schnittstelle zwischen dem Anwender und dem Roboter (Human Machine Interface). Die Robotersteuerung besteht aus der notwendigen Hardware und Systemsoftware, um die Bewegungsvorgänge zu realisieren.

Entwicklungsstand mobiler Kommissionierroboter

Der Entwicklungsstand mobiler Kommissionierroboter ist im Vergleich zu stationären Kommissionierrobotern noch nicht so weit fortgeschritten. Stationäre Kommissionierroboter sind, so wie stationäre Roboter anderer intralogistischer Anwendungen (s. o.), bereits so marktreif, dass sie recht einfach beschafft und in den Prozess integriert werden können (vgl. [MM17]). Die Grundvoraussetzung ist jedoch, dass stationäre Kommissionierroboter mög-

lichst standardisierte Prozesse benötigen. Dies äußert sich bspw. in standardisierten Behältern oder vergleichsweise standardisierten Artikeln (vgl. [Vano.J.])¹⁵.

Es existieren mehrere Technologieanbieter von mobilen Kommissionierrobotern auf dem Markt. Der Anbietermarkt ist jedoch vergleichsweise klein, woraus sich schließen lässt, dass noch relativ viel Entwicklungsarbeit im Hintergrund vonstattengeht. Dies bestätigt sich auch bei der Lektüre der Fachpresse: Neue Technologien finden dort regelmäßig Einzug, aber Berichte über den betrieblichen Einsatz von mobilen Kommissionierrobotern sind rar gesät (vgl. [Log17a]).

Die Anbieter mobiler Kommissionierroboter verfolgen dabei verschiedene konzeptionelle Ansätze. Zum einen existieren mobile Kommissionierroboter, die mit einem recht standardisierten Sortiment operieren (bspw. Schachteln), das sie greifen und transportieren. In ihrer äußeren Erscheinungsform gleichen diese Technologien eher einem mobilen Automaten, der Güter mit einem schienenähnlichen Greifsystem schiebt und zieht (vgl. [Mago.J.]).

Andere mobile Kommissionierroboter sind in ihrem Aufbau eher der humanen Bionik nachempfunden. Dies äußert sich in Greifarmanen, die anstreben, die menschlichen Fähigkeiten beim Greifen zu adaptieren. Diese Technologievarianten greifen und transportieren Artikel (vgl. [IAMo.J.]) oder kooperieren mit Transportrobotern (vgl. [Fet16]).

In anderen Anwendungsdomänen, insbesondere der Montage und der Produktion, sind kooperative Konzepte, also die Interaktion von Mensch und Roboter während des Bearbeitungsprozesses, auf dem Vormarsch (vgl. [Web17], S. 26 f.). Diese sogenannten Cobots sind vorrangig Leichtbauroboter und können intuitiv programmiert werden, teilweise durch vorführen der Arbeitsschritte. Somit ist diese Form der Mensch-Roboter-Kollaboration auch für Unternehmen interessant, die über wenig Know-how in der Roboterprogrammierung verfügen.

Herausforderungen von mobilen Kommissionierrobotern

Die Herausforderungen mobiler Kommissionierroboter sind vielfältig. Zum Ersten müssen sie sich in einem Kommissioniersystem navigieren können. Dies autonom zu meistern, ggf. gemeinsam mit Menschen, stellt derzeit eine schwer zu lösende Aufgabe dar (siehe Technologietrend *Autonomie*). Zum Zweiten besteht die noch größere Herausforderung in dem automatisierten

¹⁵ Ein Beispiel hierfür ist der Lebensmittelgroßhandel. Hier werden in der Intralogistik viele vollautomatisierte Lösungen eingesetzt, u. a. stationäre Kommissionierroboter. Die Artikel sind objektmäßig gut, d. h. standardisiert handhabbar, da sie vorrangig aus rechteckigen Großverpackungen oder Gebinden bestehen.

Greifen von unterschiedlichsten Gütern in einer Umgebung, die durch verschiedene Formen der Bereitstellung geprägt ist. Dies umfasst nicht nur den „Griff in die Kiste“ (vgl. [Wur17], S. 154), sondern bspw. auch das Greifen aus einer chaotischen Lagerhaltung heraus – und das bei einem Sortiment, das je nach Branche Millionen verschiedener Artikel umfassen kann.

Adressiert werden diese Herausforderungen in dem Entwicklerwettbewerb „Amazon Robotics Challenge“, der vom Branchenprimus Amazon ausgetragen wird. Bei dem Roboterwettbewerb müssen unterschiedliche Objekte mit stark variierenden Formen, Größen, Gewichten und Oberflächen aus einem Regal in eine Box kommissioniert werden (vgl. [IEE17]).

Die wesentliche Herausforderung in der Steuerung von Kommissionierrobotern ist die Identifizierung und das Greifen der Artikel. Der Vergleich mit dem menschlichen Körper verdeutlicht die Komplexität: Mit fünf Fingern, 27 Knochen, 36 Gelenken, 39 Muskeln und über 17.000 Rezeptoren, die alle Arten von Druck spüren, ist die menschliche Hand ein universelles Werkzeug (vgl. [ges10]). Auch wenn derzeitige Technologien bereits eine sehr sensible Regelung ermöglichen, bleibt die Steuerung eine hochkomplexe Herausforderung. Selbst der Mensch benötigt vier Jahre, bis er das Zusammenspiel von Auge und Hand vollständig beherrscht (vgl. [Lev16]).

Deep Learning bietet einen softwareseitigen Lösungsansatz für die Realisierung derart komplexer Steuerungen. Dabei erarbeitet sich der Roboter das Erkennen von Mustern oder Handlungen. Durch das Speichern funktionierender Konzepte kann der Roboter dann über langsame Steigerung der Komplexität diese Konzepte immer weiter perfektionieren und wie ein Mensch lernen (vertiefend dazu [GBC16]).

Potential von mobilen Kommissionierrobotern

Das Potential mobiler Kommissionierroboter wird sehr unterschiedlich bewertet. Einerseits existieren Expertenstudien, die mobilen Kommissionierrobotern einen großen Einsatzbereich in Distributionszentren einräumen (vgl. [DHL16]). Dies spiegelt sich auch in den wenigen bekannten Pilotversuchen von Logistikdienstleistern wider, die die Kommissionierroboter gemeinsam mit Menschen in einem hybriden Szenario testen (vgl. [Log16]). Andererseits werden die Bemühungen, das Greifen zu automatisieren, von manchen als betriebswirtschaftlich risikoreich erachtet (vgl. [Int17]).

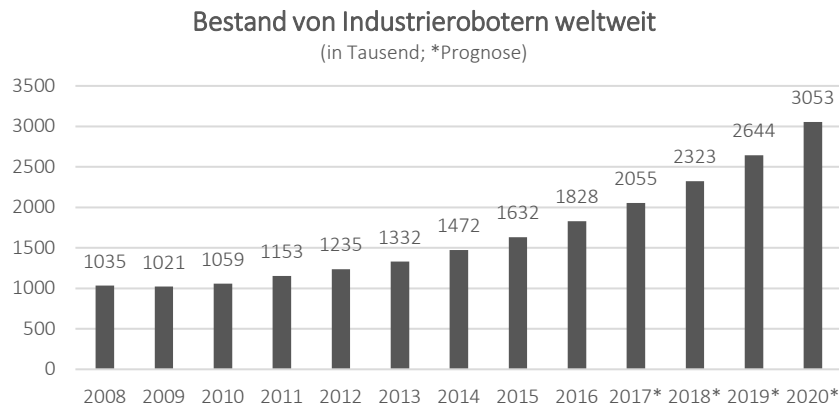


Abbildung 21: Bestand von Industrierobotern weltweit (eigene Darstellung nach [IFR17], S. 15)

Verbreitung von Industrierobotern

Spezifische Studien zur Verbreitung von mobilen Kommissionierrobotern existieren nach derzeitigem Kenntnisstand nicht. Allerdings existieren Studien zur Verbreitung von Industrierobotern, die die Entwicklung der Automatisierungsbranche untermauern. Demnach ist deren Bestand kontinuierlich wachsend (siehe Abbildung 21). Dieser Trend kann nicht ohne Weiteres auf die Verbreitung von Kommissionierrobotern übertragen werden (u. a., weil es sich dabei um ein viel jüngeres Anwendungsfeld handelt), aber er spiegelt die positive Entwicklungstendenz der Branche wider.

3.3.4 Vernetzung

Der identifizierte Technologietrend *Vernetzung* wird in diesem Abschnitt näher untersucht. Dies beinhaltet insbesondere die technischen Elemente und Objekte, die Vernetzung innerhalb eines Kommissioniersystems charakterisieren. Dazu erfolgt zuerst eine umfassende Untersuchung des Stands der Forschung zur systemischen Sichtweise auf die Vernetzung in der Kommissionierung. Anschließend werden die zugrunde liegenden Technologien näher betrachtet.

Das Internet der Dinge in der Intralogistik

Das Internet der Dinge in der Kommissionierung beschreibt ein System, das aus logistischen Objekten mit eingebetteter Intelligenz besteht ([HH08], S.

131). Aufgrund dieser Intelligenz können die Objekte (miteinander) kommunizieren. Somit ist es ihnen möglich, bspw. Ressourcen anzufordern oder sich selbstständig durch den Materialflussprozess zu steuern, indem autonom die bestmögliche Route ausgewählt wird. Realisiert wird dies durch die durchgängige informationstechnische Vernetzung aller beteiligten Objekte und Systeme sowie deren dezentrale Steuerung (dazu vertiefend [BH07]).

Wenngleich die Vision des Internets der Dinge in der Intralogistik ursprünglich primär auf die selbstständige Navigation logistischer Objekte, wie bspw. Pakete, durch logistische Netze mithilfe von RFID abzielte (vgl. [BH07]), kann diese im Rahmen von Industrie 4.0 für die Intralogistik erweitert werden. Heutzutage steht nicht mehr die selbstständige Navigation logistischer Objekte im Fokus der Vision. Vielmehr wurde die Vision insbesondere um den Aspekt der Mensch-Technik-Interaktion erweitert. Somit steht das Internet der Dinge in der Intralogistik heute vielmehr für ein hoch vernetztes System von Menschen und Objekten auf Basis cyber-physischer Systeme (vgl. [AKNo.J.]). Prognosen von Technologieexperten zufolge wird sich in diesem Zusammenhang die Anzahl vernetzter Dinge in naher Zukunft exponentiell entwickeln (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Anzahl von vernetzten Dingen weltweit in Milliarden (eigene Darstellung nach [Gar17a])

Kategorie	2016	2017	2018	2020
Consumer-Bereich	3,963	5,244	7,036	12,863
Business-Bereich: branchenübergreifend	1,102	1,501	2,132	4,381
Business-Bereich: branchenspezifisch	1,316	1,635	2,027	3,171
Summe	6,381	8,380	11,196	20,415

Cyber-physische Systeme (CPS) stehen für die Verbindung von physischer und informationstechnischer Welt ([GB12], S. 17). CPS entstehen durch das Zusammenspiel von eingebetteten Systemen, Anwendungssystemen und Infrastrukturen, in Verbindung mit Vernetzung und Integration sowie der Mensch-Technik-Interaktion in Anwendungsprozessen. CPS sind „offene soziotechnische Systeme, die durch die hochgradige Vernetzung der physikalischen, sozialen und virtuellen Welt sowie durch die intelligente Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien entstehen“ ([GB12], S. 17). Durch diese funktionale Verbindung der physischen und der virtuellen Welt sind CPS mit vielfältigen Erwartungen hinsichtlich Prozessoptimierung verknüpft. Die Hierarchie bzw. evolutionäre Abgrenzung zwischen

(vernetzten) eingebetteten Systemen, CPS und dem Internet der Dinge ist in Abbildung 22 dargestellt.

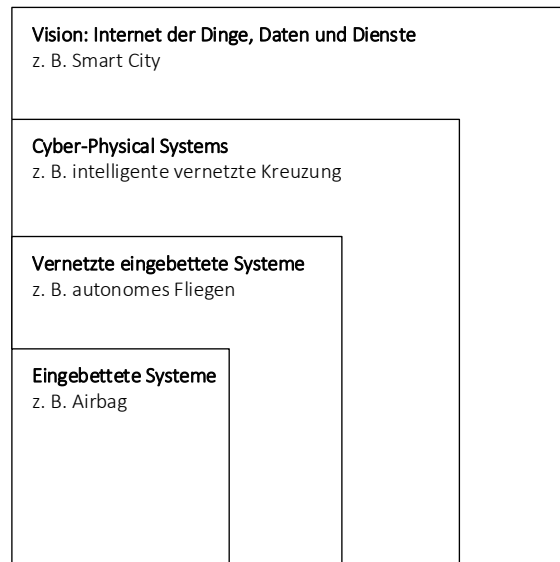


Abbildung 22: Evolution vom eingebetteten System zum Internet der Dinge, Daten und Dienste (eigene Darstellung nach [GB12], S. 21)

Stand der Technik: Vernetzung in der Kommissionierung

In diesem Abschnitt erfolgt eine Abbildung des Stands der Technik von Technologien, die in der Kommissionierung vernetzt eingesetzt werden. Dabei bleibt zu beachten, dass das Potential von Vernetzung selbstredend erst ausgeschöpft wird und man auch erst dann von ebendieser sprechen kann, wenn sich diese nicht nur auf wenige Technologien bzw. logistische Objekte beschränkt, sondern flächendeckend ist.

Die als *eingebettete Systeme (embedded systems)* bezeichneten Technologien integrieren Hardware- und Softwarekomponenten in ein umfassendes Produkt, um produktspezifische Funktionsmerkmale zu realisieren (vgl. [ZVE09], S. 8). Die Softwarekomponente hält dabei verschiedene Funktionen inne. Zum einen stellt sie die Verbindung zwischen der Hardware (bzw. dem logistischen Objekt) und dem übergeordneten IT-System der Kommissionierung dar. Dabei handelt es sich in der Regel um ein Warehouse Management System (WMS), Enterprise Resource Planning (ERP) System

oder ein sonstiges vergleichbares IT-System¹⁶. Zum anderen ist die Softwarekomponente auch Bestandteil der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Im Folgenden wird vorrangig auf die Hardwarekomponente eingegangen. Die Softwarekomponente wird nur dann betrachtet, wenn sie unmittelbare Voraussetzung für die Integration der Hardware in den Prozess ist.

Um die vielfältigen Begrifflichkeiten abzugrenzen, bedarf es jedoch einer griffigen Definition. Daher wird im Folgenden von *intelligenten logistischen Objekten* gesprochen. Dabei handelt es sich um logistische Objekte, denen es mittels integrierter sensorischer Bausteine möglich ist, ihre Umgebung wahrzunehmen oder über kabelgebundene oder drahtlose Funkverbindungen mit Steuereinheiten oder anderen (logistischen) Objekten in Verbindung zu treten und Informationen auszutauschen¹⁷. Die Konkretisierung des Objektbegriffs erfolgt im folgenden Abschnitt. Somit können intelligente logistische Objekte klar abgegrenzt werden. Es handelt sich um eingebettete Systeme, die mit anderen (logistischen) Objekten informationstechnisch sowohl mit den zugeordneten Steuerungssystemen als auch untereinander vernetzt sind, und so ein CPS innerhalb der Kommissionierung bilden.

Ein weiterer Aspekt hinsichtlich der Intelligenz stellt die Autonomie dar. Denn aufgrund der beschriebenen Sensorik und Rechenleistung kann es den logistischen Objekten möglich sein, Entscheidungen dezentral selbstständig zu treffen und somit selbststeuernde Prozesse zu realisieren (vgl. [SBF⁺08], S. 128 f.). Der Aspekt Autonomie wird detaillierter in Abschnitt 3.3.1 betrachtet.

Der Aspekt der Vernetzung beschränkt sich nicht nur auf logistische Objekte, sondern auch auf logistische Akteure (wie bspw. Kommissionierer). Die informationstechnische Vernetzung logistischer Akteure in der Kommissionierung kann bspw. mithilfe von Assistenzsystemen realisiert werden. Da hier eine Schnittmenge mit dem Technologietrend *Assistenz* besteht, wird sich in diesem Abschnitt auf die logistischen Objekte beschränkt. Ebenso verhält es sich mit autonomen Transportfahrzeugen, die an dieser Stelle nicht betrachtet werden. Ihre Funktionsweise wird im Abschnitt *Autonomie* dargestellt.

¹⁶ Der Funktionsumfang von Warehouse Management Systemen und deren Anbindung an die Kommissionierprozesse wird bspw. in [Tea16] näher untersucht.

¹⁷ Die Definition lehnt sich an die von [BHG⁺09] an (S. 7).

Stand der Technik: intelligente Logistikobjekte

Kommissioniersysteme bestehen aus einer Vielzahl verschiedener logistischer Objekte. Nicht bei allen Logistikobjekten ist es zwingend sinnvoll, diese mit Intelligenz zu versehen. Deshalb erfolgt in diesem Abschnitt eine Darstellung des Stands der Technik, der solche Logistikobjekte beinhaltet, die in diesem Zusammenhang von Forschung und Entwicklung betrachtet werden.

Der Begriff des logistischen Objektes ist in der Literatur nicht eindeutig abgegrenzt. Laut [HSD18] handelt es sich bei Objekten in Logistiksystemen um Güter, Informationen, Gelder und Personen (S. 2). [SBF⁺08] erweitern diese Definition und verstehen unter logistischen Objekten „sowohl materielle Objekte wie Maschinen oder Bauteile als auch immaterielle Objekte wie Produktionsaufträge“ (S. 128). Laut [Kol09] sind logistische Objekte „beispielsweise Güter, Maschinen, Lager, Transportmittel oder Aufträge“ (S. 18).

Für Kommissioniersysteme existiert keine allgemeingültige Übereinkunft, was (alles) als logistisches Objekt bezeichnet werden kann. Daher bedarf es einer Übertragung der oben genannten allgemeinen Definitionen auf den speziellen Untersuchungsrahmen des Kommissioniersystems. Im Rahmen dieser Arbeit werden logistische Objekte im Kommissioniersystem aus einer Materialflussperspektive heraus definiert. Das bedeutet, ein logistisches Objekt muss physisch greifbar sein, wie Ladehilfsmittel, Arbeitsmittel, Personen etc.

Innerhalb eines Person-zur-Ware-Kommissioniersystems werden Behälter eingesetzt, um einerseits als Transporteinheit oder Sammelbehälter für die Auftragszusammenstellung und andererseits als Bereitstellplatz zu dienen. Des Weiteren können Behälter auch als Versandeinheit dienen. Es lässt sich also feststellen, dass Behälter mehrere Funktionen innerhalb des Kommissioniersystems innehaben und somit als elementares logistisches Objekt innerhalb dieses Systems betrachtet werden können. Neben Behältern werden auch andere Ladehilfsmittel eingesetzt, wie Paletten, die dieselben Funktionen innehaben.

Die Lagertechnik ist ein weiterer Bestandteil des Kommissioniersystems. Mithilfe der Lagertechnik werden Artikel oder Güter für die Kommissionierung bereitgestellt, bspw. über Regale. Diese bestehen aus der Regalkonstruktion sowie der Fachanzeige, die analog oder digital gestaltet sein kann (vgl. [HH08], S. 92). Der Stand der Technik zu intelligenten Ladehilfsmitteln und Regalen in Kommissioniersystemen wird folgend genauer untersucht.

Intelligente Ladehilfsmittel

Mit Intelligenz ausgestattete Ladehilfsmittel sind seit einigen Jahren Teil der Forschung und Entwicklung. Die Forschungstätigkeiten konzentrieren sich auf Behälter (Kleinladungsträger) und Paletten (Großladungsträger).

Der *inBin* (siehe Abbildung 23), eine Entwicklung des Fraunhofer IML und des Lehrstuhls für Förder- und Lagerwesen FLW der TU Dortmund, ist ein Kleinladungsträger, der mit einer mit Rechenleistung versehenen Steuerungseinheit ausgestattet ist. Die einheitliche Steuerungseinheit ist so flexibel gestaltet, dass sie auf zahlreiche logistische Szenarien angepasst werden kann. Die Steuerungseinheit besteht aus mehreren Modulen [ERB⁺12]:

- *MMI-Schnittstelle*: Die Kommunikation mit dem Mitarbeiter kann entweder direkt über ein Display und Knöpfe erfolgen. Zudem bietet der Behälter Schnittstellen zu externen Systemen (z. B. Pick-by-Light oder Pick-by-Voice-Lösungen).
- *Energiequelle*: Die Versorgung des Behälters erfolgt mithilfe von auf Licht (Soar) basierenden Energy-Harvestern.
- *Energiepuffer*: Durch verschiedene Zwischenspeicher kann die Dunkellaufzeit des intelligenten Behälters individuell angepasst werden.
- *Intelligenz*: Durch variable Speichergrößen und Rechenkapazitäten kann die Intelligenz des Behälters je nach Anwendungsfall stufenweise angepasst werden.
- *Kommunikation*: Der Behälter kann durch verschiedene Kommunikationsprotokolle (bspw. 6LoWPAN oder ZigBeePro) in die Kommunikationsinfrastruktur des Unternehmens bzw. des Kommissioniersystems integriert werden.

Die konzeptionelle Grundlage der Intelligenz des *inBin* besteht in der Annahme, dass der Behälter den Prozessablauf selbst verwaltet, indem er die dafür benötigten Prozessinformationen innehat. Die weiterführenden Forschungstätigkeiten im Zusammenhang mit dem *inBin* umfassen die Kommunikationsplattform und -protokolle sowie die Energieversorgung (vgl. [MVE⁺17], S. 41 ff.). Die industriereife Entwicklung des *inBin* als Behälter für den Einsatz in Logistik und Produktion wurde gemeinsam mit der Firma Würth Industrie Service vorangetrieben und 2013 als *iBin* vorgestellt (vgl. [Wür17]). Der *iBin* verfügt über eine integrierte Kamera, die den Füllstand erfassen und diesen automatisiert an das Warenwirtschaftssystem übertragen kann.

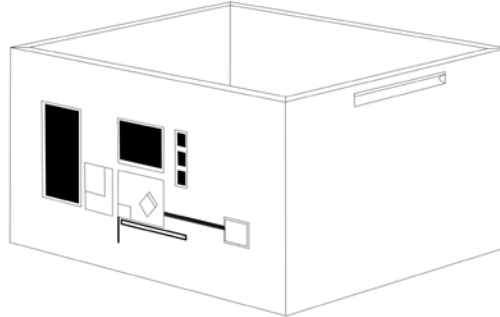


Abbildung 23: Intelligenter Behälter (eigene Darstellung)

Eine weitere Möglichkeit, Behälter mit Intelligenz zu versehen, besteht in der Erweiterung herkömmlicher Behälter durch Rechenleistung. Das vom Fraunhofer IML entwickelte *Pick-by-Ink* ist ein Beispiel dafür. Eine auf E-Ink basierende Einsteckkarte fungiert dabei als Display, auf dem Produktinformationen angezeigt und Entnahmen vom Mitarbeiter quittiert werden können (vgl. [Fra16b]). Über Funk ist die Einsteckkarte mit dem Warehouse Management System verbunden.

Weitere Ladehilfsmittel, die im Kommissionierprozess eingesetzt werden, sind Großladungsträger. Die Forschung und Entwicklung in diesem Bereich konzentrieren sich insbesondere auf Paletten¹⁸. Ein Beispiel für intelligente Paletten stellt die derzeitige gemeinsame Entwicklung der telent GmbH mit u. a. dem Fraunhofer IFF dar. Die Palette verfügt über ein integriertes Endgerät, das primär die GPS-Position ermittelt, aber auch durch Temperatur- oder Beschleunigungssensoren ergänzt werden kann und somit die Umgebungssituation erfasst (vgl. [tel17]).

Intelligente Regale

Die Entwicklung vernetzter logistischer Objekte umfasst auch die Lagertechnik des Kommissioniersystems. Ein Ansatz hierbei ist die Ausstattung von Regalen mit Displays, die herkömmliche (analoge) Regaletiketten ersetzen. Das *iDISPLAY*, eine gemeinsame Entwicklung von Würth Industrie

¹⁸ Weitere Beispiele für intelligente Ladehilfsmittel sind Luftfrachtcontainer [Fra16a] oder Seefrachtcontainer [Uni17]. Obwohl diese auch in Kommissioniersystemen eingesetzt werden können, werden sie hier nicht weiter betrachtet, da sie primär für den betriebsübergreifenden Einsatz konzipiert sind. Dies spiegelt sich auch in der Sensorik wider, die sich vorrangig auf die Lokalisierung beschränkt.

Service und Fraunhofer IML, kann hierfür als Beispiel herangezogen werden. Das Display wird an die Regalschiene angebracht, die die Position an das Warenwirtschaftssystem überträgt (vgl. [Wür16]). Dadurch, dass das Display mit dem Behälter auf dem Regalplatz „verheiratet“ ist, entsteht ein nachverfolgbares System. Das Display dient zudem als Benutzerschnittstelle bei der Kommissionierung, mithilfe dessen Aufträge quittiert werden können. Außerdem enthält das Display eine Leuchtanzeige und kann somit auch als Pick-by-Light-System fungieren.

Potential von intelligenten logistischen Objekten für die Kommissionierung

Auf operativer Prozessebene beinhalten intelligente logistische Objekte insbesondere Potentiale in Hinblick auf die Prozessqualität. Intelligente Behälter oder Displays, die über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle verfügen, können dazu beitragen, Entnahme- und Zuführprozesse effizienter zu gestalten. Dies ergibt sich daraus, dass die Quittierung am Behälter oder Display selbst erfolgt und somit für diesen Arbeitsschritt kein (zusätzliches) Assistenzsystem vonnöten ist.

Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Bereitstellung von Informationen am Entnahmeplatz. Somit können bspw. Typfehler beim Pickvorgang oder Totzeiten reduziert werden.

Auch die Lokalisierung von Ladehilfsmitteln bietet das Potential, Logistikprozesse zu optimieren. In innerbetrieblichen Systemen wie der Kommissionierung können somit bspw. wandlungsfähige Systeme gestaltet werden. Durch die exakte Lokalisierung von Ladehilfsmitteln entfällt die Notwendigkeit, Güter an fest definierten Lagerplätzen bereitzustellen. Starre, ortsfeste, ggf. verkabelte Systeme können somit aufgelöst werden und ein Lager ohne Lagerkoordinaten ist realisierbar (vgl. [REM⁺14]). Somit kann bspw. ein Lager auch ad hoc in einem anderen Unternehmensabschnitt errichtet werden und dort unmittelbar als Kommissioniersystem in Betrieb genommen werden.

Des Weiteren können durch die genaue Lokalisierung von Ladehilfsmitteln Suchvorgänge während der Kommissionierung reduziert werden. Ineffiziente Suchvorgänge können bspw. auftreten, wenn sich Ladehilfsmittel an undefinierten Lagerplätzen befinden oder sich im System bewegen.

Eine elementare Voraussetzung für die anforderungsgerechte Erfüllung eines Kommissionierauftrags ist die Bestandsgenauigkeit. Mindermengen können dazu führen, dass Kommissionieraufträge nicht komplettiert werden. Technologien wie der *iBin* können durch die integrierte Bilderkennung Bestände genauer erfassen und somit die Qualität der Bestandsgenauigkeit erhöhen. Verbunden damit ist die automatische Auslösung von Nachschubvorgängen (vgl. [Hof14], S. 211).

Betriebsübergreifend bieten intelligente logistische Objekte das Potential, den Material- und Informationsfluss zu synchronisieren, was erhöhte Transparenz in Hinblick auf Bestände und logistische Operationen bedeutet. Somit können Unternehmen potentiell zu jedem Zeitpunkt ein Abbild aller relevanten Logistikobjekte, bspw. in Form von Statusmeldungen, erhalten. Dies kann in einer höheren Leistungsverfügbarkeit resultieren, was zu einer höheren Planungsgenauigkeit und damit einhergehenden Wettbewerbsvorteilen führen kann.

3.4 Zusammenfassung und Potentialanalyse

In den vorherigen Abschnitten konnten Technologietrends für die Intralogistik im Rahmen der digitalen Transformation identifiziert werden. Darauf aufbauend konnten entsprechende Zukunftstechnologien abgeleitet werden, die diese Technologietrends verkörpern (siehe Abbildung 24).

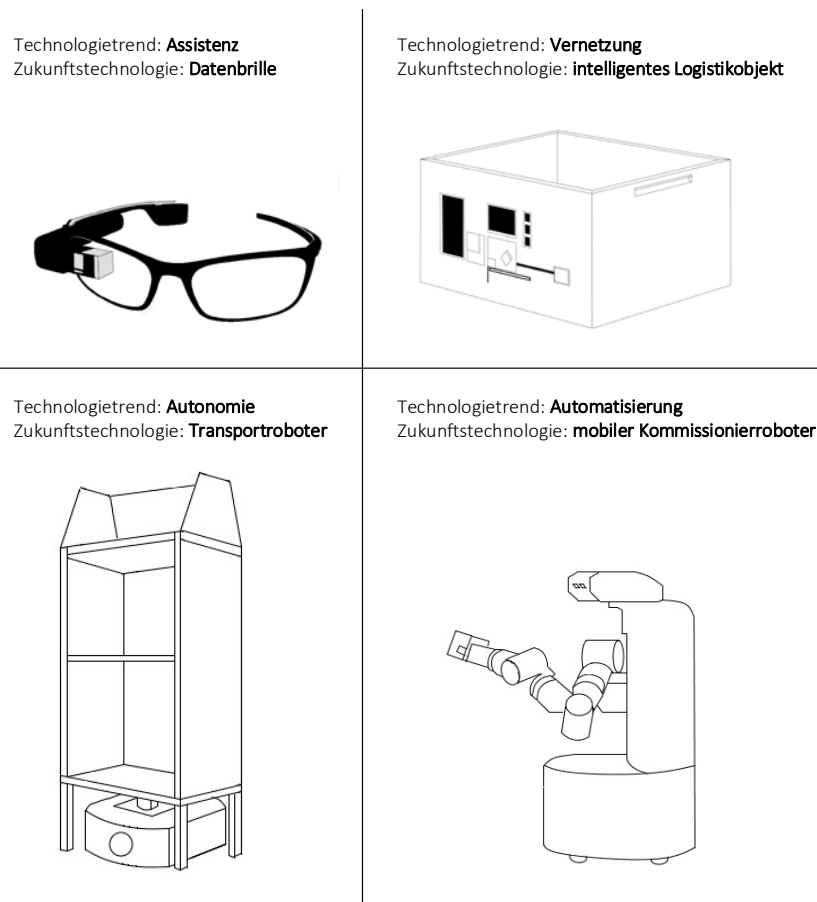


Abbildung 24: Technologietrends und Zukunftstechnologien in Kommissioniersystemen (eigene Darstellung)

Im Folgenden können nun die verschiedenen Zukunftstechnologien qualitativ gegeneinander abgegrenzt werden, um somit ein ganzheitliches Bild hin-

sichtlich des Potentials der verschiedenen Zukunftstechnologien zu erzeugen. Die dafür erforderlichen Erkenntnisse konnten in den vorherigen Abschnitten gewonnen werden.

Für diesen Vergleich wird der Entwicklungsstand der Zukunftstechnologien herangezogen. Dies erfolgt anhand der Bestimmung des Technology Readiness Level (TRL; deutsch: Technologie-Reifegrad). Dieses von der NASA entwickelte systematische Verfahren zur Bewertung des Entwicklungsstandes neuer Technologien hat sich als Standard in weiteren Bereichen der Zukunftstechnologien entwickelt [Wiko.J.]. Es wird zwischen neun Stufen des Technologie-Reifegrads unterschieden (siehe Tabelle 14 und Anhang 5).

Tabelle 14: Stufen des TRL (eigene Darstellung nach [Wiko.J.], basierend auf [ISO16290])

Stufe	Beschreibung (in Klammern: Zeit bis zur Marktreife)
TRL 1	Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8 – 15 Jahre)
TRL 2	Beschreibung der Anwendung einer Technologie
TRL 3	Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5 – 13 Jahre)
TRL 4	Versuchsaufbau im Labor
TRL 5	Versuchsaufbau in Einsatzumgebung
TRL 6	Prototyp in Einsatzumgebung
TRL 7	Prototyp im Einsatz (1 – 5 Jahre)
TRL 8	Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich
TRL 9	Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

Die Methodik des TRL ermöglicht es, die Zukunftstechnologien recht plakativ vergleichend einzuordnen. Einschränkend wirkt hierbei jedoch, dass aufgrund der vielfältigen funktionalen Ausprägungsformen eine pauschale, herstellerunabhängige Einordnung der Zukunftstechnologien nicht immer eindeutig möglich ist.

Tabelle 15: Zukunftstechnologien und deren Entwicklungsstand (eigene Darstellung)

Zukunftstechnologie	Entwicklungsstand nach TRL
Transportroboter	viele Funktionalitäten bereits TRL 9; Autonomieaspekte jedoch eher TRL 7 bis TRL 8
Datenbrille	grundlegende Funktionalitäten wie Scannen bereits TRL 9; andere AR-spezifische Funktionalitäten wie Kontexterkenkung jedoch eher TRL 7 bis TRL 8
mobiler Kommissionierroboter	vorrangig TRL 7, teilweise bereits TRL 8
intelligente Logistikobjekte	große Bandbreite an TRL 7, teilweise bereits TRL 8

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Datenbrillen und Transportroboter einen ausgereifteren Entwicklungsstand als mobile Kommissionierroboter und intelligente Logistikobjekte haben (siehe Tabelle 15). Allen vier Zukunftstechnologien ist jedoch gemein, dass sie die Kriterien der höchsten Reifegradstufe, also den Nachweis des erfolgreichen Einsatzes, noch nicht erfüllen. Diese Erkenntnis unterstreicht die These, dass es sich um zukünftig besonders relevante Technologien handelt, da sie jetzt zwar bereits teilweise eingesetzt werden, aber ihr Potential aufgrund ihres Reifegrades noch nicht ausgeschöpft ist.

4 Systemisches Wirkmodell der digitalen Transformation in der Intralogistik

Es konnte gezeigt werden, dass eine fortschreitende digitale Transformation in der Gesellschaft zu beobachten ist, die sich auch in der Intralogistik in Form der benannten Technologietrends widerspiegelt. Diese Entwicklungen haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Arbeitssysteme der Intralogistik.

Die Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine in der Intralogistik und die damit einhergehenden Veränderungen im Arbeitssystem stellen den Kern dieser Studie dar. Zur Modellierung dieses Sachverhalts bedarf es eines Wirkmodells, mithilfe dessen die digitale Transformation in der Intralogistik konkreter erforscht werden kann.

Dazu wird in diesem Kapitel zunächst die systemische Betrachtung der Intralogistik dargestellt (Abschnitt 4.1). Dies dient als Grundlage zur Konkretisierung eines Wirkmodells für die Fragestellung dieser Studie (Abschnitt 4.2). Anschließend wird die Methodik dargelegt, mithilfe der empirische Befunde für das Wirkmodell generiert werden (Abschnitt 4.3). Zuletzt wird die gewonnene Empirie ausgewertet (Abschnitt 4.4).

4.1 Systemische Betrachtung der Intralogistik

Im Folgenden werden verschiedene Ansätze zur systemischen Betrachtung der Intralogistik, die Anknüpfungspunkte zu der dieser Arbeit zugrunde liegenden Fragestellung haben, dargestellt. Diese stellen die Grundlage für das zu entwickelnde systemische Wirkmodell dar. Da es sich bei einem Intralogistiksystem um ein eindeutig definiertes und abgrenzbares System mit Akteuren, Objekten etc. handelt, erscheint die systemische Betrachtung dessen als eine zielführende Herangehensweise.

Logistiksystemtheorie

Die systemische Betrachtung von Unternehmen geht auf den systemtheoretischen Ansatz zurück, der das System als eine geordnete Gesamtheit von Elementen versteht, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen oder hergestellt werden können (vgl. [Ulr75], S. 33). Dieser auf der allgemeinen Systemtheorie und Kybernetik fußende Ansatz liefert eine allgemeine, branchenübergreifende Sichtweise auf unterschiedlichste Unternehmenssysteme. Im Speziellen lässt sich dieser auch auf Logistiksysteme anwenden.

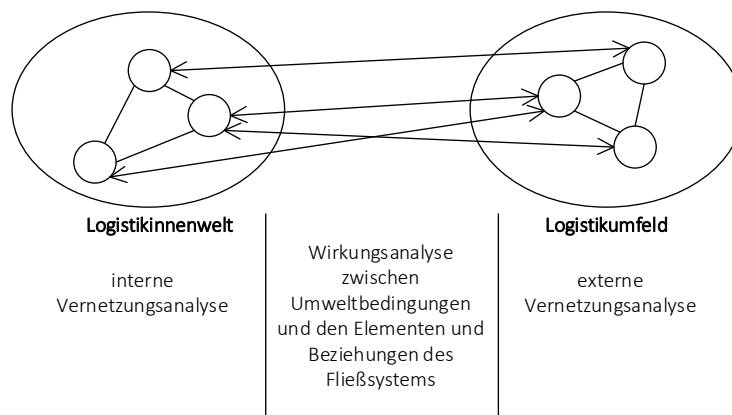


Abbildung 25: Entwicklung einer Logistik- bzw. Fließsystemtheorie (eigene Darstellung nach [Göp16]; S. 77)

Konzeptionelle Ansätze zu der Skizzierung des Beziehungsgeflechts der Elemente eines Logistiksystems liefert [Göp16]. Dabei wird das Logistiksystem in die Logistikinnenwelt und das Logistikumfeld unterteilt, deren Elemente in Beziehung zueinanderstehen (siehe Abbildung 25). Dabei werden drei zentrale Herausforderungen adressiert (S. 76 f.):

- Interne Vernetzungsanalyse (Beziehungen zwischen den Elementen innerhalb des Logistiksystems)
- Wirkungsanalyse zwischen Umweltbedingungen und den Elementen und Beziehungen des Logistiksystems
- Externe Vernetzungsanalyse (Beziehungen zwischen den Einflussgrößen auf die Logistik)

Die Philosophie hinter dem systemtheoretischen Ansatz besteht darin, nicht einzelne Systemelemente, sondern das System als Ganzes in den Fokus der Untersuchung zu rücken. Das bedeutet auch, dass Einzeluntersuchungen stets im Kontext des Gesamtsystems betrachtet werden (müssen).

Abgrenzung des Systems zu seiner Umwelt

Im Rahmen der Systemtheorie betrachtet die Theorie der Systemdifferenzierung die Differenz zwischen System und Umwelt eingehender (vgl. [Luh87], S. 41 ff.). Demnach konstituiert und erhält ein System sich selbst durch Operationen, also durch Reproduktionen von Ereignissen, Elementen, o. ä. Dabei und dadurch grenzt sich das System von seiner Umwelt ab.

Die Umwelt im Sinne der Systemtheorie kann als Differenzbegriff aufgefasst werden. Dies bedeutet, sie beschreibt keinen konkreten Raum, sondern vielmehr alles andere außerhalb des Systems. Innerhalb dieser Umwelt können wiederum andere Systeme existieren. Die Umwelt wirkt von außen auf das System ein und führt zu Änderung der Systemvariablen. Grundsätzlich hat ein System auch Wirkungen nach außen.

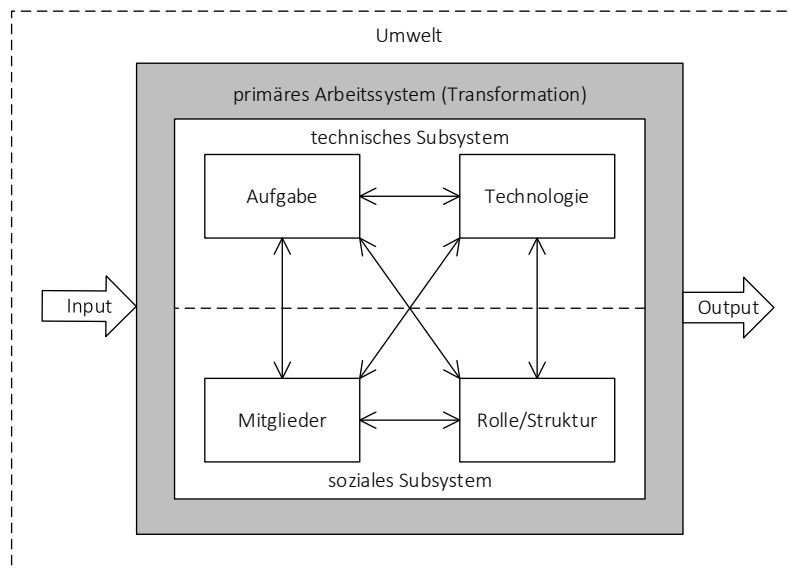


Abbildung 26: Das Arbeitssystem als soziotechnisches System (eigene Darstellung nach [Syd85], S. 29)

Eine systemtheoretische Einordnung des dieser Arbeit zugrunde liegenden soziotechnischen Ansatzes liefert [Syd85]. Das Arbeitssystem mit seinen technischen und sozialen Subsystemen ist demnach eindeutig abgegrenzt zu seiner Umwelt (siehe Abbildung 26). In Anlehnung an die kybernetische Black Box-Analyse stellt das Arbeitssystem dabei die Relation zwischen Input und Output dar (vgl. [Bae74], S 74 f.).

Systemtheoretische Betrachtung der Kommissionierung

Die Gestaltung eines Kommissioniersystems wird von unternehmensinternen und -externen Einflussfaktoren geprägt, in denen sich die von der Umwelt an das System gestellten Anforderungen widerspiegeln (siehe Abbildung 27). Dabei sind sowohl qualitative als auch quantitative Kriterien relevant, die die Rahmenbedingungen für die Systemgestaltung vorgeben. Im Rahmen des Gestaltungsprozesses wird dabei das Kommissioniersystem selbst zunächst als Black-Box angesehen (vgl. [HSD18], S. 271 f.). Somit handelt es sich folglich um eine allgemeine, systemtheoretische Betrachtung des Kommissioniersystems. Anzumerken bleibt jedoch, dass die Einflussfaktoren nicht allgemeingültiger Natur sind. Vielmehr bedarf es auch hier für die praktische Gestaltung wieder der Betrachtung des Einzelfalls und ggf. weiterer Analysen zur Bestimmung aller relevanten Einflussfaktoren.

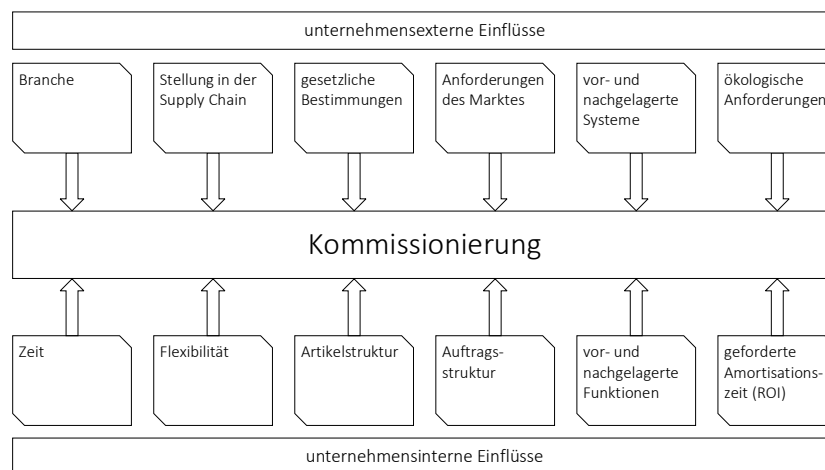


Abbildung 27: Einflussgrößen auf Kommissioniersysteme (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 272)

Die unternehmensexternen Einflüsse können bspw. branchen- oder marktbedingt sein, gesetzliche Bestimmungen oder ökologische Anforderungen umfassen oder aus der horizontalen Einordnung des Kommissioniersystems bzw. Unternehmens in der Supply Chain resultieren.

Die unternehmensinternen Einflüsse bezeichnen kommissionierungsspezifische Faktoren, die für die organisatorische und technologische Gestaltung des Arbeitssystems verantwortlich sind. Dies sind bspw. auftrags- bzw. sortimentsbedingte Anforderungen (wie Zeit, Artikel- oder Auftrags-

struktur), organisationsbedingte Anforderungen (wie Flexibilität oder verknüpfte Funktionen) oder allgemeine betriebswirtschaftliche Anforderungen (wie Amortisationszeit). Dies sind nur einige Beispiele für interne Einflüsse. Weitere und leistungsrelevante Einflussfaktoren können bspw. Layout, Betriebsstrategien oder Arbeitsbedingungen sein (vgl. [Sad07], S. 47 f.). Im Rahmen der Planung können die unternehmensinternen Einflussfaktoren auf die Kommissionierung auch in primäre und sekundäre Anforderungen unterteilt werden (vgl. [Wis09], S. 32 f.). Die primären Anforderungen (bspw. Sortiments- und Auftragsanforderungen) leiten sich demnach aus den Eigenschaften der Ein- und Ausgangsströme des Systems ab. Die sekundären Anforderungen leiten sich dann aus den primären ab (bspw. Durchsatz und Lagerdauer).

Klassifikation von Modellen

Im Rahmen der Intralogistiksystemtheorie kann grundsätzlich eine Vielzahl verschiedener Modelle unterschiedlicher Disziplinen herangezogen werden. Dies erklärt sich anhand der Komplexität des betrachteten Systems, das von unterschiedlichen Akteuren (wie Menschen, Maschinen und Objekten), Rahmenbedingungen oder Einflussfaktoren (innere wie auch äußere) geprägt wird. Folglich gibt es nicht *das* eine Modell, das zur Modellierung intralogistischer Fragestellungen herangezogen wird. Vielmehr bedarf es einer vorangehenden Analyse des zu untersuchenden Sachverhalts zur Auswahl eines geeigneten Modells.

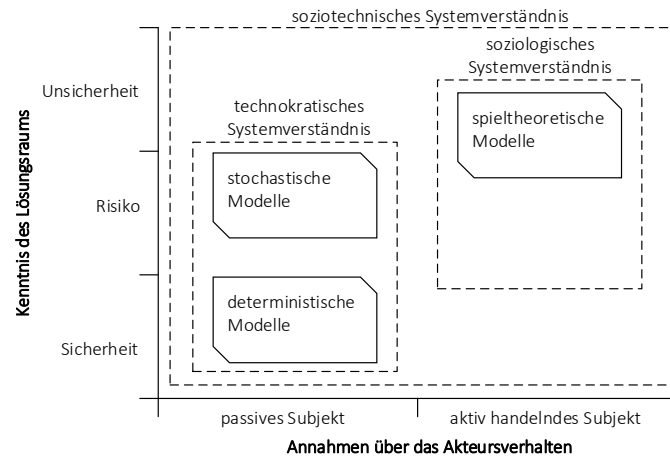


Abbildung 28: Klassifikation von Modellen für logistische Systeme nach dem zugrunde gelegten Systemverständnis (eigene Darstellung nach [Wie08], S. 284)

Eine beispielhafte Klassifikation von in der Logistiksystemtheorie eingesetzten Modellen ist in Abbildung 28 dargestellt. Anhand des Beispiels des Auftragsmanagements (Gewährleistung des Auftragsdurchlaufs in der Produktion) werden die verschiedenen relevanten Modelle benannt, die hinsichtlich Akteurverhalten (passives vs. aktiv handelndes Subjekt) und Kenntnis des Lösungsraums (Sicherheit, Risiko und Unsicherheit) klassifiziert werden können (vgl. [Wie08], S. 280 ff.). Stochastische und deterministische Modelle sind einem technokratischen Systemverständnis zugeordnet, während spieltheoretische Modelle die soziologische Perspektive repräsentieren. Die Kombination dieser grundverschiedenen Modelle steht für ein soziotechnisches Systemverständnis.

