



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

TUM School of Engineering and Design

## **Kompetenzmanagement für Logistikmitarbeitende in der Industrie 4.0**

Markus Kohl

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Engineering and Design

der Technischen Universität München

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Prof. Dr. Markus Zimmermann

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner

2. Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Die Dissertation wurde am 25.04.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Engineering and Design am 24.08.2023 angenommen.

Herausgegeben von:

Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner

**fml** – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Zugleich: Dissertation, München, Technische Universität München, 2024

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – dem Autor vorbehalten.

Layout und Satz: Markus Kohl

Copyright © Markus Kohl, 2024

## Vorwort

---

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München im Rahmen einer Forschungs Kooperation mit der MAN Truck & Bus SE. Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die wertvolle Unterstützung verschiedener Personen, bei denen ich mich an dieser Stelle bedanken möchte.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner für die wohlwollende Förderung und Unterstützung dieser Arbeit. An den vielfältigen Aufgaben, die mir anvertraut wurden, konnte ich wachsen und wertvolle Erfahrungen sammeln. Zudem bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel für das Interesse an meiner Arbeit und die Übernahme des Korreferats sowie bei Herrn Prof. Dr. Markus Zimmermann für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Herrn Dr.-Ing. Michael Brieke von der MAN Truck & Bus SE danke ich für die Initiierung des Forschungsprojekts und die unternehmensseitige Betreuung in den ersten Jahren. Sein Interesse und seine unermüdliche Art zu diskutieren haben mich stets gefordert und meinen Fortschritt gefördert. Ich danke Herrn Dr.-Ing. Jens Lopitzsch von MAN, der die unternehmensseitige Betreuung übernommen hat, für seine Unterstützung und seine konstruktiven Anregungen sowie für die hilfreichen Diskussionen.

Darüber hinaus gilt mein Dank allen Mitarbeitern des Lehrstuhls und der Abteilung Logistikstrategie und Prozessprojekte von MAN. Besonders möchte ich mich bei Felix Top und Yannic Hafner für die konstruktiven Diskussionen und die fachlichen Anregungen bedanken. Ferner danke ich allen Studierenden, die mich in meiner Forschungsarbeit unterstützt und das Projekt bereichert haben.

Auf diesem Weg war es gut, einen Mentor für einen regelmäßigen Austausch zu haben. Dafür möchte ich Dr.-Ing. Michael Roth meinen Dank aussprechen – nicht nur für die konstruktive Kritik, sondern auch für die Unterstützung während meines Studiums.

Meinen grenzenlosen Dank möchte ich meiner Familie aussprechen für ihre bedingungslose Förderung in allen Lebenslagen und ihre Unterstützung, um Chancen zu ergreifen, die es mir erlaubten als Person zu wachsen und so viele wertvolle Erfahrungen zu sammeln. Von ganzem Herzen bedanke ich mich bei meiner Frau Lisa, die mich die gesamte Promotionszeit begleitet hat. Ihr Rückhalt und ihre liebevolle Unterstützung gaben mir stets Kraft und Motivation, diese Arbeit erfolgreich fertigzustellen.

München, Januar 2024

Markus Kohl



## Kurzzusammenfassung

---

In einem globalen Wettbewerbsumfeld mit hohem Innovationsdruck und immer kürzeren Reaktionszeiten auf Kundenanforderungen stehen Unternehmen vor der Aufgabe ihre Logistiksysteme zu optimieren. Diese Optimierungen werden durch die Digitalisierung und Autonomisierung der Logistik im Rahmen der Industrie 4.0 unterstützt und führen zu einem grundlegenden Wandel in den Logistikprozessen. Die Rolle der Mitarbeitenden und ihre Aufgaben werden sich daher entscheidend verändern, wofür die Unternehmen Qualifizierungsstrategien entwickeln müssen, welche Kompetenzanforderungen und -profile beinhalten. Die bisherige Forschung hat sich unzureichend mit den Kompetenzveränderungen in der Logistik befasst. Dies führt zu einem Mangel an methodischer Unterstützung für ein zukunftsorientiertes Kompetenzmanagement.

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Vorgehensmodells für ein systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik. Der Erarbeitung des Vorgehensmodells liegen Recherchen zu Logistikprozessen, Industrie 4.0-Technologien und Ansätze aus dem Kompetenzmanagement zugrunde. Zudem werden Untersuchungen und Befragungen zu Kompetenzveränderungen, dem Einsatz von Kompetenzmanagement und deren Relevanz für die Autonomisierung in der Logistik durchgeführt.

Das Ergebnis der Arbeit stellt ein Vorgehensmodell aus fünf Phasen für ein Kompetenzmanagement dar. Basierend auf einer tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistikprozesse und einem Kompetenzmodell für die operativen und dispositiven Tätigkeiten erfolgt die Ermittlung von Kompetenzanforderungen. Diese werden anschließend in homogenen Kompetenzprofilen gebündelt. Weiterhin ermöglicht ein Vergleich der aktuellen und künftigen Situation die Ableitung von Qualifizierungsbedarfen. Das Vorgehensmodell wird bei einem Industrieunternehmen bereits erfolgreich angewandt und die gewonnenen Erkenntnisse werden iterativ in das Vorgehen eingearbeitet. Der Ansatz erfüllt die gestellten Anforderungen und beantwortet die ermittelten Forschungsfragen.

Das Vorgehensmodell ermöglicht eine spezifische Qualifizierung der Mitarbeitenden je nach Kompetenzprofil. Hierfür werden nicht nur die relevanten Kompetenzen ermittelt, sondern auch die notwendigen Niveaus der Fähigkeiten, die aus dem künftigen Technologieeinsatz und der Prozessbeschreibung resultieren. Außerdem ermöglicht das Vorgehensmodell ein systematisches Kompetenzmanagement, das die vorhandenen wissenschaftlichen Ansätze um ein datenbasiertes Vorgehen erweitert und so ein transparentes und objektives Qualifizierungsinstrument zur Verfügung stellt.



## Abstract

---

In a global competitive environment with high innovation pressure and increasingly shorter response times to customer requirements, companies are faced with the task of optimizing their logistics systems. These optimizations are supported by the expanding digitalization and autonomization of logistics within the framework of Industry 4.0 and are leading to a fundamental change in logistics processes. The role of employees and their tasks will therefore undergo decisive transformation, for which companies will have to develop qualification strategies that include competency requirements and profiles. Previous research dealt little with the changes in competencies in logistics. This leads to a lack of methodological support for a future-oriented competency management.

The objective of this work is to develop a method for systematic competency management in logistics. The development of the method is based on research regarding logistics processes, Industry 4.0 technologies and approaches in competency management. In addition, studies and surveys are conducted on changes in competencies, the use of competency management and its relevance for digitalization and autonomization in logistics.

The result of the work is a method consisting of five phases for a systematic competency management. Based on a task-oriented description of the logistics processes and a competency model for the operative and dispositive work, the competency requirements are determined. These are then bundled in homogeneous competency profiles and a comparison of the current and future situation enables the derivation of qualification requirements. The method is successfully applied in an industrial company and the knowledge gained there is iteratively incorporated into the procedure. In addition, the approach fulfills the specified requirements and answers the identified research questions.

The method enables the qualification of employees specifically for each competency profile. For this purpose, not only the relevant competencies are identified, but also the necessary levels of skills resulting from the future use of technology and the process description. Moreover, the approach enables a systematic competency management, which expands the scientific approaches with a data-driven procedure and thus provides a transparent and objective qualification instrument based on a strategy for Industry 4.0.





# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Betrachtungsrahmen	3
1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	4
<b>2 Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1 Logistik	9
2.2 Industrie 4.0	12
2.2.1 Industrielle Revolutionen	12
2.2.2 Technologien der Industrie 4.0	14
2.2.3 Entwicklungstendenzen der Industrie 4.0	16
2.3 Kompetenzen	18
2.4 Soziotechnisches System	21
<b>3 Aktueller Stand der Wissenschaft</b>	<b>25</b>
3.1 Logistische Prozesse	25
3.1.1 Beschreibung des Materialflusses	25
3.1.2 Beschreibung des Informationsflusses	27
3.1.3 Beschreibung logistischer Standardvorgänge	28
3.2 Kompetenzmanagement	30
3.2.1 Kompetenzmodelle	31
3.2.2 Kompetenzanforderungen	33
3.2.3 Kompetenzprofile	36
3.2.4 Qualifizierung	37
3.3 Umsetzungsstand von Kompetenzmanagement	38
3.3.1 Forschungsmethode	38
3.3.2 Datenanalyse und Ergebnisse	40
3.3.3 Diskussion und Grenzen	48
3.4 Kompetenzveränderungen durch die Industrie 4.0	49
3.4.1 Systematische Literaturrecherche	49
3.4.2 Veränderungen in den jeweiligen Kompetenzkategorien	52

3.4.3	Kompetenzanforderungen in der Logistik und Differenzierung zur Produktion und zu allgemeinen Anforderungen	57
3.4.4	Zusammenfassung der Literaturrecherche	61
3.5	Forschungsbedarf und Anforderungen an die Lösung	61
3.5.1	Forschungsbedarf und resultierende Forschungsfragen	62
3.5.2	Anforderungen an die Lösung	66
<b>4</b>	<b>Systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik</b>	<b>69</b>
4.1	Erarbeitung der Lösung	69
4.2	Grundstruktur des Vorgehensmodells	72
4.3	Phase 1: Prozessbausteine zur tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistik	75
4.3.1	Methodenerarbeitung	76
4.3.2	Prozessbausteine	78
4.3.3	Parameter und Ausprägungen	81
4.3.4	Anwendung der Prozessbausteine	85
4.4	Phase 2: Kompetenzmodell für operative und dispositive Logistikmitarbeitende	86
4.4.1	Methodenerarbeitung	87
4.4.2	Kompetenzen	90
4.4.3	Anwendungsmöglichkeiten	93
4.4.4	Fortlaufende Überarbeitung	94
4.5	Phase 3: Kompetenzermittlung für aktuelle und zukünftige Logistikprozesse	94
4.5.1	Methodenerarbeitung	95
4.5.2	Vorgehen zur systematischen Ermittlung von Kompetenzanforderungen	98
4.5.3	Nutzung des Schemas zur prozessspezifischen Kompetenzermittlung	103
4.6	Phase 4: Kompetenzprofile zur Bündelung von Anforderungen	105
4.6.1	Methodenerarbeitung	106
4.6.2	Identifikation und Plausibilisierung von Anforderungsprofilen	107
4.7	Phase 5: Qualifizierungsbedarfe und -inhalte	111
4.7.1	Methodenerarbeitung	112
4.7.2	Ableiten soziotechnischer Qualifizierungsmodule	114
<b>5</b>	<b>Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells</b>	<b>119</b>
5.1	Industrielle Anwendung	119
X		

---

5.1.1 Anwendungsfall	119
5.1.2 Phase 1: Prozessbausteine zur tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistik	120
5.1.3 Phase 2: Kompetenzmodell für operative und dispositive Logistikmitarbeitende	126
5.1.4 Phase 3: Kompetenzermittlung für aktuelle und zukünftige Logistikprozesse	128
5.1.5 Phase 4: Kompetenzprofile zur Bündelung von Anforderungen	131
5.1.6 Phase 5: Qualifizierungsbedarfe und -inhalte	135
5.1.7 Zusammenfassung der Anwendung	138
5.2 Validierung durch die Anwender	140
5.2.1 Datenerhebung und -auswertung	140
5.2.2 Informationen aus den Experteninterviews	142
5.2.3 Erkenntnisse für das Vorgehensmodell	145
5.3 Qualitative Befragung von Technologieanbietern	146
5.3.1 Forschungsmethode	147
5.3.2 Kompetenzanforderungen der Technologieanbieter	147
5.3.3 Diskussion und Schlussfolgerungen	151
<b>6 Diskussion</b>	<b>153</b>
6.1 Erfüllung der Anforderungen	153
6.2 Beantwortung der Forschungsfragen und Limitationen	155
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>161</b>
7.1 Zusammenfassung	161
7.2 Ausblick	162
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>165</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>199</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>201</b>
<b>Anhang A Ergänzungen zur quantitativen Studie</b>	<b>A-1</b>
<b>Anhang B Ergänzungen zum Vorgehensmodell und zur Anwendung</b>	<b>B-1</b>
<b>B.1 Vorgehensmodell</b>	<b>B-1</b>
<b>B.2 Anwendung</b>	<b>B-6</b>



# Abkürzungsverzeichnis

---

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
ABEKO	Assistenzsystem zum demografiesensiblen betriebsspezifischen Kompetenzmanagement
AGV	Automated Guided Vehicle (Fahrerloses Transportfahrzeug)
AR	Augmented Reality (Erweiterte Realität)
ARI	Adjusted Rand Index
BD	Big Data
BI	Business Intelligence
BPMN	Business Process Model and Notation
CIT	Critical Incident Technique
CPS	Cyber-Physical System (Cyber-physisches System)
ERP	Enterprise-Resource-Planning
fml	Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
FTS	Fahrerloses Transportsystem
HR	Human Resources
HRM	Human Resource Management
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
KI	Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence – AI)
MRK	Mensch-Roboter-Kollaboration
OEM	Original Equipment Manufacturer
RPA	Robotic Process Automation
SLR	Systematic Literature Review
VR	Virtual Reality (Virtuelle Realität)
VRC	Variance Ratio Criterion

WMS Warehouse Management System (Lagerverwaltungssystem)

# 1 Einleitung

---

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Bestehende Methoden der Wertschöpfung in der Fertigungsindustrie stoßen heute angesichts steigender Anforderungen hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz, Flexibilität, Anpassungsfähigkeit, Stabilität und Nachhaltigkeit an ihre Grenzen [Hof-2017; Nay-2020, S. 1]. In einer Zeit, in welcher der globale Wettbewerbsdruck zunimmt, investieren die Unternehmen in produktivitätssteigernde Technologien und Prozessverbesserungen. Die kontinuierliche Einführung fortschrittlicher Technologien resultiert in einer „Fabrik der Zukunft“, die in hohem Maß innovativ, vernetzt und flexibel sein soll [Geh-2015]. Technologie ist dabei ein wichtiger Antrieb und Wegbereiter für die digitale Transformation [Jun-2019].

Um die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes weiter zu steigern, hat die deutsche Bundesregierung das Konzept der „Industrie 4.0“ als Zukunftsprojekt und evolutionären Prozess proklamiert. Dieses soll einen Paradigmenwechsel herbeiführen [Las-2014]. Seit der Vorstellung im Jahr 2011 hat der Begriff an Popularität und Aufmerksamkeit gewonnen und das Konzept wurde in anderen Staaten adaptiert [Nay-2020]. Aus technologischer Sicht bezieht sich Industrie 4.0 auf ein breites Vorgangsspektrum mit Fokus auf der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung [Las-2014].

Im Zuge der Industrie 4.0 nimmt der Informationsfluss stetig zu und gewinnt immer mehr an Bedeutung für die Steuerung betrieblicher Prozesse. Die Digitalisierung ermöglicht die Kommunikation zwischen Menschen, Maschinen und Produkten [Dil-2016]. Die Digitalisierung und Autonomisierung von Produktion und Logistik führen zu neuen Formen der Steuerung und Organisation innerhalb eines Unternehmens und zu Kooperationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette [Lew-2017]. Die Schlüsselkomponenten für die Umsetzung sind u. a. das Internet der Dinge (IoT) und cyberphysische Systeme (CPS) [Kag-2013b]. Diese ermöglichen den Unternehmen Vernetzung, Informationstransparenz und dezentrale Entscheidungen [Her-2016]. Da infolgedessen neue Beziehungen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen entstehen, kann eine intelligente Fabrik nur mit ebenso intelligenten Logistikprozessen funktionieren [Kag-2015].

Das Konzept von Industrie 4.0 in der Logistik bezieht sich auf die Integration smarter Produkte und Dienstleistungen und beschreibt die Kombination der Logistik mit Innovationen und Anwendungen von CPS [Bar-2017]. In diesem Zusammenhang birgt die

organisatorische und technologische Neuausrichtung ein hohes wirtschaftliches Potenzial im Bereich der Logistik [Zou-2020; Sch-2020]. Der zentrale Ansatz ist dabei die Integration innovativer Technologien und die ganzheitliche Vernetzung aller Objekte, Prozesse und Systeme über das Internet. Darüber hinaus schaffen die damit verbundenen Prinzipien und Technologien auch die notwendige Basis für autonome Funktionalitäten und ermöglichen so in der Summe die Bewältigung der zunehmenden Komplexität und Dynamik in Produktions- und Logistiksystemen [Fot-2021; Zou-2020].

In der Logistik lassen sich eine Reihe von Technologietrends erkennen [Had-2020], wie z. B. autonome Roboter [Str-2017], Big Data (BD) [Bor-2017], Cloud Computing [Kan-2019], prädiktive Analytik [Lin-2018], CPS [Pra-2014] und das IoT [Yaq-2018]. Das rasante Wachstum der Informationstechnologien, Datenwissenschaft, Robotik und der künstlichen Intelligenz (KI) führt zur Entstehung neuer Konzepte und eröffnet damit Wege für verschiedenartige Zukunftsaussichten. Technologien zur Datenerfassung, Datenintegration und Datennutzung sind im Zuge dessen ein wichtiger Bestandteil der digitalen Transformation in der Logistik [Jun-2019]. Die größere Menge an verfügbaren Daten in Verbindung mit neuen Technologien bietet Optimierungspotenziale [Lew-2017]. Mit der Einführung dieser Technologien verändern sich die bestehenden Logistikprozesse [Lor-2015].

Der Umgang mit der digitalen Transformation ist in der Logistik besonders wichtig, da sie zahlreiche Funktionen innerhalb und zwischen den Unternehmen umfasst. Sie steuert sowohl die Material- als auch die Informationsflüsse und schafft so einen Mehrwert für Lieferanten, Produktionsstätten und die Kunden [Men-2001]. Innerhalb der Logistik sind verschiedene Teilbereiche und eine hohe Anzahl Arbeitsplätze von den Veränderungen im Rahmen der Umsetzung der Industrie 4.0 betroffen und müssen daher an zukünftige Szenarien angepasst werden [Rei-2017].

Die fortschreitende digitale Transformation führt zu einer Vielzahl an Veränderungen für die Mitarbeitenden [Lor-2015]. Diese beinhalten die Neuausrichtung der erforderlichen Kompetenzen und Interaktionen im Alltag, wie z. B. der Wandel in der Kommunikation und Interaktion zwischen Mensch, Maschine und Produkt [Flo-2020; Dil-2016].

Während die gesamte Liefer- und Wertschöpfungskette von den technologischen Veränderungen betroffen ist, können die Auswirkungen auf die Beschäftigten unterschiedlich sein. Je nach Arbeitsort, Aufgabenprofil und Verantwortlichkeiten benötigen die Beschäftigten unterschiedliche Kompetenzen [Flo-2020]. Darüber hinaus können sich im Zuge der digitalen Transformation die Berufsbilder insgesamt verändern, z. B. durch veränderte Geschäftsmodelle oder angepasste Produktionsmethoden, sodass ein Bedarf an Kompetenzen entsteht, der häufig noch unbekannt ist [Enk-2018].



In der Wirtschaft werden bereits heute bei der Kompetenzmodellierung zukünftige Arbeitsanforderungen berücksichtigt, um den internen Qualifikationsbedarf zu ermitteln und Entscheidungen für das Personalmanagement zu treffen [Cam-2011]. Insbesondere die produktionsrelevanten Kompetenzen der Mitarbeitenden als Teil des Humankapitals sind ein wesentlicher Bestandteil für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen am Markt [Bar-2007; Han-2007; O'S-2011]. Veränderte Anforderungen der Kompetenzen sind hier aufgrund der technologischen Entwicklungen und deren Umsetzbarkeit deutlich spürbar. Im Rahmen der digitalen Transformation sollten jedoch nicht nur die Montagearbeiter, sondern alle miteinander verknüpften Disziplinen gründlich untersucht werden [Gla-2020].

Studien gehen übereinstimmend davon aus, dass es zu erheblichen Veränderungen der Kompetenzanforderungen kommen wird [Hom-2016]. Bisherige Betrachtungen in der Literatur beziehen sich meist auf eine gesamtbetriebliche Ebene, wobei häufig eine ganzheitliche Unternehmenssicht eingenommen wird, ohne auf spezifische Kompetenzen für einzelne Mitarbeitende oder Disziplinen einzugehen. Da die allgemeinen Kompetenzanforderungen, die sich aus Industrie 4.0 ergeben, tendenziell breiter angelegt sind, besteht der Forschungsbedarf darin, diese Veränderungen für die jeweiligen Disziplinen zu definieren. Obwohl sich Logistikprozesse im Rahmen der digitalen Transformation bereits heute verändern und die zunehmende Digitalisierung und Autonomisierung diesen Wandel noch verstärken wird, fehlen gerade in der Logistik umfassende und spezifische Kenntnisse über zukünftige Kompetenzen [Abe-2019].

Um den Herausforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden, ist es notwendig, die relevanten zukünftigen Mitarbeiterkompetenzen zu identifizieren und entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen sowie spezifische Lernkonzepte für den industriellen Einsatz zu entwickeln [Spö-2016; Vuo-2016; Win-2019]. In der aktuellen Forschung wird vernachlässigt, ob und inwiefern sich die geforderten Kompetenzen in Logistikabteilungen von den Produktionskompetenzen unterscheiden. Empfehlungen für unterschiedliche Arbeitsbereiche und Abteilungen sind daher kaum möglich [Flo-2020].

## **1.2 Zielsetzung und Betrachtungsrahmen**

Ausgehend von der dargestellten Ausgangssituation und Problemstellung soll diese Arbeit zu einem erfolgreichen Einsatz von Kompetenzmanagement in der Logistik beitragen. Sie zielt darauf ab, die beschriebenen Herausforderungen, die sich aus der Implementierung neuer Technologien und deren Auswirkungen auf die Logistikprozesse ergeben, zu lösen und die Unternehmen bei der Identifikation und dem Aufbau

der notwendigen Kompetenzen im Bereich Logistik zu unterstützen. Diese Arbeit konzentriert sich auf das Kompetenzmanagement im oben beschriebenen Kontext und greift dabei auf die Kompetenzmodellierung als probates Mittel für die Qualifizierung von Mitarbeitenden zurück [Luc-1999].

Die übergeordnete Zielsetzung dieser Forschungsarbeit liegt infolgedessen in der Entwicklung eines Vorgehensmodells für ein systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik. Diese beinhaltet die Ausarbeitung von Kompetenzprofilen, -anforderungen und Qualifizierungsbedarfen basierend auf zukünftigen Industrie 4.0-Technologien.

Hierfür dient ein Szenario des künftigen Technologieeinsatzes als Grundlage, das jedoch nicht im Rahmen des Vorgehensmodells erarbeitet wird, sondern auf Basis des Inputs zu den Technologien werden die Implikationen auf die Prozesse der Logistik und besonders auf die Mitarbeitenden analysiert. Dies beinhaltet nicht nur die Betrachtung der benötigten Kompetenzen, sondern auch auf welchem Niveau die Fähigkeiten und Fertigkeiten vorhanden sein müssen. Die Analysen sollen dabei spezifisch für die unterschiedlichen Kompetenzprofile erarbeitet werden und zudem überprüfen welche Profile in der künftigen Arbeitswelt der Logistik von Relevanz sein werden. Das Anwendungsgebiet orientiert sich an den Aufgaben und Tätigkeiten in der Automobillogistik, wobei die Übertragbarkeit auf andere Branchen gewährleistet sein soll. Das Vorgehensmodell soll zudem möglichst viele Mitarbeitende in der Logistik adressieren, weshalb Beschäftigte mit operativen, administrativen und planerischen Aufgaben Berücksichtigung finden.

Aus der Zielsetzung lässt sich die zentrale wissenschaftliche Fragestellung ableiten, welche dieser Arbeit zu Grunde liegt:

*Wie können Kompetenzen für Logistikprozesse im Hinblick auf die Einführung von Industrie 4.0-Technologien ermittelt und Qualifizierungsbedarfe abgeleitet werden?*

### **1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit**

Um die beschriebene Zielsetzung zu erreichen und die Forschungsfrage aus Abschnitt 1.2 zu beantworten, wird ein methodisches Vorgehen angewandt, das sich auch im Aufbau der Arbeit wiederfindet. Die vorliegende Arbeit besteht aus sieben Kapiteln, die in Abbildung 1-1 dargestellt sind.

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> 2.1 Logistik      2.2 Industrie 4.0      2.3 Kompetenzen 2.4 Soziotechnisches System
<b>3</b>	<b>Aktueller Stand der Wissenschaft</b> 3.1 Logistische Prozesse      3.2 Kompetenzmanagement 3.3 Umsetzungsstand von Kompetenzmanagement      3.4 Kompetenzveränderungen durch die Industrie 4.0 3.5 Forschungsbedarf und Anforderungen an die Lösung
<b>4</b>	<b>Systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik</b> 4.1 Erarbeitung der Lösung 4.2 Grundstruktur des Vorgehensmodells 4.3 Prozessbausteine      4.4 Kompetenzmodell      4.5 Kompetenzermittlung      4.6 Kompetenzprofile      4.7 Qualifizierungsbedarfe
<b>5</b>	<b>Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells</b> 5.1 Industrielle Anwendung      5.3 Qualitative Befragung von Technologieanbietern 5.2 Validierung durch die Anwender
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>

Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit

In *Kapitel 1* werden die Ausgangssituation und die Motivation für die wissenschaftliche Arbeit skizziert. Daraus definiert sich das Forschungsvorhaben mit der Zielsetzung und der zentralen Forschungsfrage.

In *Kapitel 2* wird auf die Grundlagen zu Logistik, Industrie 4.0 und Kompetenzen eingegangen. Die Zusammenführung der Aspekte erfolgt im Rahmen des soziotechnischen Systems (Abschnitt 2.4).

Aufbauend auf dem Verständnis zu den drei Bereichen wird in *Kapitel 3* der Stand der Wissenschaft dargestellt. Dabei werden systematisch digitale Bibliotheken durchsucht und die identifizierten Arbeiten analysiert, um den aktuellen Stand in den Bereichen

Logistikprozesse (Abschnitt 3.1) und Kompetenzmanagement (Abschnitt 3.2) abzubilden. In Abschnitt 3.3 wird eine quantitative Umfrage mit Experten aus der Praxis durchgeführt, um den momentanen Einsatz von Kompetenzmanagement, die Einführung neuer Technologien und die Auswirkungen auf die Kompetenzen sowie die Bedeutung einer systematischen Kompetenzermittlung zu bestimmen. Die Umfrage bestätigt die steigende Relevanz von Kompetenzmanagement für die technologische Transformation in der Logistik und die Notwendigkeit für eine methodische Unterstützung. Die anknüpfende Literaturrecherche zu Kompetenzveränderungen in Abschnitt 3.4 liefert keine ausreichenden Informationen zu spezifischen Kompetenzanforderungen für Mitarbeitende in der Logistik. Aus den Studien leiten sich aktuelle Defizite, weitere Forschungsfragen und Anforderungen an die Lösung ab, die mit den bestehenden Ansätzen aus dem Stand der Wissenschaft nicht hinreichend erfüllt werden können (vgl. Abschnitt 3.5).

In *Kapitel 4* erfolgt die Synthese auf Grundlage der bisherigen Recherchen und ermittelten Herausforderungen an das Kompetenzmanagement. Als Lösung wird ein Vorgehensmodell für das systematische Kompetenzmanagement im Zuge der Industrie 4.0 vorgestellt, das aus fünf Phasen besteht. Diese orientieren sich an den Teilaspekten Strategie, Kompetenzbewertung, -profile und Maßnahmenplanung, wie dies bei klassischen Vorgehensweisen im Personalwesen etabliert ist (vgl. Abschnitt 4.1). Die Grundstruktur des Vorgehensmodells mit den wesentlichen Inhalten ist in Abschnitt 4.2 dargestellt. Die unterschiedlichen Phasen adressieren je ein Defizit und eine Forschungsfrage. Dabei wird jeweils auf die Erarbeitung der einzelnen Phase eingegangen, welche die Identifikation der spezifischen Anforderungen, die Bewertung bestehender Ansätze aus der Literatur und die Überführung in eine geeignete Methode umfasst. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte (Abschnitt 4.3 bis 4.7) unterstützt die Anwendung in der Praxis und die nachvollziehbare Durchführung. Die fünf Phasen bilden in Summe das Vorgehensmodell für ein systematisches Kompetenzmanagement.

In *Kapitel 5* findet die Validierung der Lösung statt. Diese gliedert sich in drei Aspekte. Zunächst folgt in Abschnitt 5.1 die Anwendung des Vorgehensmodells im industriellen Umfeld eines Nutzfahrzeugherstellers. Im Zuge dessen werden die Phasen des Modells auf die Inbound-, Inhouse- und Outbound-Bereiche der operativen, administrativen und planerischen Logistik angewandt. Anschließend findet die Validierung mittels halbstrukturierter Experteninterviews im Unternehmen statt (Abschnitt 5.2). Des Weiteren werden Gespräche mit Anbietern von Technologien, die im Kontext der Industrie 4.0 eingesetzt werden, durchgeführt. Dadurch werden externe Erkenntnisse zusätzlich zu den Schlüsselkompetenzen gesammelt und mit den Ergebnissen aus der industriellen Anwendung in Abschnitt 5.3 abgeglichen.

In den abschließenden *Kapiteln* 6 und 7 werden die Ergebnisse diskutiert und Schlussfolgerungen gezogen. Hierfür findet in Abschnitt 6.1 die Prüfung der anwendungsbezogenen und inhaltlichen Anforderungen an die Lösung und deren Erfüllung statt. Des Weiteren erfolgt in Abschnitt 6.2 die Beantwortung der Forschungsfragen und die Beschreibung der Limitationen des Vorgehensmodells. Die Zusammenfassung der Arbeit (Abschnitt 7.1) und ein Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf (Abschnitt 7.2) stellen den Abschluss der Arbeit dar.



## 2 Grundlagen

---

Dieses Kapitel soll ein grundlegendes Verständnis schaffen. Aus der Zielsetzung und der Forschungsfrage ergeben sich hierfür die Themenfelder Logistik, Industrie 4.0 und Kompetenzen. Diese lassen sich in das soziotechnische System einordnen, das sich aus Organisation, Technik und Mensch zusammensetzt (vgl. Abbildung 2-1).

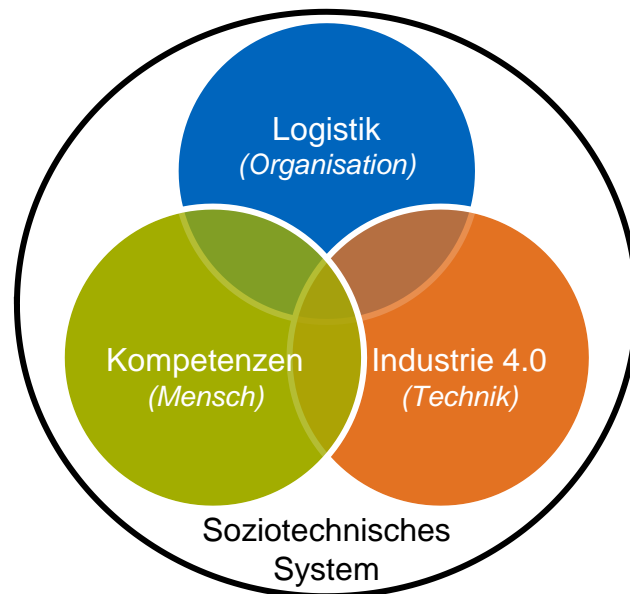


Abbildung 2-1: Bezugsrahmen der Arbeit

Umfangreiche Recherchen zu den Themen erfolgten im Rahmen der Publikationen [Koh-2019b; Koh-2020a; Koh-2021a; Koh-2021b; Koh-2021c; Koh-2021d; Koh-2022a]. Auf deren Inhalte wird bei den Grundlagen und dem aktuellen Stand der Wissenschaft (Kapitel 3) zurückgegriffen.

### 2.1 Logistik

#### Definition

Die Materialien, Güter und Waren, die ein Unternehmen benötigt, werden häufig nicht zum Bedarfszeitpunkt und am Bedarfsort erzeugt. Darüber hinaus liegen diese auch üblicherweise nicht in der benötigten Menge und Zusammensetzung vor. Aus diesem Umstand resultiert die Grundaufgabe der Logistik [Gud-2012, S. 1]. Sie kann anhand der sogenannten acht Rs definiert werden. Diese beinhalten das richtige Produkt, zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität, dem richtigen Kunden, zu den richtigen Kosten und mit den richtigen Informationen [Hau-

2016, S. 4]. Die Erfüllung dieser Aufgabe findet mit Hilfe der Logistikprozesse statt, die so den Materialfluss realisieren [Pfo-2018, S. 4].

Die VDI-2689 beschreibt den Materialfluss als „[...] die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von stofflichen Gütern innerhalb fester Bereiche. Zum Materialfluss gehören alle Formen des Durchlaufs von Arbeitsgegenständen (z. B. Stoffe, Teile, Datenträger) durch ein System“ [VDI-2689, S. 2]. Daran gekoppelt ist der Informationsfluss, welcher der Planung des Materialflusses vorausgeht, ihn für die Koordination und Steuerung ergänzen oder ihm für einen prüfenden Soll-Ist-Abgleich nachfolgen kann [Muc-2018, S. 9; Pfo-2018, S. 8; VDI-2689, S. 3]. Die Logistik in Summe wird als „[...] wissenschaftliche Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen“ [Jün-1989, S. 11] definiert. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wird die folgende Beschreibung der Bundesvereinigung Logistik verwendet:

*„Logistik ist die ganzheitliche Planung, Steuerung, Koordination, Durchführung und Kontrolle aller unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Informations- und Güterflüsse“ [BVL-2022].*

Die Beschreibung verdeutlicht, dass die Logistik im unternehmerischen Kontext nicht nur den physischen Materialfluss, sondern auch planerische, steuernde und kontrollierende Aufgaben einschließt. Dazu ähnliche Definitionen finden sich auch bei Fottner und Günthner sowie Göpfert und Schulte [Fot-2017, S. 1ff.; Göp-2013b, S. 22; Sch-2013b, S. 1].

### **Aufbau- und Ablauforganisation**

Unternehmen stellen eine Organisation dar und untergliedern sich in eine Aufbau- und Ablauforganisation [Ali-2004, S. 2250; Gut-1971, S. 235]. Die Aufbauorganisation wird in arbeitsteilige Subsysteme differenziert und stellt dar, wie die Aufgaben-, Kompetenz- und Verantwortungsinhalte eines Unternehmens geregelt sind. Die Einteilung der Aufgaben zu den Bereichen strukturiert außerdem die Weisungs- und Informationsbeziehungen zwischen den einzelnen Organisationseinheiten [Hut-2015, S. 447; Bra-2003, S. 2; Sie-2010, S. 12; Spa-2013, S. 7f.; Spa-2017, S. 7f.].

Die Ablauforganisation hingegen ordnet die Durchführung der Aufgaben, indem sie darstellt, wie räumlich und zeitlich nacheinander oder parallel ablaufende Aktivitäten abgestimmt sind. Mit den Tätigkeiten und deren Reihenfolge wird auch der Material- und Informationsfluss festgelegt. Ziel ist es, eine optimale Abstimmung und Abfolge



der einzelnen Teilprozesse im Unternehmen zu erreichen und die einzelnen Organisationseinheiten miteinander zu verbinden [Bra-2003, S. 2; Hut-2015, S. 446f.; Spa-2017, S. 4ff.; Wie-2010, S. 16f.].

## **Unternehmenslogistik**

Einen wesentlichen Bereich eines Industrieunternehmens stellt die Unternehmenslogistik dar, die sich primär mit den Material- und Produktionsströmen in und zwischen den Unternehmen befasst [Arn-2008, S. 4]. Das Tätigkeitsspektrum der Logistik ist divers und beinhaltet Aufgaben von der Planung über die Abwicklung von Kundenaufträgen bis hin zur Auslieferung der Endprodukte [Klu-2018; Sch-2013c]. In Abbildung 2-2 ist der Aufbau der Unternehmenslogistik dargestellt, der sich auf dispositiver Ebene in die Beschaffungslogistik, Produktionslogistik, Distributionslogistik und Entsorgungslogistik unterteilen lässt:

- Die Beschaffungslogistik stellt die optimale Verfügbarkeit der betriebsfremden Produktionsfaktoren sicher, die nicht vom Betrieb selbst hergestellt werden. Die prognostizierten Bedarfe am Markt oder die erhaltenen Kundenaufträge sind Grundlage für die Bestellung [Sch-2013a, S. 13]. Die Beschaffungslogistik wird auch als Inbound-Logistik bezeichnet [Sch-2017b, S. 13f.].
- Die Produktionslogistik knüpft an die Inbound-Logistik an und ermöglicht die optimale Versorgung der Produktion mit den beschafften Produktionsfaktoren [Sch-2013a, S. 14]. Die Produktionslogistik wird auch Inhouse-Logistik oder Intralogistik genannt [Sch-2017b, S. 13f.].
- Die Distributionslogistik bildet die Schnittstelle zwischen der Produktion und den Kunden bzw. Käufern und verfolgt die optimale Bereitstellung der produzierten Güter [Sch-2013a, S. 13]. Die Distributionslogistik ist Teil der Outbound-Logistik [Muc-2018, S. 29; Sch-2017b, S. 13f.].
- Die Entsorgungslogistik (auch Reverse Logistik) ist für den rückführenden Material- und Informationsfluss zuständig, der entgegen der Wertschöpfungskette bzw. der drei zuvor genannten Logistikbereiche gerichtet ist. Das Aufgabenfeld beinhaltet zudem die Retouren- und die Behälterlogistik [Muc-2018, S. 30f.]. Die Entsorgungslogistik ist ebenfalls der Outbound-Logistik zuzuordnen [Sch-2017b, S. 13f.].

Die Entsorgungslogistik wird im Rahmen der Arbeit nicht explizit weiter berücksichtigt, da sie sich bei Betrachtung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden ähnlich zu den anderen Teilbereichen verhält, so dass sich die Ergebnisse übertragen lassen.

Im vertikalen Aufbau der Unternehmenslogistik ist der Planung, Steuerung und Überwachung die strategische Ebene mit dem Management übergeordnet. Die eigentliche

Ausführung des Materialflusses erfolgt auf der operativen Ebene [Jün-1989, S. 43ff.]. Den Kern der vorliegenden Arbeit bilden wiederkehrende Tätigkeiten, weshalb der Fokus auf der operativen und dispositiven Ebene liegt, auf welcher die meisten Mitarbeitenden beschäftigt sind.

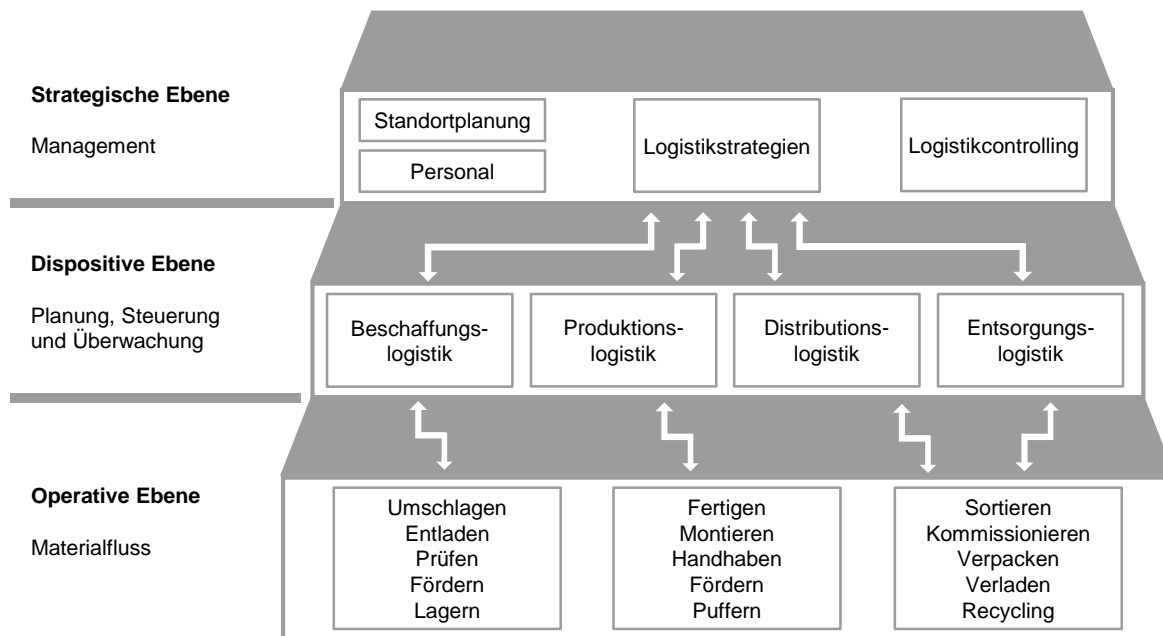


Abbildung 2-2: Aufbau der Unternehmenslogistik (in Anlehnung an [Jün-1989, S. 64])

## 2.2 Industrie 4.0

Nachdem der organisatorische Rahmen mit den Grundlagen zur Logistik beschrieben wurde, widmet sich dieser Abschnitt der Technik. Konkret werden die industriellen Revolutionen hin zur Industrie 4.0 aufgezeigt, die wesentlichen Technologien in diesem Kontext dargestellt und die prognostizierten Entwicklungstendenzen wiedergegeben.

### 2.2.1 Industrielle Revolutionen

Nach der Industrialisierung mit der Erfindung der Dampfmaschine, der Einführung der arbeitsteiligen Massenproduktion und der Automatisierung der Produktion befindet sich die Industrie momentan in einem erneuten, fundamentalen Wandel (vgl. Abbildung 2-3) [Bau-2014b, S. 5ff.]. Die Notwendigkeit des Wandels ergibt sich aus veränderten Marktanforderungen und weitreichenden Trends. Im Zuge der vierten industriellen Revolution hat sich der Begriff „Industrie 4.0“ etabliert [Bau-2014b, S. 145]. Diese kennzeichnet sich durch die Verschmelzung der realen mit der virtuellen Welt, die neue Produktionsprozesse und -methoden unter der Nutzung vernetzter und kommunizier-

render Systeme möglich macht. Durch die Verknüpfung von Informations- und Kommunikationstechnologien können neben den Materialflüssen besonders die Informationsflüsse in Unternehmen optimiert werden [Sod-2017, S. 15; Pok-2017, S. 20].

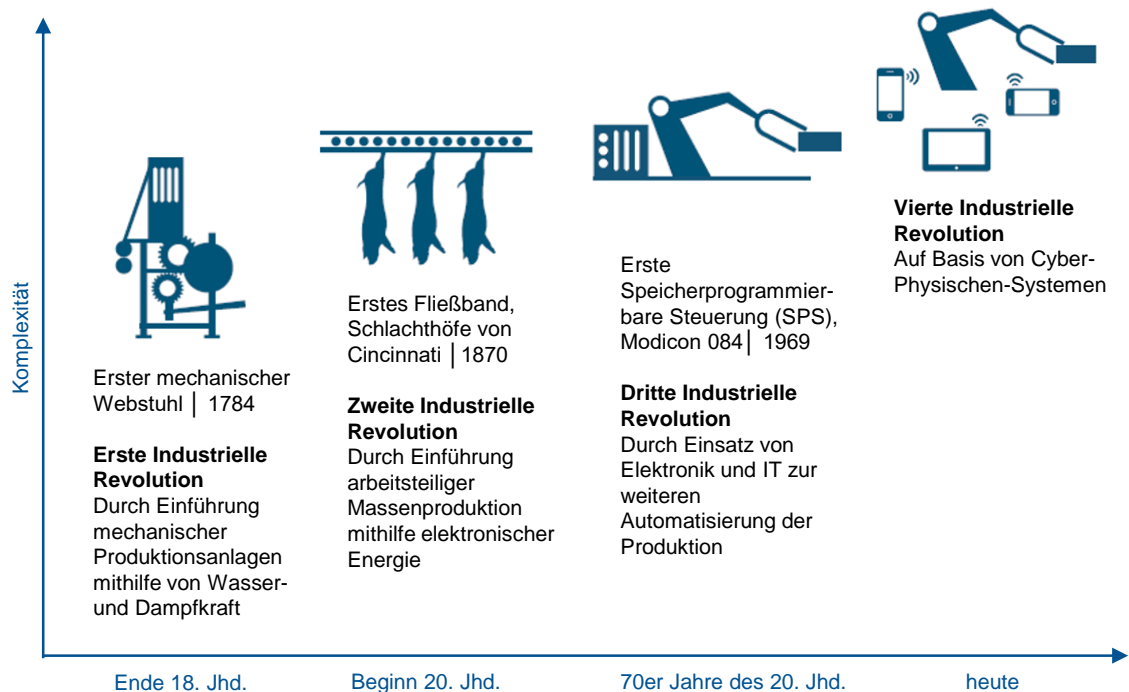


Abbildung 2-3: Die industriellen Revolutionen (in Anlehnung an [Bau-2014a, S. 10])

Trotz der großen Bedeutung der Industrie 4.0 in Wissenschaft und Praxis hat sich bisher in der Literatur keine einheitliche Definition für diese etabliert. Nachfolgend werden ausgewählte Beschreibungen vorgestellt, welche die wesentlichen Aspekte beinhalten:

- Die *Plattform Industrie 4.0* definiert Industrie 4.0 als „[...] die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien, wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch, optimieren lassen.“ [Pla-2019].
- *Reinhart* beschreibt Industrie 4.0 wie folgt: „Objekte, Maschinen und Geräte werden intelligent, nutzen das IoT und kommunizieren mit den Menschen auf natürliche Weise“ [Rei-2017, S. VII].
- *Kagermann et al.* erläutern die Industrie 4.0 als „[...] die technische Integration von CPS in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen [...]“ [Kag-2013a, S. 18]. Zudem

ist für die Industrie 4.0 ein neuer Umfang an soziotechnischen Interaktion aller an der Produktion beteiligten Akteure und Ressourcen charakteristisch [Kag-2013a, S. 24].

- *Obermaier* beschreibt Industrie 4.0 als „[...] eine Form industrieller Wertschöpfung, die durch Digitalisierung, Automatisierung sowie Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligter Akteure charakterisiert ist und auf Prozesse, Produkte oder Geschäftsmodelle von Industriebetrieben einwirkt“ [Obe-2016, S. 8].

Allen Definitionen der Industrie 4.0 ist eine neue, intelligente Form der Vernetzung von Objekten, Maschinen, Geräten, Menschen und ganzen Prozessen gemein, weshalb dies auch als Beschreibung im Rahmen der Arbeit verwendet wird. Die Vernetzung erfolgt sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch entlang der gesamten Supply Chain [Del-2015, S. 22f.; Kag-2013a, S. 24; Sch-2017a, S. 18ff.].

## 2.2.2 Technologien der Industrie 4.0

Große Datenmengen, steigende Rechenleistung und Konnektivität treiben die Digitalisierung und Automatisierung in der Produktion und Logistik im Rahmen der Industrie 4.0 voran [Sha-2020]. Die Umsetzung der datenzentrierten, industriellen Revolution erfordert eine intelligente Integration der verschiedenen technologischen Entwicklungen. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Auffassungen von Industrie 4.0 gestaltet sich die Einordnung relevanter Technologiefelder schwierig. Folglich gibt es ein breites Spektrum möglicher Industrie 4.0-Technologien. Auf Basis diverser Literatur (vgl. [Ust-2018, S. 7ff.; Tsc-2015, S. 148; BMW-2015, S. 8f.]) werden nachfolgend die Schlüsseltechnologien CPS, IoT, Big Data, KI, Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) und Augmented bzw. Virtual Reality (AR/VR) beschrieben.

Unter *cyber-physischen Systemen* werden eingebettete Systeme verstanden, die um Sensoren zur Datenaufnahme und um Aktoren zur Steuerung physischer Systeme erweitert werden [Gei-2012, S. 22]. CPS sind physische Objekte mit eingebetteten, kommunikationsfähigen Systemen [Ozt-2018], wie z. B. mit RFID ausgestattete Behälter, welche mit Hilfe eines Kommunikationssystems eine automatische Bestandskontrolle ermöglichen [Hof-2017]. Über die entsprechende Sensorik kann die Umwelt unmittelbar erfasst werden. Außerdem können die Aktoren auf die physische Welt einwirken [Bau-2014b, S. 16].

Das Grundprinzip von *Internet of Things* ist die drahtlose Kommunikation über integrierte Sensoren und Rechner, sodass identifizierbare Dinge ihre Daten ohne menschliche Interaktion über das Internet senden können. Das IoT ist ein Teilbereich des CPS, da es per Definition ausschließlich über das Internet kommuniziert [Wan-2015, S. 521]. Im IoT verfügen Objekte über Netzwerkzugriff und können aus dem Internet adressiert

werden, weshalb sie auch eindeutig identifizierbar sein müssen [Bau-2014b, S. 544]. In der Produktion und Logistik entstehen dadurch Produkte, die als Informationsträger dienen und sich mit ihrer Umgebung austauschen können. Dies bringt die Möglichkeit, dass die Produkte das Wissen zu ihrer Bearbeitung mit sich tragen und dadurch können sie eigenständig die Produktion durchlaufen. Auch die Produktionsanlagen können Daten über ihre Produktionsleistung, Produktionsqualität und den Betriebszustand in Echtzeit bereitstellen. Dies offenbart neue Optionen bei der Überwachung sowie für die Planung und Steuerung im Produktionsumfeld [Bau-2014b, S. 544].

*Big Data* beschreibt den Umgang mit großen Datenmengen, die aufgrund der zunehmenden Digitalisierung entstehen. Durch die Analyse der Daten können relevante Informationen identifiziert und zur Prozessoptimierung genutzt werden [Bih-2014]. Die Echtzeitanalysen von Prozess- und Unternehmensdaten ermöglichen eine effizientere Steuerung, individuelle Services und vernetzte Produkte mit mehr Intelligenz [Wro-2018, S. 261]. Die Methoden zur Verarbeitung und Analyse der Daten werden als Big Data Analytics bezeichnet. Hierbei wird zwischen Descriptive Analytics, Inquisitive Analytics, Predictive Analytics, Prescriptive Analytics und Preemptive Analytics differenziert [Siv-2017, S. 266]. Die ersten beiden Methoden stellen Informationen zur aktuellen Situation in einem Unternehmen bereit und geben Aufschluss über vorhandene Abläufe. Predictive Analytics antizipiert künftige Entwicklungen, indem Auskunft über die wahrscheinlichsten Optionen in der Zukunft gegeben wird. Prescriptive Analytics unterstützt in Entscheidungssituationen und Preemptive Analytics hilft dem Unternehmen beim Ergreifen von Maßnahmen zur Optimierung [Siv-2017, S. 266; Bih-2014, S. 96].

*Künstliche Intelligenz* zielt darauf ab, die menschliche Lernfähigkeit durch die Erzeugung intelligenter Algorithmen zu imitieren [Rah-2019]. Sie wird meist im Zusammenhang mit *BD* verwendet, da die intelligenten Algorithmen große Datenmengen benötigen. KI bildet das menschliche Verhalten nach, was Fähigkeiten wie das Lösen von Problemen, Lernen, Sprachverstehen und die flexible Reaktion impliziert [Gen-2018, S. 17f.]. Die zu untersuchenden Probleme werden teils mit Hilfe neuronaler Netze in ihre Teilaspekte aufgegliedert. Die anschließende Codierung ermöglicht die Anwendung spezieller Lernverfahren. Der Einsatz von Machine Learning im Kontext der neuronalen Netze wird auch als Deep Learning bezeichnet. Durch die mehrschichtigen Netze können komplexere Zusammenhänge erlernt werden [Bux-2019, S. 12]. Beim maschinellen Lernen wird Wissen aus Erfahrung generiert. Das Programm optimiert die Leistung in einer Aufgabe durch das Sammeln von Erfahrung, das durch mehrmalige Wiederholung der Tätigkeit und Analyse der erzielten Performance erfolgt [Gen-2018, S. 37ff.].

*Mensch-Roboter-Kollaboration* beschreibt die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern. Mögliche Anwendungen in der Logistik sind der Transport von Waren, die Kommissionierung und Palettierung [Kru-2016]. Das Ziel ist die Umsetzung von Roboteranwendungen im Rahmen einer sicheren Koexistenz und Kollaboration des Menschen und der Maschine [Kha-2017, S. 44; And-2015, S. 65]. Bei der damit einhergehenden Automatisierung übernehmen die Mitarbeitenden die Aufsicht der Roboter oder die Aufgaben, die der Roboter nicht eigenständig ausführen kann [Kha-2017, S. 42]. Die so entstehenden Mensch-Roboter-Kooperationen können bezüglich des Grads an Interaktion zwischen den beiden Einheiten eingestuft werden. Einflussfaktoren sind die Entfernung zwischen den beiden Einheiten, die gemeinsame Nutzung des Arbeitsbereichs und die Komplexität der kollaborativen Aufgaben [Kha-2017, S. 44]. Auch bei fahrerlosen Transportsystemen (FTS) können solche kollaborativen Arbeitsumgebungen auftreten, da im aktuellen Industrieumfeld noch Tätigkeiten wie das Auslösen der Bestellung manuell ausgeführt werden. Aus diesem Grund müssen sich die FTS in einer Weise verhalten, die mit manuell gesteuerten Transportsystemen vergleichbar ist [And-2015, S. 65].

Die Technologien *Augmented Reality* und *Virtual Reality* ermöglichen die Realität virtuell zu erweitern oder gänzlich virtuell zu erschaffen. Dies erfolgt mittels zwei- oder dreidimensionaler Anzeigen, die in Echtzeit von Computern generierte Umgebungen und Inhalte darstellen [Dör-2019, S. 11ff.]. Bei AR werden die zusätzlichen visuellen Informationen im Sichtfeld des Mitarbeitenden eingeblendet, um bei Aufgaben wie der Kommissionierung zu unterstützen [Kum-2019]. Die Funktionsweise von AR wird in erweiterter Form für die VR angewandt, die dem Mensch ermöglicht, mit einer virtuellen Welt, also einem künstlich am Rechner erzeugten Abbild der Realität, zu interagieren [Lie-2017, S. 466]. Bei der Simulation der Realität werden somit virtuelle Objekte in einer virtuellen Welt erzeugt [Kum-2019, S. 853]. Die Anwendung von VR kann analog zur Anwendung von AR über Bildschirme oder Brillen stattfinden. VR-Brillen sind im Gegensatz zu AR-Brillen nicht (halb-)transparent, sodass die Anwender vollständig in eine virtuelle Welt eintauchen. Häufig werden zusätzliche Steuerelemente genutzt, um mit der virtuellen Welt direkt in Interaktion zu treten [Kum-2019, S. 853; Zob-2018, S. 22f.].

### **2.2.3 Entwicklungstendenzen der Industrie 4.0**

Logistikprozesse unterliegen im Kontext der Industrie 4.0 und den damit einhergehenden technologischen Innovationen einem großen Wandel. Die Folgen dieser Veränderungen sind aus heutiger Sicht kaum absehbar. In der Literatur finden sich daher gegensätzliche Szenarien des Wandels und den damit verbundenen Verschiebungen in der Arbeitswelt [Cim-2019]. Je nach Ausmaß der Digitalisierung, Automatisierung bzw.

Autonomisierung und den tatsächlichen Implikationen auf die Entwicklung der Arbeitsorganisation haben sich in der Forschung zwei Positionen mit gegenläufigen Entwicklungspfaden etabliert:

- Der *technikorientierte* Ansatz, auch Automatisierungsszenario genannt, zeichnet sich durch einen hohen Automatisierungsgrad und eine zentrale Steuerungsfunktion aus. Im Zuge dessen erfolgt die Entscheidungsfindung durch Computerprogramme und menschliche Tätigkeiten werden dabei so weit wie möglich substituiert. Der Mensch übernimmt primär ausführende Tätigkeiten. Bei kritischer Betrachtung des Automatisierungsszenarios werden die Grenzen der technischen Beherrschbarkeit von Prozessen und das Fehlen notwendiger Kompetenzen bei der flexiblen Behebung von Störungen bemängelt [Hir-2018, S. 178; Win-2014, S. 155].
- Im *arbeitsorientierten* Ansatz, auch als Spezialisierungs- oder Werkzeugszenario bezeichnet [Win-2012, S. 217], nehmen die Mitarbeitenden die zentrale Rolle ein. Sie führen weiterhin einen Großteil aller Tätigkeiten aus, wobei der Technologieinsatz unterstützend fungiert. So helfen intelligente Assistenzsysteme im Arbeitsumfeld, wobei die Beschäftigten weiterhin die Kontrolle über die digitalisierten und vernetzten Arbeitsabläufe haben. Geprägt ist diese Perspektive durch ein erweitertes Aufgabenspektrum des Personals [Win-2015, S. 77; Hir-2018, S. 178].

Auch in Bezug auf die Veränderungen der Aufbaustrukturen in den Unternehmen zeigen sich durch die Einführung der Industrie 4.0-Technologien unterschiedliche Trends. Die Differenzierung findet zwischen drei Extremszenarien für die Entwicklung industrieller Arbeit statt – Upgrading, Polarisierung und Substitution. Die Auswirkungen dieser auf die Aufbaustruktur der Unternehmen wird in Abbildung 2-4 veranschaulicht. In der Praxis wird allerdings eine Kombination der einzelnen Formen prognostiziert. Einfluss darauf haben u. a. die Betriebsgröße, die Produktspezifika, die Wettbewerbsintensität, die Branchenzugehörigkeit und die Technologieintensität in der Produktion [Itt-2016, S. 21f.].

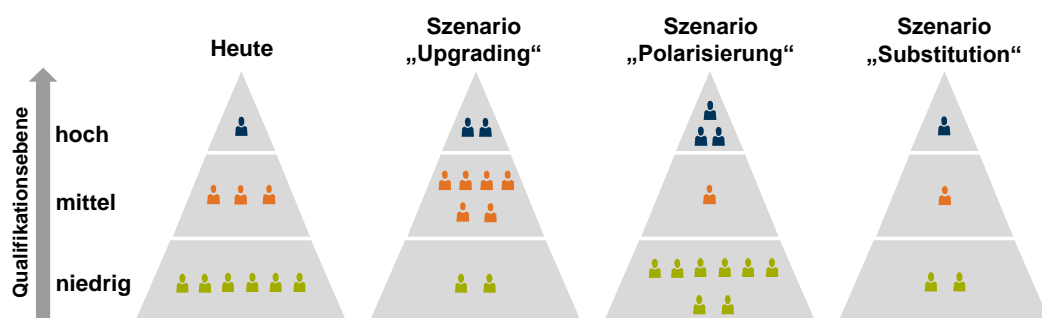


Abbildung 2-4: Darstellung der Anzahl an Mitarbeitenden in den Aufbaustrukturen unterschiedlicher Szenarien

Das *Upgrading* ist durch eine Aufwertung der Arbeit gekennzeichnet und umfasst zwei Aspekte [Hir-2017c, S. 363ff.; Hir-2018, S. 178f.; Itt-2016, S. 13ff.]. Zum einen wird durch die fortschreitende Automatisierung insbesondere Arbeit mit geringen Qualifikationsanforderungen durch Technologieeinsatz substituiert [Sch-2014, S. 19]. Zum anderen führt der umfangreiche Technologieeinsatz zu einer gestiegenen Komplexität in den Arbeitsprozessen, wodurch neue, anspruchsvollere Arbeitsumfänge entstehen [Hir-2016a, S. 2f.; Hir-2018, S. 179; Itt-2016, S. 14]. Die Umsetzung dieses Szenarios erfolgt primär mit den bisherigen Beschäftigten. Durch Weiterbildung und den Einsatz von Assistenzsystemen können Mitarbeitende der niedrigen Qualifikationsebene gezielt gefördert und auf die zukünftige Arbeit vorbereitet werden [Hir-2016a, S. 2f.; Itt-2016, S. 14; Spa-2013, S. 123ff.].

Bei der *Polarisierung* industrieller Arbeit werden Tätigkeiten der mittleren Qualifikationsebene automatisiert [Hir-2017c, S. 365ff.; Hir-2018, S. 178f.; Itt-2016, S. 19ff.]. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese Aufgaben strukturiert sind und zudem einen Routinecharakter aufweisen, der eine Zerlegung in programmierbare Algorithmen und somit eine Automatisierung ermöglicht. Die verbleibenden Aufgaben sind anspruchsvolle Arbeiten, die von hoch qualifizierten Fachkräften erledigt werden, oder einfache Tätigkeiten, die besondere sensomotorische Fähigkeiten oder kreative und soziale Intelligenz der Niedrigqualifizierten erfordern [Goo-2003; Goo-2014; Aut-2013, S. 189; Aut-2015, S. 9ff.; Pic-2014, S. 304f.].

In der Literatur wird zudem ein drittes Szenario skizziert, bei dem das Upgrading und die Polarisierung kombiniert werden – die *Substitution* industrieller Arbeit. Unter der Prämisse, dass sowohl Aufgaben mit geringen als auch mit mittleren Qualifikationsanforderungen hauptsächlich einen Routinecharakter aufweisen, kommt es zum weitgehenden Wegfall aufgrund der eingesetzten Industrie 4.0-Technologien [Itt-2016, S. 16ff.].

## 2.3 Kompetenzen

Kompetenzen sind kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die dem Einzelnen zur Verfügung stehen, um bestimmte Probleme in variablen Situationen zu lösen [Wei-2002]. Kompetenzen umfassen das Wissen, die Fertigkeiten und Fähigkeiten des Personals, eine Funktion oder Aufgabe in ihrer geforderten Weise auszuführen [Mur-2003]. Kompetenzen können in Form bestimmter Verhaltensweisen definiert werden, die bei der Arbeit beobachtet werden können [Hir-1994]. Darüber hinaus umfassen Kompetenzen auch Einstellungen, Arbeitsgewohnheiten und individuelle Merkmale [Gan-2006; Le-2005]. Zudem sind Kompetenzen durch Regeln, Werte und Normen gekennzeichnet,



die es den Mitarbeitenden ermöglichen, eine Tätigkeit selbstständig zu planen, auszuführen und zu bewerten [Erp-2017]. Basierend darauf definieren *Meyer et al.* Kompetenz als die Kombination von Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Wissen und Erfahrungen einer Person, die für die Ausübung und Erfüllung von Lebens- und Berufsrollen erforderlich sind [Mey-2015].

Der Einfluss menschlicher Kompetenzen auf die Verbesserung der Unternehmensleistung ist in der Literatur weithin anerkannt [Boy-1982; McC-1973; McL-1997]. Zudem besteht eine Korrelation zwischen dem Kompetenzniveau und der Leistung des Unternehmens [Cam-1990; Sis-1990]. Kompetenzen stehen in einem positiven Zusammenhang mit der Leistungssteigerung [Sto-2012]. *Bratton und Gold* beziehen Leistungsaspekte direkt in die Definition ein, wobei sie Kompetenzen als zugrundeliegende Eigenschaften einer Person beschreiben, die zu kompetenter oder effektiver Leistung führen. Dabei werden die Art der Aufgabe und der organisatorische Kontext berücksichtigt [Bra-2017]. Die positive Korrelation zwischen Kompetenzen und der Leistung von Unternehmen wurde auch für die Logistik durch eine Studie bestätigt [Göp-2013a]. Infolgedessen werden Kompetenzen zu Erfolgskriterien, welche die Vision, Mission, Strategien und die Ziele einer Organisation unterstützen und auf die Generierung von Kunden- und Geschäftswert ausgerichtet sind [Car-1998].

Erfolgreiche kompetenzbasierende Strategien für die Auswahl und Entwicklung von Mitarbeitenden verfügen in der Regel über mehrere Schlüsselaspekte. Personalauswahl, -entwicklung, -beurteilung und -planung lassen sich mit Kompetenzen verknüpfen [Car-1998]. Eines der Hauptziele ist die Entwicklung von Mitarbeiterkompetenzen durch die Gestaltung und Umsetzung geeigneter Schulungs- und Ausbildungsprogramme [Vid-2012]. Es besteht die Notwendigkeit Fähigkeiten zu entwickeln, die für das Unternehmen geeignet und einzigartig sind und somit Kernkompetenzen und Wettbewerbsvorteile bieten [Law-1994]. Durch die Festlegung und Nutzung von Kompetenzen definiert eine Organisation ihr spezifisches Wissen, ihre Fertigkeiten, Fähigkeiten, Möglichkeiten und ihre Verhaltensweisen. Darüber hinaus stellen lebenslanges Lernen und Weiterentwicklung wichtige strategische Aspekte für eine Organisation dar, da der Aufbau von intellektuellem Kapital und die Förderung von Kernkompetenzen elementar für den anhaltenden Erfolg sind. Um den daraus resultierenden notwendigen organisatorischen Veränderungen gerecht zu werden, ist die Kompetenzermittlung ein probates Mittel zur Identifizierung zukünftiger Fähigkeiten, die Wandel erleichtern können [Car-1998].

In einer Übergangsphase herrscht oft große Unklarheit über die Fähigkeiten, die in dem ständig wechselnden technologischen Umfeld erforderlich sind [Per-2020]. Das Kompetenzmanagement beinhaltet deswegen die Ermittlung der spezifischen und

charakteristischen Kompetenzen, die für ein hohes Leistungsniveau und den Erfolg in einer bestimmten Organisation erforderlich sind [Det-2017]. Die Kompetenzmodellierung wird eingesetzt, um die Bedürfnisse des Arbeitsmarktes aufzuzeigen und dem Einzelnen kenntlich zu machen, welche Kompetenz für die berufliche Tätigkeit erforderlich ist [Le-2005]. Darüber hinaus wird die Kompetenzmodellierung zum Aufzeigen von Synergien zwischen formaler Bildung und Erfahrungslernen bei der Entwicklung berufsbezogener Kompetenzen eingesetzt [Che-1996].

Unternehmen nutzen die Kompetenzmodellierung als Leitfaden für die Unterscheidung zwischen leistungsstarken, durchschnittlichen und leistungsschwachen Mitarbeitenden, u. a. für deren Einstellung, Schulung und Entwicklung sowie für die Förderung von High Potentials [Bra-2015; Cam-2011; Men-2017]. In der Modellierung verwendete Kompetenzen sollten deswegen messbar und entwickelbar bzw. trainierbar sein [Det-2017].

Kompetenzmodelle werden eingesetzt, um die Fähigkeiten, das Wissen, die persönlichen Eigenschaften und das Verhalten zu identifizieren, die für die erfolgreiche Erfüllung eine Rolle innerhalb der Organisation erforderlich sind [Luc-1999]. Außerdem sind Kompetenzmodelle für die Anpassung der individuellen Fähigkeiten an die Kernkompetenzen der Organisation weit verbreitet [Le-2005]. Der Einsatz von Kompetenzen hilft dabei herauszufinden, welche Art von Fähigkeiten Organisationen anstreben, wie Programme zum Erwerb der gewünschten Fertigkeiten gestaltet werden können und welche Kompetenzen den Einzelnen ermöglichen sich beruflich fortzuentwickeln [Per-2020]. Dementsprechend kann mit Hilfe des Kompetenzmanagements festgestellt werden, dass z. B. analytisches Denken in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Folglich findet eine Anhebung der Kompetenzanforderung im Kompetenzmodell statt, um die künftig notwendigen Kompetenzen bereitzustellen. Daraus lässt sich der Bedarf an Qualifizierung/Training im Bereich analytisches Denken ableiten.

Die erforderlichen Kompetenzen werden an vorgegebenen Standards gemessen, die durch Qualifizierung und Entwicklung erreicht werden können [Mel-2019]. Die Qualifizierungen ermöglichen es, die Fähigkeiten der Mitarbeitenden in Einklang mit den Kompetenzanforderungen zu bringen, die zur Erreichung der Strategien der Unternehmen gefordert werden. Sie erhöhen auch die Flexibilität des Personaleinsatzes in einem Umfeld sich verändernder Tätigkeiten [Flö-2018b]. Um in der heutigen globalen Wirtschaft wettbewerbsfähig und für neue Technologien gerüstet zu sein, müssen die Kompetenzen jedes Einzelnen durch Schulung, Erfahrung und Mentoring verbessert werden [Dan-2019]. Da die Menge der möglicherweise benötigten Kompetenzen breit gefächert ist, werden sie in verschiedene Kategorien unterteilt. Eine gängige Klassifi-

zierung von Kompetenzen unterscheidet *Fach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen* [Kau-2006]. Fachkompetenzen befähigen eine Person zu einem ganzheitlichen, selbstorganisierten Handeln, das die Nutzung ihrer Motivationen, Emotionen und Erfahrungen einschließt [Abe-2019]. Diese Kompetenzen sind in einem bestimmten Arbeitskontext anwendbar und werden zwischen den einzelnen Disziplinen unterschieden, da sie das Individuum mit den notwendigen Werkzeugen für eine berufliche Tätigkeit ausstatten [Fre-2013]. Methodenkompetenzen unterstützen die Person dabei, die richtige Entscheidung bei der Umsetzung der Aufgabe in einem bestimmten Umfeld und Kontext zu treffen [Ero-2016]. Zu den Selbstkompetenzen gehört die Fähigkeit zu reflexivem und selbstorganisiertem Handeln [Abe-2019]. Die Interaktion mit anderen wird durch soziale Kompetenzen dargestellt [Kau-2006]. Persönliche und soziale Kompetenzen werden in erster Linie durch Umweltfaktoren wie der Organisationsform beeinflusst [Erp-2017].

## 2.4 Soziotechnisches System

Nachdem die Grundlagen zu den drei Dimensionen Organisation, Technik und Mensch bzw. im Kontext dieser Arbeit spezifiziert als Logistik, Industrie 4.0 und Kompetenzen beschrieben wurden, sollen diese nun im Rahmen des soziotechnischen Systems zusammengeführt werden. Der Grundsatz des Konzepts hat seinen Ursprung in den 1950er Jahren bei Untersuchungen zu den Auswirkungen der Mechanisierung im Steinkohlebergbau auf die Sozialstruktur in der Belegschaft. Dabei zeigte sich der Zusammenhang zwischen dem technologischen Wandel und den strukturellen Veränderungen im Unternehmen sowie den Einschränkungen in der Arbeitsqualität aus Sicht der Arbeitnehmer [Tri-1951].

Im Zuge der Industrie 4.0 und den daraus resultierenden Konsequenzen für die Arbeit finden diese soziotechnischen Überlegungen besondere Aufmerksamkeit. Die Relevanz und Notwendigkeit die Industrie 4.0 als soziotechnisches System zu betrachten, wird in der Literatur immer wieder aufgegriffen [aca-2016b, S. 9ff.; Buc-2017, S. 68f.; Hir-2014, S. 9ff.; Hir-2017c, S. 360ff.; Itt-2016]. Dies soll es ermöglichen, nicht nur die technologischen Aspekte des Wandels durch die Industrie 4.0, sondern das Gesamtsystem mit all seinen Wechselbeziehungen zu berücksichtigen [Hir-2014, S. 11]. Übergeordnetes Ziel ist es, die Fehlplanungen im Rahmen der Einführung neuer technischer Systeme aufgrund der nicht ausreichenden Berücksichtigung der Mitarbeitenden zu vermeiden und die Qualifizierung der Beschäftigten für die Technologien rechtzeitig durchzuführen [Buc-2017, S. 69].

Die Analyse und Gestaltung der Digitalisierung von Prozessen erfordert eine ganzheitliche Abstimmung und Berücksichtigung der Zusammenhänge von Produktion sowie organisatorischen und personellen Elementen des Systems [Hir-2018]. Diese Problematik wird durch das Konzept des soziotechnischen Systems erfasst, das nicht einen Aspekt auf Kosten der anderen optimiert, sondern eine aufeinander abgestimmte Arbeitsgestaltung von Mensch, Organisation und Technik anstrebt [Son-2020]. Das Teilsystem *Technik*, das neue technologische Trends wie CPS und innovative digitale Assistenzsysteme umfasst, ist über Mensch-Maschine-Schnittstellen mit dem Teilsystem *Mensch* verknüpft. Dieses befasst sich mit Personal- und Qualifikationsstrukturen sowie Beschäftigungsformen. Die Gestaltung der *Unternehmensorganisation* als drittes Teilsystem, das sich dem Wandel des Wertschöpfungsprozesses und der Organisationsstruktur [Hir-2018] widmet, muss wiederum mit dem Einsatz von Technik koordiniert werden [Son-2020]. Ziel ist es also, die Schnittstellen zwischen den drei Teilsystemen zu analysieren, da eine Veränderung in einem Teilsystem zu Veränderungen in den anderen führt. Die nachstehende Abbildung 2-5 visualisiert den beschriebenen Kontext für die Gestaltung der Industrie 4.0 nach dem soziotechnischen Prinzip.

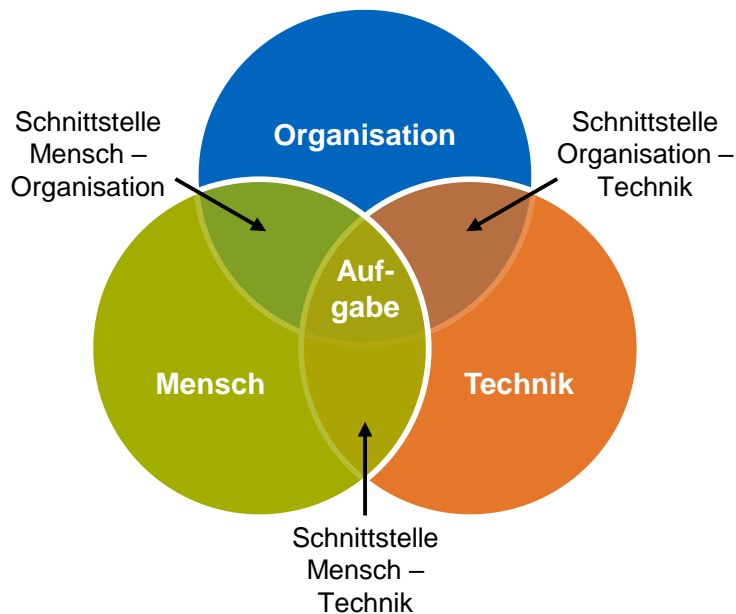


Abbildung 2-5: Das soziotechnische System im Rahmen der Industrie 4.0 (in Anlehnung an [Itt-2016, S. 27; Uli-2011, S. 202])

Die *Schnittstelle zwischen Mensch und Technologie* betrachtet mögliche Formen der Interaktion von Mensch und Maschine sowie deren Kommunikationsgestaltung. Besonders im Zuge der Industrie 4.0 ist der Einsatz intelligenter Assistenzsysteme, die Aufteilung von Funktionen und die Zuordnung der Kontrolle zwischen den Systemen zu nennen. Die Substitution von Tätigkeiten nimmt dabei mit steigendem Automatisie-

ungsgrad zu. Durch die unmittelbare Bereitstellung von Informationen werden die Mitarbeiter zu informierten Entscheidern, die so optimale Ergebnisse erzielen. Zudem können die Beschäftigten bei Prozessschritten, beispielsweise durch den Einsatz von Wearables, unterstützt werden, wodurch Verbesserungen der Ergonomie erzielt werden können und eine physische Entlastung erfolgt. Das Aufgabenspektrum der Beschäftigten kann auch um überwachende und kontrollierende Tätigkeiten erweitert werden [Hir-2018, S. 183ff.; Büc-2018, S. 38ff.; Mät-2019, S. 1ff.; Vog-2017, S. 23f.].

Die Integration der neuen Technologien in das betriebliche Gesamtsystem erfolgt an der *Schnittstelle zwischen Technologie und Organisation*. Die technologischen Gegebenheiten und der Grad der Integration haben hierbei Auswirkungen auf die Organisationsform und den Aufbau innerhalb eines Unternehmens. Die Verwendung einer dezentralen Steuerung innerhalb der Logistik kann beispielsweise aus dem Technologieeinsatz eines autonomen Systems resultieren [Büc-2018, S. 38ff.; Hir-2018, S. 185ff.].

Die *Schnittstelle zwischen Mensch und Organisation* befasst sich mit der Arbeitsorganisation, den Tätigkeitsstrukturen und den Qualifizierungsanforderungen sowie den Management- und Kommunikationsstrukturen [Hir-2018, S. 187]. Der Aufbau und die Gestaltung der Organisation legen dabei letztendlich das Tätigkeitsspektrum der Beschäftigten fest. So resultiert beispielweise bei einer hochautomatisierten und vernetzten Produktionslogistik der einhergehende Automatisierungsgrad in einem Entfall manueller Tätigkeiten. Außerdem verschiebt sich das Aufgabenspektrum hin zur Kontrolle und Störungsbehebung [Hir-2018, S. 187f.; Büc-2018, S. 38ff.].

Beschäftigte in der Produktion und Logistik sind mit vielfältigen Veränderungen konfrontiert, die mit der Entwicklung der Industrie 4.0 verbunden sind [Hec-2016]. Der Einsatz von Industrie 4.0-Technologien umfasst nicht nur die Vernetzung von Maschinen und Robotern, sondern bezieht auch den Menschen in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette auf neue Weise mit ein [But-2017]. Bei der Analyse der Automatisierung von Prozessen findet häufig eine isolierte Betrachtung von Prozess, Arbeitsplatz und Tätigkeit statt. Die Automatisierung hat allerdings einen Einfluss auf alle drei Elemente des Gesamtsystems. Dementsprechend müssen Mensch, Technologie und Organisation sowie deren Schnittstellen betrachtet werden [Hir-2015, S. 14ff.]. Diese internen und externen Veränderungen der Digitalisierung und Autonomisierung der Industriearbeit sind für die zukünftigen Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten von hoher Relevanz. Um dies eingehend zu untersuchen, werden die menschlichen, technischen und organisatorischen Aspekte im Rahmen dieser Arbeit betrachtet und analysiert.



## 3 Aktueller Stand der Wissenschaft

---

Nach Darlegung der Grundlagen befasst sich dieses Kapitel mit dem Stand der Wissenschaft zu Kompetenzmanagement in der Logistik in Zeiten der Industrie 4.0. Mittels einer systematischen Literaturrecherche und einer quantitativen Studie mit 140 Teilnehmenden werden die wissenschaftlichen Beiträge zu Kompetenzveränderungen sowie der Umsetzungsstand in der Praxis analysiert. Auf Basis der Untersuchungen erfolgt die Ableitung des Forschungsbedarfs und der Anforderungen an die Lösung.

### 3.1 Logistische Prozesse

#### 3.1.1 Beschreibung des Materialflusses

Nachstehend erfolgt die Beschreibung unterschiedlicher Materialflussvorgänge, wobei ähnliche Vorgänge zusammengefasst werden. Diese Vorgänge sind die Grundlage der Tätigkeiten, die im Rahmen der Arbeit betrachtet werden und ermöglichen die Spezifikation der Abläufe in der Unternehmenslogistik.

*Transportieren und Fördern* charakterisiert die Fortbewegung von Gegenständen innerhalb eines Systems [Pfo-2018, S. 169; VDI-3300, S. 2]. Das Transportieren beinhaltet die physische Änderung des Ortes von Gütern mit manuellen oder technischen Mitteln [Arn-2008, S. 371]. Dabei wird zwischen dem außer- und innerbetrieblichen Transport differenziert. Unter innerbetrieblichen Transport, auch Fördern genannt, fallen Transporte in einem Werk, wie die Bewegung von einem Lager zum Produktionsort. Außerbetriebliche Transporte umfassen den Weg vom Lieferanten ins Werk, vom Werk zum Kunden oder zwischen unterschiedlichen Produktions- und Lagerstätten [Hei-2011, S. 4f.; Pfo-2018, S. 169]. Die Förderprozesse erfolgen von der Quelle zur Senke und werden von der Transportorganisation geplant, gesteuert, durchgeführt und überwacht. Systemisch findet die Koordination und Steuerung des Materialflusses mittels eines Materialflusststeuerungssystems statt. Generell kann der Transport in unterschiedlichen Automatisierungsgraden (voll-, teilautomatisiert oder nicht automatisiert) ablaufen [Hei-2011, S. 74ff.].

Das *Handhaben* bezeichnet einen gezielten räumlichen Bewegungsvorgang von Gegenständen. Der Begriff ist an den Fähigkeiten der menschlichen Hand angelehnt und impliziert im Zuge der steigenden Automatisierung den Einsatz von Handhabungsmitteln zur Unterstützung [Jün-1989, S. 339f.]. Handhaben subsumiert einzelne Tätigkeiten des Speicherns, Haltens, Veränderns, Bewegens, Sicherns sowie Kontrollierens

[VDI-2860, S. 1ff.]. Der Begriff umfasst auch den Bewegungsvorgang beim Einleiten oder Beenden von Vorgängen der Fertigung (Bearbeitung), des Förderns oder des Lagerns [VDI-3300, S. 2].

Das *Umschlagen* ist dem Handhaben ähnlich und beschreibt „die Gesamtheit der Förder- und Lagervorgänge beim Übergang der Güter auf ein Transportmittel, beim Abgang der Güter von einem Transportmittel und wenn Güter das Transportmittel wechseln“ [DIN-30781, S. 3]. Die Funktion wird zudem als Schnittstelle der außerbetrieblichen Verkehrs- mit den innerbetrieblichen Transportsystemen eines Unternehmens gesehen. In der innerbetrieblichen Logistik stellt der Umschlag den Übergang der Güter von einem Verkehrsmittel (außerbetrieblich, Inbound) auf ein Transportmittel (innerbetrieblich, Inhouse) dar [Mar-2016, S. 308]. Das Umschlagen beinhaltet das Handhaben der Güter bei den Vorgängen des *Be- und Entladens* sowie beim *Ein- und Auslagern* [Arn-2008, S. 7; Pfo-2018, S. 9].

Das *Lagern* beschreibt den kurz- oder langfristigen Aufenthalt von Gütern [Arn-2008, S. 372], der für die Überbrückung vom Zeitpunkt der Lieferung bis zum Bedarfszeitpunkt notwendig ist [Hei-2011, S. 53]. Weitere Ursachen für einen Aufenthalt sind die Anpassung der Reihenfolge, Menge und Zusammenstellung sowie Störungen, Prüf- und Nacharbeitsumfänge [Arn-2009, S. 111; Gud-2012, S. 320ff.]. Das Lagern ist mit dem planmäßigen Übergang in einen Lagerbereich verbunden [Hei-2011, S. 53], dem eine Einlagerung vorausgeht und die Auslagerung folgt [Arn-2008, S. 7]. Bei Unterbrechung des Materialflusses aufgrund technischer Restriktionen eines Produktionsschritts oder durch ablauforganisatorische Bedingungen wird abgrenzend von *Liegen* oder *Warten* gesprochen [Hei-2011, S. 45 und 53]. Lagern ist entgegen dem Liegen eine geplante Unterbrechung des Materialflusses in einem Lagerbereich [Muc-2018, S. 81].

Die Tätigkeiten *Verteilen, Sortieren und Zusammenführen* differenzieren sich voneinander kaum [Gün-2011, S. 30] und werden deshalb in dieser Arbeit synonym verwendet. Sortieren beschreibt die Bildung von Teilmengen aus einer ungeordneten Menge von Objekten mit mindestens einem gleichen Merkmal. Der Prozess kann manuell durch Mitarbeitende, aber auch unterstützt durch Maschinen oder vollautomatisiert, erfolgen [Arn-2009, S. 225].

Das *Kommissionieren* verfolgt das Ziel mittels Einzeltätigkeiten eine Auftragszusammenstellung zu erreichen [VDI-3590, S. 2]. Dies erfolgt indem bestimmte Teilmengen (Artikel) aus einer Gesamtmenge von Gütern (Sortiment) auf Basis von Bedarfsinformationen (Aufträge) zusammengestellt werden [Sch-2013b, S. 252]. Das eingesetzte



Kommissioniersystem unterteilt sich dabei in folgende vier Elemente: Kommissionierlager, Transportmittel, Mensch und Kommissionierauftrag. Das Zusammenspiel dieser Teilelemente bildet die Organisation des Kommissioniersystems. Wenn die Kommissionierung von Mitarbeitenden durchgeführt wird, findet eine Differenzierung zwischen Person-zur-Ware (statisch) und Ware-zur-Person (dynamisch) statt [Sch-1986, S. 9]. Bei der statischen Option bewegen sich die Kommissionierer zur Ware und entnehmen nach der festgelegten Kommissionierreihenfolge aus der jeweiligen Gesamtmenge eine Teilmenge. Dagegen werden bei der dynamischen Kommissioniermethode die Lagereinheiten zu den Kommissionierern hinbewegt. Diese entnehmen eine Teilmenge, woraufhin ein Rücktransport der angebrochenen Lagereinheit stattfindet [Sch-2013b, S. 268ff.].

Beim *Bearbeiten* wird die Ware dem vom Kunden gewünschten Endzustand nähergebracht [Arn-2008, S. 371; VDI-3300, S. 2]. Die Erweiterungen des Bearbeitens sind das *Fertigen und Montieren*, die sich aus unterschiedlichen Vorgängen des Fügens, Handhabens, Kontrollierens und Justierens zusammensetzen [Gün-2011, S. 30]. Der Fokus der Logistik liegt jedoch auf der Sicherstellung der Material- und Informationsversorgung und nicht auf dem Bearbeiten, Fertigen und Montieren.

Das *Verpacken* wird als das Vereinigen von Packgut und Verpackung definiert, das unter Nutzung von Verpackungsmaschinen oder von Hand zu einer Packung bzw. einem Packstück erfolgt [DIN-55405-06, S. 4]. Die Gründe für den Einsatz von Verpackungen sind die Sicherstellung einer Schutz-, Lager-, Transport-, Identifikations-, Informations-, Verkaufs- und Verwendungsfunktion [Jün-1989, S. 121f.].

### 3.1.2 Beschreibung des Informationsflusses

Für die Planung, Steuerung und Überwachung des Materialflusses werden diverse Funktionen im Informationsfluss benötigt. Der Informationsfluss wird, verglichen mit dem Materialfluss, in der Literatur bisher weniger detailliert betrachtet [Gün-2011, S. 33]. Der Informationsfluss ist eine zeitlich und durch ein Prozessziel inhaltlich verknüpfte Abfolge von Verarbeitungs-, Übertragungs- und Speichervorgängen mit definiertem Beginn und Ende [Kla-2012, S. 236f.]. Daneben wird die Kommunikation als Basisfunktion des Informationsflusses eingestuft [Krc-2015, S. 24; Bro-1987, S. 36]. Nachfolgend werden unterschiedliche Vorgänge, die dem Informationsfluss zuzuordnen sind, beschrieben.

Das *Erfassen* von Informationen und Daten kann abhängig vom Zweck manuell, halb-automatisch oder automatisch erfolgen [Arn-2008, S. 822f.]. Es beinhaltet im Produk-

tionskontext häufig das eindeutige und unverwechselbare Erkennen eines Gegenstandes anhand seiner Merkmale. Differenziert wird dabei zwischen einer direkten Identifizierung mit Hilfe spezifischer Merkmale (Form, Größe oder Gewicht) oder einer indirekten Identifizierung über einen Informationsträger. Letzteres wird in der heutigen Logistik zunehmend für eine eindeutige Bestimmung von Objekten eingesetzt und stellt zudem die Grundlage für Tracking und Tracing von Gegenständen dar [Arn-2008, S. 816]. Neben dem Erfassen erfolgt auf der anderen Seite entsprechend auch die *Ausgabe* von Informationen und Daten [Arn-2008, S. 397; Gün-2011, S. 34; Sch-2016, S. 35].

Das *Speichern* von Informationen und Daten ist mit dem Prozess des Lagerns im Materialfluss vergleichbar. Bei einer kurzzeitigen Speicherung werden die Informationen und Daten direkt im Anschluss weiterverarbeitet. Bei längerer Speicherung wird hingegen von einer Archivierung gesprochen. In der Prozesssteuerung können die gespeicherten Informationen oder Daten auch als Auslöser für Folgeprozesse fungieren [Gün-2011, S. 35].

Das *Verändern und Aufbereiten* von Daten und Informationen ist ein elementarer und komplexer Vorgang des Informationsflusses. Hierfür werden zunächst die relevanten Daten und Informationen erfasst und gespeichert. Danach folgt die zielgerichtete Aufbereitung unter Verwendung eines Informationssystems. Im Zuge dessen werden die Eingangsinformationen nach bestimmten Vorschriften verändert und ein Ergebnis resultiert [Gün-2011, S. 34; Sch-2016, S. 34]. Neben der Verarbeitung von Daten in IT-Systemen kann auch der Mensch als informationsverarbeitendes System betrachtet werden [Kha-2005].

Die *Kommunikation und Übertragung* bezeichnet den Austausch von Informationen und Daten zwischen unterschiedlichen Systemen und Personen [Krc-2015, S. 22; Laf-2000, S. 96]. Die Kommunikation beinhaltet die Übermittlung einer Mitteilung zwischen Menschen, Maschinen oder Mensch und Maschine. Der Sender übermittelt mit Hilfe eines Übertragungskanals und unter Nutzung eines Übertragungsmediums Informationen und Daten zu den Empfängern [Sch-2016, S. 80; Krc-2015, S. 343].

### **3.1.3 Beschreibung logistischer Standardvorgänge**

Durch die Kombination der logistischen Grundfunktionen können ganze logistische Prozessketten abgebildet werden. Hierfür existieren in der Literatur verschiedene standardisierte Methoden. Im Folgenden werden sieben Konzepte beschrieben, die bei der Literaturrecherche von Methoden zur Prozessmodellierung identifiziert wurden. Sie bil-

den den Logistikprozess entweder über logistische Funktionen auf Basis von Tätigkeiten (z. B. [VDI-3300; Sys-1990; Gün-2011; Arn-2009]) oder über eine Zustandstransformation des logistischen Objekts (z. B. [Gün-2013b; Gün-2013a; Höm-2007; Jün-1989]) ab.

Mit Hilfe der *VDI-3300* kann die komplette Prozesskette in der Logistik anhand verschiedener Vorgänge wiedergegeben werden [VDI-3300]. Hierfür werden die sechs Grundvorgänge Bearbeiten, Handhaben, Transportieren, Prüfen und das kurzfristige sowie langfristige Lagern zur Visualisierung des Materialflusses definiert. Der Informationsfluss findet in dieser Richtlinie keine Berücksichtigung.

*Arnold und Furmans* [Arn-2009] ermöglichen zudem eine Beschreibung des Informationsflusses, indem neben dem Materialfluss (Fördern, Zusammenführen, Verzweigen, Bedienen und Warten) auch die Funktionen des Speicherns, Transportierens, Verarbeitens und Interpretierens von Informationen und Daten beschrieben werden. Durch die strukturierte Anordnung der vier Prozesse kann der Informationsfluss analog zum physischen Materialstrom abgebildet werden [Arn-2009, S. 8 und 330].

Einen weiteren Ansatz standardisierter logistischer Funktionen liefern *Günthner und Schneider* mit der Methode zur Aufnahme innerbetrieblicher Logistikprozesse [Gün-2011]. Der Ansatz erweitert die Materialflussfunktionen Handhaben, Bewegen, Liegen und Bearbeiten um die Informationsflussfunktionen Erfassen, Übertragen, Ablegen, Verarbeiten und Kennzeichnen. Durch die Verknüpfung der Grundfunktionen des Material- und Informationsflusses und der entsprechenden Operatoren kann die intralogistische Prozesskette mit Attributen dargestellt werden [Gün-2011, S. 71ff.].

Der Ansatz von *Syska* [Sys-1990] gliedert die Logistik in dispositive, veranlassende und operative Funktionsgruppen, wobei letztere weiter in material- und informationsbezogene Funktionen aufgeschlüsselt werden. Die dispositiven Funktionen (z. B. Bedarfsermittlung, Kapazitätsplanung) generieren den Input für die veranlassenden Funktionen (z. B. Einsatzplanung, Lagerplatzzuordnung). Die materialbezogenen Funktionen bestehen aus Transport, Umschlag und Lagerung, während die informationsbezogenen Funktionen vor allem der Datenerfassung dienen. Die Grundfunktionen im Materialfluss sind weit gefasst, wohingegen der Informationsfluss lediglich in Form der Datenerfassung betrachtet wird [Sys-1990, S. 5ff.].

*Hömberg et al.* [Höm-2007] bilden die logistischen Prozesse über die Zustandstransformationen der Objekte ab. Sie unterteilen die Prozesse des Materialflusses in die drei Grundprozesse Behandlungs-, Ortswechsel- und Liegeprozesse, die in gleicher Weise für den Informationsfluss verwendet werden. Darüber hinaus wird jeder dieser

Grundprozesse durch einen standardisierten Logistikdatensatz unterstützt, aus dem der Anwendende je nach Detaillierungsgrad der Modellierung Daten auswählen kann [Höm-2007, S. 3ff.].

*Jünemann et al.* [Jün-1989] bieten ebenfalls einen Ansatz mit dem Fokus auf Zustandstransformationen. Dabei werden Grundfunktionen wie Handhaben, Fördern und Verpacken verwendet, aber auch komplexere Arbeitsprozesse wie Kommissionierung, Bildung von Ladeeinheiten sowie Be- und Entladung werden aufgeführt. Letztere setzen sich aus einer Kombination der Grundfunktionen zusammen. Mit Dateneingabe und -ausgabe, Transport, Verarbeitung und Speicherung von Daten werden auch Funktionen des Informationsflusses spezifiziert, wobei auf diese nicht näher eingegangen wird [Jün-1989, S. 12ff.].

Die logistikorientierte Wertstromanalyse von *Günthner et al.* [Gün-2013b; Gün-2013a] verfolgt einen anderen Ansatz und spezifiziert standardisierte Logistikfunktionen basierend auf der Transformation von Raum, Zeit, Menge, Zusammenstellung und Servicewert. Allerdings werden die Transformationsarten wiederum in logistische Grundfunktionen unterteilt, für die jeweils eine Vorlage mit prozessbeschreibenden Attributen und Ausprägungen existiert. Diese Funktionen werden um administrative Aspekte für die Transformation von Informationen erweitert, wodurch die ganzheitliche Reproduktion der Logistik ermöglicht wird.

Resümierend zeigt sich, dass fast alle Methoden die Darstellung sowohl des Materials als auch des Informationsflusses ermöglichen. Allerdings unterscheiden sich der Detaillierungsgrad und die zugrundeliegenden Konzepte.

## **3.2 Kompetenzmanagement**

Der technologische Wandel in der Logistik hat, unabhängig vom konkreten Szenario, erhebliche Auswirkungen auf den Menschen. Deswegen wird in diesem Abschnitt die Arbeitswelt im Rahmen des Kompetenzmanagements betrachtet. Kernelement des Kompetenzmanagements sind Kompetenzmodelle, von denen etabliertere Modelle aus der Theorie und Praxis beschrieben werden. Darüber hinaus wird auf Vorgehen zur Bestimmung von Kompetenzanforderungen und für die Ermittlung von Kompetenzprofilen eingegangen. Die Methoden in diesem Abschnitt werden in Kapitel 4 aufgegriffen und in Bezug auf die in dieser Arbeit gestellten Anforderungen bewertet.

### 3.2.1 Kompetenzmodelle

Um den sich verändernden Prozessen und Aufgaben in Zukunft gerecht zu werden, müssen Unternehmen Qualifizierungsstrategien entwickeln. Der Einsatz von Kompetenzmodellen stellt dabei eine wesentliche Unterstützung dar. *Mansfield* definiert ein Kompetenzmodell als eine detaillierte, verhaltensspezifische Beschreibung der Fähigkeiten und Eigenschaften, die Mitarbeitende für die effektive Erfüllung ihres Jobs benötigen [Man-1996].

Zum Überblick über bestehende Kompetenzmodelle werden eine Literaturrecherche durchgeführt und 16 Kompetenzmodelle verglichen. Dabei liegt der Fokus auf der Identifikation von Modellen, die auf die Logistik spezialisiert sind oder auf allgemeinen Ansätzen, welche alle vier Kompetenzkategorien berücksichtigen. Die meisten der recherchierten Kompetenzmodelle sind nicht für logistikspezifische Aufgaben anwendbar. Einige Modelle berücksichtigen nur die Führungsfunktionen [Dör-2017], andere konzentrieren sich ausschließlich auf Fach- und Methodenkompetenzen [Sup-2012] oder auf soziale Kompetenzen [Kan-2017]. Zudem gibt es Modelle, die andere Ziele verfolgen, wie z. B. die kompetenzorientierte Arbeitsplanung [Dek-2013], die Auswahl von Mitarbeitenden [Mon-2017] oder die Erfassung der vorhandenen Kompetenzen [Hos-2003]. Diese Kompetenzmodelle werden aus den genannten Gründen nicht weiter betrachtet. Im Folgenden werden sieben verbleibende Kompetenzmodelle vorgestellt.

Der *Kompetenzatlas* ist ein branchenunabhängiges Kompetenzmodell mit 64 Kompetenzen, die in die vier klassischen Kompetenzkategorien unterteilt sind [Hey-2017]. Ziel des Modells ist die „Ausprägungen der Grundkompetenzen einer Person, einer Gruppe oder einer Organisation [...] einmal unter normalen, unproblematischen Arbeits- und/oder Lebensbedingungen und einmal unter besonders fordernden, auch belastenden Bedingungen“ [Hey-2017, S. 246] zu ermitteln.

Das *Kompetenzrad von North* [Nor-2017] ist branchenunabhängig und verfolgt das Ziel, die vorhandenen Kompetenzen mit den zukünftig benötigten Kompetenzen zu vergleichen, zu analysieren und transparent darzustellen. Die Strukturierung der Kompetenzen in Kompetenzkategorien kann von dem Anwendenden selbst definiert werden. Die Beurteilung der Kompetenzanforderung erfolgt durch Selbst- und/oder Fremdeinstufung [Nor-2017, S. 467]. Bewertet wird mit Hilfe einer dreistufigen Skala: Kenner, Könnler oder Experte.

Das *Kompetenzrad von Demel* [Dem-2017] ähnelt dem Kompetenzrad von North, allerdings liegt der Fokus auf Führungskräften und auf den für diese relevanten Fähigkeiten und Fertigkeiten. Die unternehmensspezifischen Kompetenzen werden in

Workshops identifiziert und in Feedbackschleifen überarbeitet sowie bestätigt. Dabei werden auch die Unternehmensstrategie und künftige Entwicklungen berücksichtigt. Anschließend erfolgt die Verknüpfung der ermittelten Kompetenzen mit den relevanten Instrumenten der Personalabteilung.

Das *Kompetenzmodell von Hecklau et al.* [Hec-2016] ist bereichsspezifisch und bildet die Veränderung der Kompetenzen durch die Digitalisierung in der Produktion ab. Zuerst werden dafür die Herausforderungen der Industrie 4.0 mittels Literaturrecherchen identifiziert und daraus die essenziellen Kompetenzen der Mitarbeitenden abgeleitet. Diese Kernkompetenzen werden im nächsten Schritt durch einen Abgleich mit aktuellen Forschungsergebnissen erweitert. Dabei ergibt sich die Aufteilung der übergeordneten Kompetenzen in Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenzen. Die Einstufung der Kompetenzanforderungen erfolgt auf einer Skala von eins bis fünf. Zur Visualisierung der Kompetenzen wird ein Netzdiagramm verwendet, um Kompetenzveränderungen und -bedarfe darzustellen [Hec-2016, S. 5].

Das *ABEKO-Kompetenzmodell* (ABEKO: **A**ssistenzsystem zum demografiesensiblen **b**etriebsspezifischen **K**ompetenzmanagement) enthält Kompetenzen für operative Aufgaben in der Logistik [Hen-2017]. Dieses stuft die Kompetenzen in fünf Niveaus ein vom Novizen über den Beginner, die Fachkraft und die erfahrene Fachkraft bis hin zum Experten [Str-2016, S. 646]. Die Kompetenzen werden dabei nicht in Sozial-, Selbst-, Methoden- und Fachkompetenzen eingeteilt, sondern in die vier Kompetenzfelder

- Güter lagern und transportieren,
- Arbeitsprozesse umsetzen und verbessern,
- mit anderen interagieren und
- eigenes Handeln reflektieren und sich weiterentwickeln [Str-2016, S. 645f.].

Diese Felder gliedern sich wiederum in 26 Kompetenzcluster und 130 Kompetenzen. Zusätzlich bietet das ABEKO-Kompetenzmodell die Möglichkeit, heutige Kompetenzen und Zukunftskompetenzen darzustellen.

Das *Transportation, Distribution, and Logistics Competency Model* ist ein logistikspezifisches Modell, das in sieben Bereiche unterteilt ist [U.S-2018]. Das Modell hat die Form einer Pyramide, die aus folgenden Ebenen besteht:

- Persönliche Kompetenzen (u. a. Integrität, Lernbereitschaft)
- Akademische Kompetenzen (u. a. Lesen, Schreiben, analytisches Denken)

- Kompetenzen am Arbeitsplatz (u. a. Teamarbeit, Grundlagen der Wirtschaft, Planung und Organisation)
- Branchenweite technische Kompetenzen (u. a. Logistikplanung und -management, Lagerhaltung und Distribution)
- Branchenbezogene technische Kompetenzen
- Management Kompetenzen
- Berufsspezifische Anforderungen

Die beiden letzten Aspekte teilen sich die oberste Ebene der Pyramide. Zusammen mit den branchenbezogenen technischen Kompetenzen bilden sie die Fähigkeiten, welche an die jeweilige Arbeitsumgebung angepasst werden müssen.

Das *Kompetenzmodell für Führungskräfte im Baubetrieb* ist für leitende Mitarbeiter spezifiziert und bietet die Möglichkeit, Kompetenzen je nach Prozess darzustellen. Die wichtigsten Prozesse im Baubetrieb werden dabei in Form einer Matrix in das Modell aufgenommen. Für die insgesamt 36 Kompetenzen erfolgt die Klassifizierung nach Fach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen. Ziel des Vorgehens ist die Ermittlung der Kompetenzen in den einzelnen Prozessen, die bei der Gestaltung des Ausbildungsplans berücksichtigt werden sollen und das lebenslange Lernen in der Baubranche unterstützen [Lie-2015].

Die Recherche zu den Kompetenzmodellen verdeutlicht, dass zwischen allgemeinen und branchenspezifischen Ansätzen differenziert werden kann. Für die Logistik liegen wenige Modelle vor, die dann auch nur ausgewählte Bereiche, wie z. B. die operative Logistik, abdecken. Auch werden künftige Entwicklungen und Trends kaum beachtet.

### 3.2.2 Kompetenzanforderungen

Während die meisten Aspekte des Kompetenzmanagements in theoretischer und praktischer Hinsicht umfangreich beschrieben sind, fehlt es an spezifischen Methoden zur Ermittlung von Kompetenzanforderungen. Der Grund dafür ist die recht komplexe und schwierige Bestimmung der erforderlichen Fähigkeiten auf objektive und profunde Weise [Lie-2007]. Dennoch werden folgende Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzanforderungen eingesetzt:

Im Rahmen der *literaturbasierten Bestimmung* werden Sekundärdaten verwendet, um die wichtigsten Kompetenzen für eine bestimmte Tätigkeit oder Technologie zu ermitteln. Dabei können bereits bestehende Kompetenzmodelle und -kataloge mit den in Studien prognostizierten zukünftigen Kompetenzanforderungen kombiniert werden.

Dieser Ansatz hat den Vorteil eines geringen Zeit- und Ressourcenaufwands, was allerdings auch in unspezifischen Ergebnissen resultiert, welche nicht an die Gegebenheiten der Unternehmen angepasst sind. Aus diesem Grund verwenden die meisten Studien diesen Ansatz für einen ersten Entwurf von Stellenprofilen, die dann in Experteninterviews validiert werden. *Vernim et al.* [Ver-2019, S. 81ff.] haben anhand einer Literaturrecherche ein vorläufiges Kompetenzmodell erstellt, das in Experteninterviews auf Vollständigkeit und Aussagekraft überprüft wird. *Flöthmann et al.* [Flö-2018a] nutzen die Ergebnisse einer Literaturrecherche zu Kompetenzen von Supply Chain Managern für eine Choice-Based Conjointanalyse (vgl. [Bal-2009]), um die Bedeutung der Kompetenzen zu ermitteln.

Eine wichtige Quelle für Informationen über Fähigkeiten und Kenntnisse einer bestimmten Arbeit sind *Stellenanzeigen* auf Jobbörsen und in sozialen Kanälen. Dabei kann eine Liste von Aufgaben und den damit verbundenen Fähigkeiten, Kenntnissen und Vorerfahrungen entweder manuell oder automatisch mit Text Mining extrahiert werden [Pej-2020]. Text Mining ist eine auf Algorithmen basierte Analysemethode für digital verfügbare halb- oder unstrukturierte Daten [Agg-2012]. Diese Methode erfordert zwar wenig Zeit und Aufwand für die Analyse im Vergleich zur manuellen Durchführung, aber hohe Fähigkeiten und Ressourcen, um Stellenanzeigen zu extrahieren, Daten aufzubereiten und Algorithmen einzurichten. Da ferner nur aktuelle Stellenanzeigen ausgewertet werden, können lediglich der aktuelle und der sich abzeichnende Bedarf an Stellenprofilen analysiert werden, nicht aber künftige Anforderungen. Die Methode ist vielversprechend für die Ermittlung von Anforderungen in vordefinierten Stellenprofilen, eignet sich aber nicht für eine explorative Untersuchung neuer Kompetenzprofile und deren spezifischen Niveaus.

Ein primär unternehmensspezifischer und anwendungsorientierter Ansatz ist die *Methode der kritischen Ereignisse* (engl. Critical Incident Technique – CIT), die mittels direkter Beobachtungen darauf abzielt, Erkenntnisse über das menschliche Verhalten beim Lösen praktischer Probleme zu sammeln [Fla-1954]. Dabei werden Mitarbeitende aus den Bereichen gebeten Beispiele, in denen das Ziel ihrer Aufgabe erreicht wird, zu nennen, um daraus die notwendigen Verhaltensweisen und Kompetenzen abzuleiten. Diese Methode kann als Bottom-up-Ansatz eingestuft werden, bei dem die Kompetenzen aus den Erfahrungen der Beschäftigten resultieren [Rob-2007]. Der Ansatz hat einen hohen Praxisbezug und bildet Anforderungen spezifisch für die befragten Mitarbeiter ab. Im Zuge dessen orientiert er sich allerdings an aktuellen Tätigkeiten und dem vorherrschenden Arbeitsumfeld.



Beim *Shadowing* wird ein Mitarbeitender einer Organisation über einen längeren Zeitraum hinweg genau beobachtet [McD-2005]. Dieser Ansatz führt zwar zu einem reichhaltigen Datensatz, der ein umfassendes Bild der Aufgaben vermittelt, ist aber auch sehr vielfältig und ggf. dadurch nicht aussagekräftig [Bry-2015]. Im Rahmen dieses Ansatzes haben die Beobachter die Möglichkeit andere Aspekte des Ereignisses oder Verhaltens als der Akteur wahrzunehmen, was umfassendere Analysen ermöglicht [Cza-2007]. Ähnlich wie die Methode der kritischen Ereignisse kann diese Technik auch den Bottom-up-Ansätzen zur Kompetenzermittlung zugeordnet werden.

Ein typisches Top-Down-Verfahren ist dagegen die *Festlegung durch das Management*, bei dem die Leitung einer bestimmten Abteilung die Kompetenzen ermittelt, die zur Erfüllung der Aufgaben erforderlich sind [Kli-2003]. Dieser Ansatz kann erfolgreich sein, wenn die Führungskräfte lange in der Abteilung gearbeitet und die Aufgaben eigenständig ausgeführt haben, sodass sie über einen großen Erfahrungsschatz verfügen. Das Management benötigt hierbei dennoch festgelegte Indikatoren zur neutralen Bestimmung der erforderlichen Kompetenzerfordernisse [Man-1996].

Das Ziel von *Umfragen und Expertenworkshops* ist eine möglichst objektive Bewertung von Mitarbeitenden mit unterschiedlichem Hintergrund zu erhalten und damit die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Während die Gestaltungsmöglichkeiten dieser Ansätze weitreichend sind, besteht eine Prämisse darin, möglichst alle betroffenen Parteien mit einzubeziehen. So wurden Fokusgruppen-Workshops mit Experten aus privaten und öffentlichen Organisationen durchgeführt, um die relevanten technischen Fähigkeiten für Industrie 4.0-Technologien zu spezifizieren [Pin-2017].

Der Ansatz der *Verknüpfung von Kompetenzen mit Kernaufgaben* unterscheidet sich deutlich von den anderen genannten Vorgehensweisen, da der Fokus auf der Nachvollziehbarkeit und Objektivität der Kompetenzbestimmung liegt. Die Verknüpfung von Kompetenzen mit den Hauptaufgaben eines Arbeitsplatzes erfolgt mit Hilfe von „Labeln“. Hierfür müssen zunächst eine Liste berufsspezifischer Kompetenzen, z. B. in Form eines Kompetenzmodells, und eine umfassende Dokumentation der Kernaufgaben dieses spezifischen Berufs verfügbar sein oder erstellt werden. In einem nächsten Schritt werden diese Kernaufgaben und Kompetenzen mit Leistungskriterien „gelabelt“. Schließlich erfolgt die Verknüpfung der Kompetenzen und Kernaufgaben auf Grundlage der übereinstimmenden Kennzeichnungen. Dieser Ansatz eignet sich für Manager unterschiedlicher Branchen und Abteilungen. [Wes-2015]

### 3.2.3 Kompetenzprofile

Für die Erstellung von Kompetenzprofilen finden sich in der Literatur und Praxis verschiedene Methoden. Grundsätzlich wird zur Ermittlung des Zielprofils eine Anforderungsanalyse durchgeführt, die entweder Bottom-up oder Top-down erfolgen kann [Lor-2009]. Dabei zeigt sich, dass die Ermittlung von Kompetenzanforderungen und die Überführung in Kompetenzprofile häufig kombiniert werden (vgl. Abschnitt 3.2.2).

Beim Bottom-up-Verfahren werden die Anforderungen und Profile aus konkreten Aufgaben und Tätigkeiten abgeleitet. Diese sind ähnlich zu den bereits aufgezeigten Methoden zur Ermittlung der Kompetenzanforderungen (vgl. z. B. Umfragen, Workshops, CIT [Bri-1999]). Die dabei identifizierten Verhaltensweisen und Tätigkeiten dienen als Grundlage für die Anforderungen in den Aufgaben und können für die Definition der Anforderungsprofile genutzt werden [Gro-2012]. Ein separates Vorgehen zur Festlegung der einzelnen Kompetenzprofile wird nicht bereitgestellt.

Beim Top-down-Verfahren findet die Berücksichtigung der Ziele und der Strategie des Unternehmens statt. Darauf aufbauend können die Ziele für die jeweiligen Positionen entwickelt und anschließend in konkrete Anforderungen an eine Stelle überführt werden [Lor-2015]. Ziele und Anforderungen werden aus der Unternehmensstrategie abgeleitet [Gro-2012]. Auch bei diesem Vorgehen findet keine strukturierte Bestimmung der relevanten Kompetenzprofile statt.

Ein weiterer Ansatz zur Bestimmung von Anforderungsprofilen ist die Verwendung von Stellenbündeln [Bec-2013]. Ausgehend von der erwarteten Leistung in einer bestimmten Situation werden relevante Aufgaben und Grundanforderungen ermittelt und gebündelt. Kerntätigkeiten, organisatorische Einbindung, fachliche Anforderungen und persönliche Verhaltensanforderungen werden in einem Stellenbündel berücksichtigt. Darüber hinaus können Stellenbündel ein vielversprechendes Instrument zur Bewältigung der zunehmenden Dynamisierung, Komplexität und Unsicherheit sein [Bec-2013]. Charakteristisch ist bei diesem Ansatz, dass Anforderungen und Aspekte definiert werden, die möglichst ähnlich innerhalb eines Stellenbündels sind. Diese Kriterien können bei der Erarbeitung der relevanten Kompetenzprofile berücksichtigt werden.

Die Ansätze zur Bestimmung von Kompetenzprofilen zeigen, dass die Abgrenzung der eigentlichen Profile häufig nicht detaillierter spezifiziert und hinterfragt werden. Dementsprechend liegen kaum Methoden vor, welche die Erstellung und Überprüfung der unterschiedlichen Kompetenzprofile unterstützen und im Kontext des technologischen Wandels kritisch hinterfragen.

### 3.2.4 Qualifizierung

In der Literatur finden sich verschiedene Ansätze, die auf Basis der Kompetenzanforderungen und -profile zukünftige Qualifizierungsbedarfe ermitteln und mit denen die erwarteten Qualifizierungsanforderungen an die Belegschaft benannt werden können. Im Folgenden werden fünf ausgewählte Konzepte beschrieben, die im Rahmen der Literaturrecherche als generische Verfahren, als gängige Vorgehen in der Personalentwicklung oder als Ansätze mit logistischem Schwerpunkt identifiziert wurden.

Der Ansatz von *Niegemann* [Nie-2008] ermöglicht die Ableitung von Qualifikationsanforderungen. Das eingesetzte ADDIE-Modell ist ein effektives Vorgehen für die Entwicklung eines Instruktionssystems, d. h. für die Erstellung von Trainingsprogrammen. Dieses Modell liefert einen fundierten Ansatz, um den Schulungsbedarf zu ermitteln, relevante Maßnahmen zu entwickeln und die Ergebnisse zu bewerten. ADDIE ist ein Akronym für die fünf Schritte: Analysieren, Entwerfen (design), Entwickeln (develop), Implementieren und Evaluieren [Mol-2003].