Zusammenführend zu der systemischen Betrachtung der Intralogistik kann festgehalten werden:

- Das Intralogistiksystem kann im Sinne der Systemtheorie als geschlossenes System betrachtet werden, das klar abgegrenzt ist und von verschiedenen Einflüssen und deren Auswirkungen geprägt ist.
- Das Intralogistiksystem wird durch vielfältige Einflussfaktoren geprägt. Die Untersuchung dieser Auswirkungen kann mithilfe verschiedener Modelle erfolgen.

4.2 Konkretisierung des Wirkmodells

Im Folgenden wird ein konzeptioneller Bezugsrahmen mit dem Ziel, die der Fragestellung zugrunde liegenden Zusammenhänge und Phänomene zu strukturieren und somit die Bildung von Hypothesen zu unterstützen, entworfen. Der Bezugsrahmen bildet damit den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Wirkmodells, das anschließend mit konkreten Inhalten gefüllt wird.

Mithilfe des Bezugsrahmens ist es möglich, die komplexen Zusammenhänge der Intralogistik abzubilden und funktionale Beziehungen zwischen den Variablen des Systems darzustellen. Ein Bezugsrahmen stellt ein widerspruchsfreies System von Prinzipien dar und bildet somit einen Entwurf für folgende Forschungshypothesen (dazu vertiefend [KSA07], S. 28 ff.). Im Gegensatz zu detaillierten Modellen geht es dabei um die abstrakte Darstellung genereller Wirkzusammenhänge.

Den Startpunkt des konzeptionellen Bezugsrahmens (siehe Abbildung 29) bildet die digitale Transformation, die zu Technologietrends führt. Diese äußern sich in Form von Zukunftstechnologien. Die Untersuchung dieser erfolgte ausführlich in Kapitel 3.

Der Einfluss der Zukunftstechnologien auf das Arbeitssystem in der Kommissionierung kann aus der im vorherigen Abschnitt diskutierten systemtheoretischen Betrachtung der Intralogistik argumentiert werden. Dies bedeutet konkret, dass die digitale Transformation ein Trend der Umwelt des Intralogistiksystems ist, der aber unter Umständen, nämlich falls diese Technologien im Kommissioniersystem eingesetzt werden, Auswirkungen auf das System hat.

Selbstredend wirken neben der digitalen Transformation noch viele andere Trends auf die Intralogistik, wie Individualisierung, Demographie, Urbanisierung oder Nachhaltigkeit. Im Rahmen dieser Studie werden diese jedoch außen vor gelassen. Aus einer systemischen Perspektive heraus ist hier primär interessant, wie sich diese Trends in Form von veränderten Anforderungen an die Kommissionierung äußern.

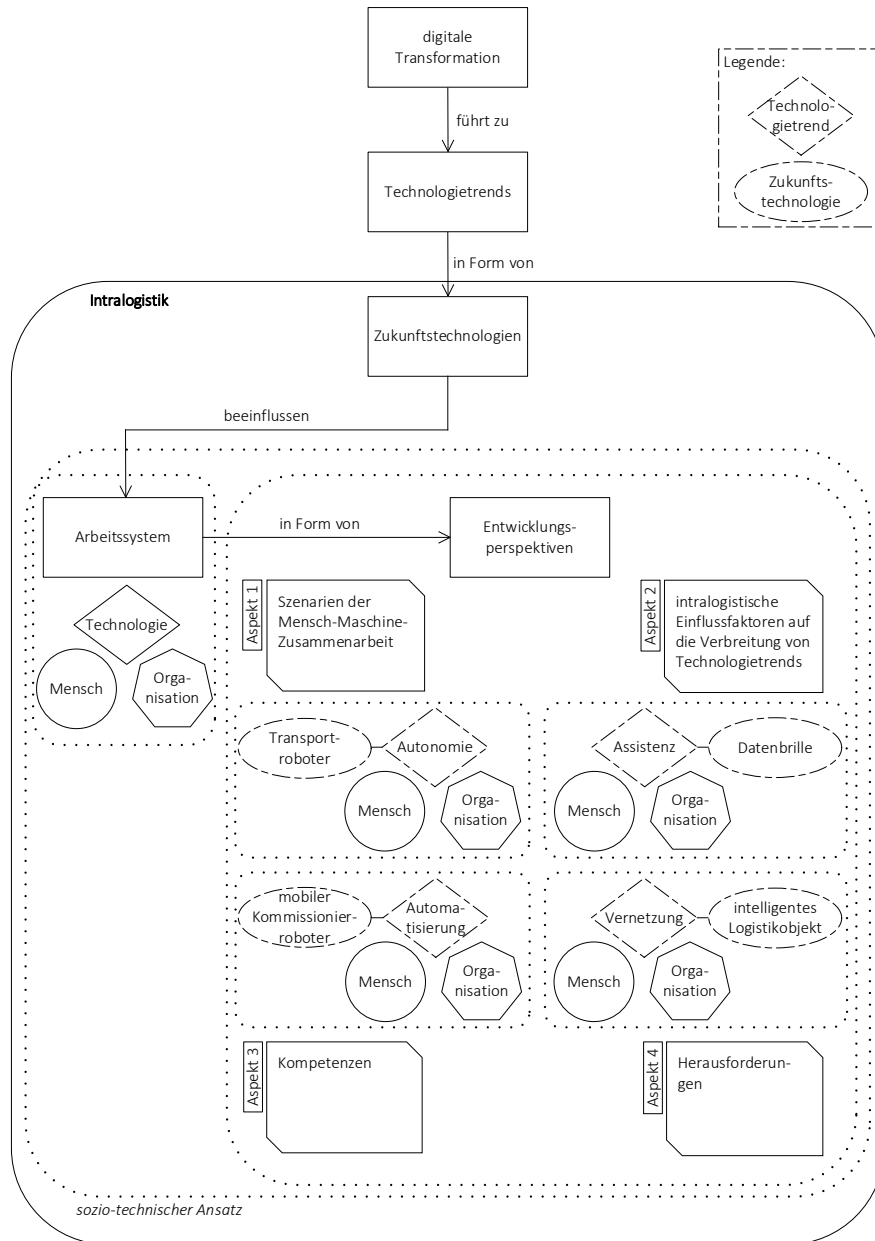


Abbildung 29: Bezugsrahmen der Studie (eigene Darstellung)

Der soziotechnische Ansatz (siehe vorheriger und Abschnitt 2.3) unterteilt zum einen das Arbeitssystem in die drei Bereiche bzw. Elemente Mensch,

Technologie und Organisation. Zum anderen geht der Ansatz davon aus, dass die drei Elemente nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. Das bedeutet, der Einsatz der Zukunftstechnologien hat Auswirkungen auf das Arbeitssystem und äußert sich in Form von Entwicklungsperspektiven. Entwicklungsperspektiven beschreiben dabei mögliche Auswirkungen in der Kommissionierung, die mit der digitalen Transformation einhergehen, ähnlich einem Szenario. Die Auswirkungen können sich dabei auf verschiedenen Ebenen erstrecken (z. B. betriebsorganisatorisch oder auf Mitarbeiterebene) und verschiedene Aspekte beleuchten.

Dazu werden im Rahmen dieser Arbeit vier zentrale Aspekte betrachtet, die in besonderem Zusammenhang mit der Verbreitung der Zukunftstechnologien im Kommissioniersystem stehen. Die ausgewählten Aspekte sind:

- Szenarien der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit
- Intralogistische Einflussfaktoren auf die Verbreitung von Technologietrends
- Kompetenzen
- Herausforderungen

Alle Aspekte haben maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme, benötigen jedoch noch weitere empirische Untersuchung. Die Erkenntnisse, die im Rahmen der vier Aspekte gewonnen werden, fließen anschließend in die soziotechnische Gestaltung von Arbeitssystemen der Intralogistik ein (Kapitel 5). Abgeleitet sind die ausgewählten vier Aspekte zum einen aus den Fragestellungen der Arbeit sowie aus den bisherigen eigenen Studien zur Analyse von Arbeitssystemen vor dem Hintergrund der digitalen Transformation (siehe Abschnitt 2.3).

Die intralogistischen Einflussfaktoren auf die Verbreitung von Technologietrends leiten sich aus der systemischen Betrachtung der Intralogistik ab, die im vorherigen Abschnitt dargestellt wurde. Demnach haben verschiedenartige Einflussfaktoren direkten Einfluss auf die Gestaltung von Kommissioniersystemen. Diese Gestaltung äußert sich auf technologischer Ebene durch den Einsatz bestimmter Technologien. Grundhypothese dabei ist, dass intralogistische Einflussfaktoren die Verbreitung der Zukunftstechnologien beeinflussen (siehe Abbildung 30). Dazu wurden vier zentrale intralogistische Einflussfaktoren untersucht. Als primäre Einflussfaktoren werden dazu *Liefer-/Durchlaufzeit* und *Sortiments- und Auftragsstrukturen* herangezogen. Als sekundäre Einflussfaktoren werden *Anpassungsfähigkeit des Logistiksystems* und *ergonomische Aspekte* herangezogen. Maßgeblich für die Auswahl ist zum einen eine klare inhaltliche Abgrenzung sowie zum anderen eine handhabbare Anzahl der Einflussfaktoren. Allgemeine Einflussfaktoren, die branchenübergreifend auf alle Arbeitssysteme und den Technologieeinsatz wirken (wie betriebswirtschaftliche Überlegungen oder

gesetzliche Reglementierungen), werden an dieser Stelle noch nicht betrachtet, da der Untersuchungsfokus hier auf den systembedingten Einflussfaktoren liegt.

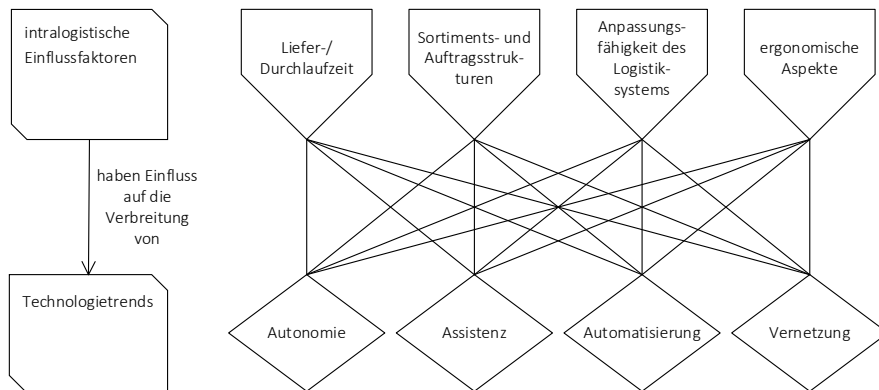


Abbildung 30: Intralogistische Einflussfaktoren auf die Verbreitung von Technologietrends im Rahmen dieser Studie (eigene Darstellung)

Mithilfe des konzeptionellen Bezugsrahmens kann nun ein Wirkmodell entwickelt werden, das die vier Aspekte der Fragestellung adressiert. Dies erfolgt im nächsten Abschnitt, indem das Wirkmodell zunächst methodisch konkretisiert wird. Anschließend wird dies im übernächsten Abschnitt empirisch untermauert. Die Erkenntnisse werden anschließend für Kapitel 5 herangezogen.

4.3 Methodik

Die Gestaltung von Arbeitssystemen in der Logistik wird maßgeblich von Führungskräften und Wissenschaftlern geprägt. Bei Bottom-up-Ansätzen der Prozessoptimierung wie dem Lean Management gehen Innovationen zwar primär von den operativen Mitarbeitern auf dem Shopfloor aus, doch die strategischen Entscheidungen zum Einsatz von Technologien werden vorrangig vom höheren Management getroffen. Diese haben oft eine akademische Ausbildung und/oder arbeiten bei solchen Projekten mit Wissenschaftlern zusammen. Die Wissenschaft beschäftigt sich mit der Gestaltung derartiger Arbeitssysteme in konzeptioneller Art oder entwickelt die entsprechenden Technologien für diese.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Einschätzung von Logistikführern und –wissenschaftlern zu Technologietrends einen unmittelbaren

Einfluss auf die Gestaltung von Arbeitssystemen hat. Dies beinhaltet auch bspw. ökonomische und soziale Aspekte, die in diesem Zusammenhang mit-schwingen. Um aussagekräftige Prognosen über die Gestaltung zukünftiger Intralogistiksysteme zu generieren, erscheint es zielführend, diese Stakeholder des Gestaltungsprozesses als Experten heranzuziehen.

Im Folgenden wird dargestellt, wie dies erreicht werden soll. Dazu wird ein Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, die identifizierten Technologietrends hinsichtlich der Fragestellungen der Arbeit empirisch zu untersuchen. Anschließend werden die erhobenen Daten dargestellt.

Definition der Expertengruppe

Die Definition der Personengruppe, deren Einschätzung hinsichtlich zukunftsweisender, gestaltender Fragestellungen der Intralogistik ergründet werden soll, erfolgt in einem ersten Schritt über den Begriff des Experten:

„Experten lassen sich als Personen verstehen, die sich – ausgehend von einem spezifischen Praxis- oder Erfahrungswissen, das sich auf einen klar begrenzten Problembereich bezieht – die Möglichkeit geschaffen haben, mit ihren Deutungen das konkrete Handlungsfeld sinnhaft und handlungsleitend für Andere zu strukturieren“ ([BLM14], S. 13)

Diese allgemeine Definition bedarf einer weiteren Schärfung, die „das konkrete Handlungsfeld“ bzw. „den Problembereich“ (s. o.) abgrenzt und somit eine geeignete Arbeitsdefinition für diese Arbeit liefert. Das Handlungsfeld kann prinzipiell branchenspezifisch abgegrenzt werden. Demnach wären sämtliche Beschäftigte der Logistikbranche potentielle Experten. Eine weitere Möglichkeit bietet der Shareholder-Ansatz, bei dem die ökonomische Unternehmensperspektive im Fokus steht (vgl. [wir15]). Alternativ könnten die Stakeholder der Kommissionierung, deren Arbeitsinhalte von der Digitalisierung betroffen sind, als Experten gelten (vgl. ebd.). Alle drei Ansätze haben jedoch ein Manko: Sie bilden die Gestaltungsmacht hinsichtlich des Einsatzes digitaler Technologien nicht ausreichend ab.

Führungskräfte in der Logistikbranche besitzen einen umfangreichen Einfluss auf die technologische Gestaltung des Arbeitssystems. Jedoch besteht auch hier eine Abgrenzungsproblematik, da nicht jede Führungskraft in der Logistik automatisch Expertenwissen bezüglich der Kommissionierung vorweisen kann. Folglich sind deshalb Berührungspunkte zur Intralogistik und zu Innovationsprozessen unabdingbar.

Wissenschaftler in der Logistikbranche verfügen über eine vergleichsweise geringe praktische Gestaltungsmacht. Jedoch erforscht dieser Personenkreis die Technologien, die in solchen Arbeitssystemen Einsatz finden. Zudem ist von diesem Personenkreis eine eher objektive, nicht zwingend anwendungsbezogene Perspektive zu erwarten.

Ein praktisches Hilfskriterium in diesem Zusammenhang stellt das Qualifikationsniveau der zu Befragenden dar. Es sind vorrangig solche Personen als Experten für diese Studie anzusehen, die eine akademische Ausbildung aufweisen, da von diesen eine umfassendere Perspektive auf die Fragestellung zu erwarten ist. Durch das Anlegen dieser hohen Standards zur Auswahl von Experten soll die Abbildung der technologischen und sozialen Aspekte der Digitalisierung von Kommissionierprozessen gewährleistet werden.

Anforderungen an die empirische Erhebung

Das Ziel einer empirischen Erhebung liegt in der Gewinnung spezifischer Informationen innerhalb des Informationsgewinnungsprozesses. Folglich sollte dieser an den vorgegebenen Zielen ausgerichtet sein, um an präzise Daten zu gelangen. Die Qualität der Daten hinsichtlich Konsistenz und Reproduzierbarkeit steigt dabei mit dem Ausmaß der Strukturierung. Steigende Strukturierung kann also als eine Form von Standardisierung der Expertenbefragung angesehen werden, sodass auch die Möglichkeit entsteht, bei der Durchführung der Befragung auf Automatismen zu setzen. Aufgrund des relativ hohen Aufwands der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung einzelner Interviews lässt sich sagen, dass durch die Strukturierung und Automatisierung der Abläufe eine Ausnutzung gewisser Skaleneffekte möglich ist.

Die Auswahl der zu interviewenden Zielpersonen wird anhand der vorher definierten Kriterien vorgenommen. Eine Vollerhebung aller Intralogistikexperten nach o. g. Definition ist (realistisch betrachtet) nicht möglich, daher kommt der sorgfältigen Auswahl der Zielpersonen eine entscheidende Rolle zu. Vor dem Hintergrund der Zusammensetzung eines validen Expertenpools ist eine gleichwertige Repräsentanz beider o. g. Gruppen (Industrie/Anwendung und Forschung/Entwicklung) anzustreben.

Wissenschaftstheoretische Einordnung

Der Unterschied zwischen qualitativen und quantitativen Forschungsansätzen liegt sowohl in der Datenerhebung als auch der Auswertung ([Sch13], S. 77 ff.). Dabei sind zusammenfassend folgende Unterschiede festzustellen:

- Quantitative Forschungsansätze sind oft dadurch gekennzeichnet, dass sie meist hypothesentestend¹⁹ vorgehen. Das wissenschaftstheoretische Ziel in dem hypothesentestenden Vorgehen besteht darin,

¹⁹ Unter einer Hypothese wird in der empirischen Sozialforschung „eine anhand empirischer Daten zu prüfende Annahme“ definiert, „die einem statistischen Test unterworfen werden kann“ [Lud99].

vom Allgemeinen auf den Einzelfall zu schließen und somit allgemeingültige Aussagen zu generieren. Es werden objektiv messende (standardisierte) Verfahren eingesetzt. Als Forschungsmethoden werden bspw. inferenzstatistische Auswertungsverfahren, standardisierte Tests zur Datenerhebung und Korrelationsstudien sowie Experimente eingesetzt ([HSE10], S. 9). Mit diesen quantitativen Methoden werden Merkmale oder Zusammenhänge exakt gemessen, meist an einer großen Gruppe von Individuen (ebd.). Quantitative Forschungsansätze sind durch einen linearen Ablauf gekennzeichnet. Dabei kommen den Rahmenbedingungen und der Kontrolle dieser eine entscheidende Rolle zu, um äußere Einflüsse, z. B. durch den Wissenschaftler, möglichst auszuschließen

- Qualitative Forschungsansätze verfolgen das Ziel der Rekonstruktion subjektiver Sinnkonstitutionen. Diese Ansätze werden daher als interpretativ, rekonstruktiv oder entdeckend bezeichnet. Dazu werden vorrangig sinnverstehende (nicht standardisierte) Verfahren eingesetzt (ebd.). Hierzu gehören offene Erhebungsverfahren wie Interviews oder Fallstudien. Die untersuchten Realitätsphänomene sind derart komplex, dass eine isolierte Zurückführung auf Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Die Subjektivität des Wissenschaftlers spielt bei qualitativen Forschungsansätzen eine besondere Rolle, da dessen Eindrücke, Einflüsse etc. in die Daten einfließen.
- Das Mixed-methods-Design kombiniert quantitative und qualitative Methoden bzw. Ansätze auf unterschiedlichen Ebenen und in unterschiedlicher Intensität (vgl. [JO04]). Die Methodenkombination muss sich nicht auf die Datenerhebung beschränken, auch bei der Auswertung und auf der Designebene sind Kombinationen möglich ([HSE10], S. 286).

Die wissenschaftstheoretische Einordnung dieser Studie kann anhand verschiedener Aspekte vorgenommen werden. Zum Ersten ist hier das Design der empirischen Erhebung zu nennen, das als quantitativ bezeichnet werden kann, da eine größere Anzahl von Logistikexperten befragt werden soll. Zum Zweiten ist hier der Inhalt der Erhebung anzuführen: Dieser ist eher qualitativer Art. Denn auch, wenn es dabei um die Erfassung quantifizierbarer, standardisierter Daten geht (dazu im Folgenden mehr), sind die Inhalte an das Expertenwissen der Teilnehmenden geknüpft, was in der Auslegung eher einem sehr eng geführten und strukturierten Experteninterview gleicht. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die empirische Erhebung (Logistikexpertenstudie) ein quantitatives Element bildet, welches

dem übergeordneten bzw. zugrunde liegenden qualitativen Forschungsdesign der Studie dient. Man kann also folglich von einem Mixed-methods-Design sprechen.

Ablauf der empirischen Erhebung

Die empirische Erhebung mit Logistikexperten kann in vier Phasen gegliedert werden (vgl. [BB14], S. 135 ff.):

- I. In der **Theoriebildung** wird der Forschungsgegenstand so weit wie möglich konkretisiert und es werden grundsätzliche Forschungsfragen abgeleitet. Diese sind die Grundlage für die Formulierung gültiger und präziser Hypothesen. Zudem wird das grundsätzliche Design des Forschungsvorhabens festgelegt.
- II. Die **empirische Phase** beinhaltet im Kern die Überprüfung der Forschungshypothesen. Die Phase kann in zwei Abschnitte unterteilt werden: die Vorbereitung der Datenerhebung (Operationalisierung der Hypothesen) und die Durchführung an sich.
- III. Die gesammelten Daten werden anschließend einer statistischen **Auswertung** unterzogen. Anhand dieser Tests können erste Aussagen über die Qualität der Ergebnisse erfolgen.
- IV. Die **Praxisphase** dient der Bewertung der Ergebnisse sowie deren Weiterverwendung. Dies beinhaltet die kritische Betrachtung sowie ggf. weiterführende Untersuchungen.

Anforderungen an die Operationalisierung der empirischen Erhebung

Die grundsätzliche Herausforderung in der Operationalisierung besteht darin, den Forschungsinhalten eine erhebungsfähige Form zu geben. Auf informationstechnischer Ebene bedeutet dies, textliche und verbale Informationen in statistisch abbildbare Variablen zu fassen, die über quantitativ messbare Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen verfügen ([SHE11], S. 121 f.).

Zur Quantifizierung der Merkmalsausprägungen wird ein Messinstrument benötigt, welches den Aussagewerten vergleichbare Zahlenwerte zuweist. Bei der Abfrage zu persönlichen Einstellungen gilt die Likert-Skala als besonders geeignet, da sie jegliche Abstufungen der Zustimmung abbildet (vgl. [MJ10], S. 273 ff.). Der Vorteil besteht darin, dass sich auch Aspekte wie Neutralität gegenüber abgefragten Sachverhalten darstellen und somit quantifizieren lassen. Die Likert-Skala umfasst verschiedene Antwortskalen: Sowohl eine ungerade als auch eine gerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten, bei der die Befragten gezwungen werden, sich zumindest tendenziell einer Seite der Skala anzunähern, sind möglich.

Aus den operationalisierten Variablen wird anschließend der standardisierte Fragebogen erstellt, der als Grundlage der Datenaufnahme dient. Die

Daten setzen sich folglich aus den gesammelten Merkmalsausprägungen zusammen. Der Fragebogen ist strukturell so zu gestalten, dass verwandte Fragen zusammenhängend aufgeführt werden. Inhaltlich sollen die Fragen bzw. Aussagen neutral formuliert sein, so dass der Wissenschaftler keine Bewertung vorwegnimmt. Die textliche Formulierung muss eindeutig und unmissverständlich sein.

Die Befragung verfährt grundlegend nach dem Prinzip, dass ausgehend von einem Ausschnitt der Expertenmeinungen auf die Konstitution der gesamten Expertenmeinungen geschlossen werden kann. Da eine Vollerhebung nicht praktikabel ist, wird vielmehr aus der Gesamtpopulation eine Stichprobe entnommen und diese der Befragung unterzogen. Grundsätzlich besteht bei dieser Teilerhebung immer die Gefahr, dass relevante Teile der zu befragenden Population nicht von der Stichprobe erfasst werden. Daher muss es das Ziel sein, in der Stichprobe eine möglichst große Repräsentanz der Population zu erzeugen. Dies soll durch die gezielte Auswahl von Logistikexperten nach den o. g. festgelegten Kriterien erreicht werden.

Die Verwendung von Zufallsstichproben erlaubt eine statistische fundierte Aussage über die Population. Die Methodik ist in vielen wissenschaftlichen Studien bewährt. Dabei wird von einer Grundgesamtheit ausgegangen, die nicht eindeutig abzugrenzen ist und deren Elemente nicht sämtlich bekannt sind. Bei einer bewussten Auswahl der Zielpersonen, wie es bei dieser Erhebung der Fall ist, existieren keine definierten Gütekriterien, welche die Generierung repräsentativer Ergebnisse gewährleisten. Unter grundlegenden statistischen Zusammenhängen ist aber davon auszugehen, dass ein hoher Erhebungsumfang der Qualität und Aussagekraft zuträglich ist.

Die Feststellung, ob ein Element als typisch für die damit assoziierte Grundgesamtheit gilt oder nicht, obliegt der Untersuchungssorgfalt des Wissenschaftlers. Um zufriedenstellende Aussagen über die Eignung der Elemente als Teil der zu untersuchenden Stichprobe treffen zu können, ist ein hohes Maß an Transparenz der Elemente notwendig. So muss vor der eigentlichen Befragung bereits ein hohes Maß an Informationen vorliegen.

Durchführung der empirischen Phase

Die benannten Anforderungen an die Operationalisierung der empirischen Erhebung ermöglichen die Finalisierung des Fragebogens. Dieser wird im folgenden Abschnitt im Rahmen der Auswertung näher dargestellt. Als Grundlage für die Hypothesen dienen die Erkenntnisse aus Kapitel 2 und 3 sowie die grundlegenden Herausforderungen und Forschungsziele dieser Arbeit (Kapitel 1). Insgesamt wurden 28 Hypothesen gebildet, die in vier inhaltsähnliche Teile untergliedert wurden:

- Teil 1: Szenarien der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit (3 Fragen),

- Teil 2: Einflussfaktoren (16 Fragen),
- Teil 3: Kompetenzen (4 Fragen) und
- Teil 4: Herausforderungen (5 Fragen).

Es wurde vorrangig eine fünfstufige Likert-Skala gewählt, die eine ausreichend detaillierte Abstufung gewährleistet. Die Ausnahme bildet Teil 1, bei dem eine vierstufige Likert-Skala verwendet wurde, um bei den drei grundlegend verschiedenen Szenarien eine eindeutige Positionierung der Logistikexperten zu forcieren. Zudem war es möglich, Fragen auch unbeantwortet zu lassen.

Im Zeitraum vom 12.09. bis zum 22.11.2017 haben 151 Logistikexperten den online bereitgestellten Fragebogen vervollständigt. Insgesamt wurden rund 400 Logistikexperten persönlich zur Teilnahme eingeladen. Der Fragebogen wurde 305-mal aufgerufen bzw. angefangen, was einer Vervollständigungsquote von 65 % entspricht.

Neben den Hypothesen wurde zudem abgefragt, welcher Branche der teilnehmende Logistikexperte angehört ist: 69 sind Forschung/Entwicklung zuzuordnen (dies entspricht rund 46 % der Teilnehmer), 63 der Industrie/Anwendung (42 %) und 19 sonstiges (13 %) ²⁰.

4.4 Auswertung der Empirie

Im Folgenden werden die Daten der empirischen Phase der Logistikexpertenstudie deskriptiv ausgewertet, um so zu Wissen und Erkenntnis für diese Arbeit zu gelangen. Die Gliederung orientiert sich dabei an den vier Teilen des Fragebogens. Bei einigen Hypothesen wurden die Daten zusätzlich hinsichtlich der Branchenzugehörigkeit der Experten ausgewertet. In diesen Fällen ist die branchenübergreifende Beantwortung in den Abbildungen durch eine breitere Umrandung hervorgehoben. Die prozentualen Angaben in den Abbildungen beziffern das gerundete arithmetische Mittel.

²⁰ Von diesen neunzehn Experten haben sieben im Kommentarfeld angegeben, der Branche Beratung/Consulting angehört zu sein, drei der Bildung, zwei dem Handel, einer der IT und einer dem Marketing. Die Restlichen haben keine Angaben hierzu gemacht.

4.4.1 Szenarien der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit

Hinsichtlich der verschiedenen Szenarien der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit wurden drei grundlegend verschiedene Hypothesen mit den Logistikexperten diskutiert²¹. Dazu wurden zunächst die Rahmenbedingungen abgesteckt, unter denen sich das Szenario abspielt. Dies beinhaltete eine Sensibilisierung hinsichtlich des technologischen Fortschritts in der Kommissionierung. Des Weiteren wurde ein Zeithorizont von zehn Jahren benannt, der für die Bewertung der verschiedenen Szenarien gelten sollte. Zudem wurden die Logistikexperten darauf hingewiesen, dass es nicht um eine (bzw. ihre) betriebspezifische Prognose geht, sondern vielmehr um den allgemeinen Trend in der Kommissionierung.

Alle drei Szenarien wurden einzeln von den Logistikexperten bewertet. Somit wurden keine Szenarien gegeneinander ausgeschlossen. Vielmehr ergibt sich ein differenziertes Stimmungsbild, das jedes einzelne Szenario individuell bewertet. Der Unterschied liegt also folglich im Detail.

Szenario „dirigierte Technik“

Das Szenario „dirigierte Technik“ ist derart charakterisiert, dass der Mensch die Technik dirigiert, d. h. er überwacht und disponiert die Technik und greift nur im Ausnahmefall ein. Branchenübergreifend erfährt dieses Szenario eine breite Zustimmung: Die Mehrheit (47 %) schätzt es als eher wahrscheinlich ein, 32 % als sehr wahrscheinlich (siehe Abbildung 31). Diese Tendenz teilen generell die Befragten aus Forschung und Entwicklung sowie aus Industrie und Anwendung. Bei erstgenannter Gruppe ist die Zustimmung mehrheitlich eher wahrscheinlich (59 %). Die Experten aus der Industrie erachten dieses Szenario ebenfalls mehrheitlich als eher wahrscheinlich (39 %), jedoch ist ihre Einschätzung mit sehr wahrscheinlich höher als bei den Forschern (37 % zu 24 %).

²¹ Die hier in dieser Arbeit erhobenen drei Szenarien orientieren sich in ihrer Beschreibung an den zwei grundlegend verschiedenen Szenarien „Werkzeugszenario“ (hier: „dirigierte Technik“) und „Automatisierungsszenario“ (hier: „technik-determinierter Ablauf“) nach ([Win14], S. 156) und ergänzen diese um ein drittes Szenario, welches eine Mischform der beiden genannten darstellt (hier: „komplementäre Zusammenarbeit“).

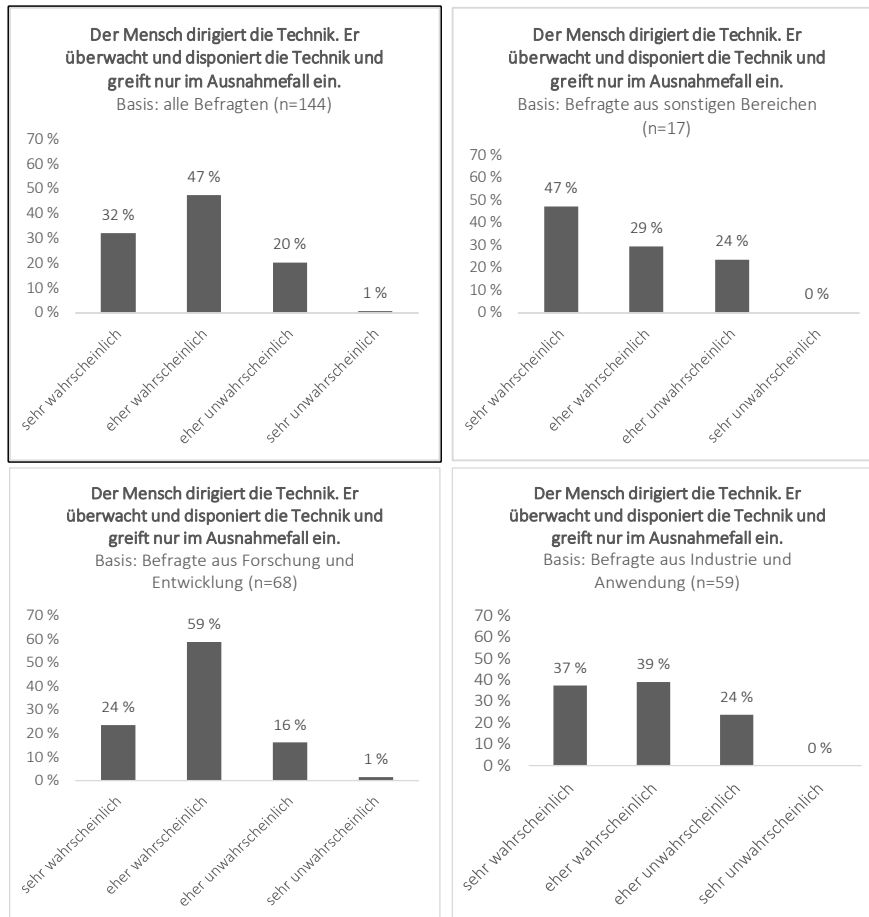


Abbildung 31: Auswertung des Szenarios „dirigierte Technik“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Szenario „technikdeterminierter Ablauf“

In diesem Szenario der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit sind die Arbeitsprozesse maßgeblich von der Technik geprägt. Die Technik determiniert den Ablauf. Der Mensch übernimmt ausschließlich Tätigkeiten, die nicht sinnvoll automatisierbar sind.

Branchenübergreifend wird das Szenario „technikdeterminierter Ablauf“ mehrheitlich als sehr wahrscheinlich eingeschätzt (45 %), dicht gefolgt von eher wahrscheinlich (42 %) (siehe Abbildung 32). Unterschiede bestehen zwischen den verschiedenen Befragten: Die Industrie sieht dieses Szenario als deutlich realistischer an als die Forschung (54 % bzw. 38 % stimmen mit sehr wahrscheinlich).

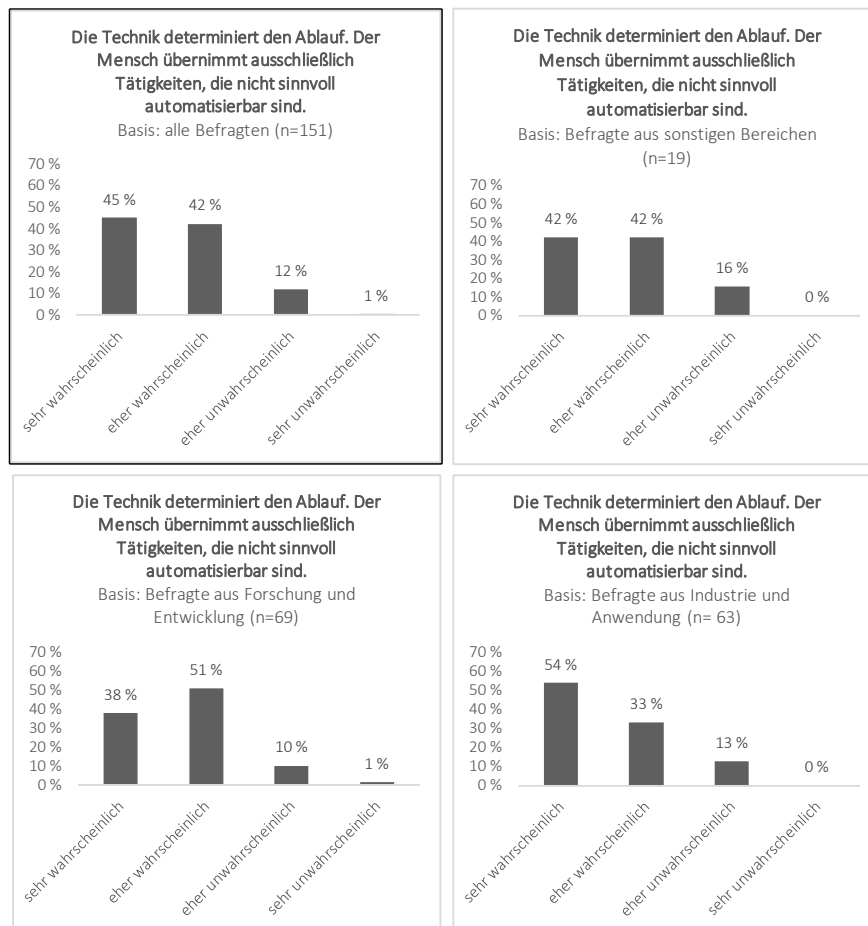


Abbildung 32: Auswertung des Szenarios „technikdeterminierter Ablauf“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Szenario „komplementäre Zusammenarbeit“

Im Szenario „komplementäre Zusammenarbeit“ werden situationsabhängig die spezifischen Stärken von Technik und Mensch eingesetzt. Mensch und Maschine arbeiten somit komplementär im Team zusammen.

Über alle Branchen hinweg wird dieses Szenario von der Hälfte der Logistikexperten und mehrheitlich als sehr wahrscheinlich eingestuft (siehe Abbildung 33). Diese Einstellung ist bei den Forschern deutlich stärker vertreten (61 %) als bei den Anwendern (38 %).

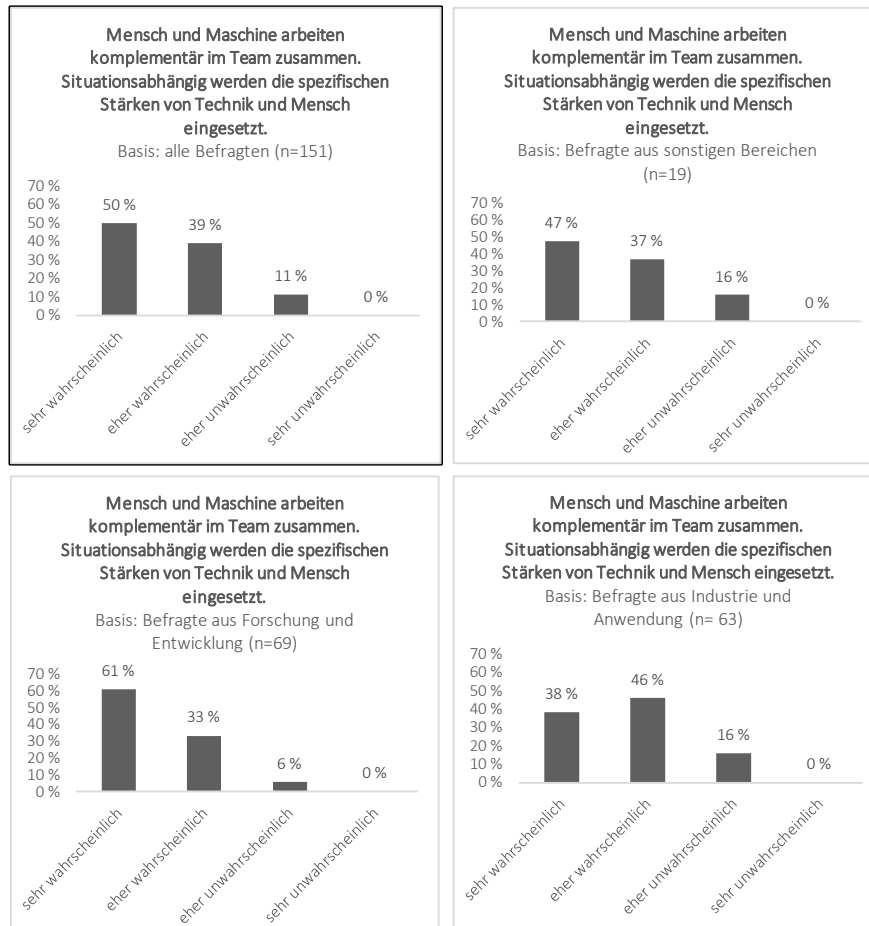


Abbildung 33: Auswertung des Szenarios „komplementäre Zusammenarbeit“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Zusammenfassend und vergleichend lässt sich feststellen:

- Alle drei Szenarien werden überwiegend als eher bis sehr wahrscheinlich eingestuft. Ein wirklich eindeutiges Stimmungsbild, das auf *ein einziges* zukünftiges Szenario hinausläuft, existiert nicht. Das Szenario „komplementäre Zusammenarbeit“ ist zwar das am realistischsten eingeschätzte, allerdings sind die Unterschiede zu den anderen Szenarien marginal, wenn man die Bewertungen „sehr“ und „eher wahrscheinlich“ miteinbezieht. Es scheint also, als wären die Logistikexperten in dieser Hinsicht unschlüssig.

- Schaut man sich die Antworten der verschiedenen Gruppen genauer an, kommen jedoch deutlichere Unterschiede zutage. Für die Forscher ist das Szenario „komplementäre Zusammenarbeit“ von allen Szenarien am wahrscheinlichsten, während es für die Industrie das Szenario „technikdeterminierter Ablauf“ ist. Es scheint also, als gehen die Forscher von einem humanorientierteren Bild der Mensch-Technik-Zusammenarbeit aus.

4.4.2 Intralogistische Einflussfaktoren

Im zweiten Teil der Umfrage wurden die auf die Verbreitung der vier Zukunftstechnologien wirkenden vier zentralen intralogistischen Einflussfaktoren erhoben. Somit ergeben sich in Summe 16 Hypothesen für diesen zweiten Teil der Expertenstudie. Den Logistikexperten wurden vor Beantwortung der zukunftstechnologiespezifischen Hypothesen vorab alle vier Einflussfaktoren genannt, damit ein Abwägen dieser gewährleistet werden konnte. Zudem wurde einleitend der Einflussfaktor „ergonomische Aspekte“ durch das Beispiel der physischen Belastung konkretisiert. Im Folgenden werden die Zukunftstechnologien in der Kommissionierung jeweils in einer Abbildung dargestellt und die vier auf ihre Verbreitung wirkenden Einflussfaktoren diskutiert.

Autonome Transportroboter

Alle vier Einflussfaktoren haben überwiegend Einfluss auf die Verbreitung von autonomen Transportrobotern (siehe Abbildung 34). Den größten Einfluss hat der Faktor Anpassungsfähigkeit: 36 % schätzen diesen als sehr groß ein und 41 % als groß. Die Sortiments- und Auftragsstrukturen folgen mit 25 % sehr großem und 41 % großem Einfluss. Als Drittplatzierter ist der Einflussfaktor Liefer-/Durchlaufzeit zu nennen, der von 18 % der Logistikexperten als sehr groß und von 47 % als groß eingestuft wird. Demgegenüber ist der Einfluss von ergonomischen Aspekten deutlich geringer: Zwar sind auch hier relativ hohe Zustimmungsraten mit sehr groß (23 %) und groß (32 %), jedoch sind die Zustimmungsraten im neutralen sowie unteren Skalenbereich deutlich höher als bei den anderen Einflussfaktoren (32 % bedingter, 13 % wenig und 1 % gar keinen Einfluss).

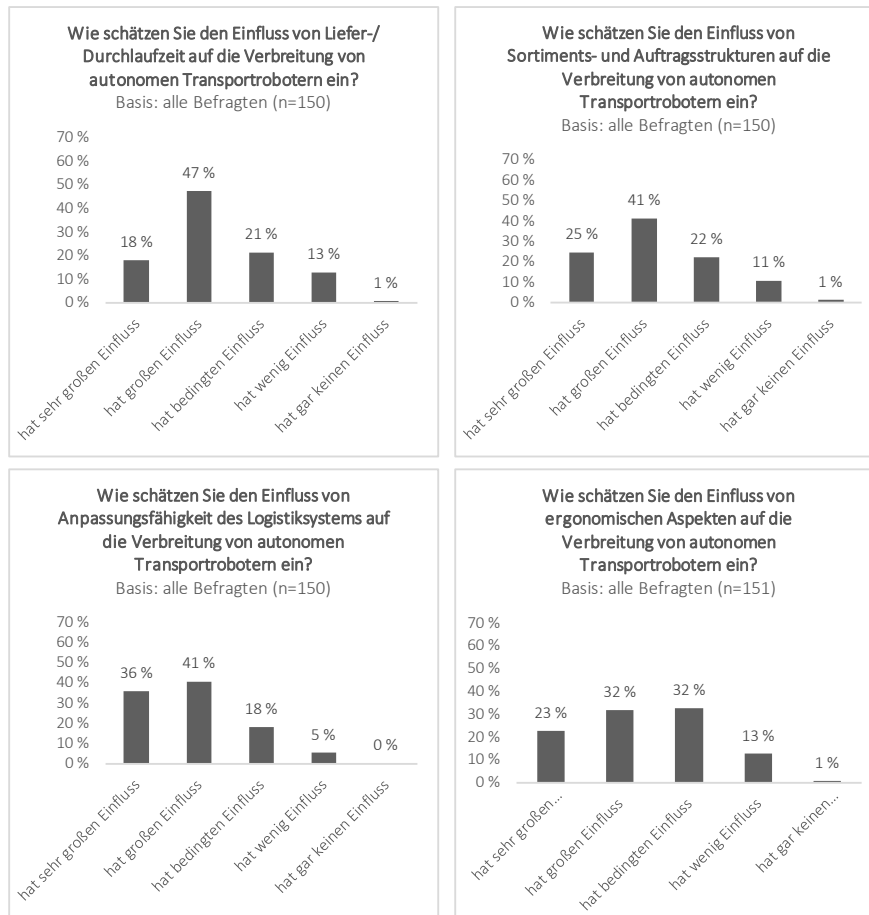


Abbildung 34: Auswertung der Einflussfaktoren auf autonome Transportroboter (eigene Darstellung)

Innovative Assistenzsysteme

Bei den innovativen Assistenzsystemen, die mit einer Abbildung einer Datenbrille in der Erhebung veranschaulicht wurden, bildet sich ein klares Stimmungsbild der Logistikexperten ab (siehe Abbildung 35). Demnach haben ergonomische Aspekte den deutlich größten Einfluss auf die Verbreitung dieser Technologie: 36 % schätzen dies mit sehr groß und 33 % mit groß ein. Eher groß sind die Einflüsse von Liefer-/Durchlaufzeit (39 % schätzen diese als groß ein) sowie von Anpassungsfähigkeit (40 % groß). Beim Einfluss von Sortiments- und Auftragsstrukturen ergibt sich ein Stim-

mungsbild, das eher in die Mitte tendiert: Die Einschätzung im oberen Skalenbereich (sehr groß und groß) fällt geringer aus als bei den anderen Einflussfaktoren, zudem ist der bedingte Einfluss recht hoch eingeschätzt.

Detaillierte Auswertungen zeigen, dass die ergonomischen Aspekte jedoch sehr nach Branche variieren (siehe Anhang 7). 43 % bzw. 38 % aus Forschung/Entwicklung bewerten den Einfluss als sehr groß bzw. groß, während es bei Industrie/Anwendung lediglich 32 % bzw. 24 % sind.