Ein ähnliches Planungsmodell ist der Funktionszyklus der Personalentwicklung nach *Becker* [Bec-2013]. Der Funktionszyklus ist ein koordinierter Prozess zur Planung, Realisierung, Steuerung und Kontrolle konkreter Personalentwicklungsmaßnahmen. Die sechs Phasen der systematischen Personalentwicklung sind Bedarfsanalyse, Zielsetzung, kreative Gestaltung, Durchführung, Erfolgskontrolle und Transfersicherung.

*Binner* bietet eine weitere Methode zur systematischen Personalentwicklung und Mitarbeiterqualifizierung an. Dieser Ansatz erweitert die Perspektive um die Geschäftsprozesse als Bezugspunkt einer ganzheitlichen Personalentwicklung. Daran anknüpfend werden prozessbezogene Aufgaben- und Anforderungsprofile für die Qualifizierung der Mitarbeitenden genutzt [Bin-2018].

Der bereits vorgestellte *ABEKO-Kompetenzmodell* betrachtet auch die Ermittlung von Qualifizierungsbedarfen [Hen-2017]. Der Ansatz für operative Aufgaben in der Logistik beinhaltet im letzten Schritt der Methode die Kompetenzentwicklung, die Qualifizierungsmaßnahmen zum Aufbau von Kompetenzen aufzeigt.

Im Rahmen des *MetamoFAB-Projekts* wird ein Ansatz zur betrieblichen Mitarbeiterqualifizierung im Kontext der Industrie 4.0 erarbeitet [Ull-2017]. Der Ansatz für eine systematische Umsetzung von Qualifizierungsmaßnahmen besteht aus sechs aufeinanderfolgenden Phasen, die stark anwendungsorientiert sind. Grundlage ist die Annahme, dass die Transformation zur Industrie 4.0 das Resultat einer schrittweisen Metamorphose darstellt und das Ergebnis sukzessive und nicht in einer einzelnen

Maßnahme erreicht werden kann. Nach der Anwendung des Vorgehens liegt eine morphologische Tabelle zum Management von Qualifikationen vor, welche bei der Entwicklung von Lernszenarien unterstützt [Ull-2017].

Die in der Literatur identifizierten Ansätze unterstützen den Mitarbeiterentwicklungsprozess, wobei sich der Detaillierungsgrad und die zugrundeliegenden Konzepte der Ansätze unterscheiden. Die ersten beiden vorgestellten Methoden sind weitgehend generisch, der dritte Ansatz prozessorientiert und die letzten beiden Ansätze anwendungsorientiert. Sie stehen im Kontext der Industrie 4.0.

### **3.3 Umsetzungsstand von Kompetenzmanagement**

Zur Bewertung des Umsetzungsstandes von Kompetenzmanagement wurde eine Studie durchgeführt, die in der Publikation [Koh-2022a] veröffentlicht ist. Zunächst wird die Forschungsmethode der quantitativen Erhebung vorgestellt, ehe auf die Ergebnisse und den daraus resultierenden Forschungsbedarf eingegangen wird.

#### **3.3.1 Forschungsmethode**

Die mit der digitalen Transformation verbundenen neuen Technologien versprechen umfangreiche Verbesserungen, erfordern aber neue Kompetenzen, die im Vorfeld aufgebaut werden müssen [Web-2017]. Anstatt lediglich in Technologie und Prozessverbesserungen zu investieren, erweitern führende Unternehmen das Kompetenzfeld ihrer Mitarbeitenden zum Vorantreiben von Innovationen. Unternehmen müssen Mitarbeitende qualifizieren, um immer komplexere Systeme erfolgreich entwerfen, planen und implementieren zu können. Häufig zeigen sich dabei fehlende Kenntnisse darüber, welche Kompetenzen zur erfolgreichen Bewerkstelligung des Transformationsprozesses der Industrie 4.0 vorhanden sein müssen [Hir-2016b].

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß der oben beschriebene Wandel der Industrie 4.0 die Unternehmen dazu veranlasst, sich mit Qualifizierungsstrategien und -maßnahmen auseinanderzusetzen. Ziel der nun folgenden Studie ist es, das aktuelle Kompetenzmanagement im Kontext von Digitalisierung und Automatisierung besonders praxisnah zu untersuchen, um daraus zukünftigen Forschungsbedarf für ein systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik ableiten zu können. Zudem wird untersucht, inwieweit diese Veränderungen in der Praxis bewertet werden und ob eine strukturierte Erfassung sowie Bestimmung von Mitarbeiterkompetenzen notwendig ist. Dabei werden die folgenden Aspekte betrachtet:

- die Anwendung des Kompetenzmanagements in einem betrieblichen Kontext und insbesondere die Ermittlung von Kompetenzen
- die Analyse der spezifischen Technologien der Digitalisierung und Automatisierung sowie der erwarteten Auswirkungen auf die Kompetenzanforderungen
- die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung in Unternehmen sowie Anforderungen an das Kompetenzmanagement

Für die Gestaltung des Fragebogens dienen die vorhandene Literatur zum Kompetenzmanagement in der Logistik sowie frühere Erhebungen zu diesem Forschungsgebiet als Struktur. Der Fragebogen wurde gemäß *Cozby* auf seine Inhaltsvalidität geprüft [Coz-2007]. Forscher und Experten auf dem Gebiet der Logistik und des Kompetenzmanagements werden konsultiert, um die Gültigkeit des Inhalts des Fragebogens sicherzustellen. Die Validität des Inhalts wird außerdem im Rahmen einer Piloterhebung getestet [For-2002].

Zur empirischen Datenerhebung wird eine Online-Umfrage durchgeführt. Der primäre Vorteil gegenüber alternativen Methoden besteht darin, dass sich schriftliche Umfragen besonders für große homogene Gruppen eignen. Darüber hinaus ist eine große Teilnehmerzahl geeignet, um aussagekräftige Ergebnisse zu erreichen. Die kostengünstige Durchführung der Befragung und die einfache Möglichkeit der Teilnahme, welche eine hohe Beteiligungsquote erwarten lässt, sind weitere positive Nebeneffekte der gewählten Methode [Eva-2005].

Zielgruppe der Studie sind Mitarbeitende und Führungskräfte in der Logistik von Unternehmen der Automobilbranche. Dabei sind nicht nur Logistiker von OEMs, sondern auch von Zulieferern, Dienstleistern und Logistikberatungen von Interesse, sofern diese in der Automobil- oder Nutzfahrzeugindustrie tätig sind. Der Fokus auf die diese Industrie wurde gesetzt, da hier häufig die Implementierung von neuen Technologien in Planung oder bereits umgesetzt ist. Eine weitere Zielgruppe bilden ebenfalls Teilnehmende, welche sich speziell mit Industrie 4.0 und Kompetenzen beschäftigen. Dabei wird eine nicht-probabilistische, d. h. nicht zufallsgesteuerte, Stichprobe verwendet, bei der die Auswahl der Befragten teilweise bewusst, aber auch willkürlich erfolgt. Die resultierende Stichprobe ist daher nicht repräsentativ. Da sich jede Erhebung per se auf die Stichprobengröße beschränkt und allenfalls statistische Schlüsse zur Verallgemeinerung der Ergebnisse gezogen werden können [Men-1997], wird eine breite Streuung des Fragebogens innerhalb der relevanten Zielgruppe angestrebt. Dies beeinflusst die Validität positiv.

### 3.3.2 Datenanalyse und Ergebnisse

Die Studie besteht aus vier Teilen: Der erste Teil beschreibt die Teilnehmerstruktur der Online-Umfrage. Der nächste Teil beschäftigt sich mit dem Einsatz von Kompetenzmanagement im betrieblichen Kontext der Automobilindustrie. Der dritte Teil konzentriert sich auf Technologien, die für die Digitalisierung und Automatisierung entscheidend sind. Darauf aufbauend wird eine Analyse der zu erwartenden Auswirkungen auf die Kompetenzanforderungen durchgeführt. Der letzte Teil vertieft die Implikationen des Technologiewandels auf das Kompetenzmanagement in Unternehmen. Weitere Auswertungen zu den vier Teilen der Studie können dem Anhang A sowie [Koh-2022a] entnommen werden.

#### Teilnehmende

Der Online-Fragebogen wurde von 709 Personen aufgerufen, von denen 260 an der Umfrage teilnahmen. 152 Personen beendeten den Fragebogen in einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von zwölf Minuten. Die Rücklaufquote lag somit bei 21 Prozent und entspricht dem von *Yu und Cooper* definierten Standard [Yu-1983]. Von den 152 Fragebögen werden zwölf Teilnehmende aufgrund eines fehlenden Bezugs zur Automobilindustrie oder aufgrund einer geringen Ausfüllquote (mehr als 50 Prozent der Antworten „keine Angabe“) und einer sehr kurzen Bearbeitungszeit (weniger als 4,5 Minuten) ausgeschlossen. Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die Auswertungen dieser Studie daher auf die Stichprobengröße von 140 Befragten. Je nach Analyse kann die Datenbasis kleiner sein, da die Mitwirkenden die Möglichkeit hatten, Fragen nicht zu beantworten. Fast alle Beteiligten füllten die Umfrage in deutscher Sprache aus. Nur vier Personen beantworteten den Fragebogen auf Englisch.

Nahezu zwei Drittel der Studienteilnehmer sind bei OEMs beschäftigt. 16 Prozent der Befragten arbeiten bei Zulieferern der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie und neun Prozent der Experten sind als Berater tätig. Dienstleister der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie sind mit acht Prozent vertreten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch mehrere Personen des selben Unternehmens an der Studie teilnehmen konnten.

Die Beschäftigungsdauer der Teilnehmenden lässt darauf schließen, dass die meisten Befragten Experten sind. Fast die Hälfte der Personen ist seit mehr als zehn Jahren im jeweiligen Bereich tätig. Nur zehn Prozent der Mitwirkenden haben weniger als zwei Jahre Berufserfahrung in der Branche. Entsprechend dem Schwerpunkt der Studie sind drei Viertel der Beteiligten in der Logistik beschäftigt. Die Studie umfasst auch fünf Prozent Experten aus dem Bereich des Personalwesens.

Die Gruppe der Befragten aus der Logistik lässt sich hinsichtlich ihres Tätigkeitsfeldes spezifizieren. 43 Prozent der Teilnehmenden sind in Summe in den Bereichen Inbound, Inhouse oder Outbound operativ bzw. administrativ tätig. Die restlichen Befragten verteilen sich zu gleichen Teilen auf die Planung und funktionsübergreifende Bereiche.

### **Kompetenzmanagement**

Kompetenzmanagement kann aus einer Vielzahl von Gründen eingesetzt werden. Die Befragten hatten die Möglichkeit Mehrfachnennungen vorzunehmen und gaben mit jeweils 79 Prozent die Personalentwicklung und die Ermittlung von Schulungsmaßnahmen als häufigste Einsatzgründe an. Fast die Hälfte der Teilnehmenden nutzt Kompetenzmanagement zur Ermittlung künftiger Kompetenzen und 22 Prozent zur qualitativen Personalbedarfsplanung. Demnach wird das Kompetenzmanagement bereits heute für verschiedene Aspekte verwendet. Die Anwendung von Kompetenzmanagement erfolgt dabei in unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens. Bei 34 Prozent der Teilnehmenden befassen sich nur zwei Bereiche mit Kompetenzen – dies sind zumeist die Personal- und die jeweilige Fachabteilung der Logistik. Bei 13 Prozent der Befragten sind sowohl die Personal-, Fach- und Strategieabteilung als auch die Geschäftsführung bei dem Thema involviert.

Die Ermittlung der Ist-Kompetenzen, d. h. der Kompetenzen, über welche die Mitarbeitenden bereits verfügen, wird in 91 Prozent der befragten Unternehmen durchgeführt. In der Regel nimmt der Vorgesetzte die Beurteilung vor. In 42 Prozent der Fälle erfolgt eine Bewertung durch Selbst- und Fremdeinschätzung. Beurteilungen der tatsächlichen Fähigkeiten durch Kollegen oder unternehmensexterne Experten sind selten.

In der Literatur wird zwischen spezifischen und allgemeinen Kompetenzmodellen unterschieden. In der Studie geben 44 Prozent der Teilnehmenden an, dass sie stark angepasste Kompetenzen verwenden. Nur zehn Prozent der Befragten haben die Kompetenzen nicht an die vorliegenden Tätigkeiten adaptiert. Differenziert nach der Anzahl der Mitarbeitenden zeigt sich, dass vor allem kleine Unternehmen (< 49 Mitarbeitende) an die Arbeitsinhalte angepasste Kompetenzen verwenden. Darüber hinaus geben 79 Prozent der Befragten an, dass ihr Unternehmen die für die Erfüllung der Arbeitsinhalte notwendigen Kompetenzen, sogenannte Soll-Kompetenzen, bestimmt.

Die Studie eruiert zudem die aktuelle Bedeutung des Kompetenzmanagements. Das Ergebnis ist mit jeweils 46 Prozent ausgewogen zwischen niedriger und hoher Bedeutung, wie Tabelle 3-1 zeigt. Die Logistikexperten stufen die aktuelle Relevanz des Kompetenzmanagements etwas geringer ein.

Tabelle 3-1: *Aktuelle und gewünschte Bedeutung von Kompetenzmanagement*

	Insgesamt	Logistiker	In-bound	In-house	Out-bound	Planung	Funktionsübergreifend
<b>Aktuelle Bedeutung</b>	%	%	%	%	%	%	%
Sehr hoch	6,4	5,2		5,3		7,4	8,0
Hoch	46,0	43,2	47,1	36,8	50,0	37,0	48,0
Niedrig	46,0	50,5	52,9	57,9	25,0	55,6	44,0
Keine	1,6	1,1			25,0		
<b>Gewünschte Bedeutung</b>	%	%	%	%	%	%	%
Sehr hoch	60,2	58,2	52,6	52,4	20,0	51,7	79,3
Hoch	39,1	40,8	47,4	47,6	80,0	44,8	20,7
Niedrig	0,7	1,0				3,5	
Keine							

*n = max. 138*

Allen Teilnehmenden wird die Frage gestellt, welche Bedeutung sie dem Kompetenzmanagement beimessen wollen würden. Nur ein Experte gibt an, dass eine geringe Wichtigkeit notwendig wäre. 39 Prozent sprechen sich für eine hohe Bedeutung aus, 60 Prozent sogar für einen sehr hohen Stellenwert. Wird die gewünschte Bedeutung mit der aktuellen Situation verglichen, so zeigt sich, dass nur ein Beteiligter eine geringere Bedeutung als die aktuelle anstrebt. 77 Prozent der Antwortenden fordern eine höhere Bedeutsamkeit des Kompetenzmanagements in ihrem Unternehmen. Für die Experten der Logistik ergibt sich eine ähnliche Verteilung wie bei den Gesamtbefragten. Tabelle 3-1 zeigt im unteren Bereich, dass 41 Prozent eine hohe und 58 Prozent eine sehr hohe Bedeutung des Kompetenzmanagements fordern. 79 Prozent der 29 Teilnehmenden aus funktionsübergreifenden Bereichen der Logistik streben sogar eine sehr hohe Relevanz an. Die funktionsübergreifenden Logistikbereiche bewerten die Rolle des Kompetenzmanagement demnach deutlich höher als die Fachbereiche.

## Technologien und Kompetenzen

### *Einsatz von Technologien in Unternehmen*

In der Studie werden sieben Technologien unterschieden, die aufgrund ihrer häufigen



Nennung in der Literatur im Zusammenhang mit Digitalisierung und Automatisierung sowie der Industrie 4.0 aufgenommen wurden. Den Befragten werden auch Beispiele möglicher Anwendungsfälle genannt, die im Folgenden in den Klammern ergänzt sind:

- Additive Fertigung (z. B. 3D-Druck)
- Augmented Reality / Virtual Reality (z. B. virtuelle Behälterplanung)
- Autonome/fahrerlose Transfahrzeuge (AGVs; z. B. fahrerlose Transportsysteme)
- Big Data (z. B. Prozessverbesserung durch Datenanalyse)
- Internet der Dinge (z. B. intelligente Behälter)
- Künstliche Intelligenz (z. B. automatische Auswahl kosten- und zeiteffizienter Transportrouten)
- Mensch-Roboter-Kollaboration (z. B. Kommissionierroboter)

Um die Fortschritte bei der Einführung dieser Technologien zu erfassen, wird eine Skala von „nicht geplant“ bis „flächendeckend im Einsatz“ verwendet. Bei AR/VR und KI antworten einige mit „Technologie unbekannt“. Abbildung 3-1 veranschaulicht den aktuellen Stand der Technologien. 14 Prozent der Befragten setzen AGVs in großem Umfang ein, 52 Prozent nur teilweise. Der Implementierungsstatus von Big Data ist ebenfalls weit fortgeschritten, da die Hälfte der Befragten eine partielle Implementierung vorzuweisen hat. Additive Fertigung und AR/VR werden von mehr als einem Drittel teilweise eingesetzt. Auffallend ist auch der relativ hohe Anteil der Befragten, welche nicht planen diese Technologien einzusetzen. Bei MRK, IoT und KI geben weniger als ein Drittel an, dass sie diese im produktiven Umfeld nutzen. In diesem Zusammenhang wird jedoch ein großer Schwerpunkt auf Pilotprojekte und Planungsaktivitäten gelegt.

Die Antwortmöglichkeiten werden auf eine Ordinalskala von null als „nicht geplant“ bis vier als „flächendeckend im Einsatz“ übertragen. Für AGVs ergibt sich daraus ein durchschnittlicher Technologiestatus von 2,5, der demnach zwischen „Einsatz als Pilotprojekt“ und „teilweise im Einsatz“ liegt. Der Status wird für die verschiedenen Positionen in der Lieferkette und für jede Technologie ermittelt und ist auf der rechten Seite der Abbildung 3-1 gezeigt. Die OEMs stehen an der Spitze der Technologieeinführung, wobei die Automobilhersteller vor den Nutzfahrzeugherstellern liegen. Der umfassende Einsatz von AGVs und Big Data trägt zu diesem Ergebnis bei. Der größte Unterschied zwischen den beiden Branchen betrifft MRK. Die Automobilhersteller setzen diese deutlich häufiger ein.

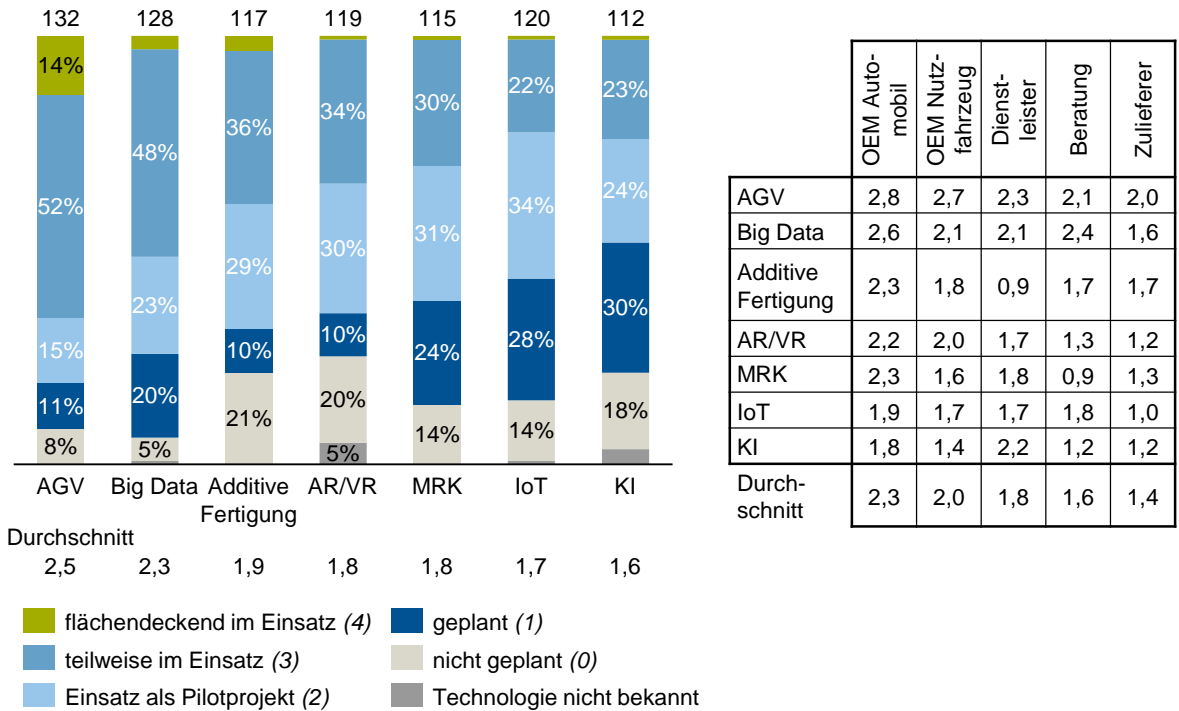


Abbildung 3-1: Status der Technologien bezogen auf die einzelnen Technologien (links) und die Position in der Lieferkette (rechts)

### Kompetenzveränderungen durch Technologien

Um die erwarteten Veränderungen der Kompetenzen durch die Technologien zu ermitteln (siehe Abbildung 3-2, links), bewerteten die Teilnehmenden die voraussichtlichen Kompetenzveränderungen auf einer Skala von „keine“ bis „sehr hohe“. Für KI schätzen die Experten die Veränderungen der Kompetenzen am größten ein. Fast die Hälfte der Befragten gibt „hohe“ und 41 Prozent „sehr hohe“ Veränderungen der Kompetenzanforderungen an. Ähnlich umfangreiche Anpassungen werden für Big Data vorhergesagt. Additive Fertigung, AGVs und insbesondere AR und VR werden nicht so stark mit zukünftigen Kompetenzveränderungen in Verbindung gebracht. Zusammenfassend kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob Technologien, die primär auf Software oder auf Hardware basieren, einen größeren Einfluss auf die Kompetenzen der Mitarbeitenden haben.

Die Studienteilnehmer werden nicht nur nach den technologiebezogenen, sondern auch nach den logistikspezifischen Kompetenzveränderungen befragt. Die rechte Seite der Abbildung 3-2 verdeutlicht, dass vor allem im Bereich der Planung umfangreiche Kompetenzveränderungen erwartet werden, gefolgt vom Inhouse-Bereich. Hier gehen ca. 90 Prozent der Teilnehmenden von zumindest hohen Kompetenzveränderungen aus. Für die Planung gibt die Hälfte der Spezialisten an, dass sehr hohe Kompetenzveränderungen bevorstehen.

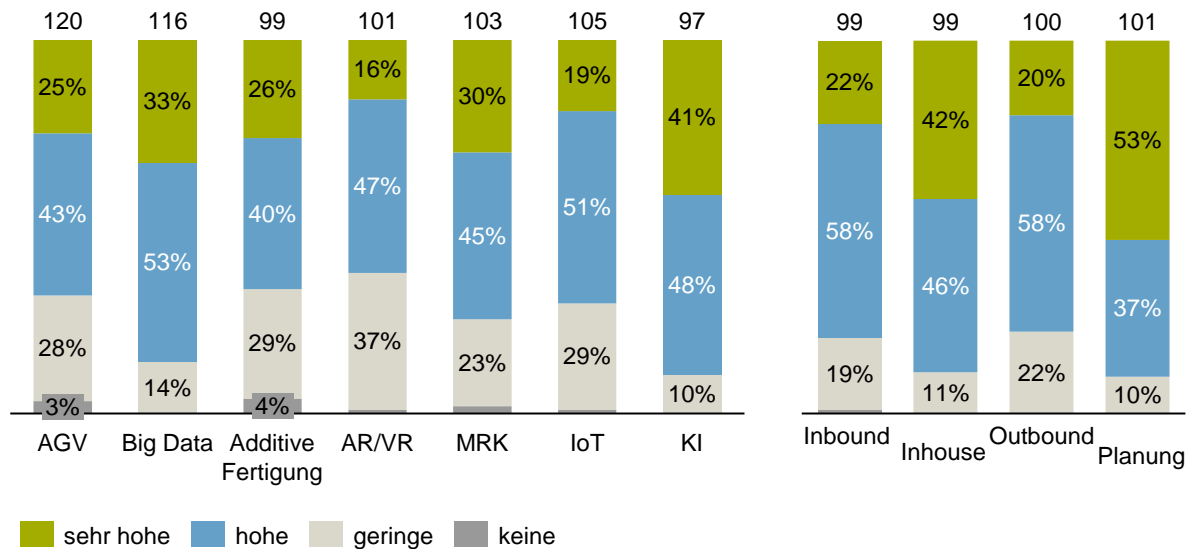


Abbildung 3-2: Voraussichtliche Veränderung der Kompetenzen je Technologie (links) und je Logistikbereich (rechts)

Die Kompetenzveränderungen werden auch im Hinblick auf die Position in der Lieferkette und die Rolle im Unternehmen untersucht. OEMs, insbesondere aus dem Automobilbereich, bewerten den Kompetenzwandel umfangreicher, während Beratungsunternehmen und Dienstleister ihn geringer einstufen. Bei der Betrachtung der Funktion der Teilnehmenden im Unternehmen zeigt die Auswertung, dass höhere Hierarchieebenen, z. B. Vorstandsmitglieder und Bereichsleiter, den Kompetenzwandel weitreichender bewerten als Facharbeiter, Team- und Abteilungsleitende.

#### Kompetenzbewertung für Technologien

In den Logistikbereichen der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie werden große Veränderungen bei den Kompetenzen der Mitarbeitenden prognostiziert. Aus diesem Grund wird in diesem Teil der Studie ausgewertet, inwieweit die Kompetenzen und notwendigen Maßnahmen für die verschiedenen Technologien bereits festgelegt sind. Für AGVs und Big Data haben drei Viertel der Teilnehmenden bereits Kompetenzen und etwa ein Drittel sogar Maßnahmen, wie z. B. Schulungen, definiert. Bei den anderen Technologien hat noch keine so detaillierte Ausarbeitung stattgefunden. Die beiden Parameter Kompetenzermittlung und der Status der Umsetzung werden in Abbildung 3-3 für jede Technologie verglichen. Bei AGVs und Big Data sind sowohl die Kompetenzermittlung als auch der Stand der Implementierung relativ weit fortgeschritten. Für IoT und KI finden sich die beiden Parameter am unteren Ende. Die Technologien lassen sich durch eine Gerade approximieren, was auf eine Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen hindeutet. Eine umfangreichere Umsetzung in der Praxis geht demnach mit einer detaillierteren Bestimmung der Kompetenzen einher und umgekehrt.

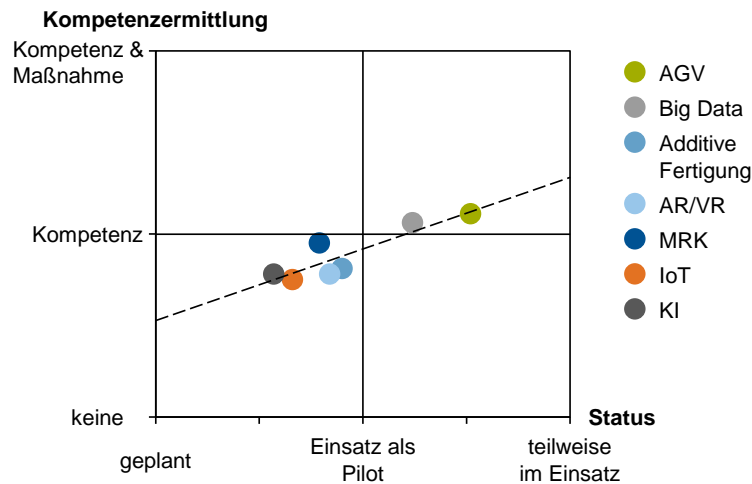


Abbildung 3-3: Status und Kompetenzbewertung der Technologien

### Digitalisierung und Automatisierung sowie deren Auswirkung auf das Kompetenzmanagement

Bei der Einführung neuer Technologien im Zuge der Digitalisierung und Automatisierung stoßen Unternehmen auf Hindernisse. Hohe Investitionen (65 Prozent) und umfangreiche IT-Anforderungen (62 Prozent) werden am häufigsten genannt. Darüber hinaus geben 53 Prozent der Befragten an, dass unzureichende Mitarbeiterkompetenzen den Fortschritt hindern. Als weitere Hemmnisse werden ein unklarer wirtschaftlicher Nutzen (49 Prozent), fehlende technische Standards (40 Prozent) und eine mangelnde Infrastruktur (37 Prozent) genannt. Für rund ein Viertel der Befragten stellen vage Geschäftsmodelle und rechtliche Unsicherheiten eine Hürde dar.

Da 53 Prozent der Befragten unzureichende Kompetenzen als Hemmnis für die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung bzw. als Hindernis für die Einführung der Technologien ansehen, wird das Kompetenzmanagement in diesem Zusammenhang näher beleuchtet. Die Teilnehmenden werden nach der Tragweite verschiedener Aspekte des Kompetenzmanagements und der Weiterbildung befragt. Die Einstufung der Wichtigkeit erfolgte anhand der Relevanz für die Digitalisierung und Automatisierung von „unwichtig“ bis „sehr wichtig“. Die Bereitschaft der Mitarbeitenden, sich weiterzubilden, ist mit 83 Prozent ein wesentlicher Aspekt. Neben der Bereitschaft müssen den Personen auch konkrete Qualifizierungskonzepte zur Verfügung stehen. 60 Prozent stufen solche Schulungen als sehr bedeutsam ein, mehr als ein Drittel als wichtig. Um diese Konzepte auf die Zukunft auszurichten, wird Wissen über die zukünftig relevanten Kompetenzen benötigt. Das bestätigen 95 Prozent der Befragten, die diesen Aspekt als sehr wichtig oder wichtig einstufen. Eine hohe Relevanz haben auch entsprechende Personalentwicklungspläne. Lediglich die Information über den qualitativen Personalbedarf, also die genau Anzahl an notwendigen Mitarbeitenden, wird von den meisten Teilnehmenden als unwichtig eingestuft.

Nach der Bewertung diverser Aspekte des Kompetenzmanagements, wird eine Untersuchung der Informationen über die für die Digitalisierung und Automatisierung erforderlichen Kompetenzen durchgeführt. In diesem Zusammenhang können die Teilnehmenden zwischen vier Stufen unterscheiden: „nicht bekannt“, „Kompetenzen bekannt“, „Kompetenzen inklusive Niveaus bekannt“ und „Kompetenzen inklusive Niveaus und Maßnahmen bekannt“. Die Kenntnis des Kompetenzniveaus ist gegeben, wenn auch definiert wird, wie detailliert die Kompetenzen sein müssen, d. h. ob beispielsweise grundlegende Kenntnisse oder Expertenwissen gefordert werden. Um die vierte Stufe der Skala zu erreichen, müssen Maßnahmen zum Erlangen der Kompetenzniveaus vorhanden sein.

85 Prozent der Teilnehmenden geben an, dass sie über Informationen zu künftigen Kompetenzen verfügen (siehe Tabelle 3-2). Allerdings haben nur 28 Prozent bzw. 11 Prozent detaillierte Kenntnisse über Kompetenzniveaus bzw. -maßnahmen. Dementsprechend werden die allgemeinen Trends zu Kompetenzveränderungen in den Unternehmen erkannt. Konkretere Überlegungen zum Aufbau relevanter, zukünftig nachgefragter Kompetenzen werden nur in knapp 40 Prozent der Fälle angestellt.

Tabelle 3-2: *Aktuelle und gewünschte Kenntnisse über erforderliche Kompetenzen für die Digitalisierung und Automatisierung*

	Insgesamt	OEM Auto- mobil	OEM- Nutz- fahrzeug	Zulie- ferer	Bera- tung	Dienstleis- ter
<b>Aktuelle Kenntnisse</b>	%	%	%	%	%	%
Kompetenzen inkl. Niveaus und Maßnahmen bekannt	11,4	14,6	9,5	4,6	10,0	18,2
Kompetenzen inkl. Niveaus bekannt	28,1	27,1	23,8	22,7	60,0	27,3
Kompetenzen bekannt	45,6	47,9	47,6	50,0	10,0	45,4
Nicht bekannt	14,9	10,4	19,1	22,7	20,0	9,1
<b>Gewünschte Kenntnisse</b>	%	%	%	%	%	%
Kompetenzen inkl. Niveaus und Maßnahmen bekannt	77,0	84,3	79,3	65,2	70,0	70,0
Kompetenzen inkl. Niveaus bekannt	15,9	7,8	13,8	21,7	30,0	30,0
Kompetenzen bekannt	6,3	5,9	6,9	13,1		
Nicht bekannt	0,8	2,0				

*n = max. 126*

Die Teilnehmenden werden auch gefragt, welches Wissen sie sich in ihren Unternehmen hinsichtlich der für den Technologiewandel erforderlichen Kompetenzen wünschen würden. Die meisten Befragten geben an, dass es nicht ausreicht, nur die Kompetenz und das erforderliche Niveau zu kennen, wie z. B. hohe Expertise der Kompetenz analytisches Denken. 77 Prozent wollen auch über die entsprechenden Maßnahmen zum Erreichen der Kompetenzanforderungen verfügen. Der Wunsch nach detaillierten Informationen über notwendige Kompetenzen ist bei den Experten ähnlich. Bei den OEMs ist die Nachfrage nach Kompetenzmaßnahmen mit rund 82 Prozent besonders hoch.

### **3.3.3 Diskussion und Grenzen**

Technologien treiben den Übergang zur Digitalisierung und Automatisierung bzw. Autonomisierung voran und verändern Arbeitsinhalte, Aufgaben und Prozesse. Insbesondere im Bereich der Logistik wird ein weitreichender Wandel erwartet. Unklar ist jedoch, wie Digitalisierung und Automatisierung die erforderlichen Kompetenzen der Mitarbeitenden in der Logistik verändern werden. Aus diesem Grund wurde in dieser Studie der Einsatz von Kompetenzmanagement in Unternehmen analysiert.

Bei den 140 Teilnehmenden aus der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie ist das Kompetenzmanagement meist in den Fach- und Personalabteilungen angesiedelt. Der Fokus des Kompetenzmanagements liegt auf der Beurteilung und Entwicklung von Mitarbeitenden und der Festlegung von Qualifizierungsmaßnahmen. Allerdings hat das Kompetenzmanagement derzeit nur bei weniger als der Hälfte der Befragten eine hohe Bedeutung. Fast alle Experten und speziell Logistikmitarbeitende in Querschnittsbereichen wünschen sich eine größere Relevanz dieses Themas.

Die Auswertung der Kompetenzveränderungen zeigt starken Handlungsbedarf, insbesondere für die Technologien KI und Big Data. Fast alle Befragten prognostizieren hohe oder sehr hohe Kompetenzveränderungen im Zuge der Einführung der Technologien. Die starken Veränderungen werden unabhängig von der Position in der Lieferkette identifiziert, höhere Hierarchieebenen stufen den Kompetenzwandel jedoch umfassender ein. Für KI lassen die Ergebnisse der Studie darauf schließen, dass die hohen Kompetenzveränderungen die Implementierung hemmen könnten. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Logistikbereiche wird der größte Kompetenzwandel in der Planung und im Inhouse-Bereich erwartet. Die Ermittlung des Kompetenzbedarfs beschränkt sich derzeit noch auf die Identifikation der notwendigen Kompetenzen. Nur in seltenen Fällen sind konkrete Maßnahmen zur Erfüllung der identifizierten Kompetenzanforderungen bekannt.

Bei der Umsetzung stoßen die Unternehmen häufig auf Hindernisse, zu denen vor allem hohe Investitionen und IT-Anforderungen gehören. Des Weiteren bemängelt mehr als die Hälfte der Befragten die unzureichenden Kompetenzen der Mitarbeitenden für den Technologiewandel, die eine Einführung der Technologien erschwert bzw. verzögert. Die Bereitschaft der Arbeitnehmer, sich durch Weiterbildungen zu verbessern, ist der Schlüssel für die Digitalisierung und Automatisierung von Unternehmen. Der derzeitige Detaillierungsgrad, in dem die Kompetenzen und Maßnahmen vorliegen, ist allerdings laut den Experten häufig zu gering. Die Befragten fordern, dass die relevanten Kompetenzen für die Digitalisierung und Automatisierung in Zukunft systematisch ermittelt werden müssen.

Frühzeitiges Kompetenzmanagement wird für eine fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung demnach immer wichtiger, um diese Entwicklungen überhaupt ermöglichen zu können. Die meisten Teilnehmenden verlangen eine umfassende und detaillierte Anwendung. Insbesondere die Bestimmung der Kompetenzen der Zukunft wird als wichtiger Faktor identifiziert. Dies wird gezielt für Technologien und Prozesse gefordert, um konkrete Empfehlungen geben und Maßnahmen einleiten zu können. Allein das Wissen, dass in Zukunft IT-Kompetenzen benötigt werden, reicht für die strategische Entwicklung und Transformation nicht aus. Konkrete Instrumente werden benötigt, um Beschäftigte zu qualifizieren und damit dem Hindernis der „unzureichenden Kompetenzen“ entgegenzuwirken. Dementsprechend besteht der Bedarf nach einem Vorgehensmodell zur systematischen Ermittlung von Zukunftskompetenzen in der Logistik.

### **3.4 Kompetenzveränderungen durch die Industrie 4.0**

Die Systematic Literature Review (SLR), mit der Kompetenzveränderungen durch die Industrie 4.0 analysiert werden sollen, wurde in der Publikation [Sap-2021] veröffentlicht, welche aus der Kollaboration im Rahmen der betreuten Abschlussarbeit [Sap-2020] hervorgeht. Nach Vorstellung des Vorgehens bei der SLR erfolgt die Darlegung der Kompetenzveränderungen und -anforderungen sowie eine Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse.

#### **3.4.1 Systematische Literaturrecherche**

Die digitale Transformation ist ein wesentlicher Antrieb der Industrie 4.0. Damit verbundene technische Entwicklungen führen zu veränderten Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeitenden. Ziel dieser systematischen Literaturrecherche ist es, Kompetenzen zu identifizieren, die in der Industrie 4.0 eine zentrale Rolle spielen und in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. Zudem wird überprüft, inwiefern hierzu

bereits detaillierte Untersuchungen für die Logistik vorliegen. Mit Hilfe einer SLR werden die zukünftig notwendigen Kompetenzen in der Produktion und speziell im Logistikumfeld eruiert. Basierend auf den Studien werden die zusammengetragenen Kompetenzen in Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen kategorisiert.

In Anlehnung an die Leitlinien von *Kitchenham* [Kit-2004], *Durach et al.* [Dur-2017] und *Tranfield et al.* [Tra-2003] wird in diesem Abschnitt eine SLR durchgeführt, um zukünftige Kompetenzveränderungen in der Logistik zu ermitteln. Zu diesem Zweck werden zunächst die folgenden Forschungsfragen für Abschnitt 3.1 definiert:

- *Frage 1:* Welche Mitarbeiterkompetenzen werden in Zukunft aufgrund der Industrie 4.0 benötigt?
- *Frage 2:* Inwieweit unterscheiden sich die erforderlichen Mitarbeiterkompetenzen für die Logistik von denen für die Produktion und von den allgemeinen Anforderungen aufgrund der Industrie 4.0?
- *Frage 3:* Welche Arbeitsabläufe und Mitarbeitenden sind von den Kompetenzveränderungen betroffen und wie gestalten sich die künftigen Tätigkeiten?

Ziel von *Frage 1* ist es, in der Literatur publizierte Kompetenzen für die zukünftige Anwendung in der Industrie zu identifizieren. Mit der Bearbeitung von *Frage 2* wird ein strukturierter Vergleich durchgeführt, um etwaige Differenzen der Zukunftskompetenzen zwischen verschiedenen Bereichen zu ermitteln. *Frage 3* beurteilt Veränderungen innerhalb der Arbeitsorganisation auf Basis des Kompetenzwandels.

Im nächsten Schritt werden Schlagwörter zur Bestimmung der einschlägigen Literatur der Studie ermittelt. Dazu wird in zwei Iterationen der Suchterminus aus Abbildung 3-4 entwickelt. Diese SLR konzentriert sich in erster Linie auf die englischsprachige Literatur. Aufgrund der Vielzahl an Publikationen im Bereich von Produktion und Logistik im deutschsprachigen Raum, wird jedoch auch deutsche Literatur einbezogen und der Suchterminus ebenfalls auf Deutsch verwendet.

Im dritten Schritt werden verschiedene Plattformen durchsucht, um eine vorläufige Stichprobe mit potenziell relevanter Literatur zu erhalten. Zum Erzielen einer möglichst umfangreichen Stichprobe wurde der Term auf zahlreichen Plattformen eingesetzt (u. a. Elsevier, Emerald, IEEE, Scopus, Springer Link). Die SLR konzentriert sich insbesondere auf Bücher, Konferenzbeiträge und Studien. Insgesamt werden 70 Publikationen in die vorläufige Stichprobe aufgenommen.



Initialer Suchbegriff	Erweiterung
competency OR qualification OR skills	OR job
AND changes OR future OR trend	OR development
AND Industry 4.0	OR digital transformation
AND logistics OR production logistics	OR production OR “*”
AND	planning OR material flow OR shop floor OR picking OR transport OR inbound OR outbound OR “*”

Abbildung 3-4: Suchbegriffe der SLR

Im vierten Schritt wird für die Auswahl der einschlägigen Literatur die Stichprobe untersucht. Bei der Durchsicht werden etwa 60 Prozent der primär gefundenen und vorausgewählten Publikationen in der Detailanalyse als inadäquat eingestuft und demnach ausgeschlossen. Angewandte Ausschlusskriterien sind beispielsweise abweichende Forschungsschwerpunkte, unzureichende Kompetenzbeschreibungen oder Abweichungen im Anwendungsbereich.

Letztlich sind 27 Publikationen für die Analyse relevant. Bereits während der detaillierten Auswahlprozesse werden zahlreiche Quellen nach kritischer Prüfung gemäß den beschriebenen Prämissen ausgeschlossen. Innerhalb der Literaturauswahl finden sich zwölf Titel als Primärliteratur (z. B. Umfragen, Forschungsprojekte) und 15 Titel als Sekundärliteratur. 16 Veröffentlichungen befassen sich allgemein mit Industriearbeit, sieben mit Logistik und vier mit Produktion. Dementsprechend konzentrieren sich die meisten Veröffentlichungen nicht auf einen bestimmten Bereich. Die Anzahl der Veröffentlichungen war zwischen 2015 und 2018 konstant zwischen vier und fünf, stieg aber im Jahr 2019 auf acht Publikationen an. Dies könnte ein Indikator für die steigende Bedeutung von Kompetenzen im Zuge der digitalen Transformation sein.

Um die relevanten Kompetenzen für die weitere Untersuchung zu bestimmen, wird nach einem strukturierten Konzept vorgegangen. Zunächst wird die Literatur nach allen eruierten Kompetenzen durchsucht, die aufgrund von Veränderungen in der Branche als relevante Zukunftskompetenzen eingestuft werden. Anschließend wird diese Auswahl vom Autor den vier Kategorien *Fach-*, *Methoden-*, *Sozial-* und *Selbstkompetenzen* zugeordnet. In der Literatur sind einige Kompetenzen lediglich benannt, andere allerdings hervorgehoben und ausführlicher beschrieben. Diesem Unterschied wird in dieser Arbeit durch getrennte Darstellung in der Analyse Rechnung getragen.

Insgesamt werden 75 Kompetenzen identifiziert, wobei unterschiedliche Formulierungen oftmals für ähnliche oder synonyme Fähigkeiten verwendet werden. Daher erfolgt eine Zusammenfassung nach der folgenden Schritten: (1) Thematische Bündelung ähnlicher Kompetenzen, (2) Berücksichtigung der Anzahl und Gewichtung der jeweiligen Erwähnung und (3) Zusammenfassung der Kompetenzen zu einer Bezeichnung. Dabei ist anzumerken, dass die angewandte Gruppierung stets subjektiven Interpretationsspielräumen unterliegt. Durch Anwendung des Verfahrens werden schließlich 47 Kompetenzen ermittelt.

### 3.4.2 Veränderungen in den jeweiligen Kompetenzkategorien

Zunächst werden die Kompetenzanforderungen in die zuvor vorgestellten Kompetenzkategorien unterteilt. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, werden in den folgenden Tabellen nur Kompetenzen mit 15 und mehr Nennungen aufgeführt. Je Kompetenz sind zwei Spalten bezüglich der genannten Quellen abgebildet. Die erste Spalte zeigt Publikationen, in denen die Kompetenz lediglich erwähnt wird, wohingegen die zweite Spalte Publikationen enthält, die diese Kompetenz gesondert hervorheben. Eine Auswertung der Ergebnisse folgt im Anschluss.

#### Fachkompetenzen

Die Fachkompetenzen beinhalten die Kernqualifikationen für die Ausführung einer Aufgabe, wobei technische und IT-Kompetenzen eingeschlossen werden. Hinsichtlich der Fachkompetenzen werden in der Literatur das Verständnis von Prozessen auf allgemeiner und spezifischer Ebene, diverse IT-Fähigkeiten und der Umgang mit Informationsfluss, wie in Tabelle 3-3 dargestellt, gefordert. IT-Kompetenzen mit den Schwerpunkten Robotik, Big Data, KI und Kommunikationssysteme sind notwendig, aber auch allgemeines, übergreifendes Wissen sowie grundlegende Programmierkenntnisse erfahren hohe Relevanz.

Tabelle 3-3: *Fachkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR*

Kompetenz	Veröffentlichungen mit Erwähnung	Veröffentlichungen mit Hervorhebung	Anzahl (Hervorhebung)
Allgemeines Prozessverständnis	[aca-2016a; Bau-2015; But-2017; Der-2016; DGF-2016; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Mos-2017; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015]	[Ahr-2015; Ero-2016; Flö-2018a; Kag-2013b; Klu-2019; Neu-2019; Off-2019; Spö-2016]	26 (8)

Umgang mit Mensch-Roboter-Interaktion	[aca-2016a; Ahr-2015; But-2017; Bau-2015; DGF-2016; Ero-2016; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Klu-2019; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Mos-2017; Off-2019; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[Neu-2019; Spö-2016]	22 (2)
Spezifisches Prozesswissen	[aca-2016a; Ahr-2015; Der-2016; DGF-2016; Flö-2018a; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Klu-2019; Leo-2018; Neu-2019; Off-2019; Spö-2016; Ver-2019; Wei-2017; Kag-2013b]	[Ero-2016; Koc-2019; Mos-2017]	21 (3)
Umgang mit Informationsfluss	[Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; Der-2016; DGF-2016; Ero-2016; Flö-2018a; Hec-2019; Heg-2019; Klu-2019; Koc-2019; Spö-2016; Sti-2015; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[Leo-2018; Mos-2017; Off-2019]	19 (3)
Umgang mit Kommunikationssystemen	[aca-2016a; Ahr-2015; But-2017; Der-2016; Ero-2016; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Klu-2019; Leo-2018; Off-2019; Rum-2018; Spö-2016; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[DGF-2016]	19 (1)
IT-Kenntnisse	[aca-2016a; Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Klu-2019; Koc-2019; Lis-2019; Rum-2018; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[Mos-2017; Off-2019]	18 (2)

In einigen Beiträgen wird zudem auf die Notwendigkeit von Kompetenzen im Bereich der Statistik und der systematischen Datenverarbeitung hingewiesen, um relevante Informationen für bestimmte Abteilungen zu extrahieren und in geeigneter Form darzustellen (z. B. [DGF-2016; Klu-2019; Leo-2018; Spö-2016]). Weiterhin werden in den Veröffentlichungen auch Kompetenzen im Zusammenhang mit der assistierten Überwachung automatisierter Produktionssysteme (z. B. [Koc-2019; Neu-2019; Ver-2019]) aufgeführt sowie notwendige Fähigkeiten für die intelligente Instandhaltung (z. B. [Win-2015; Spö-2016]) mithilfe von Tablets oder AR-Brillen genannt.

## Methodenkompetenz

Die wichtigsten Methodenkompetenzen innerhalb der SLR unterstreichen die Vorstellung von mental starken, unabhängigen und fähigen Individuen, die bei der eigenen Handlungsentscheidung den gesamten Wertstrom berücksichtigen [Ero-2016], siehe Tabelle 3-4. Interdisziplinäres Denken ist erforderlich, um bei Anpassungen innerhalb einer spezifischen Tätigkeit die Konsequenzen in vernetzten Prozessen zu erfassen (z. B. [Ahr-2015; Hec-2017]). Veränderungs- und Qualitätsbewusstsein sowie Projekt- und Zeitmanagement verlieren hingegen an Bedeutung (z. B. [Der-2016; Bau-2015]).

Tabelle 3-4: Methodenkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR

Kompetenz	Veröffentlichungen mit Erwähnung	Veröffentlichungen mit Hervorhebung	Anzahl (Hervorhebung)
Interdisziplinarität	[Ahr-2015; Bau-2015; Der-2016; Flö-2018a; Hec-2017; Hec-2019; Jer-2018; Ker-2017; Klu-2019; Leo-2018; Lis-2019; Rum-2018; Sti-2015]	[aca-2016a; But-2017; DGF-2016; Ero-2016; Heg-2019; Kag-2013b; Mos-2017; Neu-2019; Off-2019; Spö-2016; Ver-2019; Wei-2017]	25 (12)
Umgang mit Komplexität	[aca-2016a; Bau-2015; But-2017; DGF-2016; Ero-2016; Hec-2017; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Neu-2019; Off-2019; Spö-2016; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[Flö-2018a; Klu-2019; Rum-2018]	22 (3)
Technologisches Verständnis	[aca-2016a; Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; Der-2016; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Ker-2017; Klu-2019; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Mos-2017; Off-2019; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015]	[Ero-2016; Neu-2019; Spö-2016]	22 (3)
Analytisches Denken	[aca-2016a; Bau-2015; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Koc-2019; Lis-2019; Neu-2019; Sti-2015; Ver-2019; Win-2015]	[Spö-2016; Off-2019; Leo-2018; Klu-2019; Flö-2018a; Ero-2016; DGF-2016]	20 (7)
Problemlösefähigkeit	[aca-2016a; Bau-2015; Der-2016; DGF-2016; Heg-2019; Jer-2018; Klu-2019; Koc-2019; Mos-2017; Off-2019; Wei-2017; Win-2015]	[But-2017; Hec-2017; Hec-2019; Spö-2016]	16 (4)

Entscheidungsfähigkeit	[aca-2016a; Ahr-2015; But-2017; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Ker-2017; Off-2019; Rum-2018; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017; Win-2015]	[Der-2016; DGF-2016]	15 (2)
------------------------	---	----------------------	--------

### Selbstkompetenz

Die Lernbereitschaft und die Flexibilität des Einzelnen werden in dieser Kategorie am häufigsten genannt, wie Tabelle 3-5 zeigt. Flexibilität bezieht sich in diesem Fall auf die persönliche Anpassungsfähigkeit an die Art der Arbeit, während die Lernbereitschaft die Eigenmotivation zur Weiterbildung meint [Jer-2018]. Die Selbstkompetenzen in der Tabelle unterstreichen die Forderung nach Eigeninitiative im Sinne der Eigen- und Gruppenverantwortung (z. B. [Der-2016; DGF-2016; Ero-2016; Hec-2019; Win-2015]). Die dargestellten Anforderungen an die Selbstkompetenzen finden sich in allen Bereichen der Industriearbeit wieder, unabhängig von Logistik oder Produktion. Die physische und psychische Belastung (z. B. [But-2017; Der-2016; Koc-2019]) sowie der Umgang mit Unsicherheit [Klu-2019] werden in den ausgewählten Veröffentlichungen selten erwähnt. Dies könnte auf die Einführung neuer Geräte und assistierender Technologien zur körperlichen und geistigen Unterstützung zurückzuführen sein, wie AR.

Tabelle 3-5: Selbstkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR

Kompetenz	Veröffentlichungen mit Erwähnung	Veröffentlichungen mit Hervorhebung	Anzahl (Hervorhebung)
Lernbereitschaft	[aca-2016a; Ahr-2015; Der-2016; DGF-2016; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Klu-2019; Koc-2019; Mos-2017; Ver-2019]	[Neu-2019; Bau-2015; But-2017; Ero-2016; Kag-2013b; Leo-2018; Lis-2019; Off-2019; Rum-2018; Spö-2016; Sti-2015; Wei-2017; Win-2015]	26 (13)
Flexibilität	[aca-2016a; Ahr-2015; But-2017; Der-2016; DGF-2016; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Klu-2019; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Mos-2017; Off-2019; Spö-2016; Sti-2015; Wei-2017; Kag-2013b]	[Bau-2015; Ero-2016; Ver-2019]	23 (3)

Selbstorganisation	[Bau-2015; But-2017; Ero-2016; Flö-2018a; Hec-2017; Heg-2019; Jer-2018; Leo-2018; Lis-2019; Spö-2016; Wei-2017; Win-2015]	[Der-2016; Mos-2017; Off-2019; Rum-2018]	16 (4)
--------------------	---	--	--------

## Sozialkompetenz

Die Recherche zeigt den Bedarf an Kompetenzen in modernen Arbeitsumgebungen mit interdisziplinärer Kommunikation, Kooperation und Koordination auf. Dazu sind Sprachkenntnisse, bestehend aus Fachsprache und Fremdsprache, erforderlich, welche 14 und neun Nennungen finden. Manager und Gruppenleiter benötigen zudem Führungskompetenzen (z. B. [Der-2016]; siehe Tabelle 3-6). Neben Grundfertigkeiten gewinnen Kreativität und die Fähigkeit zur Lösung komplexer Probleme gepaart mit sozialer Sensibilität an Wichtigkeit. Dazu gehört die Fähigkeit Emotionen wahrzunehmen, sie richtig zu interpretieren und angemessen zu reagieren [Neu-2019; DGF-2016].

Tabelle 3-6: Sozialkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR

Kompetenz	Veröffentlichungen mit Erwähnung	Veröffentlichungen mit Hervorhebung	Anzahl (Hervorhebung)
Kommunikationsfähigkeit	[aca-2016a; Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; Der-2016; Hec-2019; Heg-2019; Ker-2017; Koc-2019; Lis-2019; Mos-2017; Neu-2019; Rum-2018; Spö-2016; Sti-2015; Ver-2019; Kag-2013b]	[DGF-2016; Ero-2016; Flö-2018a; Hec-2017; Klu-2019; Leo-2018; Off-2019; Wei-2017]	25 (8)
Kooperationsfähigkeit	[Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; Der-2016; Ero-2016; Flö-2018a; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Klu-2019; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Off-2019; Rum-2018; Spö-2016; Sti-2015; Ver-2019; Wei-2017]	[DGF-2016; Hec-2017; Neu-2019]	22 (3)
Koordinationsfähigkeit	[aca-2016a; Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; DGF-2016; Ero-2016; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Jer-2018; Ker-2017; Leo-2018; Mos-2017; Sti-2015; Wei-2017; Win-2015; Kag-2013b]	[Flö-2018a; Der-2016; Lis-2019; Neu-2019; Off-2019]	22 (5)

Teamarbeit	[Ahr-2015; Bau-2015; But-2017; DGF-2016; Flö-2018a; Hec-2017; Hec-2019; Heg-2019; Ker-2017; Klu-2019; Koc-2019; Leo-2018; Lis-2019; Mos-2017; Rum-2018; Jer-2018]	[Neu-2019; Ero-2016; Off-2019; Spö-2016; Ver-2019; Wei-2017]	22 (6)
------------	---	--	--------

### Am häufigsten genannte Kompetenzen

In dieser SLR werden speziell vier Kompetenzen sowohl am häufigsten genannt als auch hervorgehoben. Diese können mit Nennungen in mindestens 90 % der Beiträge als besonders relevante zukünftige Kompetenzen eingestuft werden. Die ermittelten Fähigkeiten setzen sich zufällig aus allen vier Kompetenzkategorien zusammen und sind in Tabelle 3-7 dargestellt.

Tabelle 3-7: Wichtigste Zukunftskompetenzen aus der SLR

Kompetenz	Kategorie	Anzahl
Allgemeines Prozessverständnis	Fachkompetenz	26
Lernbereitschaft	Selbstkompetenz	26
Interdisziplinarität	Methodenkompetenz	25
Kommunikationsfähigkeit	Sozialkompetenz	25

Im Zuge der Digitalisierung und Autonomisierung werden ehemals menschliche Aufgaben von der Technik entweder komplett übernommen oder unterstützt. Für die verbleibenden Aufgaben benötigen die Beschäftigten in der Industrie 4.0 jedoch in der Regel höhere Qualifikationen. Diese Beobachtung deckt sich mit den Erkenntnissen von *Lischka und Kohl* [Lis-2019], welche die Vernetzungsfähigkeit und Veränderungsfähigkeit als zwei höchst relevante Zukunftskompetenzen benennen. In einer Befragung von *Moser et al.* [Mos-2017] zählen Interdisziplinarität, fachliche und überfachliche Kompetenzen sowie kommunikative Kompetenzen ebenfalls zu den am häufigsten genannten Fähigkeiten in der Industrie 4.0. Dies stimmt mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung überein.

### 3.4.3 Kompetenzanforderungen in der Logistik und Differenzierung zur Produktion und zu allgemeinen Anforderungen

Im Folgenden wird ein Vergleich zwischen den Kompetenzen in Logistik, Produktion und den allgemeinen Anforderungen im industriellen Kontext gezogen (Abbildung 3-1). Darüber hinaus werden die Auswirkungen auf die Beschäftigten und die zukünftigen Berufsbilder diskutiert.

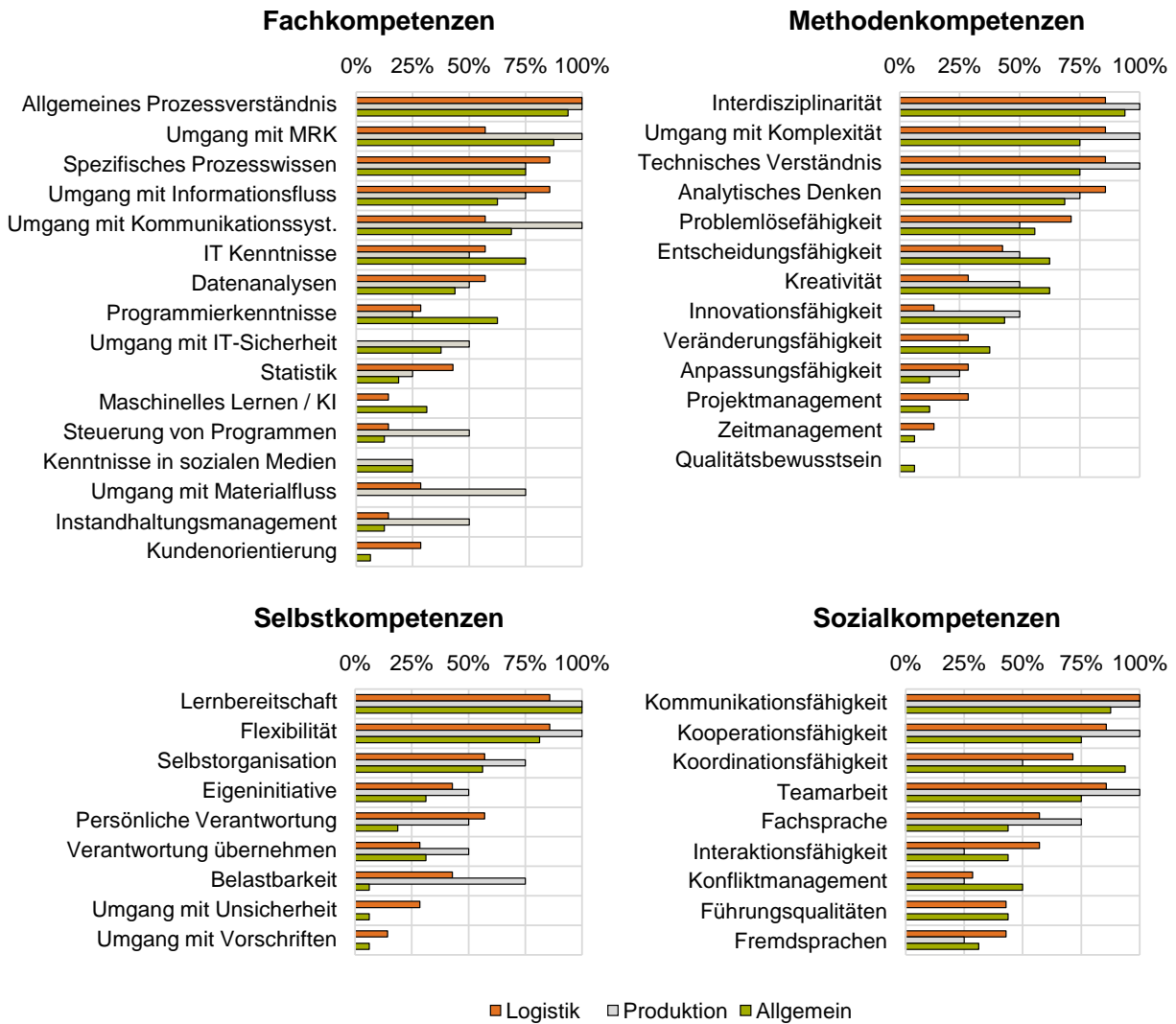


Abbildung 3-5: Relative Anzahl der genannten Kompetenzanforderungen in Publikationen zu Logistik, Produktion und allgemeinen Anforderungen

### Entwicklungen in der Logistik

Logistikmitarbeitende sind sowohl im direkten als auch im indirekten Bereich von den Einflüssen der digitalen Transformation betroffen. Die Automatisierung bzw. Autonomisierung manueller Aufgaben, wie Gabelstaplerfahren oder Ein- und Auslagertätigkeiten, führt zu Rationalisierungen. Um die gesammelten Erfahrungen der Mitarbeitenden weiterhin zu nutzen, sollten sie mit verwandten Aufgaben betraut werden. Dies inkludiert beispielsweise Überwachungstätigkeiten oder die Anpassung von Systemen und Prozessen [Klu-2019] im operativen Kontext. Hierfür werden die Mitarbeitenden mit Aufsichtsfunktionen betraut, was in mehr Verantwortung für den Einzelnen und höheren Kompetenzanforderungen resultiert. Insbesondere bei den Fach- und Methodenkompetenzen steigt der Bedarf an übergreifendem Prozessverständnis [Bau-2015]. Der Umgang mit vernetzten Informationsflüssen [Koc-2019] und der draus resultierenden Komplexität [Flö-2018a] fordern Interdisziplinarität [Klu-2019] zwischen



den Fachgebieten aber auch technologisches Wissen [Heg-2019]. Im Bereich der Automatisierung werden multiple Prozessschritte entlang der Wertschöpfungskette von Robotern übernommen oder durch Assistenzsysteme so weit unterstützt, dass die operativen Mitarbeitenden entlastet werden [Heg-2019]. Dies legt die Möglichkeit nahe, bestehende Tätigkeitsfelder zu erweitern. Im Zuge dessen könnten einzelne Logistikaufgaben mit Wartungsaufgaben für autonome Transportsysteme oder mit den verbleibenden manuellen Aufgaben, wie die Vorbereitung und Nachbearbeitung bei additiven Fertigungsverfahren, kombiniert werden [Far-2020; Hen-2017]. Daraus ergeben sich weitere Kompetenzanforderungen für Aufgaben, in welchen die Mitarbeitenden möglicherweise noch unerfahren sind [Koc-2019].

Persönliche und soziale Kompetenzen, wie Lernbereitschaft, Flexibilität und Kommunikation werden sowohl in direkten als auch in indirekten Arbeitsbereichen häufig genannt [Bau-2015]. Für die Zusammenarbeit in multidisziplinären Gruppen gewinnen Teamfähigkeit und die Koordination von Teilaufgaben an Bedeutung [Flö-2018a].

In indirekten Bereichen, wie der Logistikplanung, Disposition und Steuerung, erfordern höhere Anforderungen an die Interdisziplinarität zwischen den Bereichen ein breiteres Verständnis der Prozesse [Bau-2015; Flö-2018a]. Die Nutzung von Big Data und die damit verbundenen Kompetenzen, wie beispielsweise Datenanalyse [Klu-2019], Statistik [Ker-2017] und analytisches Denken [Flö-2018a] sowie Problemlösefähigkeit [Heg-2019] bekommen einen höheren Stellenwert. In Bezug auf IT-Dienstleistungen scheint die Logistikabteilung meist in einer ausführenden und nicht in einer gestaltenden Position zu sein. Für die Logistik werden hier kaum vertieftes IT-Expertenwissen oder Programmierkenntnisse gefordert, wohingegen allgemeine sowie logistikbezogene Prozesskenntnisse an Relevanz gewinnen.

### **Vergleich mit produktionsspezifischen und allgemeinen Entwicklungen**

Im Produktionsumfeld wird erwartet, dass Routineaufgaben langfristig vollständig von Maschinen übernommen werden [Ero-2016]. Assistenzsysteme ermöglichen den Mitarbeitenden mehrere Produktionseinheiten gleichzeitig zu überwachen, einen Gesamtüberblick über die Prozesse zu behalten und Unregelmäßigkeiten zu erkennen. Dabei kommt der Informationswahrnehmung über AR und dem Einsatz neuer Kommunikationssysteme eine hohe Bedeutung zu. Die Verwendung dieser Technologien erfordert detaillierte Prozess- und Überwachungskompetenzen im direkten Arbeitsbereich. Verbleibende Aufgaben sind beispielsweise vorbereitende oder manuelle Aufgaben in der Produktion, die nur mit Fachwissen und Erfahrung zu bewältigen sind [But-2017]. Damit erweitert sich der Verantwortungsbereich des Bedienenden auf mehrere Maschinen und umfangreichere Bereiche. Für Logistikmitarbeitende wird dies

in der Literatur nicht spezifiziert. Diese Veränderungen im Berufsbild erfordern methodische Kompetenzen wie Interdisziplinarität [Ero-2016], Umgang mit Komplexität [Rum-2018] und technologisches Wissen [Mos-2017]. Im Vergleich zum Logistikbereich wird die Notwendigkeit von Kreativität bei der Aufgabenerfüllung vielfach erwähnt [Ero-2016; Ver-2019]. Allerdings tritt die Forderung nach analytischem Denken [Leo-2018] und Problemlösefähigkeit [Jer-2018] weniger häufig auf als im Bereich der Logistik.

In der Literatur werden primär zwei Aspekte als Ursache für ein höheres Qualifikationsniveau dargestellt. Zum einen werden Produktionsmitarbeitende in die Lage versetzt mehrere Maschinen gleichzeitig zu betreuen und einzurichten, zum anderen werden Wartungsmitarbeitende benötigt, die auf bestimmte Maschinen spezialisiert sind, um anstehende Probleme, wie z. B. den Ausfall automatisierter/autonomes Systeme, möglichst schnell zu beheben. Beschäftigte in der Produktion sollten daher in der Lage sein interdisziplinär zu arbeiten, Technologien zu verstehen und die Komplexität zu beherrschen.

Die Auswirkungen der digitalen Transformation und die Einführung von Technologien führen zu einer besseren Aufgabenteilung in der MRK. In einer Montagezelle könnten so Menschen und Roboter zusammenarbeiten, was zu einer körperlichen Entlastung der Bedienenden führt [Mal-2019]. Darauf aufbauend müssen Mitarbeitende ihre Kompetenzen anpassen, damit sie mit verschiedenen Kommunikationssystemen und der Mensch-Maschine-Interaktion umgehen können [Bei-2020].

#### **Auswirkungen auf die Arbeitenden**

Die Vernetzung und Kommunikation zwischen Maschinen, Bedienenden und Systemen führt zu Herausforderungen im Datenmanagement. Dies wird wahrscheinlich mit verschiedenen Datenbanksystemen sowie entsprechenden Kompetenzen gelöst werden, wie z. B. der Datenanalyse und einem umfassenden Prozessverständnis. Diese Anforderungen eröffnen neue Profile wie den Supply Chain Analyst, Supply Chain Engineer, Digital Manufacturing Engineer oder Smart Product Designer, welche die Fähigkeit besitzen, mit IT-Tools und Programmen adäquat umzugehen [Pej-2020]. Um über qualifiziertes Personal mit den erforderlichen Kompetenzen zu verfügen, sind die Unternehmen daran interessiert, die derzeitigen Mitarbeitenden weiterzubilden und zu schulen. In diesem Zusammenhang wird das Lernen am Arbeitsplatz gegenüber möglichen externen Räumlichkeiten vorgezogen, da die Anwendung der Lerninhalte in einem arbeitsbezogenen Kontext den Lernerfolg verstärkt [Erp-2017]. Für den Qualifizierungsprozess müssen zukünftige Berufsprofile und Arbeitsrollen mit den

dazugehörigen Kompetenzen definiert werden. Mit Hilfe von Kompetenzmodellen können diese für verschiedene Bereiche orchestriert werden.

#### **3.4.4 Zusammenfassung der Literaturrecherche**

27 Publikationen wurden nach dem Auswahlprozess in die Analyse einbezogen, sodass Rückschlüsse auf die erforderlichen zukünftigen Kompetenzen gezogen werden konnten. Im Rahmen des Vorgehens wurden die Kompetenzen den verschiedenen Publikationen entnommen und anschließend vier Kompetenzkategorien zugeordnet. Teilweise ist die Kategorisierung nicht eindeutig möglich gewesen, da aufgrund inhaltlicher Überschneidungen die Bewertung der einzelnen Kompetenz stets einer subjektiven Interpretation unterliegt.

Ziel dieser Recherche war es, den Kompetenzwandel in der Logistik auf Basis einer SLR zu identifizieren. Die zusätzliche Differenzierung trug dazu bei, die Kompetenzveränderungen in der Logistik mit denen der Produktion und mit den allgemeinen Anforderungen zu vergleichen. Detaillierte Angaben zu den unterschiedlichen Tätigkeitsprofilen, wie z. B. für Logistikplaner, Fahrer oder neuen Aufgabenfeldern wie dem Supply Chain Analyst, konnten kaum eruiert werden.

Die Analyse ergab, dass die Kompetenzen „Lernbereitschaft“, „allgemeines Prozessverständnis“, „Interdisziplinarität“ und „Kommunikationsfähigkeit“ in fast allen Publikationen zu finden sind. Diese stammen aus allen vier Kompetenzkategorien und unterstreichen die Notwendigkeit einer breiteren Qualifizierung der Mitarbeitenden für die digitale Transformation. Welche genauen Kompetenzanforderungen im Zuge der Transformation angestrebt werden, liegt vor allem für die Logistik nicht vor. Dies erschwert eine zielgerichtete Qualifizierung und unterstreicht den weiteren Forschungsbedarf.

### **3.5 Forschungsbedarf und Anforderungen an die Lösung**

Aus den Grundlagen (Kapitel 2) und dem aktuellen Stand der Wissenschaft wird der weitere Forschungsbedarf ersichtlich. Im Nachfolgenden werden fünf resultierende Defizite aufgezeigt und die daraus jeweils abgeleitete wissenschaftliche Fragestellung formuliert. Anschließend erfolgt die Ermittlung der Anforderungen basierend auf den identifizierten Mängeln.

### **3.5.1 Forschungsbedarf und resultierende Forschungsfragen**

Die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche (vgl. Abschnitt 3.4) zeigen auf, dass für die Logistik kaum spezifische Untersuchungen durchgeführt wurden, die sich mit künftigen Kompetenzanforderungen befassen. Zwar werden Kompetenzen postuliert, die in Zukunft an Relevanz gewinnen werden, eine konkrete Definition und eine Einstufung des geforderten Kompetenzniveaus findet sich jedoch nicht. Die Beschreibungen sind besonders für die Fachkompetenzen in der Logistik notwendig, da beispielsweise Forderungen nach IT-Kompetenzen einen großen Interpretationsspielraum zulassen. IT-Kompetenzen können von der einfachen Bedienung eines Computers oder Tablets bis hin zur Programmierung komplexer Software reichen. Ferner wird die Qualifizierung der Mitarbeitenden erleichtert, wenn spezifische Kompetenzanforderungen, die künftig zu erreichen sind, festgelegt werden. Diese sind idealerweise mit konkreten Inhalten und Anforderungen des jeweiligen Niveaus beschrieben. Auf dieser Granularität zeichnet sich Forschungsbedarf ab, der zudem die dann vorherrschenden Rollen und Tätigkeitsprofile in der Logistik inkludieren sollte.

Ausgangsbasis für die Spezifizierung der künftigen Rollen der Mitarbeitenden muss ein präzises mittel- bis langfristiges Szenario für die Logistik sein. Dies impliziert die stringente Erarbeitung des konkreten technologischen Wandels, der in prozessualen Veränderungen mit Auswirkungen auf die Beschäftigten resultiert. Das abzuleitende Wissen zu Kompetenzprofilen und die damit einhergehenden Kompetenzanforderungen bedürfen einer systematischen und nachvollziehbaren Erarbeitung mittels angepasster Methoden. Der Stand der Forschung zeigt auf, dass bereits Lösungen für einzelne Teilaspekte vorhanden sind und diese häufig auf den Kontext des technologischen Wandels in der Logistik adaptiert werden müssten. Im Zuge dessen ist allerdings ein übergeordneter Rahmen notwendig, der die folgenden fünf Aspekte einbezieht und eine methodische Unterstützung bietet. Diese fünf Aspekte bzw. Fragen werden in den Abschnitten 4.3 bis 4.7 bearbeitet und final in Abschnitt 6.2 beantwortet.

#### **Beschreibung künftiger Logistikprozesse unter Berücksichtigung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden**

Durch die Automatisierung und Digitalisierung im Rahmen der Industrie 4.0 findet ein grundlegender Wandel in der Logistik statt [Win-2020]. Dies führt dazu, dass sich die aktuellen Prozesse in der operativen und dispositiven Logistik grundlegend verändern und die Arbeitswelt der Menschen zunehmend digitalisiert wird. Dabei entstehen neue Mensch-Maschine-Schnittstellen, bei denen der Mensch als Teil des soziotechnischen Systems weiterhin eine Schlüsselrolle spielt [Lie-2017]. Der Informationsfluss zur Planung, Realisierung und Steuerung des hochautomatisierten und digitalisierten Materialflusses sowie der vernetzten Prozesse wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Dies

erfordert eine ganzheitliche Abbildung logistischer Abläufe, die alle Aspekte des soziotechnischen Systems berücksichtigen, damit Wechselwirkungen nicht missachtet werden. Ziel ist es daher, eine Modellierungstechnik zu entwickeln, die logistische Prozesse einschließlich des Informations- und Materialflusses unter Berücksichtigung des soziotechnischen Systems abbildet.

Mit der Zielsetzung ist die folgende untergeordnete wissenschaftliche Frage verbunden: *Wie können Logistikprozesse unter Berücksichtigung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden und der technologischen Hilfsmittel beschrieben werden? (Forschungsfrage 1)*

### **Kompetenzmodell für operative und dispositive Logistikprozesse im Zuge der Industrie 4.0**

Die Literaturrecherche verdeutlicht, dass sich logistische Prozesse durch die Digitalisierung und Automatisierung bzw. Autonomisierung verändern. Dies hat Auswirkungen auf die Aufgaben des Personals und die notwendigen Kompetenzen [McK-2018]. Fehlende Personalressourcen, nicht vorhandene interne Weiterbildungskonzepte und fehlendes Wissen über zukünftige Anforderungen gehören zu den internen Hürden und Herausforderungen bei der Qualifizierung von Mitarbeitenden [Ker-2017]. Daher wird die strategische Entwicklung, Planung und Umsetzung von Kompetenzen immer wichtiger [Hec-2016]. Eine Lösung, um dem Mangel an Kompetenzen entgegenzuwirken, kann der Einsatz von Kompetenzmodellen sein.

Forscher kritisieren, dass Kompetenzmodelle oft nur die gegenwärtig in einem Beruf benötigten Kompetenzen berücksichtigen, nicht aber die künftig erforderlichen Fähigkeiten [Cam-2011]. Das Kompetenzmodell von *Hecklau et al.* konzentriert sich lediglich auf den Kompetenzwandel in der Produktion, lässt aber die Logistik unberücksichtigt [Hec-2016]. Gleiches gilt für das *Kompetenzrad von Demel* [Dem-2017], das zwar Zukunftskompetenzen berücksichtigt, aber bisher in der Logistik keine Anwendung findet. Die meisten anderen Kompetenzmodelle sind ebenfalls nicht an die Logistik angepasst oder werden dort nicht eingesetzt [But-2017]. Das *ABEKO-Kompetenzmodell* bezieht die operative Logistik mit ein, aber administrative und planerische Tätigkeiten bleiben außer Acht [Hen-2017]. Dementsprechend ist keines der identifizierten Kompetenzmodelle logistikspezifisch und inkludiert aktuelle und zukünftige Kompetenzen. Daraus resultiert der Bedarf für ein logistikspezifisches Kompetenzmodell, welches die Einflüsse der Digitalisierung und Autonomisierung berücksichtigt.

Mit dem Defizit ist die folgende untergeordnete wissenschaftliche Frage verbunden: *Welche Kompetenzen sind für operative und dispositive Logistikprozesse im Zuge der Industrie 4.0 von Relevanz? (Forschungsfrage 2)*

## **Systematische Ermittlung von Kompetenzanforderungen in Logistikprozessen**

Die heutige Arbeitswelt verändert sich hin zu digitalen und automatisierten Prozessen. Insbesondere durch die Entwicklungen im Zusammenhang mit der Industrie 4.0 benötigen die Beschäftigten in Produktion und Logistik neue Kompetenzen, um die Aufgaben und Herausforderungen der Zukunft zu meistern. Unternehmen müssen eine klare Vorstellung von den Prozessen der Zukunft haben und die erforderlichen neuen Kompetenzen bestimmen. Folglich ist ein systematischer Weg der Kompetenzermittlung zur Analyse der Diskrepanz zwischen aktuellen und künftig notwendigen Kompetenzanforderungen erforderlich. Obwohl einige Forscher versuchen Einblicke in allgemeine Industrie 4.0-Kompetenzen zu gewinnen, indem sie Literaturrecherchen durchführen (z. B. [Hec-2016; Pec-2017]), sind diese für die vorliegende Arbeit jedoch unzureichend, da sie die Unternehmens- und Prozessspezifika sowie das Niveau der Kompetenzanforderung nicht ausreichend berücksichtigen. Andere nutzen vertiefende Experteninterviews [Pin-2017], die zwar zu künftigen Kompetenzen führen, allerdings subjektiv und intransparent bei der Ermittlung sind [Dun-2011]. Ziel ist die Erarbeitung einer Methode zur Ermittlung von Kompetenzanforderungen, die unternehmensspezifisch Veränderungen zwischen momentanen und künftigen Kompetenzen identifiziert. Grundlage hierfür sollen die definierten Logistikprozesse und die geplante Ausgestaltung in der Zukunft sein.

Mit der Zielsetzung ist die folgende untergeordnete wissenschaftliche Frage verbunden: *Wie können Kompetenzanforderungen in aktuellen und künftigen Logistikprozessen systematisch ermittelt werden? (Forschungsfrage 3)*

## **Ermittlung von Kompetenzprofilen für die Logistik**

Wie jede der vorangegangenen industriellen Revolutionen führt auch die vierte industrielle Revolution zu veränderten Aufgaben und Qualifikationsanforderungen [Kip-2021]. Modifizierte Tätigkeiten erfordern Instrumente des Kompetenzmanagements, um einerseits neue Anforderungen zu identifizieren und andererseits neue Kompetenzprofile zu entwickeln. Die Notwendigkeit einer Neukonzeption von Kompetenzprofilen ergibt sich aus dem Entstehen neuer Berufsfelder und Aufgabenprofile [Maj-2017]. Im Hinblick auf die sich wandelnden Aufgaben der Beschäftigten wird eine geeignete Methode benötigt, damit vorhandene Profile kritisch hinterfragt und ggf. neue Profile bestimmt werden können. Gemeinsamkeiten und Unterschiede müssen aus den Prozess- und Aufgabenbeschreibungen herausgearbeitet werden und bei der Erstellung von Kompetenzprofilen Berücksichtigung finden. Darüber hinaus sollen die Kompetenzprofile losgelöst von momentanen Strukturen und Rollen entwickelt wer-

den. Hierfür sind datengetriebene Ansätze hilfreich, um nachvollziehbare, transparente und reproduzierbare Entscheidungen bei der Erstellung von Kompetenzprofilen zu treffen.

Obwohl in Literatur und Praxis bereits Ansätze zur Ableitung und Ermittlung von Anforderungsprofilen vorliegen (s. Abschnitt 3.2.3), fehlt eine datengetriebene Methode zur systematischen Überprüfung und Ermittlung von Kompetenzprofilen für die Logistik. Das Ziel ist daher die Entwicklung einer Methode zur Ermittlung von Kompetenzprofilen, wobei sich die jeweiligen Profile durch gleichartige Tätigkeiten und Anforderungen auszeichnen. Die Ermittlung dieser Profile soll anhand ähnlicher Merkmale erfolgen, um die von Mitarbeitenden in der Logistik ausgeführten Aufgaben systematisch in Kompetenzprofile zu überführen. Dabei sollen die Profile in sich homogen, also ähnliche Anforderungen sowie Tätigkeiten aufweisen, und zueinander heterogen sein.

Mit der Zielsetzung ist die folgende untergeordnete wissenschaftliche Frage verbunden: *Wie können Kompetenzprofile aus den Tätigkeiten der Logistikprozesse abgeleitet werden? (Forschungsfrage 4)*

### **Qualifizierungsbedarfe aufgrund der Veränderungen im soziotechnischen System**

Die heutige Arbeitswelt verändert sich durch die zunehmende Digitalisierung und Autonomisierung. Die Unternehmen stellen dabei zunehmend einen Mangel an qualifiziertem Personal fest [Ben-2017]. Die Diskrepanz zwischen Kompetenzangebot und -nachfrage resultiert aus einem Wandel der Arbeitsmethoden und -strukturen hin zu einer stärker digitalisierten und automatisierten Arbeitswelt [Bau-2017a]. Diese Veränderungen haben große Auswirkungen auf die Rolle der Logistikmitarbeitenden, deren Aufgaben, erforderliche Fähigkeiten und das Arbeitsumfeld. Die Mitarbeitenden müssen mit den neuen Technologien vertraut sein, die im Rahmen der Unternehmensentwicklung eingeführt werden. Infolgedessen sehen sich die Beschäftigten mit einem lebenslangen Lernprozess und der Notwendigkeit konfrontiert, sich zu Wissensarbeitern weiterzuentwickeln [Eng-2018]. Folglich stehen die Unternehmen vor der Herausforderung, Arbeitsplätze und Ausbildungsprogramme umzustrukturieren [Imr-2019].

Um diese Veränderungen zu bewältigen und mit neuen Technologien umzugehen, ist eine umfassende Mitarbeiterqualifizierung notwendig. Dafür müssen neue Inhalte und Formate in die Qualifizierung integriert werden [Hub-2016]. Dies erfordert ein Qualifizierungskonzept, das die soziotechnischen Teilsysteme Logistikprozess, Technologie und Kompetenzanforderung berücksichtigt und individuelle Qualifizierungsinhalte bereitstellt. Bisherige Ansätze berücksichtigen diese Aspekte

nicht in ihrer Gesamtheit, woraus sich der weitere Forschungsbedarf für ein systematisches, modulares Qualifizierungskonzept ableitet.

Mit dem Defizit ist die folgende untergeordnete wissenschaftliche Frage verbunden: *Welche Qualifizierungsbedarfe resultieren in der Logistik aus den Veränderungen im soziotechnischen System? (Forschungsfrage 5)*

### 3.5.2 Anforderungen an die Lösung

Die Defizite und die daraus abgeleiteten Forschungsfragen stellen gewisse Anforderungen an die Lösung. Zudem gibt es generelle Anforderungen, welche die gesamte Lösung betreffen und sich in inhaltliche sowie anwendungsbezogene Forderungen untergliedern. Eine Übersicht der Anforderungen ist in Tabelle 3-8 dargestellt.

Tabelle 3-8: Übersicht der Anforderungen an die Lösung

Inhaltliche Anforderungen	Anwendungsbezogene Anforderungen
Anwendbar in der operativen und dispositiven Logistik	Einfache Anwendbarkeit
Prozessspezifische Betrachtung	Nachvollziehbarkeit und Objektivität
Berücksichtigung der aktuellen und der künftigen Situation	Übertragbarkeit der Lösung
Tätigkeits- und Mitarbeiterorientierung	

#### Inhaltliche Anforderungen

Der *Anwendungsbereich* der Lösung soll die *operative und dispositive Logistik* einschließen. Die praxisnahe Expertenstudie hat gezeigt, dass der Technologiewandel in den operativen Bereichen, aber auch speziell in den administrativen und planerischen Tätigkeiten, erheblichen Einfluss auf die künftigen Kompetenzanforderungen hat. Entsprechend liegt der Fokus dieser Arbeit ebenfalls auf der dispositiven Logistik, die in den bisherigen Publikationen kaum beachtet wird. Zudem soll so die gesamthafte Betrachtung der Entwicklungen in der Logistik sichergestellt werden. Managementaufgaben und Projektarbeit werden, aufgrund der abweichenden Anforderungen und dem geringeren Anteil an repetitiven Aufgaben, exkludiert.

In der vorhandenen Literatur werden primär allgemeine Anforderungen an die Mitarbeitenden in einer digitalen und autonomen Arbeitsumgebung abgeleitet. Um hier detailliertere und differenziertere Aussagen treffen zu können, soll die Lösung einer *prozessspezifischen Betrachtung* folgen. Dies umfasst eine Aufschlüsselung der Veränderungen und Kompetenzanforderungen spezifisch für den jeweiligen Bereich oder Prozess. Dadurch soll eine bedarfsgerechte Kommunikation und Qualifizierung



sichergestellt werden, welche die Mitarbeitenden individuell anspricht und somit den bevorstehenden Wandel unterstützt.

Für eine transparente, nachvollziehbare Darstellung von Veränderungen ist die *Berücksichtigung der aktuellen und der künftigen Situation* notwendig. Dies inkludiert neben der Erarbeitung der zukünftigen Prozesse und dort ablaufenden Tätigkeiten sowie Kompetenzanforderungen auch die Gegenüberstellung zu aktuellen Abläufen und Inhalten.

Des Weiteren ergeben sich Forderungen an die *Tätigkeits- und Mitarbeiterorientierung*. Häufig werden technologische Veränderungen verstärkt monetär und prozessual betrachtet. Hierbei werden die Mitarbeitenden erst spät in den Implementierungsprozess neuer Technologien involviert. Um dem entgegenzuwirken, ist das Ziel dieser Anforderung die Beschäftigten frühzeitig zu informieren und somit für eine erfolgreiche Transformation vorzubereiten. Die technologischen Implikationen sollen dabei auch im Kontext der Mitarbeitenden und hinsichtlich der Auswirkungen auf ihre Tätigkeiten beschrieben werden.

### **Anwendungsbezogene Anforderungen**

Die vorgestellte Studie zum Kompetenzmanagement hat verdeutlicht, dass in der Praxis Handlungsbedarf hinsichtlich Kompetenzmodellen, -ermittlung, -profilen und Qualifizierungsmaßnahmen besteht, welche aus einem strategischen sowie technologischen Zielbild für die Logistik hervorgehen. Damit die Lösung in der Praxis angewandt werden kann, muss diese strukturiert und so beschrieben sein, dass Anwendende sie ohne weitere Vorerfahrung nutzen können. Die einfache *Anwendbarkeit* soll zudem den Verwendungsaufwand der Lösung in das bestmögliche Verhältnis zum resultierenden Nutzen stellen. Dies wird durch eine einfache und intuitive Gestaltung umgesetzt, wobei die Methode nicht nur im theoretischen, sondern auch im industriellen Kontext eine praktische Lösung bieten soll.

Damit die Lösung in der Praxis genutzt wird, ist zusätzlich zur Anwendbarkeit auch eine entsprechende *Nachvollziehbarkeit* sicherzustellen. Neben Transparenz bei der Durchführung der Lösung und nachvollziehbaren Ergebnissen soll auf hinreichende Verständlichkeit geachtet werden, da dies in Summe die Akzeptanz der Methode fördert. Zudem ist auch die *Objektivität* der Methode zu gewährleisten. Dies ist erfüllt, wenn die Lösung von unterschiedlichen Nutzern angewandt wird und zu vergleichbaren Ergebnissen kommt, wobei dieselben Rahmenbedingungen vorliegen müssen. Das Resultat hängt somit nicht vom Anwendenden ab.

Des Weiteren soll die *Übertragbarkeit* der Lösung möglich sein. Dies bezeichnet die Option, die Methode zum Kompetenzmanagement auf unterschiedliche Situationen und Anwendungsfälle der operativen und administrativen Logistik übertragen zu können. So werden unternehmensspezifische Gegebenheiten bei der Durchführung der Methode berücksichtigt und das Vorgehen ist mit überschaubarem Aufwand in der Logistik unterschiedlicher Unternehmen oder Branchen nutzbar. Hierfür müssen ggf. Schritte angepasst oder erweitert werden.

## 4 Systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik

---

In diesem Kapitel wird das Vorgehensmodell zum systematischen Kompetenzmanagement in der Logistik vorgestellt. Auf Basis des Forschungsbedarfs, der untergeordneten Forschungsfragen und der Anforderungen wird zunächst die Lösung erarbeitet. Anschließend folgt die Erläuterung der Grundstruktur des Vorgehensmodells, das aus fünf Phasen besteht.

### 4.1 Erarbeitung der Lösung

Die Defizite und untergeordneten Forschungsfragen machen deutlich, dass die Lösung unterschiedliche Aspekte berücksichtigen muss. Dies impliziert die tätigkeitsorientierte Beschreibung künftiger Logistikprozesse als Ausgangsbasis. Darauf aufbauend sind die Bestimmung der Kompetenzen und die Ermittlung der Kompetenzanforderungen korrelierend zur Prozessbeschreibung durchzuführen. Die Kompetenzanforderungen pro Prozess müssen dann in Kompetenzprofilen gebündelt werden, damit die Rollen der Mitarbeitenden im künftigen Logistikprozess definiert werden können. Für eine Anwendung in der Praxis ist abschließend eine Überführung der Erkenntnisse in Qualifizierungsbedarfe und -inhalte notwendig.

Die Defizite weisen einen aufbauenden Charakter auf, weshalb sich die Verwendung bzw. Überführung in ein Vorgehensmodell als Lösung anbietet. Dieses verbindet die einzelnen Teilaspekte und stellt abgestimmte Schnittstellen für ein zielführendes Gesamtergebnis sicher. Dabei ist ein ganzheitlicher Ansatz zu verfolgen, bei dem die Nutzer systematisch durch die Methode geführt werden. Bei dem Vorgehensmodell ist auf die Anwendbarkeit in der operativen und dispositiven Logistik zu achten sowie auf prozessspezifische Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzveränderungen. Zudem sollen die Tätigkeiten der Mitarbeitenden übergreifend berücksichtigt und ein Vergleich zwischen aktueller und künftiger Situation vorgenommen werden.

Darüber hinaus sind anwendungsbezogene Anforderungen, wie die Nachvollziehbarkeit, Objektivität und Übertragbarkeit zu berücksichtigen. Dies sind Anforderungen, die in diversen Methoden bzw. Ansätzen in der Literatur auch als Prämissen gelten. Deshalb werden zunächst die bereits eingesetzten Ansätze des Kompetenzmanagements betrachtet. Diese erfüllen zwar nicht die inhaltlichen Anforderungen, bieten aber dennoch wertvolle Anhaltspunkte für ein anwendungsbezogenes Vorgehensmodell und

liefern Grundlagen für einen stringenten und praktikablen Aufbau. Die etablierten Ansätze sind im industriellen Kontext erprobt und legen zudem nahe, dass durch eine Verallgemeinerung der Ansätze die Forderung nach Übertragbarkeit sichergestellt werden kann. Mittels einer anschließenden Detaillierung in Bezug auf den Kontext der Anwendung sollen die inhaltlichen Anforderungen an das Vorgehensmodell erfüllt werden.

Ausgewählte Ansätze werden hierzu gesammelt und in Abbildung 4-1 in entsprechender Abfolge der Schritte visualisiert (vgl. [Che-2019]). Dabei zeigt sich, dass fünf Schritte beim Kompetenzmanagement Berücksichtigung finden.

Nach *Sauter und Staudt* baut Kompetenzmanagement auf der *Strategie* auf, sodass die spätere Kompetenzentwicklung gezielt auf die Strukturen und Zielsetzung des Unternehmens ausgerichtet ist [Sau-2016]. Des Weiteren ermöglicht dies, die Leistungsträger langfristig auszubilden und an das Unternehmen zu binden sowie die Rekrutierungs- und Auswahlprozesse der Belegschaft zu optimieren.

Auf Basis des im Unternehmen eingesetzten Kompetenzmodells werden *Soll-Kompetenzen* definiert. Hierfür stimmen sich Personalverantwortliche sowie Führungskräfte ab und legen die Anforderungen für jede Stelle bzw. jedes Profil fest. Berücksichtigung finden dabei die Aufgaben und Tätigkeiten, aber auch die strategischen Rahmenbedingungen und Entwicklungen aus dem ersten Schritt.

Danach werden die *Ist-Kompetenzen* der Mitarbeitenden häufig mittels Fremdeinschätzung und Selbsteinschätzung ermittelt. Im Anschluss erfolgt der Abgleich mit den hinterlegten Soll-Kompetenzen, wobei Abweichungen aufgezeigt und mit den Führungskräften besprochen werden.

Im Schritt der *Maßnahmenplanung* werden auf Grundlage des Ist- und Sollprofilvergleichs geeignete Qualifizierungen ausgewählt, um den Bedarf an Kompetenzen zu erfüllen. Im industriellen Kontext findet häufig eine Unterstützung der Fachabteilungen durch die (Weiterbildungs-)Akademie statt, die Trainings bereitstellen.

Abschließend erfolgt bei einigen Ansätzen die *Evaluation* der Maßnahmen zum Kompetenzaufbau. Im Zuge dessen werden die getroffenen Aktivitäten hinsichtlich ihres Erfolges bewertet. Dies kann beispielsweise routinemäßig über die Leistungsvereinbarung oder über jährliche Mitarbeitergespräche stattfinden. Bei Abweichungen werden weitere Qualifizierungsmaßnahmen herangezogen oder der Prozess noch einmal neu durchlaufen.

	Schritt 1: Strategie	Schritt 2: Soll-Kompetenzen	Schritt 3: Ist-Kompetenz-abgleich	Schritt 4: Maßnahmen-planung	Schritt 5: Evaluation
RKW Kompetenz- management	Strategische Zielrichtung	Kompetenzmodell & Rollenprofile	Mitarbeitergespräch & Gap-Analyse	Kompetenzent- wicklungsplan	Prozess- u. Ergebniskontrolle
Porsche AG	Führungsleitlinien	Ableitung von Führungs- kompetenzen	Kompetenzbogen	Zielvereinbarungs- prozess	Nachfolgeplan
Bundesagentur	Tätigkeits- und Kompetenzprofile		Leistungsdialog	Entwicklungspfade/ Qualifizierungs- module	
Siemens AG	Strategische Ausrichtung/Ziele	Kompetenz- evaluierungs- workshop	Einstufung & Gap-Analyse	Entwicklungs- maßnahmen	Webbasiertes Evaluierungstool
KM3		Erstellung der Kompetenzmodelle	Einstufung & Gap-Analyse	Lernmanagement u. Kompetenz- entwicklung	Erfolgskontrolle u. Neueinstufung
Deutsche Bahn AG		Erstellung von Soll-Profilen	Einschätzung durch Führungskraft	Kompetenzboxen	Überwachung bis Zielerreichung
Esterhazy	Analyse Trends u. Anforderungen	Erstellung der Kompetenzmodelle	Selbst- u. Fremdeinstufung & Gap-Analyse	Entwicklungs- maßnahmen	Konstante Evaluation
ZF Friedrichs- hafen		Erstellung von Soll-Profilen	Gap-Analyse	Qualifizierungs- landschaft	Maßnahmen nachhalten
KODE@X	Ableitung der strategischen Ziele	Erstellung von Soll-Profilen	Gap-Analyse	Individuelle Maßnahmen	
IntraKomp	Ableitung der strategischen Ziele	Vier-Stufen- Verfahren & Triadengespräche			
4C4-Learn	Orientierung und Konzeption	Both-Direction- Prinzip	Kompetenzmeeting	Balanced Mgmt. Cockpit	Auswertung und Verstetigung
ABEKO	Zukunftsorient. Unternehmens- strategie	Kompetenzmodell	Selbst- u. Fremdeinstufung & Gap-Analyse	Blended-Learning Ansatz	
eSkills (Daimler AG)		Erstellung von Soll-Profilen	Einstufung & Gap-Analyse	Qualifizierungs- bedarfsplanung	
Careum Bildungs- zentrum		Erstellung von Soll-Profilen	Selbst- u. Fremdeinstufung & Gap-Analyse	Ziel- & Leistungsvereinbarungsgespräch	
DB Reise- & Touristik AG	Def. von Kernproz. und zukünftigen Arbeitsanford.	Erstellung der Kompetenzmodelle	Mitarbeitergespräch	Qualifizierungs- module	Bewertung der Zielerreichung

Abbildung 4-1: Vergleich verschiedener Ansätze des Kompetenzmanagements

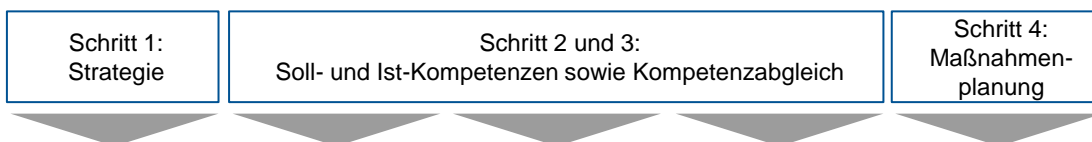
Die Ansätze des Kompetenzmanagements geben eine geeignete Grundstruktur für das zu entwickelnde Vorgehensmodell vor, das allerdings noch die inhaltlichen Anforderungen erfüllen muss. Hierzu wird die Grundstruktur in fünf Phasen gegliedert, die den Rahmen des Vorgehensmodells zum Kompetenzmanagement in der Logistik vorgeben. Sie sind in Abbildung 4-2 dargestellt. Die Phasen bilden sowohl die Erarbeitung einer Strategie als auch die Kompetenzbewertung sowie Überführung in Profile ab. Der Schritt 2 (Soll-Kompetenzen) und Schritt 3 (Ist-Kompetenzabgleich) werden hierzu in drei Phasen (Kompetenzmodell, -ermittlung und -profile) detailliert. Abgeschlossen

wird das Vorgehensmodell mit einer Maßnahmenplanung, die konkrete Qualifizierungsinhalte umfasst. Da für den Schritt der Evaluation der Maßnahmen zur Qualifizierung kein Forschungsbedarf vorliegt, wird dieser Aspekt des Kompetenzmanagements nicht als weitere Phase in das Vorgehensmodell aufgenommen. Hier kann auf bestehende Ansätze, wie das Mitarbeitergespräch, zurückgegriffen werden. Eine Übersicht über die fünf Phasen folgt im nächsten Abschnitt.

Ziele aus den Forschungsfragen

Beschreibung künftiger Logistikprozesse unter Berücksichtigung der Tätigkeiten und technologischen Hilfsmittel	Relevante Kompetenzen für operative und dispositive Logistikprozesse im Zuge der Industrie 4.0	Systematische Ermittlung von Kompetenzanforderungen in aktuellen und künftigen Logistikprozessen	Ableiten von Kompetenzprofilen aus den Tätigkeiten der Logistikprozesse	Resultierende Qualifizierungsbedarfe in der Logistik aus den Veränderungen im soziotechnischen System
--	--	--	---	---

Schritte des Kompetenzmanagements



Systematische Lösungsansatz

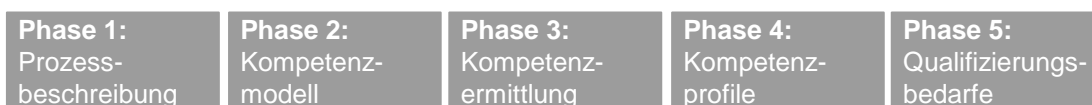


Abbildung 4-2: Rahmen des Vorgehensmodells zum Kompetenzmanagement in der Logistik

## 4.2 Grundstruktur des Vorgehensmodells

Die fünf identifizierten Phasen bilden die Struktur des Vorgehensmodells zum systematischen Kompetenzmanagement in der Logistik. Auf Basis einer Vision oder eines Zielbildes leitet das Vorgehensmodell strukturiert die künftigen Logistikprozesse, den dortigen Technologieeinsatz, die daraus resultierenden Kompetenzanforderungen und die Qualifizierungsbedarfe ab. Dies erfolgt profilspezifisch und ermöglicht es zudem, für jeden Prozess adäquat die Veränderungen und daraus hervorgehenden Kompetenzanforderungen zu ermitteln. Individuelle Schulungsinhalte befähigen, die zukünftigen Kompetenzlücken rechtzeitig zu schließen und den technologischen Wandel erfolgreich zu meistern. Das Modell adressiert besonders Unternehmen mit umfangreichen und werksübergreifenden Material- und Informationsflüssen, ist aber ebenso bei kleineren Firmen einsetzbar. Hierfür sind Experten aus den unterschiedlichen Logistikabteilungen und dem Personalbereich notwendig, die ihre Einschätzun-

gen und Expertise im Rahmen des strukturierten Vorgehens einbringen. Die fünf Phasen inklusive des jeweiligen Ergebnisses sind in Abbildung 4-3 dargestellt. Sie gliedern sich in die Erarbeitung der jeweiligen Methode und die Beschreibung sowie Anwendung dieser auf.

### Systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik

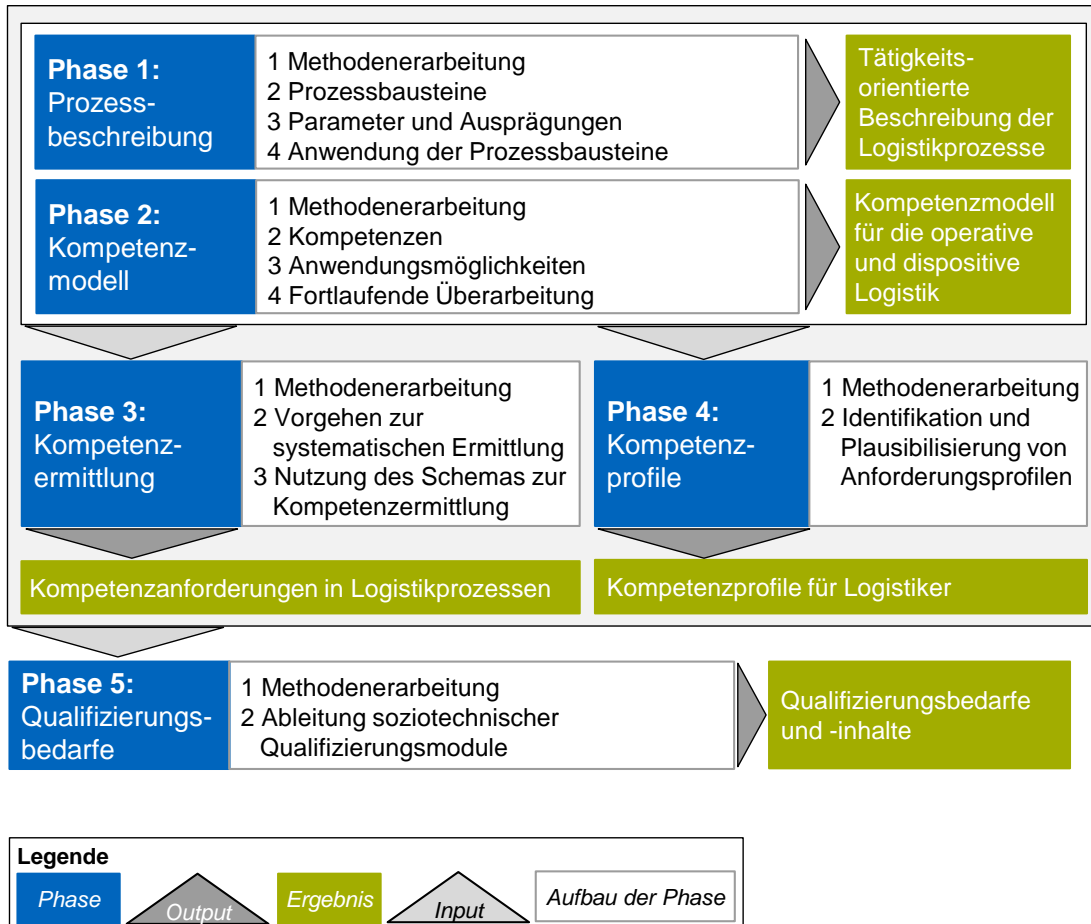


Abbildung 4-3: Grundstruktur des Vorgehensmodells und Aufbau der Phasen

**Phase 1:** Das Ziel der ersten Phase ist die Aufnahme der aktuellen und die Beschreibung der künftigen Logistikprozesse. Dies umfasst neben den allgemeinen Abläufen auch die technologischen Hilfsmittel sowie die Tätigkeiten im Prozess. Hierfür sollte ein strategisches Zielbild für den Mittel- bis Langfristbereich des Unternehmens oder der Logistik vorliegen. In Workshops und Interviews mit Experten aus den unterschiedlichen Prozessen, Standorten und Hierarchien wird dieses Ziel mit Hilfe von Prozessbausteinen standardisiert dokumentiert. Als Ergebnis liegt eine tätigkeitsorientierte Beschreibung der Logistikprozesse vor, die ein detailliertes Bild über die künftig geplante Logistik, die dann verwendeten technologischen Hilfsmittel sowie die durch die Mitarbeitenden ausgeführten Tätigkeiten beinhaltet. Die Erkenntnisse können neben dem Input für die Kompetenzermittlung auch für die spätere Detailplanung, Implementierung und Nutzung der Technologien herangezogen werden.

*Phase 2:* Die Intention der zweiten Phase ist die Bereitstellung eines Kompetenzmodells, das die Fähigkeiten und Fertigkeiten für die Arbeit in der operativen, administrativen und planerischen Logistik einschließt. Adressaten sind weder das Management noch das Projektgeschäft, sondern Mitarbeitende mit wiederkehrenden Aufgaben. Neben dem anwendungsspezifischen Fokus ist auch auf die zukünftige Ausrichtung zu achten sowie auf die Kompetenzen, die im Zuge der Digitalisierung und Autonomisierung an Bedeutung gewinnen. Publikationen sowie Studien in dem Themenfeld werden als Input genutzt. Die finale Abstimmung der Kompetenzkategorien und -inhalte erfolgt dann mit den Anwendern und den Vertretern der unterschiedlichen Abteilungen und Bereiche. Das Kompetenzmodell verfügt über unterschiedliche Niveaus zur Einstufung der Kompetenzanforderungen, die in der anschließenden Phase ermittelt werden.

*Phase 3:* Der Zweck dieser Phase ist die Verknüpfung von Prozessbeschreibung und Kompetenzmodell zur Ermittlung der Kompetenzanforderungen. Der Anspruch dieser Phase besteht in einer systematischen und nachvollziehbaren Bestimmung der aktuellen und künftigen Kompetenzanforderungen. Entsprechend ist hierfür die Expertise von Logistik- und Personalabteilung gefordert, um Einflussfaktoren für die Anforderungen zu identifizieren und daraus ein Kompetenzschema zu entwickeln. Dieses ermöglicht es, für die Kompetenzen aus Phase 2 die Kompetenzanforderungen auf Basis der Prozessbeschreibung aus Phase 1 automatisiert abzuleiten. Die kritische Prüfung, Plausibilisierung und ggf. eine Anpassung erfolgt abschließend wiederum durch die Logistik- und Personalabteilungen. Als Resultat liegen Kompetenzanforderungen zu den aktuellen und künftigen Tätigkeiten in der Logistik vor.

*Phase 4:* Basierend auf den Kompetenzanforderungen ist der Zweck dieser Phase die Bündelung der Tätigkeiten in Kompetenz- bzw. Anforderungsprofilen. Mittels Klassifikationsverfahren und anschließendem Clustern werden die bisher gesammelten Informationen genutzt, um datengetrieben in sich homogene und zueinander heterogene Anforderungsprofile abzuleiten. Speziell bei neuen, veränderten und wegfallenden Tätigkeiten ist eine Prüfung sowie ggf. Überarbeitung der Profile sinnvoll. Der datenbasierte Ansatz, der Ähnlichkeitsfaktoren aus der Prozessbeschreibung von Phase 1 nutzt, unterstützt hierbei. Die Fachabteilungen nehmen anschließend die finale Festlegung der Anforderungsprofile vor. Neben der Ermittlung künftiger Anforderungsprofile kann die Methode auch zur Plausibilisierung bestehender Profile eingesetzt werden.

*Phase 5:* Ziel der letzten Phase ist die Eruiierung von Qualifizierungsbedarfen mit Hilfe der Erkenntnisse der zuvor durchlaufenen Phasen. Im Zuge dessen werden soziotechnische Qualifizierungsmodule abgeleitet, welche die Veränderungen von Prozess,



Technologie und Kompetenz berücksichtigen. Dafür werden die bisher erhobenen Informationen gegenübergestellt, um die Veränderungen je Kompetenzprofil und Prozess darzulegen. Mit Hilfe der bereits im Unternehmen vorhandenen und der ermittelten Qualifizierungsmaßnahmen wird ein modulares Konzept zusammen mit der Personalabteilung und den Vertretern der Logistik ausgestaltet. Nach der Überführung in Qualifizierungsmodule liegen den Logistikabteilungen Qualifizierungsinhalte vor, mit denen die Kompetenzlücken geschlossen und so die Mitarbeitenden für die technologischen Veränderungen qualifiziert werden können.

Die Phasen lassen je nach Situation und gewünschter Zielsetzung eine chronologische oder auch einzelne Nutzung zu, da sie in sich abgeschlossene Vorgehensweisen darstellen. Im praktischen Kontext liegen häufig bereits ausgewählte Informationen vor, weshalb Phasen ausgelassen oder verkürzt werden können. Beispielsweise kann bei einem bereits etablierten Kompetenzmodell die zweite Phase übersprungen werden, da hier auf dieses zurückgegriffen wird. Bei einem neuen Zielbild oder bei geänderten strategischen Rahmenbedingungen für die Logistik ist die erste Phase besonders wichtig, da dann eine neue Prozessbeschreibung generiert wird. Die Bereiche, in denen durch die angepassten Prämissen keine Änderungen auftreten, können bei der Kompetenzermittlung unberücksichtigt bleiben. Sollten die Adaptionen lediglich marginal sein, so ist ggf. auch kein erneutes Clustern der Tätigkeiten in Kompetenzprofile notwendig, da sich diese den bestehenden Profilen bereits zuordnen lassen.

### **4.3 Phase 1: Prozessbausteine zur tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistik**

In einem globalen Wettbewerbsumfeld mit hohem Innovationsdruck und immer kürzeren Reaktionszeiten auf Kundenanforderungen stehen Unternehmen vor der Aufgabe ihre Logistiksysteme zu verbessern. Diese Optimierung wird durch die zunehmende Digitalisierung und Autonomisierung der Logistik im Rahmen der Industrie 4.0 stark unterstützt und führt zu einer grundlegenden Veränderung der gesamten Logistikprozesse von Unternehmen.

Ziel dieser ersten Phase ist es, mittels eines Vorgehens zur Beschreibung von Logistikprozessen die Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Unternehmenslogistik, die Veränderungen der Tätigkeiten der Mitarbeitenden sowie des Material- und Informationsflusses darzustellen. Auf Basis von Literaturrecherchen, Experteninterviews und Workshops werden Logistikprozessbausteine für die Modellierung der Logistik abgeleitet. Diese Bausteine können über Parameter und Ausprägungen konfiguriert werden, ähnlich einem morphologischen Kasten, und dienen als Grundlage für die spätere

Ermittlung der Kompetenzanforderungen. Mit den Prozessbausteinen können sowohl der aktuelle Prozessablauf als auch zukünftige Szenarien modelliert und Prozessveränderungen unter Berücksichtigung technologischer Hilfsmittel transparent dargestellt werden. Die Entwicklung eines neuen Szenarios für die Unternehmenslogistik ist nicht Umfang der beschriebenen Phase.

Die Prozessbausteine zur tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistik wurden in [Koh-2021b] veröffentlicht und sind während der Zusammenarbeit im Zuge der Abschlussarbeiten von [Mül-2020] und [Kro-2021] entstanden. Zunächst wird die Methodenerarbeitung zur Entwicklung der Bausteine erläutert, im Anschluss folgen die Definition und Anwendung der Prozessbausteine.

#### 4.3.1 Methodenerarbeitung

Um eine soziotechnische Sicht bei der Darstellung von Logistikprozessen zu berücksichtigen, werden Prozessbausteine als standardisierte Modellierungselemente verwendet, welche die Grundfunktionen der Logistik abbilden und zur Modellierung einer ganzen Prozesskette kombiniert werden können. Als Basis hierfür dient eine umfangreiche Literaturrecherche zu logistischen Standardprozessen (vgl. Abschnitt 3.1). Aus den Ergebnissen werden die Anforderungen an die Prozessbausteine abgeleitet. Anschließend findet die Prüfung der in der Literatur verfügbaren Ansätze hinsichtlich der Erfüllung dieser Anforderungen statt. Da keiner der identifizierten Ansätze allen Anforderungen nachkommt, wurden auf Basis des am besten geeigneten Ansatzes und mit Hilfe von Expertengesprächen Prozessbausteine erarbeitet. In einem iterativen Vorgehen werden diese in Workshops mit Experten eines Industriepartners optimiert und validiert.