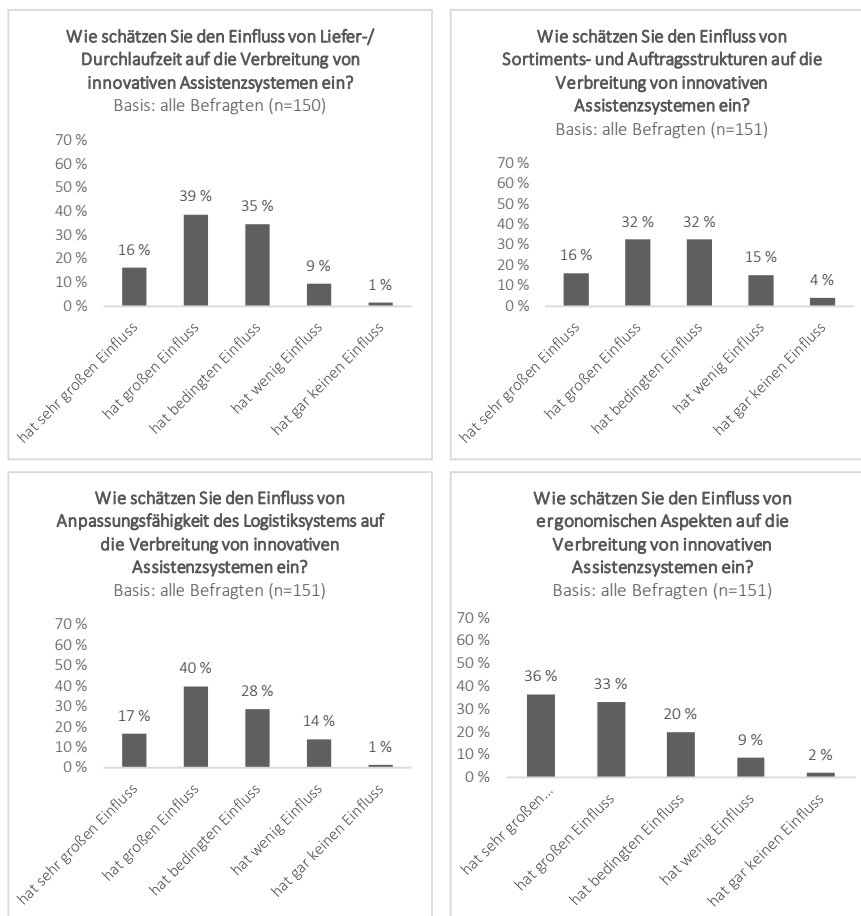


Abbildung 35: Auswertung der Einflussfaktoren auf innovative Assistenzsysteme (eigene Darstellung)

Mobile Kommissionierroboter

Sortiments- und Auftragsstrukturen haben den größten Einfluss auf die Verbreitung von mobilen Kommissionierrobotern: 40 % der Logistikexperten

gehen davon aus, dass deren Einfluss sehr groß und 38 %, dass er groß ist (siehe Abbildung 36). Der Einfluss von Liefer-/Durchlaufzeit und Anpassungsfähigkeit ist recht hoch und wird nahezu identisch eingeschätzt: 27 % bzw. 28 % stimmen mit sehr groß und 40 % bzw. 42 % mit groß. Anders stellt sich die Situation bei den ergonomischen Aspekten dar. Hier ist ein recht indifferentes Meinungsbild zu beobachten, das keine eindeutige Tendenz erkennen lässt. Die Expertenmeinung erscheint hinsichtlich dieses Einflussfaktors unschlüssig.

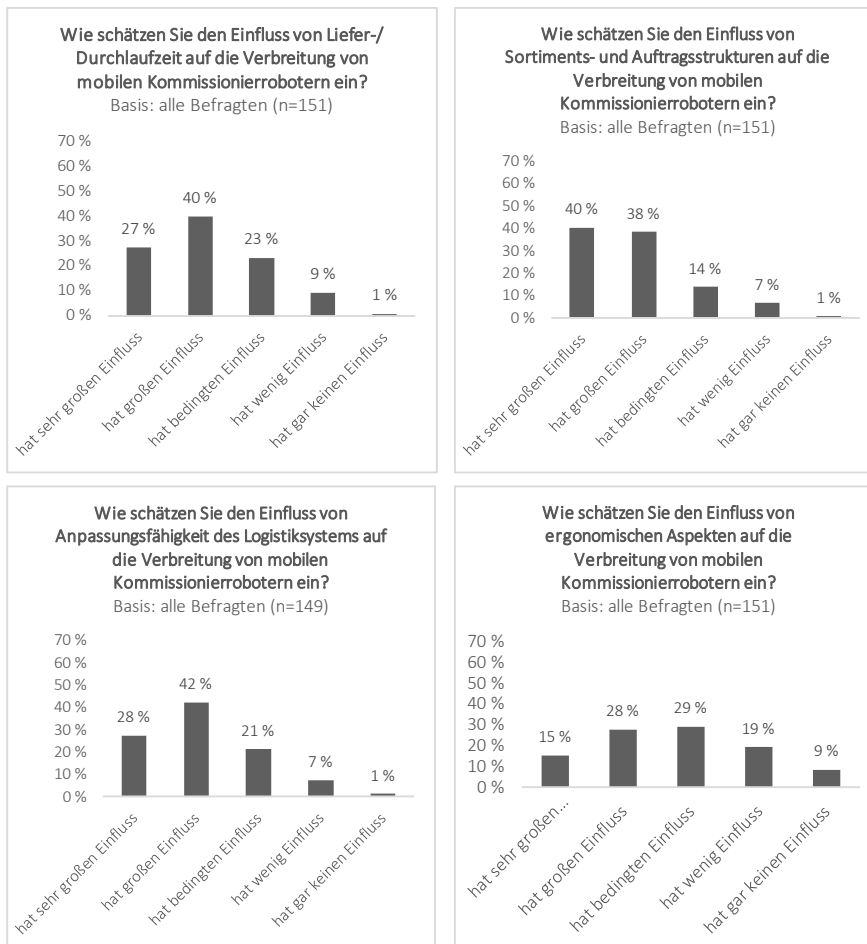


Abbildung 36: Auswertung der Einflussfaktoren auf mobile Kommissionierroboter (eigene Darstellung)

Intelligente Logistikobjekte

Anpassungsfähigkeit hat den größten Einfluss auf die Verbreitung von intelligenten Logistikobjekten (siehe Abbildung 37). Insgesamt 77 % der Logistikexperten schätzen den Einfluss als sehr groß bzw. groß ein. Liefer-/Durchlaufzeit und Sortiments- und Auftragsstrukturen haben einen vergleichsweise geringeren, aber trotzdem recht starken Einfluss auf diese Zukunftstechnologie: Bei beiden Einflussfaktoren geht die Mehrheit von einem sehr großen bis großen Einfluss aus. Anders stellt es sich bei den ergonomischen Aspekten dar, die laut Expertenmeinung einen geringen Einfluss auf die Verbreitung von intelligenten Logistikobjekten haben: 37 % schätzen den Einfluss bedingt ein, 31 % als wenig und 5 % als gar nicht.

Detaillierte Auswertungen bringen branchenspezifische Unterschiede beim Aspekt Liefer-/Durchlaufzeit zu Tage (siehe Anhang 7). 20 % bzw. 49 % aus Forschung/Entwicklung bewerten den Einfluss als sehr groß bzw. groß, während es bei Industrie/Anwendung lediglich 25 % bzw. 25 % sind.

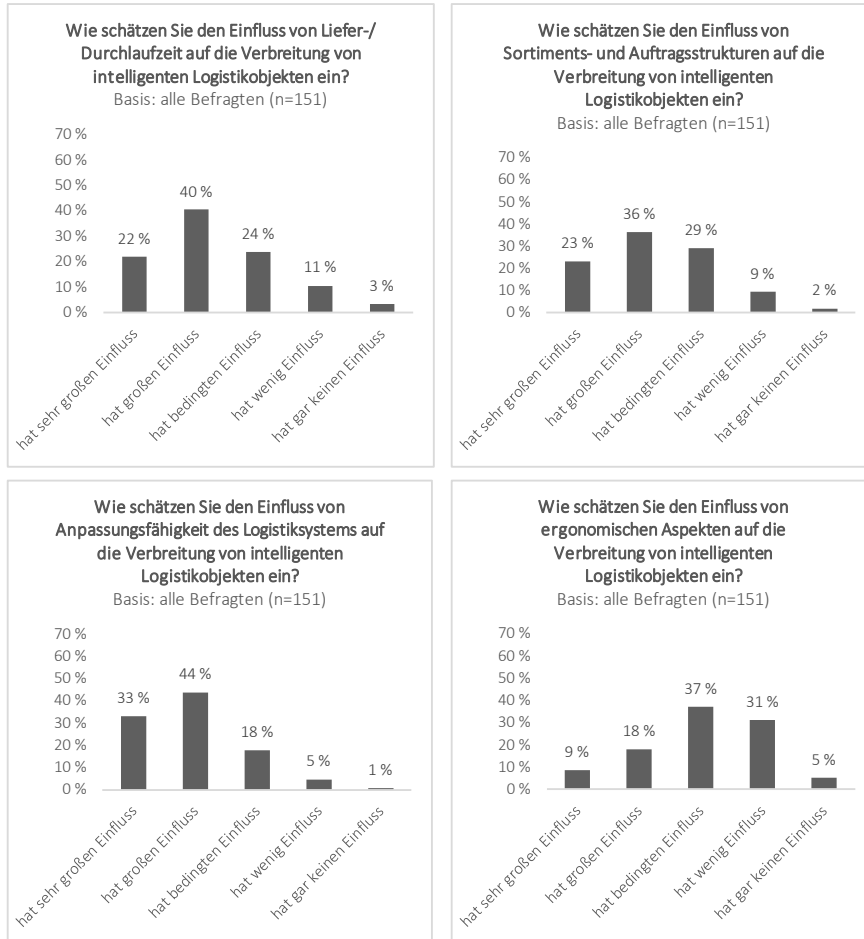


Abbildung 37: Auswertung der Einflussfaktoren auf intelligente Logistikobjekte (eigene Darstellung)

Zusammenfassend und vergleichend lässt sich feststellen:

- Alle vier Faktoren haben generell Einfluss auf die Verbreitung der Zukunftstechnologien, die Ausprägung ist jedoch sehr heterogen. Dies äußert sich darin, dass in keinem Fall der Einfluss mehrheitlich mit wenig oder gar nicht eingeschätzt wird.
- Der Einfluss von Liefer-/Durchlaufzeit, Sortiments- und Auftragsstrukturen und Anpassungsfähigkeit ist bei allen Zukunftstechnologien als recht hoch einzuschätzen.
- Bei den ergonomischen Aspekten ergibt sich ein anderes Expertenbild: Auf die Verbreitung von autonomen Transportrobotern und intelligenten Logistikobjekten hat Ergonomie einen eher geringen Einfluss. Bei innovativen Assistenzsystemen hingegen ist der Einfluss recht groß und deutlich ausgeprägter als die anderen Einflussfaktoren bei dieser Technologie.

4.4.3 Kompetenzen

Neue Technologien wie die vier Zukunftstechnologien können dazu führen, dass zukünftig veränderte Kompetenzanforderungen an die Mitarbeiter im Kommissioniersystem entstehen. Anhand von vier Hypothesen wurde dies mit den Logistikexperten diskutiert. Die Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

Kompetenzen auf Shopfloor-Ebene

In Kommissioniersystemen sind auf der Shopfloor-Ebene die kommissionierenden Mitarbeiter verortet. Zukünftig sind im Rahmen der digitalen Transformation in der Kommissionierung Optimierungskompetenzen eher nicht relevant für diese Mitarbeiter, so die mehrheitliche Meinung (30 %) der Logistikexperten (siehe Abbildung 38). 26 % meinen, dass Optimierungskompetenzen zumindest teilweise relevant sein werden bei den Kommissionierern.

Sehr ähnlich stellt sich die Einschätzung beim Erfahrungswissen für die kommissionierenden Mitarbeiter dar. Auch hier ist die Mehrheit (36 %) der Meinung, dass diese Kompetenz auf Shopfloor-Ebene zukünftig eher nicht benötigt wird. 28 % meinen, dass Erfahrungswissen dort zumindest teilweise relevant sein wird.

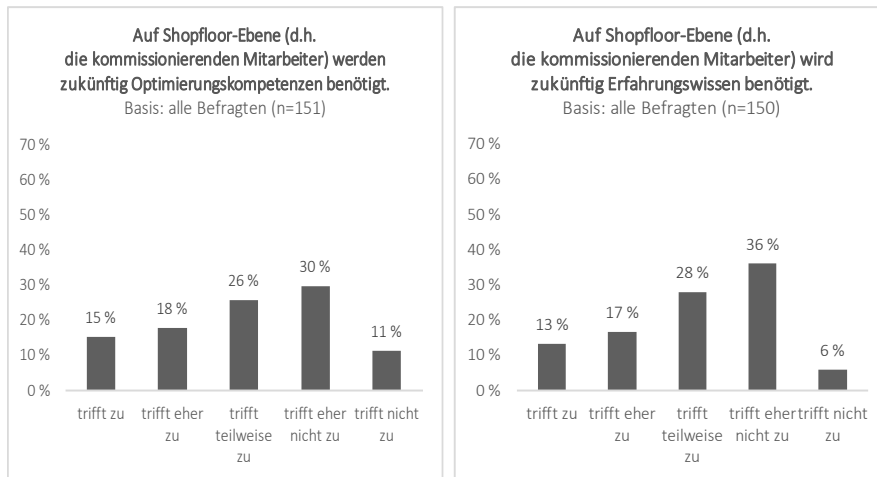


Abbildung 38: Auswertung der Kompetenzen auf Shopfloor-Ebene (eigene Darstellung)

Kompetenzen auf Management-Ebene

Optimierungskompetenzen werden bei den planenden Mitarbeitern von und in Kommissioniersystemen (Management-Ebene) zukünftig besonders benötigt: 62 % der Logistikexperten stimmen dem uneingeschränkt und 26 % etwas eingeschränkt zu (siehe Abbildung 39). Dieses Stimmungsbild ist eindeutig, da auch nur insgesamt 1 % der Hypothese vollkommen bzw. eher widersprechen.

Die Management-Ebene benötigt zudem zukünftig auch Erfahrungswissen, so die mehrheitliche Expertenmeinung. Auch wenn die Zustimmung hier etwas schwächer ausfällt als bei den Optimierungskompetenzen, kann man von einem recht eindeutigen Stimmungsbild sprechen.

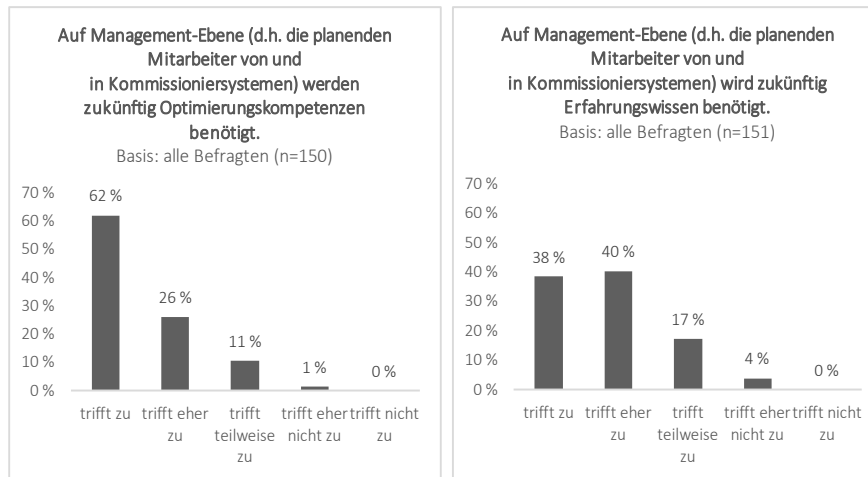


Abbildung 39: Auswertung der Kompetenzen auf Management-Ebene (eigene Darstellung)

Zusammenfassend und vergleichend lässt sich feststellen:

- Optimierungskompetenzen und Erfahrungswissen werden auf Management-Ebene zukünftig besonders benötigt.
- Auf Shopfloor-Ebene sind sowohl Optimierungskompetenzen als auch Erfahrungswissen zukünftig nicht besonders relevant.

4.4.4 Herausforderungen

Im vierten und abschließenden Teil wurden die Logistikexperten aufgefordert, fünf Hypothesen zu den Herausforderungen in der Kommissionierung zu bewerten. Diese werden im Folgenden branchendifferenziert ausgewertet.

Akzeptanz

Als erste Herausforderung wurde das Thema Akzeptanz adressiert. Die Mehrheit der Logistikexperten ist der Meinung, dass die Verbreitung digitaler Technologien in der Kommissionierung maßgeblich von der Akzeptanz der Mitarbeiter abhängt, die diese verwenden (siehe Abbildung 40). Das spiegelt sich in 45 % voller und 29 % eher voller Zustimmung wider.

Hinsichtlich der verschiedenen Branchen gibt es bei dieser Hypothese jedoch deutliche Unterschiede. So teilen zwar Forschung und Industrie mehrheitlich die Ansicht, dass Akzeptanz von Technologien auf dem Shopfloor maßgeblich ist für deren Verbreitung. Jedoch ist die Zustimmung

der Forscher deutlich stärker als bei den Praktikern (55 % bzw. 33 % stimmen voll zu). Dies führt zu der Vermutung, dass die Akzeptanz für die Planner einen geringeren Stellenwert hat als für die Entwickler dieser Technologien.

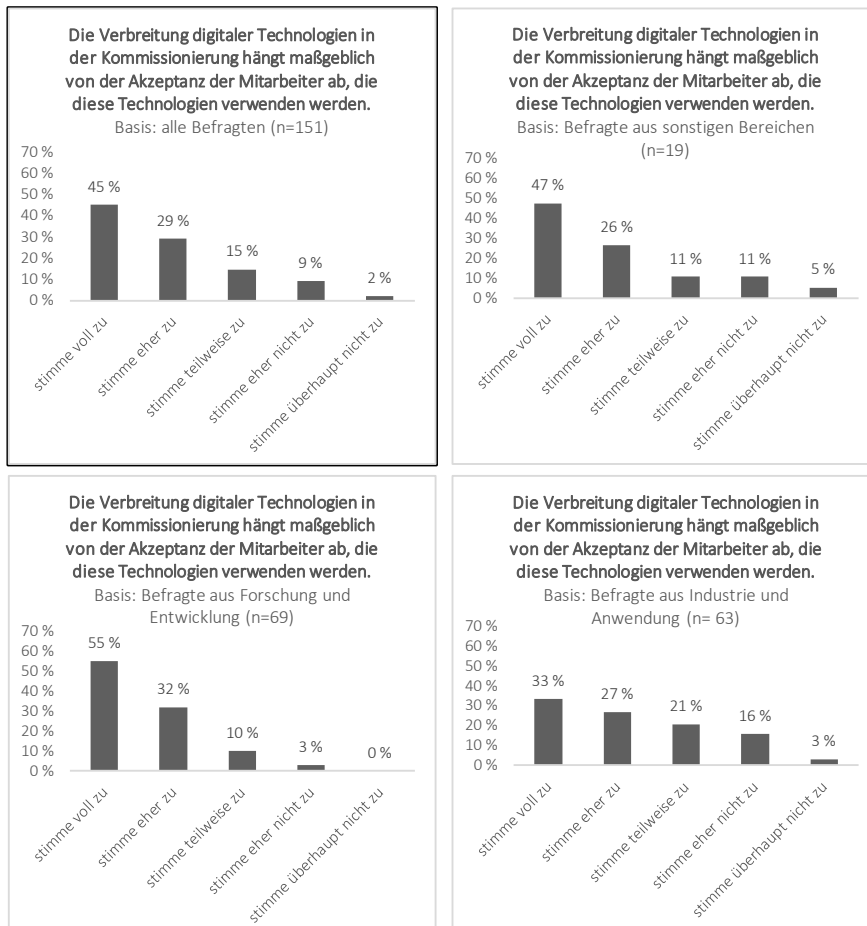


Abbildung 40: Auswertung der Herausforderung „Akzeptanz“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Komplexe Entscheidungen

Die Technik wird in Kommissioniersystemen zukünftig vermehrt auch selbstständig komplexe Entscheidungen treffen, ohne dass es dafür eine Anweisung vom Menschen gibt (bspw. Prozess- oder Bestandsoptimierung) – dem stimmen die Logistikexperten branchenübergreifend mehrheitlich zu (siehe Abbildung 41). Zwischen Forschung und Industrie sind lediglich geringe Unterschiede zu verzeichnen. So sind die Anwender ein wenig skeptischer als die Forscher.

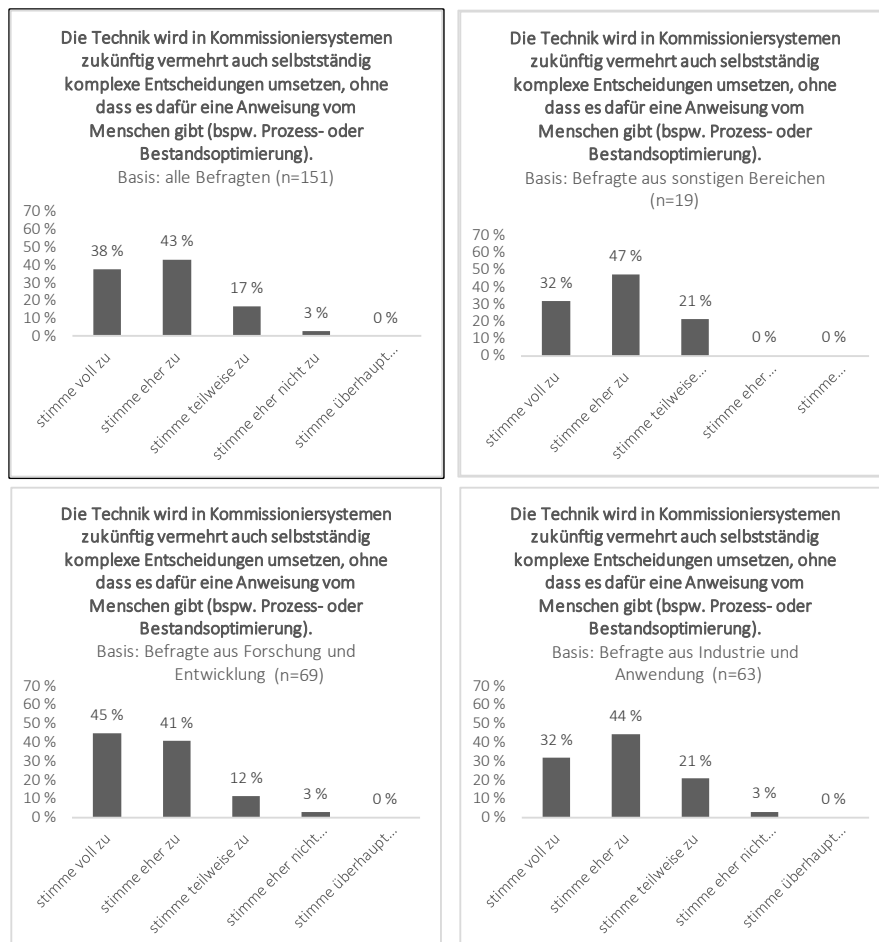


Abbildung 41: Auswertung der Herausforderung „komplexe Entscheidungen“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Arbeitsplätze

Digitale Technologien haben Auswirkungen auf die Arbeitsplätze in der Intralogistik. Die Logistikexperten sind branchenübergreifend mehrheitlich der Meinung, dass diese Technologien dazu führen werden, dass zukünftig weniger Menschen in der Kommissionierung arbeiten werden (siehe Abbildung 42). Die Industrie stimmt dieser Hypothese am deutlichsten zu (52 % uneingeschränkt und 30 % leicht eingeschränkt). Die Forschung sieht diese Entwicklung ebenfalls mehrheitlich so, jedoch etwas weniger ausgeprägt (36 % und 30 %).

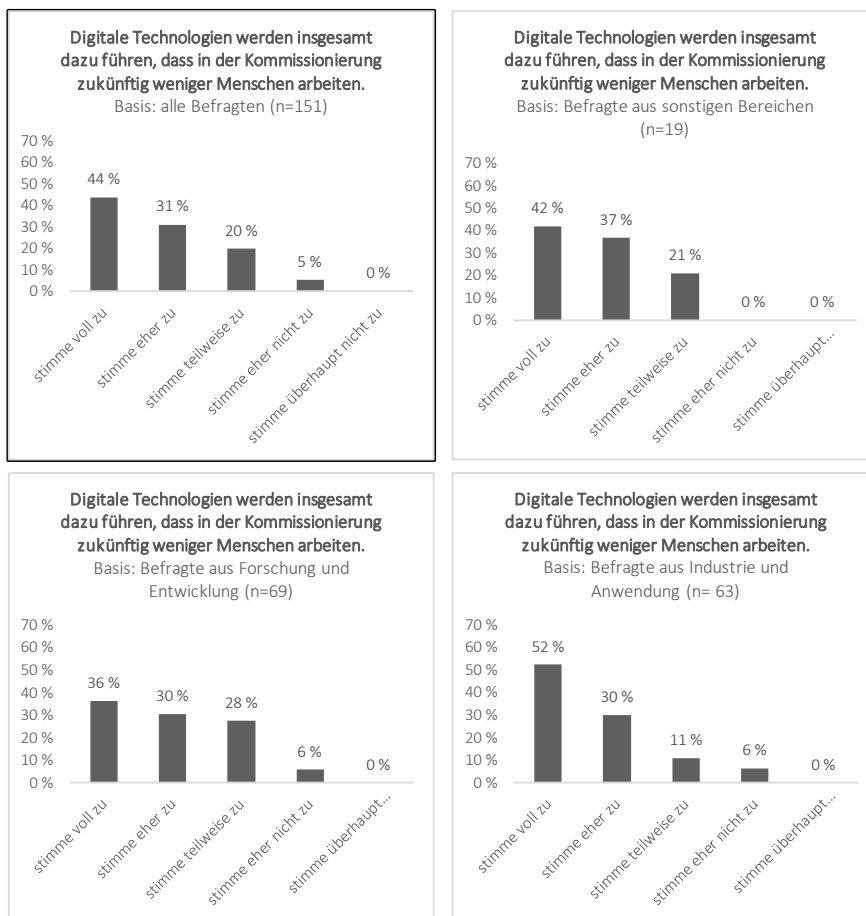


Abbildung 42: Auswertung der Herausforderung „Arbeitsplätze“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Soziale Netzwerke

Durch die Kommunikation mithilfe sozialer Netzwerke können sich Menschen und Maschinen u. a. Arbeitsaufträge koordinieren und zuweisen. Die Logistikexperten sind sich jedoch uneinig, ob dies in der Kommissionierung zukünftig zum Tragen kommt (siehe Abbildung 43). Branchenübergreifend ist ein eher indifferentes Stimmungsbild zu erkennen, was sich auch bei den Experten aus der Industrie zeigt. Die Experten aus der Forschung sind in dieser Hinsicht zwar etwas optimistischer, jedoch ist auch hier kein klares Stimmungsbild erkennbar. Dieser Optimismus mag darin begründet sein, dass dieses Szenario der Mensch-Maschine-Kommunikation über soziale Netzwerke eher der Forschung als der Industrie entspringt.

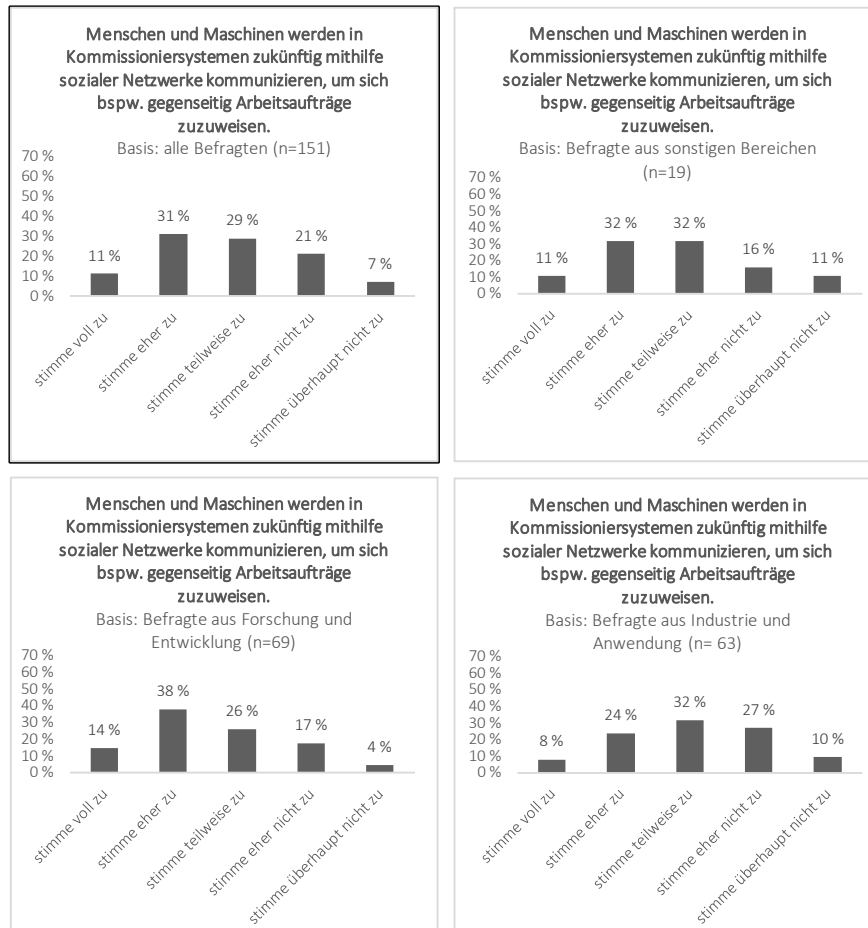


Abbildung 43: Auswertung der Herausforderung „soziale Netzwerke“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Management

Die Autonomie digitaler Technologien könnte systembedingt dazu führen, dass bisherige Aufgaben des Managements entfallen, wie Führung oder Delegation. Das sehen die Logistikexperten branchenübergreifend jedoch recht kritisch (siehe Abbildung 44). Es ergibt sich ein Stimmungsbild, das als eher ablehnend zu interpretieren ist: 31 % stimmen eher nicht, 30 % teilweise und 7 % überhaupt nicht zu.

Deutliche Unterschiede werden jedoch bei der Analyse der verschiedenen Branchen ersichtlich. Die Industrie geht mehrheitlich davon aus, dass die klassischen Managementaufgaben trotz Autonomie bestehen bleiben.

Die Forschung hingegen geht mehrheitlich davon aus, dass diese Managementaufgaben eher entfallen könnten.

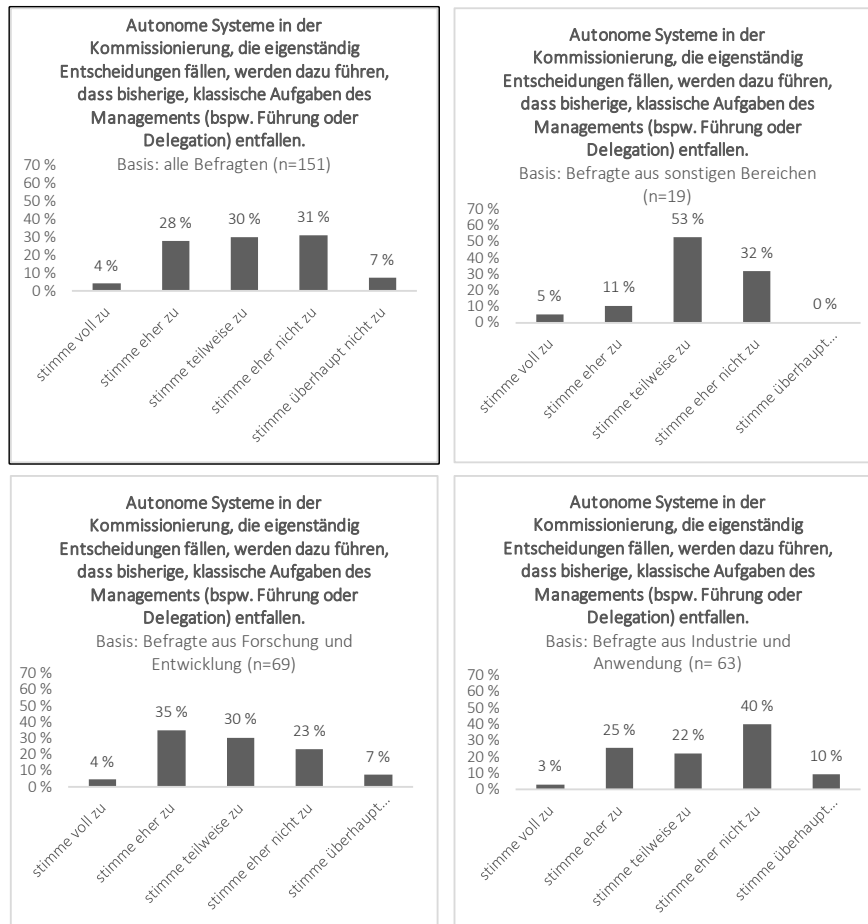


Abbildung 44: Auswertung der Herausforderung „Management“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)

Zusammenfassend und vergleichend lässt sich feststellen:

- Die Akzeptanz digitaler Technologien auf dem Shopfloor ist wesentlicher Erfolgsfaktor für deren Verbreitung.
- Die Technologien werden zukünftig auch vermehrt selbstständig komplexere Entscheidungen in der Kommissionierung treffen.
- Die technologische Entwicklung wird dazu führen, dass zukünftig weniger Menschen in Kommissioniersystemen arbeiten werden.
- Es bleibt sehr fraglich, ob sich Menschen und Maschinen zukünftig mithilfe sozialer Netzwerke in Kommissioniersystemen organisieren.
- Die klassischen Managementaufgaben bleiben trotz wachsender Autonomie der eingesetzten Technologien weiterhin bestehen.

5 Soziotechnische Gestaltung von Arbeitssystemen der Intralogistik

Es stellt sich nun die Frage, wie die digitalen Technologien die Gestaltung zukünftiger Intralogistiksysteme beeinflussen. Anhand des Beispiels der Kommissioniersysteme sollen Entwicklungsperspektiven abgeleitet werden, die dieser Frage nachgehen. Den konzeptionellen Ansatz dabei bildet das soziotechnische System. Demnach können die einem Arbeitssystem zugrunde liegenden Elemente *Mensch*, *Technologie* und *Organisation* nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Im Klartext bedeutet dies, dass eine Veränderung eines der Elemente Wechselwirkungen mit sich zieht, die sich auf die anderen Elemente auswirken. Die Wechselwirkungen werden in diesem Kapitel untersucht.

Den konzeptionellen Startpunkt des dieser Arbeit zugrunde liegenden Ansatzes bildet die *Technologie*, die in Form der abgeleiteten Technologietrends a priori gesetzt wird. Ausgehend von dieser ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise werden die Wechselwirkungen zu den Elementen *Organisation* und *Mensch* betrachtet.

Welche Auswirkungen haben die identifizierten Zukunftstechnologien nun auf die Elemente *Organisation* und *Mensch*? Im Element *Organisation* wird die Arbeitsteilung im Kommissioniersystem untersucht. Die identifizierten Zukunftstechnologien führen zu neuen Prozessen und folglich zu veränderten menschlichen Tätigkeiten. Mithilfe verschiedener Ansätze der Tätigkeitsanalyse auf Prozessebene werden diese Veränderungen untersucht und dadurch Erkenntnisse über die Arbeits- bzw. Funktionsteilung zwischen *Mensch* und *Technologie* in der Kommissionierung gewonnen.

Die Basis des Elements *Mensch* stellt die Beschäftigungsstrukturanalyse innerhalb der Kommissionierung dar. Diese Status- und Bestandsaufnahme wird um beschäftigungsstrukturelle Entwicklungsperspektiven erweitert. Somit sollen zum einen etwaige Entwicklungstrends identifiziert werden, zum anderen insbesondere Erkenntnisse zu der Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter gewonnen werden. Erst so können fundierte Aussagen

hinsichtlich der Entwicklungsperspektiven der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technologie in der Kommissionierung generiert werden.

Anschließend werden im Rahmen des Elements *Technologie* die Zukunftstechnologien einer detaillierteren Betrachtung hinsichtlich ihrer Einsatzgebiete unterzogen, indem deren Verbreitung hinsichtlich der intralogistischen Einflussfaktoren eingehender untersucht wird. Dies ermöglicht die Ableitung domänenspezifischer Entwicklungsperspektiven der zukünftigen Zusammenarbeit von Mensch und Technik in Kommissioniersystemen. Domänen in diesem Sinne sind Systeme, die durch individuelle Charakteristika gekennzeichnet sind und sich aus den im vorherigen Kapitel abgeleiteten intralogistischen Einflussfaktoren ableiten.

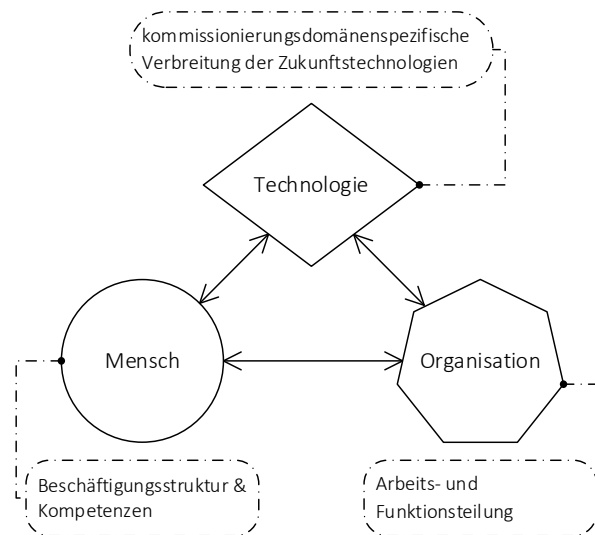


Abbildung 45: Soziotechnischer Ansatz mit den elementspezifischen Untersuchungsaspekten (gestrichelt) (eigene Darstellung)

Der gewählte soziotechnische Ansatz ermöglicht es somit, Entwicklungsperspektiven in der Kommissionierung abzuleiten, die die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technologie und Organisation betrachten. Der Ansatz ist schematisch in Abbildung 45 mit den elementspezifischen Untersuchungsaspekten dargestellt. Das Kapitel schließt mit einer ausführlichen Schlussfolgerung, welche die drei verschiedenen Perspektiven zusammenführt und diskutiert.

5.1 Organisatorische Perspektive

In diesem Abschnitt wird aus einer organisatorischen Perspektive heraus untersucht, welche arbeitsorganisatorischen Veränderungen mit den vier identifizierten Technologietrends sowie den zugehörigen Zukunftstechnologien verbunden sind. Das Vorgehen basiert auf einer Analyse der Tätigkeiten beim Kommissioniervorgang nach verschiedenen Kriterien. Durch die somit gewonnenen Erkenntnisse soll es möglich sein, sowohl Aussagen über die veränderte Arbeits- als auch Funktionsteilung zwischen Mensch und Technik im Kommissioniersystem zu tätigen.

Die Vorgehensweise dieses Abschnitts gliedert sich wie folgt: Zuerst werden Methoden der Tätigkeitsanalyse identifiziert, ggf. angepasst und ausgewählt. Anschließend werden die vier Zukunftstechnologien mit diesen Methoden analysiert. Schließlich können technologiespezifische Aussagen zu der veränderten Arbeits- und Funktionsteilung in der Kommissionierung abgeleitet werden.

Als Grundlage für die Untersuchung des Kommissioniervorgangs dient die VDI-Richtlinie 3590, welche den Vorgang in elf Grundfunktionen unterteilt (siehe Tabelle 16). Der Vorteil dieser funktionalen Betrachtung liegt darin, dass zum Ersten die Reihenfolge irrelevant ist. Zum Zweiten müssen nicht zwangsläufig alle Grundfunktionen in einem Kommissioniersystem anfallen. Zum Dritten kann der ausführende Kommissionierer sowohl Mensch als auch Maschine sein (vgl. [VDI3590], S. 2).

Tabelle 16: Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs (eigene Darstellung nach [VDI3590])

Grundfunktion	Beschreibung
1	Vorgabe der Transportinformation (für Güter und/oder Kommissionierer)
2	Transport der Güter zum Bereitstellort
3	Bereitstellung der Güter
4	Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort
5	Vorgabe der Entnahmeeinheit(en)
6	Entnahme der Entnahmeeinheit(en) durch den Kommissionierer
7	Abgabe der Entnahmeeinheit(en)
8	Quittierung des Entnahmevorgangs bzw. der Entnahmevorgänge
9	Transport der Sammeleinheit(en) zur Abgabe der Sammeleinheit(en)
10	Vorgabe der Transportinformation für die angebrochene(n) Bereitstellereinheit(en)
11	Transport der angebrochenen Bereitstellereinheit(en)

Einschränkend bei der funktionalen Betrachtung des Kommissionierprozesses ist die alleinige Fokussierung auf die Prozessausführung. Benötigte Kompetenzen bspw. werden nicht betrachtet. Daher bedarf es eines Analyseansatzes, der die Tätigkeiten differenzierter betrachtet und hinsichtlich der Tätigkeitsform klassifiziert.

Der task-based approach nach Spitz-Oener, der auf den Studien von Autor et al. basiert und diese auf Deutschland überträgt (siehe dazu [ALM03]), bietet dafür einen Ansatz. Demnach werden Tätigkeiten (tasks) in fünf Klassen unterteilt, die sich hinsichtlich Anforderungsart und Routine unterscheiden (siehe Tabelle 17). Unter Routine wird dabei die prinzipielle Ersetzbarkeit durch Computer bzw. programmierbare Maschinen verstanden.

Tabelle 17: Task-Dimensionen (eigene Darstellung nach [SO06], S. 243)

Task-Dimension (Abkürzung)	Beispiel
analytische Nicht-Routine-Tasks (TD 5)	forschen, analysieren, evaluieren, planen, konstruieren, designen, entwerfen, Regeln/Vorschriften ausarbeiten, Regeln anwenden und interpretieren
interaktive Nicht-Routine-Tasks (TD 4)	verhandeln, Interessen vertreten, koordinieren, organisieren, lehren oder trainieren, verkaufen, einkaufen, Kunden werben, werben, unterhalten, präsentieren, Personal beschäftigen oder managen
kognitive Routine-Tasks (TD 3)	kalkulieren, Buchhaltung machen, Texte/Daten korrigieren, Länge/Höhe/Temperatur messen
manuelle Routine-Tasks (TD 2)	Maschinen bedienen oder kontrollieren, Maschinen ausstatten
manuelle Nicht-Routine-Tasks (TD 1)	reparieren oder renovieren von Häusern/Wohnungen/Maschinen/Fahrzeugen, restaurieren von Kunst/Denkmälern, Gäste bedienen oder beherbergen

Die Anwendung des task-based approach auf die Tätigkeiten der Kommissionierung erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs hinsichtlich der Tätigkeitsart untersucht. Da dies jedoch nur die operative Ausführung des Kommissioniervorgangs abdeckt, bedarf es einer Ausweitung der Tätigkeitsanalyse. Im zweiten Schritt werden daher die Tätigkeiten, die zur Organisation bzw. zum Management des Kommissioniersystems notwendig sind und über die Grundfunktionen hinausgehen, miteinbezogen.

Bei der Betrachtung der Grundfunktionen wird ersichtlich, dass die dort gelisteten Tätigkeiten alle ausschließlich den manuellen Routine-Tasks zuzuordnen sind. Dies ist eindeutig aus der Beschreibung der Tätigkeiten ableitbar (Transport, Entnahme, Quittierung etc.).

Die Betrachtung der Tätigkeiten, die nicht unmittelbar dem Kommissioniervorgang zuzuordnen, aber zum Betrieb, zur Organisation oder Optimierung des Kommissioniersystems notwendig sind, ist nicht so trivial, da hierfür keine Richtlinie o. Ä. auf Tätigkeitsebene existiert. Daher erfolgt eine Annäherung über die Tätigkeitsinhalte laut BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit.

Dazu werden zuerst die verschiedenen Mitarbeiter herangezogen, die in einem Kommissioniersystem agieren. Eine Ausnahme dabei bilden die Helfer, da deren Tätigkeiten eindeutig dem Kommissioniervorgang zugeordnet werden können und darüber hinaus keine nennenswerten Tätigkeiten hinsichtlich der Organisation oder Optimierung des Systems erfüllen.

Anschließend werden die den Mitarbeitern zugehörigen Tätigkeiten hinsichtlich der Relevanz für die Kommissionierung analysiert und ausgewählt, um diese anschließend den Task-Dimensionen zuzuordnen. Maßgeblich bei der Auswahl der relevanten Tätigkeiten ist die räumliche und organisatorische Nähe zum Kommissioniersystem. Die Argumentation lässt sich am Beispiel der Tätigkeiten des Fachlageristen verdeutlichen²². Demnach ist bspw. das Annehmen und Kontrollieren von Gütern nicht relevant für die Kommissionierung, da dies räumlich vielmehr den angrenzenden Systemen oder Gewerken zuzuordnen ist (in diesem Fall dem Wareneingang). Ebenso verhält es sich mit dem Verladen, dem Versenden und dem Verpacken. Das Lagern von Gütern hingegen wird als relevant für die Kommissionierung eingestuft. Dies liegt darin begründet, dass es kein Kommissioniersystem ohne Lagerfunktionalität gibt. Selbst reine Kommissioniersysteme ohne aufwendige Lagertechnik, wie beim Cross Docking, die ausschließlich dem Umschlag von Waren dienen, erfüllen eine (wenn auch) kurzfristige Lagerfunktion. Betriebswirtschaftliche Tätigkeiten, die für den Betrieb eines Kommissioniersystems notwendig sind, wie das Bestellen von Waren o. Ä., wurden bei der Auswahl der Tätigkeiten vernachlässigt, da in vielen Betrieben diese Tätigkeiten vorrangig anderen Abteilungen obliegen (z. B. dem Einkauf).

Die Analyse der Task-Dimensionen erfolgt in erster Linie anhand des beschreibenden Verbs der Tätigkeit. Dies gibt ein erstes Indiz für die Task-Dimension. Diese wird anschließend noch einmal kritisch mit dem konkreten Inhalt der Tätigkeit abgeglichen. Dabei können Differenzen entstehen, die im Einzelfall bewertet werden müssen. Die Tätigkeit „Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen“ bspw. könnte aufgrund ihrer Beschreibung auch als Routine-Tätigkeit eingestuft werden. Aufgrund des Kontextes, der sich hier aus dem zugehörigen Job des Logistikers und dessen allgemein eher planenden Handlungsinhalten ergibt, wird die Tätigkeit jedoch vielmehr den interaktiven Nicht-Routine-Tasks zugeordnet. Die Interaktivität liegt darin begründet, dass der Einsatz dieser Steuerungs- und Planungssysteme die Kommunikation mit anderen am Prozess Beteiligten erfordert.

In der folgenden Tabelle 18 sind die für die Kommissionierung relevanten Tätigkeiten und deren Zuordnung zu Task-Dimensionen dargestellt. Für die Analyse wurden alle dem Bereich Intralogistik zugeordneten Jobbezeichnungen im Informationsportal und Berufsnetzwerk BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit²³ herangezogen.

²² Eine detaillierte Auflistung der Tätigkeiten befindet sich im Anhang 2.

²³ Angelernte Jobs, die keine formale Qualifikation benötigen (wie Lagerhelfer), sind in BERUFENET nicht aufgeführt. Die Tätigkeiten von Lagerhelfern wie

Tabelle 18: Analyse der Task-Dimensionen der für die Kommissionierung relevanten Tätigkeiten (eigene Darstellung)

Tätigkeit (fett: Jobbezeichnung/Qualifikation)	Task-Dimension
Fachlagerist:	
Güter mithilfe von Fördergeräten unter Berücksichtigung von Warenart, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht einlagern	TD 2
Einlagerung mit einer speziellen Software (Lagerverwaltungssysteme) dokumentieren	TD 2
Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen, benötigte Raumfeuchtigkeit und -temperatur kontrollieren	TD 3
Inventuren durchführen	TD 2
Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke, Unfallsicherheit, Umweltschutz- und Kostenaspekten auswählen	TD 3
Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren	TD 2
je nach Lager- und Kommissionierungssystem bzw. Auftrag Güter zusammenstellen	TD 2
Fachkraft für Lagerlogistik:	
Lagerzonen und -einrichtungen planen	TD 5
Lagerplätze nach technischen, ökonomischen und sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten auswählen bzw. festgelegte Lagerplätze für Produkte und Produktvarianten identifizieren	TD 3
Güter mithilfe von Fördergeräten einlagern, dabei Warenart, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht beachten	TD 2
Einlagerung mit spezieller Software dokumentieren	TD 2
Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen, Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur kontrollieren	TD 3
Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke sowie unter dem Aspekt der Unfallsicherheit, des Umweltschutzes und der Kosten auswählen	TD 3
Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren	TD 2
Tourenplan unter wirtschaftlichen, infrastrukturellen, terminlichen und umweltspezifischen Gesichtspunkten erstellen	TD 3
Material- und Informationsfluss vorbereiten	TD 2
je nach Lager- und Kommissionierungssystem und Auftrag Güter zusammenstellen	TD 2
Optimierungsmöglichkeiten vorschlagen	TD 5

Einlagern oder Auftragszusammenstellung finden sich jedoch auch in der Tätigkeitsauflistung der Lagerfachkräfte wieder.

Lagerbestände quantitativ und qualitativ prüfen und darüber die Einkaufsabteilung informieren	TD 2
ABC-Analysen erstellen, um Lagerplätze je nach Zugriffshäufigkeit zu klassifizieren	TD 5
Vorschläge zur Optimierung der Schnittstellen (z. B. Beschaffung/Lager) im logistischen Prozess machen	TD 5
Lagerkennziffern berechnen und als Kontrollinstrument einer wirtschaftlichen Lagerhaltung einsetzen	TD 3
Inventuren durchführen	TD 2
anhand von Belegen die Bestandsänderungen ermitteln; Bestandsänderungen auf entsprechenden Konten erfassen und Konten abschließen	TD 2
einfache Jahresabschlüsse durchführen	TD 3
Leiter - Materialwirtschaft	
den Einsatz von Betriebsmitteln überwachen	TD 5
die Transport- und Lagertechnik optimieren	TD 5
die Wirtschaftlichkeit der Lagerprozesse anhand von Lagerkennzahlen kontrollieren	TD 3
den reibungslosen Warenfluss vom Lager zu unterschiedlichen Unternehmensbereichen wie Produktion, Vertrieb und Service gewährleisten	TD 4
die kontinuierliche Verbesserung des logistischen Ablaufs und der Prozesse sicherstellen	TD 5
Personalpläne erstellen	TD 5
Leiter - Lagerwirtschaft	
Warenumschlag und Lagerorganisation planen und koordinieren	TD 4
Abläufe in Warenein- und -ausgang, internem Warentransport und Lagerung bestimmen und kontrollieren	TD 3
Bestandskontrollen sowie Inventuren organisieren	TD 4
Personaleinsatz planen	TD 5
Mitarbeiter fachlich anleiten und führen	TD 4
bei Lagerung und Transport die jeweiligen Wareneigenschaften berücksichtigen	TD 3
Arbeitsprozesse mittels EDV dokumentieren	TD 2
Logistiker	
logistische Konzepte und Strategien unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen planen und umsetzen	TD 5
den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen	TD 4
Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen	TD 4
Produktions- und Transportinformationen über Funk abrufen	TD 2
die Lagerhaltung koordinieren	TD 4
die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen	TD 5
den Personalbedarf und -einsatz planen, ggf. Führungsaufgaben übernehmen	TD 4
Betriebswirt (Fachschule) - Logistik	
Aufgaben planen, organisieren, steuern und überwachen	TD 5

Mitarbeiter motivieren, beraten und beurteilen	TD 4
Betriebswirt (Hochschule) - Logistik	
bestehende Verfahren, Abläufe und Logistikprozesse eines Unternehmens analysieren	TD 5
Zusammenhänge zwischen Abteilungen analysieren und Optimierungsansätze für alle Stufen der betrieblichen Wertschöpfung erarbeiten, Supply-Chain-Management-Konzepte entwickeln	TD 5
im Supply-Chain-Management für das erfolgreiche Zusammenspiel aller Beteiligten in der Lieferkette sorgen und die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen koordinieren, Softwarelösungen einführen bzw. optimieren	TD 4
Warenein- und -ausgang sowie Lagerbestände kontrollieren	TD 3
Einhaltung der Liefertermine sicherstellen	TD 4
die Organisationsstruktur und interne Abläufe des Unternehmens von der Beschaffungslogistik über die Produktions- bis hin zur Vertriebslogistik optimieren	TD 5
den Informationsfluss im Unternehmen optimieren, für kunden- und betriebsgerechte Informationsverarbeitung und -bereitstellung sorgen	TD 5
im Collaborative Commerce Unternehmensprozesse optimieren und das Internet als Plattform für unternehmensübergreifende Netzwerke einsetzen	TD 5
Controlling durchführen	TD 3
Supply-Chain-Manager	
den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen	TD 4
die Organisationsstrukturen und internen Abläufe des Unternehmens optimieren	TD 5
Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen	TD 4
den Informationsfluss innerhalb eines Unternehmens analysieren und optimieren	TD 5
Internet- und E-Commerce-Plattformen zur Auftragsvergabe einsetzen	TD 4
Qualitätsmanagementsysteme einführen und betreuen	TD 4
Audits planen und durchführen	TD 4
die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen	TD 5
Qualitätsaufzeichnungen erstellen und pflegen	TD 3

Quelle: Bundesagentur für Arbeit; eigene Analyse

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die operativen Tätigkeiten des Kommissioniervorgangs, d. h. alle Prozessschritte, die für das Zusammenstellen eines Kommissionierauftrags notwendig sind, den manuellen oder kognitiven Routine-Tasks (TD 2 und TD 3) zurechenbar sind. Die Tätigkeiten, die nicht direkt der Zusammenstellung des Kommissionierauftrags zuzuordnen sind, sind vorrangig Nicht-Routine-Tasks und in besonderem Maße analytischer Art (TD 5).

In den folgenden Abschnitten werden die mit den Technologietrends und Zukunftstechnologien verbundenen organisatorischen Aspekte analysiert, um anschließend Aussagen zu der damit einhergehenden Arbeits- und Funktionsteilung zu generieren. Dabei werden zuerst die veränderten Abläufe im Kommissioniervorgang analysiert. Dies erfolgt auf Prozessebene mit ingenieurwissenschaftlichen Analysewerkzeugen der Intralogistik.

Die Methode der Prozesskettenanalyse bietet ein strukturiertes Vorgehen bei der Optimierung und Gestaltung von Unternehmensprozessen (ausführlich dazu [Kuh95]). Ein wesentlicher Aspekt bei der Prozesskettenanalyse ist die Klassifizierung von Prozessen nach dem Verhältnis von Kundennutzen zum Ressourcenverbrauch. Dieser Ansatz erscheint für die Forschungsfragestellung zielführend, da aus einer ingenieurwissenschaftlichen Perspektive Prozesse betriebswirtschaftlich klassifiziert werden können. Dabei wird zwischen vier Prozessarten unterschieden (vgl. [WQ97], S. 92 ff.):

- **Nutzprozesse:**
Dabei handelt es sich um geplante Prozesse, die einen direkten Kundennutzen nach sich ziehen. Das bedeutet, die Summe aller Nutzprozesse entspricht dem fertigen Produkt bzw. der vollbrachten Dienstleistung. Nutzprozesse werden vom Kunden anerkannt und entsprechend entlohnt. Den von ihnen in Anspruch genommenen Ressourcen steht der erhöhte Kundennutzen gegenüber.
Beispiele: Entwickeln, Bearbeiten, Montieren, Verpacken oder Versenden.
- **Stützprozesse:**
Bei Stützprozessen handelt es sich um geplante Prozesse, deren Funktion es ist unterstützend auf die Nutzprozesse zu wirken. Sie generieren keinen Kundennutzen und werden auf ein Minimum reduziert, da sie nicht vom Kunden entlohnt werden.
Beispiele: innerbetrieblicher Transport, Reinigung, Rüsten, Prüfen, Entsorgung von Verpackungsmaterial oder Lagern.
- **Blindprozesse:**
Blindprozesse decken ungeplante Prozesse ab, die aufgrund verknüpfter (mangelhafter) Nutz- und/oder Stützprozesse verursacht werden. Sie sind ungeplant und generieren keinen Kundennutzen, benötigen aber Ressourcen.
Beispiele: Rückfragen, Suchen oder Puffern.
- **Fehlprozesse:**
Genauso wie Blindprozesse sind auch Fehlprozesse ungeplant. Sie verbrauchen Ressourcen und minimieren den Kundennutzen, da Fehlprozesse dafür sorgen, dass Nutzprozesse wiederholt werden

müssen. Dies kann bspw. in Mengen-, Qualitäts- oder Terminabweichungen begründet liegen.

Beispiele: Fehlproduktionen, fehlerhaftes Kommissionieren oder lange Wartezeiten der Mitarbeiter.

5.1.1 Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends *Autonomie*

Transportroboter, die in Kommissioniersystemen eingesetzt werden, fallen unter den Technologietrend *Autonomie*. Die mit dieser Zukunftstechnologie einhergehenden Änderungen hinsichtlich der Arbeits- und Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine werden in diesem Abschnitt analysiert.

Transportroboter in der Kommissionierung übernehmen insbesondere Funktionen des Warentransports, indem sie Artikel, Behälter oder Regale bewegen. Fahrerlos steuern sie durch den Lager- und Kommissionierbereich. Ihre Autonomie beschränkt sich auf das selbstständige Navigieren, welches das Erkennen von Hindernissen oder sonstigen Objekten beinhaltet, sowie die selbstoptimierte Routenplanung. Bei dezentral gesteuerten Transportrobotern erstreckt sich die Autonomie auch auf die Auftragsvergabe; die Transportroboter entscheiden selbstständig (nach festgelegten Kriterien und Regeln), welcher Transportroboter welchen Auftrag bearbeitet.

Funktionaler Einfluss

Im Kommissioniervorgang beeinflussen Transportroboter insbesondere die mit der räumlichen Transformation verbundenen Grundfunktionen. Demnach hat diese Technologie einen starken Einfluss auf den Transport der Güter zum Bereitstellort, da sie diese Grundfunktion vollständig abdeckt. Ebenso verhält es sich mit dem Transport von Sammeleinheiten und angebrochenen Bereitstelleinheiten.

Je nach Systemdesign beeinflussen Transportroboter auch die Bereitstellung der Güter. Dies ist bspw. dann der Fall, wenn Transportroboter komplette Regale an stationäre Kommissionierplätze transportieren. In anderen Systemvarianten ist es prinzipiell möglich, dem Kommissionierer, der sich durch das System bewegt, während des Kommissionierprozesses Regale bereitzustellen. Somit besteht ein bedingt starker Einfluss auf die Bereitstellung.

Aus dieser veränderten Form der Bereitstellung ergibt sich auch ein Einfluss auf die Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort. Insbesondere bei der oben skizzierten Ware-zur-Person-Systemvariante ergibt sich ein unmittelbarer Einfluss auf die Bewegung des Mitarbeiters, die mitunter

gänzlich entfällt. Bei den besagten anderen Organisationsformen des Kommissioniersystems ist dieser Einfluss geringer, da die Bewegung nicht gänzlich entfällt, aber in Summe minimiert wird.

Wertschöpfungseinfluss

Innerbetriebliche Transportvorgänge im herkömmlichen Sinne sind nicht den Nutzprozessen zurechenbar. Dies begründet sich darin, dass der Kundennutzen durch den Transportvorgang nicht steigt, während Ressourcen in Form von Transportkapazitäten, Energie oder Mitarbeitern gebunden werden. Demnach ist der Einsatz von Transportrobotern im Kommissionierprozess nicht als Nutzprozess zu bewerten. Demgegenüber stehen außerbetriebliche Transporte, die man zweifelsfrei den Nutzprozessen zuordnen kann, da die räumliche Transformation einen direkten Kundennutzen generiert.

Beim innerbetrieblichen Transport in der Kommissionierung handelt es sich jedoch eindeutig um einen Stützprozess. Der innerbetriebliche Transport von Gütern, Mitarbeitern, Hilfs- oder Betriebsmitteln ist geplant und notwendig, um die wertschöpfenden Prozesse, also die anforderungsgerechte Zusammenstellung eines Kundenauftrags, zu realisieren.

In diesem Zusammenhang können Transportprozesse auch Puffer- oder Lagerfunktionen erfüllen. Dieses Phänomen ist eher aus dem Bereich der intralogistischen Sortiersysteme bekannt, wenn Behälter innerhalb eines Stetigfördersystems (z. B. einem Loopsorter) so lange rotieren, bis sie einem Auftrag zugeordnet werden. Der Transportvorgang erfüllt dann eine Pufferfunktion. Beim Transport mittels Transportrobotern kann dies der Fall sein, wenn die Lagerflächen so stark begrenzt oder frequentiert sind, dass Lagern oder Puffern nur während des Transportes erfolgen kann. In diesem Fall vollführen die Transportroboter einen Blindprozess.

Zwischen Transportprozessen mittels Transportrobotern und Fehlprozessen besteht nur ein bedingter Zusammenhang. Manuelle Transportprozesse können sicherlich fehlerhaft sein. Ob durch Transportroboter automatisierte Prozesse jedoch weniger fehlerhaft sind, lässt sich pauschal nicht bewerten und bedürfte detaillierterer Untersuchungen.

Tätigkeitseinfluss

Auf Shopfloor-Ebene sind die Auswirkungen von Transportrobotern an deutlich veränderten Tätigkeiten auszumachen²⁴. Die transportrelevanten Tätigkeiten werden deutlich weniger relevant für die Fachkräfte sowie Helfer. Dies betrifft zum Ersten und insbesondere den Transport in andere Abteilungen (TD 2). Zum Zweiten umfasst dies die Auswahl von Fördersystemen nach verschiedenen Kriterien und Rahmenbedingungen (TD 3). Unter Umständen entfällt diese Tätigkeit vollkommen, da in der höchsten Evolutionsstufe dieser Technologie alle Transportvorgänge selbstständig organisiert werden. In dieser Ausprägung müssen folglich auch keine Tourenpläne mehr erstellt werden (TD 3).

Die Optimierung der Transport- und Lagertechnik (TD 5) gewinnt für die leitenden Mitarbeiter eine höhere Bedeutung. Es ist davon auszugehen, dass diese Tätigkeit deutlich anforderungskomplexer wird, da die Optimierung eines autonomen Systems andere Kompetenzen als die eines manuellen Systems benötigt. Zudem wird die Gewährleistung des reibungslosen Warenflusses (TD 4) für die leitenden Mitarbeiter wichtiger. Dies ergibt sich aus der reduzierten Verantwortlichkeit bzw. Eingriffsmöglichkeit der Kommissionierer hinsichtlich des Transports; die Verantwortung überträgt sich somit auf die höher gestellte Ebene. Dies betrifft auch das Management. Dem sind zudem vermehrt Tätigkeiten zuzuschreiben, die den Einsatz entsprechender Steuerungs- und Planungssysteme (TD 4) betreffen.

Es lässt sich **zusammenführend** feststellen, dass Transportroboter erheblichen Einfluss auf die Arbeits- und Funktionsteilung in der Kommissionierung haben. Der Transport als manuelle Routinetätigkeit entfällt gänzlich. Die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine verschiebt sich dadurch dermaßen, dass der Mensch vermehrt wertschöpfende Tätigkeiten übernimmt, d. h. das Zusammenstellen des Kundenauftrags. Man könnte dies als eine Verdichtung wertschöpfender Tätigkeiten beschreiben.

Die Sicherstellung des Transports obliegt den leitenden und gestaltenden Mitarbeitern, da die operativen Mitarbeiter in das komplexe fahrerlose System nicht mehr eingreifen können. Die funktionale Verantwortung verschiebt sich also in die Führungsebene.

²⁴ Eine umfassende Darstellung aller zukunfts-technologiebedingten Auswirkungen auf die Kommissionierungstätigkeiten befindet sich im Anhang 8.

5.1.2 Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends *Assistenz*

Für den Technologietrend *Assistenz* stehen Assistenzsysteme im Fokus der folgenden Betrachtung. Das Ausmaß der Intelligenz logistischer Assistenzsysteme in der Kommissionierung kann eine große Bandbreite abdecken, was sich in verschiedenen Funktionsumfängen äußert. Daher wird sich im Folgenden auf die Datenbrille als Zukunftstechnologie konzentriert, die den größten Funktionsumfang im Bereich der Wearables hat, womit folglich die weitreichendsten Auswirkungen auf Arbeits- und Funktionsteilung einhergehen.

Datenbrillen werden in manuellen Kommissioniersystemen eingesetzt und assistieren den Kommissionierer bei verschiedenen Prozessschritten, indem z. B. erforderliche Picks zum aktuellen Auftrag oder die Route angezeigt werden. Dabei erfüllen sie verschiedene Funktionen der Informationsverarbeitung, die mit Hilfe von Bildverarbeitung ermöglicht werden, wie bspw. das automatisierte Erfassen von Barcodes.

Funktionaler Einfluss

Datenbrillen beeinflussen die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs primär bei den unmittelbar mit dem Entnahmevorgang verbundenen Prozessen. Dies betrifft in chronologischer Prozessfolge zum Ersten die Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort. Die durchgängige Lokalisierung ermöglicht es der Technologie, den Kommissionierer durch Instruktionen durch das Gewerk zu navigieren. Je nach Technologieausprägung erfolgt dies durch akustische Instruktionen oder durch Einblenden der Navigationsinstruktionen im Sichtfeld. Die Datenbrille ermöglicht eine Optimierung der Wege und Routen des Mitarbeiters. Auf einer noch detaillierteren Prozessebene kann die Technologie sogar das entsprechende Fach erkennen oder visuell hervorheben im Blickfeld. Ohne Zweifel hat die Datenbrille einen starken Einfluss auf die Grundfunktion der Bewegung zum Bereitstellort.

Ebenso stark ist der Einfluss der Datenbrille auf die Vorgabe der Entnahmeinformation. Diese wird dem Kommissionierer mittels Augmented Reality in dessen Sichtfeld eingespielt und kann Art und Menge sowie sonstige Informationen enthalten.

Etwas differenzierter verhält es sich bei der Entnahme und Abgabe der Entnahmeeinheit. Hier kann der Einfluss der Datenbrille recht stark sein, jedoch hängt dies von der spezifischen Ausprägung des Systems an. Im Falle einer sehr weit entwickelten Bildverarbeitung kann die Entnahme und Abgabe durch das Navigieren auf Mikroprozessebene beeinflusst werden, indem Entnahme- und Abgabeort im Blickfeld hervorgehoben werden.

Die Quittierung des Entnahmevorgangs wird durch die Datenbrille bewerkstelligt, die den Barcode o. Ä. erkennt. Die hands-free-Technologie hat somit einen starken Einfluss auf diese Grundfunktion des Kommissioniervorgangs.

Wertschöpfungseinfluss

Die Wertschöpfung von Datenbrillen im Kommissioniervorgang ist nicht direkt quantifizierbar. Die Auftragszusammenstellung mithilfe von Datenbrillen alleine ist somit kein Nutzprozess. Dies lässt sich bereits aus der Begrifflichkeit des Assistenzsystems ableiten. Jedoch ermöglicht die Datenbrille auch neue Geschäftsmodelle, die einen konkreten Kundennutzen vorweisen. Ähnlich wie die bereits in einigen Branchen verbreitete Form der Fernwartung mittels Datenbrillen, sind vergleichbare Geschäftsmodelle für die Kommissionierung denkbar. Z. B. wäre es möglich, dass ein Kunde mithilfe der Kamera der Datenbrille Einblick in das Lager erhält und somit bspw. mit dem Kommissionierer Artikel in Augenschein nimmt, vermisst, funktional prüft o. ä.

Vorrangig betrifft die Datenbrille die Stützprozesse innerhalb des Kommissioniersystems. Die Tätigkeiten um den Pickvorgang herum werden optimiert und sorgen somit für eine Optimierung der innerbetrieblichen Abläufe, die in keinem direkten Kundennutzen stehen.

In diesem Zusammenhang werden Blindprozesse potentiell reduziert, da der Prozess ressourceneffizienter gestaltet wird. Suchvorgänge werden reduziert und Wegstrecken minimiert. Die informationstechnische Abwicklung und Dokumentation der Prozesse wird vereinfacht und führt tendenziell zu verringerten Prozesszeiten.

Datenbrillen halten aufgrund der weit entwickelten Bildverarbeitung hohes Potential in der Reduzierung von Fehlprozessen in der Kommissionierung. Klassische Systeme setzen, überspitzt formuliert, bei der Identifikation von Artikeln auf Plausibilitätschecks. Wenn bspw. die richtige Bezeichnung (in Form eines Barcodes) mit dem falschen Artikel verheiratet ist, fällt dies mitunter nicht auf im Kommissioniervorgang. Per Datenbrille, Bildverarbeitung und entsprechenden Datenbanken können solche Fehler mitunter aufgehoben werden, da die Identifikation über die Erkennung des Objekts erfolgt.

Tätigkeitseinfluss

Bei den Fachkräften (Fachlagerist und Fachkraft für Lagerlogistik) und Lagerhelfern sind insbesondere Auswirkungen auf die Tätigkeiten zu erwarten, die die Selbstorganisation und -optimierung der Mitarbeiter betreffen. Dies betrifft bspw. die Erstellung von Tourenplänen im Kommissionierprozess (TD 3), die durch die Vorgabe der Datenbrille mithilfe des zugehörigen IT-

Systems entfallen oder weniger relevant werden. Ebenfalls wird die Dokumentation von Arbeitsvorgängen mit dem Lagerverwaltungssystem (TD 2) weniger relevant, da die Datenbrille viele Dokumentationsschritte automatisiert durchführt.

Die Tätigkeiten der leitenden Mitarbeiter in Kommissioniersystemen verändern sich insbesondere hinsichtlich der Anleitung und Führung von Mitarbeitern (TD 4). Datenbrillen, die den Kommissionierer dermaßen eng durch den Arbeitsprozess führen und Feedback geben, bspw. bei Fehlern, führen dazu, dass der Anlern- und Führungsprozess deutlich an Relevanz verliert, da das Assistenzsystem diese Tätigkeit in vielerlei Hinsicht übernimmt.

Auf Managementebene erfährt die Tätigkeit des sinnvollen Einsatzes dieser Assistenzsysteme (TD 4) eine gehobene Bedeutung. Sowohl die Anpassung des Assistenzsystems an die spezifischen betrieblichen Prozesse als auch die Verknüpfung mit anderen Prozessen der Supply Chain sind beispielhafte veränderte Tätigkeiten, die hierunter fallen. Zudem ergeben sich durch die durch die Datenbrille generierten Datenmengen vielseitige Potentiale, die Organisationsstrukturen und Abläufe des Unternehmens zu optimieren (TD 5). Tätigkeiten, die den Bereich Big Data oder Data Mining zuzuordnen sind, gewinnen dabei an Bedeutung.

Zusammenführend lässt sich für die durch Datenbrillen bedingte Arbeits- und Funktionsteilung in der Kommissionierung feststellen, dass auf Prozessebene vermehrt Arbeitsanweisungen einfließen. Diese engen den Handlungsspielraum der kommissionierenden Mitarbeiter ein, indem eine optimierte Handlungsvorgabe erfolgt. Das Assistenzsystem übernimmt die Führung des Kommissionierers und greift bei Planabweichungen ein. Die manuellen Routine-Tasks werden durch die Datenbrille verringert.

Bei den leitenden Mitarbeitern verlieren Anlern- und Führungstätigkeiten an Bedeutung, da diese in Teilen durch das Assistenzsystem abgedeckt werden. Auf Managementebene gewinnen analytische Nicht-Routine-Tasks an Bedeutung, um mithilfe der gewonnenen Daten die Kommissionierprozesse zu optimieren und zu gestalten.

5.1.3 Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends *Automatisierung*

Automatisierte Technologielösungen existieren für die Kommissionierung in vielfältiger Form. In Ware-zur-Person-Kommissioniersystemen sind vollautomatisierte Lösungen keine Seltenheit. Diese Systeme sind jedoch vergleichsweise starr und hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit reglementiert,

da sie vorrangig aus fest installierter und auf die Leistungs- und Sortimentsanforderungen angepasste Lager- und Automatisierungstechnik bestehen.

In Person-zur-Ware-Kommissioniersystemen sind automatisierte Technologielösungen, die viele Prozessschritte abdecken, noch vergleichsweise wenig verbreitet. Der technologische Fortschritt in der Robotik ist jedoch rasant und macht auch vor der Kommissionierung keinen Halt. Mobile Kommissionierroboter halten vermehrt Einzug in die Intralogistik. Diese Zukunftstechnologie ist in ihrem Funktionsumfang dem menschlichen Mitarbeiter nachempfunden, kann sich fortbewegen und Objekte handhaben. Damit verbunden sind weitreichende Auswirkungen auf die Arbeits- und Funktionsteilung in Kommissioniersystemen, die im Folgenden untersucht werden.

Funktionaler Einfluss

Mobile Kommissionierroboter haben einen weitreichenden Einfluss auf die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs. Dies begründet sich aus der weitreichenden Funktionstiefe, die mobile Kommissionierroboter charakterisiert. Ihr Handlungsspielraum ist dem der Kommissionierer nachempfunden.

In erster Linie erstreckt sich der funktionale Einfluss von mobilen Kommissionierrobotern auf den Pickvorgang. Das umfasst die Bewegung zum Bereitstellort, die Entnahme und Abgabe der Entnahmeeinheit und die entsprechende informationstechnische Quittierung. Hier wirkt der größte Einfluss, da die Technologie diese Grundfunktionen vollständig abdecken kann.

Einen bedingten Einfluss haben mobile Kommissionierroboter auf die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs, die nicht unmittelbar mit dem Picken verbunden sind. Dies erklärt sich anhand des funktionalen Fokus von mobilen Kommissionierrobotern. Demnach können sie zwar prinzipiell andere Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs abdecken, wie den Transport von Gütern, Sammel- oder Bereitstellereinheiten. Bei der Systemgestaltung erscheint es jedoch realistischer, dass diese Grundfunktionen von anderen Akteuren übernommen werden, die darauf besser ausgelegt sind.

Wertschöpfungseinfluss

Mobile Kommissionierroboter haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Wertschöpfung in der Intralogistik. Sie erfüllen die Funktion der Auftragszusammenstellung, also die vom Kunden anerkannte und honorierte Leistung in der Kommissionierung, was eindeutig als Nutzprozess zu klassifizieren ist.

Aufgrund des großen Funktionsumfangs von mobilen Kommissionierrobotern erstreckt sich deren Reichweite in der innerbetrieblichen Wertschöpfung auch über diverse Stützprozesse. Wie bereits oben diskutiert, sind die den Stützprozessen zuzuordnenden Prozesse, wie der Transport von Waren oder Behältern, zwar nicht die primären Aufgaben des mobilen Kommissionierroboters, aber sie können prinzipiell auch von diesem erfüllt werden.

Die Erwartung an automatisierte Technologien ist u. a. eine höhere Prozessqualität. Dies bedeutet effizientere Abläufe und folglich weniger Blindprozesse in der Kommissionierung. Der direkte Einfluss von mobilen Kommissionierrobotern auf Blindprozesse lässt sich jedoch pauschal nicht bewerten.

Damit verbunden sind auch Erwartungen hinsichtlich der Reduktion von Kommissionierfehlern, die als Fehlprozesse eingeordnet werden. Vollautomatisierte Kommissioniersysteme weisen eine Tendenz zu einer geringeren Kommissionierfehlerquote auf (vgl. [CDG⁺07], S. 70 ff.). Ob dies jedoch auch für den komplexen Vorgang des Pickens innerhalb eines nichtstandardisierten Systems gilt, müsste erst noch in weiteren Studien belegt werden.

Tätigkeitseinfluss

Der Einfluss von mobilen Kommissionierrobotern im operativen Bereich erstreckt sich vorrangig auf die Auftragszusammenstellung, also den Kern des Kommissionierprozesses (TD 2). Dies Tätigkeiten können von mobilen Kommissionierrobotern vollständig ersetzt werden. Des Weiteren sind auch die Einlagerprozesse innerhalb der Kommissionierung von mobilen Kommissionierrobotern erfüllbar (TD 2). Je nach Systemausprägung können ebenfalls die stützenden Prozesse wie Transport oder Dokumentation von dieser Technologie abgedeckt werden. Da dies jedoch nicht den funktionalen Fokus von mobilen Kommissionierrobotern darstellt, wird der Einfluss auf diese Tätigkeiten als nicht primär angesehen.

Die Tätigkeiten der leitenden Mitarbeiter in der Kommissionierung werden sich hinsichtlich der kontinuierlichen Verbesserung des intralogistischen Ablaufs verstärken (TD 5). Dies ergibt sich insbesondere aus der veränderten Zusammenstellung des Teams aus menschlichen und maschinellen Kommissionierern, was mit veränderten Potentialen und Herausforderungen in der Prozessgestaltung einhergeht.

Diese Auswirkungen spiegeln sich auch in den Tätigkeiten der gestaltenden Mitarbeiter wider. Dies umfasst die Planung und Umsetzung neuer Logistikkonzepte der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit (TD 5) sowie eine verstärkte Bedeutung der koordinierenden Tätigkeiten der Intralogistik (TD 4).

Des Weiteren schlagen auch die analytischen Tätigkeiten der betriebswirtschaftlichen Bewertung von Logistikprozessen (TD 4) verstärkt zu Buche. Im Gegensatz zu den durch die anderen Zukunftstechnologien bedingten Tätigkeitsveränderungen, wirkt sich dieser Tätigkeitszuwachs bei dem Einsatz von mobilen Kommissionierrobotern jedoch besonders stark aus. Dies ergibt sich aus komplexeren betriebswirtschaftlichen Fragestellungen, da mobile Kommissionierroboter im Gegensatz zu den anderen betrachteten Technologien das Potential haben, nicht nur den Prozess betriebswirtschaftlich zu optimieren, sondern auch grundlegend zu verändern.

Zusammenführend lässt sich ein recht eindeutiges Bild der veränderten Arbeits- und Funktionsteilung durch mobile Kommissionierroboter zeichnen. Die Technologie erledigt den wertschöpfenden Prozess der Auftragszusammenstellung, der bisher dem Kommissionierer vorbehalten ist. Damit verbunden sind weitreichende arbeitsteilige Folgen auf dem Shopfloor. Dem Menschen bleiben dabei insbesondere die nichtwertschöpfenden Prozesse und Nicht-Routine-Tätigkeiten erhalten.

Das Management steht folglich vor neuen Herausforderungen hinsichtlich der Gestaltung neuer Arbeitssysteme aus Mensch und Roboter. Zudem gehen damit vermehrt analytische Anforderungen einher, die die betriebswirtschaftliche Bewertung humanoider Kommissionierroboter beinhaltet.

5.1.4 Analyse der Arbeits- und Funktionsteilung anhand des Technologietrends *Vernetzung*

Der Technologietrend *Vernetzung* äußert sich in der Kommissionierung in Form von logistischen Objekten, die mit Rechenleistung versehen sind und als intelligente Logistikobjekte bezeichnet werden. Durch eine Vielzahl logistischer Objekte und menschlicher Akteure entsteht somit ein Netzwerk, das die Kommunikation und Interaktion zwischen diesen Netzwerkpartnern verändert. Cloud Computing stellt eine Möglichkeit dar, diese Form der Vernetzung zu realisieren. Die IT-Infrastruktur muss in diesem Fall nicht mehr auf dem Logistikobjekt vorhanden sein und reduziert die dort benötigte Rechenleistung auf ein Minimum.

Intelligente Logistikobjekte wie Behälter, Ladehilfsmittel oder Regale haben einen direkten Einfluss auf die Abläufe im Kommissionierprozess. Im Grunde stellen sie keine Stand-alone-Technologie dar, sondern eine informationstechnische Erweiterung herkömmlicher Logistikobjekte. Trotzdem beeinflussen und verändern sie den Kommissioniervorgang.

Funktionaler Einfluss

Der Einfluss intelligenter Logistikobjekte auf die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs kann zum einen die Vorgabe der Entnahmeanforderung umfassen. Dies ist bei intelligenten Logistikobjekten der Fall, die mit einem Display versehen sind. Ein Beispiel dafür sind Kommissionierbehälter, an denen die Entnahmeanforderungen (z. B. die Anzahl) dargestellt werden. Die Quittierung des Entnahmevorgangs kann ebenfalls über die Benutzerschnittstelle erfolgen. In diesem Fall besteht ein starker Einfluss.

Intelligente Logistikobjekte haben bedingten Einfluss auf den Transport von Sammel- oder Bereitstelleneinheiten, da sie diesen unter Umständen beeinflussen können. Dies ist der Fall, wenn intelligente Logistikobjekte die Möglichkeit zur Lokalisierung haben. In diesem Fall kann ein selbststeuernendes System entstehen. Somit bestehen bedingte, da nicht zwangsläufige Auswirkungen von intelligenten Logistikobjekten auf die Steuerung des Transports.

Wenn intelligente Logistikobjekte sich mit dem Kommissionierer vernetzen können, entsteht eine neue Form der Interaktion. Dies kann bspw. dann erreicht werden, wenn das intelligente Logistikobjekt den Kommissionierer erkennt, indem es dessen Position ortet. Das Logistikobjekt kann dann am Display die Entnahmeanforderung anzeigen und somit die Suchzeit reduzieren, ähnlich wie bei dem Prinzip Pick-by-Light. Durch diese Optimierung kann die Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort gering beeinflusst werden.

Wertschöpfungseinfluss

Die Auswirkungen von intelligenten Logistikobjekten auf Prozessebene können nur bedingt den Nutzprozessen zugeordnet werden. Der Mehrwert der Vernetzung liegt primär in der Optimierung der unternehmensinternen Abläufe. Ein erhöhter Kundennutzen ist demnach in der Regel nicht eindeutig zurechenbar. Jedoch sind Systemvarianten denkbar, bei denen der Kundennutzen erhöht wird. Bspw. wenn intelligente Logistikobjekte für transparentere Geschäftsprozesse sorgen, indem Logistikobjekte oder deren beinhaltende Güter orts- und mengenmäßig erfasst werden können. Des Weiteren können sich durch intelligente Benutzerschnittstellen in Kombination mit Vernetzung neue Geschäftsmodelle ergeben, z. B. indem Nachschubprozesse selbstständig ausgelöst werden, sobald ein kritischer Bestand erreicht wird.

Folglich erstrecken sich die Auswirkungen von intelligenten Logistikobjekten vielmehr auf die Ebene der Stützprozesse, da sie, wie bereits ausgeführt, in der Regel keinen direkten Kundennutzen haben. Durch intelligente Logistikobjekte können Blindprozesse reduziert werden. Innerhalb des Kommissioniervorgangs äußert sich dies insbesondere in reduzierten

Suchzeiten oder einer verbesserten Produkt- oder Objektidentifikation. Des Weiteren haben intelligente Logistikobjekte mit entsprechender Benutzerschnittstelle ein bedingtes Potential, Fehlprozesse in Form von Pickfehlern zu reduzieren. Erreicht werden kann dies durch eine entsprechende Quittierung des Kommissionierers.

Tätigkeitseinfluss

Die Analyse der mit intelligenten Logistikobjekten verbundenen veränderten Tätigkeiten erfolgt zuerst anhand der Fachkräfte (Fachlagerist und Fachkraft für Lagerlogistik) und anschließend anhand der gestaltenden Mitarbeiter (Leiter und Manager).

Bei den Fachkräften sind insbesondere Auswirkungen auf die Tätigkeiten zu erwarten, die den Bestand betreffen. Das umfasst die regelmäßige Inventur (TD 2), bedarfsabhängige Prüfung von Beständen (TD 2) oder deren datentechnische Erfassung (TD 2). Dies liegt darin begründet, dass intelligente Logistikobjekte eine höhere Datenqualität ermöglichen, da die Objekte informationstechnisch erfasst werden können. Ermöglicht das intelligente Logistikobjekt auch die Verbuchung von Entnahme- oder Befüllungsvorgängen, wirkt sich dies sogar noch schwerwiegender auf die Bestandstätigkeiten aus.

Die Tätigkeiten der gestaltenden und planenden Mitarbeiter werden ebenfalls hinsichtlich der Organisation der Inventur (TD 4) beeinträchtigt, da die Inventur potentiell vereinfacht durchgeführt werden kann. Dies umfasst auch die Kontrolle von Lagerbeständen allgemein (TD 3). Des Weiteren sind weniger EDV-Dokumentation von Arbeitsprozessen (TD 2) zu erwarten. Auch die Tätigkeit des Controllings wird weniger (TD 3). Steuerungs- und Planungssysteme einzusetzen (TD 4) wird jedoch relevanter, da dies die organisatorische Integration der intelligenten Objekte in die Unternehmensprozesse beinhaltet. Zudem eröffnen die vernetzten Logistikobjekte eine Datengrundlage, die die Optimierung der betrieblichen Wertschöpfung ermöglicht und neue Supply-Chain-Management-Konzepte eröffnet (TD 5).

Zusammenfassend ergibt sich ein recht eindeutiges Bild, was die zukünftige Arbeits- und Funktionsteilung in der Kommissionierung betrifft. Demnach werden die Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs durch intelligente Logistikobjekte auf Prozessebene beeinflusst, indem einzelne Grundfunktionen optimiert werden. Die Folge daraus sind vermehrt standardisierte und informationstechnisch dokumentierte Prozessschritte bei den manuellen Routine-Tasks.

Die veränderten Auswirkungen der Arbeitsteilung sind insbesondere bei den Fachkräften zu erwarten, deren bestandsrelevante Tätigkeiten, die den

kognitiven Routine-Tasks zuzuordnen sind, verringert werden. Bei den gestaltenden Mitarbeitern werden hingegen analytische Nicht-Routine-Tasks relevanter, um die Potentiale der Vernetzung mithilfe gestaltender Tätigkeiten auszuschöpfen.

5.1.5 Zusammenfassung

Die organisatorischen Auswirkungen der vier Zukunftstechnologien konnten in den vorherigen Abschnitten detailliert untersucht werden. Im Folgenden werden die Analyseergebnisse tabellarisch zusammengefasst. Dies umfasst zum Ersten den Einfluss auf die Wertschöpfung (siehe Tabelle 19). Zum Zweiten ist der funktionale Einfluss der Zukunftstechnologien in Tabelle 20 zusammenfassend dargestellt. Zum Dritten sind die Auswirkungen hinsichtlich der Arbeits- und Funktionsteilung in Tabelle 21 vergleichend dargestellt.

Tabelle 19: Einfluss der Zukunftstechnologien auf die Wertschöpfung in der Kommissionierung (eigene Darstellung)

Einfluss auf Prozessklassen	Transportroboter	Datenbrille	mobiler Kommissionierroboter	intelligente Logistikobjekte
Nutzprozesse	-	nur bedingt (in Form neuer Geschäftsmodelle)	vorrangig (Auftragszusammenstellung)	nur bedingt (in Form neuer Geschäftsmodelle)
Stützprozesse	vorrangig (innerbetrieblicher Transport)	vorrangig (Prozessoptimierung)	nur bedingt (Transportvorgänge, Einlagerung)	vorrangig (Prozessoptimierung)
Blindprozesse	Puffer- oder Lagerfunktionen erfüllen	Weg- und Suchzeiten reduzieren	-	Suchzeiten reduzieren
Fehlprozesse	-	Kommissionierfehler reduzieren	Kommissionierfehler reduzieren	Kommissionierfehler reduzieren

Tabelle 20: Einfluss der Zukunftstechnologien auf die Grundfunktionen der Kommissionierung (eigene Darstellung)

Grundfunktion	Beschreibung	Transportroboter	Datenbrille	mobiler Kommissionierroboter	intelligente Logistikobjekte
1	Vorgabe der Transportinformation (für Güter und/oder Kommissionierer)	○	●	○	○
2	Transport der Güter zum Bereitstellort	●	○	◐	○
3	Bereitstellung der Güter	◐	○	○	○
4	Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort	◐	◐	●	◐
5	Vorgabe der Entnahmeinformation	○	●	○	◐
6	Entnahme der Entnahmeeinheit(en) durch den Kommissionierer	○	◐	●	◐
7	Abgabe der Entnahmeeinheit(en)	○	◐	●	◐
8	Quittierung des Entnahmevorgangs bzw. der Entnahmevorgänge	○	●	●	◐
9	Transport der Sammeleinheit(en) zur Abgabe der Sammeleinheit(en)	●	○	◐	◐
10	Vorgabe der Transportinformation für die angebrochene(n) Bereitstellereinheit(en)	○	◐	○	○
11	Transport der angebrochenen Bereitstellereinheit(en)	●	○	◐	◐

Legende: kein (○) bis starker (●) Einfluss

Tabelle 21: Auswirkungen der Zukunftstechnologien hinsichtlich der Arbeits- und Funktionsteilung (eigene Darstellung)

	Transportroboter	Datenbrille	mobiler Kommissionierroboter	intelligente Logistikobjekte
Auswirkungen	bedingte Veränderung in der Arbeits- und Funktionsteilung; Technologie übernimmt nichtwertschöpfenden Transportprozess; Mensch übernimmt vermehrt wertschöpfende Tätigkeit (Kommissionieren)	keine grundlegende Veränderung in der Arbeits- und Funktionsteilung; vorrangig Prozessoptimierung; verringerter Handlungsspielraum des Menschen	grundlegende Veränderung in der Arbeits- und Funktionsteilung; Technologie übernimmt wertschöpfenden Kommissionierprozess; nicht-wertschöpfende Tätigkeiten verbleiben bei dem Menschen	keine grundlegende Veränderung in der Arbeits- und Funktionsteilung; vorrangig Prozessoptimierung

5.2 Menschliche Perspektive

Im Folgenden wird im Rahmen der menschlichen Perspektive die Entwicklung der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung detailliert untersucht. Dabei wird die Betrachtung des Status quo (siehe Abschnitt 2.1.2) um die jüngste Entwicklung ergänzt. Der Abschnitt schließt mit einem umfassenden Fazit.

5.2.1 Entwicklung der Beschäftigungsstruktur

Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, Entwicklungstendenzen in dem Beschäftigungsbereich der Kommissionierung aufzudecken. Das Vorgehen orientiert sich an den in Abschnitt 2.1.2 verfolgten Ansätzen.

Ansatz #1: Annäherung über Qualifikationen

Die vorhandene Datenbasis ermöglicht die Betrachtung der Qualifikationsanforderungen anhand der Leistungsgruppen über den Zeitraum 2013 bis 2016. Die prozentuale Verteilung der fünf Leistungsgruppen im Wirtschaftszweig *H521 Lagerei* ist Tabelle 22 zu entnehmen.

Tabelle 22: Prozentuale Verteilung der vollzeitbeschäftigten Arbeitnehmer im Wirtschaftszweig H521 Lagererei (eigene Darstellung)

Jahr	Leistungs- gruppe 1	Leistungs- gruppe 2	Leistungs- gruppe 3	Leistungs- gruppe 4	Leistungs- gruppe 5
2013	5 %	11 %	29 %	37 %	19 %
2014	7 %	13 %	27 %	30 %	24 %
2015	6 %	12 %	27 %	28 %	26 %
2016	6 %	13 %	26 %	27 %	27 %

Quelle: Statistisches Bundesamt

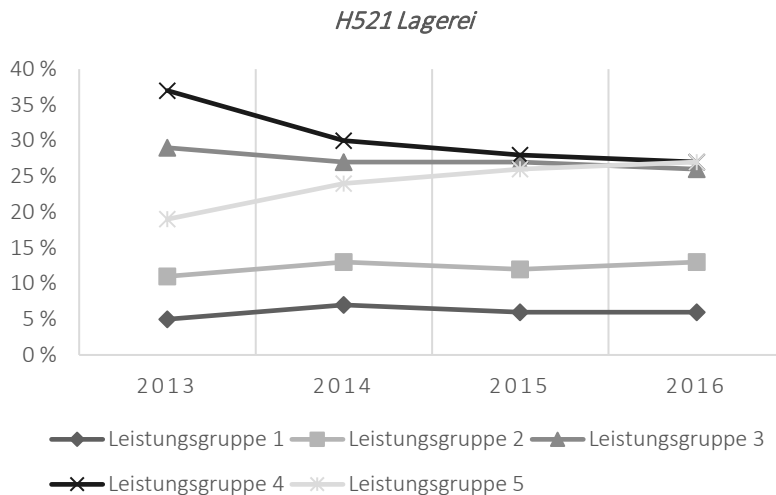
In dem betrachteten Zeitraum werden verschiedene Entwicklungen deutlich (siehe Abbildung 46). Bei der Leistungsgruppe 1, d. h. Logistikmanager (Lagerleiter, o. Ä.) in der Kommissionierung, sind geringe Schwankungen zu verzeichnen, die aber über den Betrachtungszeitraum in der Summe leicht von 5 % auf 6 % wachsen.

Die Leistungsgruppe 2, wie bspw. Fachwirte für Logistiksysteme oder Teamleiter für die Kommissionierung, weist ein in der Summe leicht steigendes Wachstum auf und entwickelt sich von 11 % (Jahr 2013) auf 13 % (2016).

Die Mitarbeiter, deren Tätigkeiten eine fachliche Ausbildung voraussetzen, wie Fachkraft für Lagerlogistik oder Fachlagerist, und die der Leistungsgruppe 3 zuzuordnen sind, weisen einen leichten Rückgang auf. Über den betrachteten Zeitraum entwickelt sich deren Anteil von 29 % auf 26 %.

Die Leistungsgruppe 4, die durch längere Anlernphasen bis zu zwei Jahren gekennzeichnet ist, steht bspw. für umfassendere Tätigkeiten in der Kommissionierung. Die Entwicklung dieser Leistungsgruppe ist rückläufig. Sie sinkt im Betrachtungszeitraum um zehn Prozentpunkte von 37 % auf 27 %.

Die sehr einfachen Tätigkeiten (Leistungsgruppe 5, kurze Anlernphasen bis zu drei Jahren) stellen Lagerhelfer oder simple Tätigkeiten in der Kommissionierung dar. Der Anteil dieser Beschäftigtengruppe wächst kontinuierlich an und entwickelt sich von 19 % auf 27 %.



Quelle: Statistisches Bundesamt

Abbildung 46: Entwicklung der prozentualen Verteilung der vollzeitbeschäftigten Arbeitnehmer im Wirtschaftszweig H521 Lagerei (eigene Darstellung)

Zusammenfassend zu der strukturellen Entwicklung der Beschäftigten nach Ansatz #1 lässt sich feststellen:

- Der Anteil der formal qualifizierten Beschäftigten mit Fach- und/oder Führungsverantwortung ist wachsend.
- Der Anteil der Beschäftigten mit fachlicher Ausbildung ist rückläufig. Sie übernehmen komplexere Kommissioniertätigkeiten.
- Der Anteil der Beschäftigten ohne formale Qualifikation, aber mit berufsrelevanter Erfahrung, ist rückläufig. Sie übernehmen Kommissioniertätigkeiten.
- Der Anteil der Beschäftigten ohne formale Qualifikation, die kurzfristig angelernt werden, ist wachsend. Sie übernehmen einfache Kommissioniertätigkeiten.