Eine Grundanforderung für den zu entwickelnden Ansatz ist die Betrachtung sowohl des *Materialflusses* als auch des *Informationsflusses* unter Berücksichtigung der eingesetzten *Ressourcen und technologischen Hilfsmittel*. Die Prozessbausteine sollen einen *angemessenen Detaillierungsgrad* aufweisen, der die Aufgaben und Tätigkeiten im Prozess beinhaltet [Sch-2016]. Darüber hinaus sollen die Bausteine klar voneinander abgrenzbar sein, weshalb die *Trennschärfe* dieser eine weitere Anforderung darstellt [Sch-2016]. Ein zusätzlicher Aspekt ist die *Standardisierung* der Bausteine. Eine identische Struktur gewährleistet ein hohes Maß an Transparenz und Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Logistikprozessen über eine bestimmte Zeitspanne [Gün-2013a]. Trotz der Veränderungen durch die zunehmende Digitalisierung, Automatisierung und Umsetzung der Industrie 4.0 in der Logistik, liegt die Gesamtverantwortung für die Prozesse nach wie vor beim Menschen [Gor-2014]. Daher lässt sich eine wei-

tere Anforderung ableiten, nämlich die Berücksichtigung der *Tätigkeiten der Mitarbeitenden*. Eine zusätzliche Prämisse an die aufgabenbasierte Modellierung von Logistikprozessen ist die *Kombinierbarkeit* und *Flexibilität* der Prozessbausteine. Diese beschreibt zum einen die Möglichkeit, die Prozessbausteine in beliebiger Reihenfolge zu verknüpfen und innerhalb eines Primärprozesses mehrfach zu verwenden. Zum anderen sollen die Prozessbausteine jederzeit an veränderte Randbedingungen, wie eine neue Systemlandschaft und Prozessadaptionen, anpassbar sein. Die Flexibilität erlaubt die Aktualisierung der Bausteine ohne großen Aufwand, die Datenpflege auf einfache Weise und die Erweiterung der Datensätze, welche die Parameter und Ausprägungen der Prozessbausteine definieren.

Ausgehend von den definierten Anforderungen werden die identifizierten Ansätze zur Darstellung logistischer Standardprozesse aus der Literatur (vgl. Abschnitt 3.1) verglichen und bewertet. Die Beurteilung durch den Autor erfolgt anhand einer dreistufigen Skala, die den Erfüllungsgrad der Anforderungen angibt und basiert auf der umfangreichen Literaturrecherche, die zur Auswahl der Methoden durchgeführt wurde (siehe Tabelle 4-1).

Die Begutachtung der Ansätze verdeutlicht, dass keiner der untersuchten Ansätze zur Entwicklung logistischer Prozessbausteine alle dargestellten Anforderungen vollständig erfüllt. Dabei fehlt die Möglichkeit, sowohl den Informationsfluss als auch die technischen Hilfsmittel in der operativen und dispositiven Logistik bei Berücksichtigung der Menschen darzustellen. Infolgedessen werden in dieser Arbeit aufgabenorientierte Prozessbausteine entwickelt. Sie zielen darauf ab, die dispositiven und operativen Logistikprozesse in Industrieunternehmen abzubilden und dabei das soziotechnische System zu berücksichtigen.

Um die gewünschte *Flexibilität* bei gleichzeitiger *Standardisierung* zu erreichen, wird eine morphologische Struktur zum Aufbau der Prozessbausteine verwendet. Jeder Baustein besteht aus mehreren Parametern, die entweder spezifisch für diesen oder in allen Prozessbausteinen Verwendung finden. Jeder Parameter selbst kann unterschiedliche Ausprägungen annehmen, die aufgrund der morphologischen Struktur an z. B. neue Gegebenheiten, andere Unternehmen oder neue Technologien angepasst werden. Dadurch ist die Abbildung künftiger Prozesse sichergestellt.

Tabelle 4-1: Bewertung der Ansätze zur Darstellung logistischer Standardprozesse

Anforderung	[Gün-2011]	[Gün-2013]	[VDI-3300]	[Hörn-2007]	[Anr-2009]	[Sys-1990]	[Jün-1989]
Darstellung des Materialflusses	●	●	●	●	●	●	●
Darstellung des Informationsflusses	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐
Darstellung der technologischen Hilfsmittel	●	◐	◐	○	○	◐	◐
Ausreichender Detaillierungsgrad	◐	◐	●	◐	◐	◐	◐
Trennschärfe der Prozesse	●	●	◐	◐	◐	○	◐
Standardisierte Beschreibung	●	●	●	●	◐	○	◐
Berücksichtigung der operativen und dispositiven Tätigkeiten	◐	◐	◐	○	○	◐	○
Kombinierbarkeit	●	●	●	●	◐	◐	◐
Flexibilität	●	●	○	●	◐	◐	◐

○	Nicht erfüllt	◐	Teilweise erfüllt	●	Vollständig erfüllt
---	---------------	---	-------------------	---	---------------------

### 4.3.2 Prozessbausteine

Um die logistischen Prozesse vollständig beschreiben zu können, werden elf Prozessbausteine definiert (siehe Tabelle 4-2). Diese sind an die an die Funktionen und Tätigkeiten des Material- und Informationsflusses aus Abschnitt 3.1 angelehnt und werden entsprechend spezifiziert.

Tabelle 4-2: Tätigkeitsorientierte Prozessbausteine für die Logistik

Materialfluss	Informationsfluss
Handhaben	Verifizieren und Prüfen
Bewegen	Buchen
Menge und Zusammenstellung verändern	Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten
Lagern	Kommunizieren und Austauschen von Informationen
Verpacken	Koordinieren und Steuern
	Überwachen (inkl. Störungsbehebung)

Zunächst werden die fünf **Materialflussbausteine** vorgestellt: *Handhaben* beschreibt alle vorgelagerten Tätigkeiten zum Einleiten und Beenden von Bereitstellungs-, Lager- und Bewegungsprozessen sowie den unmittelbaren Übergang von Gütern zwischen den Transportmitteln ohne explizite Bewegung der Güter gemäß [VDI-3300] und [DIN-

30781]. Nicht dazu gehört der Transport oder das Fördern von Gütern außerhalb und innerhalb des Werkes. Abgebildet werden nur die einleitenden und beendenden Vorgänge des Transports und der Übergang von Gütern von einem auf das andere Fördermittel oder Fördereinrichtung. Beispiele sind das Beladen, Entladen, Aufnehmen, Absetzen, Beschicken, Entnehmen oder der Wechsel des Transportmittels.

Der Prozessbaustein *Bewegen* definiert die gewünschte interne und externe Bewegung von Gütern und Personen zwischen Bereitstellungs- und Lagervorgängen. Das Bewegen ist häufig mit dem Handhaben als vor- oder nachgelagertem Prozess verbunden [VDI-3300]. Zentraler Aspekt des Prozessbausteins *Bewegen* ist, ähnlich der Definition von *Arnold et al.*, die physische Ortsveränderung von Gütern mit manuellen oder technischen Mitteln [Arn-2008]. Dazu gehören typische Tätigkeiten wie Transportieren, Fördern, Bewegen, Heben, Senken, Tragen, Schieben und Ziehen. Das Bereitstellen sowie das Ein- und Auslagern wird also nicht nur durch den Baustein *Handhaben* oder *Bewegen* abgebildet, sondern stellt eine Abfolge dieser beiden dar. Um eine Aufschlüsselung der Tätigkeiten auf verschiedene Transportmittel zu ermöglichen, ist es in dieser Arbeit entscheidend, beide Bausteine zu trennen (z. B. bei der Übergabe der Ladungsträger auf eine Fördertechnik).

Ein wesentlicher Bestandteil der Logistik ist die Anpassung der Zusammensetzung von Gütern, um diese bedarfsgerecht und in der richtigen Menge bereitzustellen. In Anlehnung an *Günthner et al.* umfasst der Prozessbaustein *Menge und Zusammenstellung verändern* die bewusste Bildung einer Teilmenge aus einer (un-)geordneten Gesamtmenge und ggf. deren Anordnung in einer bestimmten Reihenfolge [Gün-2013b]. Somit ermöglicht dieser Baustein die Reproduktion des Kommissionierprozesses.

Der Baustein *Verpacken* beinhaltet die Sicherstellung einer Schutz-, Lager-, Transport- und Identifikationsfunktion für Güter in den logistischen Vorgängen. In diesem Zusammenhang wird die Verpackung als ein Prozess gesehen, der den Wert und den Zustand der Ware verändert [VDI-3300; Höm-2007]. Darüber hinaus umfasst die Verpackung auch die Sicherung der Ladung und wird vor allem in den Abläufen des Wareneingangs und -ausgangs eingesetzt [Gün-2011].

Obwohl das *Lagern* keine Tätigkeit, sondern eine Grundfunktion des Materialflusses ist, wird dieses als letzter Materialflussbaustein definiert. Der Baustein stellt eine zeitliche Überbrückung bis zum Bedarfszeitpunkt dar und ist somit ein zentraler Bestandteil logistischer Prozesse. Lagern bezeichnet in Anlehnung an die *VDI-3300* das geplante Unterbrechen des Materialflusses ohne Bearbeitung des Gutes mit einem Übergang in einen Lagerbereich [VDI-3300, S. 2].

Neben der Beschreibung des Materialflusses ist die Abbildung des Informationsflusses im Zuge der Digitalisierung in der Logistik von besonderer Bedeutung. Zu diesem Zweck werden die folgenden **Informationsflussbausteine** erarbeitet:

Der Prozessbaustein *Verifizieren und Prüfen* weist die Korrektheit eines logistischen Prozesses nach und leitet gegebenenfalls Maßnahmen ein. Die Definition grenzt sich von der *VDI-3300* ab, die das Prüfen lediglich als jeden Kontrollvorgang im Materialfluss definiert, der durch Messen, Zählen oder Wiegen einen Prüfungscharakter hat [VDI-3300]. Dieser Baustein umfasst sowohl die Erhebung und den Vergleich von Ist- und Soll-Informationen (z. B. Richtlinien, Systemdaten) als auch die Einleitung von Maßnahmen bei Abweichungen in diesem Vergleich [Gün-2011]. Der Prozessbaustein wird z. B. für Mengenkontrollen im Wareneingang eingesetzt [Sch-2016].

Der Baustein *Buchen* in Anlehnung an *Günthner et al.* beinhaltet die systemgestützte Erfassung einer Bestandsveränderung durch Warenentnahme oder -zugabe und ggf. das Auslösen eines Auftrags [Gün-2013b]. Der Prozess der Buchung impliziert immer auch eine Verifizierung und Prüfung, z. B. hinsichtlich des Materials oder der Menge. Demnach wird Buchen als eine erweiterte Form davon gesehen.

Der Prozessbaustein *Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten* umfasst die Umwandlung von Eingangsinformationen oder Daten in einen höherwertigen Output nach bestimmten Vorgaben. Diese Definition basiert zum einen auf dem Verständnis von *Günthner* und *Schneider*, die den Prozessbaustein als zentralen und zugleich sehr komplexen Prozess des Informationsflusses beschreiben [Gün-2011; Sch-2016]. Andererseits entspricht sie der Auffassung von *Arnold und Furmans*, welche in der Verarbeitung und Interpretation von Informationen und Daten eine grundlegende Aufgabe des Informationssystems sehen [Arn-2009].

Der Austausch von Informationen zwischen den Prozessbeteiligten (Menschen und Maschinen) wird durch den Prozessbaustein *Kommunizieren und Austauschen von Informationen* repräsentiert. Ziel der Kommunikation von Informationen ist es, neue Informationen zu gewinnen oder vorhandene, bereits aufbereitete und verarbeitete Informationen zielgerichtet weiterzugeben [Krc-2015; Laf-2000]. Typische Aktivitäten sind das Treffen von Absprachen, das Einholen und die Weitergabe von Informationen und das Klären von Fragen.

Das *Koordinieren und Steuern* ist ähnlich dem Kommunikationsbaustein. Hier hat der Informationsaustausch einen kontinuierlichen, arbeitsteiligen Charakter, der eine ständige Koordination und Abstimmung erfordert. Dies kann über menschliche, informationstechnische und physische Schnittstellen erfolgen [Jün-1989]. Das Koordinieren

und Steuern erfordert eine Vielzahl von Informationen aus allen am Prozess beteiligten Bereichen der Logistik. Die Teilnehmenden am Abstimmungsprozess können sowohl intern als auch extern sein (z. B. Lieferanten, Spediteure) [Laf-2000]. Neben der Übermittlung von Informationen schließt Koordinieren und Steuern auch die Verarbeitung der gesammelten Informationen und Daten ein. Mit diesem Prozessbaustein kann die Steuerung der logistischen Prozesse (Materialflüsse) des Unternehmens modelliert werden. Darüber hinaus ermöglicht der Baustein die Abbildung der Koordination und Steuerung der Materialflüsse durch logistische IT-Systeme, z. B. mittels eines Warehouse Management Systems (WMS).

Durch die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung bzw. Autonomisierung werden in Zukunft immer mehr Aufgaben von Maschinen übernommen und Prozesse vollständig automatisiert ablaufen [Kad-2019]. Um die Funktionsfähigkeit dieser Maschinen sowie den reibungslosen Ablauf von Prozessen zu gewährleisten und bei Störungen schnell eingreifen zu können, müssen die Maschinen bzw. IT-Systeme und Prozesse durch den Menschen überwacht werden. Aus diesem Grund wird der Baustein *Überwachen (inkl. Störungsbehebung)* als weiterer Prozessbaustein aufgenommen. Dieser ermöglicht sowohl die Überwachung von Softwaresystemen bzw. Maschinen als auch die Kontrolle automatisierter Prozesse.

### **4.3.3 Parameter und Ausprägungen**

Die möglichen Ausprägungen der jeweiligen Parameter können nach den Bedürfnissen des Unternehmens oder des Benutzers erweitert und angepasst werden. Sie resultieren aus Recherchen und Befragungen von Logistikexperten. Die Ausprägungen ermöglichen eine flexible Konfiguration der Prozessbausteine und der zugrundeliegenden Daten. Neben den Parametern mit definierten Ausprägungen gibt es auch einige Parameter deren Werte für jeden Prozess individuell ausgefüllt werden. Diese dienen in erster Linie dazu, die einzelnen Merkmale des Prozesses, wie Input oder Output, zu beschreiben, wenn vordefinierte Begriffe die unterschiedlichen Unternehmensprozesse nur bedingt abbilden können.

Tabelle 4-3: Standardisierte Parameter

Parameter	Ausprägungen				
Prozessverantwortlicher	<i>Spezifische Informationen für den Prozess</i>				
Arbeitsweise	Alleine	Teilw. im Team	Haupts. im Team	Nur im Team	
Auswirkungen von Entscheidungen	Kurzfristig (operativ)	Mittelfristig (taktisch)	Langfristig (strategisch)		
Zeitdruck	Kaum	Teilweise	Immer		
Art der Schnittstellen	Intern	Extern			
Anzahl der Schnittstellen	$x < 3$	$3 \leq x \leq 7$	$7 < x$		
Sprachkenntnisse Englisch	Keine	Grundkenntnisse	Gute Kenntnisse		
Reichweite der Kommunikation	Eigener Bereich	Vor- & nachgel. Bereich	Bereichs- & Werksübergreifend	Management	
Dynamik des Arbeitsumfelds	Statisch	Kleine Abweichungen	Große Abweichungen	Unerwartetes	
Logistik-Software:	<i>Prozessspezifische Informationen (z. B. der genaue Name der Software)</i>				
- Typ	Nicht verwendet	ERP-System	Verfolgung/Identifizierung	SPS-Steuerung	...
- Häufigkeit der Nutzung	Nicht erforderlich	Selten verwendet	Teilweise verwendet	Häufig verwendet	
- Umgang mit Softwarestörungen	Nicht vorhanden	Selbst. Behebung rout. Störungen	Koop. Behebung kompl. Störungen	Selbst. Behebung kompl. Störungen	
- Anzahl der Systeme	0	1	2	3	...
Intelligente Software und Simulation:	<i>Prozessspezifische Informationen (z. B. der genaue Name der Software)</i>				
- Typ	Künstliche Intelligenz	Bildbearbeitung	Datenanalytik	Datenverarbeitung	...
- Häufigkeit der Nutzung	Nicht erforderlich	Selten verwendet	Teilweise verwendet	Häufig verwendet	
- Umgang mit Softwarestörungen	Nicht vorhanden	Weitergabe	Selbst. Behebung rout. Störungen	Koop. Behebung kompl. Störungen	Selbst. Behebung kompl. Störungen
IT-Geräte und Softwareanwendungen:	<i>Prozessspezifische Informationen (z. B. der genaue Name der Software)</i>				
- Typ	Mobiles Gerät	Office-Paket	Leser	Kommissioniergerät	...
- Häufigkeit der Nutzung	Nicht erforderlich	Selten verwendet	Teilweise verwendet	Häufig verwendet	
- Umgang mit Softwarestörungen	Nicht vorhanden	Weitergabe	Selbst. Behebung rout. Störungen	Koop. Behebung kompl. Störungen	Selbst. Behebung kompl. Störungen
Automatisierung	Manuell	Mechanisiert	teilautomatisiert: arbeitsorientiert	teilautomatisiert: technikorientiert	Automatisiert
Grad der Digitalisierung	Niedrig	Mittel	Hoch		
Auslöser	Physisch	Digital	<i>Spezifische Informationen für den Prozess</i>		
Eingabe	Physisch	Digital	<i>Spezifische Informationen für den Prozess</i>		
Ausgabe	Physisch	Digital	<i>Spezifische Informationen für den Prozess</i>		
Umgang mit Störungen	Nicht vorhanden	Weitergabe	Selbst. Behebung rout. Störungen	Koop. Behebung kompl. Störungen	Selbst. Behebung kompl. Störungen
Hilfsmittel	Nicht vorhanden	Flurförderzeug	Hebezeug	Kommissioniertechnik	...
Dauer der Ausbildung für Hilfsmittel	Nicht verwendet	Kurzanleitung	Kurze Ausbildung	Lizenz	
Umgang mit Hardware-Ausfällen	Nicht verwendet	Weitergabe	Selbst. Behebung rout. Störungen	Koop. Behebung kompl. Störungen	Selbst. Behebung kompl. Störungen

Tabelle 4-3 zeigt die standardisierten Parameter, die für jeden der elf Prozessbausteine verwendet werden. Die meisten Parameter haben vordefinierte Ausprägungen als Optionen, während in sieben Zeilen zusätzlich prozessspezifische Informationen



benötigt werden. Um den Menschen im Rahmen des soziotechnischen Systems hinreichend zu berücksichtigen, beschreiben mehrere Parameter die Auswirkungen des Prozesses auf den Ausführenden. So stellt beispielsweise der Parameter *Arbeitsweise* dar, ob Teamarbeit zur Erfüllung der Aufgaben dieses Prozessbausteins notwendig ist. Zusätzlich lässt das Feld *Zeitdruck* Rückschlüsse auf die Belastung der Beschäftigten zu. Auch die für den Prozess benötigten Ressourcen werden in den standardisierten Parametern erfasst. Durch die Angabe der verschiedenen Softwaretypen (*Logistiksoftware, intelligente Software & Simulation* und *IT-Geräte & Softwareanwendungen*) und der Geräte, die zur Ausführung des Materialflusses eingesetzt werden (*Hilfsmittel für den Materialfluss*), werden die Hilfsmittel beschrieben.

Die individuellen Parameter der Materialfluss- und Informationsflussbausteine sind in Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5 aufgeführt. Bei den Informationsflussbausteinen beschreibt der Parameter *Entscheidung der Maßnahme* den Grad der Autonomie bei der Entscheidung über Maßnahmen für Probleme. Die Entscheidung kann beispielsweise eigenständig oder nach Rücksprache mit einem Vorgesetzten erfolgen. Darüber hinaus beziehen sich mehrere Einzelparameter auf den Umgang mit Daten (z. B. *Zustand der Daten, Anzahl der Datenquellen*) oder rufen Informationen über den Prozess ab (z. B. *Prozessexpertise*). Wie auch bei den Prozessbausteinen für den Informationsfluss werden beim Materialfluss einige Parameter mehrfach verwendet. Die meisten von ihnen sind jedoch für die einzelne Tätigkeit eindeutig, da diese Bausteine genau definierte Vorgänge im Materialfluss beschreiben. So enthält der Baustein *Lagern* allgemeine Informationen wie die *Art des Lagers*, während der Baustein *Bewegen* aus Aspekten besteht, die den Ablauf beschreiben.

Tabelle 4-4: Individuelle Parameter der Materialflussbausteine

Parameter	Materialfluss				
	Handhaben	Bewegen	Verpacken	Menge und/oder Zusammenstellung verändern	Lagern
Materialflussobjekt	X	X	X	X	X
Gefahrgut	X	X	X	X	X
Lagerort		X		X	X
Lagertyp		X			X
Übergang in Lagerbereich		X			X
Verantwortungsbereich der Lagerung					X

Tabelle 4-5: Individuelle Parameter der Informationsflussbausteine

Parameter	Informationsfluss					
	Buchen	Verifizieren und Prüfen	Kommunizieren und Austauschen von Informationen	Koordinieren und Steuern	Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten	Überwachen (inkl. Störungsbehebung)
Buchungsobjekt	X					
Referenzdaten		X				
Vernetzungsgrad Prozesslandschaft			X	X	X	X
Anzahl der Datenquellen		X	X	X	X	X
Zustand der Daten		X	X	X	X	X
Problemursachen				X		X
Lösungsalternativen				X		X
Entscheidung der Maßnahme				X		X
Interpretation der Daten					X	X
Programmieren					X	X
Support-Level (Key User)						X
Überwachung MFB						X
Überwachung IFB						X
Überwachte IFB						X
Prozessexpertise						X

Für alle elf Bausteine wird eine Vorlage erstellt, die sowohl die individuellen als auch die standardisierten Parameter enthält. Jeder Parameter selbst bietet ein Dropdown mit den vordefinierten Werten, die dem Kontext und Unternehmen entsprechend angepasst werden können. Die Konfiguration der Prozessbausteine ist in einem Tool implementiert. Ein Auszug aus diesem ist in Abbildung 4-4 sowie weitere Inhalte daraus in Anhang B.1 dargestellt.

Abbildung 4-4: Konfiguration eines Prozessbausteins im Matlab-Tool

#### 4.3.4 Anwendung der Prozessbausteine

Im Folgenden wird die Anwendung der soziotechnischen Prozessbausteine vorgestellt. Ziel ist die strukturierte Abbildung logistischer Prozesse mit den Bausteinen und der zugehörigen Parameter. Durch die Modellierung sowohl der aktuellen als auch der zukünftigen Prozesse ist ein Vergleich zwischen diesen beiden Zeithorizonten möglich. Bei der Anwendung sind vier Schritte auszuführen:

1) *Identifizierung der Tätigkeiten:* Zunächst müssen die zu modellierenden Tätigkeiten definiert und analysiert werden. Auf der Grundlage vorhandener Dokumente, wie Prozessbeschreibungen, Interviews mit für den Prozess verantwortlichen Experten, können alle notwendigen Informationen für den Modellierungsschritt gesammelt werden. Dies erfolgt sowohl für die aktuelle Situation als auch für den künftig angestrebten Prozess. Hierzu ist ein logistisches Zielbild notwendig, das die Tätigkeiten beim Einsatz der künftigen Technologien beinhaltet.

2) *Überführung der Tätigkeiten in Prozessbausteine:* Nach der Aufbereitung der notwendigen Informationen können die Prozessbausteine ausgewählt werden. Für jede Aufgabe im Logistikprozess muss ein geeigneter Prozessbaustein oder eine Kombination mehrerer Bausteine ausgewählt werden. Um die Abläufe zu verdeutlichen, können diese zusätzlich mit einer Prozessmodellierungstechnik, wie Business Process

Model and Notation (BPMN) (vgl. [Kos-2014]), nach vordefinierten Standards abgebildet werden.

3) *Bestimmung der Parameter der Prozessbausteine*: Basierend auf den gesammelten Informationen und den ausgewählten Prozessbausteinen werden die Ausprägungen der Prozessparameter festgelegt. Zu diesem Zweck werden die Vorlagen der gewünschten Prozessbausteine verwendet. Bei Bedarf können die Werte der einzelnen Parameter durch die Verwendung fallspezifischer Ausprägungen angepasst oder erweitert werden. Das kann speziell bei künftigen Prozessen notwendig werden, die sich nicht mittels bisheriger Ausprägungen der Parameter modellieren lassen. Im Zuge dessen können auch weitere Parameter benötigt werden.

4) *Vergleich aktueller und zukünftiger Prozesse*: Durch den Vergleich aktueller und künftiger Ausprägungen der jeweiligen Prozessparameter wird ein vollständiger Überblick über die Veränderungen in den Logistikprozessen gegeben. Da ein besonderer Schwerpunkt auf der Darstellung der Auswirkungen auf den Menschen liegt, können Veränderungen tätigkeitsspezifisch für die Mitarbeitenden aufgezeigt werden.

Die Anwendung der soziotechnischen Prozessbausteine ermöglicht einen ganzheitlichen und detaillierten Überblick über die Logistikprozesse. Da jede Aufgabe durch einen vordefinierten Baustein repräsentiert wird, ist ein transparenter Abgleich möglich. So können die Veränderungen der Technologien und der Rolle des Menschen im Zuge der Industrie 4.0 dokumentiert werden.

#### **4.4 Phase 2: Kompetenzmodell für operative und dispositive Logistikmitarbeitende**

Neue Technologien verändern die heutigen Logistikprozesse. Die Rolle der Menschen und die von ihnen wahrgenommenen Aufgaben werden sich daher in Zukunft entscheidend verändern. Unternehmen müssen Qualifizierungsstrategien zur Bewältigung der veränderten Aufgaben entwickeln, wofür Kompetenzmodelle unerlässlich sind. Die bisherige Forschung hat sich wenig mit den Kompetenzveränderungen durch die Digitalisierung der Logistik beschäftigt. Dies führt zu einem Mangel an zukunftsorientierten Kompetenzmodellen.

Das Ziel der Phase 2 ist der Entwurf eines Kompetenzmodells für Logistikmitarbeitende, das Zukunftskompetenzen für operative, administrative und planerische Tätigkeiten inkludiert. Dazu werden allgemeine und logistikspezifische Kompetenzmodelle sowie Studien zu Kompetenzveränderungen durch die Digitalisierung analysiert. Das

entwickelte Kompetenzmodell besteht aus Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen und berücksichtigt neben der Anwendung auch die regelmäßige Überprüfung der aufgeführten Kompetenzen. Das Modell, das prozessspezifische Kompetenzen identifiziert, wird in ausgewählten Logistikprozessen angewandt und validiert.

Das Kompetenzmodell für die operative und dispositive Logistik wurde in [Koh-2019b] publiziert. Die Inhalte der Publikation sind während der Betreuung der Abschlussarbeit [Hei-2018] entstanden. Zunächst wird auf die Methodenerarbeitung zur Entwicklung des Modells eingegangen, bevor die Kompetenzen ermittelt und die Anwendungsmöglichkeiten dargestellt werden.

#### **4.4.1 Methodenerarbeitung**

Um ein Kompetenzmodell zu entwickeln, das logistische Tätigkeiten berücksichtigt und Kompetenzen für die zukünftige Arbeit abbildet, wird ein strukturiertes Vorgehen verfolgt. Für die Entwicklung eines logistikspezifischen Kompetenzmodell wird die Methode von *Sauter und Staudt* [Sau-2016] angewandt, die aufgrund ihrer Adaptierbarkeit ausgewählt wird. Diese besteht aus drei Phasen:

In der *Modellierungsphase* werden bestehende Kompetenzmodelle analysiert und untersucht, um festzustellen, ob ein geeignetes Kompetenzmodell als Grundlage für das neue Modell dienen kann [Sau-2016]. Nach der Definition der Anforderungen an ein logistikspezifisches Kompetenzmodell werden die in der Literatur identifizierten Kompetenzmodelle bewertet. Falls kein Modell alle Anforderungen ausreichend erfüllt, können bestehende Modelle als Grundlage verwendet und darauf aufbauend Anpassungen vorgenommen werden.

In der *Identifikationsphase* erfolgt die Auswahl und Spezifizierung der relevanten Kompetenzen. Die Berücksichtigung verschiedener Kompetenzmodelle und Studien zu Kompetenzveränderungen durch die Digitalisierung unterstützen bei der Erfassung zukünftiger Kompetenzen. Die aus der Literatur ermittelten Kompetenzen werden klassifiziert und den vier Hauptkategorien (Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz) zugeordnet. Zudem werden Verhaltensanker, welche die Anforderungen beschreiben, definiert, um die jeweiligen Kompetenzen zu messen [Lei-2013] und anschließend Veränderungen transparent darzustellen.

Die abschließende *Validierungsphase* besteht aus der praktischen Umsetzung des erstellten Kompetenzmodells. In dieser Phase werden die vorhandenen Kompetenzen erfasst [Sau-2016] und mit Experten die Eignung der Kompetenzen – auch für die Abbildung der künftigen Situation – bewertet.

## Anforderungen

Für die Erstellung eines Kompetenzmodells müssen Anforderungen definiert und erfüllt werden, die sich aus den Zielsetzungen und Expertengesprächen ergeben. Für das logistikspezifische Kompetenzmodell, welches künftige Technologien berücksichtigt, werden die folgenden Anforderungen identifiziert (siehe Tabelle 4-6):

Da durch die Digitalisierung große Veränderungen in allen Logistikprozessen zu erwarten sind, soll das *logistikspezifische* Kompetenzmodell entlang der gesamten Prozesskette anwendbar sein. Dazu gehören neben den operativen Aufgaben auch administrative und planerische Tätigkeiten, damit sämtliche Aufgaben bei zunehmender Vernetzung berücksichtigt werden. Führungskompetenzen werden in diesem Kompetenzmodell nicht näher betrachtet, da sich diese von denen der operativen Mitarbeitenden stark unterscheiden und nicht zwangsweise einen Fokus auf die Logistik haben. Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung müssen *zukünftige Kompetenzen* in das Modell aufgenommen werden. Zudem soll das Modell *prozessorientiert* sein, d. h. das Modell stellt Kompetenzen in Abhängigkeit des betrachteten Prozesses dar und ist somit an die Situation angepasst, um nicht nur allgemeine und pauschale Aussagen treffen zu können. Für die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit ist eine *überschaubare Anzahl* von maximal 30 Kompetenzen gefordert. Zudem müssen *kompetenzspezifische Verhaltensanker*, auch Kompetenzstufen oder -niveaus genannt, für eine eindeutige Zuordnung der Fähigkeit zu den Kompetenzen beschrieben werden.

## Bewertung

Die vorausgewählten Kompetenzmodelle (vgl. Abschnitt 3.2.1) werden hinsichtlich der definierten Anforderungen bewertet, um zu prüfen, ob ein geeignetes Kompetenzmodell existiert. Zur Einstufung der Kompetenzmodelle findet auf Basis der Literaturrecherche ein Ranking von Anforderung nicht erfüllt bis vollständig erfüllt statt. Die Modelle sowie ihre jeweiligen Vorteile und Grenzen wurden für eine gewissenhafte Bewertung vorab vom Autor analysiert (siehe Tabelle 4-6).

Das *Kompetenzrad von North* [Nor-2017] ist branchenunabhängig und verfolgt das Ziel, vorhandene Kompetenzen darzustellen, ohne speziell künftig notwendige Kompetenzen zu analysieren. Das *Kompetenzrad von Demel* [Dem-2017] ist diesem ähnlich, wird aber hauptsächlich für Führungskräfte verwendet. Der *Kompetenzatlas* ist ebenfalls ein branchenunabhängiges Kompetenzmodell, das 64 Kompetenzen in den vier klassischen Kompetenzkategorien beinhaltet [Hey-2017].

Tabelle 4-6: Bewertung der vorausgewählten Kompetenzmodelle

Kompetenzmodell	Logistik-spezifisch	Zukünftige Kompetenzen	Prozess-basiert	Anzahl der Kompetenzen	spezifische Verhaltens-anker
Kompetenzrad von [Nor-2017]	●	●	●	●	●
Kompetenzrad von [Dem-2017]	●	●	○	●	○
Kompetenzatlas [Hey-2017]	●	○	●	○	○
Kompetenzmodell von [Hec-2016]	●	●	●	●	○
ABEKO-Kompetenzmodell [Hen-2017]	●	●	●	○	○
Transportation, Distribution, and Logistics Competency Model [U.S-2018]	●	○	○	●	○
Kompetenzmodell für Führungskräfte im Baubetrieb [Lie-2015]	○	●	●	●	○

○	Nicht erfüllt	●	Teilweise erfüllt	●	Vollständig erfüllt
---	---------------	---	-------------------	---	---------------------

Das *Kompetenzmodell von Hecklau et al.* [Hec-2016] ist dagegen bereichsspezifisch und bildet die Veränderung der Kompetenzen durch die Digitalisierung ab, allerdings nur in der Produktion. Das *ABEKO-Kompetenzmodell* enthält Kompetenzen für operative Aufgaben in der Logistik und weist diese prozessspezifisch aus [Hen-2017]. Das *Transportation, Distribution, and Logistics Competency Model* ist ein logistikspezifisches Modell, das in sieben Bereiche unterteilt ist [U.S-2018]. Das Kompetenzmodell für den Bausektor ist für die leitende Belegschaft spezifiziert und bietet die Möglichkeit, Kompetenzen je nach Prozess wiederzugeben [Lie-2015].

Das Kompetenzrad von *North* [Nor-2017] erzielt mit dem Kompetenzmodell von *Liesert* [Lie-2015] die beste Bewertung. Das Kompetenzrad von *North* deckt alle Anforderungen zumindest teilweise ab. Allerdings fehlen unter anderem die umfangreiche Berücksichtigung zukünftiger Kompetenzen sowie die prozessspezifische Anwendbarkeit. Das Kompetenzmodell von *Liesert* [Lie-2015] zeichnet sich durch seine Prozessorientierung aus. Obwohl das Modell ursprünglich für die Baubranche entwickelt wurde, ist es prozessorientiert anwendbar und mit entsprechenden Anpassungen auf Basis des Kompetenzrads von *North* auf die Logistik übertragbar.

Die beiden Modelle bilden die Grundlage für das neue Kompetenzmodell und bieten ausreichende Anpassungsfähigkeit, um die Fokussierung auf die Logistik der Zukunft sowie die praktische Anwendbarkeit zu gewährleisten. Diese notwendigen Anpassungen werden im folgenden Abschnitt erläutert.

## Anpassung

Der nächste Schritt ist nach *Sauter und Staudt* die *Identifikationsphase* [Sau-2016]. Um die Forderung der Berücksichtigung künftiger Kompetenzen zu erfüllen, werden Studien herangezogen, die Veränderungen der Kompetenzen durch die Digitalisierung berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3.1). Darüber hinaus werden alle Kompetenzen der ausgewählten Kompetenzmodelle gesammelt und den vier Gruppen persönliche, soziale, methodische und fachliche Kompetenzen zugeordnet. Die Informationssammlung führt gesamthaft zu über 200 Kompetenzen.

Des Weiteren werden logistikspezifische Studien ausgewertet [Hom-2016] und relevante Kompetenzen können identifiziert werden. Alle ermittelten Kompetenzen werden mit Unterstützung von Logistikexperten kategorisiert und, soweit möglich, zusammengefasst, um ein logistikspezifisches und anwendbares Kompetenzmodell zu erhalten.

Unter Verwendung der Methode von *Leinweber* [Lei-2013] werden Verhaltensanker mit Experten für Qualifizierungen und Mitarbeiterschulungen definiert. Dadurch können die Kompetenzen spezifiziert und ihre praktische Anwendung sichergestellt werden. Darüber hinaus wird die von *Sauter und Staudt* befürwortete *Validierungsphase* [Sau-2016] in der Nutzfahrzeugbranche durchgeführt. Im folgenden Abschnitt wird das daraus resultierende logistikspezifische Kompetenzmodell vorgestellt.

### 4.4.2 Kompetenzen

Das logistikspezifische Kompetenzmodell ist in Abbildung 4-5 dargestellt und beinhaltet 17 Kompetenzen, um die relevanten Fähigkeiten und Fertigkeiten zu spezifizieren. Dabei findet keine Priorisierung oder Gewichtung zwischen den Kompetenzen statt. Die Bestimmung der Kompetenzen erfolgte in der Identifikationsphase. Zur Vereinfachung sind für die Anwender Verhaltensanker je Kompetenz hinterlegt. Ein Verhaltensanker hilft, die auf einer bestimmten Kompetenzstufe definierten Fähigkeiten festzulegen [Lei-2013]. Eine Übersicht über die Kompetenzen, deren Definitionen und Verhaltensanker ist im Anhang B.1 aufgeführt.



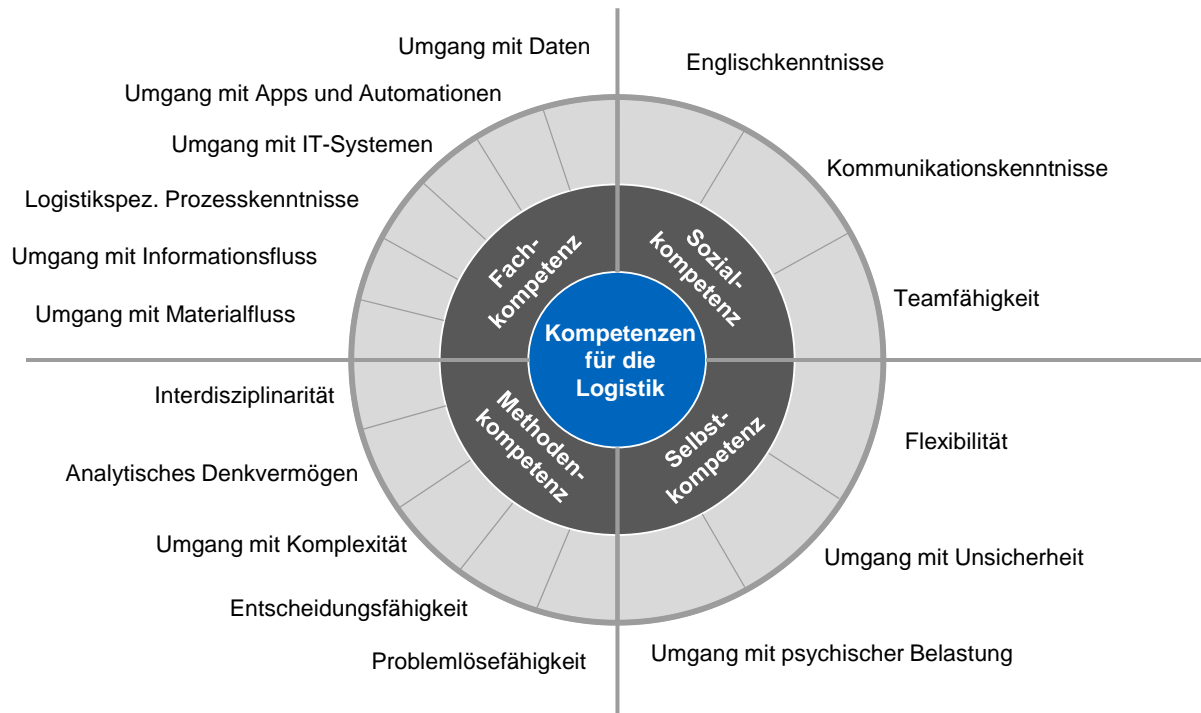


Abbildung 4-5: Kompetenzmodell für die Logistik

### Kompetenzkategorien

*Soziale Kompetenzen* beziehen sich auf die Tatsache, dass ein Individuum, das in einen gesellschaftlichen Kontext eingebettet ist, die Fähigkeit zur Kommunikation und Kooperation zum Aufbau sozialer Beziehungen benötigt [Ero-2016]. In dem Modell werden die sozialen Kompetenzen durch *Teamfähigkeit*, *Kommunikationskenntnisse* und die hier notwendigen Sprachkenntnisse, nämlich *Englischkenntnisse*, definiert. Da Deutsch die Amtssprache ist, wird dies im Modell nicht separat aufgenommen.

*Selbstkompetenzen* umfassen die Fähigkeiten einer Person reflektiert und selbstständig zu handeln, zu lernen und eine eigene Meinung und ein ethisches Wertesystem zu entwickeln [Ero-2016]. Diese Kategorie umfasst *Flexibilität*, *Umgang mit Unsicherheit* und *Umgang mit psychischer Belastung*. *Flexibilität* wird hinzugefügt, um sich an schnell wechselnde Aufgaben anpassen zu können und Arbeitsformen wie Jobrotation berücksichtigen zu können. Auch der *Umgang mit Unsicherheit* wird in Studien häufig aufgeführt. Zum Überprüfen, ob Beschäftigte psychisch mehr oder weniger belastbar sein müssen, wird die entsprechende Kompetenz ebenfalls aufgenommen [Hey-2017].

*Methodenkompetenzen* definieren den Ansatz zur Lösung von Aufgaben und Problemen [Hec-2016]. Daher sind Kompetenzen wie *Problemlösefähigkeit*, *Entscheidungsfähigkeit*, *Umgang mit Komplexität*, *analytisches Denkvermögen* und *Interdisziplinarität* Teil des Kompetenzmodells. Die Kompetenz *Interdisziplinarität* wird hinzugefügt,

weil logistische Prozesse mit Prozesspartnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Beziehung stehen und dies in Zukunft voraussichtlich an Bedeutung gewinnen wird [Sch-2014]. Dies beschränkt sich nicht nur auf vor- und nachgelagerte Prozesse, sondern schließt auch andere Bereiche, wie z. B. den Einkauf, mit ein. Eine weitere Zukunftskompetenz ist der *Umgang mit Komplexität*. Zunehmende Datenmengen tragen dazu bei, dass diese Kompetenz immer relevanter wird, ebenso wie *analytisches Denken* [Wei-2017].

Die *fachlichen Kompetenzen* umfassen alle berufsbezogenen Kenntnisse und Fähigkeiten [Hec-2016]. Daher werden *Umgang mit Daten*, *Umgang mit Apps und Automationen*, *Umgang mit IT-Systemen*, *logistikspezifische Prozesskenntnisse* und der *Umgang mit Informations- und Materialfluss* berücksichtigt. Abbildung 4-6 zeigt einen Auszug aus den verschiedenen Ebenen der Fachkompetenzen. Die logistischen Prozesse werden anhand des Informations- und Materialflusses zwischen den Teilprozessen definiert. Um die Anwendung des Kompetenzmodells in jedem Logistikprozess zu ermöglichen, werden die Kompetenzen, die sich mit dem *Informations- und Materialfluss* beschäftigen, hinzugefügt. Studien prognostizieren, dass *logistikspezifische Prozesskenntnisse* zunehmend an Bedeutung gewinnen [Hom-2016].

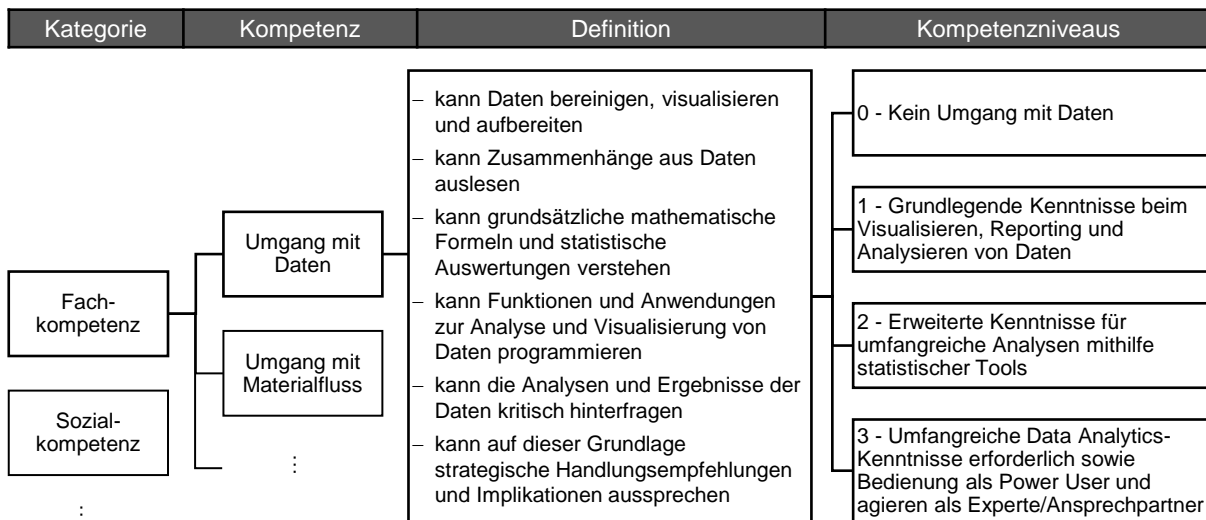


Abbildung 4-6: Auszug aus der Struktur des logistikspezifischen Kompetenzmodells

### Verhaltensanker

Für jede Kompetenz werden Definitionen und eine Bewertungsskala zur Messung der Kompetenzanforderungen für eine vereinfachte Anwendung angegeben. Die Skala stützt sich auf das Modell von *North et al.* [Nor-2013], das die folgende Rangfolge aufweist: Kenner, Könnner und Experte. Falls die Kompetenz nicht benötigt wird, erfolgt die Einstufung auf dem Niveau null. Die erste Stufe bedeutet, dass die Kompetenz erkennbar ist, der Mitarbeitende aber primär auf Anweisung handelt. Die nächste Stufe

führt zu selbstständigem Handeln sowie zur Durchführung einer Aufgabe in einem anderen Kontext. In der höchsten Kompetenzstufe agieren Mitarbeitende völlig selbstständig, können die geforderte Kompetenz in komplexen Situationen anwenden und sind sich ihres eigenen Handelns bewusst.

Nach *Mansfield* sind einheitlich definierte Stufen für das Kompetenzmodell wichtig. Diese sollten sich jedoch nicht auf eine bestimmte Stelle beziehen, da das Modell in der gesamten Organisation verwendet wird [Man-1996]. Das Kompetenzmodell ist logistikspezifisch, weshalb jede Kompetenzstufe für die Anwendung in diesem Bereich definiert wird. Diese gemeinsamen Formulierungen bilden die Grundlage für kompetenzspezifische Verhaltensanker. Daraufhin wird für jede Kompetenz ein spezifischer Anker formuliert, um eine einfache praktische Anwendung zu ermöglichen. Ein Beispiel für die Kompetenz *Umgang mit Daten* ist in Abbildung 4-6 dargestellt.

#### **4.4.3 Anwendungsmöglichkeiten**

Für das logistikspezifische Kompetenzmodell sind verschiedene Anwendungsmöglichkeiten denkbar. Neben der Bewertung der notwendigen Kompetenzen für die aktuellen Prozesse oder Tätigkeiten (Soll-Kompetenzen) kann das Modell auch zur Messung der Mitarbeiterkompetenzen (Ist-Kompetenzen) anhand der spezifischen Verhaltensanker genutzt werden. Der Vergleich der beiden Bewertungen ermöglicht es, die aktuelle Situation nachzuvollziehen und einen Kompetenzüberschuss oder -mangel zu erkennen.

Ein ähnlicher Ansatz findet bei der Einführung neuer Technologien Verwendung. Hierfür müssen die Prozessveränderungen aufgrund der Technologien analysiert und die Auswirkungen auf die Kompetenzen abgeleitet werden. Der Vergleich erfolgt mit den aktuellen Prozessen, um prozessuale Kompetenzänderungen zu identifizieren bzw. mit den vorhandenen Mitarbeiterkompetenzen für die Ermittlung möglicher Qualifikationsanforderungen.

Des Weiteren kann das Kompetenzmodell auch zur Bewertung der Kompetenzen für eine mögliche zukünftige Situation angewandt werden. Mit Hilfe von Szenarien wird eine ganzheitliche Bewertung der Kompetenzen vorgenommen. Die Identifizierung von Veränderungen und die Ableitung von Trends ermöglichen eine frühzeitige Vorbereitung auf Transformationen, die im Zuge der steigenden Digitalisierung zu erwarten sind. Ein entsprechendes Vorgehen zur Ermittlung konkreter Kompetenzanforderungen wird in Abschnitt 4.5 vorgestellt.

#### **4.4.4 Fortlaufende Überarbeitung**

Logistikprozesse sind aufgrund neuer Technologien einem ständigen Wandel unterworfen. Dies impliziert die Notwendigkeit das logistikspezifische Kompetenzmodell stets auf dem neuesten Stand zu halten. Regelmäßige Überprüfungen können sicherstellen, dass die erforderlichen Kompetenzen für künftige Veränderungen systematisch ermittelt werden. Indikatoren dafür können z. B. umfangreiche Prozessänderungen sein. Diese können dazu führen, dass die bisherigen Kompetenzen für die Tätigkeiten nicht mehr ausreichen. Ein weiterer Anhaltspunkt für eine Überarbeitung sind neue Technologien, die bisher nicht bekannt waren oder die bei der Gestaltung des Kompetenzmodells keine Berücksichtigung fanden. Darüber hinaus können organisationsspezifische Anpassungen im Unternehmen erfolgen, die dann eine Überarbeitung des Kompetenzmodells erfordern.

Bei kleineren Anpassungen können Aktualisierungen durch die Aufnahme neu ermittelter Kompetenzen oder durch die Neudefinition bestehender Kompetenzen vorgenommen werden. In diesem Fall müssen die hinzugefügten oder angepassten Kompetenzen im Hinblick auf die Prozesse oder Tätigkeiten neu bewertet werden. Eine regelmäßige Überprüfung ist zudem notwendig, um kontinuierlich die zukünftig benötigten Kompetenzen zu identifizieren, in das Kompetenzmodell zu integrieren und damit Veränderungen für die Mitarbeitenden frühzeitig zu erkennen. Als Information hierfür können neue Kompetenzmodelle, Studien zu Kompetenzveränderungen und Prozess- sowie Technologieveränderungen dienen. Bei der Überarbeitung sollte eine kritische Prüfung erfolgen, ob die bestehenden Kompetenzen noch relevant sind oder ob sie aus dem Modell entfernt werden können.

### **4.5 Phase 3: Kompetenzermittlung für aktuelle und zukünftige Logistikprozesse**

Immer mehr Unternehmen stellen fest, dass es ihnen an qualifiziertem Personal fehlt, d. h. dass die Arbeitsanforderungen nicht mit den Ist-Kompetenzen der Mitarbeitenden erfüllt werden können [Ben-2017]. Diese Diskrepanz zwischen Kompetenzangebot und -nachfrage resultiert aus einer Verschiebung der Arbeitsmethoden und -strukturen hin zu einer stärker digitalisierten und automatisierten Arbeitswelt, deren Entwicklung der Industrie 4.0 zugeschrieben wird [Bau-2017a].

Ziel dieser Phase ist daher die Entwicklung einer Methode zur Kompetenzermittlung, die es Unternehmen ermöglicht, die Lücke zwischen aktuellen und zukünftig erforderlichen Kompetenzanforderungen in der Logistik herauszuarbeiten. Die Methode ermöglicht eine konsistente und transparente Ermittlung des Kompetenzbedarfs, indem

die Auswirkungen auf die Kompetenzen bei Prozessänderungen mit Hilfe eines Kompetenzbewertungsschemas direkt abgeleitet werden können. Das hier entwickelte Schema unterstützt Unternehmen dabei Personalentscheidungen auf der Grundlage systematisch ermittelter Kompetenzanforderungen für die Logistik zu treffen. Das Verfahren richtet sich an Personal- und Logistikabteilungen produzierender Unternehmen zur Ermittlung von Kompetenzen sowohl für die operative als auch für die dispositive Logistik. Zur Konzeption und Validierung der Methode werden interdisziplinäre Workshops und halbstrukturierte Interviews mit Personal- und Logistikexperten eines Nutzfahrzeugherstellers durchgeführt.

Die Methode zur Kompetenzermittlung wurde in der Publikation [Koh-2021d] veröffentlicht, die aus der Zusammenarbeit im Rahmen der Abschlussarbeit [Ric-2020] entstanden ist. Zunächst wird die Methodenerarbeitung zur Entwicklung des Vorgehens aufgezeigt, bevor dieses beschrieben und die anschließende Nutzung des Schemas zur prozessspezifischen Kompetenzermittlung dargestellt wird.

#### **4.5.1 Methodenerarbeitung**

##### **Anforderungen**

Die in Abschnitt 3.2.2 identifizierten Ansätze setzen unterschiedliche Schwerpunkte bei der Ermittlung von Kompetenzen. Im Rahmen dieser Arbeit sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen, um das Ziel einer systematischen Methode zur Kompetenzermittlung zu erreichen.

Das Hauptziel ist die Entwicklung eines Ansatzes zur Ermittlung von *Kompetenzanforderungen*, die sich im Zuge der *Industrie 4.0* für die Logistik ergeben. Ein wichtiges Kriterium ist daher die Definition von Kompetenzen für zukünftige Logistikaufgaben in der Industrie 4.0 [Ben-2017]. Im Rahmen dieser Arbeit werden die *operativen und dispositiven* Logistikkompetenzen von Logistikmitarbeitenden analysiert, um die alltägliche Arbeitstätigkeiten und die entsprechenden Kompetenzen zu ermitteln. Da die Kompetenzermittlung sowohl in der Verantwortung der Logistik als auch bei der Human Resources (HR)-Abteilung [Flö-2018a] liegt, müssen die Inhalte *interdisziplinär* erarbeitet und geprüft werden. Dies verringert die Subjektivität der Ergebnisse, indem Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen einbezogen und logistikspezifische Annahmen abgeglichen werden. Eine weitere wichtige Voraussetzung ist die *organisations- und logistikspezifische Durchführung* der Analyse, um die besonderen Gegebenheiten der Unternehmen zu integrieren. Abgeleitet aus der Kompetenzdefinition von *McClelland* [McC-1973] sollen die Kompetenzen auf der *Grundlage der Tätigkeiten* für einen

erleichterten Abgleich zwischen Person und Arbeitsplatz bestimmt werden. Die Methode soll zudem die Kompetenzen *objektiv und konsistent* erfassen, da dies die Zuverlässigkeit und Gültigkeit der Ergebnisse erhöht [Rot-1999]. Zugleich muss die Methode *reproduzierbar* und Unterschiede zwischen den aktuellen und den geforderten Kompetenzen sollen *nachvollziehbar* sein, indem sie aus spezifischen Änderungen der Prozesse resultieren.

### Bewertung bestehender Ansätze

Anhand der Anforderungen werden die bestehenden Ansätze zur Kompetenzermittlung geprüft und auf Basis der Literaturrecherche verglichen. Die Ansätze sowie ihre jeweiligen Vorteile und Limitationen werden für die anschließende Bewertung von den Autoren des Konferenzbeitrags analysiert. Dabei zeigt sich, dass die meisten etablierten Verfahren den Anforderungen nicht genügen. Nur zwei Ansätze erfüllen mehr als zwei Drittel der Kriterien (siehe Tabelle 4-7).

Tabelle 4-7: Anforderungen an die Kompetenzermittlung und Bewertung der vorausgewählten Ansätze

Anforderung	Methode der kritischen Ereignisse	Shadowing	Stellenanzeigen	Literaturbasierte Bestimmung	Festlegung durch das Management	Umfragen und Expertenworkshops	Verknüpfung von Kompetenzen mit Kernaufgaben
Kompetenzen für Industrie 4.0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Operative und dispositive Aufgaben	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Interdisziplinäre Abstimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organisations- bzw. logistikspezifisch	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Tätigkeitsbezogene Kompetenzen	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Objektive, konsistente Bestimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Nachvollziehbare, reproduzierbare Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

<input type="radio"/>	Nicht erfüllt	<input checked="" type="radio"/>	Vollständig erfüllt
-----------------------	---------------	----------------------------------	---------------------

Mittels *Umfragen und Expertenworkshops* kann ein Zukunftsszenario des Arbeitsplatzes erstellt werden, damit zukünftige operative, administrative und planerische Kompetenzen für eine bestimmte Organisation unter dem Einfluss der Industrie 4.0 ermittelt werden können. Idealerweise nehmen an den Workshops Experten aus mehreren Ab-

teilungen und Hierarchieebenen teil, um unterschiedliche Aspekte und Ideen einzubringen und somit ein belastbares Szenario mit entsprechenden Kompetenzen zu erhalten. Der Nachteil dieses Ansatzes ist allerdings die geringe Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Bewertungen, da die Experten primär ihre eigenen Aufgaben bewerten können und prozessübergreifende Verhaltensanker nur selten Berücksichtigung finden. Dies führt zu Inkonsistenzen in der Bewertung, speziell bei größeren Unternehmen mit mehreren Abteilungen und Standorten.

Abhilfe kann der Ansatz einer *Verknüpfung von Kernaufgaben* mit entsprechenden *Kompetenzanforderungen* bringen (vgl. [Wes-2015] in Abschnitt 3.2.2). Mittels einer abgestimmten Verknüpfung (sog. Labeling) von Kompetenz und Aufgabe auf Basis der Einschätzung von Experten kann diese Lücke geschlossen werden. In den bestehenden Ansätzen fehlen jedoch eine interdisziplinäre Bewertung und die hinreichende Berücksichtigung von Kompetenzen, die speziell im Zuge der Industrie 4.0 an Bedeutung gewinnen.

### **Erarbeitung der Methode**

Umfragen und Workshops sowie die Verknüpfung von Kompetenzen und Kernaufgaben durch Labeling sind vielversprechende Ansätze. Allen fehlt die Erfüllung von Anforderungen, die für eine systematische Kompetenzermittlung von Relevanz sind. Die Ansätze sind kompatibel, weil sie unterschiedliche Funktionen erfüllen und bilden eine vielversprechende Ausgangsbasis für diese Arbeit. Daher wird für die Entwicklung und Anwendung des Kompetenzbewertungsschemas eine Kombination der beiden Ansätze als sinnvoll erachtet. So werden zwei Datenerhebungsströme erfasst, welche im weiteren Verlauf der Methode zusammentreffen.

Für die Entwicklung des Schemas zur Bestimmung der Kompetenzen werden zwei Arten von Informationen der jeweiligen Organisation benötigt: Beschreibungen der Logistikprozesse einschließlich der aktuellen und künftigen Tätigkeiten durch die Logistikexperten sowie ein Kompetenzmodell und Einflussfaktoren, die das Niveau jeder Kompetenz nach Abstimmung mit den Personalexperten definieren.

Logistikexperten liefern in Expertenworkshops Prozessinput, der die detaillierte Beschreibung aktueller Logistikprozesse und eine Definition zukünftiger Industrie 4.0-Szenarien beinhaltet (vgl. Phase 1). Darüber hinaus wird eine Bewertung der Kompetenzen für jede der Tätigkeiten eingeholt, die dann als Referenzwert verwendet wird. Die Fokusgruppeninterviews werden in jedem Teilbereich der Logistik separat durchgeführt. Dabei kommen vordefinierte Arbeitsteams zum Einsatz, die sich aus fünf bis

15 Personen aus verschiedenen Abteilungen, Werken und Hierarchieebenen zusammensetzen und so eine Vielfalt an Sichtweisen in die Bewertung einbringen [Kit-1994].

Des Weiteren liefern HR-Experten ihren Beitrag in halbstrukturierten Interviews. Nach der Festlegung des Kompetenzmodells (vgl. Phase 2) werden HR-Experten nach den Einflussfaktoren gefragt, die sie für die Differenzierung des Niveaus einer jeden Kompetenz als am wichtigsten erachten. Ein Beispiel für einen Einflussfaktor ist die Reichweite der Kommunikation, die u. a. das Level der Kompetenz Kommunikationskenntnisse beeinflusst. Die Experten werden aufgrund ihrer Kenntnisse im Bereich Human Resource Management (HRM), insbesondere im Bereich der Mitarbeiterqualifizierung und -schulung, hinzugezogen.

Diese beiden Datenerhebungsströme werden einzeln gesammelt und dann kombiniert, um das Kompetenzbewertungsschema zu entwickeln und schließlich aktuelle und zukünftige Kompetenzanforderungen für die Mitarbeitenden in der Logistik zu erstellen.

#### **4.5.2 Vorgehen zur systematischen Ermittlung von Kompetenzanforderungen**

Die entwickelte Methode zur systematischen Ermittlung von Kompetenzanforderungen gliedert sich in den initialen Aufbau des Kompetenzbewertungsschemas (siehe Abbildung 4-7, links) und dessen anschließende Anwendung zur Bestimmung von Kompetenzanforderungen (siehe Abbildung 4-7, rechts). Die Schritte 1 und 2 betrachten die Verbindung von Kompetenzen und Kerntätigkeiten, während die Schritte 3 und 4 die Ermittlung und Beschreibung der Logistikprozesse im Rahmen der Expertenworkshops repräsentieren. Zum einen wird Input aus dem Personalwesen gesammelt, zum anderen werden Informationen aus der Logistik erhoben. Diese beiden Ströme werden in Schritt 5 verknüpft und in ein konsistentes Schema zur Kompetenzfeststellung überführt.

Dieser Abschnitt beschreibt das zunächst notwendige Vorgehen für den Aufbau des Kompetenzbewertungsschemas, das später für die konsistente und automatische Umwandlung von Logistikprozessinformationen in Kompetenzanforderungen verwendet werden kann. Ist das Schema einmal initiiert und validiert, benötigt es nur noch A) Input in Form von Prozess- und Technologieinformationen zur B) Bestimmung tätigkeitsspezifischer Kompetenzanforderungen und C) die Zuordnung von Tätigkeiten zu Profilen, um die Veränderungen der aktuellen und zukünftigen Kompetenzprofile gegenüberstellen zu können. Falls die künftig notwendigen Kompetenzprofile und deren Zusammensetzung und Abgrenzung noch nicht bekannt sind, bietet die Phase 4 der vorliegenden Arbeit entsprechende Möglichkeiten und ersetzt dabei den Schritt C). Im



Folgenden werden die fünf Schritte zur Entwicklung des Kompetenzbewertungsschemas beschrieben.

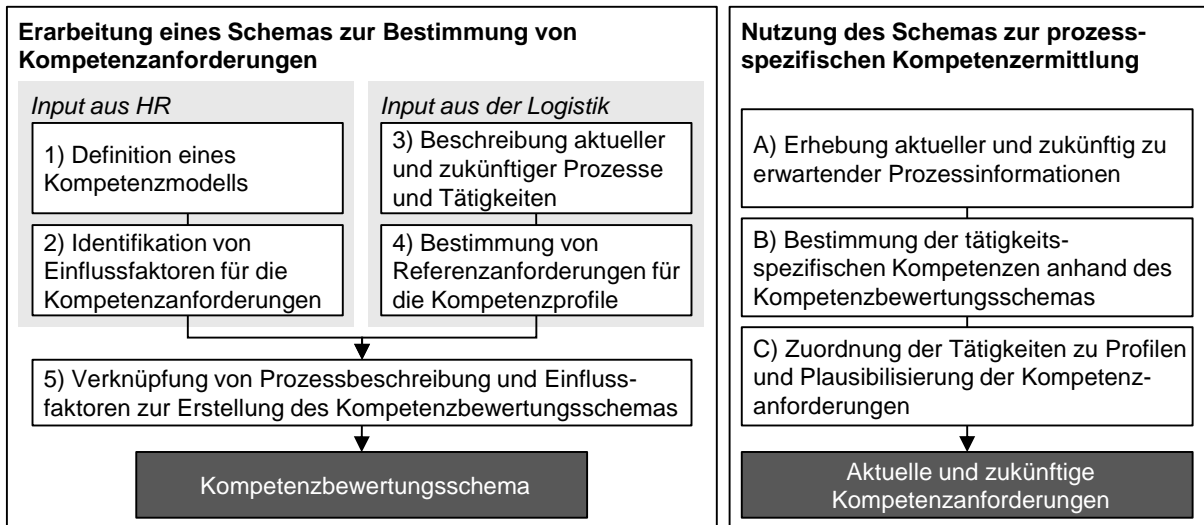


Abbildung 4-7: Methode zur systematischen Ermittlung von Kompetenzanforderungen

### Schritt 1: Definition eines Kompetenzmodells

Vor der Bewertung der zukünftigen Industrie 4.0-Kompetenzanforderungen muss ein Kompetenzmodell zur Spezifikation der Zielkompetenzen ausgewählt werden. Bei der Erstellung eines Kompetenzmodells müssen Zuverlässigkeit und Praktikabilität des Modells sichergestellt werden [Rot-1999]. Daher kann entweder ein für die Organisation neues Modell erarbeitet oder ein entliehenes Modell auf die eigene Strategie und die eigenen Prozesse zugeschnitten werden [Rot-2008]. Wenn sich Unternehmen jedoch neuen Herausforderungen stellen, mehr Technologien integrieren und ihre Produkte oder Dienstleistungen ändern, können verwendete Kompetenzmodelle obsolet werden. Aus diesem Grund wird das Kompetenzmodell aus Phase 2 für die weiteren Schritte verwendet, welches insbesondere die Logistik und die Einflüsse durch die Industrie 4.0 berücksichtigt. Exemplarisch werden die weiteren Schritte mit dem hier gewählten Modell durchgeführt, prinzipiell ist dies auch mit jedem anderen Kompetenzmodell möglich.

### Schritt 2: Identifikation von Einflussfaktoren für die Kompetenzanforderungen

Nach der Festlegung des Kompetenzmodells werden Personalexperten für die Ermittlung der Einflussfaktoren einbezogen. Diese sind erforderlich, um Informationen aus dem Logistikprozess in standardisierter Weise in Kompetenzanforderungen zu wandeln. Die Einflussfaktoren, welche auf den Informationen aus der Literaturrecherche und den Einschätzungen von Experten beruhen, werden mit der Beschreibung des soziotechnischen Systems (Phase 1) verknüpft.

Tabelle 4-8 zeigt ein Beispiel für die Kompetenz „Umgang mit Daten“ und die beeinflussenden Faktoren. Das Niveau der Kompetenz wird z. B. durch die Anzahl der Datenquellen festgelegt. Wenn eine Datenquelle vorliegt, benötigen die Mitarbeitenden mindestens Datenhandhabungskompetenzen der Stufe 1. Wenn die Anzahl der Datenquellen mehrere umfasst, sind Datenverarbeitungsfähigkeiten der Stufe 2 notwendig. Die Anzahl der Datenquellen allein ist jedoch nicht ausschlaggebend für das Anforderungsniveau der Kompetenz. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, ob die Daten interpretiert werden müssen und bereits in bereinigter Form vorliegen. Der Einflussfaktor, der innerhalb einer Kompetenz am höchsten ausgeprägt ist, legt die Kompetenzanforderung fest.

Mit den Tabellen der Kompetenzstufen und Einflussfaktoren für alle Kompetenzen im Modell wird ein erster Entwurf des Schemas zur Kompetenzbestimmung erstellt. Die Rohfassung des Schemas muss in Schritt 5 konsequent hinterfragt und weiterentwickelt werden.

Tabelle 4-8: *Beispiel für Einflussfaktoren der Kompetenz „Umgang mit Daten“*

Kompetenz	Kompetenzniveau	Prozess-, technologie- und organisationsbezogene Faktoren		
		Anzahl der Datenquellen	Interpretation der Daten erforderlich	Zustand der Daten
Umgang mit Daten	1	Eine Quelle	Nein	Bereinigt
	2	Mehrere Quellen	Ja, grundlegend	Unbereinigt
	3		Ja, fortgeschritten	

### Schritt 3: Beschreibung der aktuellen und zukünftigen Prozesse und Tätigkeiten

Damit die Kompetenzen später über das Kompetenzbewertungsschema ermittelt werden können, müssen die aktuellen und zukünftigen Prozesse einschließlich der Ausprägungen der Einflussfaktoren spezifiziert werden (vgl. Phase 1). Bei einer tätigkeitsorientierten Prozessbeschreibung stellen die Kerntätigkeiten den Bezugsrahmen für die Kompetenzanforderungen dar. Innerhalb der Dokumentation der Tätigkeiten werden Informationen gesammelt, mit denen die Einflussfaktoren bewertet und dadurch auch die dann notwendigen Kompetenzanforderungen abgeschätzt werden können. Dabei werden die wesentlichen aktuellen und künftigen Prozesse beschrieben, um eine hinreichende Datenbasis für das Kompetenzbewertungsschema zu erhalten. Diese Prozessbeschreibungen dienen als Input für die Validierung und Verbesserung des Schemas zur Kompetenzbestimmung in Schritt 5.

In Expertenworkshops werden aktuelle und zukünftige Logistikprozesse und -tätigkeiten identifiziert. Die Informationen aus den Workshops werden in detaillierten Berichten für jede Aufgabe dokumentiert, wobei u. a. das Arbeitsumfeld, der Umgang mit Problemen, die Informationsverarbeitung, die eingesetzten Systeme sowie der Grad der Digitalisierung und Automatisierung berücksichtigt werden. In Tabelle 4-9 ist eine beispielhafte Dokumentation für das Reagieren auf Abweichungen im Regelfall im aktuellen und zukünftigen Dispositionsprozess dargestellt.

Tabelle 4-9: Auszug aus einer tätigkeitsorientierten Prozessbeschreibung in der Disposition

Parameter	Derzeitige Situation	Zukunftsszenario
Prozessverantwortlicher	Disponent	
Arbeitsweise	Hauptsächlich im Team	
Auswirkungen von Entscheidungen	Mittelfristig (taktisch)	
Zeitdruck	Teilweise	
Konnektivität der Prozesse	Vor- & nachgelagerte Abteilung	Abteilungsübergreifend
Anzahl der Datenquellen	Eine Quelle	Mehrere Quellen
Zustand der Daten	Bereinigt	
Ursache des Problems	Unbekannt	Analogie
Alternative Lösungen	Unbekannt	Analogie
Entscheidung über Maßnahmen	selbstständig	
Logistik-Software:	SAP, Liefer-Cockpit	
- Art	ERP-System	
- Niveau der Kenntnisse	Erweiterte Kenntnisse	
- Umgang mit Softwarestörungen	Selbstständige Behebung routinierter Störungen	
- Anzahl der Systeme	1	
Intelligente Software und Simulation:	-	AI-System für die Disposition
- Typ	-	Künstliche Intelligenz
- Niveau der Kenntnisse	Nicht erforderlich	Grundlegende Kenntnisse
- Umgang mit Softwarestörungen	Nicht vorhanden	Selbstständige Behebung routinierter Störungen
Automatisierung	Teilautomatisiert (arbeitsorientiert)	Teilautomatisiert (technikorientiert)
Grad der Digitalisierung	Mittel	Hoch
Umgang mit Störungen im Prozess	Selbstständige Behebung komplexer Störungen	

#### Schritt 4: Bestimmung von Referenzanforderungen für die Kompetenzprofile

Um das Kompetenzbewertungsschema später justieren zu können, ist es notwendig, für die in Schritt 3 entwickelten Prozessbeschreibungen Kompetenzanforderungen zu definieren. Für jedes Profil werden die im Prozess vorkommenden Tätigkeiten gebündelt und die notwendigen Kompetenzanforderungen mittels Workshops ermittelt. So

wird z. B. die Prozessbeschreibung in Tabelle 4-9 zusammen mit anderen Tätigkeiten des Prozesses dem Profil „Disponent“ zugeordnet und die erforderlichen Kompetenzanforderungen werden von Logistikexperten auf einer Skala von null (Kompetenz nicht erforderlich) bis drei (Kompetenz auf Expertenniveau erforderlich) bewertet. Die Bündelung der Tätigkeiten zu Profilen ermöglicht im Vergleich zur Betrachtung einzelner Tätigkeiten eine präzisere Einstufung durch die Experten.

### **Schritt 5: Verknüpfung von Prozessbeschreibung und Einflussfaktoren zur Erstellung des Kompetenzbewertungsschemas**

Die gesammelten Informationen über den Ist-Zustand und über das Zukunftsszenario in der Logistik, einschließlich der jeweiligen Ausprägungen der Einflussfaktoren, werden mit Hilfe des vorläufigen Kompetenzbewertungsschemas in Kompetenzprofile überführt. Aufgrund der strukturierten und standardisierten Form der identifizierten Einflussfaktoren sowie der entwickelten Prozessbeschreibung, können diese Informationen abgeglichen und die Kompetenzen auf Basis des Schemas systematisch ermittelt werden. Dazu erfolgt eine Gegenüberstellung von Prozessinformationen und den Einflussfaktoren. Die Prozessbeschreibung definiert die Ausprägung der Einflussfaktoren und damit die Kompetenzstufe für eine bestimmte Tätigkeit. Das folgende Beispiel veranschaulicht, dass bei der Verknüpfung von Prozessinformationen aus Tabelle 4-9 mit den Einflussfaktoren in Tabelle 4-8 sowohl die Anzahl der Datenquellen als auch der Zustand der Daten festgelegt werden. Im gegenwärtigen Zustand, in dem nur eine Datenquelle verwendet wird und die Daten bereinigt sind, ergibt sich für beide Einflussfaktoren die Stufe 1 für die Kompetenz Umgang mit Daten. Im Zukunftsszenario hingegen führen mehrere Datenquellen zu einer Kompetenzstufe 2, während der bereinigte Zustand der Daten zu einer Stufe 1 führt. Daraus ergibt sich für den Zukunftszustand eine Gesamtkompetenzstufe 2, da die höchste Anforderung an die Mitarbeitenden das erforderliche Kompetenzniveau bestimmt.

Im zweiten Teil des Schritts werden die abgeleiteten Kompetenzanforderungen mit den in den Workshops in Schritt 4 ermittelten Referenzanforderungen verglichen und das Schema entsprechend angepasst. Wie bereits in *Wesselink et al.* [Wes-2015] beschrieben, müssen diese Zusammenhänge und der Grad, in dem die Einflussfaktoren die Kompetenzanforderung bestimmen, in mehreren Iterationen diskutiert und angepasst werden, damit objektive Zusammenhänge zwischen Aufgaben und Kompetenzen erreicht werden. Dies geschieht durch den Vergleich der Ergebnisse des Kompetenzbewertungsschemas mit den Einschätzungen von Logistikexperten. Durch die Analyse der Diskrepanz kann die Genauigkeit des Kompetenzbewertungsschemas analysiert und Korrekturen am Schema vorgenommen werden. Ziel ist es jedoch nicht, das Schema so anzupassen, dass es vollständig mit den Einschätzungen der Experten übereinstimmt, sondern systematische Abweichungen zu erkennen, die sich über alle

Profile hinweg identifizieren lassen. Die Abweichungen werden daher gründlich untersucht, indem geprüft wird, ob die Einschätzung der Experten nachvollziehbar ist oder ob wichtige Faktoren im Kompetenzbewertungsschema fehlen. Dabei werden die Endergebnisse und Abweichungen den Personal- und Logistikexperten vorgelegt, um Fragen oder Unstimmigkeiten zu klären und ein Feedback zu den Ergebnissen zu erhalten. Abweichungen, die in allen Bereichen auftreten, werden so aufgedeckt und aufgelöst, was die Nachvollziehbarkeit erhöht. Besondere Berücksichtigung findet der Dunning-Kruger-Effekt, der besagt, dass Menschen ihre Kompetenz kaum objektiv einschätzen können [Dun-2011]. Speziell bei großen Organisationen ist die übergreifende Kompetenzbewertung einer einzelnen Person nicht möglich. Das definierte Schema wirkt diesem Effekt entgegen und stellt eine transparente und nachvollziehbare Kompetenzermittlung sicher, da Kriterien zur Festlegung des Kompetenzniveaus hinterlegt sind.

Wenn das Kompetenzbewertungsschema entsprechend definiert und kontrolliert wurde, findet es zur Ermittlung prozessspezifischer Kompetenzprofile Verwendung. Nach erstmaligem Entwurf muss das Schema zur Abdeckung der neuesten Trends und Entwicklungen regelmäßig aktualisiert werden. Hier müssen nicht alle Schritte der Schemaerstellung in vollem Umfang wiederholt werden, jedoch müssen alle Inputfaktoren regelmäßig überarbeitet werden, z. B. bei Änderung der aktuellen Prozesse oder der Zukunftsszenarien, aber auch wenn das Kompetenzmodell und die Einflussfaktoren veraltet sind.

#### **4.5.3 Nutzung des Schemas zur prozessspezifischen Kompetenzermittlung**

Um Kompetenzprofile automatisch ableiten zu können, muss das Umfeld, in dem die Mitarbeitenden ihre Arbeit ausüben, strukturiert beschrieben werden (vgl. Abbildung 4-7, rechts). Dazu werden alle Tätigkeiten in den Prozessen definiert und beschrieben. Anschließend erfolgt die Ableitung der Kompetenzen für jede Tätigkeit separat und auf der Grundlage des Kompetenzbewertungsschemas. Diese Tätigkeiten werden Stellenprofilen zugeordnet, wobei die Kompetenzen für eine bestimmte Rolle (z. B. Prozessplaner) und nicht für den ganzen Prozess in Summe (z. B. Inhouse) zusammengefasst werden.

#### **Schritt A: Erhebung aktueller und zukünftig zu erwartender Prozessinformationen**

Zur späteren Ermittlung der tätigkeitsspezifischen Kompetenzen werden die Prozessinformationen gemäß den Prozessbausteinen (vgl. Phase 1) strukturiert erhoben. Bei interdisziplinären Workshops sind die Ausprägungen der Parameter respektive der Einflussfaktoren zu ermitteln. Dazu erfolgt die Bewertung der verschiedenen Aspekte

der Gegenwart und der Zukunft. In der Disposition werden beispielsweise die Überwachung von Lieferungen, die Kommunikation mit Partnern, wie Lieferanten und Spediteuren sowie die Koordination und Reaktion bei Abweichungen berücksichtigt. Darüber hinaus werden unterstützende Prozesse, wie die Datenaufbereitung für das Lieferantenmanagement und die Optimierung von Beständen und Kosten, untersucht. Die aktuelle Situation wird mit Hilfe einer Befragung von Abteilungsleitern und Mitarbeitern aus der Disposition beschrieben. Für das Zukunftsszenario finden Workshops mit Vertretern aus verschiedenen Werken statt, an denen Mitarbeitende unterschiedlicher Hierarchieebenen teilnehmen. In dem dargestellten Beispiel liegt der Fokus auf dem Koordinieren und Steuern von Abweichungen (siehe Abbildung 4-8).

### **Schritt B: Bestimmung der tätigkeitsspezifischen Kompetenzen anhand des Kompetenzbewertungsschemas**

Ausgehend von der Prozessbeschreibung erfolgt die tätigkeitsspezifische Bestimmung der Kompetenzanforderungen. Dazu wird das Kompetenzbewertungsschema verwendet, das die Merkmale im Prozess in Kompetenzanforderungen übersetzt. Für die Aufgabe ergibt sich daraus eine Änderung der folgenden Kompetenzen.

Disponenten in der aktuellen Aufgabe verfügen bereits über ein ausgeprägtes Kompetenzprofil aufgrund der hohen Komplexität der Koordination von Maßnahmen bei neuen Problemstellungen, die insbesondere methodische Fähigkeiten wie analytisches Denken und Problemlösungsfähigkeit benötigen. Darüber hinaus erfordert die große Anzahl interner und externer, nationaler und internationaler Schnittstellenpartner ein ausreichendes Maß an sozialer Kompetenz. In Zukunft wird das Anforderungsprofil bzgl. dem Umgang mit IT-Software sowie mit Daten steigen, da umfangreiche Simulationswerkzeuge zu Verfügung stehen und größere Mengen an Daten verarbeitet werden müssen. Außerdem nimmt die notwendige Problemlösungskompetenz ab, da die Disponenten bei der Entscheidungsfindung durch KI unterstützt werden.

### **Schritt C: Zuordnung der Tätigkeiten zu Profilen und Plausibilisierung der Anforderungen**

Die einzelnen Tätigkeiten und die damit verbundenen Kompetenzanforderungen werden nun zu Kompetenzprofilen gebündelt. Dabei werden die aktuellen und zukünftigen Tätigkeiten zu Profilen zusammengefasst. Als Beispiel koordiniert der Disponent der Zukunft Ausnahmefälle, bereitet Daten für das Lieferantenmanagement auf und optimiert Bestände und Kosten. Das sich daraus ergebende Kompetenzprofil, das all diese Tätigkeiten einschließlich der höchsten Anforderung je Kompetenz enthält, ist in Abbildung 4-8 für die heutige und zukünftige Situation dargestellt.

**Nutzung des Schemas zur prozessspezifischen Kompetenzbewertung**

A			B				
Erhebung aktueller und zukünftig zu erwartender Prozessinformationen			Bestimmung der tätigkeitsspezifischen Kompetenzen anhand des Kompetenzbewertungsschemas				
Parameter	Aktuell	Zukünftig	Aufgabe	Aktuell/ Zukünftig	Aufgaben- information	Kompetenzen	Kompe- tenzlevel
Prozessverantwortlicher	Disponent						
Arbeitsweise	Hauptsächlich im Team		3	Aktuell	Vernetzung: Vor- & nachgelagert	Logistikspez. Prozesskenntnisse	2
Auswirkungen von Entscheidungen	Mittelfristig (taktisch)		3	Künftig	Vernetzung: Abteilungs-übergreifend	Logistikspez. Prozesskenntnisse	3
Zeitdruck	Teilweise		3	Aktuell	Problemursache: unbekannt	Problemlösefähigkeit	3
Konnektivität der Prozesse	Vor- & nachgelagerte Abteilung	Abteilungs-übergreifend	3	Künftig	Problemursache: Analogie	Problemlösefähigkeit	2
Anzahl der Datenquellen	Eine Quelle	Mehrere Quellen	...				
...							

**Aktuelles und zukünftiges Kompetenzprofil Disponent**

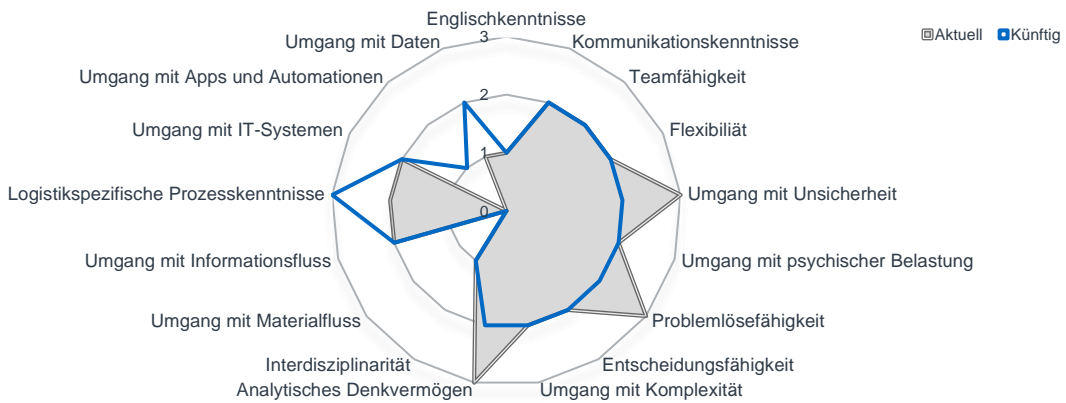


Abbildung 4-8: Anwendung des Kompetenzbewertungsschemas am Beispiel der Disponenten

**4.6 Phase 4: Kompetenzprofile zur Bündelung von Anforderungen**

Die Einführung neuer Technologien im Zuge von Industrie 4.0 transformiert bestehende Logistikprozesse. Die sich in diesem Zusammenhang verändernden Aufgaben der Mitarbeitenden erfordern eine systematische Überprüfung der aktuellen Anforderungsprofile, um zukünftige Aufgaben in homogene Profile angemessen zu bündeln. In dieser Phase wird daher eine Methode zur Ermittlung von Anforderungsprofilen unter Berücksichtigung der Industrie 4.0 in der Logistik entwickelt. Dabei werden Aufgaben auf der Basis ähnlicher Merkmale systematisch in Anforderungsprofile überführt. Zur Reduktion der Subjektivität des Ansatzes wird ein datengetriebenes Verfahren gewählt, das Ähnlichkeitsfaktoren verwendet. Diese spiegeln die zentralen Aspekte des soziotechnischen Systems wider und werden aus Literatur und Praxis abgeleitet. Die Methode, die bei einem Nutzfahrzeughersteller validiert wurde, hilft bei der Entscheidungsfindung über Anforderungsprofile und kann Aufschluss darüber geben, wie sich

wegfallende, veränderte und neue Aufgaben auf die Zusammensetzung der Tätigkeiten von Mitarbeitenden auswirken.

Die Methode zur Ermittlung von Anforderungsprofilen wurde in der Publikation [Koh-2021a] veröffentlicht, die aus der Zusammenarbeit im Zuge der Abschlussarbeit [Här-2020] hervor ging. Zunächst wird die Methodenerarbeitung beschrieben und im Anschluss werden die drei Schritte zur Durchführung sowie die Plausibilitätsprüfung von Anforderungsprofilen vorgestellt.

#### 4.6.1 Methodenerarbeitung

Für die Entwicklung einer Methode zur datengetriebenen Bestimmung von Anforderungsprofilen werden zunächst die Anforderungen aus der Zielsetzung sowie den Erkenntnissen des Stands der Technik abgeleitet. Anschließend erfolgen eine Analyse der vorhandenen Ansätze (vgl. Abschnitt 3.2.3) und eine Bewertung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen. Die Anforderungen an die Methode zur datengetriebenen Ermittlung von Kompetenzprofilen umfassen zwei Bereiche: die Berücksichtigung aufgabenspezifischer Aspekte bei der Bildung der Anforderungsprofile und die datengetriebene Vorgehensweise. Die spezifischen Anforderungen sind in Tabelle 4-10 aufgeführt.

Tabelle 4-10: Anforderungen an die Ermittlung von Kompetenzprofilen und Bewertung der vorausgewählten Ansätze

Anforderung	Bottom-up: Umfragebasierter Ansatz	Top-down: Strategieorientierter Ansatz	Verwendung von Stellenbündeln
Bestimmung neuer Anforderungsprofile	●	●	●
Plausibilitätsprüfung bestehender Anforderungsprofile	○	○	○
Datengetriebene Bestimmung	◐	◐	◐
Aufgaben- und prozessorientiert	●	○	●
Bündelung ähnlicher Aufgaben	◐	◐	●

○	Nicht erfüllt	◐	Teilweise erfüllt	●	Vollständig erfüllt
---	---------------	---	-------------------	---	---------------------

Die Bewertung der Ansätze erfolgt anhand einer dreistufigen Skala. Diese spiegelt den Grad der Anforderungserfüllung mit den Ausprägungen „nicht erfüllt“, „teilweise erfüllt“ und „vollständig erfüllt“ wider. Die Einstufung findet auf der Grundlage einer Literaturrecherche statt. Die Bewertung zeigt, dass keiner der aufgeführten Ansätze zur Ermittlung von Anforderungsprofilen alle an die Methode gestellten Prämissen hinreichend



erfüllt. Am besten eingestuft wird der Ansatz der Stellenbündel, da sich dieser besonders für die Ermittlung von Anforderungsprofilen eignet und aus diesem Anlass als Grundmodell für die neue Methode Verwendung findet. Allerdings weist dieser Schwächen bei der Plausibilitätsprüfung der Anforderungsprofile auf und die Ableitung der Profile ist nicht auf einer Datenbasis reproduzierbar.

Obwohl keiner der bestehenden Ansätze eine ausreichende Unterstützung zur Ermittlung der logistikspezifischen Kompetenzprofile bietet, können die etablierten Ansätze als Grundlage zur Bestimmung von Anforderungsprofilen dienen. Kern der neuen Methode ist eine Datenbasis, die aus einer tätigkeitsorientierten Prozessbeschreibung (Phase 1) und den ermittelten Ähnlichkeitsfaktoren besteht, welche die einzelnen Aufgaben in den Prozessen erfassen. Diese Datenbasis respektive die Ähnlichkeitsfaktoren werden genutzt, um die Anforderungen zu definieren, welche die jeweiligen Aufgaben mit sich bringen. Darüber hinaus empfiehlt sich die Betrachtung nicht nur zukünftiger, sondern auch aktueller Prozesse und Tätigkeiten, damit die Plausibilität bestehender Anforderungsprofile und Strukturen überprüft wird. Die Bewertung zeigt weiter, dass bisherige Ansätze Defizite bei der Analyse und Bündelung ähnlicher Aufgaben aufweisen. Um dies mit der Methode zu beheben, werden die Ähnlichkeitsfaktoren zur Identifikation von Gemeinsamkeiten und zur Profilbündelung von Aufgaben mit vergleichbaren Merkmalen genutzt.

#### **4.6.2 Identifikation und Plausibilisierung von Anforderungsprofilen**

Die Methode besteht aus drei Schritten, die in Abbildung 4-9 dargestellt sind. Die Daten werden mittels einer Prozessanalyse unter Bestimmung der Ähnlichkeitsfaktoren generiert. Für zukünftige Prozesse werden übergreifende Klassen von Kerntätigkeiten definiert, welche die Aufgaben grundlegend kategorisieren. Die gesammelten Informationen werden dann für die Klassifikationsmethode genutzt, um den Einfluss der Ähnlichkeitsfaktoren zu bestimmen und so Rückschlüsse darauf zuzulassen, welche Aspekte der Prozessbeschreibung für die Zusammensetzung der Anforderungsprofile verantwortlich sind. Diese gewichteten Faktoren werden im Clustering-Algorithmus verwendet und bestimmen die Anzahl und Zusammensetzung der Profile. Die Experten aus den Fach- und Personalabteilungen prüfen und passen gegebenenfalls die Anforderungsprofile für den Erhalt der endgültigen Zusammensetzung an.

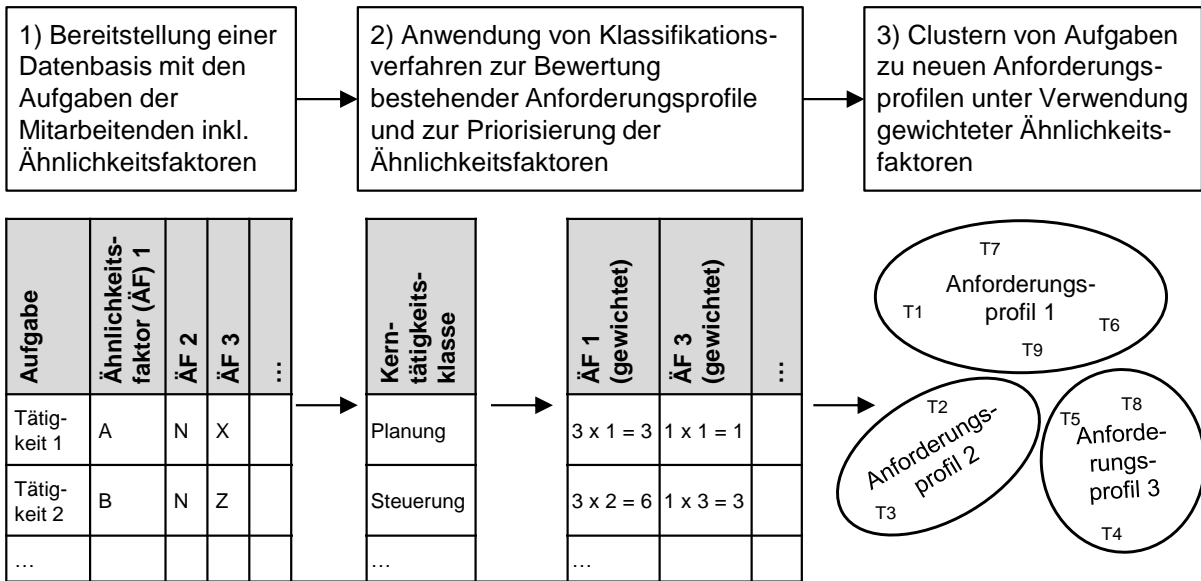


Abbildung 4-9: Schritte der Methode zur Ermittlung von Anforderungsprofilen

### Bereitstellung einer Datenbasis

Das Ziel des ersten Schritts ist die Generierung einer Datenbasis, die für die Analyse in den nachfolgenden Schritten zur Anwendung kommt. Zur Bestimmung der zukünftigen Anforderungsprofile werden Informationen zu kommenden Aufgaben durch Workshops mit Logistikexperten erhoben. Um die Anforderungen der betrachteten Aufgaben zu vergleichen, werden Ähnlichkeitsfaktoren ermittelt. Jeder Ähnlichkeitsfaktor (z. B. Reichweite der Kommunikation) stellt eine spezifische Anforderung dar, die je nach Prozess und Rahmenbedingungen eine unterschiedliche Ausprägung (z. B. eigene Abteilung, abteilungsübergreifend) annimmt. Demnach ist das Ergebnis des ersten Schritts eine Datengrundlage, die alle Aufgaben inklusive der Einstufung der Ähnlichkeitsfaktoren erfasst. Die Daten und die Abstufung der Ähnlichkeitsfaktoren liegen dabei in numerischer Form vor, um die Berechnungen in den folgenden Schritten zu ermöglichen.

In Abbildung 4-10 sind alle Parameter aufgelistet, die als Ähnlichkeitsfaktoren für die Analyse relevant sind. Zur besseren Übersicht erfolgte die Einteilung in Anforderungsgruppen, angelehnt an die Überlegungen von Becker [Bec-2013], u. a. persönliche Verhaltensanforderungen, und Wilk [Wil-2018], u. a. Grad der Selbstständigkeit, Kontaktkomplexität und Komplexität der Aufgaben. Zusätzlich zu den genannten Gruppen finden weitere fachspezifische Aspekte Berücksichtigung. Für die Logistik erscheint eine Ergänzung um die Aspekte Kenntnisse des Material- und Informationsflusses, Prozesswissen, IT-Komplexität sowie Software und Simulation sinnvoll. Damit werden die logistischen Prozesse abgedeckt und zudem zielen die Gruppen IT-Komplexität sowie Software und Simulation auf neue Anforderungen ab, die sich aus der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung ergeben.

Anforderungsgruppe	Ähnlichkeitsfaktoren	Anforderungsgruppe	Ähnlichkeitsfaktoren
Grad der Selbstständigkeit	Entscheidung der Maßnahme	Kenntnisse Informationsfluss	Logistikspez. Systeme: Anzahl
	Arbeitsweise		Logistikspez. Systeme: Umfang der Bedienung
	Umgang mit Störungen aller Art		Umgang mit Softwarestörungen
Kontaktkomplexität	Schnittstelle	Kenntnisse Prozess	Umgang mit Störungen in Abläufen
	Anzahl der Schnittstellen		Vernetzungsgrad der Prozesslandschaft
	Reichweite der Kommunikation	IT-Komplexität	Interpretation erforderlich
Aufgabenkomplexität	Problemursache		Anzahl der Datenquellen
	Lösungsalternativen		Eingangszustand
	Auswirkungen von Handlungen		IT-Anwendungen und Geräte: Umfang der Bedienung
	Dynamik		Umgang mit Softwarestörungen
	Zeitdruck	Software & Simulation	Programmieren
Kenntnisse Materialfluss	Dauer der Schulungen für Hilfsmittel		Intelligente Software und Simulation: Umfang der Bedienung
	Gefahrengut		Umgang mit Softwarestörungen

Abbildung 4-10: Übersicht über die Ähnlichkeitsfaktoren

### Anwendung von Klassifikationsverfahren

Für die Bildung neuer Profile werden zunächst die im Datensatz enthaltenen Aufgaben im Zuge einer inhaltlichen Betrachtung den übergeordneten Kerntätigkeitsklassen zugeordnet. Dies geschieht, weil gleiche übergeordnete Aufgaben und Ziele nach der Methode der Stellenbündel [Bec-2013] als Ähnlichkeitsaspekt gelten und somit ein Kriterium für übereinstimmende Anforderungen darstellen. Daraus werden sinnvolle Klassen für den betrachteten Anwendungsbereich definiert. Für die Logistik basieren diese auf der Definition des Logistikbegriffs, der sich in Aufgaben der Planung und Steuerung sowie der Abwicklung von Warenströmen unterteilt [Pfo-2016]. Die Abwicklung erfolgt auf zwei Arten: materialflussbezogen und informationsflussbezogen. Nach dieser Definition sind die vier Kerntätigkeitsklassen in Planungsaufgaben, Steuerungsaufgaben, Abwicklung administrativer Aufgaben und Abwicklung operativer Aufgaben unterteilt. Für das Zukunftsszenario wird auf Basis der Workshops auch die Kerntätigkeitsklasse eines Key Users, der für die IT-Systeme verantwortlich ist, ergänzt. Demnach ergeben sich die folgenden Kerntätigkeitsklassen:

- Planung
- Steuerung
- Administrative Abwicklung
- Operative Abwicklung
- Key User

Nach der Zuordnung der Tätigkeiten zu den Kerntätigkeiten werden unterschiedliche Klassifikationsverfahren auf den Datensatz angewandt. Mit Hilfe des Klassifikationsverfahrens kann zum einen eine Analyse hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der vorherigen Zuordnung stattfinden. Zum anderen wird ermittelt, welche Ähnlichkeitsfaktoren für die Einordnung von Aufgaben in verschiedene Kategorien entscheidend sind. Zu diesem Zweck wird der Datensatz in einen Trainings- und einen Testsatz unterteilt. Als Ergebnis erzeugt das Klassifikationsmodell eine Konfusionsmatrix, die Auskunft über die Fehlerquote, also die Güte des Modells, für die Testmenge gibt. Aus der Matrix ist ersichtlich, wie viele Tätigkeiten aus dem Datensatz aufgrund der vom Algorithmus gebildeten Regeln den zuvor festgelegten übergeordneten Aufgabenklassen korrekt zugeordnet werden können. Aus dieser Information lässt sich einerseits ableiten, welches Klassifikationsverfahren den unternehmensspezifischen Datensatz akkurat abbildet, andererseits wie viele Merkmale und Ähnlichkeitsfaktoren für die Zuordnung von Tätigkeiten zu verschiedenen Klassen entscheidend sind. Dabei findet eine Gewichtung der Ähnlichkeitsfaktoren statt, welche die Priorisierung der Faktoren ermöglicht. So werden die essenziellen Einflussfaktoren für den nachfolgenden Schritt ermittelt, die bei dem Clusterverfahren Berücksichtigung erfahren. (vgl. [Cal-1974; Eck-2010; San-2009])

### **Clustern von Aufgaben**

Die ermittelten Ähnlichkeitsfaktoren und ihre Gewichtung finden bei der Clusteranalyse Verwendung, damit Profile mit ähnlichen Aufgaben und Anforderungen erzeugt werden. Zunächst wird die optimale Anzahl an Clustern bzw. Anforderungsprofilen ermittelt, um anschließend mittels des Clusterverfahrens die Zuordnung von Aufgaben zu den Profilen zu ermöglichen. In dieser Arbeit wird der in Wissenschaft und Praxis weit verbreitete k-Means-Algorithmus zur Gruppierung von Objekten eingesetzt (vgl. [Eck-2010]).

Für die Bestimmung der Anzahl an Anforderungsprofilen werden das Variance Ratio Criterion (VRC; vgl. [Cal-1974]) und der Adjusted Rand Index (ARI; vgl. [San-2009]) anhand der gewichteten Ähnlichkeitsfaktoren berechnet. Die Werte sind ein Maß dafür, wie ähnlich ein Objekt seinem eigenen Cluster im Vergleich zu anderen Clustern ist bzw. für die Ähnlichkeit zwischen zwei Daten-Clusterings. Beide Größen geben Aufschluss über die optimale Anzahl an Clustern. Das k-Means-Verfahren wird dann mit der ermittelten Anzahl an Clustern durchgeführt. Im Zuge des Clusterings werden über die Ähnlichkeitsfaktoren vergleichbare persönliche und berufliche Anforderungen berücksichtigt und gruppiert. Dies resultiert in einer Zuordnung ähnlicher Aufgaben zu den gleichen Clustern (vgl. Abbildung 4-9).

Die vom Cluster-Algorithmus vorgeschlagene Zuordnung von Aufgaben zu Profilen wird noch einer manuellen Überprüfung durch Experten aus dem Personal- und Fachbereich unterzogen. Die Experten bewerten dabei kritisch, ob die vom System vorgenommene Zuordnung für die Anwendung und die gegebenen organisatorischen Rahmenbedingungen praktikabel ist. Darüber hinaus wird beurteilt, ob Cluster gegebenenfalls einer Zusammenfassung oder Unterteilung bedürfen. Zu berücksichtigende Aspekte können dabei die Anzahl der Mitarbeitenden, örtliche Restriktionen der Tätigkeiten und die monetäre Eingruppierung je Profil sein.

### **Plausibilitätsprüfung von Anforderungsprofilen**

Im Rahmen der Methode ergibt sich die Möglichkeit bestehende Anforderungsprofile auf ihre Plausibilität zu prüfen. Dazu müssen die Daten wie in Schritt 1 vorliegen. Die Plausibilitätsprüfung wird dann in Schritt 2 durchgeführt. Die vorhandenen Profile dienen als Klassenzuordnung für den Klassifikationsalgorithmus anstelle der übergeordneten Kerntätigkeiten. Ansonsten ist das Vorgehen analog zum Verfahren zur Ermittlung neuer Anforderungsprofile. Im Hinblick auf die Prüfung ist vor allem die Betrachtung der Fehlerquote interessant. Liegt diese unter dem gewünschten Wert (z. B. fünf Prozent der Tätigkeiten werden einem anderen Anforderungsprofil zugeordnet), kann die Qualität als ausreichend angesehen werden. Damit erscheint die Zuordnung der bereits vorhandenen Anforderungsprofile plausibel. Eine unzureichende Übereinstimmung kann auf eine suboptimale Zuordnung hindeuten und empfiehlt eine neue Paarung von Aufgaben zu Anforderungsprofilen. Darüber hinaus schafft das Klassifikationsverfahren Transparenz darüber, welche Ähnlichkeitsfaktoren für die Unterscheidung der verschiedenen Profile am relevantesten sind. Dies kann beispielsweise für die Entwicklung von Mitarbeitenden in ein anderes Profil von Interesse sein, da die Abweichungen der Ähnlichkeitsfaktoren Fähigkeiten darstellen, die beim Jobwechsel vorhanden sein müssen.

## **4.7 Phase 5: Qualifizierungsbedarfe und -inhalte**

Die Industrie 4.0 führt aufgrund neuer Technologien zu fundamentalen Veränderungen in den Logistikprozessen. Um diese Veränderungen zu bewältigen und mit den neuen Technologien umgehen zu können, ist eine umfassende Mitarbeiterqualifizierung notwendig. Dabei müssen neue Inhalte und Formate in die Erst- und Weiterqualifizierung integriert werden [Hub-2016]. Für die Ableitung von Qualifikationsanforderungen in der operativen und dispositiven Logistik fehlt es in der bisherigen Forschung an methodischer Unterstützung, die Prozess, Technologie und Kompetenz ausreichend berücksichtigt.

Ziel dieser Phase ist die Erarbeitung einer standardisierten Methode zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsinhalte, welche die Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Unternehmenslogistik berücksichtigen. Der Entwurf der generischen Lösung basiert auf Literatur sowie auf Workshops und Experteninterviews in der Industrie. Die Anwendung und Validierung erfolgte in den operativen und dispositiven Logistikabteilungen eines Nutzfahrzeugherstellers. Die vierstufige Methode stellt für jedes Kompetenzprofil spezifische Qualifizierungsmodule bereit, die aus modularen Inhalten zu Grundlagen, Werkzeugen und Methoden sowie Anwendungen bestehen. Die Module befähigen Mitarbeitende besonders für den mittel- und langfristigen Technologiewandel.

Die Methode zur Ermittlung der Qualifizierungsbedarfe und -inhalte wurde in der Publikation [Koh-2021c] veröffentlicht, die aus der Kollaboration im Zuge der Abschlussarbeit [Zie-2021] resultierte. Im nächsten Abschnitt wird die Erarbeitung der Vorgehensweise dargestellt. Anschließend erfolgt die Erläuterung der eigentlichen Methode zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsinhalte.

#### 4.7.1 Methodenerarbeitung

##### Anforderungen

Die in Abschnitt 3.2.4 genannten Ansätze haben unterschiedliche Schwerpunkte im Hinblick auf das Management der Mitarbeiterentwicklung. Um das Ziel einer systematischen Methode zur Bereitstellung spezifischer Qualifizierungsmodule für Kompetenzprofile zu erreichen, müssen eine Reihe von Anforderungen berücksichtigt werden. Diese werden aus der Literatur sowie in Workshops und Experteninterviews in der Industrie ermittelt.

Das Hauptziel dieser Phase ist die Entwicklung eines Ansatzes zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsinhalte für die Anforderungen der Industrie 4.0 in der Logistik. Dabei soll der Ansatz gleichermaßen für die *operative* und *dispositive Logistik* anwendbar sein. Für die Entwicklung soziotechnischer Qualifizierungsbausteine sind alle drei Teilsysteme – Prozess, Technik und Mensch – einzubeziehen. Folglich soll der Ansatz *prozessorientiert* sein [Hen-2017] und zusätzlich sollen die implementierten *Technologien* Berücksichtigung finden [Hub-2016]. Neben den Veränderungen durch die zunehmende Digitalisierung und Autonomisierung sind in der Methode auch aktuelle und zukünftige *Kompetenzanforderungen* im Kontext der auszuführenden *Aufgaben* einzuschließen. Die Rolle der *Mitarbeiterprofile* in der Logistik, ihre Aufgaben und notwendigen Fähigkeiten sollen bei der Ableitung spezifischer Qualifikationen beach-

tet werden. Ziel ist die Befähigung der vorhandenen Logistikmitarbeitenden durch Training *on-the-Job* für die *mittel- und langfristige Transformation* [Ben-2017]. Darüber hinaus soll die zu entwickelnde Methode spezifische Qualifizierungsbausteine bereitstellen und somit eine *modulare Struktur* aufweisen.

## Bewertung

Anhand der Bewertungskriterien werden die bestehenden Ansätze zur Mitarbeiterentwicklung auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft und in Tabelle 4-11 auf Basis der Literaturrecherche verglichen. Die Bewertung erfolgt auf einer dreistufigen Skala, die den Grad der Erfüllung der Anforderungen angibt. Drei Ansätze erfüllen weniger als die Hälfte der Anforderungen vollständig. Der *ABEKO-Ansatz* schneidet am besten ab, gefolgt von der kontextsensitiven Mitarbeiterqualifizierung von *Ullrich et al.* [Ull-2017]. Allerdings berücksichtigen diese Ansätze die dispositive Logistik nicht hinreichend und weisen Defizite in Bezug auf eine systematische Integration von Technologien zur Ableitung modularer Qualifizierungsbausteine auf.

Tabelle 4-11: Bewertung bestehender Ansätze zur Mitarbeiterentwicklung

Anforderung	[Nie-2008]	[Bec-2013]	[Bin-2018]	[Hen-2017]	[Ull-2017]
Einsetzbar für operative und dispositive Logistik	○	○	○	◐	○
Berücksichtigung des Prozesses	○	◐	●	●	●
Einbeziehen des Technologieeinsatzes	○	○	○	◐	○
Aufgaben- und kompetenzbezogene Qualifizierung	●	●	●	●	●
Profilspezifische Betrachtung	○	◐	◐	●	◐
Mittel- und langfristige strategische Entwicklung	○	○	○	●	●
Qualifizierung on-the-Job	◐	◐	◐	●	●
Modulare Entwicklungsinhalte	○	○	○	◐	○

○	Nicht erfüllt	◐	Teilweise erfüllt	●	Vollständig erfüllt
---	---------------	---	-------------------	---	---------------------

## Anpassung

Um die Forschungsfrage dieser Arbeit zu beantworten, werden die Erkenntnisse aus der Literatur in eine vierstufige Methode übertragen. Hierbei wird zunächst ein Entwurf dieser verschiedenen Schritte erstellt und iterativ mit Experten aus den Bereichen Logistik und Personal überarbeitet. Im Zuge dessen sind Verwaltungs- und Planungsfunktionen auf der Prozess-, Technologie-, Aufgaben- und Kompetenzebene zu betrachten. Darüber hinaus wird der Einsatz von Technologien detailliert herausgearbeitet und für die Qualifizierungsinhalte durch Technologiecluster thematisch gebündelt, wodurch ein modularer Aufbau erzielt wird.

### 4.7.2 Ableiten soziotechnischer Qualifizierungsmodule

Ausgehend von den im vorangegangenen Abschnitt genannten Anpassungen wird im Folgenden die Entwicklung soziotechnischer Qualifizierungsmodule aufgezeigt. Zunächst wird die notwendige Informationsbasis für die weiteren Schritte der Methode geschaffen, indem die aktuellen und zukünftigen Logistikprozesse, Technologien (vgl. Phase 1), die Rolle der Logistikmitarbeitenden, ihre Aufgaben und die notwendigen Kompetenzen (vgl. Phasen 2 bis 4) dargestellt werden. Darauf aufbauend werden die Veränderungen identifiziert und der daraus resultierende Qualifikationsbedarf analysiert. Der dritte Schritt zeigt auf, welche Formate der Mitarbeiterentwicklung im Kontext der Industrie 4.0 geeignet sind und welche Maßnahmen zur Vermittlung der Inhalte Nutzen bringen. Nachdem in den vorangegangenen Schritten die Anforderungen identifiziert und geeignete Formate für die Qualifizierung on-the-Job aufgezeigt wurden, erfolgt die Spezifizierung modularer Inhalte, mit denen die Beschäftigten für den mittel- und langfristigen Technologiewandel befähigt werden können. Insgesamt resultiert dies in einer strukturierten Methode, die von Logistik- und Personalabteilungen für eine frühzeitige Berücksichtigung des technologischen Wandels bei der Mitarbeiterqualifizierung hinzugezogen werden kann (siehe Abbildung 4-11).

	Prozess	Technologie	Kompetenz
<b>1) Darstellung des soziotechnischen Systems</b>	Prozesse der operativen und dispositiven Logistik	Aktuelle und zukünftige technologische Anwendungen	Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen
<b>2) Analyse der erwarteten Veränderungen</b>	Betrachtung der Änderungen je Kompetenzprofil bezüglich:		
	Digitalisierte Organisation	Technologiecluster	Kompetenzlücken
<b>3) Erarbeitung eines Qualifizierungskonzepts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassung vorhandener Qualifizierungsmaßnahmen</li> <li>- Recherche und Ermittlung von Qualifizierungsmaßnahmen</li> <li>- Ausgestaltung des modularen Konzepts</li> </ul>		
<b>4) Überführung in Qualifizierungsmodule</b>	Spezifische Qualifikationsmodule zu den Themen:		
	Arbeiten in der vernetzten Logistik	Technologische Anwendungsfälle	Methoden und Werkzeuge

Abbildung 4-11: Verfahren zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsinhalte

#### Darstellung des soziotechnischen Systems

Damit soziotechnische Qualifizierungsbausteine vollständig entwickelt werden können, besteht das Ziel des ersten Schritts darin, die notwendige Informationsbasis für die nachfolgenden Schritte der Methode zu schaffen. Dies erfordert die Dokumentation aktueller und die Erarbeitung zukünftiger Logistikprozesse, Technologien und die Berücksichtigung von Kompetenzanforderungen. Hier können die Ergebnisse aus den vorherigen Phasen genutzt werden, die im Zuge der Informationsbeschaffung und -



diskussion mit den Vertretern der verschiedenen Logistikabteilungen und unterschiedlicher Hierarchieebenen erarbeitet wurden. Dabei müssen ein detailliertes Verständnis und eine umfassende Dokumentation der folgenden Aspekte gewährleistet sein:

*Prozess:* Um differenzierte Aussagen für einzelne Bereiche oder Funktionen treffen zu können, bedarf es der Abbildung des Logistikprozesses mit seinen Material- und Informationsflüssen. Je nach Umfang der logistischen Aufgaben oder der beteiligten Personen muss eine entsprechende Granularität berücksichtigt werden. Als Orientierung können Organisationsstrukturen wie Abteilungen und Teams dienen. Die umfassende Transformation legt nahe, dass nicht nur operative Aspekte, wie Kommissionierung oder Materialtransport, sondern auch administrative Aufgaben und die Planung dem Wandel unterliegen. Vor allem qualifikationsrelevante Veränderungen zu sind zu erwarten, weshalb eine umfassende Abbildung der Prozesse erfolgen muss. Die Verwendung von Prozessmodellen (vgl. Phase 1) ermöglicht es, die logistischen Prozesse standardisiert und wissenschaftlich fundiert abzubilden.

*Technologie:* Im Zuge des technologischen Wandels ist es von besonderer Relevanz, sowohl die aktuellen technologischen Werkzeuge in den Prozessen als auch die zukünftig geplanten Technologien zu berücksichtigen. Dazu gehört Hardware wie Gabelstapler oder Schlepper, aber auch Software wie Enterprise Resource Planning (ERP), Simulations- oder Analysesoftware. Der Input kann aus Trends und Zukunftsszenarien gewonnen werden. Zu berücksichtigen ist auch die Strategie oder Vision des Unternehmens.

*Kompetenz:* Darüber hinaus wird darauf geachtet, welche Rolle die Mitarbeitenden im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und Autonomisierung einnehmen und ob wirklich alle Anforderungsprofile auf das erwartete Niveau gesteigert werden können. In Bezug auf die Qualifikationen sind aktuelle und zukünftige Kompetenzanforderungen ein probates Mittel, um Entwicklungsbedarfe abzuleiten. Die Erkenntnisse aus der Prozess- und Technologieanalyse können hierfür als Grundlage dienen. Darüber hinaus empfiehlt sich der Einsatz eines Kompetenzmodells, idealerweise mit dem Anwendungsfeld Logistik, das fachliche, methodische, soziale und persönliche Kompetenzen umfasst, um den Kompetenzbedarf zu ermitteln.