Ansatz #2: Annäherung über Tätigkeiten

Die vorhandene Datenbasis ermöglicht die Betrachtung der Tätigkeiten anhand der KldB über den Zeitraum 2013 bis 2016 auf detaillierter Ebene. Die Entwicklung der Mitarbeiteranzahl in den identifizierten Anforderungsniveaus ist in Tabelle 23 abgebildet.

Tabelle 23: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung)

Jahr	Helfer	Fachkraft	Summe
2013	789.755	386.697	1.176.452
2014	836.924	395.750	1.232.674
2015	875.030	409.571	1.284.601
2016	911.926	420.206	1.332.132

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Die zugrunde liegende Datenbasis der KldB gibt prinzipiell auch Auskunft über die Berufsabschlüsse der Beschäftigten. Allerdings wird dabei nicht berücksichtigt, ob der Berufsabschluss des Beschäftigten für die Tätigkeit üblicherweise notwendig ist. Es wird also lediglich erfasst, auf welchem Level ein Berufsabschluss vorliegt, aber nicht, welcher es ist und ob er für die Lagerwirtschaft relevant ist. Aus diesem Grund werden die Berufsabschlüsse nicht weiter betrachtet, da keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Lagerwirtschaft geschlussfolgert werden können.

Sowohl die Anzahl der Helfer als auch die der Fachkräfte zeigt ein stetiges Wachstum über den gesamten Betrachtungsraum. Dieser Trend geht einher mit dem Wachstum der Logistikbranche. Bei genauerer Analyse des Wachstums auf jährlicher Ebene werden jedoch unterschiedliche Entwicklungen deutlich (siehe Tabelle 24). Dabei ist das prozentuale Wachstum zum Vorjahr bei den Helfern im Betrachtungsraum immer größer als bei den Fachkräften. Besonders deutlich sticht dies im Jahr 2014 heraus, wo das Beschäftigtenwachstum bei den Helfern mit 6 % dreimal so hoch war wie bei den Fachkräften (2 %). In den Folgejahren beträgt die Differenz 2 % (2015) und 1 % (2016).

Tabelle 24: Entwicklungen zum Vorjahr bei den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung)

Jahr	Helfer	Fachkraft
2013	-	-
2014	+ 6 %	+ 2 %
2015	+ 5 %	+ 3 %
2016	+ 4 %	+ 3 %

Quelle: Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnung

Zusammenfassend zu der strukturellen Entwicklung der Beschäftigten nach Ansatz #2 lässt sich feststellen:

- Die absolute Anzahl der Helfer in der Kommissionierung ist wachsend.
- Die absolute Anzahl der Fachkräfte in der Kommissionierung ist wachsend.
- Das prozentuale Wachstum der Helfer ist größer als bei den Fachkräften.

Ansatz #3: Annäherung über Beschäftigungsverhältnisse

Eine detaillierte Datenbasis hinsichtlich der Leiharbeiter in der Lagerwirtschaft liegt für den Zeitraum 2015 bis 2016 vor. Diese ist in Tabelle 25 dargestellt. Bei den folgenden Beobachtungen ist zu berücksichtigen, dass die Lagertätigkeiten nicht eindeutig aus der Datenbasis extrahiert werden können, da diese auch Post, Zustellung und Güterumschlag beinhalten.

Es ist zu beobachten, dass die Anzahl an Leiharbeitern ansteigend ist. Zum Jahresende 2015 waren es noch 221.181 Leiharbeiter. Ein Jahr später betrug die Anzahl bereits 241.172, was einem Wachstum von 9 % entspricht. Dies ist deutlich größer als das Wachstum der Beschäftigten insgesamt in diesem Bereich, welches in diesem Zeitraum bei knapp 2 % liegt (2.058.880 zu 2.096.014). Für den betrachteten Zeitraum kann man schlussfolgern, dass Beschäftigte in der Branche vermehrt über Leiharbeitsverträge beschäftigt werden.

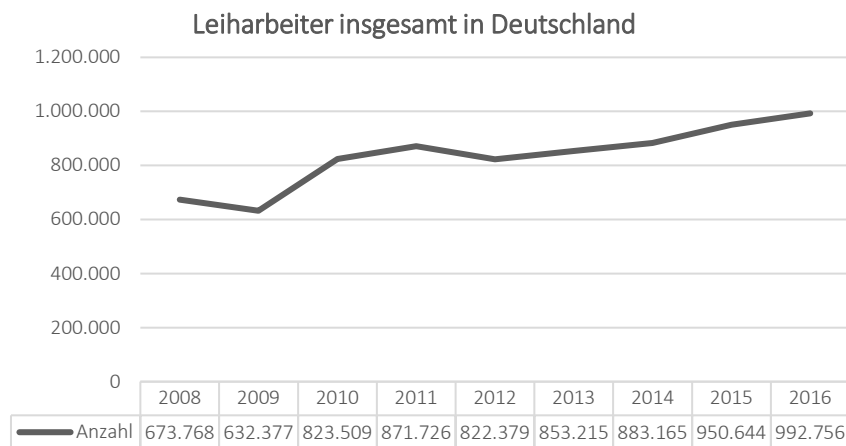
Bei genauerer Betrachtung der Staatsangehörigkeit zeigt sich, dass das Wachstum voraussichtlich insbesondere durch ausländische Beschäftigte ausgefüllt wurde. Die Anzahl der ausländischen Leiharbeiter steigt in dem Zeitraum um 24 % von 74.838 auf 92.817. Die Vermutung liegt nahe, dass hier ein Zusammenhang zu der verstärkten Einwanderung von Geflüchteten besteht, die in den Jahren 2015 und 2016 in Deutschland zu beobachten war.

Tabelle 25: Beschäftigte in Kldb 513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag (eigene Darstellung)

		Stichtag: 31.12.2015	Stichtag: 31.12.2016
Beschäftigte	gesamt	2.058.880	2.096.014
	Deutsche	1.743.703	1.736.188
	Ausländer	313.835	358.360
davon Leiharbeiter	gesamt	221.181	241.172
	Deutsche	146.176	148.127
	Ausländer	74.838	92.817

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Aufgrund der geringen spezifischen Datenbasis für die Forschungsfrage erscheint die zusätzliche Analyse der allgemeinen Entwicklung der Leiharbeit in diesem Zusammenhang als zielführend. Die branchenübergreifende Anzahl der Leiharbeiter wächst über den Betrachtungszeitraum von 2008 bis 2016 an. Lediglich 2009 und 2012 ist die Anzahl geringer als im Vorjahr (siehe Abbildung 47).



Quelle: Bundesagentur für Arbeit.

Abbildung 47: Anzahl Leiharbeiter insgesamt, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung)

Zusammenfassend zu der strukturellen Entwicklung der Beschäftigten nach Ansatz #3 lässt sich feststellen:

- Die Anzahl der Leiharbeiter in der Kommissionierung ist wachsend.
- Der Anteil ausländischer Leiharbeiter in der Kommissionierung ist wachsend.
- Es lässt sich ein Trend erkennen, Mitarbeiter in der Kommissionierung allgemein vermehrt über Leiharbeitsverträge zu beschäftigen.

5.2.2 Fazit zu der strukturellen Entwicklung der Beschäftigten

Aus den drei untersuchten Ansätzen lassen sich Trends durch Aggregation ableiten. Die Identifikation dieser Trends stellt eine wesentliche Grundlage dar, um die soziotechnische Gestaltung von Kommissioniersystemen zu untersuchen, und darauf aufbauend fundierte Aussagen über zukünftige Entwicklungen vor dem Hintergrund der digitalen Transformation zu tätigen.

Die zunehmende Erosion mittlerer Qualifikationsebenen ist in der wissenschaftlichen Debatte als Polarisierungsthese bekannt. Demnach gibt es Verschiebungen sowohl hin zu einem wachsenden Anteil an niedrigen als auch hohen Qualifikationsebenen (vgl. [HHI⁺16]). Die Polarisierungsthese kann auf verschiedenen Ebenen untersucht und argumentiert werden, wie Entlohnung, Qualifikationen oder Tätigkeiten (vgl. [GM03]).

Fundierte wissenschaftliche Erkenntnisse, die die Polarisierungsthese in dem Betrachtungsrahmen der Kommissionierung überprüfen, existieren nicht. Studien, die sich der Polarisierungsthese auf Qualifikationsebene nähern, liegen mit unterschiedlichen Forschungsansätzen vor. [HTT⁺16] bspw. untersuchen anhand einer branchenübergreifenden Unternehmens- und Beschäftigtenstudie, inwiefern die Digitalisierung als Treiber für eine Polarisierung wirkt. Für den US-amerikanischen Markt existieren insbesondere Studien zu Entgelt und Qualifikationen, wie [Aut10].

Alle diese Studien haben jedoch gemein, dass sie die Polarisierung auf einer relativ oberflächlichen Ebene betrachten. Dies liegt darin begründet, dass die Studien sich nicht auf eine Anwendungsbranche konzentrieren. Zudem gehen die Studien mit einer volkswirtschaftlichen Herangehensweise vor, die den Anspruch erhebt, alle Branchen abzudecken. Somit werden zwar volkswirtschaftlich begründete Prognosen abgeleitet, jedoch haben die Studien die wesentliche Einschränkung, dass sie ihre Einschätzungen unabhängig von konkreten Technologien oder Trends innerhalb einer Anwendungsbranche betrachten. Dies ist aufgrund der großen Bandbreite von verschiedenen Anwendungsbranchen vermutlich auch schwerlich möglich. Jedoch ist das Wissen über die relevanten Technologien oder Trends innerhalb

einer Anwendungsbranche besonders relevant, wenn eine mögliche Polarisierung untersucht wird. Denn erst durch das anwendungs- oder branchenspezifische Wissen können belastbare Aussagen über die Möglichkeit der Substitution von Routinetätigkeiten getätigt werden, die für die qualifikatorische oder tätigkeitsbasierte Polarisierung von elementarer Bedeutung sind.

Konstatiert man die in den Ansätzen #1 bis #3 durchgeführten Analysen, kann man von Polarisierungstendenzen in der Kommissionierung reden. Der Anteil der hochqualifizierten Mitarbeiter ist steigend, genauso wie der Anteil der Angelernten und Helfer, also der Geringqualifizierten. Dies führt zu einer Reduktion der mittleren Qualifikationsebene, den klassischen Fachkräften mit spezifischer Berufsausbildung. Insgesamt ist die Beschäftigtenanzahl in der Kommissionierung wachsend, wobei nachgewiesen werden konnte, dass das Wachstum über alle Qualifikationsebenen hinweg bei den Helfern am stärksten ist. Somit kann man von Polarisierungstendenzen in der Kommissionierung sprechen, die sich in einem geringen Wachstum bei den Hochqualifizierten, einem größeren Wachstum bei den Geringqualifizierten und einem Rückgang bei den Mittelqualifizierten äußert.

Begleitet werden diese Polarisierungstendenzen durch den Trend, Mitarbeiter in der Kommissionierung vermehrt über Leiharbeitsverträge zu beschäftigen. Diese sind mit außergewöhnlich hohem sowie wachsendem Anteil ausländische Staatsangehörige. Ob ein Zusammenhang zwischen dem Anteil dieser Beschäftigtengruppe mit dem Anstieg der Angelernten existiert, kann anhand der Datenbasis nicht belegt werden. Jedoch liegt die Vermutung nahe, dass die Helfertätigkeiten insbesondere von Leiharbeitern erfüllt werden. Erklärungsansätze hierfür könnten fehlendes betriebsspezifisches Wissen, Ausbildungsstand oder traditionelle Hierarchien sein.

Inwiefern diese Polarisierungstendenzen auf die Digitalisierung zurückzuführen sind, lässt sich nicht eindeutig belegen. Das Wachstum des E-Commerce scheint zumindest ein wesentlicher Treiber dafür zu sein, dass vermehrt Beschäftigte in den Distributionszentren und der Kommissionierung statt im stationären Handel und dem Verkauf benötigt werden. Den somit erhöhten Leistungsanforderungen an die Intralogistik kann mit digitalen Technologien und Prozessen begegnet werden. Ob diese aber der Grund für die Polarisierungstendenzen sind, kann nicht pauschal beantwortet werden. Vielmehr bedarf es einer ganzheitlichen Untersuchung der jeweiligen Systeme und ihren Rahmenbedingungen.

5.3 Technologische Perspektive

Die vielfältigen systemischen Einflussfaktoren auf die Gestaltung eines Kommissioniersystems wurden bereits dargestellt (Kapitel 4). Aus dieser Bandbreite von Einflussfaktoren lässt sich folgern, dass es eine Vielzahl unterschiedlicher Ausprägungen von Kommissioniersystemen gibt, die sich maßgeblich nach den Rahmenbedingungen unterscheiden. Ein wesentlicher Faktor dabei ist die eingesetzte Technologie.

In diesem Abschnitt sollen technologische Entwicklungsperspektiven der vier Zukunftstechnologien abgeleitet werden, indem untersucht wird, in welchen Kommissioniersystemen sie vorrangig Verbreitung finden. Dies wird erreicht, indem die technologischen Eigenschaften der Zukunftstechnologien, deren einflussfaktorenabhängige Verbreitung (siehe Abschnitt 4.4.2) und die domänenspezifischen Charakteristika unterschiedlicher Kommissioniersysteme zusammengeführt werden.

5.3.1 Funktionale Analyse von Kommissioniersystemen

Der Gedanke hinter der Bildung von Domänen liegt in der sehr heterogenen Form von Kommissioniersystemen begründet. Je nach Branche, Marktanforderungen oder Sortiment (um nur einige wenige mögliche Differenzierungen zu nennen) kann sich das Kommissioniersystem grundlegend unterscheiden.

Definition der Domäne

In der Fachliteratur finden sich zahlreiche Hinweise, dass sich eine pauschale Zuordnung bestimmter Kommissioniersysteme anhand spezifischer Branchenanforderungen nicht vornehmen lässt (vgl. [HSB11], S. 217; [Pul09], S. 425). Die unternehmensspezifischen Anforderungen führen zu individuellen Kommissioniersystemen. Überspitzt lässt sich sagen: Kein Kommissioniersystem gleicht dem anderen.

Somit ist es nicht zielführend, Kommissioniersysteme nach Branchen zu differenzieren. Um trotzdem auf Basis ähnlich, typischer Anforderungen Prognosen für die technologische Perspektive dieses Abschnitts abzuleiten, bedarf es einer Kategorisierung von Kommissioniersystemen, die in dieser Arbeit domänenspezifisch erfolgt.

Als Domäne wird für diese Arbeit eine Menge von miteinander im Zusammenhang stehenden Funktionen und Eigenschaften definiert²⁵. Eine Domäne erfüllt demnach nicht nur die Funktion der Kommissionierung, sondern bündelt zudem gleichartige kommissionierungsspezifische Eigenschaften.

Diese Definition geht einen Schritt weiter als andere Definitionsansätze, die die Kommissionierung (resp. die Intralogistik) als *eine* Domäne bezeichnen, die die Funktion der Auftragszusammenstellung innerhalb eines beliebigen Unternehmens oder Systems erfüllt (vgl. z. B. [HPZ09]). Die hier gewählte Definition ist dahingehend differenzierter, dass nicht nur die Funktion betrachtet wird, sondern die Eigenschaften des jeweiligen Kommissioniersystems miteinbezogen werden. Genau diese Eigenschaften sollen im Folgenden nun abgegrenzt werden, um somit eine handhabbare Anzahl verschiedener Domänen der Kommissionierung zu erhalten.

Funktionale Annäherung

In einem ersten Gedankengang stellt sich die Frage, in welchen Unternehmen überhaupt eine Kommissionierung erfolgt. Dabei wird auf die Kategorisierung von [Jün89] zurückgegriffen, wonach Unternehmen aus Sicht der Logistik unterteilt werden können in (S. 43):

- (1) **Produzierende Unternehmen** stellen Güter her und nehmen logistische Dienstleistungen in Anspruch.
- (2) **Handelsunternehmen** verkaufen Güter und verteilen diese.
- (3) **Logistikunternehmen** erbringen logistische Leistungen.

Diese Unterteilung logistischer Anwendungen erscheint in einer ersten Annäherung als schlüssig, da sie sich über klassische Branchengrenzen hinwegsetzt, indem die logistische Funktion betrachtet wird. Trotzdem erscheint es notwendig, die drei Kategorien einer tiefergehenden Betrachtung zu unterziehen, da sich deren Abgrenzung auf einem relativ hohen Abstraktionslevel begründet. Im Folgenden werden diese Kategorien daher hinsichtlich ihrer Anforderungen an die Kommissionierung analysiert.

(1) Kommissionierung in produzierenden Unternehmen

Die Produktion beschreibt die Herstellung von lagerfähigen Wirtschaftsgütern und Gebrauchsgütern. Handelt es sich um Gegenstände, wird von Fertigung

²⁵ Der Begriff „Domäne“ ist in der Wissenschaft nicht allgemeingültig definiert. In der Arbeitswissenschaft bspw. impliziert eine Arbeitsdomäne ähnliche Rahmenbedingungen, Prinzipien und Strukturen (vgl. [Lüd15], S. 138). [Wor05] liefert eine griffige Definition, die als Grundlage für die hier gewählte Definition dient (S. 5).

oder Fabrikation gesprochen. Die Funktion der Kommissionierung in produzierenden Unternehmen besteht in der anforderungsgerechten Bereitstellung von Gütern, Produktionsmitteln, Bauteilen o. Ä. für die Produktion.

Eine Sonderform der Fertigung stellt die Montage dar, die die Gesamtheit aller Vorgänge für den Zusammenbau von Körpern mit geometrisch bestimmter Form bezeichnet [VDI2860]. Da die Produktion von Konsumgütern wie bspw. Kosmetika oft sehr automatisiert organisiert ist, wird im Folgenden ausschließlich die Montage betrachtet, da hier die manuelle bzw. teilautomatisierte Kommissionierung eine besondere Relevanz hat.

Bei der Montage wird in der Ablauforganisation zwischen Baustellenmontage, Gruppenmontage, Reihenmontage und Fließmontage unterschieden ([Sch07], S. 656 ff.). Arbeitsorganisatorisch bestehen dabei insbesondere Unterschiede hinsichtlich der Arbeitsteilung und -aufgabe. Im Folgenden werden die Baustellenmontage (viele Montageprozesse an einem Montageplatz zusammengefasst; Montageplätze nicht direkt verknüpft) und die Fließmontage (wenige Montageprozesse an einem Montageplatz; Montageplätze mit Fördertechnik verknüpft) betrachtet. Diese unterscheiden sich aus materialflusstechnischer Perspektive grundlegend: Die Baustellenmontage ist nicht getaktet, während bei der Fließmontage das Fließband den Takt vorgibt.

Die Materialbereitstellung für die Montage wird unterschieden in bedarfsgesteuert und verbrauchsgesteuert ([NWW12], S. 294 ff.; siehe Abbildung 48). Dabei hat die Materialbereitstellung eine hohe Bedeutung: Als logistischer Erfolgsfaktor bestimmt sie die Lieferzeit und Liefertreue wesentlich (vgl. ebd., S. 286).

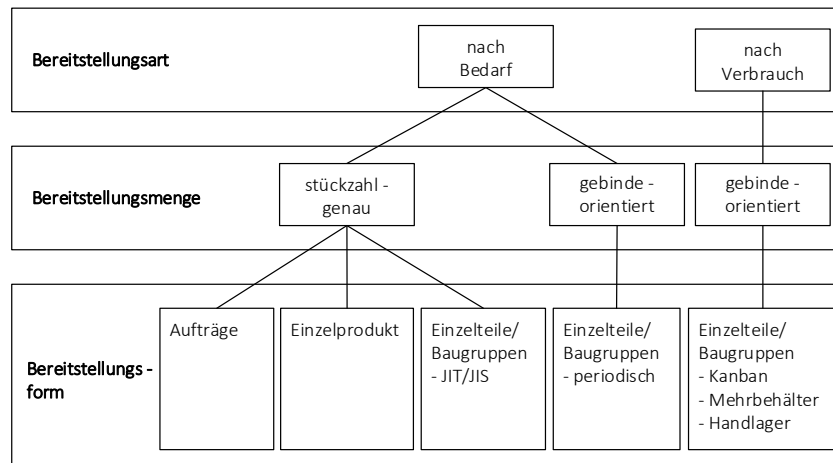


Abbildung 48: Materialbereitstellungsstrategien (eigene Darstellung nach [BL94], S. 20)

Die bedarfsgerechte Bereitstellung erfolgt vor allem bei hochwertigen A-Komponenten. Die Kapitalbindungskosten sollen niedrig gehalten werden, indem die Bereitstellung am Verbrauchsort möglichst zeitnah erfolgt ([NWW12], S. 295 f.). Organisatorisch gelöst wird dies bspw. durch das Just-in-Time-Prinzip (JiT). JiT bezeichnet die stückzahlgenaue Materialbereitstellung zur richtigen Zeit, in der richtigen Qualität, in der richtigen Menge und am richtigen Ort. Neben der Bestandsreduzierung zielt JiT auch auf eine Reduktion der Durchlaufzeiten. Das JiT-Prinzip kann dabei mit externen Zulieferern oder Dienstleistern realisiert werden.

Eine weitere Form der bedarfsgerechten Bereitstellung stellt das Just-in-Sequence-Prinzip (JiS) dar (ebd.). Dabei wird das JiT-Prinzip dahingehend erweitert, dass eine definierte Reihenfolge der benötigten Komponenten bei der Bereitstellung eingehalten werden muss.

Die verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellung kann für A-, B- und C-Komponenten eingesetzt werden. Vorausgesetzt ist ein relativ konstanter Teileverbrauch (ebd.). Organisatorisch wird dies vorrangig durch das Kanban-Prinzip gelöst. Dabei werden zwei Behälter bereitgestellt. Sobald der erste Behälter leer ist, löst dies den Nachfüllprozess aus und es wird zeitgleich zum Montageprozess ein voller Behälter in das Kanban-System eingespeist. Die gängigen Arten der physischen Bereitstellung sind artikelweise, auftragsweise, setweise sowie Kanban, Handlager und Supermarkt (ebd., S. 296 f.).

Bei der Fließmontage erfolgt die Materialbereitstellung in der Regel durch einen Kommissionierer (ebd., S. 297). Dieser liefert mithilfe eines

Fördermittels die Komponenten in kurzen Abständen bedarfsgerecht an der Montagelinie an. Eine organisatorische Lösungsvariante dafür stellt das Milkrun-Konzept dar, wobei der Kommissionierer eine Route mit definierten Eintreffzeiten und Adressen abarbeitet. Als Transportmittel können dafür Routenzüge eingesetzt werden (vgl. [HSD18], S. 194).

Die Materialbereitstellung unterliegt bei der Baustellenmontage aufgrund des ungetakteten Ablaufs einer anderen Dringlichkeit. Bei der Fließmontage führen fehlende Komponenten an einem Montageplatz zu einem Stau, da nicht weitergearbeitet werden kann und das Flussprinzip unterbrochen wird. Bei der Baustellenmontage können in so einem Fall ggf. andere Arbeitsschritte vorgezogen werden, um die negativen Auswirkungen abzdämpfen. Zudem sind aufgrund der vorrangigen Gruppenarbeit bei der Baustellenmontage örtlich mehr Arbeitsschritte zusammengefasst als bei der Fließmontage. Dies hat Auswirkungen auf Materialbedarfsmengen und -zeitpunkte. Nichtsdestotrotz kann auch bei der Baustellenmontage die ganze Bandbreite an Bereitstellungsprinzipien von Kanban bis JiT gelten.

(2) Kommissionierung in Handelsunternehmen

Handelsunternehmen werden zwischen Großhandel und Einzelhandel unterschieden. Die Abgrenzung erscheint simpel: Sobald Handelswaren vorwiegend an gewerbliche Kunden veräußert werden, spricht man vom Großhandel (vgl. [Sta07]).

Der Großhandel bedient folglich primär zwei Kundengruppen: den Einzelhandel sowie andere gewerbliche Kunden. Analog zum Vorgehen bei der vorangegangenen produktionslogistischen Betrachtung, ist auch im Großhandel die Art der zu kommissionierenden Güter zweitrangig. Aufgrund der Kundenstruktur ist lediglich davon auszugehen, dass die Artikelmen gen in der Regel eine größere Losgröße aufweisen.

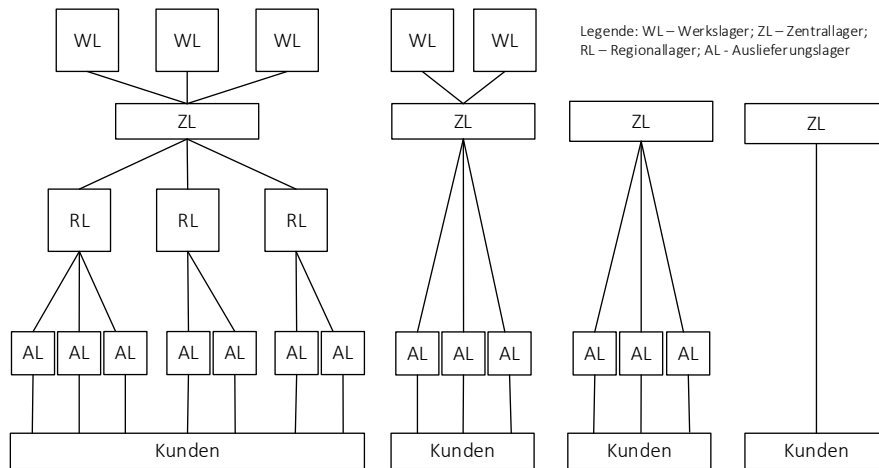


Abbildung 49: Beispiele für Distributionssysteme (eigene Darstellung nach [Sch91], S. 279)

Vereinfacht kann man davon ausgehen, dass die Losgröße immer kleiner wird, je mehr sich das Großhandelsunternehmen dem Kunden nähert (siehe Abbildung 49). Somit hat die Position des Großhandelsunternehmens innerhalb der Distributionsstruktur entweder Auswirkungen auf die Artikelmenge oder aber die Artikelgröße, falls mehrere Verkaufseinheiten zu einer Handhabungseinheit zusammengefasst sind.

Ein weiteres für die Kommissionierung relevantes Differenzierungsmerkmal neben der Einordnung des Großhandelsunternehmens im Distributionsnetz stellt die Struktur der Lieferkette dar. Je nach Stellung in der Lieferkette können die Sendungsgrößen variieren. Dies hat wiederum Wechselwirkungen mit der Bestellfrequenz und der Vorlaufzeit.

Die Kommissioniersysteme der Großhandelsunternehmen können vielseitig organisiert sein. Abhängig von u. a. Branche und Sortiment variiert der Automatisierungsgrad. In der Regel verfügen diese logistischen Knotenpunkte auch über eine Lagerfunktion und sind mit entsprechender Lagertechnik ausgestattet. Diese Distributionszentren sind der weitverbreitetste Lagertyp bei Handelsunternehmen (vgl. [HSD18], S. 54). Eine Ausnahme bilden Umschlaglager (Cross Dock), in denen keine Lagerung erfolgt, sondern ausschließlich auftragsgemäß kommissioniert wird.

Die Kommissionierung im Einzelhandel unterscheidet sich im Gegensatz zu der im Großhandel erheblich. Dabei muss jedoch zwischen stationärem und Online-Handel unterschieden werden. Im stationären Einzelhandel findet

keine Kommissionierung im herkömmlichen Sinne statt. Die Kommissionierung erfolgt vielmehr durch den Kunden selbst, der sich seinen Auftrag anhand von Waren aus dem Sortiment im Einzelhandelsgeschäft zusammenstellt²⁶.

Anders stellt es sich im Online-Einzelhandel dar. Als letzte Stufe in der Distributionsstruktur stehen Online-Einzelhändler in direkter Endkundenbeziehung (B2C: Business to Consumer). Online-Händler können tendenziell ein breiteres Sortiment als ihre stationären Mitbewerber anbieten, da sie keine Restriktionen hinsichtlich ihrer Verkaufsfläche haben: Der Online-shop stellt ihre Verkaufsfläche dar. Der Geschäftsabschluss zwischen Kunde und Online-Einzelhändler erfolgt online. Die angebotenen Waren werden vorrangig in Distributionszentren vorgehalten, bei Bestellungseingang auftragsweise kommissioniert und anschließend versendet.

Eine Ausnahme bildet das Multi-Channel-Konzept (vgl. [Jäg16], S. 11 ff.). Dabei werden unterschiedliche Vertriebskanäle kombiniert. Einzelhändler bieten dabei ihre Waren nicht nur über verschiedene Online-Kanäle wie Onlineshop, Marketplace oder App an, sondern kombinieren ggf. auch stationären und Online-Handel. So kann die Ware bspw. in einem Geschäft abgeholt werden oder in einem Showroom begutachtet werden.

Aus logistischer Sicht geht der Online-Einzelhandel mit vielseitigen Herausforderungen einher. Online-Händler sind in der Regel mit einer höheren Dynamik des Artikelspektrums bei gleichzeitig geringeren Mengen pro Artikel konfrontiert ([SW15], S. 41 f.). Zudem ist das Bestellverhalten der Kunden durch häufige Bestellungen mit wenigen Artikeln charakterisiert. Das führt im Kommissioniersystem zu weniger Picks pro Auftrag. Teils starke Bestellschwankungen innerhalb eines Tages, einer Woche oder eines Jahres verstärken die Bedeutung eines flexiblen Kommissioniersystems (vgl. ebd.). Eine weitere Herausforderung stellt das Handling von Retouren dar, die wieder in das Kommissioniersystem eingespeist werden. Im Gegensatz zum stationären Einzelhandel besteht folglich eine höhere Notwendigkeit, das eigene Unternehmen nach logistischen Gesichtspunkten zu gestalten.

²⁶ Die Fälle, bei denen im stationären Einzelhandel Kommissioniersysteme eingesetzt werden (wie Apotheken, in denen ein automatisches Kleinteilelager im Hintergrund eingesetzt wird, oder Möbelhäuser, in denen Großteile aus dem Lager herausgegeben werden), werden nicht betrachtet.

(3) Kommissionierung bei Logistikunternehmen

Die Bandbreite an Logistikunternehmen ist groß: von Transport- über logistikspezifische Beratungs- bis zu IT-Unternehmen. Die Kommissioniertätigkeiten bei Logistikunternehmen finden sich jedoch im Wesentlichen im Leistungsportfolio von Kontraktlogistikdienstleistern wieder.

Unterteilt wird diese Branche in Konsumgüter- und industrielle Kontraktlogistikdienstleistungen ([Müh12], S. 23). Dabei erbringt der Kontraktlogistikdienstleister über einen längeren Zeitraum eine logistische Leistung für den Auftraggeber. Diese Form des Outsourcings äußert sich derart, dass der Kontraktlogistikdienstleister bspw. Lagerung und Kommissionierung eines Handelsunternehmens oder die Materialversorgung eines produzierenden Unternehmens übernimmt. Diese beiden Formen der Kommissionierung wurden bereits in (1) und (2) untersucht, daher bedarf es an dieser Stelle keiner weiteren Betrachtung. Denn funktional besteht kein Unterschied darin, ob die Kommissionierung bei einem Unternehmen von diesem selbst oder von einem Logistikdienstleister geleistet wird.

5.3.2 Kommissionierungsdomänen

Mithilfe der im vorherigen Abschnitt durchgeführten funktionalen Analyse verschiedenartiger Kommissioniersysteme soll nun die Ableitung von Kommissionierungsdomänen erfolgen. Die funktionale Analyse hat verdeutlicht, dass sich Kommissioniersysteme deutlich unterscheiden können. Es konnten jedoch Aspekte herausgearbeitet werden, die sich als Kriterien für die Ableitung von Domänen eignen.

Als erstes Kriterium ist die funktionale Integration des Kommissioniersystems in das Unternehmen zu nennen. In Distributionszentren stellt die Kommissionierung die zentrale Funktion dar. Die Leistung des Kommissioniersystems ist dessen maßgebliche Kennzahl. In der Produktion hingegen ist die Kommissionierung vielmehr ein notwendiger Hilfsprozess. Dabei spielt zwar auch die Leistung eine Rolle, aber die Sicherstellung der Materialbereitstellung hat oberste Priorität, da davon andere Produktionsschritte abhängen.

Das zweite Kriterium stellt die Nähe zum Endverbraucher dar. Je näher sich das Kommissioniersystem am Endverbraucher befindet, desto größer wird das Sortiment, desto geringer werden die Bestellmengen und desto höher die Bestellfrequenz. Folglich wächst auch die Bedeutung des Kommissioniersystems. Die Kommissionierung ist dann das Gewerk, das die logistische Leistung maßgeblich beeinflusst.

Somit ergeben sich zusammenführend vier abgrenzbare Domänen der Kommissionierung, die anforderungsmäßig charakterisiert werden können

(siehe Tabelle 26). Formen der Kommissionierung, die nicht den vier Domänen zuzuordnen sind, werden in einer eigenen, fünften Domäne aggregiert.

Tabelle 26: Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)

Bezeichnung der Kommissionierungsdomäne (Abkürzung)	Charakteristik
bedarfsgerechte Kommissionierung für die Produktion (KD 1)	Materialbereitstellung für Fließmontage; getaktet; JiT, JiS
verbrauchsgesteuerte Kommissionierung für die Produktion (KD 2)	Materialbereitstellung für Baustellenmontage o. Ä.; ungetaktet; Kanban
Kommissionierung im Großhandel (KD 3)	große Bestellmengen; regelmäßige Bestellfrequenz; adäquate Vorlaufzeit
Kommissionierung im Online-Einzelhandel (KD 4)	kleine Bestellmengen; unregelmäßige Bestellfrequenz; geringe Vorlaufzeit
sonstige Formen der Kommissionierung (KD 5)	keine allgemeingültigen Charakteristika; i. d. R. nicht eindeutig in Logistik und Produktion verortet (z. B. Kommissionierung von Medikamenten in medizinischen Einrichtungen)

Der Vorteil der Bildung von Domänen liegt in der Bündelung von gleichartigen Anforderungen. In gewisser Weise besteht in diesem hohen Abstraktionslevel jedoch auch dessen Nachteil: Es gibt trotzdem Sonderfälle, die nicht eindeutig in die Domänenklassifizierung eingeordnet werden können.

5.3.3 Domänenspezifische Verbreitung der Technologietrends

Im Folgenden werden Prognosen zu der domänenspezifischen Verbreitung von Technologietrends abgeleitet. Dazu werden die Eigenschaften der Kommissionierungsdomänen und die Logistikexpertenmeinung zu den intralogistischen Einflussfaktoren auf die Verbreitung der Technologietrends zusammenggeführt. Somit ergeben sich expertenfundierte, aussagekräftige Prognosen zu der domänenspezifischen Verbreitung von Technologietrends aus einer technologischen Perspektive.

Der Gedanke dahinter ist, dass nicht jede Technologie pauschal betrachtet und bewertet werden kann. Vielmehr bedarf es einer Betrachtung der Rahmenbedingungen des Kommissioniersystems, bspw. in Form von Domänen. Nur so können aussagekräftige Prognosen für die Verbreitung digitaler Technologien generiert werden.

Schritt 1

In einem ersten Schritt werden die intralogistischen Einflussfaktoren hinsichtlich ihrer Relevanz für die Kommissionierungsdomänen analysiert. Die Basis für diese theoretische Zuordnung bilden die domänenspezifischen Charakteristika, die im vorherigen Abschnitt erarbeitet wurden. Ausgehend von diesen erfolgt die Einordnung der Relevanz für die Kommissionierungsdomänen²⁷ (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Relevanz der intralogistischen Einflussfaktoren für die Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)

Kommissionierungsdomäne (Abkürzung)	intralogistische Einflussfaktoren			
	Liefer-/ Durch- laufzeit	Sorti- ments- und Auf- trags- struktu- ren	Anpas- sungs-fä- higkeit	ergono- mische Aspekte
bedarfsgerechte Kommissionierung für die Produktion (KD 1)	●	◐	◐	●
verbrauchsgesteuerte Kommissionierung für die Produktion (KD 2)	○	◐	◐	◐
Kommissionierung im Großhandel (KD 3)	◐	●	◐	●
Kommissionierung im Online-Einzelhandel (KD 4)	●	●	●	◐

Legende: keine (○) bis starke (●) Relevanz des intralogistischen Einflussfaktors für die Kommissionierungsdomäne

Die Liefer-/Durchlaufzeit hat für die Kommissionierung im Online-Einzelhandel (KD 4) die größte Relevanz. Dies liegt in der geringen Vorlaufzeit in dieser Art von Kommissioniersystemen begründet. Des Weiteren ist die Liefer-/Durchlaufzeit hier ein ganz wesentlicher Aspekt des Geschäftsmodells. Ebenfalls recht bedeutend ist die Liefer-/Durchlaufzeit für die KD 2, da dort zeitlich bedingte Versäumnisse erhebliche Folgewirkungen haben können: Im ungünstigsten Falle bleibt die Produktion stehen. In der KD 3 sind die Vorlaufzeiten systembedingt recht hoch, weshalb die Relevanz von Liefer-/Durchlaufzeit beschränkt ist. Bei der KD 2 ist der zeitliche Aspekt

²⁷ KD 5 wird im Folgenden nicht weiter betrachtet, da aufgrund der unspezifischen Charakteristika dieser Kommissionierungsdomäne keine belastbaren Aussagen getätigt werden können.

bedingt durch die organisatorische Abwicklung, wie Kanban, vergleichsweise wenig relevant.

Sortiments- und Auftragsstrukturen haben sehr große Relevanz für KD 3 und KD 4. Dies ergibt sich aus den allgemeinen Eigenschaften des Handels, der seine Kommissionierung primär auf sein Sortiment und die Struktur der eingehenden Aufträge ausrichtet. Im Produktionsumfeld (KD 1 und KD 2) steht das Produktionssystem im Vordergrund, daher ist die Relevanz von Sortiments- und Auftragsstruktur bedingt.

Anpassungsfähigkeit hat die größte Relevanz für KD 4. Dies liegt zum einen in der Volatilität des Marktes bedingt, was sich in teils stark tageszeit-, wochentags-, saisonal- oder witterungsbedingten Leistungsschwankungen äußert. Zum anderen ist diese Branche durch häufig wechselnde Sortimente geprägt, welche mit organisatorischen Änderungen einhergehen können. Letztgenannter Punkt gilt in abgeschwächter Form auch für KD 3. KD 1 ist in einigen Fällen ebenfalls von Anpassungsfähigkeit geprägt, wenn bspw. eine Montagelinie umgestellt wird für ein neues Produkt. Allerdings sind diese Maßnahmen vergleichsweise seltener notwendig.

Ergonomische Aspekte sind insbesondere dort besonders relevant, wo besonders intensiv kommissioniert wird. Dies ist erstens in der KD 1 der Fall, wo u. U. eine besonders große Teilevielfalt auftritt, bedingt durch den Trend zu immer kleinen Losgrößen. Zweitens ist dies in KD 3 der Fall, wo die zu kommissionierenden Mengen aufgrund der Filialbelieferung vergleichsweise groß sind. Drittens ist dies in KD 4 der Fall, wo sich die Intensität aus kleinen Auftragsmengen ergibt und folglich einer hohen Arbeitsdichte, die somit durch viele kurze repetitive Tätigkeiten gekennzeichnet ist.

Schritt 2

In einem zweiten Schritt können nun die Zukunftstechnologien anhand ihrer Eigenschaften und der empirisch belegten einflussfaktorenabhängigen Verbreitung (siehe Abschnitt 4.4.2) mit den Erkenntnissen aus Schritt 1 zusammengeführt werden. Das Ergebnis bilden dann theoretisch fundierte Prognosen zu der Verbreitung der Zukunftstechnologien in den verschiedenen Kommissionierungsdomänen.

Tabelle 28: Einflussfaktorenabhängige Verbreitung der Zukunftstechnologien in den Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)

Kommissionierungsdomäne (Abkürzung)	intralogistische Einflussfaktoren			ergonomische Aspekte
	Liefer-/ Durchlaufzeit	Sortiments- und Auftragsstrukturen	Anpassungsfähigkeit	
bedarfsge- rechte Kommissionierung für die Produktion (KD 1)	Transportro- boter Datenbrille mob. Kommissionierroboter int. Logistikobjekte	-	-	Transportro- boter Datenbrille
verbrauchsge- steuerte Kommissionierung für die Produktion (KD 2)	-	-	-	-
Kommissionierung im Großhandel (KD 3)	-	Transportro- boter Datenbrille Kommissionierroboter int. Logistikobjekte	-	Transportro- boter Datenbrille
Kommissionierung im Online-Einzelhandel (KD 4)	Transportro- boter Datenbrille mob. Kommissionierroboter int. Logistikobjekte	Transportro- boter Datenbrille mob. Kommissionierroboter int. Logistikobjekte	Transportro- boter mob. Kommissionierroboter int. Logistikobjekte	-

Dazu werden zuerst die Zukunftstechnologien den intralogistischen Einflussfaktoren zugeordnet (siehe Tabelle 28). Dabei werden alle Fälle aus

Schritt 1 herangezogen, die eine überwiegende Relevanz aufweisen (d. h. ◐ und ●). Anschließend werden dann die Zukunftstechnologien, die einen überwiegend sehr großen und großen Einfluss von dem jeweiligen intralogistischen Einflussfaktor haben, identifiziert und zugeordnet. Dazu wurden folgende Zuordnungen vorgenommen:

- *Liefer-/ Durchlaufzeit*: alle Zukunftstechnologien
- *Sortiments- und Auftragsstrukturen*: alle Zukunftstechnologien
- *Anpassungsfähigkeit*: Transportroboter, mobiler Kommissionierroboter, intelligente Logistikobjekte
- *ergonomische Aspekte*: Transportroboter, Datenbrille

Da dieser Einfluss zunächst unabhängig von der Kommissionierungsdomäne ist, sind die Einträge auf vertikaler Ebene identisch. Anschließend werden die Zukunftstechnologien analog zu ihrer Häufigkeit auf horizontaler Ebene untersucht.

Tabelle 29: Relevanz der Zukunftstechnologien für die Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)

Kommissionierungsdomäne (Abkürzung)	Zukunftstechnologien			
	Transportroboter	Datenbrille	mob. Kommissionierroboter	int. Logistikobjekte
bedarfsgerechte Kommissionierung für die Produktion (KD 1)	◐	◐	◑	◑
verbrauchsgesteuerte Kommissionierung für die Produktion (KD 2)	○	○	○	○
Kommissionierung im Großhandel (KD 3)	◐	◐	◑	◑
Kommissionierung im Online-Einzelhandel (KD 4)	●	◐	●	●

Legende: keine (○) bis starke (●) Relevanz der Zukunftstechnologie für die Kommissionierungsdomäne

Somit ergibt sich ein abschließendes Bild, das die Relevanz der Zukunftstechnologien für die jeweiligen Kommissionierungsdomänen darstellt, und somit eine theoretisch fundierte Prognose zur domänenspezifischen Verbreitung der Zukunftstechnologien liefert (siehe Tabelle 29). Demnach ist die Online-Einzelhandel-Kommissionierung die Domäne, die aufgrund ihrer Anforderungen das primäre Einsatzgebiet für die Zukunftstechnologien darstellt. Dies sind insbesondere Transportroboter, mobile Kommissionierroboter und intelligente Logistikobjekte. Als zweites Einsatzgebiet sind die bedarfsgerechte Kommissionierung für die Produktion und die Großhandel-Kommissionierung zu nennen, die ein recht relevantes Einsatzgebiet darstellen, insbesondere für Transportroboter und Datenbrillen. Die verbrauchsgesteuerte Kommissionierung für die Produktion ist technologieübergreifend kein relevantes Einsatzgebiet.

Einschränkend bei dieser theoretischen Ableitung der domänenspezifischen Verbreitung der Zukunftstechnologien sind jedoch einige Aspekte zu beachten. Zum einen ist zu betonen, dass es sich hierbei um eine isolierte technologische Herangehensweise handelt. Das bedeutet, dass die Zukunftstechnologie- sowie die Domänencharakteristika danach untersucht wurden, was sie technologisch leisten sowie wo sie technologiebedingt sinnvoll eingesetzt werden können. Die Wechselwirkungen zu den soziotechnischen Elementen *Mensch* und *Organisation* wurden in dieser Untersuchung vernachlässigt. Ebenfalls weitere relevante Aspekte, die die Technologieverbreitung beeinflussen, wie soziale Aspekte (z. B. in Form von betrieblicher Mitbestimmung), allgemeine betriebswirtschaftliche Überlegungen, betriebsspezifische und -strukturelle Rahmenbedingungen (z. B. Mitarbeiterstruktur, Unternehmenspolitik u. Ä.), wurden an dieser Stelle außen vor gelassen (dazu im folgenden Abschnitt mehr). Auch Wechselwirkungen unterhalb der Technologien (bspw. bei dem kombinierten Einsatz verschiedener Zukunftstechnologien) wurden weitestgehend ausgeblendet. Das Ergebnis stellt also eine Prognose dar, die theoretisch abgeleitet und mit Expertenwissen untermauert ist.

Die Prognose ist also in der Art und Weise zu interpretieren, dass sie wissenschaftlich fundierte Aussagen mit bezifferten Eintrittswahrscheinlichkeiten darüber gibt, welche Kommissionierungsdomäne *prinzipiell* für welche Zukunftstechnologie relevant ist. Die Prognose erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Das bedeutet, es kann beim jeweiligen Betrachtungsfall aufgrund der betrieblichen Rahmenbedingungen auch zu ganz anderen Schlussfolgerungen kommen als es diese theoretisch abgeleitete, technologische Prognose nahelegt. Dies ist bspw. der Fall bei Kommissioniersystemen, die nicht von den vier erhobenen intralogistischen Einflussfaktoren abhängen.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

- Es konnten fünf Kommissionierungsdomänen theoretisch abgeleitet und definiert werden, die sich anforderungsmäßig grundlegend unterscheiden.
- Es konnten Prognosen zu dem potentiellen Einsatz der Zukunftstechnologien in den Kommissionierungsdomänen, basierend auf der Logistikexpertenstudie und den Domänencharakteristika, fundiert abgeleitet werden:
 - Aufgrund ihrer domänenspezifischen Anforderungen bildet die Kommissionierung im Online-Einzelhandel das größte potentielle Einsatzgebiet für die Zukunftstechnologien Transportroboter, mobile Kommissionierroboter und intelligente Logistikobjekte.
 - Transportroboter finden zudem auch bedingt potentiell Einsatz in der bedarfsgerechten Versorgung der Produktion sowie der Großhandel-Kommissionierung.
 - Datenbrillen finden bedingt potentiell Einsatz in der bedarfsgerechten Versorgung der Produktion, der Großhandel- und der Online-Einzelhandel-Kommissionierung.

5.4 Schlussfolgerungen

Konstatiert man die organisatorische, die menschliche und die technologische Perspektive, die im Rahmen dieses Kapitels auf die identifizierten Technologietrends bzw. Zukunftstechnologien gerichtet wurden, lassen sich Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Arbeitssystemen in der Intralogistik ableiten. Jeder der drei Perspektiven stellt eine eigene spezifische Entwicklungsperspektive des Untersuchungsgegenstandes dar. Allerdings besagt der dieser Arbeit zugrunde liegende soziotechnische Ansatz, dass die drei Elemente eines Arbeitssystems nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können, da zwischen ihnen Wechselwirkungen bestehen. Daher werden im Folgenden die drei verschiedenen Entwicklungsperspektiven zusammengeführt. Somit kann am Beispiel der Kommissionierung als Herzstück der Intralogistik die Gestaltung von zukünftigen Arbeitssystemen in Form von allgemeinen Entwicklungsperspektiven fundiert abgeleitet werden. Um dies zu erreichen, werden die Erkenntnisse aus der Expertenstudie mit den Erkenntnissen aus diesem Kapitel zusammengeführt.

Einschränkungen des Ansatzes

Zuerst soll jedoch der Blick auf die Einschränkungen des verfolgten Ansatzes der Arbeit gerichtet werden. Es wurden aus einer technologischen bzw.

ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise verschiedene Aspekte betrachtet, die mit den Technologietrends einhergehen. Diese technologiezentrierte Herangehensweise könnte als Technikdeterminismus aufgefasst werden. Dies widerspräche jedoch dem soziotechnischen Ansatz, dass zwischen den Elementen des Arbeitssystems Wechselwirkungen herrschen, die eben nicht nur technologisch zu betrachten bzw. lösbar sind. Von daher ist der Ansatz dieser Arbeit vielmehr so zu verstehen, dass die Technologie als Startpunkt bzw. Auslöser für die Wechselwirkungen angesehen wird.

In der Praxis wirken vielfältige betriebliche und soziale Rahmenbedingungen, die die Technologieverbreitung beeinflussen und die im Rahmen dieser Arbeit nicht primär betrachtet wurden. Vereinfacht lässt sich sagen, dass nicht alles, was technologisch möglich ist, auch realisiert wird. Die Gründe dafür können vielfältig sein. Im Folgenden werden relevante betriebsstrukturelle Bedingungen bei dem Einsatz oder der Einführung digitaler Technologien in Kommissioniersystemen dargestellt²⁸.

Betriebsstrukturelle Bedingungen

Zuerst sind hier betriebswirtschaftliche Aspekte zu nennen. Bei den betrachteten Technologien handelt es sich um neue Produkte unterschiedlicher Marktreife (siehe Abschnitt 3.4). Damit einher gehen betriebswirtschaftliche Unsicherheitsfaktoren. Im Gegensatz zu etablierten Technologien stellt sich die Investitionsrechnung komplexer dar. Denn zur Ermittlung eines erwarteten ökonomischen Mehrwerts fehlen entsprechende Erfahrungswerte oder Studien über das Prozessoptimierungspotential, was die Amortisationsrechnung erschwert. In den Kommissioniersystemen des Handels bspw. ist die Kennzahl Kosten pro Pick maßgeblich, welche auch durch die eingesetzte Technologie beeinflusst wird. Aufgrund des großen Kostendrucks in dieser Branche ist eine exakte Bestimmung der Kosten pro Pick elementar.

Ein weiterer betriebswirtschaftlicher Aspekt stellt die Investitionsbereitschaft des Unternehmens in Technologien dar. Die Kommissionierung ist in vielen Branchen vorrangig durch manuelle Arbeit geprägt. Dabei kommen insbesondere herkömmliche Assistenzsysteme, wie Barcodescanner o. Ä.,

²⁸ Hinsichtlich des Einflusses betriebsstruktureller Bedingungen auf den digitalen Technologieeinsatz in der industriellen Einfacharbeit allgemein sei hier auf [Hir16] bzw. in der Industriearbeit 4.0 auf [SoM15] verwiesen. Spezifische Studien zur Anwendung in Intralogistik bzw. Kommissionierung existieren nach derzeitigem Kenntnisstand nicht. Die folgenden Überlegungen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, stellen folglich allgemeine betriebsstrukturelle Einflussfaktoren dar, die im Einzelfall jedoch noch weiterer Untersuchung bedürfen.

zum Einsatz. Der darüber hinaus reichende Einsatz weiterer digitaler Technologien ist jedoch branchenabhängig. Aufgrund des großen Anteils von Einfacharbeit herrscht mitunter die betriebliche Einstellung vor, die Investition in Technologien könne durch die Einstellung zusätzlicher Mitarbeiter kompensiert werden. Dabei spielt auch der Aspekt der Anpassungsfähigkeit auf schwankende Auftragslasten eine Rolle, der insbesondere für die Kommissioniersysteme im E-Commerce mit teilweise starken saisonalen oder tageweisen Schwankungen relevant ist.

Die Technologieaffinität des Unternehmens stellt einen weiteren betriebsstrukturellen Einflussfaktor dar. Dies umfasst zum einen digitales Know-how. Zur Implementierung der digitalen Technologien bedarf es entsprechend ausgebildeter Mitarbeiter. Freilich kann dies auch in Form von Beratungsdienstleistungen eingekauft werden. Die Existenz bzw. der Aufbau dieses Know-hows erhöht jedoch die Gestaltungsreichweite des Unternehmens, da bspw. Prozesse einfacher angepasst werden können und somit die funktionale Abhängigkeit von einem Dienstleister vermindert wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass zwischen Technologieaffinität und der zugehörigen Branche des Unternehmens Wechselwirkungen in folgender Form bestehen: Umso technologisch anspruchsvoller das Produkt, die Branche etc. ist, desto technologieaffiner ist das Unternehmen.

Zum anderen umfasst der Aspekt Technologieaffinität ein grundlegendes Interesse an der Digitalisierung. Dies kann mitunter je nach Branche oder Unternehmensgröße schwanken, wobei Logistikgroßunternehmen allgemein eine größere Technologieaffinität nachgesagt wird (vgl. [aFZ15]). Das Bewusstsein für die Relevanz digitaler Technologien, welche Auswirkungen diese auf Prozesse und Wertschöpfung haben und welche Wettbewerbsvorteile damit verknüpft sein könnten, erscheint als Grundvoraussetzung, sich mit der Digitalisierung überhaupt zu befassen. Die geringere Professionalisierung der Managementebene kleiner und mittlerer Betriebe kann dazu führen, dass sie sich mit Digitalisierungsvorhaben überfordert fühlen und daher (weiter) auf manuelle Arbeitsprozesse setzen (siehe dazu vertiefend auch [AHI14]).

Des Weiteren ist der Einführungsprozess zu nennen, der von arbeits- und betriebspolitischen Einflüssen geprägt ist. Die Konstellation der in dem Prozess involvierten Akteure mit ihren individuellen Interessen beeinflusst die Gestaltung der Arbeitssysteme. Wie bereits erörtert, können mit den betrachteten digitalen Technologien nämlich nicht nur technologische, sondern weitreichende arbeitsorganisatorische Änderungen einhergehen. In diesem Zusammenhang sei bspw. das Mitspracherecht des Betriebsrates angeführt, welches die Einführung digitaler Technologien umfasst, die die Überwachung des Mitarbeiterverhaltens oder der -leistung der Arbeitnehmer ermöglichen. Die steigende Anzahl entstehender Daten durch vermehrt

digitalisierte Arbeitsprozesse birgt auch ein erhöhtes Überwachungspotential. Dies umfasst nicht nur die direkte Leistungsüberwachung, die mit Datenbrillen besonders einfach zu realisieren ist, sondern auch die indirekte Leistungsüberwachung mithilfe bspw. intelligenter Logistikobjekte, deren zeitlicher Verlauf der Interaktion mit dem Mitarbeiter Rückschlüsse auf dessen Produktivität erlaubt.

Mit dem Einführungsprozess einher geht der Grad der Innovation auf Prozessebene. Radikale technologische Innovation in Form einer dem Unternehmen bisher vollkommen unvertrauter Technologie ist mit weitreichenden Folgen hinsichtlich Qualifikationen, Arbeitsabläufen o. Ä. verbunden. Dieser Innovationsprozess muss differenziert zum vermutlich vorrangig vorherrschenden Fall der inkrementellen Innovation betrachtet werden. Demnach unterliegen Prozesse einer schrittweisen Optimierung. Dadurch, dass die Prozesse nach und nach umgestaltet bzw. digitalisiert werden, können die damit verbundenen Strukturen sich vergleichsweise einfacher anpassen.

Abschließend sei noch das Produktspektrum des Unternehmens angeführt. Das Produktspektrum hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Arbeitsorganisation und damit den Einsatz digitaler Technologien. Die Analyse von Kommissionierungsdomänen im vorherigen Abschnitt hat gezeigt, dass das Produkt maßgeblich für die arbeitsorganisatorischen Anforderungen verantwortlich ist.

Aggregierte Entwicklungsperspektive

Resultiert man die in den vorherigen Abschnitten abgeleiteten organisatorische, menschlichen und technologischen Entwicklungsperspektiven, ergibt sich eine aggregierte Entwicklungsperspektive. Dabei handelt es sich um Szenarien, die auf der konsistenten Kombination der Erkenntnisse dieser Arbeit fußen. Dabei ist stets zu beachten, dass o. g. Einschränkungen weiterhin gelten. Als Ausgangspunkt der Betrachtung bietet sich die Beschäftigungsstruktur an, da diese bereits die jüngste Entwicklung betrachtet.

Wie belegt, weist die jüngste Entwicklung der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung Polarisierungstendenzen auf (siehe Abschnitt 5.2). Inwiefern die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Zukunftstechnologien zu dieser Entwicklung beigetragen haben, lässt sich erst einmal nicht belegen. Dabei ist der vergleichsweise geringe Entwicklungsstand der Zukunftstechnologien zu beachten, was die Bezeichnung bereits impliziert. Deshalb ist davon auszugehen, dass deren Verbreitung lediglich einen sehr geringen Einfluss auf die bisherige Polarisierungsentwicklung hatte.

Die mit den Zukunftstechnologien einhergehende veränderte Arbeits- und Funktionsteilung (siehe Abschnitt 5.1) ist in diesem Zusammenhang so

einzuordnen, dass sich die Polarisierungstendenzen durch die Zukunftstechnologien voraussichtlich nicht entschärfen werden. Dies lässt sich technologisch begründen. So sind Transportroboter dafür verantwortlich, dass der Kommissioniervorgang verdichtet wird, indem der stützende Transportprozess entfällt. Damit einhergehend reduziert sich auch das Tätigkeitsspektrum des Menschen. Der Kommissioniervorgang selbst weist eine durch digitale Technologien fortschreitende Strukturierung auf. Assistenzsysteme wie Datenbrillen, die jeden Arbeitsschritt vorgeben bzw. dokumentieren, führen tendenziell zu einem geringeren Handlungsspielraum des Menschen. Auch intelligente Logistikobjekte schlagen in diese Kerbe, auch wenn sich deren Auswirkungen vorrangig auf eine vergleichsweise inkrementelle Prozessoptimierung beschränkt. Denn sie können zwar mit dem Menschen interagieren, aber nicht in einem solchen weitreichenden Funktionsausmaß wie Assistenzsysteme.

Somit lassen sich zwei Szenarien ausmachen. Zum Ersten ist dies die vollkommen automatisierte Entnahme und Abgabe im Kommissioniervorgang durch einen Kommissionierroboter. Stützende Prozesse, wie der Transport der Güter, wird entweder von anderen Technologien erledigt oder vom Menschen. Die arbeitsorganisatorischen Konsequenzen sind jedoch gleich: Dem Menschen obliegen nur noch Helfertätigkeiten. Zum Zweiten sind hier die Assistenzsysteme zu nennen. Die wertschöpfende Entnahme und Abgabe obliegen zwar weiterhin dem Menschen, allerdings ist dessen Handlungsspielraum durch die o. g. detaillierte Anleitung nicht sehr weit eingeschränkt. Somit ist es auch Ungelernten sehr schnell möglich den Arbeitsprozess auszuführen.

Fortschreitende Polarisierung: erhöhter Bedarf an Geringqualifizierten

Beide Szenarien haben voraussichtlich den gleichen Effekt: Es werden zukünftig vorrangig geringqualifizierte Mitarbeiter auf dem Shopfloor benötigt. Die Zukunftstechnologien unterstützen also die Polarisierung in der Kommissionierung. Dies zeigt sich auch in den benötigten Kompetenzen: Auf dem Shopfloor wird zukünftig weniger Fachkompetenz wie Optimierungs- oder Erfahrungswissen benötigt (siehe Abbildung 38). Sicherlich werden auch weiterhin gestaltende und planende, d. h. höherqualifizierte Mitarbeiter zur Implementierung der Technologien benötigt, die über die dafür benötigten Optimierungskompetenzen verfügen (siehe Abbildung 39). Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass deren Bedarf steigen wird, denn ihr Tätigkeitsspektrum hat sich in der Regel auch vor diesen Zukunftstechnologien schon über andere vergleichbare Inhalte erstreckt.

Des Weiteren ist zu erwarten, dass klassische Managementaufgaben wie Führung oder Delegation weiterhin auch in Kommissioniersystemen bestehen bleiben (siehe Abbildung 44). Aufgrund des zu erwarteten Autonomiezuwachses der Technologien, der auch komplexere Optimierungsmaßnahmen umfasst (siehe Abbildung 41), ist jedoch zu erwarten, dass diese klassischerweise den mittelqualifizierten Mitarbeitern vorbehaltenen Tätigkeiten eher weniger werden. Somit kann geschlussfolgert werden, dass durch die Zukunftstechnologien der Anteil der geringqualifizierten Mitarbeiter steigt, der mittelqualifizierten sinkt und der höherqualifizierten konstant bleibt.

Wie diese Entwicklungen beschäftigungsmäßig aufgefangen werden, hängt u. a. von der Unternehmens- und von der Arbeitspolitik ab. Es erscheint jedoch wahrscheinlich, dass der anteilig erhöhte Bedarf an geringqualifizierten Mitarbeitern weiterhin durch Leiharbeiter abgedeckt wird. Hierfür spricht zum einen deren geringe fachliche Qualifikation, welche die Bedarfslücke in der Kommissionierung genau ausfüllt. Zum anderen sprechen hierfür der wachsende E-Commerce, welcher sich durch Leistungsschwankungen in den Kommissioniersystemen äußert, die bspw. flexibel durch Leiharbeiter aufgefangen werden können.

Zukunftstechnologien bergen Rationalisierungspotential

Durch den harten Wettbewerb im Online-Einzelhandel, bei dem typischerweise der Verkaufspreis einen wesentlichen Kaufgrund darstellt, steht auch die Kommissionierung unter ökonomischem Optimierungszwang. Dabei werden selbstredend auch die Personalkosten betrachtet. Hier könnten Wechselwirkungen mit den Zukunftstechnologien entstehen, da es diese ermöglichen, vermehrt Geringqualifizierte zu beschäftigen, was in niedrigeren Personalkosten resultiert.

Darüber hinaus bergen die Zukunftstechnologien auch ein Rationalisierungspotential auf Arbeitsprozessebene. Auch wenn es noch weiterer empirischer Studien zur Tätigkeit valider Aussagen bedarf, kann davon ausgegangen werden, dass die Zukunftstechnologien unter dem Strich dazu führen werden Kommissionierprozesse effizienter zu gestalten. Das wird voraussichtlich dazu führen, dass zukünftig vergleichsweise weniger Menschen in der Kommissionierung arbeiten werden (siehe Abbildung 42).

Die beschäftigungsstrukturellen Auswirkungen auf die Logistikbranche allgemein sind differenziert unter folgenden Gesichtspunkten abzuwägen. So ist hier das allgemeine Wachstum der Logistikbranche zu beachten, das sich in den letzten Jahren in einem jährlich steigenden Marktvolumen und steigenden Beschäftigtenzahlen äußerte, und voraussichtlich weiter anhalten wird (vgl. [BGW17], S. 37). Die Gründe hierfür liegen u. a. in einer immer digitalisierteren Geschäftswelt, die (vereinfacht gesprochen) zur Folge hat,

dass Ladengeschäfte weniger und Distributionszentren mehr werden. Dabei sind einige Märkte in Deutschland im internationalen Vergleich noch unterdurchschnittlich erschlossen, wie der E-Commerce von Lebensmitteln (vgl. [Kan17], S. 7). Der allgemeine Online-Einzelhandel konnte zudem als Kommissionierungsdomäne mit dem größten Anwendungspotential für die Zukunftstechnologien abgeleitet werden.

Gestaltungsspielräume einer humanorientierten Arbeitssystemgestaltung

Mit Entwicklungen wie der digitalen Transformation gehen auch vielfältige Möglichkeiten einher, Arbeitssysteme nach bestimmten Kriterien oder Grundsätzen neu- bzw. umzugestalten. Der Fortschritt bzw. die Veränderung lässt also Gestaltungsspielräume entstehen, die im Folgenden skizziert werden.

In der Debatte um Industrie 4.0 wurden von Anfang an immer wieder die Möglichkeiten einer humanorientierten Arbeitsgestaltung durch digitale Technologien betont (vgl. [Wis14], These 1; [BVL14], These 12; u. v. m.). Diese Grundhaltung unterscheidet sich maßgeblich von der Automatisierungsdebatte, die sich seit der Nachkriegszeit um die Fabrik der Zukunft drehte, und in den 1970er/1980er-Jahren in der Vision der menschenleeren Fabrik gipfelte. Sinnbildlich für diesen Ansatz des Computer Integrated Manufacturing (CIM) war die maximal automatisierte Halle 54 der Volkswagen AG. Jedoch zeigte sich, dass die menschenleere Fabrik nicht realisierbar war, u. a. weil die komplexen Montageprozesse fehleranfällig waren und die Fehler nur durch den Menschen behoben werden konnten (vgl. [MPO16]).

In der technologisch dominierten Debatte um Industrie 4.0 werden die digitalen Technologien branchenübergreifend vorrangig als Werkzeuge des Menschen dargestellt, die eine humanorientierte Arbeit ermöglichen. Damit verbunden sind bspw. Hoffnungen auf ergonomische Entlastungen von repetitiven oder körperlich anstrengenden Tätigkeiten. Die Erkenntnisse dieser Arbeit können zur Diskussion herangezogen werden, wie diese humanorientierten Ansätze in der Kommissionierung im Detail aussehen könnten.

Die generelle Marschrichtung der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit in der Kommissionierung ist laut Expertenmeinung unklar (siehe Abbildung 31, Abbildung 32 und Abbildung 33). Dies lässt vermuten, dass die individuellen betriebsstrukturellen Bedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung des soziotechnischen Arbeitssystems haben und folglich maßgeblich dafür verantwortlich sind, wie humanorientiert dieses ist. Auf Basis der Zukunftstechnologien können jedoch Ansätze für Gestaltungsspielräume hin zu einer humanorientierten Arbeitsgestaltung abgeleitet werden.

Eine wesentliche Grundvoraussetzung für den Erfolg der Zukunftstechnologien stellt dabei augenscheinlich die Akzeptanz der operativen Mitarbeiter dar (siehe Abbildung 40). Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass Ansätze der Bottom-up-Arbeitssystemgestaltung wie das Lean Management erfolgsversprechend erscheinen. Die Zukunftstechnologien bieten dabei in der Kommissionierung Gestaltungsspielraum, der im Folgenden skizziert wird.

Assistenzsysteme umfassen in der Kommissionierung vorrangig die operativen Arbeitsschritte. Bei der ergonomischen informationstechnischen Gestaltung dieser im Sinne eines humanorientierten Technolgiegedesigns kann das Erfahrungswissen der Mitarbeiter helfen. Dies kann Aspekte wie die Art und Weise der Informationsdarstellung oder die Gestaltung der Kontexterkenennung umfassen.

In arbeitsorganisatorischer Hinsicht können Assistenzsysteme zudem dazu beitragen, die Entscheidungs- und Handlungsspielräume zu erweitern (vgl. [Nie17], S. 25 ff.). Dies umfasst in der Kommissionierung sowohl die qualitative (Jobenrichment) als auch quantitative (Jobenlargement) Aufgabenerweiterung, indem die Unterstützungsleistung vor allem in der Beratung verortet ist (vgl. ebd.). Des Weiteren ermöglichen Assistenzsysteme die individuelle Anpassung auf den Benutzer. Somit ergeben sich Möglichkeiten, Mitarbeiter mit Sprachbarrieren oder Handicap einfacher in den Arbeitsprozess zu integrieren. Dies umfasst auch Aspekte der intelligenten Logistikobjekte, die den Prozess tendenziell weniger fehleranfällig gestalten.

Transportroboter und Kommissionierroboter bieten Möglichkeiten, den Kommissioniervorgang physisch zu entlasten. Dies betrifft zum einen arbeitsschutzrechtliche Verordnungen, die bspw. das Handhaben von Lasten reglementieren. Zum anderen sind mit diesen beiden Zukunftstechnologien noch weitreichendere Effekte verbunden, denn sie können dazu beitragen, das in der Kommissionierung überdurchschnittlich hohe Risiko von Herz-Kreislauf- und Muskel-Skelett-Erkrankungen zu minimieren (vgl. [Med16]). Somit können demografiebedingte Negativeffekte gemindert werden und ggf. die Attraktivität des Berufes erhöht werden.

Resultierend stellt die „Joint optimization“ bei der Gestaltung von humanorientierten Arbeitssystemen einen vielversprechenden Lösungsansatz dar. Dabei wird darauf abgezielt, die ggf. gegenteiligen Ziele des technischen und des sozialen Subsystems harmonisch zusammenzubringen (vgl. [SCX13]). Dies ermöglicht eine humanorientierte soziotechnische Gestaltung von Arbeitssystemen der Intralogistik, die die spezifischen Stärken von Mensch und Technologie betrachtet und aufeinander abstimmt (vgl. [ID17]).

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich der Schlussfolgerungen sagen:

- Der in der Arbeit verfolgte soziotechnische Ansatz bietet einen passenden konzeptionellen Rahmen für die Untersuchung. Für weitere allgemeingültige Rückschlüsse auf die Folgewirkungen der Zukunftstechnologien bedarf es jedoch noch weiterer Studien.
- Diese sollten die betriebsstrukturellen Bedingungen umfassen, welche voraussichtlich maßgeblich die Diffusion der Zukunftstechnologien beeinflussen.
- Die Zukunftstechnologien unterstützen die Polarisierung in der Kommissionierung.
- Mit den Zukunftstechnologien sind Gestaltungsräume für eine humanorientierte Gestaltung von Arbeitssystemen in der Intralogistik verbunden, wie Informationsergonomie und physische Entlastung.

6 Fazit

Den finalen Schritt des eingangs erarbeiteten Aufbaus stellt das Fazit der Arbeit dar, welches sich aus zwei Abschnitten zusammensetzt. Dazu werden zunächst die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. Anschließend werden in Form eines Ausblicks Anknüpfungspunkte für weitere Studien benannt.

6.1 Zusammenfassung

Die zentrale Forschungsfrage der Arbeit war, welche Auswirkungen die digitale Transformation auf die zukünftige Gestaltung der Arbeitssysteme der Intralogistik hat. Dazu wurden eingangs sechs Herausforderungen benannt, die den Forschungsbedarf aufzeigen. Daraus konnten sechs resultierende Forschungsziele abgeleitet werden, deren Zielerreichung in diesem Abschnitt dargestellt wird. Zunächst soll jedoch der chronologische Aufbau der Arbeit rekapituliert werden, indem die in sechs Kapiteln durchgeführten Arbeiten dargestellt werden.

Kapitel 1:

Der Forschungsbedarf der Arbeit wurde aus einer mehrdimensionalen Argumentationslinie abgeleitet, die aus eigenen Evidenzen und Vorarbeiten, einer Rekapitulation der wissenschaftlichen Diskussion und Fachliteratur sowie logischen Schlussfolgerungen bestand. Daraus konnte ein realwissenschaftliches Forschungsdesign konzipiert werden, das ingenieurwissenschaftliche und arbeitssoziologische Methoden und Wissen vereint.

Kapitel 2:

Die notwendigen Grundlagen der Arbeit wurden dargelegt. Dies umfasste die organisatorische und beschäftigungsstrukturelle Charakterisierung der Kommissionierung, die allgemeine, branchenübergreifende digitale Transformation sowie methodische Ansätze der ganzheitlichen Arbeitssystemgestaltung. Dabei wurden Forschungslücken aufgezeigt.

Kapitel 3:

Anhand einer qualitativen Analyse wissenschaftlicher Studien konnten vier Technologietrends abgeleitet werden, welche die digitale Transformation in der Intralogistik charakterisieren. Der Entwicklungsstand der Technologietrends wurde dargestellt, entsprechende Zukunftstechnologien identifiziert und eine Potentialanalyse dieser durchgeführt.

Kapitel 4:

Der Einfluss der Technologietrends auf die Arbeitssysteme der Intralogistik wurde in einem Wirkmodell dargestellt, welches auf ingenieurwissenschaftlichen und arbeitssoziologischen Ansätzen beruht. Es wurde erarbeitet, dass die Gestaltung des Intralogistikarbeitssystems zum einen durch systembedingte Einflussfaktoren beeinflusst wird, aber zum anderen auch durch die personell-technologisch-organisatorischen Wechselwirkungen geprägt ist. Anhand einer methodisch hergeleiteten Logistikexpertenstudie wurden intralogistische Einflussfaktoren hinsichtlich der Zukunftstechnologieverbreitung sowie damit verbundene personelle und organisatorische Wechselwirkungen empirisch erhoben.

Kapitel 5:

Die soziotechnische Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme der Intralogistik wurde aus einer kombinierten Analyse (1) der zukunftstechnologiebedingten Änderungen in der Arbeits- und Funktionsteilung, (2) der Beschäftigungsstrukturentwicklung sowie (3) der kommissionierungsdomänenspezifischen Technologieverbreitung abgeleitet. Die Erkenntnisse dieser dreiperspektivischen Analyse sowie der Logistikexpertenstudie wurden dazu herangezogen, die voranschreitende Polarisierung in der Kommissionierung sowie den Beitrag der Zukunftstechnologien auf diese Entwicklung zu analysieren. Zudem wurden fünf Kommissionierungsdomänen systemanalytisch hergeleitet und die Verbreitung der Zukunftstechnologien in diesen prognostiziert. Weitere Einflussfaktoren auf die Arbeitssystemgestaltung wurden diskutiert.

Kapitel 6:

Die Ergebnisse der Arbeit und ein Ausblick auf weiterführende Studien wurden dargestellt.

Die genannten durchgeführten Untersuchungen waren notwendig zur Erreichung der gesteckten Forschungsziele der Arbeit (siehe Abschnitt 1.2). Diese werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Forschungsziel #1:

Autonomie, Assistenz, Automatisierung und Vernetzung wurden als besonders relevante Technologietrends im Rahmen der digitalen Transformation in der Intralogistik abgeleitet. Transportroboter, Datenbrillen, mobile Kommissionierroboter und intelligente Logistikobjekte wurden als Zukunftstechnologien für diese Technologietrends hinsichtlich ihres Potentials analysiert. Die Zukunftstechnologien dienten fortan als technologischer Startpunkt für die weiteren Untersuchungen.

Forschungsziel #2:

Es wurden vier intralogistische Einflussfaktoren abgeleitet, die auf ingenieurwissenschaftlicher Planungsebene maßgeblich für die Gestaltung von Kommissionierarbeitssystemen sind: Liefer-/Durchlaufzeit, Sortiments- und Auftragsstrukturen, Anpassungsfähigkeit und ergonomische Aspekte. Anhand dieser Einflussfaktoren konnten anschließend Kommissionierungsdomänen gebildet werden.

Forschungsziel #3:

Der Wirkzusammenhang zwischen digitalen Technologien und der Gestaltung von Intralogistikarbeitssystemen wurde skizziert. Dabei wurde das der Arbeit zugrunde liegende soziotechnische Systemverständnis durch die Kombination verschiedener Methoden und Ansätze als zielführend befunden und konkretisiert.

Forschungsziel #4:

Die durchgeführte Logistikexpertenstudie lieferte aufschlussreiche Erkenntnisse hinsichtlich der intralogistischen Einflussfaktoren bei der Verbreitung der Zukunftstechnologien. In Kombination mit der intralogistischen Charakterisierung der fünf abgeleiteten Kommissionierungsdomänen konnten somit fundierte Entwicklungsperspektiven der Technologieverbreitung abgeleitet werden. Somit konnten differenzierte Prognosen generiert werden, welche nicht jedes Kommissioniersystem gleich betrachten, sondern anhand systemischer Einflussfaktoren charakterisieren. Des Weiteren konnten expertenfundierte Erkenntnisse zu der zukünftigen Form der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit, mit der digitalen Transformation einhergehenden Kompetenzen sowie allgemeinen Herausforderungen in der Kommissionierung gewonnen werden. Flankiert wurde das Forschungsziel durch eine umfassende Analyse der Beschäftigungsstruktur in der Kommissionierung, die

zu umfassenden Erkenntnissen hinsichtlich Qualifikationen und Tätigkeiten führte.

Forschungsziel #5:

Mithilfe des soziotechnischen Systemansatzes konnte die zukünftige Arbeitssystemgestaltung in der Kommissionierung ganzheitlich analysiert werden. Das Ziel wurde durch die konsequente Verknüpfung der gewonnenen Erkenntnisse erreicht. Anhand einer technologiezentrierten Herangehensweise konnten in einem ersten Schritt die mit den Zukunftstechnologien verbundenen Auswirkungen auf die Arbeits- und Funktionsteilung zwischen Mensch und Technologie analysiert werden. Die Analyse zeigte, dass die im zweiten Schritt aufgedeckten beschäftigungsstrukturellen Polarisierungstendenzen durch die Zukunftstechnologien noch verstärkt werden. In einem dritten Schritt konnte die o. g. kommissionierungsdomänenspezifische Betrachtung ergänzt werden. Zusammenfassend ergab sich somit ein theoretisch abgeleitetes Zukunftsszenario, das insbesondere eine vermehrte Beschäftigung von Geringqualifizierten vorsieht. Dies wird sich insbesondere in den Kommissioniersystemen des Online-Einzelhandels widerspiegeln, da diese zum Ersten durch einen besonders hohen Rationalisierungsdruck und zum Zweiten durch ein weiterhin großes Wachstumspotential gekennzeichnet sind.

Forschungsziel #6:

Der soziotechnische Ansatz der Arbeit hat gezeigt, dass die ingenieurwissenschaftliche Herangehensweise bei der Gestaltung von Intralogistikarbeitssystemen zu kurz greift. Zum einen sind personelle und organisatorische Folgewirkungen mit der Technologieeinführung verbunden (siehe Forschungsziel #5). Zum anderen existieren noch viele weitere Einflussfaktoren, die für die Arbeitssystemgestaltung relevant sind, insbesondere die betriebsstrukturellen Bedingungen.

6.2 Ausblick

Es ist davon auszugehen, dass die digitale Transformation auch zukünftig einen weiterhin großen Einfluss auf die Intralogistik und damit auf die Arbeitssysteme dieser haben wird. Denn zum Ersten handelt es sich bei der digitalen Transformation nicht um eine temporäre Modeerscheinung, sondern um die kontinuierliche Weiterentwicklung digitaler Technologien und der Ausschöpfung von deren Potentialen. Zum Zweiten ist in einer fortschreitend vernetzten Gesellschaft sowie Geschäftswelt von einer weiterhin

hohen Bedeutung der Logistik auszugehen. Zum Dritten ist davon auszugehen, dass die digitalisierte Arbeitswelt, künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine aufgrund ihrer weitreichenden Folgen auch weiterhin gesellschafts- und arbeitspolitisch relevant bleiben.

Dies bedeutet, dass die Ergebnisse dieser Arbeit die Forschungsfrage keineswegs abschließend beantworten können. Vielmehr sind sie Ausgangspunkt für weiterführende Forschungsarbeiten, die sich sowohl über verschiedene Ebenen als auch Bereiche erstrecken. Das in dieser Arbeit auf den Betrachtungsrahmen der Kommissionierung begrenzte Forschungsdesign kann prinzipiell auch auf weitere Bereiche der Intralogistik übertragen werden. Somit entsteht eine umfassende Betrachtung der innerbetrieblichen Logistik. Durch Zusammenführung der bereichsspezifischen Studien können zudem bereichsübergreifende Effekte wie Jobrotation untersucht werden.

Die Arbeit liefert eine theoretisch fundierte Ableitung von Entwicklungsperspektiven der Arbeitssystemgestaltung in der Intralogistik. Diese Arbeit differenziert Kommissionierungsdomänen anhand intralogistischer Einflussfaktoren. Neben den intralogistischen Einflussfaktoren werden diese Arbeitssysteme jedoch noch von weiteren Faktoren beeinflusst, insbesondere den betriebsstrukturellen Bedingungen. Die Erweiterung der Kommissionierungsdomänen um betriebsstrukturelle Einflussfaktoren stellt somit einen weiteren Forschungsbedarf dar. Damit verbunden sind auf breiter Front angelegte Falluntersuchungen, die auf den Erkenntnissen dieser Arbeit aufbauen können und diese um die betriebspezifischen Charakteristika erweitern.

Der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit besteht in der theoretisch fundierten Analyse von Wirkzusammenhängen, die die Gestaltung von Arbeitssystemen der Intralogistik betreffen. Diese Erkenntnisse können für weitere Studien im Bereich der Handlungswissenschaften herangezogen werden. Dies umfasst bspw. die ingenieurwissenschaftlichen Methoden der Planer und Gestalter von Intralogistiksystemen. Hier erscheint es besonders interessant zu überprüfen, inwiefern diese Methoden technologisch-personnell-organisatorische Wechselwirkungen im Sinne einer ganzheitlichen Systemgestaltung berücksichtigen. Damit verbunden sind ggf. methodische Anpassungen oder Weiterentwicklungen.

Des Weiteren bedarf es weiterer Untersuchungen des Einflusses der Stakeholder auf die Arbeitssystemgestaltung. Diese Arbeit liefert einen ersten Ansatz, wie die ingenieurwissenschaftliche und arbeitssoziologische Perspektive auf die Arbeitssystemgestaltung einwirken. Beispielhaft für weitere Studien seien hier die betriebswirtschaftliche Perspektive oder der Einfluss betrieblicher Mitbestimmung genannt.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass es sich sowohl bei der digitalen Transformation als auch der Intralogistik um Untersuchungsgegenstände mit hoher Entwicklungsdynamik handelt. D. h. die technologischen Entwicklungen sowie die Geschäftsmodelle der Branche bleiben weiter zu erforschen und mit den Erkenntnissen dieser Arbeit abzugleichen.

Literaturverzeichnis

- [AHI14] Abel, Jörg; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter: *Einfacharbeit in der Industrie: Strukturen, Verbreitung und Perspektiven*. Berlin: edition sigma, 2014. – ISBN 978-3-8360-3597-2
- [aca12] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Menschen und Güter bewegen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012 (3). – ISBN 978-3-642-30927-4
- [aca16] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion*. München: Herbert Utz Verlag GmbH, April 2016 (acatech IMPULS). – ISBN 9783831644971
- [aca17] Schuh, G.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; ten Hompel, M.; Wahlster, W. (Hrsg.): *Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten* (acatech STUDIE). München: Herbert Utz Verlag, 2017. – ISBN 2192-6174
- [aFZ15] agiplan GmbH; Fraunhofer IML; ZENIT GmbH: *Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand*, 2015
- [AIK+08] Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai: *Handbuch Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. – ISBN 978-3-540-72929-7
- [AKNo.J.] Auffermann, Christiane; Kamagaev, Andreas; Nettsträter, Andreas et al.: *Cyber-Physical Systems in der Logistik: Thesenpapier*. o.J.
- [ALM03] Autor, D. H.; Levy, F.; Murnane, R. J.: *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration*. In: *The*

- Quarterly Journal of Economics* 118 (2003), Nr. 4, S. 1279–1333. – DOI 10.1162/003355303322552801
- [Amao.J.] Amazon Robotics: *We Reimagine Now* <https://www.amazonrobotics.com/#/>. – Aktualisierungsdatum: 2017-12-01 – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [Arn06] Arnold, Dieter: *Intralogistik: Potentiale, Perspektiven, Prognosen*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2006 (VDI-Buch). – ISBN 978-3-540-29658-4
- [Arv17] Arvato: *Pick-by-Watch* <https://www.arvato.com/de/services/Pick-by-Watch.html> – Überprüfungsdatum 2017-12-20
- [Aut10] Autor, David: *The Polarization of Job Opportunities in the U.S. Labor Market*. A paper jointly released by The Center for American Progress and The Hamilton Project. 2010. – A paper jointly released by The Center for American Progress and The Hamilton Project
- [Bae74] Baetge, Jörg: *Betriebswirtschaftliche Systemtheorie: Regelungstheoretische Planungs-Überwachungsmodelle für Produktion, Lagerung und Absatz*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1974 (Moderne Lehrtexte: Wirtschaftswissenschaften 7). – ISBN 332285437X
- [BB14] Baur, Nina; Blasius, Jörg: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. – ISBN 978-3-531-17809-7
- [Ber68] Bertalanffy, Ludwig von: *General System Theory*, 1968
- [bev17] Bundesverband E-Commerce und Versandhandel e.V.: *Interaktiver Handel in Deutschland - Ergebnisse 2016*. 2017
- [BGR⁺14] Bubeck, Alexander; Gruhler, Matthias; Reiser, Ulrich; Weißhardt, Florian: *Vom fahrerlosen Transportsystem zur intelligenten mobilen Automatisierungsplattform*. In: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. – ISBN 978-3-658-04682-8, S. 221–233
- [BGW17] Brandt, Przemyslaw; Grotmeier, Christian; Wohlrabe, Klaus: *BVL-Logistikindikator – Hintergründe, Entwicklungen und Ergebnisse*. In: *ifo Schnelldienst* 70. (2017), Nr. 20, S. 36–42.

- [BH07] Bullinger, Hans-Jörg; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Internet der Dinge*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007 (VDI-Buch). – ISBN 978-3-540-36733-8
- [BHG+09] Brand, Leif; Hülser, Tim; Grimm, Vera; Zweck, Axel: *Internet der Dinge: Übersichtsstudie*. Düsseldorf, 2009
- [BIE17] Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK): *KEP-Studie 2017 – Analyse des Marktes in Deutschland*. 2017
- [Bit16] Bitkom: *Industrie 4.0 - Status und Perspektiven (Studie)*, 31 Seiten, 2016
- [Bit17a] Bitkom Research: *Digitale Transformation der Wirtschaft (2. Auflage)*, 134 Seiten, 2017
- [Bit17b] Bitkom Research: *Digitalisierung der Logistik*, 14 Seiten, 2017
- [BL94] Bullinger, Hans-Jörg; Lung, Martin M.: *Planung der Materialbereitstellung in der Montage*. Stuttgart: Teubner, 1994. – ISBN 366311046X
- [BLM14] Bogner, Alexander; Littig, Beate; Menz, Wolfgang: *Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014 (Qualitative Sozialforschung). – ISBN 978-3-531-19416-5
- [BMP15] Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew; Pyka, Petra: *The second machine age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*. 2. Aufl. Kulmbach: Börsenmedien AG, 2015. – ISBN 978-3-86470-211-2
- [Böh12] Böhme, Hans-Joachim: *Mensch-Maschine-Kommunikation / Kognitive Robotik* https://www.htw-dresden.de/fileadmin/user-files/info_math/KogRob/Lehre/MMK/Vorlesung/MMK_KR_vl_ws2012_teil1.pdf – Überprüfungsdatum 2018-02-06
- [Bun17a] Bundesagentur für Arbeit: *Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt– Aktuelle Entwicklungen der Zeitarbeit*. Nürnberg, Juli 2017
- [Bun17b] Bundesagentur für Arbeit: *Leiharbeiter und Verleihbetriebe (Monatszahlen und Jahreszahlen): Berichtszeitraum: 2. Halbjahr 2016*. Nürnberg, 20.07.2017
- [Buno.J.a] Bundesagentur für Arbeit: *BERUFENET - Berufsinformationen einfach finden* <https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe->

net/faces/index;BERUFENETJSESSION-
NID=gL_drrL2c3U5PxJRXXKozVSoYDJtcPVH_qrTvTJU-
RDUCxXHOuAHRw!-1924608641?path=null – Überprüfungs-
datum 2018-01-28

- [Buno.J.b] Bundesagentur für Arbeit: *KIaB 2010* <https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KIaB2010/KIaB2010-Nav.html> – Überprüfungsdatum 2018-03-26
- [Buno.J.c] Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Hightech-Strategie der Bundesregierung* <https://www.hightech-strategie.de/index.php>. – Aktualisierungsdatum: 2017-03-29 – Überprüfungsdatum 2018-02-22
- [Buno.J.d] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Den digitalen Wandel gestalten* <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html> – Überprüfungsdatum 2018-03-17
- [Buno.J.e] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: *Autonomik: AUTONOMIK für Industrie 4.0* <http://www.autonomik.de/de/1003.php> – Überprüfungsdatum 2018-02-07
- [BVL14] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Logistik und IT als Innovationstreiber für den Wirtschaftsstandort Deutschland (Studie)*, 2014
- [BVL17] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Logistik und IT als Innovationstreiber für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Die neue Führungsrolle der Logistik in der Informationstechnologie: Positionspapier*. 2014
- [BVL17a] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Innovation in der Logistik - Fallbeispiel 4 "Pick-by-Vision" - BVL - Bundesvereinigung Logistik e. V.* <https://www.bvl.de/thema/innovation-in-der-logistik/fallbeispiele/beispiel4>. – Aktualisierungsdatum: 2017 – Überprüfungsdatum 2017-10-08
- [BVL17b] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Chancen der digitalen Transformation: Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management*. Hamburg: DVV Media Group GmbH, 2017. – ISBN 9783871546075
- [BVL17c] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Logistik - Bedeutung für die deutsche Wirtschaft* - <https://www.bvl.de/service/zahlen->

- daten-fakten/umsatz-und-beschaeftigung – Überprüfungsdatum
2018-01-08
- [BVL17d] Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.: *Digitalisierung in der Logistik: Antworten auf Fragen aus der Unternehmenspraxis*, 2017
- [CDG+07] Crostack, H.-A.; Deuse, J.; Goldscheid, C.; Schlüter, N.: *Optimierung von Kommissionierung und Verpackung durch geeignete Strategien für die Qualitätsprüfung unter Berücksichtigung der Retourenabwicklung: Endbericht des Forschungsprojektes*. 2007
- [Croo.J.] Crown Gabelstapler: *QuickPick Remote*
<http://www.crown.com/de-de/gabelstapler/hubtechnologie-quickpick.html>. – Aktualisierungsdatum: 2018-01-12 – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [Daho.J.] Dahl Automation GmbH: *Effiziente Intra-Logistik dank kollaborierender Technik*. undefined – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [DB06] Dudenhöffer, Ferdinand; Büttner, Carina: *Der Wettbewerbsfaktor Zeitarbeit in der Automobilindustrie*. In: ifo Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): *ifo Schnelldienst*. München, 2006 (59. Jg. Heft 9), S. 30–36
- [Dei16] Deitelhoff, Nicole: *Interview in "Der Untergang der Fakten" von Eva Bucher*. ZEIT Campus 13.11.2016
<http://www.zeit.de/2016/46/wissenschaft-fakten-politik-post-faktisches-zeitalter/komplettansicht>. – Aktualisierungsdatum: 2016-11-21 – Überprüfungsdatum 2018-04-05
- [DHL16] DHL Customer Solutions & Innovation: *Robotics in Logistics: A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*. März 2016
- [DHL17] DHL: *Deutsche Post DHL Group | 02. Aug. 17: DHL Supply Chain etabliert Datenbrillen als neuen Standard in der Logistik*
http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2017/dhl_supply_chain_etabliert_datenbrillen_standard_logistik.html. – Aktualisierungsdatum: 2017-12-19 – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [DLZ12] De Koster, René B; Le-Duc, Tho; Zaerpour, Nima: *Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system*, 2012 . – ISBN 10.1080/00207543.2010.543941

- [DMS⁺17] Dörner, Karel; Mohr, Niko; Schumacher, Thomas; Meffert, Jürgen: *Auf ins neue Zeitalter: Wie der digitale Wandel neue Welten erschafft*. Handelsblatt 05.01.2017 <http://www.handelsblatt.com/adv/digitalatscale/auf-ins-neue-zeitalter-wie-der-digitale-wandel-neue-welten-erschafft/12819490.html> – Überprüfungsdatum 2018-03-17
- [DNI⁺16] Dregger, Johannes; Niehaus, Jonathan; Ittermann, Peter; Hirschkreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael: *The digitization of manufacturing and its societal challenges : A framework for the future of industrial labor*. In: *2016 IEEE International Symposium on Ethics in Engineering, Science and Technology (ETHICS) : May 13-14, 2016, Vancouver, BC, Canada*. Piscataway, NJ : IEEE, 2016. – ISBN 978-1-5090-2317-2, S. 1–3
- [DNI⁺18] Dregger, Johannes; Niehaus, Jonathan; Ittermann, Peter; Hirschkreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael: *Challenges for the future of industrial labor in manufacturing and logistics using the example of order picking systems*. In: *Procedia CIRP* 67 (2018), S. 140–143. – DOI 10.1016/j.procir.2017.12.190
- [DWS⁺16] Diète, Alexander; Weiland, Lydia; Sztyler, Timo; Stuckenschmidt, Heiner: *Exploring a multi-sensor picking process in the future warehouse*. In: Weibel, Nadir; Mayrhofer, René; Möhlhäuser, Max (Hrsg.): *Welcome message from the Ubi-Comp/ISWC doctoral school chairs*. New York : ACM Press, 2016. – ISBN 9781450344623, S. 1755–1758
- [Ehm11] Ehmann, Markus: *Visual Guided Picking: Ergonomische und wirtschaftliche Unterstützung in der Intralogistik*. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): *Datenbrillen : Aktueller Stand von Forschung und Umsetzung sowie zukünftiger Entwicklungsrichtlinien*. Dortmund, Berlin, Dresden, 2011. – ISBN 9783882611465, S. 23–28
- [D2116] Initiative D21 e. V.: *D21-DIGITAL-INDEX 2016: Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft*. 2016
- [D2117] Initiative D21 e. V.: *D21-DIGITAL-INDEX 2017/2018: Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft*. 2017
- [EGM14] Evangelista, Rinaldo; Guerrieri, Paolo; Meliciani, Valentina: *The economic impact of digital technologies in Europe*. In: *Economics of Innovation and New Technology* 23 (2014), Nr. 8, S. 802–824. – DOI 10.1080/10438599.2014.918438

- [Eme67] Emery, Fred: *The Nine Step Model*. In: *International Meeting on Socio-Technical Systems, Lincoln, England, 1967*. (1967).
- [ERB⁺12] Emmerich, Jan Sören; Roidl, Moritz; Bich, Tobias; ten Hompel, Michael: *Entwicklung von energieautarken, intelligenten Ladehilfsmitteln am Beispiel des inBin*. In: *Logistics Journal Proceedings* (2012). – DOI 10.2195/lj_Proc_emmerich_de_201210_01
- [Evo15] Evolaris: *Digitale Assistenzsysteme in der Industrie 4.0: Vortrag von Dr. Christian Kittl im Rahmen der ServTec 2015*. 2015
- [Fa13] Forschungsunion; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. 2013
- [Fet16] Fetch Robotics Inc: *Fetch & Freight: Standard Platforms for Service Robot Applications*. 2016
- [Fra16a] Fraunhofer IML: *Bosch und Fraunhofer lassen Internet der Dinge Wirklichkeit werden* https://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/bosch-und-fraunhofer-lassen-internet-der-dinge-wirklichkeit-werd.html. – Aktualisierungsdatum: 2017-12-20 – Überprüfungsdatum 2017-12-28
- [Fra16b] Fraunhofer IML: *Plug and Pick mit P-INK* https://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/PlugandpickmitPINK.html. – Aktualisierungsdatum: 2017-12-22 – Überprüfungsdatum 2017-12-28
- [Fra17a] Fraunhofer IFF: *RFID-Armband für eine effiziente Güteridentifikation* <https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/materialflusstechnik/rfid-handschuh-gueteridentifikation.html>. – Aktualisierungsdatum: 2017-12-19 – Überprüfungsdatum 2017-12-20
- [Fra17b] Fraunhofer IML: *DB Schenker develops customer benefit in a lab* <https://www.iml.fraunhofer.de/en/db-schenker.html> – Überprüfungsdatum 2017-12-21
- [Fre91] Frese, Erich: *Grundlagen der Organisation: Die Organisationsstruktur der Unternehmung*. 4., durchges. Aufl., Nachdr. Wiesbaden: Gabler, 1991 (Gabler-Lehrbuch). – ISBN 9783409316842

- [FSS13] Fumi, Andrea; Scarabotti, Laura; Schiraldi, Massimiliano M.: *The Effect of Slot-Code Optimization in Warehouse Order Picking*. In: *International Journal of Engineering Business Management* 5 (2013), Nr. 4, S. 20. – DOI 10.5772/56803
- [Gabo.J.] Gabler Wirtschaftslexikon: *Definition » Automatisierung* « / <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/automatisierung.html>. – Aktualisierungsdatum: 2018-02-09 – Überprüfungsdatum 2018-02-09
- [Gab17a] Gabler Wirtschaftslexikon: *Definition "Wearables"* <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/wearable.html> – Überprüfungsdatum 2017-12-16
- [Gab17b] Gabler Wirtschaftslexikon: *Definition » Logistik 4.0* « <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/logistik-4-0.html> – Überprüfungsdatum 2018-01-02
- [Gar17a] Gartner Inc: *Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016* <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917> – Überprüfungsdatum 2018-03-07
- [Gar17b] Gartner Inc: *Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017* <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/> – Überprüfungsdatum 2018-03-07
- [Gar17c] Gartner Inc: *Transform Business Outcomes With Immersive Technology* <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/transform-business-outcomes-with-immersive-technology/>. – Aktualisierungsdatum: 2017-05-05 – Überprüfungsdatum 2018-02-02
- [GB12] Geisberger, Eva; Broy, Manfred: *agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. acatech STUDIE. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. – ISBN 978-3-642-29098-5
- [GBC16] Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron: *Deep learning*. Cambridge, Massachusetts, London, England, Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2016 (Adaptive computation and machine learning). – ISBN 978-0-262-03561-3
- [GBR+09] Günthner, W. A.; Blomeyer, N.; Reif, R.; Schedlbauer, M.: *Pick-by-Vision: Augmented reality unterstützte Kommissionierung*.