### **Analyse der erwarteten Veränderungen**

Nach der Beschreibung der drei Aspekte sowohl für die gegenwärtige als auch für die zukünftige Situation, konzentriert sich der zweite Schritt auf die Identifizierung der Unterschiede. Dies ist notwendig, um Qualifizierungsbedarfe für die Transformation be-

reitzustellen. Die Bezugsbasis dafür sind die bestehenden Kompetenzprofile in der Logistik, für welche spezifisch die Veränderungen aufgezeigt werden. Dazu gehören neben den prozessualen und organisatorischen Anpassungen auch die technologischen Veränderungen. Die Vielzahl technischer Gestaltungsmöglichkeiten verlangt danach Technologien zu bündeln. Ergo zielt die Bildung von Technologieclustern darauf ab, die identifizierten Technologien und Use Cases (Technologieanwendungen) zu strukturieren, indem sie nach ihren logistischen und technischen Auswirkungen sortiert werden. Zu diesem Zweck werden mehrere Anwendungsfälle einem Technologiecluster zugeordnet, das die allgemeine Funktionalität der Technologien in einem Sammelbegriff zusammenfasst. Die identifizierten Anwendungsfälle stammen aus internen und externen Recherchen (vgl. [Koh-2022b]). In Bezug auf die Mitarbeitenden stehen neben der Darstellung der veränderten Aufgaben (z. B. Überwachung von Prozessen, Eingreifen bei Abweichungen) auch die Veränderungen der Kompetenzen im Vordergrund. Die bewerteten Niveaus der Kompetenzen im Kompetenzmodell ermöglichen einen schnellen Vergleich von Ist- und Soll-Zustand und geben erste Hinweise auf den Qualifikationsbedarf. Dies darf jedoch nicht losgelöst von prozessualen und technologischen Aspekten geschehen.

### **Erarbeitung eines Qualifizierungskonzepts**

Ziel des dritten Schritts ist die Identifikation geeigneter Qualifizierungsformate im Kontext der Industrie 4.0 und von Maßnahmen zur Vermittlung der Inhalte. Hierfür werden vorhandene Schulungen und mögliche Qualifizierungsmaßnahmen erfasst und daraus ein Qualifizierungskonzept ausgestaltet.

Die Aufnahme bestehender Qualifizierungsmaßnahmen gibt einen Überblick über die interne Situation im betrachtenden Unternehmen. Hierfür werden existierende Schulungsdokumente gesichtet, Anfragen bei entsprechenden internen Stellen gestellt oder eine selbstständige Bestandsaufnahme durchgeführt. Darüber hinaus werden Interviews mit Stakeholdern (z. B. aus den Bereichen der Logistik und HR) empfohlen, um herauszufinden, welche Maßnahmen in der Belegschaft zielführend sind. Dies wird ergänzt durch eine Zusammenfassung der am Markt vorhandenen und für das Unternehmen relevanten Qualifizierungsmaßnahmen. Im Zuge der Recherche und aus den Interviews werden beispielsweise Lernplattformen mit modularen Lerneinheiten, E-Learnings oder auch Lernfabriken als Qualifizierungsformate identifiziert.

Aufgrund bisheriger Vorüberlegungen und der Fokussierung auf die Veränderungen in den soziotechnischen Teilsystemen Mensch, Technik und Organisation bietet sich für die Ausgestaltung und Strukturierung des Qualifizierungskonzepts der Golden Circle

von *Sinek* [Sin-2009] als passendes methodisches Hilfsmittel an. Dieser ist ein fragenbasiertes Instrument und dient dazu Wissen auf eine strukturierte und damit nachvollziehbare Art zu vermitteln. Hierzu gliedert *Sinek* die Informationen in die drei Fragen why, how und what. Um Wissen zu vermitteln, wird eine Architektur vorgeschlagen, welche Lernkomponenten aus verschiedenen Ebenen abbilden.

In dieser Arbeit wird der Qualifizierungsbedarf über drei Ebenen definiert. Diese setzen sich aus den Bereichen Grundlagen inklusive organisatorischer Veränderungen (Organisation), den Methoden und Werkzeugen mit Fokus auf den Kompetenzveränderungen (Mensch) sowie den Anwendungen, bezogen auf den praktischen Einsatz der technologischen Hilfsmittel (Technik), zusammen.

*Grundlagen (Why)*: Bezeichnet die Vermittlung des notwendigen Grundwissens und der Denkweise, um die Mitarbeitenden in die Lage zu versetzen, sich an der Gestaltung, Umsetzung und Auswahl von Methoden im betrieblichen Umfeld zu beteiligen. Diese allgemeinen Schulungen werden allen Mitarbeitenden angeboten, damit sie im Kontext der Industrie 4.0 effizient arbeiten können. Geeignete Lernformate können kurze Videos, Bücher, Dokumentationen oder Wikis sein.

*Methoden und Werkzeuge (How)*: Diese Dimension vermittelt berufsspezifisches Wissen zur Befähigung der Mitarbeitenden. Der Gegenstand des Lernens wird vertieft und reflektiert. Etablierte Informations- und Kommunikationstools für das Lernen, wie z. B. umfassende Lerneinheiten auf Lernplattformen (z. B. Udacity, Pluralsight), können zur Befähigung der Mitarbeitenden dienen.

*Anwendungen (What)*: In der dritten Dimension lernen die Beschäftigten situativ vor Ort. Unterstützung erhalten sie von erfahrenen Mitarbeitenden. Die Dimension baut auf den Methoden und Werkzeugen auf und erweitert diese um praxisorientierte Szenarien zur Anwendung der Inhalte.

### **Überführung in Qualifizierungsmodule**

Im letzten Schritt wird das dreiteilige Qualifizierungskonzept auf Basis der Veränderungen in Prozess, Kompetenz und Technik für jedes Profil mit Inhalten gefüllt. Die Inhalte leiten sich aus Schritt 2 ab und werden in Zusammenarbeit mit den Fach- und Personalabteilungen entwickelt. Die Grundlagen richten sich an alle Logistikmitarbeitenden, unabhängig von dem zugehörigen Profil. Spezifische Aspekte werden dann entweder in Bezug auf die Kompetenzen über die Methoden und Werkzeuge oder anwendungsspezifisch über die Technologien abgebildet.

Die *Grundlagen* umfassen vor allem organisatorische Veränderungen und stellen Themen wie Digitalisierung in der Logistik und Arbeiten in einem digitalen Umfeld anhand von Videos und kurzen Dokumentationen sowie Übersichten dar.

Die *Methoden und Werkzeuge* sind entsprechend der Kompetenzveränderungen konzipiert und haben verschiedene Module. Diese spiegeln das notwendige Niveau der beruflichen Kompetenzen wider, das im jeweiligen Profil definiert ist. Jeder Stufe sind spezifische inhaltliche Anforderungen zugeordnet. Im Falle der Datenkompetenz für die Stufe Data Analyst kann dies beispielsweise die Anforderung an Datenanalyse und -visualisierung sein, was die Erstellung von Dashboards einschließt.

Für die *Anwendungen* wird dann der jeweilige Use Case der Technologie im Profil definiert. Für den Disponenten, der beispielsweise Kompetenzen auf dem Niveau des Data Analysten benötigt, könnte dies die Analyse von Materialflussdaten aus der Inbound Supply Chain sein. Ein entsprechendes Cockpit, das die Daten aus den Identifikations- und Tracking-Systemen bündelt, liefert in der Analyse über Dashboards die Informationen, die speziell in der Disposition notwendig sind. Die anwendungsspezifischen Inhalte der Schulung und der praktische Einsatz werden dann in der Dokumentation der Technologien beschrieben.

## 5 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells

In diesem Kapitel wird das zuvor entwickelte Vorgehensmodell validiert. Die Anwendung erfolgt im industriellen Kontext und ist in Abschnitt 5.1 beschrieben. Daran anknüpfend findet in Abschnitt 5.2 die Validierung des Vorgehensmodells durch verschiedene Anwendende des Industrieunternehmens statt. Hierfür wurden halbstrukturierte Interviews durchgeführt. Für einen Abgleich der identifizierten Kompetenzen erfolgt zudem in Abschnitt 5.3 eine qualitative Befragung von Anbietern unterschiedlicher Technologien im Kontext der Industrie 4.0. Diese leiten auf Basis der Anwendungsfälle ihrer Produkte die zentralen Kompetenzen ab. Dies ermöglicht eine Prüfung mit den Ergebnissen aus dem Vorgehensmodell.

### 5.1 Industrielle Anwendung

In diesem Abschnitt wird das Vorgehensmodell zum systematischen Kompetenzmanagement in der Logistik angewandt. Im Zuge dessen soll die Anwendbarkeit und Funktionalität der fünf Phasen geprüft werden.

Die nachfolgenden Ergebnisse bauen auf Publikationen und betreuten Studienarbeiten auf (vgl. [Koh-2019b; Koh-2021a; Koh-2021b; Koh-2021c; Koh-2021d] sowie [Mül-2020; Kro-2021; Hei-2018; Ric-2020; Här-2020; Zie-2021]).

#### 5.1.1 Anwendungsfall

Der Anwendungsfall umfasst die in Abbildung 5-1 dargestellten Prozesse der operativen und dispositiven Unternehmenslogistik bei einem Nutzfahrzeughersteller. Diese orientieren sich an den Bereichen der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik.

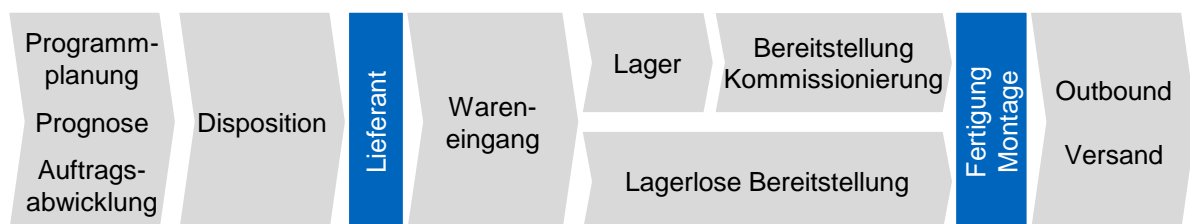


Abbildung 5-1: Prozessmodell der betrachteten Bereiche im Anwendungsfall des Nutzfahrzeugherstellers (blaue Felder werden nicht betrachtet)

Das Fallbeispiel basiert auf den Daten eines deutschen Nutzfahrzeugherstellers in Kombination mit den Ergebnissen aus Workshops und Expertengesprächen mit dessen Mitarbeitenden. Um Kompetenzveränderungen und -anforderungen zu ermitteln, wurde auf die diversen Arbeitskreise des Unternehmens zurückgegriffen. Hier stimmen sich erfahrene Vertreter der unterschiedlichen Werke zu übergreifenden Themen, wie Standards oder Strategie, ab. In diesen Runden erfolgte die Durchführung des Vorgehensmodells, wobei zudem weiterer Input gesammelt sowie eine Prüfung durch den Logistikleiterkreis stattfand, der aus dem Management der jeweiligen Werkslogistik und des Zentralbereichs besteht. Bei der nachfolgenden Realisierung der Phasen werden teils spezifische Prozesse, Technologien und Kompetenzprofile ausgewählt, um detailliert auf die Anwendung des Vorgehensmodells sowie dessen Ergebnisse eingehen zu können. Die Durchführung erfolgte jedoch stets für alle Bereiche und umfasst somit das Arbeitsumfeld von knapp 2.000 Mitarbeitenden in der Logistik an den Produktionsstandorten in Deutschland, Polen und der Türkei. Hierbei waren ca. 90 Personen von der Erarbeitung der Inhalte im Rahmen von Workshops und Expertengesprächen bis hin zur Umsetzung, wie z. B. die Einführung der ermittelten, zukunftsorientierten Kompetenzprofile, beteiligt.

### **5.1.2 Phase 1: Prozessbausteine zur tätigkeitsorientierten Beschreibung der Logistik**

Die in Abschnitt 4.3.4 vorgestellten vier Schritte werden in den Logistikabteilungen des Nutzfahrzeugherstellers angewandt. Dort erfolgt der Einsatz der soziotechnischen Prozessbausteine zur Beschreibung der dispositiven und operativen Logistik. Ausgangsbasis für das zukünftige Szenario ist ein Zielbild der Logistik 4.0, das in den Arbeitskreisen des Unternehmens angefertigt und durch das Management freigegeben wurde. Aufgrund der umfangreichen technologischen Entwicklungen und neuen Möglichkeiten seit der Erstellung erfolgt eine kritische Überprüfung und Anpassung des angestrebten Szenarios in Abstimmung mit den Beteiligten. Die vier Schritte der ersten Phase werden im Weiteren exemplarisch auf die Seriendisposition angewandt.

#### **Identifizierung der Tätigkeiten**

In einem ersten Schritt wird ein Workshop mit dem Arbeitskreis „Disposition“ durchgeführt, um die relevanten Informationen über die Prozesse der Seriendisposition zu sammeln. Basierend auf einem Brainstorming über mögliche zukünftige Technologien und nach Prüfung externer Trends und Studien (u. a. Gartner Hype Cycle, DHL Logistics Trend Radar) wird ein Szenario für den zukünftigen Prozess erstellt (Details hierzu im *Exkurs Technologiefelder*). Im Anwendungsfall soll dabei ein langfristiges Zielbild für das Jahr 2030 angefertigt werden, dessen Implikationen auch in der beruflichen Ausbildung mit den dort herrschenden Vorlaufzeiten Berücksichtigung finden können.

Sowohl die aktuellen als auch die zukünftigen Prozesse werden analysiert, wobei der Schwerpunkt auf den Daten liegt, die für die Erstellung der Prozessbausteine erforderlich sind. Auf diese Weise ergeben sich sieben primäre Tätigkeiten (siehe Tabelle 5-1), mit denen sich die Mitarbeitenden größtenteils während ihrer Arbeit befassen. Diese Aufgaben sind auf dem betrachteten Detaillierungsgrad sowohl für den aktuellen als auch für den zukünftigen Prozess gültig.

Tabelle 5-1: Aufgaben und korrespondierende Prozessbausteine in der Disposition

Beschreibung der Aufgabe	Prozessbausteine
Lieferüberwachung und Monitoring	Verifizieren und Prüfen
Kommunikation mit internen und externen Schnittstellen	Kommunizieren und Austauschen von Informationen
Koordination und Reaktion auf Abweichungen – Routinefall	Koordinieren und Steuern
Koordination und Reaktion auf Abweichungen – Sonderfall	Koordinieren und Steuern
Datenaufbereitung und -pflege (u. a. für Lieferantenentwicklung und Regressierung)	Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten
Optimierung (u. a. Bestände und Kosten)	Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten
Überwachung der Softwaresysteme	Überwachen (inkl. Störungsbehebung)

### Überführung der Tätigkeiten in Prozessbausteine

Nach der Analyse der Hauptaktivitäten des aktuellen und zukünftigen Zustands wird für jede der in Tabelle 5-1 gelisteten Aufgaben ein korrespondierender Prozessbaustein ausgewählt. Da der hier betrachtete Bereich der dispositiven Logistik zuzuordnen ist, umfasst dieser nicht den operativen Materialfluss und benötigt deshalb lediglich Informationsflussbausteine. Für die erste Aufgabe, die Lieferüberwachung und das Monitoring, wird der Baustein *Verifizieren und Prüfen* gewählt, da diese Aufgabe den Vergleich des Ist-Bestands mit dem Soll-Bestand beinhaltet. Für die Prüfung der Bestandsreichweite wird auf ein ERP-System zurückgegriffen. Bei Abweichungen muss der Mitarbeitende mit internen und externen Schnittstellen kommunizieren, um weitere Informationen einzuholen, was durch ein *Kommunizieren und Austauschen von Informationen* dargestellt wird. Der Austausch findet in der aktuellen Tätigkeit durch den Disponenten statt und wird zukünftig über eine Kommunikationsplattform und unter Einsatz von Robotic Process Automation (RPA) erfolgen. Anschließend müssen die Abweichungen und deren Ursache behoben werden. Dieser Schritt lässt sich in zwei Fälle unterteilen: die Koordination und Reaktion auf Abweichungen im Routine- oder Sonderfall. Beide Optionen werden durch ein *Koordinieren und Steuern* repräsentiert.

Für die zwei weiteren Aufgaben wird der Prozessbaustein *Aufbereiten und Verarbeiten von Informationen und Daten* genutzt, da in beiden Fällen Datenverarbeitung stattfindet. Hierunter fallen Aspekte wie die Weitergabe von Informationen an die Rechnungsstelle, Dateneingaben ins Lieferantensystem oder die Erhebung logistischer Kennzahlen zur Prüfung der Performance und als Input für die Optimierung. Die letzte Aufgabe umfasst die Softwarebetreuung und die Überwachung der Softwaresysteme in der Abteilung und wird mit dem Prozessbaustein *Überwachen (inkl. Störungsbehebung)* dargestellt.

### **Exkurs Technologiefelder**

Die immense Anzahl an Publikationen und Informationsangeboten zum Thema *neue Technologien im Industrie 4.0-Umfeld* erschwert es, den Unternehmen einen Überblick über die technologischen Optionen zu erhalten. Um die einzelnen Anwendungsmöglichkeiten zu identifizieren, ist es aber vor allem notwendig hinter die Schlagworte und den Hype um Industrie 4.0 als solches zu blicken und die damit einhergehenden Auswirkungen und Veränderungen zu verstehen. Daher wird im Zuge der Anwendung auf die hierfür erarbeitete Methode zur Gestaltung technologischer Visionen für intralogistische Prozesse zurückgegriffen (vgl. [Koh-2022b]). Der Fokus der Methode liegt auf der Bereitstellung eines Leitfadens zur Recherche, Dokumentation und Kommunikation relevanter Informationen zur Übersetzung der Industrie 4.0 in den Unternehmenskontext. Grundsätzlich werden Möglichkeiten untersucht, wie Material- und Informationsflussaktivitäten mit neuen Technologien unterstützt werden können, um die Logistik des Unternehmens in Zeiten hochdynamischer Märkte und globalen Wettbewerbs adäquat zu entwickeln. Mit Hilfe von Informationsblättern zu den Technologien und spezifischen Visionen für jeden Bereich des Intralogistikprozesses wird die Transformation aktiv unterstützt. Die dadurch gewonnenen Informationen und Erkenntnisse können sowohl in der Phase 1 bei der Beschreibung der künftigen Tätigkeiten als auch in Phase 5 bei der Beschreibung der Qualifizierungsbedarfe genutzt werden.

In diesem Fall wird die Methode zur Entwicklung technologischer Zielbilder für die Logistik des Nutzfahrzeugherstellers genutzt. Nach der Identifikation der wesentlichen Hürden und Chancen im Geschäftsprozess kann die Recherche nach möglichen technologischen Lösungen erfolgen. Das Ergebnis dieser Analyse ist ein Katalog an Technologien, die nach ihrem Haupteinsatzgebiet im Material- oder Informationsfluss und ihrer konkreten Funktion in 15 Technologiefelder gegliedert werden. Unter Verwendung der generischen Technologieinformationen wird für jedes Technologiefeld der spezifische Anwendungsbereich im Unternehmen einschließlich seiner internen und externen Stärken und Schwächen ermittelt.



Für die Technologiefelder stehen weiterführende Informationen in Form von Informationsblättern zur Verfügung. Ein Beispiel für das autonome Fahren ist im Anhang B.2 dargestellt. Bei der Entscheidung für neue Technologien müssen eine Vielzahl interner und externer Einflussfaktoren berücksichtigt werden, weshalb zudem eine SWOT-Analyse durchgeführt wird. Die Technologiefelder und die Prozesse, in welchen sie künftig Anwendung finden, sind der Abbildung 5-2 zu entnehmen.
















Technologiefelder	Programmplanung Prognose Auftragsabwicklung	Disposition	Wareneingang	Lager	Lagerlose und lagerhaltige Bereitstellung	Kommissionierung	Outbound Versand	Logistikplanung
 Autonomes Fahren			X	X	X	X		
 Automatisches Be- und Entladen					X			
 Nachhaltige Fördertechnik				X	X			
 Bionische Mitarbeiterunterstützung					X			
 Autonomes Kommissionieren						X		
 Identifikationssysteme		X	X	X	X	X	X	X
 Ortungssysteme			X				X	X
 Sensorsysteme				X	X			
 Mobile Computing			X		X		X	X
 Wearables						X		X
 Datenplattformen	X	X	X				X	X
 Echtzeit-Informationen		X	X	X			X	X
 Simulationen (mit KI)	X	X						X
 Selbststeuernde Systeme		X			X	X		X
 Workflowautomatisierung	X	X	X	X			X	X

Abbildung 5-2: Identifizierte Technologiefelder im zukünftigen Logistikprozess

### Bestimmung der Parameter der Prozessbausteine

Nach der Zuweisung von Prozessbausteinen zu den Aufgaben wird die Ausprägung der Parameter festgelegt. Hierfür werden die Informationen aus dem Workshop genutzt und zur Verifizierung einzelner unklarer Ausprägungen Interviews mit einem Experten aus dem Arbeitskreis durchgeführt. Für den aktuellen Prozess spielen die Serendisponenten als Mitarbeitende eine zentrale Rolle. Sie arbeiten vorwiegend mit ERP-Software und verwenden Kommunikationsgeräte zur Abstimmung mit internen und externen Schnittstellen. Im zukünftigen Szenario werden die vorhandenen Routinetätigkeiten automatisiert (vgl. Abbildung 5-2: Disposition – Workflowautomatisierung).

Nachfolgend ist ein Auszug aus dem Prozessbaustein *Koordinieren und Steuern* dargestellt (siehe Tabelle 5-2). Die mittlere Spalte bezeichnet die Werte für den aktuellen Prozess, die Parameter der rechten Spalte sollen in der Zukunft eintreten. Nach dem

gleichen Prinzip wurden auch alle anderen Bausteine ausgefüllt. Die Aufgabe Koordination und Reaktion auf Abweichungen für den Sonderfall inkludiert die Korrektur von Planabweichungen, wenn keine oder kaum Erfahrungswerte vorliegen. Aus diesem Grund wird diese Aufgabe auch zukünftig nicht automatisiert. Der Parameter Umgang mit Störungen im Prozess ist daher auf *selbstständige Behebung komplexer Störungen* gesetzt, da der Mitarbeitende fordernde Aufgaben selbstständig lösen muss. Auf ausgewählte weitere Parameter wird im nächsten Schritt eingegangen.

Tabelle 5-2: Auszug aus dem Prozessbaustein „Koordinieren und Steuern“ des Seriendisponenten

Individuelle Parameter	Aktuelle Situation	Zukünftiges Szenario
Konnektivität der Prozesse	Abteilungsübergreifend	
Anzahl der Datenquellen	Eine Quelle	Mehrere Quellen
Zustand der Daten	Bereinigt	
Ursache des Problems	Unbekannt	Analogie
Alternative Lösungen	Unbekannt	Analogie
Entscheidung über Maßnahmen	selbstständig	

Standardisierte Parameter	Aktuelle Situation	Zukünftiges Szenario
Prozessverantwortlicher	Disponent	
Arbeitsweise	Hauptsächlich im Team	
Auswirkungen von Entscheidungen	Mittelfristig (taktisch)	
Zeitdruck	Teilweise	
Logistik-Software: - Art - Häufigkeit der Nutzung - Umgang mit Störungen - Anzahl der Systeme	SAP, Liefer-Cockpit	
	ERP-System	
	Teilweise verwendet	
	Selbstständige Behebung routinierter Störungen	
	1	
Intelligente Software und Simulation: - Art - Niveau der Kenntnisse - Umgang mit Störungen	-	AI-System für die Disposition
	-	KI
	Nicht erforderlich	Grundlegende Kenntnisse
	Nicht vorhanden	Selbstständige Behebung komplexer Störungen
Automatisierung	Teilautomatisiert (arbeitsorientiert)	Teilautomatisiert (technikorientiert)
Grad der Digitalisierung	Mittel	Hoch
Umgang mit Störungen	Selbstständige Behebung komplexer Störungen	

### Vergleich aktueller und zukünftiger Prozesse

Die Prozessbausteine werden sowohl für den aktuellen als auch für den zukünftigen Prozess ausgefüllt. Im hier gezeigten Beispiel erfolgt in Zukunft der Einsatz intelligenter Software und Simulationen, die heute noch nicht implementiert sind. Außerdem sind Problemlösungen im Sonderfall für das Szenario nicht mehr gänzlich unbekannt, da vermehrt Tools eingesetzt werden, die Lösungsvorschläge auf Basis der bisherigen

Probleme bereitstellen. Alle Prozessbausteine und deren Parameter können verglichen und wichtige Veränderungen, die sowohl für das Unternehmen als Ganzes als auch für die einzelnen Mitarbeitenden relevant sind, hervorgehoben werden. Dabei wird deutlich, dass die Prozessbausteine sowohl für die aktuelle als auch zukünftige Ausgestaltung die gleichen bleiben. Allerdings erfolgen einige Tätigkeiten automatisiert, was zu grundlegenden Veränderungen der Ausprägungen der Parameter für das Jahr 2030 führt.

Für den Anwendungsfall zeigt sich, dass die Summe der nicht automatisierten Prozessbausteine aller Logistikbereiche in Zukunft abnimmt. Abbildung 5-3 stellt die beim Nutzfahrzeughersteller verwendeten Prozessbausteine über alle betrachteten Logistikprozesse dar und verdeutlicht den Rückgang der Anzahl an Prozessbausteinen für fast alle Arten an Tätigkeiten. Lediglich das Überwachen inklusive Störungsbehebung wird im künftigen Szenario häufiger ausgeprägt als in der momentanen Situation. Dies verdeutlicht die steigende Automatisierung bzw. Autonomisierung im Zielbild und den Wegfall manueller Tätigkeiten. Aktuell werden 98 Prozessbausteine verwendet und zukünftig lediglich 63. Allerdings spiegelt die Menge der eingesetzten Prozessbausteine nicht den Arbeitsaufwand und die notwendigen Mitarbeitenden wider, weshalb eine Quantifizierung hinsichtlich des Personalbedarfs hier nicht möglich ist.

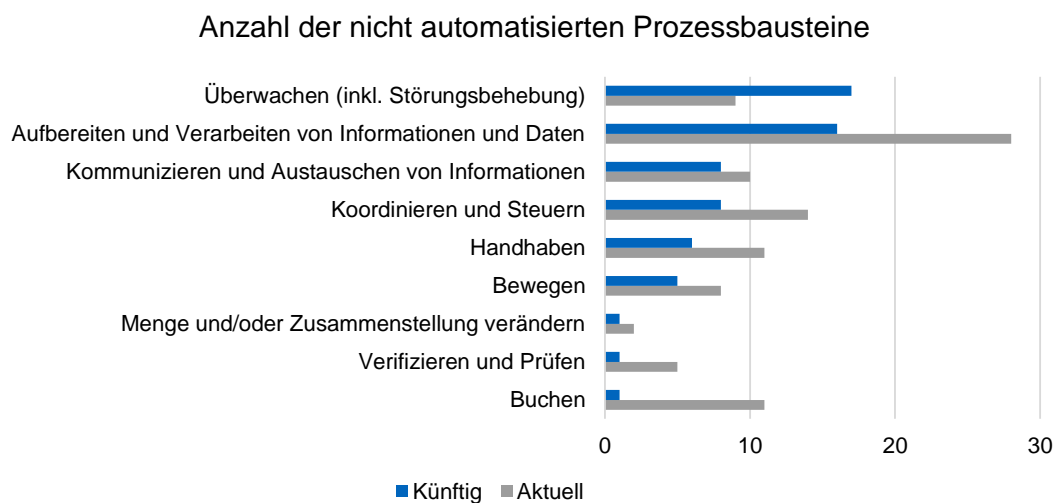


Abbildung 5-3: Vergleich der Anzahl an Prozessbausteinen

Als Ergebnis dieser Phase liegen beim Nutzfahrzeughersteller ausgeprägte Prozessbausteine der aktuellen und künftigen Tätigkeiten vor. Diese beinhalten die in der Zukunft eingesetzten Technologien und spiegeln insbesondere die Aufgaben der Mitarbeitenden wider. Das resultierte Szenario ist Grundlage für die Kompetenzermittlung (Phase 3) und für die Bestimmung der Kompetenzprofile (Phase 4). Zudem liefert es wertvolle Informationen für die Ermittlung der Qualifizierungsbedarfe und -inhalte (Phase 5).

### **5.1.3 Phase 2: Kompetenzmodell für operative und dispositive Logistikmitarbeitende**

Zur Erstellung eines Kompetenzmodells werden die Modellierungs-, Identifikations- und die Validierungsphase durchlaufen. Die ersten beiden Phasen wurden bereits in Abschnitt 4.4 vorgestellt. Auf deren Grundlage wurde ein Kompetenzmodell für die Logistik bestehend aus 17 Kompetenzen für den Nutzfahrzeughersteller entwickelt. Ziel der Validierung ist es, zu prüfen, ob sich mit Hilfe des Kompetenzmodells sowohl aktuelle als auch zukünftige Tätigkeiten in Kompetenzanforderungen übertragen lassen. Die spezifische Ermittlung der Kompetenzanforderungen in allen Prozessen folgt anschließend in Phase 3.

In dieser Phase werden zunächst die relevanten Kompetenzen im Modell bestätigt. Hierzu werden der innerbetriebliche Materialfluss sowie der Wareneingang als operative Aufgaben betrachtet und die Disposition als administrativer Bereich ausgewählt. Im Wareneingang erfolgen eine Automatisierung (u. a. bei der Avisierung, Anmeldung und Vereinnahmung) sowie die Einführung von Tracking- und Tracing-Technologien wie RFID. Dies erhöht den Bedarf an IT-Kompetenzen und den Umgang mit dem Informationsfluss, während die physische Belastung abnimmt. In Zukunft wird sich die Disposition auf komplexe Aufgaben konzentrieren, die nicht von einer intelligenten Informationsplattform und deren Algorithmen erledigt werden können. Das führt zu einer Zunahme der Kompetenz Umgang mit Apps und Automationen. Im aktuellen innerbetrieblichen Materialfluss sind Gabelstapler die vorherrschend genutzte Technologie, um Material für die Produktion bereitzustellen. Die Anwendung des logistikspezifischen Kompetenzmodells auf den aktuellen Prozess zeigt, dass der Umgang mit Materialfluss heute zu den Schlüsselkompetenzen gehört. Als Zukunftsszenario wurde die Materialbereitstellung mit AGVs anstelle von Gabelstaplern angenommen. Für das Szenario werden Anforderungen an den Umgang mit Informationsfluss und IT-Systemen gestellt, da im Störfall des autonomen Systems in das Leitsystem des Transportfahrzeugs eingegriffen werden muss.

Eine Übersicht aller Kompetenzen inklusive Definition, die in der Validierungsphase im Unternehmen bestätigt wurden, ist in Abbildung 5-4 gezeigt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Kompetenzmodell in den verschiedenen Prozessen anwendbar ist und die logistischen Tätigkeiten vollständig modelliert. Die Gespräche im Unternehmen ergeben eine hohe Akzeptanz des Kompetenzmodells bei den Mitarbeitenden und Führungskräften der bewerteten Abteilungen sowie in der Personalabteilung. Eine überschaubare Anzahl an Kompetenzen vereinfacht die operative Nutzung für die Anwender. Die Kompetenzen sind hinreichend präzisiert, um zukünftige Szenarien in den Prozessen abzubilden. Die Möglichkeit, die logistikspezifischen Kompetenzen zu bestimmen, sorgt für eine Verdeutlichung der anstehenden Veränderungen und für eine

frühzeitige Auseinandersetzung mit den kommenden Herausforderungen. Durch die kompetenzspezifischen Verhaltensanker können zukünftige Veränderungen in den Kompetenzen exakt dargestellt werden.

Kompetenz	Definition
Englischkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann relevante Informationen aus dem Arbeitsbereich und dem Alltagsleben verstehen</li> <li>– kann sich mündlich und schriftlich ausdrücken und auf die Gesprächspartner einstellen</li> <li>– im eigenen Spezialgebiet können Fachdiskussionen und Verhandlungen bestritten werden</li> </ul>
Kommunikationskenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann aktiv zuhören und hinterfragen</li> <li>– kann komplexe Zusammenhänge verständlich und prägnant darstellen</li> <li>– kann sich sprachlich auf die Gesprächspartner einstellen</li> </ul>
Teamfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann sich in ein Team integrieren und aktiv zum Gruppenergebnis beitragen</li> <li>– kann Kompromisse eingehen und Konsensentscheidungen treffen</li> <li>– kann Konflikte rechtzeitig wahrnehmen und mit Kritik sachlich und konstruktiv umgehen</li> </ul>
Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann neue Themen und Aufgaben aufgeschlossen und unvoreingenommen bearbeiten</li> <li>– kann sich schnell auf veränderte Situationen und Rahmenbedingungen einstellen</li> <li>– kann Bestehendes an neue Anforderungen anpassen und mit Anpassungen umgehen</li> </ul>
Umgang mit Unsicherheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann mit Unsicherheit im Prozess umgehen</li> <li>– kann mit Unsicherheit im Arbeitsumfeld umgehen (z. B. fehlende Daten, Schwankungen)</li> </ul>
Umgang mit psychischer Belastung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann bei außergewöhnlichen Anforderungen leistungsfähig bleiben</li> <li>– kann mit Frustrationen umgehen</li> <li>– kennt Strategien zur Stressbewältigung und kann sie anwenden</li> </ul>
Problemlösefähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann Konflikte und Probleme erkennen und lösen</li> <li>– verwendet Prozesse und Methoden zur Problemlösung</li> </ul>
Entscheidungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann Folgen und Risiken seiner Entscheidung abwägen</li> <li>– kann Alternativen prüfen und fundierte sowie ausgewogene Entscheidungen treffen</li> <li>– kann unpopuläre Entscheidungen vertreten</li> </ul>
Umgang mit Komplexität	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann zunehmend komplexe Arbeitsinhalte beherrschen</li> <li>– Kann mit besonderen Herausforderungen von Komplexität im Unternehmensalltag umgehen und dabei die Situation analysieren, die Ursachen suchen und Strategien, Aktionen sowie Maßnahmen ableiten</li> </ul>
Analytisches Denkvermögen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kennt Methoden zur Strukturierung von Inhalten/Sachverhalten</li> <li>– ist offen gegenüber abstraktem Denken und kann Ursachen von Auswirkungen unterscheiden</li> </ul>
Interdisziplinarität	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann fachübergreifend arbeiten und integriert sich in einem erweiterten Personenkreis</li> <li>– denkt interdisziplinär und versteht die Relevanz des Zusammenspiels der Bereiche</li> </ul>
Umgang mit Materialfluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>– physischer Umgang mit Material innerhalb eines Teilprozesses</li> <li>– kann ein Materialflussgerät bedienen, einstellen, umrüsten (z. B. Gabelstapler)</li> <li>– kennt Sicherheitsvorkehrungen im Umgang mit Materialfluss</li> <li>– kann häufig auftretende Störungen selbst beheben</li> </ul>
Umgang mit Informationsfluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann logistikspezifische Informationen bearbeiten, umsetzen und strukturieren</li> <li>– kann prozessspezifische Informationen mittels Logistiksystemen be- und verarbeiten</li> <li>– kann ein Informationsflussgerät bedienen (mobile Endgeräte) und Störungen beheben</li> </ul>
Logistikspezifische Prozesskenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kennt die Arbeitsabläufe im eigenen, vor- und nachgelagerten Bereich</li> <li>– kann die Konsequenzen der eigenen Arbeit für die nachgelagerten Bereiche berücksichtigen und kennt die relevanten Schnittstellen/Ansprechpartner</li> <li>– kann Arbeitsabläufe im Verantwortungsbereich analysieren und leitet Optimierungen ein</li> </ul>
Umgang mit IT-Systemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann die relevanten IT-Systeme anwenden und erklären (z. B. SAP (ERP), WMS, IT-Plattformen, Cloud)</li> <li>– kann die IT-Systeme einbinden und aktualisieren</li> </ul>
Umgang mit Apps und Automationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann mit automatischen Routinen und Anwendungen umgehen und versteht diese</li> <li>– kann Anpassungen vornehmen bzw. einfache Fehler bei automatischen Routinen und Anwendungen beheben, diese neu programmieren und entwickeln</li> </ul>
Umgang mit Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann Daten bereinigen, visualisieren und Zusammenhänge erschließen</li> <li>– kann grundsätzliche mathematische Formeln und statistische Auswertungen verstehen</li> <li>– kann Funktionen und Anwendungen zur Analyse und Visualisierung von Daten programmieren und die Ergebnisse der Daten kritisch hinterfragen</li> <li>– kann Datenanalysen durchführen und Algorithmen wie Machine Learning einsetzen</li> </ul>

Abbildung 5-4: Kompetenzen und Definitionen

Das Ergebnis dieser Phase ist ein Kompetenzmodell für die operative und dispositive Logistik. Die Kompetenzen wurden in Gesprächen mit den unterschiedlichen Abteilungen des Nutzfahrzeugherstellers überprüft und deren Eignung zur Abbildung der aktuellen und zukünftigen Anforderungen an die Mitarbeitenden bestätigt. Dabei erfolgte nur die Betrachtung der Kompetenz und nicht der erforderlichen Kompetenzniveaus. Letztere werden in der anschließenden Phase 3 festgelegt.

#### **5.1.4 Phase 3: Kompetenzermittlung für aktuelle und zukünftige Logistikprozesse**

In der Phase 3 wird zunächst das Schema zur Bestimmung von Kompetenzanforderungen bestimmt. Hierzu liegen für die fünf Schritte zur Erarbeitung, vgl. Abschnitt 4.5.2, bereits die wesentlichen Informationen vor. Ein Kompetenzmodell für die Logistik wurde in Phase 2 erstellt. Für den Input aus der Logistik kann auf die Ergebnisse von Phase 1 zurückgegriffen werden. In Workshops mit den Teilnehmenden der Arbeitskreise werden zudem die Referenzanforderungen für die Kompetenzprofile identifiziert, sodass zu ausgewählten Prozessbausteinen und Profilen bereits Einschätzungen zu den aktuellen und künftigen Anforderungen vorliegen. Darüber hinaus werden für die Bestimmung der Einflussfaktoren, welche die Kompetenzanforderung festlegen, Expertengespräche mit der HR-Abteilung durchgeführt. Auch hierfür können die Parameter und Ausprägungen der Prozessbausteine genutzt werden. Die Erkenntnisse werden verknüpft und für die Erstellung des Kompetenzbewertungsschemas genutzt. Dieses besteht aus einer Vielzahl von Parametern, die eine Einstufung der 17 Kompetenzen auf einer Skala von null (Kompetenz nicht erforderlich) bis drei (herausragende Kompetenz) ermöglichen. Das Schema ermöglicht die Ermittlung der Kompetenzanforderungen für alle Prozessbausteine aus Phase 1 mittels des Kompetenzbewertungsschemas.

#### **Anwendung der Methode**

Das Schema zur prozessspezifischen Kompetenzermittlung wird, wie im Beispiel aus Abschnitt 4.5.3, in drei Schritten vollzogen. Anders als in der Methode beschrieben, liegen bei der Anwendung aller Phasen aus Kapitel 4 bereits die notwendigen Informationen für Schritt 1 vor, um eine automatische Ableitung der Kompetenzanforderungen zu ermöglichen. Für die im ersten Schritt geforderte Erhebung der aktuellen und zukünftig zu erwartenden Prozessinformationen kann auf die ausgeprägten Prozessbausteine und deren Parameter zurückgegriffen werden. Hierzu liegen für die aktuellen und künftigen Prozessbausteine ausgeprägte Parameter vor, die als Einflussfaktoren genutzt werden.

Die Bestimmung der tätigkeitsspezifischen Kompetenzen anhand des Kompetenzbewertungsschemas erfolgt im zweiten Schritt des Anwendungsteils der Methode. Dazu wird das Kompetenzbewertungsschema verwendet, das die Merkmale im Prozess in Kompetenzanforderungen übersetzt. Für die aktuellen und zukünftigen Prozessbausteine ergeben sich die in Abbildung 5-5 gezeigten durchschnittlichen Kompetenzbewertungen. In dem Spinnendiagramm sind die Kompetenzen der Prozessbausteine dargestellt, die nicht automatisiert, also durch Mitarbeitende, ausgeführt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die spezifischen Tätigkeiten, wie z. B. Bewegen, nicht unbedingt mit Anforderungen an alle 17 Kompetenzen einhergehen. Entsprechend ist das Ergebnis verzerrt und erst nach der Bündelung der Tätigkeiten in Kompetenzprofile interpretierbar.

Die geplante Automatisierung hat zur Konsequenz, dass einfache Tätigkeiten nicht mehr durch die Mitarbeitenden ausgeführt werden. Demnach nimmt die Anzahl an Prozessbausteinen für die Zukunft ab, wobei die verbleibenden Tätigkeiten höhere Kompetenzanforderungen stellen. Ein besonders starker Anstieg ist bei den Kompetenzen *Umgang mit Apps und Automationen*, *Umgang mit Daten* sowie *analytisches Denkvermögen* zu verzeichnen. Danach folgen logistikspezifische Prozesskenntnisse, die zudem auch die höchste absolute Kompetenzanforderung aufweisen. Der Rückgang des Umgangs mit Materialfluss ist nicht darauf zurückzuführen, dass die operativen Mitarbeitenden künftig weniger dieser Fähigkeit benötigen, sondern resultiert aus dem Umstand, dass in den dispositiven Aufgaben diese Kompetenz nicht gefordert wird. Die operativen Tätigkeiten machen in Zukunft einen kleineren Anteil an Prozessbausteinen aus, weshalb die Anforderung in dieser Auswertung abnimmt.

Auf den dritten Schritt wird verzichtet, da die Zuordnung der Tätigkeiten zu Profilen über den in Phase 4 gezeigten Ansatz zur datengetriebenen Ermittlung von Anforderungsprofilen erfolgt.

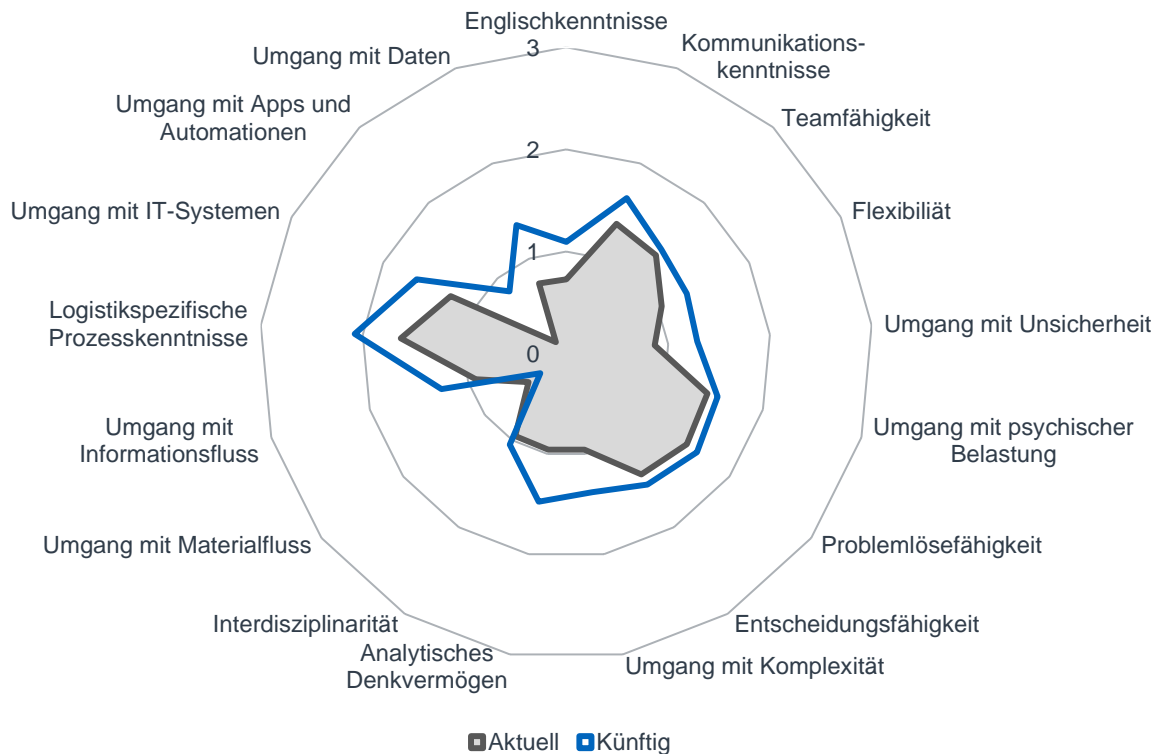


Abbildung 5-5: Durchschnittliche aktuelle und zukünftige Kompetenzanforderungen für die nicht automatisierten Prozessbausteine

### Bewertung der Ergebnisse

Das Kompetenzbewertungsschema wird in der gesamten Logistikabteilung des Nutzfahrzeugherstellers angewandt. Die Informationen aus den verschiedenen Workshops und Gesprächen werden genutzt, um das Schema kontinuierlich zu verbessern. Die Genauigkeit des Ermittlungsschemas wird durch den Vergleich der Ergebnisse mit den Einschätzungen von Logistikexperten überprüft. Dazu erfolgen zum einen die Ermittlung der Kompetenzanforderungen mit Hilfe des Kompetenzbewertungsschemas und zum anderen die selbstständige Einstufung der Kompetenzanforderungen durch die jeweiligen Mitarbeitenden in den Logistikabteilungen. Der erste Entwurf des Kompetenzbewertungsschemas ermittelte 51 Prozent aller Kompetenzen identisch zu den Niveaus der Experten. Allerdings stufen in 36 Prozent der Fälle die Experten die Anforderungen höher ein, als es das Schema aufzeigt. Dieses Ergebnis ist aufgrund des Dunning-Kruger-Effekts zu erwarten [Dun-2011]. HRM-Experten bestätigen, dass die beteiligten Mitarbeitenden dazu neigen, die Kompetenzanforderungen zu überschätzen, und dass die Subjektivität der Experteneinschätzungen zu einer leichten Abweichung der Ergebnisse führen kann.



Um diese Ergebnisse zu verbessern, wurden die Abweichungen mit Logistikexperten in Arbeitsgruppen und Interviews diskutiert. Diese bestätigten entweder, dass das Ergebnis des Schemas angemessen ist, oder lieferten stichhaltige Gründe für ihre Einschätzung. Nach einer Iterationsschleife treten keine Abweichungen von mehr als einer Kompetenzstufe auf. 68 Prozent der Kompetenzen wurden identisch mit der Einschätzung der Experten bestimmt, 26 Prozent eine Stufe niedriger und sechs Prozent eine Stufe höher. Das Schema liefert also direkt Kompetenzeinschätzungen, die bei vorhandener Prozessbeschreibung das zeitaufwändige Ermitteln der Kompetenzen in Gesprächen obsolet machen. Zudem zeigt sich die Relevanz, die Kompetenzbewertung auf ein vordefiniertes, gemeinsam genutztes und nachvollziehbares Zusammenspiel von Faktoren zu stützen und nicht auf individuelle, subjektive Eindrücke.

Als Ergebnis dieser Phase liegen beim Nutzfahrzeughersteller Kompetenzanforderungen für die aktuellen und zukünftigen Tätigkeiten vor. Diese basieren auf den zuvor konfigurierten Prozessbausteinen, die in Kompetenzanforderungen überführt worden sind. Nach Prüfung und Überarbeitung durch die Experten liegen die Anordnungen vor, die dann in den nachfolgenden Kompetenzprofilen (Phase 4) Berücksichtigung finden.

#### **5.1.5 Phase 4: Kompetenzprofile zur Bündelung von Anforderungen**

In Phase 4 werden die Prozessbausteine und Tätigkeiten, die bei dem Nutzfahrzeughersteller identifiziert wurden, in Kompetenzprofilen gebündelt. Hierzu werden in allen Logistikbereichen Workshops organisiert, um die Ähnlichkeitsfaktoren zu bestimmen und um den Prozessbausteinen Kerntätigkeiten zuzuordnen. Letztere werden genutzt, damit die Ähnlichkeitsfaktoren erkannt und gewichtet werden und ein Clustern erfolgen kann. Die Anwendung findet in drei Schritten statt (vgl. Abschnitt 4.6.2).

In *Schritt 1* wird eine Datenbasis mit den Aufgaben der Mitarbeitenden inklusive der Ähnlichkeitsfaktoren bereitgestellt. Hierfür kann auf die Ergebnisse der Phase 1 und die dort durchgeführten Workshops in den Arbeitsgruppen zurückgegriffen werden. Im Zuge dessen wurden die Teilprozesse und Aufgaben in den jeweiligen Bereichen identifiziert und im Hinblick auf ihre zukünftigen Veränderungen beschrieben. Die Parameter und deren Ausprägungen in den Prozessbausteinen werden als potenzielle Ähnlichkeitsfaktoren für das Clustern genutzt. Die Experten geben hierzu ihre Einschätzung ab, welche Parameter als Differenzierungsmerkmal herangezogen werden sollen und schließen infolgedessen irrelevante Aspekte aus. Dadurch wird eine spätere Überanpassung (engl. overfitting) vermieden, welche durch die Berücksichtigung zu vieler Faktoren bei den Algorithmen entstehen kann. Zudem werden in den

Workshops den Prozessbausteinen die in Abschnitt 4.6.2 identifizierten Kerntätigkeiten zugeordnet.

Diese Zuordnung wird in *Schritt 2* zur Selektion der geeigneten Klassifikationsmethode verwendet. Hierfür werden die vorausgewählten Ähnlichkeitsfaktoren und deren Parameter als Eingangsgröße und die Klassen der Kerntätigkeiten als zu differenzierende Zielgröße festgelegt. Nach Aufteilung des Datensatzes in einen Trainings- und einen Testdatensatz werden unterschiedliche Klassifikationsmethoden angewandt, von denen das Random Forest Modell mit einer Fehlerquote von 3,2 Prozent das beste Ergebnis liefert. Darüber hinaus zeigt die Konfusionsmatrix, welche einzelnen Tätigkeiten vom Modell einer falschen Kerntätigkeit zugeordnet werden. So wird beispielsweise eine Aufgabe, die der Aufgabenklasse Steuerung zugeordnet ist, vom Modell in die Aufgabenklasse administrative Abwicklung verschoben. Das Klassifikationsverfahren gibt auch Aufschluss darüber, welches die zentralen Ähnlichkeitsfaktoren für die jeweilige Klassifikation darstellen. In diesem Fall sind die Anzahl der Datenquellen, der Vernetzungsgrad der Prozesslandschaft und der Eingangszustand der Daten die Faktoren mit der höchsten Relevanz für die Differenzierung.

Die gewichteten Ähnlichkeitsfaktoren werden in *Schritt 3* für das Cluster der Tätigkeiten zu Profilen verwendet. Dabei werden zehn Cluster als optimal Anzahl identifiziert, weshalb das Clustering-Verfahren zur Bestimmung der zehn Cluster durchgeführt wird. Das Ergebnis zeigt Cluster mit homogenen Ähnlichkeitsfaktoren. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass beispielsweise Aufgaben aus dem Wareneingang Ähnlichkeiten mit den Tätigkeiten im Warenausgang aufweisen und infolgedessen in einem Cluster kombiniert werden können. Zudem empfiehlt der Algorithmus die Aufgaben des Key Users noch einmal für den administrativen Bereich sowie für die Planung und Steuerung zu differenzieren. Letztere werden aufgrund des stärkeren Fokus auf Predictive Analytics und Simulation getrennt betrachtet. Dies resultiert in zwei eigenständigen Profilen, die in den vorangegangenen Überlegungen im Unternehmen bisher noch nicht berücksichtigt wurden.

Dennoch erfolgt abschließend eine Überprüfung der Ergebnisse mit den Teilnehmenden der Workshops und Experten aus der Personalabteilung. Die Kontrolle und Anpassung wurde für alle zehn vorgeschlagenen Cluster durchgeführt, sodass letztlich acht zukünftige Anforderungsprofile für die Logistik des Nutzfahrzeugherstellers abgeleitet werden, die der Prozesslandschaft in Abbildung 5-6 zugeordnet sind.

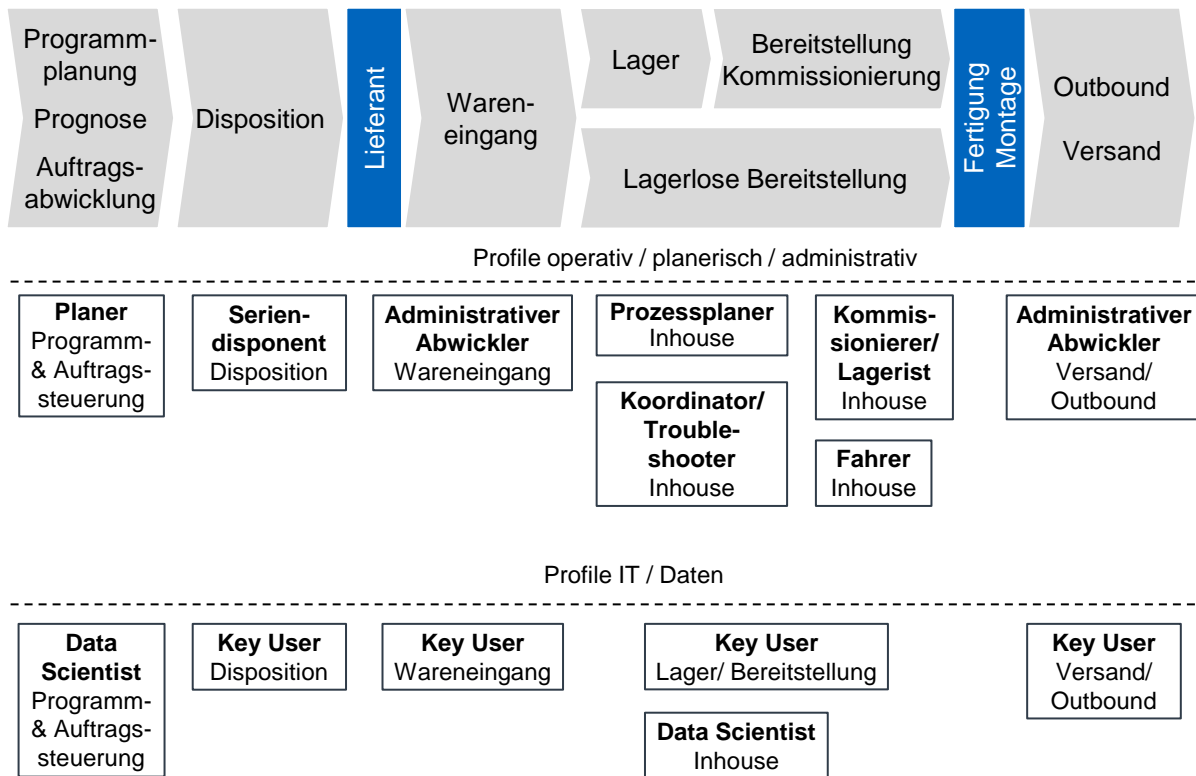


Abbildung 5-6: Identifizierte Kompetenzprofile und Einordnung in den Logistikprozess

Die Profile sind:

- **Planer Programm- und Auftragssteuerung:** Dieses Anforderungsprofil befasst sich mit der strategischen Planung und Prognose des Produktionsprogramms und führt die Auftragseinplanung und -optimierung durch. Die Planung, Steuerung und Optimierung wird künftig durch Simulation und den Einsatz von Machine Learning unterstützt. Zudem erleichtern automatisierte Workflows das Reporting und die systemische Umsetzung von Programmen und Prognosen. Ausgangsbasis hierfür sind digitalisierte Prozesse und übergreifende Datenplattformen.
- **Prozessplaner:** In diesem Anforderungsprofil werden Layout- und Strukturplanungen durchgeführt. Darüber hinaus finden die Analyse und Simulation des innerbetrieblichen Materialflusses statt. Die gewonnenen Informationen und Erkenntnisse, auch aus den Identifikations- und Ortungssystemen, werden zur Optimierung von Abläufen und Strukturen genutzt. Ferner sind die Aufbereitung von Daten und die Auswertung von Analysen mittels Business Intelligence (BI)-Systemen dem Profil zugeordnet.
- **Key User administrativ:** Die Tätigkeiten in diesem Profil umfassen die Sicherstellung der echtzeitnahen Datenerfassung und -anbindung sowie den Umgang und Support für Logistik- und Transportsysteme. Zudem beinhaltet es das Monitoren und Eingreifen bei systemischen Abweichungen und den Anstoß von Lösungen,

ggf. zusammen mit der IT-Abteilung. Die Automatisierung von Routinetätigkeiten unterstützt der administrative Key User durch die Entwicklung kleinerer Apps und automatisierter Workflows.