- Garching: Fml, 2009 (Forschungsbericht / Fml, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik, Technische Universität München). – ISBN 978-3-941702-02-8
- [ges10] gesundheitsinformation.de: *Wie funktioniert die Hand?* <https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-die-hand.2223.de.html>. – Aktualisierungsdatum: 2018-02-12 – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [GGJ+14] Grosse, Eric H.; Glock, Christoph H.; Jaber, Mohamad Y.; Neumann, W. Patrick: *Incorporating human factors in order picking planning models: Framework and research opportunities*. In: *International Journal of Production Research* 53 (2014), Nr. 3, S. 695–717. – DOI 10.1080/00207543.2014.919424
- [GH10] Günthner, Willibald; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Internet der Dinge in der Intralogistik*. Berlin, Heidelberg, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010 (VDI-Buch). – ISBN 9783642048951
- [GKT17] Günthner, Willibald; Klenk, Eva; Tenerowicz-Wirth, Peter: *Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0*. In: Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4: Allgemeine Grundlagen*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2017. – ISBN 978-3-662-53254-6, S. 99–125
- [GM03] Goos, Maarten; Manning, Alan: *Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain*. [Elektronische Ressource]. London: Centre for Economic Performance, 2003 (Discussion papers / Centre for Economic Performance 604). – ISBN 0 7530 1682 6
- [Gol17] Golem.de: *Boston Dynamics: Humanoider Roboter Atlas macht Salto rückwärts* <https://www.golem.de/news/boston-dynamics-humanoider-roboter-atlas-macht-salto-rueckwaerts-1711-131213.html> – Überprüfungsdatum 2018-01-03
- [Göp16] Göpfert, Ingrid: *Logistik der Zukunft - Logistics for the Future*. 7. Aufl. 2016. Wiesbaden, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler, 2016. – ISBN 9783658122553
- [Geo.J.] GreyOrange: *Butler - Robotics for Warehouse Automation & Real Time Inventory Management*

- <http://www.greyorange.com/butler.php> – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [Gud10] Gudehus, Timm: *Logistik: Grundlagen - Strategien - Anwendungen*. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – ISBN 9783540893899
- [Gud12] Gudehus, Timm: *Netzwerke, Systeme und Lieferketten*. Studienausg. der 4., aktualisierten Aufl. Berlin: Springer Vieweg, 2012 (VDI-Buch / Timm Gudehus ; 2). – ISBN 978-3-642-29375-7
- [Hes16] Hess, Thomas: *Digitalisierung — Enzyklopaedie der Wirtschaftsinformatik* <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/technologien-methoden/Informatik--Grundlagen/digitalisierung/index.html?searchterm=digitalisierung> – Überprüfungsdatum 2018-03-06
- [HH08] ten Hompel, Michael; Heidenblut, Volker: *Taschenlexikon Logistik: Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik*. 2., [bearb. und erw.] Aufl. Berlin: Springer, 2008 (VDI). – ISBN 978-3-540-75661-3
- [HH16] Hirsch-Kreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael: *Social Manufacturing and Logistics – Arbeit in der digitalisierten Produktion*. 2016
- [HH17] Hirsch-Kreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael: *Digitalisierung industrieller Arbeit: Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze*. In: Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0 : Bd. 3: Logistik*. 2., erweiterte und bearbeitete Auflage. Berlin : Springer Vieweg, 2017 (Springer Reference Technik). – ISBN 9783662532515, S. 357–376
- [HHI⁺16] Hirsch-Kreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Dregger, Johannes: *Social Manufacturing and Logistics: Konturen eines Leitbildes digitaler Industriearbeit*. Bericht des Forschungsprojektes „SoMaLI“ (Social Manufacturing and Logistics – Ein Leitbild der technologischen, organisatorischen und sozialen Herausforderungen der Industrie 4.0). 2016. –

- [Hir16] Hirsch-Kreinsen, Hartmut: *Digitalisierung und Einfacharbeit*. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik, 2016 (WISO Diskurs 12/2016). – ISBN 978-3-95861-496-3
- [HK15] ten Hompel, Michael; Kerner, Sören: *Logistik 4.0*. In: *Informatik-Spektrum* 38 (2015), Nr. 3, S. 176–182. – DOI 10.1007/s00287-015-0876-y
- [Hof14] Hoffmann, Franz-Josef: *iBin – Anthropomatik schafft revolutionäre Logistik-Lösungen*. In: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014 (SpringerLink). – ISBN 978-3-658-04681-1, S. 207-220
- [Hor10] Horx, Matthias: *Trend-Definitionen* <http://www.horx.com/zukunftsforschung/Docs/02-M-03-Trend-Definitionen.pdf>. – Aktualisierungsdatum: 2010 – Überprüfungsdatum 2018-02-23
- [Hor17] Horx, Matthias: *Zukunftsforschung* <http://www.horx.com/Zukunftsforschung/2-03.aspx> – Überprüfungsdatum 2017-12-08
- [HPZ09] ten Hompel, Michael; Pelka, M.; Zellerhoff, Jörg: *Strategien für eine flexible, auftragsweise Kommissionierung*. In: Scheid, Wolf-Michael (Hrsg.): *5. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL) : Technische Universität Ilmenau, 1. - 2. Oktober 2009*. Ilmenau, Ilmenau, Ilmenau : Universitätsverlag Ilmenau; Universitätsbibliothek, 2009. – ISBN 3939473561, S. 319–330
- [HSB11] ten Hompel, Michael; Sadowsky, Volker; Beck, Maria: *Kommissionierung: Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*. Berlin: Springer, 2011 (VDI-/Buch). – ISBN 978-3-540-29622-5
- [HSD18] ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten; Dregger, Johannes: *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik*. 4. Auflage: Springer Vieweg, 2018. – ISBN 978-3-662-56181-2
- [HSE10] Hussy, Walter; Schreier, Margrit; Echterhoff, Gerald: *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. – ISBN 978-3-540-95936-6

- [HTT⁺16] Helmrich, Robert; Tiemann, Michael; Trotsch, Klaus; Lukowski, Felix; Neuber-Pohl, Caroline; Lewalder, Anna Christin; Güntürk-Kuhl, Betül: *Digitalisierung der Arbeitslandschaften. Keine Polarisierung der Arbeitswelt, aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel*. Bonn, 2016
- [IAMo.J.] IAM Robotics: *Swift* <https://www.iamrobotics.com/products/swift/> – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [ID17] Ittermann, Peter; Dregger, Johannes: *Entweder Mensch oder Technik? Diese Frage stellt sich nicht!* <http://www.innovationslabor-logistik.de/entweder-mensch-oder-maschine/> – Überprüfungsdatum 2018-04-01
- [IEE17] IEEE Spectrum: *Aussies Win Amazon Robotics Challenge* <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/aussies-win-amazon-robotics-challenge> – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [IF14] Ingenics AG; Fraunhofer IAO: *Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung*, 2014
- [IFRo.J.] International Federation of Robotics (IFR): *Executive Summary World Robotics 2017 Service Robots*. o.J.
- [IFR17] International Federation of Robotics (IFR): *How robots conquer industry worldwide: IFR Press Conference*. Frankfurt, 27.09.2017
- [INH⁺16] Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Dregger, Johannes; ten Hompel, Michael: *Social Manufacturing and Logistics - Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik: Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47/2016*. Dortmund, 2016
- [Int16] Intralogistik: *Pick-by-Vision - Smart Glasses in der Kommissionierung - Intralogistik* <http://intralogistik.tips/pick-by-vision-smart-glasses-in-der-kommissionierung/>. – Aktualisierungsdatum: 2016-03-16 – Überprüfungsdatum 2017-12-16
- [Int17] Intralogistik: *Roboter-Kommissionierung - Die Zukunft im Lager?* <https://intralogistik.tips/robo-ter-kommissionierung-die-zukunft-im-lager/> – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [ISO16290] DIN - Deutsches Institut für Normung: *Raumfahrtsysteme – Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der Beurteilungskriterien (ISO 16290:2013)*, 2016

- [Jäg16] Jäger, Reingard: *Multi-Channel im stationären Einzelhandel: Ein Überblick*. Wiesbaden, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler, 2016 (Essentials). – ISBN 978-3-658-13026-8
- [JB98] Jünemann, Reinhardt; Beyer, Andreas: *Steuerung von Materialfluß- und Logistiksystemen: Informations- und Steuerungssysteme, Automatisierungstechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1998 (Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungen). – ISBN 9783540645146
- [JMH06] Jahnke, Isa; Metz-Göckel, Sigrid; Herrmann, Thomas: *Dynamik sozialer Rollen beim Wissensmanagement*. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag, 2006. – ISBN 9783835060302
- [JO04] Johnson, R. Burke; Onwuegbuzie, Anthony J.: *Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come*. In: *Educational Researcher* 33 (2004), Nr. 7, S. 14–26. – DOI 10.3102/0013189X033007014
- [Jün89] Jünemann, R.: *Materialfluß und Logistik: Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen*. Springer Berlin Heidelberg, 1989. – ISBN 978-3-662-08532-5
- [Jün97] Jünemann, Reinhardt (Hrsg.): *Von der Fördertechnik zur Logistik: Trends auf dem Weg ins 21. Jahrhundert - Logistik im Dialog zwischen Praxis und Wissenschaft - Tagungsband zu den 15. Dortmunder Gesprächen 24. und 25. September 1997*. Dortmund: Verl. Praxiswissen, 1997 (Logistik aktuell). – ISBN 3929443937
- [Kan17] Kantar Worldpanel: *The future of E-commerce in FMCG*. November 2017
- [KDV15] Kübler, Annemarie; Distel, Stefan; Veres-Homm, Uwe: *Logistikbeschäftigung in Deutschland: Vermessung, Bedeutung und Struktur*. Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2015. – ISBN 978-3-8396-0888-3 [KW16] Kasselmann, Sebastian; Willeke, Stefan: *Interaktive Assistenzsysteme: Technologie-Kompendium*. 2016
- [Kof16] Kofler, Thomas: *Die digitale Transformation ist ein fortlaufender, in digitalen Technologien begründeter, Veränderungsprozess, der die gesamte Gesellschaft und insbesondere Unternehmen betrifft*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digitale_Transformation.png – Überprüfungsdatum 2018-03-06

- [Kol09] Kolditz, Jan: *Fachkonzeption für selbststeuernde logistische Prozesse*. Berlin: Gito, 2009 (Informationstechnische Systeme und Organisation von Produktion und Logistik 10). – ISBN 978-3940019707
- [KSA07] Kirsch, Werner; Seidl, David; van Aaken, Dominik: *Betriebswirtschaftliche Forschung: Wissenschaftstheoretische Grundlagen und Anwendungsorientierung*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2007. – ISBN 978-3-7910-2724-1
- [KSS⁺17] Kersten, Wolfgang; Seiter, Mischa; See, Birgit von; Hackius, Niels; Maurer, Timo: *Chancen der digitalen Transformation: Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management - Anhang*. Hamburg: DVV Media Group GmbH, 2017
- [Kuh95] Kuhn, Axel: *Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien*. Dortmund: Verl. Praxiswissen, 1995 (Unternehmenslogistik). – ISBN 3-929443-49-X
- [Kum97] Kummelsteiner, G.: *Systemauswahl bei Pick & Pack-Kommissionierung*. In: Hossner, Rüdiger (Hrsg.): *Jahrbuch der Logistik*. Düsseldorf : Verlagsgruppe Handelsblatt, 1997, S. 166–170
- [Lau15] Laub, Malte: *Augmented Reality in der Logistik: James Bond in der Lagerhalle* <http://www.handelsblatt.com/technik/vernetzt/augmented-reality-in-der-logistik-james-bond-in-der-lagerhalle/11056224.html>. – Aktualisierungsdatum: 2015-03-24 – Überprüfungsdatum 2017-10-09
- [Lev16] Levine, Sergey: *Deep Learning for Robots: Learning from Large-Scale Interaction* <https://research.googleblog.com/2016/03/deep-learning-for-robots-learning-from.html>. – Aktualisierungsdatum: 2018-02-06 – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [LPK⁺17] Levine, Sergey; Pastor, Peter; Krizhevsky, Alex; Ibarz, Julian; Quillen, Deirdre: *Learning hand-eye coordination for robotic grasping with deep learning and large-scale data collection*. In: *The International Journal of Robotics Research* 3361 (2017), Nr. 10, 027836491771031. – DOI 10.1177/0278364917710318
- [Log16] LOGISTIK HEUTE: *Robotik: TORU pickt jetzt Schuhe* <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/15410/Logistikdienstleister-Fiege-kauft-Magazino-Roboter-fuer-Ibbenbueren-Robotik-> – Überprüfungsdatum 2018-02-12

- [Log17] Logistra: *Intralogistik: Industrie 4.0 sorgt für volle Auftragsbücher* <https://www.logistra.de/news-nachrichten/nfz-fuhrpark-lagerlogistik-intralogistik/8662/maerkte-amp-trends/intralogistik-industrie-4-0-sorgt-fuer-volle-a> – Überprüfungsdatum 2018-03-01
- [Log17a] LOGISTIK HEUTE: *Robotik: TORU bekommt Verstärkung* <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/17240/Fiege-ordert-30-neue-Magazino-Roboter-Robotik-TORU-bekommt-Verstaerkung> – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [Log17b] LOGISTIK HEUTE: *Kommissionierung: Smartphones im Brillenformat* <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/11250/Datenbrillen-revolutionieren-Pick-by-Vision-Anwender-aber-noch-skeptisch-Kom> – Aktualisierungsdatum: 2017-12-19 – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [Lud99] Ludwig-Mayerhofer, W.: *Definition Hypothese: ILMES - Internet-Lexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung* http://wlm.userweb.mwn.de/Ilmes/ilm_h1.htm. – Aktualisierungsdatum: 2017-01-30 – Überprüfungsdatum 2018-03-15
- [Lüd15] Lüdtker, A.: *Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung*. In: Botthof, Alfons; Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2015. – ISBN 978-3-662-45915-7, S. 125–146
- [Luh00] Luhmann, Niklas: *Organisation und Entscheidung*. Opladen: Westdt. Verl., 2000. – ISBN 9783531134512
- [Luh87] Luhmann, Niklas: *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1987 (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft 666). – ISBN 3-518-28266-2
- [LW10] Leitch, Shona; Warren, Matthew J.: *ETHICS: The Past, Present and Future of Socio-Technical Systems Design* (2010), Nr. 325, S. 189–197. – DOI 10.1007/978-3-642-15199-6
- [Mago.J.] Magazino: *Pick-by-Robot: mit TORU Pickkosten im Lager reduzieren* <https://www.magazino.eu/toru-cube/> – Überprüfungsdatum 2018-02-12

- [Mar14] Martin, Heinrich: *Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*. 9., vollst. überarb. u. akt. Aufl. 2014. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. – ISBN 978-3-658-03142-8
- [Mat17a] Materialfluss - das Magazin für Intralogistik: *VDMA Fördertechnik und Intralogistik: Branche wächst dank Industrie 4.0* <http://www.materialfluss.de/nachrichten/topmeldung/vdma-fordertechnik-und-intralogistik-branche-waechst-dank-industrie-4-0/> – Überprüfungsdatum 2018-03-01
- [Mat17b] Materialfluss Markt: *Anwenderstatistik* <http://markt.materialfluss.de/anwenderstatistik/lager-und-kommissioniertechnik/> – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [Mat92] Mathes, Rainer: *Hermeneutisch-klassifikatorische Inhaltsanalyse von Leitfadengesprächen: über das Verhältnis von quantitativen und qualitativen Verfahren der Textanalyse und die Möglichkeit ihrer Kombination*. In: Hoffmeyer-Zlotnik, Jürgen H. P. (Hrsg.): *Analyse verbaler Daten : Über den Umgang mit qualitativen Daten*. Opladen : Westdt. Verl., 1992 (ZUMA-Publikationen). – ISBN 3-531-12360-2, S. 402–424
- [May00] Mayring, Philipp: *Qualitative Inhaltsanalyse*. Forum Qualitative Sozialforschung, Juni 2000
- [Med16] MEDIZIN ASPEKTE: *Berufsspezifische Erkrankungsrisiken untersucht / BAuA-Studie deckt Präventionspotenziale auf* <https://medizin-aspekte.de/65817-berufsspezifische-erkrankungsrisiken-untersucht-baua-studie-deckt-praeventionspotenziale-auf/> – Überprüfungsdatum 2018-04-16
- [Mik97] Mikl-Horke, Gertraude: *Industrie- und Arbeitssoziologie*. 4., unwesentl. veränd. Aufl. München: Oldenbourg, 1997. – ISBN 9783486239638
- [MJ10] Mitchell, Mark L.; Jolley, Janina M.: *Research design explained*. 7. ed., international ed. Belmont, Calif.: Wadsworth Cengage Learning, 2010. – ISBN 978-0-495-80399-7
- [MM17] MM Logistik: *Knapp räumt Logimat-Preis ab* <https://www.mm-logistik.vogel.de/knapp-raeumt-logimat-preis-ab-a-590783/> – Überprüfungsdatum 2018-02-12

- [MM17a] MM MaschinenMarkt: *Vollautonomes Fahrzeug erledigt via Schwarmintelligenz. Aufträge* <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/vollautonomes-fahrzeug-erledigt-via-schwarmintelligenz-auftraege-a-597318/> – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [MPO16] Menez, Raphael; Pfeiffer, Sabine; Oestreicher, Elke: *Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM): Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Soziologie, Working Paper 02-2016*. 2016
- [MPR02] Maucher, Iren; Paul, Hansjürgen; Rudlof, Christiane: *Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen*. In: *Lecture Notes in Informatics (2002)*, P-21, S. 128–137. [Müh12] Mühlencoert, Thomas: *Kontraktlogistik-Management: Grundlagen - Beispiele - Checklisten*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012. – ISBN 978-3-8349-3131-3
- [Mül11] Müller, Christof: *Einsatz fahrerloser Transportsysteme in der Pharmabranche*. In: *TechnoPharm 1* (2011), Nr. 2, S. 162–167.
- [Mum95] Mumford, Enid: *Effective Systems Design and Requirements Analysis: The ETHICS Approach*. London, s.l.: Macmillan Education UK, 1995 (Information Systems Series). – ISBN 9780333639085
- [MVE⁺17] Masoudinejad, M.; Venkatapathy, A.K.R.; Emmerich, J.; Riesner, A.: *Smart Sensing Devices for Logistics Applications*. In: Magno, Michele; Ferrero, Fabien; Bilas, Vedran (Hrsg.): *Sensor Systems and Software : 7th International Conference, S-Cube 2016, Sophia Antipolis, Nice, France, December 1-2, 2016, Revised Selected Papers*. Cham, Cham : Springer International Publishing; Imprint Springer, 2017 (Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, 205). – ISBN 978-3-319-61563-9, S. 41–52
- [Nie17] Niehaus, Jonathan: *Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle*. Düsseldorf, 2017(FGW-Studie)
- [NWW12] Nyhuis, Peter; Wiendahl, Hans-Peter; Wagner, Carsten: *Materialbereitstellung in der Montage*. In: Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): *Montage in der industriellen Produktion : Ein Handbuch für die Praxis*. 2. Aufl. 2013. Berlin, Heidelberg

- : Springer Berlin Heidelberg, 2012 (VDI-Buch). – ISBN 978-3-642-29061-9, S. 285–313
- [ODE⁺17] Overmeyer, L.; Dohrmann, L.; Eilert, B.; Kleinert, S.; Podszus, F.: *Intelligente Flurförderzeuge durch die Implementierung kognitiver Systeme*. In: Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0 : Bd. 3: Logistik*. 2., erweiterte und bearbeitete Auflage. Berlin : Springer Vieweg, 2017 (Springer Reference Technik). – ISBN 9783662532515, S. 87–118
- [Ole89] Olerup, Agneta: *Socio-Technical Design of Computer-Assisted Work: A Discussion of the ETHICS and Tavistock Approaches*. In: *Scandinavian Journal of Information Systems* (1989), Nr. 1, S. 43–71.
- [onv17] onvista Media GmbH: *Amazon sucht 13 000 Saisonarbeitskräfte für das Weihnachtsgeschäft* <https://www.onvista.de/news/wdh-amazon-sucht-13-000-saisonarbeitskraefte-fuer-das-weihnachtsgeschaeft-40146517> – Überprüfungsdatum 2018-01-11
- [Pic17] Picavi: *Kommissionieren mit Datenbrille - Picavi Pick-by-Vision* <https://picavi.com/>. – Aktualisierungsdatum: 2017 – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [Pro17] ProGlove: *1st smart glove for industries* <http://www.proglove.de/> – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [PS15] Pfeiffer, Sabine; Suphan, Anne: *Industrie 4.0 und Erfahrung: Statt vager Prognosen zu technologischer Arbeitslosigkeit morgen, heute das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten nutzen und anerkennen*. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit : Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. 1. Auflage. Baden-Baden, Baden-Baden : Nomos, 2015 (Edition Sigma). – ISBN 978-3-8487-2225-9, S. 205–230
- [proo.J.] proLogistik: *Logistiklexikon: Was bedeutet Intralogistik?* <http://www.prologistik.com/logistik-lexikon/intralogistik/>. – Aktualisierungsdatum: 2018-02-07 – Überprüfungsdatum 2018-03-01
- [Pul09] Pulverich, Michael: *Handbuch Kommissionierung: Effizient picken und packen*. 1. Aufl., Stand September 2009. München: Vogel, 2009. – ISBN 978-3-574-26094-0

- [Rai06] Raithel, Jürgen: *Quantitative Forschung: Ein Praxiskurs*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2006. – ISBN 978-3-531-14948-6
- [Ram13] Ramsenthaler, Christina: *Was ist „Qualitative Inhaltsanalyse?“*. In: Schnell, Martin; Schulz, Christian; Kolbe, Harald; Dunger, Christine (Hrsg.): *Der Patient am Lebensende : Eine Qualitative Inhaltsanalyse*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013 (Palliative Care und Forschung). – ISBN 978-3-531-19659-6, S. 23–42
- [REM⁺14] Roidl, Moritz; Emmerich, Jan; Masoudinejad, Mojtaba; Riesner, Andreas; ten Hompel, Michael: *Entwicklung eines Versuchsfelds für große Systeme intelligenter Behälter*. 2014
- [RGS⁺10] Reif, R.; Günthner, W. A.; Schwerdtfeger, B.; Klinker, G.: *Evaluation of an Augmented Reality Supported Picking System Under Practical Conditions*. In: *Computer Graphics Forum* 29 (2010), Nr. 1, S. 2–12. – DOI 10.1111/j.1467-8659.2009.01538.x
- [RN12] Rudow, Bernd; Neubauer, Werner: *Trends in der Automobilindustrie: Entwicklungstendenzen, Betriebsratsarbeit, Steuer- und Fördertechnik, Gießereitechnik, Informationstechnologie und -systeme*. München: Oldenbourg, 2012 (Technik 10-2012). – ISBN 9783486716887
- [Sad07] Sadowsky, Volker: *Beitrag zur analytischen Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen*. Dortmund: Verl. Praxiswissen, 2007 (Logistik für die Praxis). – ISBN 978-3-89957-057-1
- [Safo.J.] SafeLog: *Safe human-robot interaction in logistic applications for highly flexible warehouses* <http://safelog-project.eu/> – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [SBF⁺08] Scholz-Reiter, Bernd; de Beer, Christoph; Freitag, Michael; Hamann, Tilo: *Dynamik logistischer Systeme*. In: Nyhuis, Peter (Hrsg.): *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – ISBN 978-3-540-75641-5, S. 109–138
- [Sch06] Schultetus, Wolfgang: *Arbeitswissenschaft - von der Theorie zur Praxis: Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und ihr wirtschaftlicher Nutzen*. Köln: Wirtschaftsverl. Bachem, 2006. – ISBN 3-89172-457-8

- [Sch07] Schuh, G.: *Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*: Springer Berlin Heidelberg, 2007. – ISBN 9783540338550
- [Sch08] Schulz-Schaeffer, Ingo: *Formen und Dimensionen der Verselbständigung*. In: Kündig, Albert; Bütschi, Danielle (Hrsg.): *Die Verselbständigung des Computers* : ETH Zurich, 2008, S. 29–53
- [Sch13] Schink, Andrea: *Hintergrund und Realisierung des Forschungsdesigns*. In: Schink, Andrea (Hrsg.): *Flexibler Umgang mit Brüchen : Empirische Erhebung individueller Strukturierungen zu Teil, Anteil und Ganzem*. Wiesbaden : Springer Spektrum, 2013 (Research, 9). – ISBN 978-3-658-00920-5, S. 75–128
- [Sch14] Schreier, Margrit: *Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten*. In: *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 15 (1) (2014).
- [Sch17] Schüler, Hans-Peter: *Hannover Messe: Teamfähiger Transportroboter Torsten* <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Hannover-Messe-Teamfaehiger-Transportroboter-Torsten-3697074.html>. – Aktualisierungsdatum: 2017-04-26 – Überprüfungsdatum 2018-02-06
- [Sch91] Schulte, Christof: *Logistik: Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses*. München: Vahlen, 1991. – ISBN 3800614545
- [SCX13] Sarker, Suprateek; Chatterjee, Sutirtha; Xiao, Xiao: *How "sociotechnical" is our IS research? An assessment and possible ways forward*. Thirty Fourth International Conference on Information Systems, Milan, 2013
- [Sem14] Semmann, Claudius: *Fahrerlose Systeme drängen auf den Markt* <https://www.dvz.de/rubriken/logistik/single-view/nachricht/fahrerlose-systeme-draengen-auf-den-markt.html> – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [SFB07] SFB 559 - Sonderforschungsbereich Modellierung Großer Netze in der Logistik: *Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe 5 "Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung"*. 2007

- [SGG⁺13] Spath, Dieter (Hrsg.); Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian: *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*: [Studie]. Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2013. – ISBN 978-3-8396-0570-7
- [SHE11] Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke: *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 9., aktualisierte Aufl. München: Oldenbourg, 2011. – ISBN 3486591061
- [SMV⁺18] Santis, Roberta de; Montanari, Roberto; Vignali, Giuseppe; Botani, Eleonora: *An adapted ant colony optimization algorithm for the minimization of the travel distance of pickers in manual warehouses*. In: *European Journal of Operational Research* 267 (2018), Nr. 1, S. 120–137. – DOI 10.1016/j.ejor.2017.11.017
- [SO06] Spitz-Oener, Alexandra: *Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure*. In: *Journal of Labor Economics* 24 (2006), Nr. 2, S. 235–270. – DOI 10.1086/499972
- [Sol17] Solvium: *Wachstum bei Logistikimmobilien leicht gedämpft* <https://www.solvium-capital.de/news/artikel/2017/03/wachstum-bei-logistikimmobilien-leicht-gedaempft/>. – Aktualisierungsdatum: 2018-01-23 – Überprüfungsdatum 2018-03-07
- [SoM15] Projektgruppe Social Manufacturing and Logistics (SoMaLI): *Digitalisierung von Industriearbeit: Forschungsstand und Entwicklungsperspektiven*. 2015
- [SSS⁺13] Schwarz, Christoph; Schachmanow, Jurij; Sauer, Jürgen; Overmeyer, Ludger; Ullmann, Georg: *Selbstgesteuerte Fahrerlose Transportsysteme*. 2013
- [Sta07] Statistisches Bundesamt: *Großhandel im Jahr 2005 – Strukturen und wirtschaftliche Rahmenbedingungen*. 2007
- [Sta17] Statistisches Bundesamt (Destatis): *Zahlen & Fakten - Wirtschaftsbereiche* <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Wirtschaftsbereiche.html> – Überprüfungsdatum 2018-01-08
- [Sta18a] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Gemeinsames Informationsangebot der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder zur Vierteljährlichen Verdiensterhebung* <http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/VVE/Hinweise.asp> – Überprüfungsdatum 2018-01-08

- [Sta18b] Statistisches Bundesamt (Destatis): *Publikation - Verdienste & Arbeitskosten - Arbeitnehmerverdienste* <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VerdiensteArbeitskosten/Arbeitnehmerverdienste/ArbeitnehmerverdiensteJ.html> – Überprüfungsdatum 2018-01-09
- [Stio.J.] STILL Deutschland: *iGo neo CX 20* <https://www.still.de/fahrzeuge/gabelstapler-und-lagertechnik/kommissionierer/igo-neo-cx-20.html>. – Aktualisierungsdatum: 2018-02-08 – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [SW15] Stallmann, Franziska; Wegner, Ullrich: *Internationalisierung von E-Commerce-Geschäften: Bausteine, Strategien, Umsetzung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. – ISBN 978-3-658-06781-6
- [Swio.J.] Swisslog: *CarryPick: flexibles, modulares Kommissioniersystem* <https://www.swisslog.com/de-de/logistik-automatisierung-intralogistik/produkte-systeme-1%C3%B6sungen/automatisierte-lagertechnik-lagersysteme-lagerlogistik/boxes-cartons-small-parts-items/carrypick-automatisches-lager-und-kommissionier-system> – Überprüfungsdatum 2018-02-08
- [Syd85] Sydow, Jörg: *Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung: Darstellung, Kritik, Weiterentwicklung*. Frankfurt/Main: Campus-Verlag, 1985 (Campus : Forschung Bd. 428). – ISBN 3-593-33485-2
- [Tar17] TarGroup Media GmbH & Co. KG: *Berufe in der Logistik* <https://www.logistik-studieren.de/berufe-in-der-logistik/#tab-22632-1>. – Aktualisierungsdatum: 2018-01-08 – Überprüfungsdatum 2018-01-09
- [TB51] Trist, E. L.; Bamforth, K. W.: *Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting*. In: *Human Relations* 4 (1951), Nr. 1, S. 3–38. – DOI 10.1177/001872675100400101
- [Tea16] Team Warehouse Logistics: *WMS Marktreport kompakt 2016: Trends und Entwicklungen auf dem Markt für Warehouse Management Systeme // Ausgabe 2016*. 2016
- [tel17] telent GmbH: *IoT-Lösung zur Digitalisierung von Paletten* <https://www.telent.de/de/aktuelles/news/news-detail/iot-loesung-zur-digitalisierung-von-paletten/> – Überprüfungsdatum 2017-12-28

- [Tra16] Tractia: *Wearable Devices for Enterprise and Industrial Markets*. Boulder, USA, 2016
- [Tri81] Trist, Eric L.: *The Evolution of Socio-Technical Systems: A Conceptual Framework and an Action Research Program*. In: *Occasional paper* (1981), Nr. 2.
- [TSS+13] Trenkle, Andreas; Seibold, Zázilia; Stoll, Thomas; Furmans, Kai: *FiFi – Steuerung eines FTF durch Gesten- und Personen-erkennung*. 2013
- [TW84] Tompkins, James A.; White, John A.: *Facilities planning*. New York: Wiley, 1984. – ISBN 0-471-03299-9
- [Ubi17] Ubimax: *LogiMAT 2017: Weltweit schnellste Kommissionierung mit Pick-by-Vision Lösung "xPick" und RFID-Armband "xBand"* <http://www.ubimax.com/cms/news-20170718-1-ey-msnWBX.pdf> – Überprüfungsdatum 2017-12-19
- [UH76] Ulrich, Peter; Hill, Wilhelm: *Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*. In: *WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium* (1976), Heft 7, S. 304–309.
- [Uli11] Ulich, Eberhard: *Arbeitspsychologie*. 7., neu überarb. und erw. Aufl. Zürich: vdf Hochschulverl. an der ETH, 2011. – ISBN 9783728133700
- [Uli13] Ulich, Eberhard: *Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme – eine Erinnerung*. In: *Journal Psychologie des Alltagshandelns / Psychology of Everyday Activity*, Vol. 6 / No. 1, ISSN 1998-9970 (2013), S. 4–12.
- [Uli97] Ulich, Eberhard: *Mensch, Technik, Organisation: ein europäisches Produktionskonzept*. In: *Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten (Schriftenreihe Mensch, Technik, Organisation)* (1997), Bd. 10, S. 5–17.
- [Ull15] Ullrich, Günter: *Innovationsbedarf bei Fahrerlosen Transportsystemen: Wieviel Autonomie steckt im FTS heute?* Voerde, 2015
- [Ulr75] Ulrich, Hans: Der allgemeine Systembegriff. In: Baetge, Jörg (Hrsg.): *Grundlagen der Wirtschafts- und Sozialkybernetik : Betriebswirtschaftliche Kontrolltheorie*. Opladen : Westdt. Verl., 1975 (Moderne Lehrtexte Wirtschaftswissenschaften, 11). – ISBN 978-3-531-11198-8, S. 33–39

- [Uni17] Universität Bremen: *Verbundprojekt „Der Intelligente Container“* <http://www.intelligentcontainer.com/startseite.html> – Überprüfungsdatum 2017-12-28
- [Vano.J.] Vanderlande Industries: *Automatisierte Kartonkommissionierung* <https://www.vanderlande.com/de/lagerautomation/innovative-systeme/automatisierte-kommissioniersysteme/automatisierte-kartonkommissionierung> – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [Van17] Vanderlande Industries: *Vanderlande to showcase Smart Item Robotics at LogiMAT 2017 - Vanderlande* <https://www.vanderlande.com/news/vanderlande-to-showcase-smart-item-robotics-at-logimat-2017> – Überprüfungsdatum 2018-02-09
- [VDI11] VDI Nachrichten: *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution* <https://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution> – Überprüfungsdatum 2018-02-22
- [VDI2860] VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik: *VDI 2860 Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole*, 1990; zurückgezogen 2016
- [VDI3590] VDI: *Richtlinie 3590 Blatt 1 Kommissioniersysteme; Grundlagen*, 1994
- [VDM17a] VDMA: *Fachverband Fördertechnik und Intralogistik* <http://foerd.vdma.org/fachverband> – Überprüfungsdatum 2018-03-01
- [VDM17b] VDMA: *Forschungsprojekte im Themenfeld Industrie 4.0*, 2017
- [Ver18] Verlag Heinrich Vogel: *Ausbildungsberufe in der Logistikbranche* <https://www.hallo-ausbildung.de/berufe-1660897.html> – Überprüfungsdatum 2018-01-09
- [Web17] Weber, Wolfgang: *Industrieroboter: Methoden der Steuerung und Regelung*. 3., neu bearbeitete Auflage. München, München: Hanser, 2017. – ISBN 978-3-446-43355-7
- [Wes16] Westdörp, Uwe: *Industrie 4.0: Und wo bleibt der Mensch?* <https://www.noz.de/deutschland-welt/politik/artikel/676338/industrie-4-0-und-wo-bleibt-der-mensch>. – Aktualisierungsdatum: 2017-11-26 – Überprüfungsdatum 2018-01-02

- [Wie08] Wiendahl, Hans-Hermann: *Stolpersteine der PPS — ein soziotechnischer Ansatz für das industrielle Auftragsmanagement*. In: Nyhuis, Peter (Hrsg.): *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – ISBN 978-3-540-75641-5, S. 275–304
- [Wiko.J.] Wikipedia: *Technology Readiness Level* <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=173451523>. – Aktualisierungsdatum: 2018-01-29 – Überprüfungsdatum 2018-02-12
- [Win14] Windelband, Lars: *Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“*. In: *Journal of Technical Education (JOTED)* Jg. 2 (Heft 2) (2014), S. 138 – 160.
- [wir15] www.daswirtschaftslexikon.com: *Shareholder- und Stakeholder-Ansatz* http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/shareholder-_und_stakeholder-ansatz/shareholder-_und_stakeholder-ansatz.htm. – Aktualisierungsdatum: 2015-11-29 – Überprüfungsdatum 2018-03-09
- [Wis09] Wisser, Jens: *Der Prozess Lagern und Kommissionieren im Rahmen des Distribution Center Reference Model (DCRM)*. Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2009. Print on demand. Karlsruhe, Hannover: Univ.-Verl. Karlsruhe; Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek, 2009 (Wissenschaftliche Berichte des Institutes für Fördertechnik und Logistiksysteme der Universität Karlsruhe (TH) 72). – ISBN 9783866443723
- [Wis14] Wissenschaftlicher Beirat der Plattform Industrie 4.0: *Neue Chancen für unsere Produktion: 17 Thesen des wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0*. 2014
- [Wis16] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestags: *Aktueller Begriff Industrie 4.0* (2016-09-26).
- [Wor05] World Health Organization: *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*. Genf, 2005
- [WQ97] Winz, Gerald; Quint, Michael: *Prozesskettenmanagement: Leitfaden für die Praxis*. Dortmund: Verl. Praxiswissen, 1997 (Spektrum 2000). – ISBN 3-929443-83-X
- [WRW15] Weidner, R.; Redlich, T.; Wulfsberg, J. P.: *Technische Unterstützungssysteme*: Springer Berlin Heidelberg, 2015. – ISBN 9783662483831

- [WS12] Windelband, Lars; Spöttl, Georg: *Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des "Internet der Dinge"*. In: Faßhauer, Uwe (Hrsg.): *Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen - aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung*. Opladen : Budrich, 2012 (Schriftenreihe der Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE)). – ISBN 978-3-8474-0007-3, S. 205–220
- [Wur17] Wurll, C.: *Das bewegliche Lager auf Basis eines Cyber-physischen Systems*. In: Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0 : Bd. 3: Logistik. 2., erweiterte und bearbeitete Auflage*. Berlin : Springer Vieweg, 2017 (Springer Reference Technik). – ISBN 978-3-662-53250-8, S. 151–154
- [Wür16] Würth Industrie Service GmbH & Co. KG: *Das digitale Regaletikett* http://www.wuerth-industrie.de/web/de/wuerthindustrie/cteile_management/systemloesungen/digitale_cteilesysteme/ideisplay_cpsmobile.php – Überprüfungsdatum 2017-12-28
- [Wür17] Würth Industrie Service GmbH & Co. KG: *Industrie 4.0 Kanban-Behälter - Würth Industrie Service GmbH & Co. KG: C-Teile. Mit Sicherheit. - C-Teile, C-Teile-Management, Schrauben, Kanban-Systeme* https://www.wuerth-industrie.com/web/de/wuerthindustrie/cteile_management/kanban/ibin_intelligenterbehaelter/ibin.php – Überprüfungsdatum 2017-12-28
- [You95] Yousuf, S. M. Anwar: *Quality of working life as a function of socio-technical system*. 1st ed. New Delhi, India: Mittal Publications, 1995. – ISBN 817099604X
- [ZVE09] ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.: *Nationale Roadmap Embedded Systems*. Frankfurt, 2009

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wissenschaftssystematik (eigene Darstellung mit Ergänzung der Ingenieurwissenschaften nach [UH76], S. 305)	10
Abbildung 2: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)	12
Abbildung 3: Produktionsvolumen der deutschen Intralogistikbranche (eigene Darstellung nach [Mat17a])	15
Abbildung 4: Transformationsprozesse in der Logistik (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 3)	15
Abbildung 5: Materialflusstechnische Grundfunktionen (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 55)	16
Abbildung 6: Teilsysteme und Elemente eines Kommissioniersystems (eigene Darstellung nach [VDI3590], S. 3 ff.)	17
Abbildung 7: Die digitale Transformation (eigene Darstellung nach [Kof16])	41
Abbildung 8: Internetnutzung in Deutschland (eigene Darstellung nach [D2117], S. 10)	42
Abbildung 9: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2017 (eigene Darstellung nach [Gar17b])	43
Abbildung 10: Volumina des interaktiven Handels in Deutschland (eigene Darstellung nach [bev17], S. 10)	44
Abbildung 11: Teilsysteme des soziotechnischen Systems (eigene Darstellung)	45
Abbildung 12: MTO-Konzept (eigene Darstellung nach [Uli97])	49
Abbildung 13: Industrie 4.0 als soziotechnisches System (eigene Darstellung nach [SoM15], S. 7)	51
Abbildung 14: Ansatzpunkte einer humanorientierten Systemgestaltung (eigene Darstellung nach [DNI ⁺ 16])	52

Abbildung 15: Einsatz digitaler Technologien bei Unternehmen mit Logistikprozessen (eigene Darstellung nach [Bit17a], S. 84)	63
Abbildung 16: Transportroboter mit Regal (eigene Darstellung).....	70
Abbildung 17: Serviceroboter in der Logistik (eigene Darstellung nach [IFRo.J.], S. 13)	71
Abbildung 18: Datenbrille für die Kommissionierung (eigene Darstellung)	74
Abbildung 19: Verkäufe von Wearables weltweit (eigene Darstellung nach [Tra16])	77
Abbildung 20: Mobiler Kommissionierroboter (eigene Darstellung)	79
Abbildung 21: Bestand von Industrierobotern weltweit (eigene Darstellung nach [IFR17], S. 15)	82
Abbildung 22: Evolution vom eingebetteten System zum Internet der Dinge, Daten und Dienste (eigene Darstellung nach [GB12], S. 21) ..	84
Abbildung 23: Intelligenter Behälter (eigene Darstellung)	88
Abbildung 24: Technologietrends und Zukunftstechnologien in Kommissioniersystemen (eigene Darstellung)	91
Abbildung 25: Entwicklung einer Logistik- bzw. Fließsystemtheorie (eigene Darstellung nach [Göp16]; S. 77)	96
Abbildung 26: Das Arbeitssystem als soziotechnisches System (eigene Darstellung nach [Syd85], S. 29).....	97
Abbildung 27: Einflussgrößen auf Kommissioniersysteme (eigene Darstellung nach [HSD18], S. 272).....	98
Abbildung 28: Klassifikation von Modellen für logistische Systeme nach dem zugrunde gelegten Systemverständnis (eigene Darstellung nach [Wie08], S. 284)	100
Abbildung 29: Bezugsrahmen der Studie (eigene Darstellung)	102
Abbildung 30: Intralogistische Einflussfaktoren auf die Verbreitung von Technologietrends im Rahmen dieser Studie (eigene Darstellung)....	104
Abbildung 31: Auswertung des Szenarios „dirigierte Technik“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	112
Abbildung 32: Auswertung des Szenarios „technikdeterminierter Ablauf“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	113

Abbildung 33: Auswertung des Szenarios „komplementäre Zusammenarbeit“; branchendifferenziert (eigene Darstellung).....	114
Abbildung 34: Auswertung der Einflussfaktoren auf autonome Transportroboter (eigene Darstellung)	116
Abbildung 35: Auswertung der Einflussfaktoren auf innovative Assistenzsysteme (eigene Darstellung)	117
Abbildung 36: Auswertung der Einflussfaktoren auf mobile Kommissionierroboter (eigene Darstellung)	118
Abbildung 37: Auswertung der Einflussfaktoren auf intelligente Logistikobjekte (eigene Darstellung)	120
Abbildung 38: Auswertung der Kompetenzen auf Shopfloor-Ebene (eigene Darstellung)	122
Abbildung 39: Auswertung der Kompetenzen auf Management-Ebene (eigene Darstellung)	123
Abbildung 40: Auswertung der Herausforderung „Akzeptanz“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	124
Abbildung 41: Auswertung der Herausforderung „komplexe Entscheidungen“; branchendifferenziert (eigene Darstellung).....	125
Abbildung 42: Auswertung der Herausforderung „Arbeitsplätze“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	126
Abbildung 43: Auswertung der Herausforderung „soziale Netzwerke“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	128
Abbildung 44: Auswertung der Herausforderung „Management“; branchendifferenziert (eigene Darstellung)	129
Abbildung 45: Soziotechnischer Ansatz mit den elementspezifischen Untersuchungsaspekten (gestrichelt) (eigene Darstellung)	132
Abbildung 46: Entwicklung der prozentualen Verteilung der vollzeitbeschäftigten Arbeitnehmer im Wirtschaftszweig <i>H521 Lagerei</i> (eigene Darstellung)	156
Abbildung 47: Anzahl Leiharbeiter insgesamt, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung)	159
Abbildung 48: Materialbereitstellungsstrategien (eigene Darstellung nach [BL94], S. 20)	165

Abbildung 49: Beispiele für Distributionssysteme (eigene Darstellung nach [Sch91], S. 279)	167
--	-----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassische Systemtypen in der Kommissionierung und beispielhafte Systemlösungen (eigene Darstellung nach [HSB11], S. 66)	20
Tabelle 2: Erste Stufe der Systemauswahl bei einstufiger Kommissionierung (eigene Darstellung nach [Kum97], S. 167).....	21
Tabelle 3: Leistungsgruppen für Arbeitnehmer (eigene Darstellung).....	23
Tabelle 4: Prozentuale Verteilung der Leistungsgruppen im Wirtschaftszweig <i>H521 Lagerei</i> im Jahr 2016 (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte) (eigene Darstellung)	24
Tabelle 5: Klassifikation der Berufe, Ausgabe 2010 (KldB 2010), Auszug (eigene Darstellung)	28
Tabelle 6: Klassifikation der Berufe, sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Berufsgruppe 513, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)	30
Tabelle 7: Klassifikation der Berufe, sozialversicherungspflichtig Beschäftigte der Berufsuntergruppe 5131 nach ausgewählten Merkmalen, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)	31
Tabelle 8: Top 10 der geringfügig Beschäftigten insgesamt nach der ausgeübten Tätigkeit der Klassifikation der Berufe (KldB 2010), Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)	32
Tabelle 9: Beschäftigungsstruktur KldB <i>5131 Berufe in der Lagerwirtschaft</i> , Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)	32
Tabelle 10: Struktur der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Lagerwirtschaft, Stichtag 31.12.2016, inklusive Aufsichts- und Führungskräfte (eigene Darstellung)	33

Tabelle 11: Bestand an Leiharbeitnehmern nach den Top 20 in Deutschland ausgeübten Tätigkeiten der KldB 2010, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung).....	36
Tabelle 12: Bestand an Leiharbeitnehmern der Berufsgruppe 513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag nach ausgeübter Tätigkeit der KldB 2010 und Staatsangehörigkeit, Stichtag 31.12.2016 (eigene Darstellung)	37
Tabelle 13: Anzahl von vernetzten Dingen weltweit in Milliarden (eigene Darstellung nach [Gar17a])	83
Tabelle 14: Stufen des TRL (eigene Darstellung nach [Wiko.J.], basierend auf [ISO16290])	92
Tabelle 15: Zukunftstechnologien und deren Entwicklungsstand (eigene Darstellung)	93
Tabelle 16: Grundfunktionen des Kommissioniervorgangs (eigene Darstellung nach [VDI3590])	134
Tabelle 17: Task-Dimensionen (eigene Darstellung nach [SO06], S. 243) ..	135
Tabelle 18: Analyse der Task-Dimensionen der für die Kommissionierung relevanten Tätigkeiten (eigene Darstellung).....	137
Tabelle 19: Einfluss der Zukunftstechnologien auf die Wertschöpfung in der Kommissionierung (eigene Darstellung).....	152
Tabelle 20: Einfluss der Zukunftstechnologien auf die Grundfunktionen der Kommissionierung (eigene Darstellung).....	153
Tabelle 21: Auswirkungen der Zukunftstechnologien hinsichtlich der Arbeits- und Funktionsteilung (eigene Darstellung)	154
Tabelle 22: Prozentuale Verteilung der vollzeitbeschäftigten Arbeitnehmer im Wirtschaftszweig H521 Lagerei (eigene Darstellung)	155
Tabelle 23: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung)	157
Tabelle 24: Entwicklungen zum Vorjahr bei den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in KldB 5131 Berufe in der Lagerwirtschaft, Stichtag jeweils 31.12. (eigene Darstellung).....	157
Tabelle 25: Beschäftigte in KldB 513 Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag (eigene Darstellung).....	159

Tabelle 26: Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)	170
Tabelle 27: Relevanz der intralogistischen Einflussfaktoren für die Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung).....	171
Tabelle 28: Einflussfaktorenabhängige Verbreitung der Zukunftstechnologien in den Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung)	173
Tabelle 29: Relevanz der Zukunftstechnologien für die Kommissionierungsdomänen (eigene Darstellung).....	174

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
CPS	Cyber-physisches System
ERP	Enterprise resource planning
FTF	Fahrerloses Transportfahrzeug
FTS	Fahrerloses Transportsystem
HMD	Head-mounted Display
IT	Informationstechnik
JiS	Just in Sequence
JiT	Just in Time
KD	Kommissionierungsdomäne
KldB	Klassifikation der Berufe
MMI	Mensch-Maschine-Interaktion
RFID	Radio-frequency identification
TD	Task-Dimension
TRL	Technology Readiness Level

Anhang

Anhang 1: Klassifikation der Berufe, Ausgabe 2010 (KldB 2010). Detailliert.

	51311 Berufe in der Lagerwirtschaft - Helfer-/Anlern Tätigkeiten	51312 Berufe in der Lagerwirtschaft - fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	51393 Aufsichts-kräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag	51394 Führungs-kräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag
Inhalt	Diese Systematikposition umfasst alle Berufe in der Lagerwirtschaft, deren Tätigkeiten in der Regel keine speziellen Fachkenntnisse erfordern. Angehörige dieser Berufe führen in Speditionen und Logistikunternehmen einfache oder zuarbeitende Routinetätigkeiten aus.	Diese Systematikposition umfasst alle Berufe in der Lagerwirtschaft, deren Tätigkeiten fundierte fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten erfordern. Angehörige dieser Berufe schlagen Güter um, lagern sie fachgerecht und wirken bei logistischen Planungs- und Organisationsprozessen mit.	Angehörige dieser Berufe übernehmen Aufsichtsaufgaben in den Bereichen Lagerwirtschaft, Post und Zustellung sowie Güterumschlag, welche Spezialkenntnisse und -fertigkeiten erfordern. Sie planen, organisieren und überwachen die Lagerhaltung und die Lagereinrichtungen von Betrieben, Post- und andere Zustellerdienste sowie den Güterumschlag an Häfen. Zudem koordinieren und beaufsichtigen sie die eingesetzten Fachkräfte.	Angehörige dieser Berufe übernehmen Führungsaufgaben in den Bereichen Lagerwirtschaft, Post und Zustellung sowie Güterumschlag, welche einen hohen Komplexitätsgrad aufweisen und ein entsprechend hohes Kenntnis- und Fertigniveau erfordern. Sie sind für die Planung, Organisation und Leitung von Warenlagern, dem Güterumschlag oder Post- und Zustellerdiensten verantwortlich.
Aufgaben, Tätigkeiten, Kenntnisse und	<ul style="list-style-type: none"> • bei Umzügen und Möbeltransporten mithelfen, Möbelstücke 	<ul style="list-style-type: none"> • Entladungsvorgänge organisieren, angelieferte Waren in Empfang nehmen und sie 	<ul style="list-style-type: none"> • den Wareneingang ins Lager, den Warentransport innerhalb des Lagers sowie den 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategien zu Lagerhaltung, Güterumschlag sowie Zustellung von Express-, Kurier-

Fertigkeiten, üblicherweise	<p>montieren, demontieren, verpacken und kennzeichnen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fachkräfte bei der Kommissionierung und Verpackung von Artikeln unterstützen, Waren annehmen und ausgeben ● auf Anweisung die auf Paletten gelagerten Waren und Güter transportieren und stapeln ● Produkte, Verpackungen und verschiedene Behälter befüllen und kennzeichnen ● Verladearbeiten verrichten, z. B. Be- und Entladen von Lkws, Wagons oder Schiffen 	<p>auf Vollständigkeit und Unversehrtheit kontrollieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ● die Kommissionierung, Verpackung, Verladung und Versendung von Gütern organisieren ● den Warenfluss vom Lager zu anderen Unternehmensbereichen wie Fertigung, Vertrieb oder Service gewährleisten ● Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen ● Möbel und andere zur Lagerung übernommene Gegenstände inventarisieren ● Lageraufzeichnungen führen, die Warenausgabe überprüfen, Bedarfsschätzungen vornehmen und neue Lagerbestände anfordern 	<p>Warenausgang aus dem Lager überwachen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Qualitätskontrollen bei gelieferten Waren durchführen ● Warenbestände sowie deren ordnungsgemäße, produktspezifische Lagerung kontrollieren ● Lagerbücher, -karteien, -listen und -dateien führen, den Lagerbedarf festlegen und Ergänzungsbedarf der Geschäftsleitung melden ● den Einsatz von Personal und Geräten bzw. den sachgemäßen Transport und Versand von Gütern planen, organisieren und kontrollieren ● Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter organisieren und den betrieblichen Teil der Ausbildung durchführen 	<p>und Postsendungen festlegen, implementieren und überwachen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pläne zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Lagerbestände bei minimalen Kosten erstellen und implementieren ● Lager- und Lagerhaltungssysteme zur Erfüllung der Lieferanforderungen überwachen und prüfen, Lagerbestände kontrollieren ● den Wareneingang, Warentransport innerhalb des Lagers sowie den Warenausgang aus dem Lager überwachen ● Aufzeichnungssysteme zur Verfolgung aller Warenbewegungen führen, um die Nachbestellung und Lagerauffüllung zu optimalen Zeitpunkten sicherstellen zu können ● sich mit vor- und nachgelagerten Abteilungen wie Einkauf, Produktion oder Vertrieb abstimmen ● das Budget verwalten, Ausgaben kontrollieren und einen effizienten Ressourceneinsatz sicherstellen ● operative und administrative Verfahren festlegen und leiten
------------------------------------	--	---	--	--

				• die Auswahl, Weiterbildung und Leistung der Mitarbeiter überwachen
Zugeordnete Berufe (Beispiele)	Lagerhelfer Verpacker Möbelträger Warenauszeichner	Disponent – Lager Fachlagerist Fachkraft – Lagerlogistik Magazinverwalter Kommissionierer	Meister – Lagerwirtschaft Ladebetriebsleiter Hafenumschlagsmeister	Lagerleiter Versandleiter

Anhang 2: Tätigkeitsinhalte der verschiedenen Mitarbeiter in einem Kommissioniersystem (nach BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit [Buno.J.a])**Fachlagerist:**

- Güter annehmen und kontrollieren
 - angelieferte Waren in Empfang nehmen, auspacken, auf Vollständigkeit und Unversehrtheit kontrollieren
 - bei Beanstandungen mit dem Frachtführer/der Frachtführerin Rücksprache halten; ggf. weitere Maßnahmen einleiten
- Güter lagern
 - Güter mithilfe von Fördergeräten unter Berücksichtigung von Warenart, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht einlagern
 - Einlagerung mit einer speziellen Software (Lagerverwaltungssysteme) dokumentieren
 - Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen, benötigte Raumfeuchtigkeit und -temperatur kontrollieren
- Inventuren durchführen
- Güter im Betrieb transportieren
 - Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke, Unfallsicherheit, Umweltschutz- und Kostenaspekten auswählen; Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren
- Güter kommissionieren
 - je nach Lager- und Kommissionierungssystem bzw. Auftrag Güter zusammenstellen
- Güter verpacken
 - Güter kundenorientiert verpacken, unter Berücksichtigung von Güter- und Transportart, Transportweg und Wirtschaftlichkeit
 - geeignete Verpackungsmaschinen und -geräte auswählen
 - Waren beschriften und kennzeichnen
 - verbrauchtes Verpackungsmaterial umweltgerecht entsorgen
- Güter verladen
 - Frachtgewicht und -volumen ermitteln, Verkehrs- und Beförderungsmittel auf Einsetzbarkeit kontrollieren

- Verladung mit dem Frachtführer/der Frachtführerin ab-sprechen
- Güter unter Berücksichtigung von Versandart (z. B. Ge-fahrgut) und Bestimmungsort auf Transportmittel (z. B. Lkw) verladen, verstauen und sichern
- Güter versenden
 - Versandkosten ermitteln
 - Versandpapiere mit der Ladung abgleichen

Fachkraft für Lagerlogistik:

- Güter annehmen und kontrollieren
 - Platz für die eingehende Ware planen
 - angelieferte Waren in Empfang nehmen, auf Vollständig-keit und Unversehrtheit kontrollieren
 - im Fall einer Beanstandung Rücksprache mit dem Fracht-führer nehmen; ggf. weitere Maßnahmen einleiten
 - Entladungsvorgang organisieren
- Güter lagern
 - Lagerzonen und -einrichtungen planen
 - Lagerplätze nach technischen, ökonomischen und sicher-heitsrelevanten Gesichtspunkten auswählen bzw. festge-legte Lagerplätze für Produkte und Produktvarianten iden-tifizieren
 - Güter mithilfe von Fördergeräten einlagern, dabei Waren-art, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht beachten
 - Einlagerung mit spezieller Software dokumentieren
- Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsda-tum überprüfen, Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur kontrollie-ren
- Güter im Betrieb transportieren
 - Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke sowie unter dem Aspekt der Unfallsicherheit, des Umweltschutzes und der Kosten auswählen
 - Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren
- Tourenplan unter wirtschaftlichen, infrastrukturellen, terminlichen und umweltspezifischen Gesichtspunkten erstellen
- Güter kommissionieren
 - Material- und Informationsfluss vorbereiten
 - je nach Lager- und Kommissionierungssystem und Auf-trag Güter zusammenstellen

- Optimierungsmöglichkeiten vorschlagen
- Güter verpacken
 - Verpackungskosten ermitteln
 - Güter kundenorientiert und unter Berücksichtigung von Güter- und Transportart, Transportweg und Wirtschaftlichkeit sowie vertraglicher, nationaler und internationaler Bestimmungen verpacken
 - geeignete Verpackungsmaschinen und -geräte auswählen
 - Waren beschriften und kennzeichnen
 - verbrauchtes Verpackungsmaterial umweltgerecht entsorgen
- Güter verladen
 - Arbeitsabläufe in der Verladung planen
 - Verladung kosten- und kundenorientiert vorbereiten; dabei gesetzliche und vertragliche Vorgaben beachten
 - geeignete Fördermittel und Ladehilfen bereitstellen
 - Frachtgewicht und -volumen ermitteln, Verkehrs- und Beförderungsmittel auf Einsetzbarkeit kontrollieren
 - Güter auf Transportmittel verladen und sichern, unter Berücksichtigung von Versandart und Bestimmungsort
 - Verladung mit dem Frachtführer/der Frachtführerin absprechen
- Güter versenden
 - Versandkosten ermitteln
 - Versandpapiere bearbeiten; ggf. fachspezifische Fremdsprachenkenntnisse anwenden
- logistische Prozesse optimieren
 - Lagerbestände quantitativ und qualitativ prüfen und darüber die Einkaufsabteilung informieren
 - ABC-Analysen erstellen, um Lagerplätze je nach Zugriffshäufigkeit zu klassifizieren
 - Vorschläge zur Optimierung der Schnittstellen (z. B. Beschaffung/Lager) im logistischen Prozess machen
- Güter beschaffen
 - Anfragen für Angebote erstellen, Angebote vergleichen
 - Waren bei geeigneten Anbietern bestellen
 - Bezahlung der gelieferten Güter veranlassen
- Kennzahlen ermitteln und auswerten
 - Lagerkennziffern berechnen und als Kontrollinstrument einer wirtschaftlichen Lagerhaltung einsetzen
 - Inventuren durchführen

- anhand von Belegen die Bestandsänderungen ermitteln;
Bestandsänderungen auf entsprechenden Konten erfassen
und Konten abschließen
- einfache Jahresabschlüsse durchführen

Leiter – Materialwirtschaft:

- den Einsatz von Betriebsmitteln überwachen
- die Transport- und Lagertechnik optimieren
- Kosten kalkulieren
- das Beschaffungs- und Bestellwesen organisieren
- die Wirtschaftlichkeit der Lagerprozesse anhand von Lagerkennzahlen kontrollieren
- den reibungslosen Warenfluss vom Lager zu unterschiedlichen Unternehmensbereichen wie Produktion, Vertrieb und Service gewährleisten
- die kontinuierliche Verbesserung des logistischen Ablaufs und der Prozesse sicherstellen
- Personalpläne erstellen
- den anfallenden Schriftverkehr erledigen
- Schulungen planen und durchführen

Leiter – Lagerwirtschaft:

- Warenumsatz und Lagerorganisation planen und koordinieren
- Abläufe in Warenein- und -ausgang, internem Warentransport und Lagerung bestimmen und kontrollieren
- Bestandskontrollen sowie Inventuren organisieren
- mit vor- und nachgelagerten Abteilungen, z. B. Vertrieb, Einkauf oder Fertigung, zusammenarbeiten
- Personaleinsatz planen
- Mitarbeiter fachlich anleiten und führen
- bei Lagerung und Transport die jeweiligen Wareneigenschaften berücksichtigen
- Einhaltung der Arbeitssicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften überprüfen
- Versand termin- und fristgerecht abwickeln, Versandpapiere erstellen
- Verladevorgänge überwachen und optimieren
- Qualität der eingegangenen Waren überprüfen
- Waren abschreiben, vernichten oder umweltgerecht entsorgen
- Arbeitsprozesse mittels EDV dokumentieren
- Einkauf planen, koordinieren und kontrollieren
 - Beschaffung und Bestellwesen organisieren

- Preise und Konditionen kalkulieren
- Lager- und Materialkosten berechnen

Logistiker:

- logistische Konzepte und Strategien unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen planen und umsetzen
- den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen
- Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen
- Produktions- und Transportinformationen über Funk abrufen
- Internet- und E-Commerce-Plattformen zur Auftragsvergabe einsetzen
- die Lagerhaltung koordinieren
- Angebote erstellen, Kundenwünsche umsetzen
- Reklamationen bearbeiten
- die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen
- die notwendigen Dokumente für Transport, Zoll sowie Aus- und Einfuhr in das Zielland erstellen
- den Personalbedarf und -einsatz planen, ggf. Führungsaufgaben übernehmen

Betriebswirt (Hochschule) – Logistik:

- Analyse und Konzeption
- bestehende Verfahren, Abläufe und Logistikprozesse eines Unternehmens analysieren
- Zusammenhänge zwischen Abteilungen analysieren und Optimierungsansätze für alle Stufen der betrieblichen Wertschöpfung erarbeiten, Supply-Chain-Management -Konzepte entwickeln
- Beratungskonzepte für den gesamten Logistikbereich entwerfen
- Umsetzung, Controlling und Leitung
- im Supply-Chain-Management für das erfolgreiche Zusammenspiel aller Beteiligten in der Lieferkette sorgen und die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen koordinieren, Softwarelösungen einführen bzw. optimieren
- Warenein- und -ausgang sowie Lagerbestände kontrollieren
- Kontakte zu Zulieferern halten
- Einhaltung der Liefertermine sicherstellen

- die Organisationsstruktur und interne Abläufe des Unternehmens von der Beschaffungslogistik über die Produktions- bis hin zur Vertriebslogistik optimieren
- den Informationsfluss im Unternehmen optimieren, für kunden- und betriebsgerechte Informationsverarbeitung und -bereitstellung sorgen
- im Collaborative Commerce Unternehmensprozesse optimieren und das Internet als Plattform für unternehmensübergreifende Netzwerke einsetzen
- Controlling durchführen
- Aufgaben in der Geschäftsleitung, im Management und in der Unternehmensplanung wahrnehmen
- Wissenschaftliche Forschung und Lehre (i. d. R. nach Masterabschluss und ggf. Promotion)
- an Forschungsvorhaben mitwirken
- Vorlesungen und Seminare vorbereiten bzw. abhalten, Unterricht nachbereiten, ggf. Prüfungen abnehmen
- Forschungsberichte verfassen

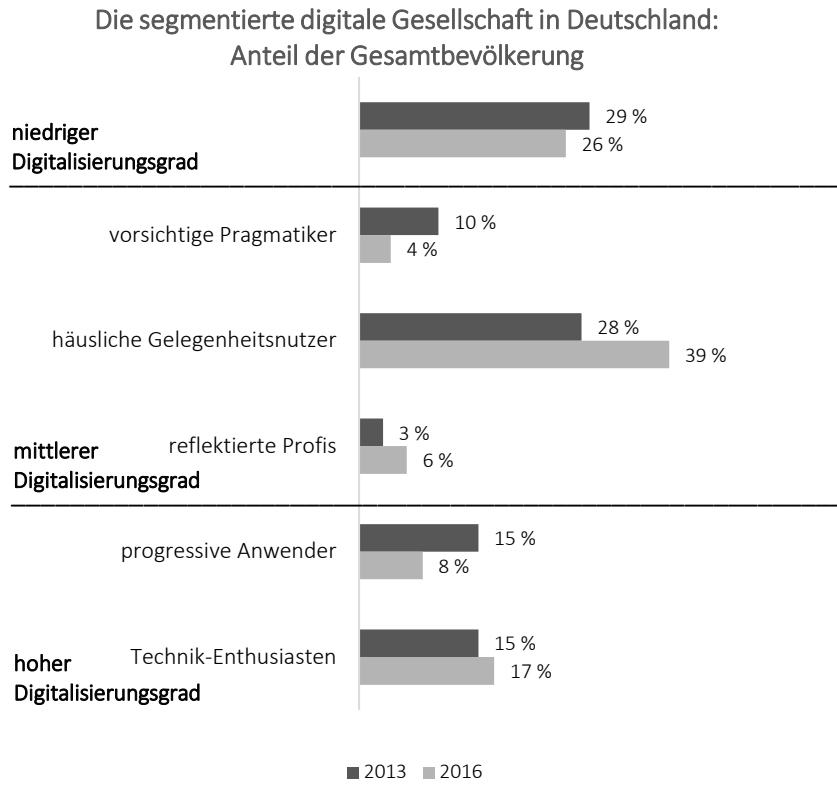
Betriebswirt (Fachschule) – Logistik:

- Aufgaben und Tätigkeiten im Einzelnen
- den Warenfluss gewährleisten, Verkehrsdienstleistungen konzipieren und realisieren
 - Frachtkapazitäten reservieren
 - Frachtdokumente ausfertigen und ergänzen
 - Fahrt- oder Flugverbindungen zusammenstellen
 - Sendungen bzw. Waren auf ihre äußerliche Unversehrtheit prüfen
 - geeignete Lagerstätten für die einzulagernden Güter auswählen
 - Informationen aufbereiten, Angebote in Prospekten und Leistungsübersichten darstellen
- bei der kaufmännischen Steuerung mitarbeiten
 - Kosten- und Leistungsrechnungen durchführen, Kostenentwicklungen analysieren
 - Abrechnungen erstellen
 - Tarife errechnen
- im Verkauf und/oder Marketing mitarbeiten
 - Verkaufskonzeptionen der Hauptverwaltung umsetzen
 - bei der Budgetplanung oder beim Aufstellen eines jährlichen Marketingprogramms mitwirken
- Mitarbeiter und Projektteams führen

- Aufgaben planen, organisieren, steuern und überwachen
- Mitarbeiter motivieren, beraten und beurteilen
- mit Partnerunternehmen und Kunden dienstleistungsorientiert in Projekten und Teams kommunizieren und kooperieren
 - bestehende Kontakte zu Kunden, Organisationen, Behörden, Reisebüros, Veranstaltern pflegen und ausbauen
 - Kundenanfragen über das Dienstleistungsangebot beantworten
 - Einzelangebote für Kunden ausarbeiten
 - Reklamationen entgegennehmen, prüfen und bearbeiten
 - Auftraggeber akquirieren

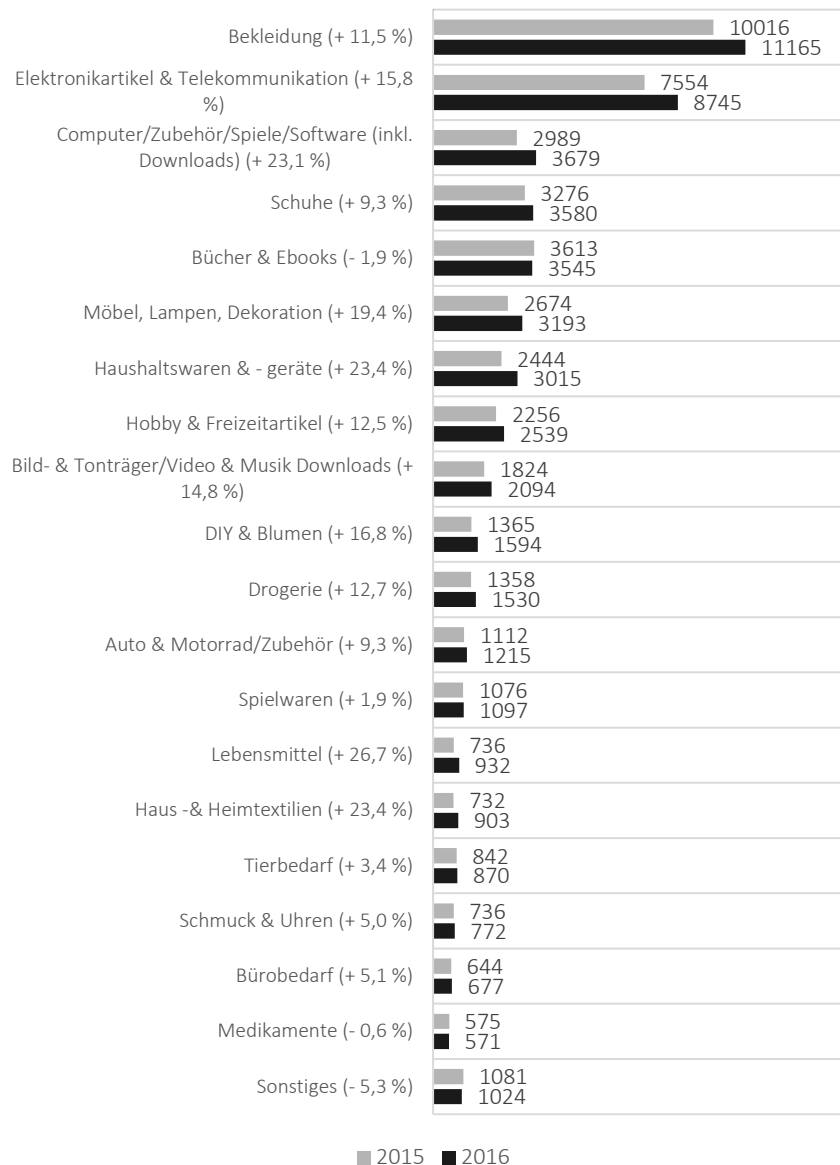
Supply-Chain-Manager:

- den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen
- die Organisationsstrukturen und internen Abläufe des Unternehmens optimieren
- Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen
- den Informationsfluss innerhalb eines Unternehmens analysieren und optimieren
- Internet- und E-Commerce-Plattformen zur Auftragsvergabe einsetzen
- Qualitätsmanagementsysteme einführen und betreuen
- Audits planen und durchführen
- die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen
- Qualitätsaufzeichnungen erstellen und pflegen

Anhang 3: Segmentierung der digitalen Gesellschaft (eigene Darstellung nach [D2116], S. 35)

Anhang 4: Waren im E-Commerce: Volumina nach Warengruppen in Deutschland (eigene Darstellung nach [bev17], S. 11)

Volumina nach Warengruppen in Mio. Euro: 2015 vs. 2016
(inkl. Umsatzsteuer; ohne Privatkäufe auf Online-Marktplätzen;
Abweichungen von Gesamtsumme: Rundungsdifferenzen)



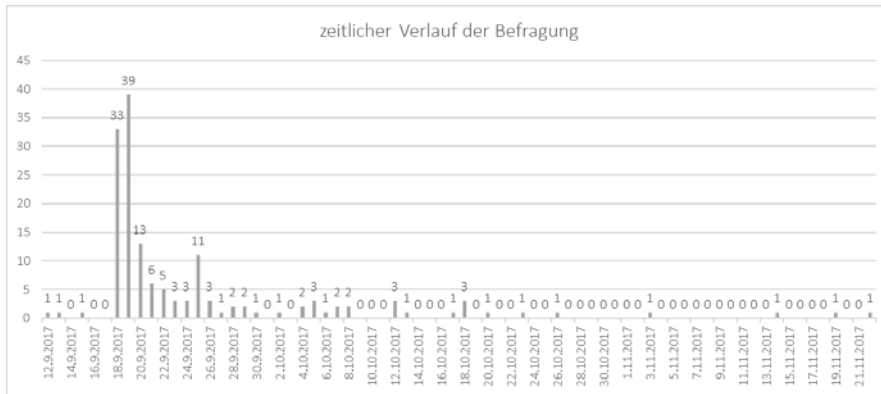
Anhang 5: Technology Readiness Level (TRL): Meilensteine und erbrachte Arbeitsleistungen (eigene Darstellung nach [ISO16290])

Technologie-Reifegrad	Meilensteine in der Elemententwicklung	Erbrachte Arbeitsleistungen (dokumentiert)
TRL 1: Grundlagen erfasst und dargelegt	Aufgrund von grundlegenden Beobachtungen werden mögliche Anwendungen identifiziert, jedoch noch kein Konzept formuliert.	Formulierung der für die Verwendung vorgesehenen Grundsätze. Identifizierung möglicher Anwendungen.
TRL 2: Technologiekonzept und/oder Technologieanwendung formuliert	Ausformulierung von möglichen Anwendungen und vorläufiges Konzept des Elements. Noch kein Nachweiskonzept.	Ausformulierung von möglichen Anwendungen. Vorläufige konzeptionelle Entwicklung des Elements, Verständigung über die Art der Verwendung der Grundsätze.
TRL 3: Analytisches und experimentelles Nachweiskonzept der kritischen Funktion und/oder der Ausprägung	Das Konzept des Elements ist ausgearbeitet, die erwartete Leistung wird durch analytische Modelle demonstriert, die durch experimentelle Daten/Ausprägungen gestützt werden.	Vorläufige Leistungsanforderungen (können mehrere Missionen betreffen), einschließlich Definition der funktionalen Leistungsanforderungen. Konzeptionelle Entwicklung des Elements. Eingabe von experimentellen Daten, Definition der laborgestützten Experimente und Ergebnisse. Analytische Modellelemente für das Nachweiskonzept.
TRL 4: Verifizierung der Komponente und/oder des Funktionsmodells im Laborumfeld	Das Funktionsverhalten des Elements wird mittels Funktionsmodelltests im Laborumfeld demonstriert.	Vorläufige Leistungsanforderungen (können mehrere Missionen betreffen), mit Definition der funktionalen Leistungsanforderungen. Konzeptionelle Entwicklung des Elements. Plan für den Funktionsleistungstest. Modelldefinition für die Verifizierung des Funktionsverhaltens. Modelltestberichte.

<p>TRL 5: Verifizierung der kritischen Funktionen der Komponente und/oder des Funktionsmodells in einer relevanten Umgebung</p>	<p>Kritische Funktionen des Elements werden identifiziert und die damit verbundene relevante Umgebung wird definiert. Für die Verifizierung der Leistung werden nichtmaßstäbliche Funktionsmodelle gebaut, um sie in der relevanten Umgebung in Abhängigkeit von Skalierungseffekten zu testen.</p>	<p>Vorläufige Definition von Leistungsanforderungen und der relevanten Umgebung. Identifizierung und Analyse der kritischen Funktionen des Elements. Vorläufige Entwicklung des Elements, gestützt durch geeignete Modelle für die Verifizierung der kritischen Funktionen. Testplan der kritischen Funktionen. Analyse der Skalierungseffekte. Modelldefinition für die Verifizierung der kritischen Funktionen. Modelltestberichte.</p>
<p>TRL 6: Modelldemonstration der kritischen Funktionen des Elements in einer relevanten Umgebung</p>	<p>Kritische Funktionen des Elements werden verifiziert, Leistungsnachweis in der relevanten Umgebung durch bezüglich Form, Passform und Funktion repräsentative/s Modell/e.</p>	<p>Definition der Leistungsanforderungen und der relevanten Umgebung. Identifizierung und Analyse der kritischen Funktionen des Elements. Entwicklung des Elements, gestützt durch geeignete Modelle für die Verifizierung der kritischen Funktionen. Testplan für die kritischen Funktionen. Modelldefinitionen für die Verifizierung der kritischen Funktionen. Modelltestberichte.</p>
<p>TRL 7: Modelldemonstration der Leistung des Elements in der Einsatzumgebung</p>	<p>Die Leistung für die relevante Einsatzumgebung wird am Boden oder, falls erforderlich, im Weltraum demonstriert. Ein repräsentatives Modell, das alle Aspekte der Flugmodellkonstruktion in vollem Umfang widerspiegelt, wird gebaut</p>	<p>Definition der Leistungsanforderungen, einschließlich Definition der Einsatzumgebung. Definition und Realisierung des Modells. Testplan für das Modell. Modelltestergebnisse.</p>

	und für den Leistungsnachweis mit geeigneten Fehlerspielräumen in der Einsatzumgebung getestet.	
TRL 8: Ist-System vollständig und abgenommen für den Flug („flugtauglich“)	Das Flugmodell ist qualifiziert und in das endgültige und flugbereite System integriert.	Das Flugmodell ist gebaut und in das endgültige System integriert. Abnahme der Flugbereitschaft des endgültigen Systems.
TRL 9: Ist-System „flugerprobt“ durch erfolgreichen Missionsbetrieb	Die Technologie ist ausgereift. Das Element ist in der tatsächlichen Einsatzumgebung erfolgreich für die vorgesehene Mission in Betrieb.	Inbetriebnahme in der frühen Betriebsphase. Erdumlaufbahnbetriebsbericht

Anhang 6: Zeitlicher Verlauf der Expertenbefragung (eigene Darstellung)



Anhang 7: Detaillierte Auswertung der Empirie

#1: Korrelation

Im Folgenden wird der Zusammenhang des Antwortverhaltens zwischen den einzelnen Fragen betrachtet²⁹. Dies erfolgt anhand des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman, mit dem die Stärke der Abhängigkeit bzw. des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen gemessen werden kann.

Dieser Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei -1 auf einen negativen Zusammenhang (z. B. je höher die Antwort bei der einen Frage, umso niedriger das Antwortverhalten bei der anderen Frage) und 1 auf einen positiven Zusammenhang hindeutet (z. B. je höher die Antwort bei einer Frage, umso höher auch das Antwortverhalten bei der anderen Frage). Ein Korrelationskoeffizient nahe bei 0 deutet auf keinen Zusammenhang zwischen den Antworten bei den betrachteten Fragen hin.

Basierend auf den Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman kann auch die Hypothese der Unabhängigkeit zweier Variablen zu einem vorgegebenen Signifikanzniveau (hier: 0.05 = 5 %) getestet werden. Dabei liegt das folgende Hypothesenpaar zugrunde:

- H_0 (Nullhypothese): Der Korrelationskoeffizient ist gleich 0, d. h. es liegt kein Zusammenhang vor.
- H_1 (Alternativ- oder Forschungshypothese): Der Korrelationskoeffizient ist ungleich 0, d. h. es liegt ein Zusammenhang vor.

Korrelationskoeffizient: Testergebnisse (Auszug aus der Auswertung)

	dirigierte Technik	technikdeterminierter Ablauf	komplementäre Zusammenarbeit
dirigierte Technik	1.00	<u>0.12</u> 0.09	<u>0.06</u> -0.07
technikdeterminierter Ablauf	<u>0.12</u> 0.09	1.00	<u>0.17</u> -0.12
komplementäre Zusammenarbeit	<u>0.06</u> -0.07	<u>0.17</u> -0.12	1.00

Legende: unterstrichen = Forschung/Entwicklung; **fett** = Industrie/Anwendung

²⁹ Für die tatkräftige Unterstützung bei der Auswertung gilt ein besonderer Dank dem Statistischen Beratungs- und Analysezentrum der TU Dortmund.

Beispiel zur Interpretation:

Bei den befragten Experten aus der Forschung/Entwicklung ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von 0.17 zwischen den Szenarien „technikdeterminiert Ablauf“ und „komplementäre Zusammenarbeit“. Hingegen ergibt sich eine Korrelation von -0.12 zwischen den beiden Szenarien bei den befragten Experten aus der Industrie/Anwendung. Diese eher schwach negative Korrelation deutet daraufhin, dass wenn das Szenario „technikdeterminiert Ablauf“ als wahrscheinlich von einem der befragten Experten der Industrie/Anwendung eingestuft wird, dieser das Szenario „komplementäre Zusammenarbeit“ als eher unwahrscheinlich empfinden wird.

#2: Chi-Quadrat Test

Der χ^2 -Test wird verwendet um Zusammenhangshypothesen zwischen bspw. ordinal und nominal skalierten Variablen zu überprüfen. In diesem Fall wird der χ^2 -Test als Unabhängigkeitstest verwendet, um zu überprüfen, ob zwei Variablen stochastisch abhängig sind. Dabei werden bspw. Hypothesenpaare der folgenden Form betrachtet:

- H_0 : Die Variablen Branche und „dirigierte Technik“ sind stochastisch unabhängig, d. h. es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten zur Frage „dirigierte Technik“ und der Branche.
- H_1 : Die Variablen Branche und „dirigierte Technik“ sind stochastisch abhängig, d. h. es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten zur Frage „dirigierte Technik“ und der Branche.

Grundlage für den χ^2 -Test bildet eine entsprechende Kreuztabelle. Vorausgesetzt wird dabei, dass die erwarteten Zellenhäufigkeiten größer oder gleich 5 sind. Ist dies nicht erfüllt, so können Kategorien zusammengefasst werden. Da die Branche „Sonstige“ nur sehr schwach vertreten ist, wird diese aus diesem Teil der Analyse entfernt. Die Ergebnisse des χ^2 -Tests sind im Folgenden tabellarisch zusammengefasst. Für alle Tests wird ein Signifikanzniveau von 5 % festgelegt.

Chi-Quadrat-Test: Ergebnisse

	Test- statis- tik	p- Wert
dirigierte Technik (zusammengefasst)	5.076	0.079
technikdeterminierter Ablauf (zusammengefasst)	4.303	0.116
komplementäre Zusammenarbeit (zusammengefasst)	7.916	0.019
autonome Transportroboter - Liefer- und Durchlaufzeiten (zusammengefasst)	1.008	0.799
autonome Transportroboter - Sortiments- und Auftragsstrukturen (zusammengefasst)	4.594	0.204
autonome Transportroboter - Wandlungsfähigkeit (zusammengefasst)	1.909	0.385
autonome Transportroboter - ergonomische Aspekte (zusammengefasst)	2.754	0.431
innovative Assistenzsysteme - Liefer- und Durchlaufzeiten (zusammengefasst)	1.427	0.699
innovative Assistenzsysteme - Sortiments- und Auftragsstrukturen (zusammengefasst)	5.023	0.170
innovative Assistenzsysteme - Wandlungsfähigkeit (zusammengefasst)	3.625	0.305
innovative Assistenzsysteme - ergonomische Aspekte (zusammengefasst)	11.088	0.011
mobile Kommissionierroboter - Liefer- und Durchlaufzeiten (zusammengefasst)	0.487	0.922
mobile Kommissionierroboter - Sortiments- und Auftragsstrukturen (zusammengefasst)	0.225	0.973
mobile Kommissionierroboter - Wandlungsfähigkeit (zusammengefasst)	2.329	0.507
mobile Kommissionierroboter - ergonomische Aspekte	5.434	0.246
intelligente Logistikobjekte - Liefer- und Durchlaufzeiten (zusammengefasst)	9.211	0.027

intelligente Logistikobjekte - Sortiments- und Auftragsstrukturen (zusammengefasst)	3.057	0.383
intelligente Logistikobjekte - Wandlungsfähigkeit (zusammengefasst)	1.204	0.548
intelligente Logistikobjekte - ergonomische Aspekte (zusammengefasst)	4.364	0.225
Shopfloor – Optimierungskompetenzen (zusammengefasst)	4.281	0.369
Shopfloor - Erfahrungswissen (zusammengefasst)	5.321	0.150
Managementebene - Optimierungskompetenzen (zusammengefasst)	4.032	0.133
Managementebene - Erfahrungswissen (zusammengefasst)	0.064	0.968
Akzeptanz (zusammengefasst)	14.239	0.003
komplexe Entscheidungen (zusammengefasst)	3.106	0.212
Arbeitsplätze (zusammengefasst)	5.177	0.075
soziale Netzwerke (zusammengefasst)	6.147	0.105
Management (zusammengefasst)	5.004	0.171

Insgesamt ergeben sich vier signifikante Ergebnisse zum 5 % Niveau, die farblich hervorgehoben sind (der p-Wert ist kleiner als das vorgegebene Signifikanzniveau, demnach wird die Nullhypothese der Unabhängigkeit verworfen):

- Zum einen gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten auf die Frage „komplementäre Zusammenarbeit“ und der Branche.
- Des Weiteren hängt auch das Antwortverhalten auf die Frage „innovative Assistenzsysteme – ergonomische Aspekte“ signifikant von der Branche ab.
- Auch der Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten auf die Frage „intelligente Logistikobjekte – Liefer- und Durchlaufzeiten“ und der Branche ist signifikant.
- Zuletzt ist noch das Antwortverhalten auf die Frage „Akzeptanz“ signifikant abhängig von der Branche.

Anhang 8: Task-based approach: Auswirkungen auf die Zukunftstechnologien (eigene Darstellung)

Tätigkeit (fett: Jobbezeichnung/Qualifikation)	Task-Dimension	Transport-roboter	Daten-brille	mo-biler Kom-mis-sio-nier-ro-boter	intel-li-gente Lo-gisti-kob-jekte
Fachlagerist					
Güter mithilfe von Fördergeräten unter Berücksichtigung von Warenart, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht einlagern	TD 2			↓	
Einlagerung mit einer speziellen Software (Lagerverwaltungssysteme) dokumentieren	TD 2		↓		↓
Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen, benötigte Raumfeuchtigkeit und -temperatur kontrollieren	TD 3				
Inventuren durchführen	TD 2				↓
Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke, Unfallsicherheit, Umweltschutz- und Kostenaspekten auswählen	TD 3	↓			
Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren	TD 2	↓		(↓)	
je nach Lager- und Kommissionierungssystem bzw. Auftrag Güter zusammenstellen	TD 2			↓	
Fachkraft für Lagerlogistik					
Lagerzonen und -einrichtungen planen	TD 5				
Lagerplätze nach technischen, ökonomischen und sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten auswählen bzw. festgelegte Lagerplätze für Produkte und Produktvarianten identifizieren	TD 3				
Güter mithilfe von Fördergeräten einlagern, dabei Warenart, Beschaffenheit, Volumen und Gewicht beachten	TD 2			↓	
Einlagerung mit spezieller Software dokumentieren	TD 2		↓		↓

Maßnahmen zur Qualitätserhaltung und -verbesserung ergreifen, z. B. Sichtkontrollen durchführen, Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum überprüfen, Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur kontrollieren	TD 3				
Fördersysteme, Hebezeuge oder Regalbediengeräte je nach Güterart und -menge, Wegstrecke sowie unter dem Aspekt der Unfallsicherheit, des Umweltschutzes und der Kosten auswählen	TD 3	↓			
Waren in andere Betriebsabteilungen transportieren	TD 2	↓		(↓)	
Tourenplan unter wirtschaftlichen, infrastrukturellen, terminlichen und umweltspezifischen Gesichtspunkten erstellen	TD 3	↓	↓		
Material- und Informationsfluss vorbereiten	TD 2				
je nach Lager- und Kommissionierungssystem und Auftrag Güter zusammenstellen	TD 2			↓	
Optimierungsmöglichkeiten vorschlagen	TD 5				
Lagerbestände quantitativ und qualitativ prüfen und darüber die Einkaufsabteilung informieren	TD 2				↓
ABC-Analysen erstellen, um Lagerplätze je nach Zugriffshäufigkeit zu klassifizieren	TD 5				(↓)
Vorschläge zur Optimierung der Schnittstellen (z. B. Beschaffung/Lager) im logistischen Prozess machen	TD 5				
Lagerkennziffern berechnen und als Kontrollinstrument einer wirtschaftlichen Lagerhaltung einsetzen	TD 3				
Inventuren durchführen	TD 2				↓
anhand von Belegen die Bestandsänderungen ermitteln; Bestandsänderungen auf entsprechenden Konten erfassen und Konten abschließen	TD 2				↓
einfache Jahresabschlüsse durchführen	TD 3				
Leiter - Materialwirtschaft					
den Einsatz von Betriebsmitteln überwachen	TD 5				
die Transport- und Lagertechnik optimieren	TD 5	↑			
die Wirtschaftlichkeit der Lagerprozesse anhand von Lagerkennzahlen kontrollieren	TD 3				(↓)
den reibungslosen Warenfluss vom Lager zu unterschiedlichen Unternehmensbereichen	TD 4	↑			

wie Produktion, Vertrieb und Service gewährleisten					
die kontinuierliche Verbesserung des logistischen Ablaufs und der Prozesse sicherstellen	TD 5			↑	
Personalpläne erstellen	TD 5				
Leiter - Lagerwirtschaft					
Warenumschlag und Lagerorganisation planen und koordinieren	TD 4				
Abläufe in Warenein- und -ausgang, internem Warentransport und Lagerung bestimmen und kontrollieren	TD 3				(↓)
Bestandskontrollen sowie Inventuren organisieren	TD 4				↓
Personaleinsatz planen	TD 5				
Mitarbeiter fachlich anleiten und führen	TD 4		↓		
bei Lagerung und Transport die jeweiligen Wareneigenschaften berücksichtigen	TD 3				
Arbeitsprozesse mittels EDV dokumentieren	TD 2				↓
Logistiker					
logistische Konzepte und Strategien unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen planen und umsetzen	TD 5			↑	
den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen	TD 4				
Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen	TD 4	↑	↑		↑
Produktions- und Transportinformationen über Funk abrufen	TD 2				
die Lagerhaltung koordinieren	TD 4			↑	
die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen	TD 5				
den Personalbedarf und -einsatz planen, ggf. Führungsaufgaben übernehmen	TD 4				
Betriebswirt (Fachschule) - Logistik					
Aufgaben planen, organisieren, steuern und überwachen	TD 5				
Mitarbeiter motivieren, beraten und beurteilen	TD 4				

Betriebswirt (Hochschule) - Logistik

bestehende Verfahren, Abläufe und Logistikprozesse eines Unternehmens analysieren	TD 5			↑	
Zusammenhänge zwischen Abteilungen analysieren und Optimierungsansätze für alle Stufen der betrieblichen Wertschöpfung erarbeiten, Supply-Chain-Management-Konzepte entwickeln	TD 5				↑
im Supply-Chain-Management für das erfolgreiche Zusammenspiel aller Beteiligten in der Lieferkette sorgen und die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen koordinieren, Softwarelösungen einführen bzw. optimieren	TD 4				
Warenein- und -ausgang sowie Lagerbestände kontrollieren	TD 3				↓
Einhaltung der Liefertermine sicherstellen	TD 4				
die Organisationsstruktur und interne Abläufe des Unternehmens von der Beschaffungslogistik über die Produktions- bis hin zur Vertriebslogistik optimieren	TD 5		↑		
den Informationsfluss im Unternehmen optimieren, für kunden- und betriebsgerechte Informationsverarbeitung und -bereitstellung sorgen	TD 5				
im Collaborative Commerce Unternehmensprozesse optimieren und das Internet als Plattform für unternehmensübergreifende Netzwerke einsetzen	TD 5				
Controlling durchführen	TD 3				↓

Supply-Chain-Manager

den reibungslosen Ablauf hinsichtlich Lagerbestand, Kommissionierung, Verladung, Lieferpapieren, Nachschub, Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle, Fuhrpark sicherstellen	TD 4	↑			
die Organisationsstrukturen und internen Abläufe des Unternehmens optimieren	TD 5		↑	↑	↑
Steuerungs- und Planungssysteme einsetzen	TD 4	↑	↑		↑
den Informationsfluss innerhalb eines Unternehmens analysieren und optimieren	TD 5				
Internet- und E-Commerce-Plattformen zur Auftragsvergabe einsetzen	TD 4				
Qualitätsmanagementsysteme einführen und betreuen	TD 4				

Audits planen und durchführen	TD 4				
die kontinuierliche Verbesserung aller Logistikprozesse überwachen	TD 5				
Qualitätsaufzeichnungen erstellen und pflegen	TD 3		↓		

Legende:

↑ = Tätigkeit gewinnt durch Technologie an Relevanz bzw. nimmt zu

↓ = Tätigkeit verliert durch Technologie an Relevanz bzw. nimmt ab