- *Key User Planung/Steuerung (Data Scientist)*: Das Anforderungsprofil umfasst die Pflege und Verbesserung des Datenabbaus mittels Datenplattformen. Daneben werden komplexe Auswertungen umgesetzt und Vorlagen für Datenanalysen sowie Optimierungen mittels KI bereitgestellt. Das Profil, das die Schnittstelle zur IT-Abteilung darstellt, beinhaltet die Entwicklung von Routinen und Anwendungen in Form von Workflowautomatisierungen sowie die Einbindung von IT-Systemen. Des Weiteren fällt in das Kompetenzprofil das Eingreifen bei Systemstörungen.
- *Disponenten*: Zum Tätigkeitsfeld gehört der Umgang mit Logistikdaten und -systemen. Zudem nutzen Disponenten Tools zur Datenaufbereitung und -visualisierung. Sie überwachen die Prozesse zur Sicherung der Materialverfügbarkeit im Inbound und greifen bei Abweichungen sowie bei Sonderfällen ein.
- *Koordinatoren*: Das Aufgabengebiet enthält die Überwachung und Steuerung des Materialflusses, der autonomen Transportfahrzeuge und selbststeuernde Systeme sowie ein entsprechendes Flottenmanagement. Bei inhaltlichen Abweichungen wird eingegriffen und Lösungen werden angestoßen. Außerdem verfügt der Koordinator über Wissen zu Logistikdaten und -systemen.
- *Abwicklung administrativ*: Dieses Anforderungsprofil verantwortet die Überwachung und Steuerung des Wareneingangs und -ausgangs. Die automatisierten Prozesse werden mittels Echtzeitinformationen überwacht und bei Sonderfällen sowie Abweichungen erfolgt ein manueller Eingriff. Dies inkludiert Reklamationen, Zollabwicklungen, die Regressierung und die Erstellung besonderer Ausfuhrdokumente. Außerdem gehört das Management des Leerguts zum Aufgabenumfang.
- *Abwicklung operativ*: Operative Mitarbeitende sind für die Kommissionierung, den Transport sowie die Ein- und Auslagerung zuständig. Dabei werden Tätigkeiten automatisiert (z. B. durch AGVs) oder unterstützt (z. B. mittels Pick-by-X-Systemen) durchgeführt. Zusätzliche Informationen werden den Beschäftigten in Echtzeit über mobile Endgeräte zur Verfügung gestellt und helfen bei der Optimierung von Abläufen und bei der Verbesserung der Qualität. Dies ist u. a. aufgrund des flächendeckenden Einsatzes von Identifikations- und Ortungssystemen möglich.

Das Ergebnis dieser Phase sind Kompetenzprofile, die an die Gegebenheiten beim Nutzfahrzeughersteller angepasst sind und die zuvor aufgenommenen Informationen bei der Ermittlung der Profile berücksichtigen. Dadurch können Strukturen in bestehenden

Profilen überprüft und für die zukünftige Ausrichtung optimiert werden. Abschließend resultiert dies in den Kompetenzprofilen inklusive der dort notwendigen Kompetenzanforderungen. Anknüpfend daran können die Informationen für die Ermittlung der profil-spezifischen Qualifizierungsbedarfe und -inhalte in Phase 5 genutzt werden.

### 5.1.6 Phase 5: Qualifizierungsbedarfe und -inhalte

Die in Abschnitt 4.7.2 entwickelte und vorgestellte vierstufige Methode wird in den Logistikabteilungen angewandt. In allen Arbeitsgruppen werden Workshops durchgeführt, an denen Logistikexperten aus verschiedenen Werken und Beschäftigte der Personalabteilung teilnehmen. Dies dient dazu, aktuelle und zukünftige Informationen zu Prozessen, Technologien (vgl. Phase 1) und Kompetenzen (vgl. Phase 3) zu erfassen und für die unterschiedlichen Anforderungsprofile (vgl. Phase 4) transparent zu spezifizieren. Auf der Grundlage des allgemeinen Qualifizierungskonzepts werden dann die spezifischen Inhalte entwickelt. Abbildung 5-7 zeigt das dreiteilige Qualifizierungskonzept, das als Ergebnis der Methode resultiert.

Für alle drei Ebenen werden Modulsteckbriefe erstellt, die neben den erarbeiteten Schulungsinhalten auch Qualifizierungsmaßnahmen einbeziehen. Input für die Maßnahmen sind die bereits vorhandenen Qualifizierungen im Unternehmen (z. B. Trainings Academy, interne Dokumentationen, Tutorials, Wikis), die um externe Recherchen zu den am Markt vorhandenen Schulungen (z. B. Coursera, Masterplan, Pluralsight, Udacity, Udemy) ergänzt werden.

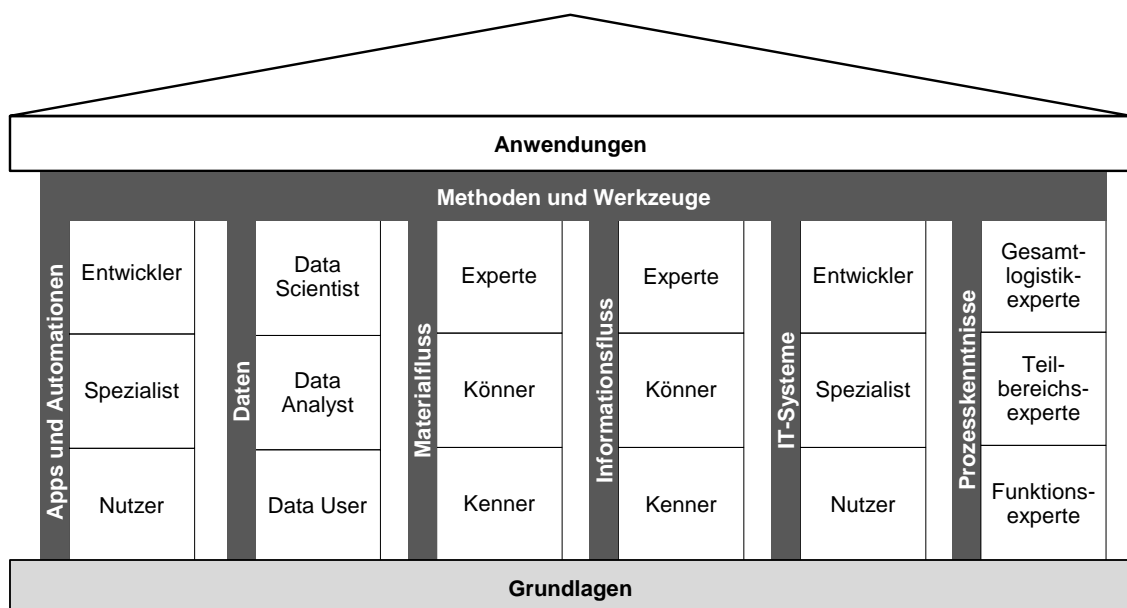


Abbildung 5-7: Qualifizierungskonzept für die Logistik

Der untere Bereich des Qualifizierungshauses stellt die *Grundlagen* dar, die sich an alle Mitarbeitende der Logistik richten. Diese vermitteln das notwendige Grundwissen, um bei der Auswahl, Konzeption und Umsetzung von Methoden sowie von Technologien mitwirken zu können. Dabei beinhalten die Grundlagen vor allem Themen in Bezug auf den organisatorischen und prozessualen Wandel. Dies umfasst Themen wie die Industrie 4.0, die Digitalisierung in der Logistik, Informationen zu Schlüsseltechnologien und das Arbeiten im digitalen Umfeld. Beispielsweise bietet der Grundkurs Digitalisierung der Lernplattform Masterplan in diesem Rahmen fundamentales Verständnis zu den mit der Industrie 4.0 einhergehenden Veränderungen und entwickelt ein notwendiges Mindset bei den Mitarbeitenden.

Der mittlere Bereich adressiert die *Methoden und Werkzeuge*. Da die Analyse der Kompetenzveränderungen für die unterschiedlichen Anforderungsprofile gezeigt hat, dass der Wandel primär im Bereich der Fachkompetenzen erfolgt, richtet sich dieser Teil des Qualifizierungskonzepts an die Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext des Anwendungsbereichs der Logistik. Hier werden sechs Kompetenzen als essenziell eingestuft. Für jede Kompetenzanforderung werden die Qualifizierungsinhalte festgelegt, die zum Erreichen der Stufe benötigt werden. Zudem erfolgen ein Abgleich und die Suche nach relevanten Schulungen, wie am Beispiel der Kompetenz „Umgang mit Daten“ in Abbildung 5-8 gezeigt ist. Dies ermöglicht im operativen Einsatz bei Unterdeckung der Kompetenzanforderung dem Mitarbeitenden direkt eine passende Schulung anbieten zu können. Beim Umgang mit Daten wird zwischen den Stufen Data User (Kenner), Data Analyst (Könnler) und Data Scientist (Experte) unterschieden, die jedoch aufeinander aufbauen. Die Kompetenzanforderung, die zu erfüllen ist, kann dem jeweiligen Kompetenzprofil entnommen werden.

Stufe	Qualifizierungsinhalte	Mögliche Schulungen
1 - Data User	Grundlegende Kenntnisse beim Visualisieren, Reporting & Analysieren von Daten: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Datenanalyse, Datenvisualisierung (u. a. Nutzen bereitgestellter Dashboards)</li> <li>– Datenbereinigung, Excel Basis (Reporting und Analysieren)</li> </ul>	Lernpfad Business Analytics für Einsteiger Business Analytics für Anwender Datenvisualisierung mit MS Office
2 - Data Analyst	Kenntnisse für umfangreichere Analysen mittels statistischer Tools und Business Intelligenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Datenanalysen mithilfe statistischer Tools wie Datenbereitstellung und -bereinigung: SQL (Access)</li> <li>– Datenanalyse und -visualisierung: Erstellung SAC/Power BI – Dashboards, Excel (bestehendes Repertoire)</li> <li>– Automatisierte Analysen: VBA, Matlab (Grundlagen Programmierung)</li> </ul>	Introduction SQL Big Data in R: SQL Building first Data Analysis Workflows SAP Analytics Cloud
3 - Data Scientist	Expertenkenntnisse bei der Datenanalyse und Entwicklung von Modellen und Algorithmen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Komplexe Datenanalysen durchführen u. a. unter Einsatz von KI (Predictive Analytics), Process Mining (z. B. Celonis)</li> <li>– Erstellen neuartiger Auswertungen und Einbindung neuer Informationsquellen (noSQL)</li> <li>– Kenntnisse über Datenmodelle und -algorithmen</li> <li>– Fortgeschrittene Programmierkenntnisse (Python für ML)</li> </ul>	Forschungstrends und Grundlagen zur KI Artificial Intelligence: The Big Picture of AI Grundlagen ML Interpreting Data Using Statistical Models with Python Python for Data Analysts Data Science Big Picture

Abbildung 5-8: Qualifizierungsinhalte für die Kompetenz „Umgang mit Daten“

Der obere Bereich des Qualifizierungskonzepts, bestehend aus den *Anwendungen*, ermöglicht die Verknüpfung der erlernten Fähigkeiten im Kontext der Aufgaben und Technologien. Hierzu werden spezifische Anwendungsfälle zu den bereits identifizierten Technologiefeldern definiert (siehe Abbildung 5-9). So lernen die Mitarbeitenden situationsbezogen direkt am Arbeitsplatz, wodurch der Praxisbezug sichergestellt ist und ein Lernerfolg gefördert wird. Für die 15 Technologiefelder, die in Phase 1 ermittelt wurden, finden sich Beschreibungen zu möglichen Anwendungsfällen, die ebenfalls mit den Kompetenzprofilen verknüpft sind.

Dem Nutzfahrzeughersteller liegen nach dieser Phase Qualifizierungsinhalte vor, welche die zuvor identifizierten Kompetenzveränderungen und -lücken schließen können. Dabei wurde auf die Berücksichtigung des soziotechnischen Systems geachtet, damit eine zielgerichtete und spezifische Qualifizierung entsprechend des Kompetenzprofils erfolgen kann. In nachgelagerten Gesprächen wurden die Inhalte bereits konkretisiert und erste Schulungen identifiziert sowie die Ergebnisse im Rahmen des Mitarbeitergesprächs kommuniziert.
















Technologiefeld	Anwendungsfall	Technologiefeld	Anwendungsfall
 <b>Autonomes Fahren</b>	Einsatz autonomer Transportsysteme für den Warentransport im In- und Outdoorbereich	 <b>Sensorsysteme</b>	Automatische Übermittlung von Zustandsveränderungen (z. B. in Form von Gewichtsveränderungen in Behältern)
 <b>Automatisches Be- und Entladen</b>	Minimaler Eingriff durch den Bediener bei der Be- und Entladung von Trailern oder Containern	 <b>Mobile Computing</b>	Digitale Abwicklung administrativer Wareneingangsprozesse (z. B. mit Tablets)
 <b>Nachhaltige Fördertechnik</b>	Einsatz emissionsfreier Fördermittel (z. B. Gabelstapler mit Wasserstoffantrieb)	 <b>Wearables</b>	Angeleitete Kommissionierprozesse (z. B. Pick-by-Vision)
 <b>Bionische Mitarbeiterunterstützung</b>	Exoskelette unterstützen den Routenzugfahrer bei Transportaufgaben für eine ergonomische Sitzposition	 <b>Datenplattformen</b>	Verwaltung und Zugriff auf Informationen aus verschiedenen Quellen
 <b>Autonomes Kommissionieren</b>	Autonome Pick- und Put-Prozesse	 <b>Echtzeit-Informationen</b>	Effiziente und echtzeitnahe Datenaufbereitung für die Steuerung zulaufender LKWs im Wareneingang
 <b>Identifikationssysteme</b>	Erfassung und Nachverfolgung des Materials im Warenausgang (z. B. RFID)	 <b>Simulationen mit KI</b>	Selbstlernende Algorithmen unterstützen in Entscheidungsprozessen
 <b>Ortungssysteme</b>	Erfassung der Materialzugänge durch die Lokalisierung zulaufender LKWs im Wareneingang	 <b>Selbststeuernde Systeme</b>	Eigenständige Steuerung des Systems unter Berücksichtigung von Echtzeit-Informationen (z. B. Flottenmanagement)
		 <b>Workflowautomatisierung</b>	Generierung automatischer Reports (z. B. durch RPA)

Abbildung 5-9: Technologische Anwendungsfälle im Rahmen des Qualifizierungskonzepts

### 5.1.7 Zusammenfassung der Anwendung

Die Durchführung des Vorgehensmodells im industriellen Praxisfall verdeutlicht die Anwendbarkeit der Lösung. Dabei wurden alle fünf Phasen ausgeführt, wobei bei der stringenten Abarbeitung von Synergien profitiert werden konnte. Diese ermöglichten das Zurückgreifen auf Informationen, die bereits im Rahmen der zuvor absolvierten Phasen erhoben wurden und verschlankten dadurch die Durchführung. Die erfolgreiche Anwendung zeigte zudem, dass der fünfteilige Ansatz aufeinander abgestimmt und durch konsistente Schnittstellen verknüpft ist, was den Anwendern die Umsetzung erleichtert. Die ersten drei Phasen wurden darüber hinaus in einem Matlab-Tool implementiert, um einen nahtlosen Ablauf zu ermöglichen (siehe Anhang B.1). Die Kompetenzprofile aus Phase 4 können hier ebenfalls hinterlegt werden. Die visuelle Aufbereitung unterstützt die Erarbeitung der Qualifizierungsinhalte in Phase 5. Die Inhalte wurden zudem auch im Nachgang beim Industriepartner genutzt und u. a. bei den folgenden Mitarbeitergesprächen sowie bei der Bereitstellung von neuen Trainings eingesetzt.



Teilnehmende in unterschiedlichen Phasen des Vorgehensmodells geben in den Experteninterviews die Rückmeldung, dass ein Kompetenzmanagement auf soziotechnischer Betrachtungsbasis für die Logistik sinnvoll erscheint. Zudem unterstützen sie die systematische Erarbeitung, beginnend bei der Strategie oder bei einem Zielbild und dem damit verbundenen Technologieeinsatz. Bestätigung haben sowohl die Vorgehensweise als auch die Ergebnisvorstellung erfahren, die beim Unternehmen in den Arbeitskreisen und im Logistikleiterkreis durchgeführt wurde. Die positive Resonanz ermöglichte bereits die Umsetzung von Feedback. So sind ausgewählte Kompetenzprofile, die im Rahmen des Vorgehensmodells erarbeitet und spezifiziert wurden, mittlerweile systemisch den Mitarbeitenden zugeordnet. Diese können im Rahmen der Mitarbeitergespräche auf die Kompetenzanforderungen und auf künftig zu erwartende Veränderungen zugreifen. Ergänzt wird dies durch eine detaillierte Tätigkeitsbeschreibung und die im Szenario eingesetzten Technologien. Des Weiteren wurden beim Nutzfahrzeughersteller Aktivitäten für einen Rollout eines Qualifizierungsprogramms auf Basis der Ergebnisse aufgenommen.

Gesamthaft bleibt festzuhalten, dass die methodische Lösung ein systematisches Kompetenzmanagement ermöglicht und eine bisher stark subjektive Kompetenzbewertung unterstützt. Die konsistente Datenerhebung und Nutzung in den diversen Phasen plausibilisiert Einschätzungen, die bisher nicht hinreichend spezifiziert werden konnten. Zudem werden gänzlich neue Erkenntnisse geliefert, wie die Aufteilung des Profils eines Key Users in zwei differenzierte Anforderungsprofile. Darüber hinaus werden die Diskussion und kritische Auseinandersetzung mit dem künftigen Wandel angestoßen.

Für die letztlich identifizierten Kompetenzprofile ergeben sich die in Abbildung 5-10 dargestellten durchschnittlichen Kompetenzanforderungen. Die automatisch ermittelten Kompetenzanforderungen wurden im Zuge der Bündelung zu Kompetenzprofilen und der Überprüfung kaum durch die Beteiligten angepasst. Demnach sind die Kompetenzanforderungen auf der Ebene der Kompetenzprofile deutlich akkurater als für die einzelnen Prozessbausteine. Für die Kompetenzveränderungen zeigt sich besonders die Zunahme der Anforderungen beim Umgang mit Apps und Automationen, IT-Systemen und Daten. Die höchsten Fähigkeiten und Fertigkeiten werden in Bezug auf die logistikspezifischen Prozesskenntnisse benötigt. Trotz der Automatisierung nimmt der Bedarf am Umgang mit Materialfluss nicht ab (vgl. Zwischenergebnis der Phase 3 in Abschnitt 5.1.4). Ein Rückgang der Niveaus ist aufgrund der technologischen Unterstützung beim Umgang mit Unsicherheit sowie bei der Problemlösefähigkeit erkennbar.

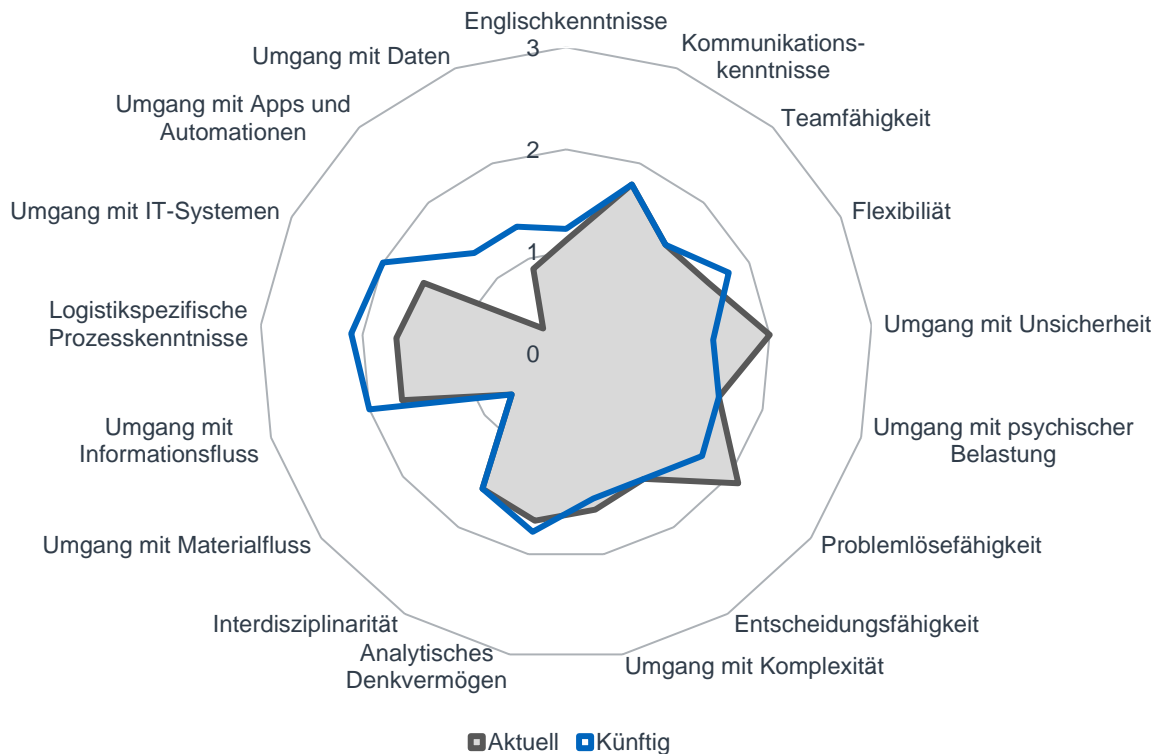


Abbildung 5-10: Durchschnittliche aktuelle und künftige Kompetenzanforderungen für die ermittelten Profile im Anwendungsfall

## 5.2 Validierung durch die Anwender

Im Rahmen der Arbeit wurde ein Vorgehensmodell zum Kompetenzmanagement in der Logistik erarbeitet und im industriellen Umfeld eingesetzt. Nach der erfolgreichen beispielhaften Anwendung werden nun mit Hilfe leitfadengestützter Experteninterviews das Vorgehensmodell und die damit zu erzielenden Ergebnisse validiert.

Die Ergebnisse der Umfrage sind aus der Zusammenarbeit im Rahmen der Abschlussarbeit von [Zie-2021] entstanden. Im nächsten Abschnitt wird zunächst auf die Datenerhebung und -auswertung eingegangen. Danach folgen die Darstellung der Experteninterviews und die Ableitung von Erkenntnissen sowie die infolgedessen durchgeführten Anpassungen des Vorgehensmodells.

### 5.2.1 Datenerhebung und -auswertung

Die Datenerhebung erfolgt mit Hilfe leitfadengestützter Experteninterviews. Diese bieten bei halbstrukturierter Form und Durchführung im Rahmen von Einzelinterviews die notwendige Kombination aus Systematik und Flexibilität. Die Befragung erfolgt, ohne dass den Teilnehmenden die letztendliche Lösung der Arbeit – die Methode aus fünf

Phasen – vollumfänglich vorgestellt wird. Vielmehr sollen die notwendigen Ergebnisse und Teilaspekte der Methode gesammelt und im Nachgang mit der in Kapitel 4 vorgestellten Lösung abgeglichen und somit überprüft werden. Die im Leitfaden aufgenommenen Fragen untergliedern sich in vier Themenblöcke, die jeweils erzählauffordernde Fragen beinhalten.

Der erste Teil befasst sich mit den Veränderungen im soziotechnischen System, der Betrachtung von Kompetenzmanagement und mit der Ableitung von Qualifizierungsbedarfen. Der zweite Teil zur Qualifizierungsbedarfsanalyse widmet sich dem Vergleich aktueller und künftiger Anforderungen sowie dem daraus resultierenden Handlungsbedarf in Bezug auf die Qualifizierung. Der dritte Teil zu Qualifizierungskonzepten betrachtet die allgemeine Gestaltung der Qualifizierung von Mitarbeitenden und die Auswahl des richtigen Formats bei Schulungen. Der abschließende vierte Teil zur Konzeption von Schulungsmaßnahmen spricht die modulare Gestaltung und die Aufteilung der Qualifizierungsinhalte in Grundlagen, methodische Weiterbildung und Anwendungen an.

Die Auswahl der Experten erfolgt aufgrund der jeweiligen Funktion und Aufgabe im Unternehmen. Da primär die Praktikabilität der erarbeiteten Methode untersucht und validiert wird, werden diverse Perspektiven der betrieblichen Mitarbeitenden und Führungskräfte integriert. Neben Beschäftigten aus der Logistik findet auch die Perspektive der Personalabteilung Berücksichtigung (siehe Tabelle 5-3). Für eine paritätische Verteilung werden jeweils fünf Personen der Personalabteilung, die größtenteils im Bereich der Personalentwicklung arbeiten, und fünf Mitarbeitende und Führungskräfte in der Logistik befragt. Die Gespräche haben eine durchschnittliche Dauer von 23 Minuten und wurden für die bessere Analyse aufgezeichnet.

Tabelle 5-3: Übersicht über die Interviewteilnehmer

#	Abteilung	Position	Dauer
11	Logistikstrategie	Planerin	21 min
12	Logistikstrategie	Abteilungsleiterin	26 min
13	HR – Academy	Doktorand	20 min
14	HR – Academy	Abteilungsleiter	26 min
15	HR – Qualifizierung	Trainerin	20 min
16	Werkslogistik	Abteilungsleiter	24 min
17	HR – Academy	Mitarbeiterin	25 min
18	Logistikstrategie	Planer	19 min
19	Produktionssysteme	Bereichsleiter	27 min
110	HR – Group Academy	Teamleiterin	23 min

Die durchgeführte Datenauswertung erfolgt mittels der inhaltlich-strukturierenden Untersuchung in Anlehnung an das sechsstufige Verfahren von *Meuser und Nagel* [Meu-2009]. Im Verlauf der qualitativen Inhaltsanalyse wird eine Informationsgrundlage geschaffen und mit Hilfe der Erstellung von Kategorien eine inhaltliche Strukturierung der Daten erzeugt.

Nach der Durchführung der Interviews werden die Aussagen der befragten Experten innerhalb der Kategorien strukturiert. Im Zuge dessen werden Gemeinsamkeiten und Differenzen zwischen den Gesprächen herausgearbeitet. Im Anschluss erfolgt eine Zusammenfassung der zentralen Ansichten der Befragten aus der empirischen Analyse.

### **5.2.2 Informationen aus den Experteninterviews**

#### **Veränderungen im soziotechnischen System**

Bei der Ermittlung von Qualifizierungsbedarfen in der Logistik werden unterschiedliche Aspekte thematisiert. Die Aussagen der Experten variieren an dieser Stelle, was auf das offene Fragenformat zum Auftakt des Gesprächs zurückzuführen ist.

Die Interviewpartner gehen auf die diffizile Vorhersagbarkeit ein, mit der die Veränderungen der Prozesse und Technologien sowie der Rollen und Tätigkeiten der Mitarbeitenden in Zukunft prognostiziert werden können (11, 8). Zwei Befragte fügen hinzu, dass es dementsprechend wichtig ist, Strategien und Zielbilder bei der Analyse der Veränderungen und bei der Ermittlung von Qualifizierungsbedarfen zu berücksichtigen (14, 6). Ebenfalls sollten bei der Bestimmung der technologische Wandel und die korrelierenden Möglichkeiten, wie beispielsweise neue Arbeitsweisen durch die steigende Vernetzung zwischen Mensch und Maschine, einbezogen werden (14). Zudem wird angemerkt, dass die Details zu den Veränderungen für den jeweiligen Mitarbeitenden und dessen Rolle entscheidend sind und spezifisch vorliegen müssen (15, 8). Auch sollten die eigenen Fähigkeiten, der sogenannte Ist-Zustand, als Basis für weitere Analysen angenommen werden (17, 8). Untersuchungen sollten auch betrachten, welche Kenntnisse zu welchem Zeitpunkt benötigt werden und welche spezifischen Inhalte hierbei vermittelt werden müssen (19).

Die Sinnhaftigkeit der Betrachtung des soziotechnischen Systems für das Kompetenzmanagement wird von allen Interviewpartnern bestärkt. Die Experten sind sich über die Notwendigkeit der Berücksichtigung der drei Teilsysteme Mensch, Organisation und Technik bei der Ermittlung des Qualifizierungsbedarfs einig (11-10). Diese drei Aspekte bilden den Grundbaustein, um Veränderungen aufzunehmen und zielführend

Qualifizierungsbedarfe ableiten zu können (12, 4, 5, 6, 8). Die Abhängigkeiten müssen dabei beachtet werden, da der Wandel von Technologien mit veränderten Prozessen, Tätigkeiten und ebenfalls mit neuen Kompetenzanforderungen einhergeht (17).

### **Qualifizierungsbedarfsanalyse**

Im Rahmen der Qualifizierungsbedarfsanalyse wird die Wichtigkeit der Betrachtung aktueller und künftiger Anforderungen für eine transparente Analyse von allen zehn Experten unterstützt (11-10). Der Ist-Zustand der Mitarbeitenden soll erhoben werden, da dieser das momentane Niveau und die aktuellen Kenntnisse abbildet (12, 6, 10). Eine Interviewpartnerin weist darauf hin, dass oft der Fokus zu stark auf den aktuellen Anforderungen liegt und künftige Bedarfe früher betrachtet werden müssen, um nicht verspätet zu qualifizieren (17). Zwei Experten sind der Meinung, dass eine Gegenüberstellung der Anforderungen gegeben sein sollte, jedoch der Schwerpunkt beim Qualifizierungsbedarf auf den zukünftigen Anforderungen liegen sollte (13, 4). Ein Interviewpartner ergänzt, dass eine möglichst genaue Erhebung des Soll-Zustands notwendig ist (14).

Ein Interviewpartner merkt bezüglich des Zeithorizonts an, dass die Mitarbeitenden rechtzeitig für die Veränderungen fit gemacht werden müssen (12). Ein mittelfristiger Betrachtungszeitraum sollte dafür dienen, Schulungsbedarfe für die Mitarbeiter so abzustimmen, dass diese in mehreren Schritten absolviert werden können, da sonst die Gefahr einer Überforderung besteht (12). Eine Interviewpartnerin weist darauf hin, dass außerdem ein Zeitraum von zehn Jahren betrachtet werden sollte, um visionär analysieren zu können, welche Prozesse, Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen sich wandeln werden (12).

### **Qualifizierungskonzept**

Qualifizierung ist ein sensibles Thema, bei dem zunächst der Qualifizierungsbedarf für den Mitarbeitenden durch den Vorgesetzten vermittelt werden muss (12). Deswegen sollten den Beschäftigten die Notwendigkeit des Lernens sowie die Chancen, die sich für die Zukunft daraus ergeben, dargelegt werden (12). Die Mitarbeitenden müssten zunächst den Wandel verstehen und gegebenenfalls dahingehend motiviert werden (15, 10). Eine entscheidende Rolle nimmt die jeweilige Führungskraft ein, die während des gesamten Prozesses als Ansprechpartner zur Seite stehen sollte (12, 5). Die Lernkultur in Unternehmen müsse sich laut den Experten stark ändern. Es erfolgt ein Wandel von einmaligem Lernen (z. B. in Form einer Ausbildung) hin zu lebenslangem und selbstgesteuertem Lernen (14, 9). Neben den Unternehmen sind zunehmend auch die Mitarbeitenden selbst für die Qualifizierung verantwortlich. Allerdings müssen hierfür

entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden (15, 7, 10). Eine weitere Forderung ist die Verknüpfung zwischen der Unternehmensstrategie und der Qualifizierung (17). Sofern ein Umbruch angestrebt wird, sollte überprüft werden, welche Konsequenzen dies auf die anzubietenden Schulungen hat (13). Bei der Qualifizierung für Themen, welche in naher Zukunft noch nicht gebraucht werden, besteht die Gefahr, dass das Wissen nicht angewandt wird oder bis zur Nutzung nicht mehr präsent ist. Die Qualifizierung sollte deswegen effektiv bzw. effizient gestaltet und Inhalte flexibel in kleinen Lerneinheiten den Mitarbeitenden zur Verfügung gestellt werden (14).

Neben den allgemeinen Fragen zur Gestaltung der Qualifizierung wird im Rahmen der Interviews nachgefragt, welche Formate für den Kompetenzerwerb am sinnvollsten erscheinen. Laut den Experten ist eine Kombination unterschiedlicher Ansätze anzustreben (17, 9, 10). Dabei sollten theoretische Inhalte mit praktischen Einsätzen gepaart sein und sowohl in Präsenz als auch online angeboten werden (17, 9, 10). Einige Experten sprechen sich dafür aus, dass praxisorientiertes Lernen am Arbeitsplatz und/oder im Arbeitsprozess am einprägsamsten sind. Als Beispiele werden Trainings on-the-Job genannt (14, 6).

### **Konzeption von Schulungsmaßnahmen**

Im Hinblick auf die Aufteilung in die Module Grundlagen, Methoden und Werkzeuge sowie Anwendung sind sich alle Experten einig, dass die Kategorisierung sinnvoll und umfassend ist (11-10). Die drei Ebenen seien gut aufeinander abgestimmt und das Konzept auch mit wenig Aufwand auf andere Bereiche übertragbar (11). Die Hälfte der Befragten fordern, dass neben den drei Modulen auch noch individuelle Themen, wie z. B. Ersthelferschulungen oder Systemberechtigungen, in das Qualifizierungskonzept integriert werden sollten (11, 2, 5, 7, 8). Diese Aspekte waren allerdings nicht Teil der vorliegenden Arbeit. Zudem wird eine regelmäßige Überprüfung und gegebenenfalls Erweiterung um neue Technologien und Kompetenzanforderungen gefordert. Dies ermöglicht eine zielgerichtete und bedarfsgerechte Entwicklung der Mitarbeiterkompetenzen (18).

In Bezug auf die Grundlagen streben die Experten an, dass das Thema Veränderungsbereitschaft hinreichend berücksichtigt werden sollte (12, 5). Bezüglich des Detaillierungsgrads sind sich die Befragten einig, dass die bei dem Vorgehensmodell gewählte Granularität auf Kompetenzprofilebene sinnvoll ist und wertvolle Informationen bereitstellt (11-10).

### 5.2.3 Erkenntnisse für das Vorgehensmodell

Die Untersuchung hat die Notwendigkeit der gesamthaften Berücksichtigung des soziotechnischen Systems bestätigt. Die drei Teilsysteme Mensch, Technik und Organisation bilden demnach den Grundbaustein, um zukünftige Qualifizierungsbedarfe ableiten zu können. Das erarbeitete Qualifizierungskonzept (Phase 5) als Resultat des Vorgehensmodells ermöglicht es, Logistikmitarbeitende auf Basis einer genauen Beschreibung der Veränderungen im soziotechnischen System für ihre zukünftige Arbeit gezielt und frühzeitig zu qualifizieren. Auch in den zuvor durchlaufenen Phasen werden mit der tätigkeitsorientierten Prozessbeschreibung (Phase 1), dem Kompetenzmodell für operative und dispositive Bereiche (Phase 2) und den prozessspezifischen Kompetenzanforderungen (Phase 3) die Teilaspekte des soziotechnischen Systems spezifisch für die Kompetenzprofile der Logistik (Phase 4) verknüpft.

Hinsichtlich des Zeithorizonts bestätigen die Experten die Annahme, dass strategische Mitarbeiterqualifizierung auf mittel bis langfristige Veränderungen abzielen sollte. Alle zehn Experten sind sich einig, dass aktuelle und künftige Anforderungen mit in die Analyse einzubeziehen sind. Entsprechend erfolgen von Phase 1 an die Differenzierung und Betrachtung von aktueller Situation und geplantem Szenario. Veränderungen zwischen den aktuellen und künftigen Anforderungen werden mittels Kompetenzspinnen transparent für den Anwendenden dargestellt und ermöglichen einen schnellen Vergleich von Ist- und Soll-Zustand sowie erste Hinweise auf Qualifikationsbedarfe. Letztere werden speziell in Phase 5 noch einmal explizit dargestellt und für die anschließende operative Umsetzung aufbereitet und konkretisiert.

Des Weiteren unterstützen die Gesprächspartner die Annahme, dass sich die Lernkultur zum lebenslangen und selbstgesteuerten Lernen verändern wird. In puncto Schulungen sind sich die Experten einig, dass eine Kombination aus unterschiedlichen Formaten notwendig ist. Das Spektrum der Lernformate reicht von einfachen Übersichten oder Kurzvideos, bis hin zu logistikspezifischen webbasierten, aber auch praxisorientierten Lernformaten, die sich am Kompetenzprofil und dessen Entwicklungen ausrichten.

Bezüglich des Aufbaus des Qualifizierungskonzepts bestätigen die Experten die Annahme, dass es notwendig und sinnvoll ist, im Rahmen der Qualifizierung unterschiedliche Lernmodule zur Verfügung zu stellen. Bei der Ausgestaltung des Konzepts konnten die drei Module Grundlagen, Methoden und Werkzeuge sowie die Anwendung erarbeitet werden. Bei der Beschreibung der fünf Phasen in Kapitel 4 wird hierauf eingegangen.

Darüber hinaus werden einige zusätzliche Punkte in den Interviews genannt, die ebenfalls bei der Anpassung des Vorgehensmodells umgesetzt wurden. Die Experten fordern ein, dass im Zuge der Grundlagen überfachliche Kompetenzen abgebildet werden sollen. Bei der Strukturierung und inhaltlichen Überarbeitung dieses Moduls wurde deshalb darauf geachtet, besonderen Fokus auf diese Kompetenzen zu legen. Die überfachlichen Kompetenzen finden sich in den Inhalten des Grundlagenmoduls wieder. So sind beispielweise die Kompetenz *Umgang mit Flexibilität* sowie *Umgang mit Komplexität* dem Themengebiet New Work zugeordnet. Die Kompetenzen *Kommunikationskenntnisse* und *Interdisziplinarität* sind um Inhalte zum Arbeiten im digitalen Umfeld ergänzt.

Zusätzlich sollen nach den Experten individuelle Themen, wie spezielle Systemberechtigungen oder Ersthelferschulungen, dem Qualifizierungskonzept hinzugefügt werden. Auf diese individuellen Kompetenzen wurde im Rahmen der Ausgestaltung und Anpassung jedoch verzichtet. In dem erarbeiteten Vorgehensmodell fiel die gewählte Granularität auf die Kompetenzprofile. Mit der disziplinarischen Führungskraft können allerdings, z. B. im Rahmen der Mitarbeitergespräche, solche individuellen Themen ergänzt werden.

### **5.3 Qualitative Befragung von Technologieanbietern**

Die bisherige Forschung konzentriert sich stark auf die Perspektive der Nutzer und vernachlässigt die Sichtweise der Anbieter von Technologien für die Logistik (vgl. Abschnitt 2.2.2), obwohl dies für einen vollständigen Überblick über die erforderlichen Kompetenzen notwendig ist. Ziel der qualitativen Befragung ist es, für die Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik die relevanten Technologien zu identifizieren, um basierend darauf die notwendigen Kompetenzanforderungen aus Sicht der Technologieanbieter zu ermitteln und diese mit den Ergebnissen aus dem Anwendungsfall abzugleichen.

Die Befragung der Technologieanbieter wurde in der Publikation [Koh-2020a] veröffentlicht, die aus der betreuten Abschlussarbeit [Kna-2020] resultierte. Nachdem im nächsten Abschnitt die Forschungsmethode dargestellt wird, folgen die Ergebnisse zu den Kompetenzanforderungen und die daraus abgeleitete Schlussfolgerung.



### 5.3.1 Forschungsmethode

Zur Ermittlung der Kompetenzanforderungen werden halbstrukturierte Experteninterviews durchgeführt. Der Fragebogen dient der ersten Orientierung und gibt einen Ordnungsrahmen für die Interviews. Anknüpfend wird der offene Charakter eines explorativen Experteninterviews genutzt, um ein breites Spektrum an Informationen zu sammeln. Die Fragen sind in drei Themenblöcke unterteilt: Technologie, Prozess und Kompetenzen der Mitarbeitenden. Die Interviews geben Aufschluss über die Funktion der in den Prozessen eingesetzten Lösungen, die Rolle der Beschäftigten in den Prozessen beim Umgang mit den Technologien sowie die Anforderungen an notwendige Kompetenzen.

Die Experteninterviews dauerten im Durchschnitt 38 Minuten. Hierfür wurden insgesamt 27 Unternehmen kontaktiert, davon beantworteten 19 Experten die Fragen. Die Teilnehmenden stammen aus unterschiedlichen Unternehmen, von Start-ups mit 40 Mitarbeitenden bis hin zu Konzernen mit über 100.000 Beschäftigten. Die Ergebnisse von 17 Interviews werden zur Ermittlung der Kompetenzanforderungen herangezogen. Zwei Ergebnisse können für die weitere Analyse nicht berücksichtigt werden, da sie nicht umfangreich und differenziert genug sind. Zu jeder Technologie erfolgen mindestens zwei Interviews. Bei der Auswahl der Unternehmen wurde darauf geachtet, dass zu jeder Technologie mit mindestens zwei Firmen Gespräche geführt wurden.

### 5.3.2 Kompetenzanforderungen der Technologieanbieter

#### Technologiespezifische Kompetenzanforderungen

Für jede Technologie werden die erforderlichen Kompetenzen auf der Grundlage ausgewählte Anwendungsfälle und der entsprechenden Bewertung der Technologieanbieter analysiert. Im Zuge der Interviews werden 16 Kompetenzen genannt, die in Tabelle 5-4 dargestellt sind.

Für *CPS* werden methodische und fachliche Kompetenzen gefordert, die für den Betrieb der Hardware des RFID-Systems erforderlich sind. Für Softwareaspekte sind Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Geräten und in der Nutzung von Software relevant.

*IoT* benötigt Kompetenzen in allen Kategorien. Die Technologie hat Auswirkungen auf die Betriebs- und Planungsebene und besteht aus Hardware- wie auch Softwarekomponenten. Hierfür sind besonders methodische und fachliche Fähigkeiten von Relevanz.

Tabelle 5-4: *Einschätzung der Technologieanbieter zu den Kompetenzanforderungen für unterschiedliche Technologien*

Kategorie	Kompetenz	CPS	IoT	BD	KI	AR	MRK
Methodische Kompetenzen	Analytisches Denken	●	●	●	●	●	●
	Umgang mit Komplexität	●	●	○	○	○	●
	Entscheidungsfähigkeit	●	●	●	●	●	●
	Problemlösefähigkeit	●	●	●	○	●	●
Persönliche Kompetenzen	Abstraktes Denken	○	●	●	○	○	○
	Umgang mit Regeln	○	○	○	○	○	●
	Flexibilität	○	○	○	○	○	●
	Lernbereitschaft	○	●	●	○	○	●
Fachliche Kompetenzen	Umgang mit digitalen Geräten	●	●	○	○	●	●
	Umgang mit MRK	○	○	○	○	○	●
	Umgang mit Software	●	●	●	●	●	●
	IT-Fähigkeiten	○	●	●	●	○	●
	Logistikspezifisches Wissen	●	●	●	●	●	●
	Instandhaltungsfähigkeit	●	●	○	○	●	●
	Programmierkenntnisse	○	○	○	●	○	○
	Umgang mit Daten	○	●	●	●	○	○

○	Nicht erforderlich	●	Erforderlich
---	--------------------	---	--------------

Für *Big Data* ist eine Vielzahl von Kompetenzen erforderlich. Die Technologie wertet Daten aus und liefert Erkenntnisse, die operativ und planerisch genutzt werden können. Hiervon sind unterschiedliche Ebenen der Mitarbeiter betroffen, die fachliche Kompetenzen im Zusammenhang mit der Nutzung von Software benötigen. Ergänzt werden diese um methodische Kompetenzen wie analytisches und abstraktes Denken.

*KI* bedarf umfangreicher Fachkenntnisse, weshalb die digitale, softwarebasierte Technologie hauptsächlich von Spezialisten genutzt wird. *KI* ist die einzige Technologie bei der die Befragten Programmierkenntnisse für die Überführung der komplexen Algorithmen in Quellcode als erforderlich nennen. Dies ist allerdings nur für die Entwicklung und nicht für die Nutzung von *KI* notwendig.

Für *AR* werden methodische und fachliche Kompetenzen benötigt. Im gewählten Anwendungsfall unterstützt *AR* den Kommissionierprozess, vereinfacht die Arbeit der Logistikmitarbeitenden und führt somit zu einer geringeren Arbeitsbelastung. Dennoch sind Kompetenzen im Umgang mit der Hard- und Software sowie beim Auftreten von Problemen unumgänglich.

MRK benötigt von allen Technologien das breiteste Spektrum an Fachwissen, da es sowohl Hardware- als auch Softwareaspekte umfasst. Dies erfordert die Einbeziehung von Mitarbeitenden auf der Betriebs- und Planungsebene, wobei jede Rolle für ihren Tätigkeitsbereich unterschiedliche Fähigkeiten erfordert. Darüber hinaus ist es die einzige Technologie, bei der Kompetenz im Umgang mit Vorschriften und Richtlinien genannt wird. Dies ist auf die strengen Regularien zurückzuführen, die für die Zusammenarbeit von Robotern und Menschen gelten.

### Auswirkungen auf die Berufsprofile in der Logistik

Die Kompetenzanforderungen werden auf der Grundlage der verschiedenen Berufsprofile – Logistikmitarbeiter, Vorarbeiter und Logistikplaner – diskutiert. Tabelle 5-5 zeigt eine Zusammenfassung der Kompetenzveränderungen für die verschiedenen Profile.

Tabelle 5-5: Kompetenzveränderungen für Berufsprofile und Technologien (Zunahme +; Abnahme -)

Technologie	Profil	Änderungen bei den Kompetenzen	
CPS, IoT	Logistik- mitarbeiter	+ Umgang mit Komplexität + Umgang mit digitalen Geräten	- Logistikspezifisches Wissen - Belastung
	Vorarbeiter	+ Analytisches Denken + Entscheidungsfähigkeit	+ Instandhaltungsfähigkeit + Problemlösefähigkeit
	Logistik- planer	+ Umgang mit Software + Logistikspezifisches Wissen	- Umgang mit Komplexität - Belastung
MRK, AR	Logistik- mitarbeiter	+ Umgang mit Komplexität + Umgang mit digitalen Geräten	+ Umgang mit MRK - Belastung
	Vorarbeiter	+ Analytisches Denken + Entscheidungsfähigkeit	+ Instandhaltungsfähigkeit + Problemlösefähigkeit
	Logistik- planer	+ Umgang mit MRK + Umgang mit Software	+ IT-Fähigkeiten + Problemlösefähigkeit
Big Data, KI	Logistik- planer	+ Abstraktes Denken + Analytisches Denken + Entscheidungsfähigkeit + Umgang mit Software + IT-Fähigkeiten	+ Logistikspezifisches Wissen + Problemlösefähigkeit + Programmierkenntnisse + Umgang mit Daten - Belastung

Vorerfahrungen der Logistikmitarbeitenden aus dem operativen Bereich umfassen meist eine Berufsausbildung und Expertise im Tätigkeitsbereich. Für sie sind Kompetenzen im Umgang mit Komplexität sowie mit digitalen Geräten unerlässlich. Darüber

hinaus ist ein Rückgang der Belastung und des notwendigen logistikspezifischen Wissens zu beobachten, der sich aus der zunehmenden Informationsbereitstellung durch den Einsatz neuer Technologien sowie der Automatisierung ergibt. Die Digitalisierung ermöglicht die einfache Darstellung von Informationen und die Anleitung der Mitarbeitenden, was z. B. die Einarbeitung vereinfacht.

Die Rolle der Vorarbeiter baut auf dem Aufgabenprofil des Logistikmitarbeitenden auf. Zusätzlich zu den Grundqualifikationen verfügen Vorarbeiter über tätigkeitsübergreifende Erfahrungen und übernehmen ein gewisses Maß an Verantwortung in dem Bereich. Die Vorarbeiter benötigen methodische Fähigkeiten zur Problemlösung und zur Entscheidungsfindung sowie analytisches Denken. Darüber hinaus ist Fachkompetenz in der Instandhaltung erforderlich. Da operative Tätigkeiten nicht direkt ausgeführt werden, profitiert der Mitarbeitende nur bedingt von der Entlastung durch die Technologien.

Die Logistikplaner sind verantwortlich für Materialflüsse, Logistikstrukturen und deren Veränderungen. Die Voraussetzung ist ein abgeschlossenes Hochschulstudium und Erfahrung in diesem Tätigkeitsbereich. Die Aufgaben beziehen sich auf den betrieblichen Ablauf, obwohl der Planende nicht direkt in diesen eingebunden ist. Zu den Tätigkeiten gehört außerdem der Umgang mit gängiger logistikspezifischer Software, wie ERP-Systemen. Das Kompetenzprofil ist durch methodische Fähigkeiten geprägt. Auch Software- und IT-Kompetenz sind wichtig, da viele der Technologien zur Digitalisierung der Logistik eingesetzt werden. Bei den Technologien *BD* und *KI* gibt es nur für die Rolle des Logistikplanenden Kompetenzanforderungen, da die anderen beiden Profile primär operativ tätig und daher als Anwender nur über die Softwareoberfläche von diesen Technologien betroffen sind.

### **Allgemeine Erkenntnisse aus der Umfrage unter Technologieanbietern**

Durch die Analyse der Einschätzungen der Technologieanbieter konnten die folgenden drei Schlüsselkompetenzen für den Einsatz von Technologien in der Logistik identifiziert werden: logistikspezifisches Wissen, Umgang mit Software und Entscheidungsfähigkeit. Dieses Ergebnis resultiert aus der wachsenden Automatisierung, bei der die Mitarbeitenden zunehmend in einer Überwachungs- und Entscheidungsposition agieren und die verschiedenen Automatisierungslösungen auf Basis von Software unterstützen und verstehen müssen. Für alle Technologien sind logistikspezifische Kenntnisse erforderlich, da trotz des zunehmenden Technologieeinsatzes Fachwissen unerlässlich ist.

### 5.3.3 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Analyse weist darauf hin, dass sich die Anforderungen an die Kompetenzen in Abhängigkeit von den eingesetzten Hard- und Softwareprodukten verändern. Die Technologien unterstützen die Logistikmitarbeitenden bei ihren Tätigkeiten und helfen ihnen durch die Bereitstellung von Informationen, was zu einer Reduktion einiger Kompetenzanforderungen führt. Zudem werden einige Aufgaben automatisiert, sodass die Logistikmitarbeitenden dann nur noch in Ausnahmefällen tätig werden müssen. Generell besteht die Tendenz, dass für die derzeit niedrigen Qualifikationsniveaus insgesamt weniger Kompetenzen benötigt werden, während für die mittleren Qualifikationsniveaus weitere methodische Fähigkeiten, wie z. B. Problemlösungsfähigkeit, erforderlich sind. Höhere Qualifikationsniveaus erfordern mehr Fachwissen, insbesondere in der Programmierung, und umfangreiche Kenntnisse über die Logistikprozesse.

Die Untersuchung identifiziert zukünftig relevante Kompetenzen und Anforderungen an Logistikmitarbeitende, um Industrie 4.0-Technologien bedienen und nutzen zu können. Durch die Analyse von Kompetenzveränderungen lassen sich Qualifikationsanforderungen und entsprechende Entwicklungs- und Trainingsmaßnahmen für unterschiedliche Mitarbeiterprofile ableiten. Die Quelle der Primärdaten sind Technologieanbieter, welche Experten in ihrem Produkt- und Dienstleistungsbereich sind und die Ableitung von Kompetenzanforderungen ermöglichen. Außerdem ist zu beachten, dass die Änderungen und die benötigten Niveaus nicht spezifisch festgelegt werden konnten. Zudem hatten die Experten jeweils nur einen fokussierten Blick auf ihr jeweiliges Produkt, was Aussagen im Kontext des anwendenden Unternehmens erschwert. Die Erarbeitung eines detaillierten Szenarios, die Beschreibung der Auswirkungen auf die unterschiedlichen Anforderungsprofile und die konkrete Bewertung von Kompetenzanforderungen und Qualifizierungsbedarfen ist im Zuge der Befragung nicht möglich gewesen. Dennoch liefert die Untersuchung eine weitere hilfreiche Perspektive für den Kompetenzaufbau in der Logistik.

Zusammenfassend erfolgte die Befragung von Technologieanbietern, um eine externe Einschätzung der relevanten Kompetenzanforderungen zu erhalten und zum Abgleich mit den Ergebnissen des Vorgehensmodells. Dabei wurden die Schlüsselkompetenzen *logistikspezifisches Wissen*, *Umgang mit Software* und *Entscheidungsfähigkeit* ermittelt. Die ersten beiden Kompetenzanforderungen decken sich mit dem industriellen Anwendungsfall. Die Entscheidungsfähigkeit erfährt beim Nutzfahrzeughersteller jedoch kaum Veränderung. Bei der Umfrage wurden allerdings auch Aufgaben von Führungskräften betrachtet, was die vorliegende Diskrepanz erklären könnte. Gesamthaft bleibt festzuhalten, dass der systematische Ansatz mit den fünf Phasen deutlich präziser ist als die Möglichkeiten im Rahmen eines qualitativen Interviews. Entsprechend

sind die Ergebnisse der Befragung zu undifferenziert und die angenommenen Prämissen nicht vergleichbar. Die Erhebung verdeutlicht dennoch die Tendenzen und Entwicklungen und bestärkt somit die Ergebnisse des umfangreichen Lösungsansatzes im Praxisfall.

## 6 Diskussion

---

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Forschungsarbeit bewertet und diskutiert. Hierfür wird zunächst überprüft, inwiefern die entwickelte Lösung die Anforderungen erfüllt. Des Weiteren erfolgen die Beantwortung der Forschungsfragen und die Darstellung der Grenzen sowie Limitationen.

### 6.1 Erfüllung der Anforderungen

Die in Abschnitt 3.5.2 spezifizierten Anforderungen für ein systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik unterteilen sich in inhaltliche und anwendungsbezogene Prämissen. Diese werden im Folgenden bezüglich ihrer Erfüllung diskutiert.

#### Inhaltliche Anforderungen

Das Vorgehensmodell soll in der *operativen und dispositiven Logistik* anwendbar sein. Die Implementierung im Rahmen der industriellen Anwendung hat gezeigt, dass eine Durchführung des Vorgehensmodells möglich ist. Im Zuge dessen konnten die Logistikprozesse der operativen und dispositiven Bereiche aufgenommen und die dort notwendigen aktuellen und künftigen Kompetenzanforderungen sowie -profile bestimmt werden. Das Vorgehensmodell ist mit den Prozessbausteinen darauf ausgelegt sämtliche Prozesse im Material- und Informationsfluss abzubilden. Der morphologische Aufbau der Bausteine ermöglicht zudem die notwendige Flexibilität, um Spezifika im Unternehmen oder im Prozess zu modellieren. Auch in den weiteren Phasen des Vorgehensmodells werden diese Prozesse der Logistik entsprechend berücksichtigt, was eine umfangreiche Abdeckung der logistischen Tätigkeiten sicherstellt.

Um nicht nur allgemeine Veränderungen zu beschreiben, sondern konkrete Anforderungen an die unterschiedlichen Bereiche zu stellen, ist eine *prozessspezifische Betrachtung* notwendig. Mittels der Prozessbausteine findet nicht nur eine prozessspezifische Analyse statt, vielmehr werden sogar die primär relevanten Tätigkeiten je Prozess beschrieben, damit ein hinreichendes Verständnis über die aktuellen und künftigen Gegebenheiten erzielt wird. Diese Granularität wird ebenfalls bei der Kompetenzermittlung beibehalten. Erst für die Phasen 4 und 5 findet die Betrachtung nur noch je Prozess und nicht mehr für die individuelle Tätigkeit statt. Dies ist dennoch ausreichend, um den unterschiedlichen Abteilungen und den Mitarbeitenden die differenzierten Informationen zu künftigen Technologien, notwendigen Kompetenzen und dem Qualifizierungsbedarf zur Verfügung zu stellen.

Bei dem Vorgehensmodell wird hinsichtlich der Logistikprozesse sowohl die *aktuelle* als auch die *künftige Situation* betrachtet. Die beiden Zeitpunkte werden bei den Phasen 1, 3 und 4 jeweils separat berücksichtigt. Das Kompetenzmodell (Phase 2) beinhaltet aktuelle und künftige Kompetenzen zusammen. Bei der Ermittlung der Qualifizierungsbedarfe (Phase 5) wird die Differenzierung aufgelöst, um den Handlungsbedarf transparent zu kommunizieren. So sind mittel- und langfristige Veränderungen durch den technologischen Wandel bzw. die Auswirkungen auf Logistikprozesse und Kompetenzanforderungen abgedeckt. Die Aufnahme der momentanen Gegebenheiten erleichtert den Vergleich und unterstützt die transparente Darstellung der Auswirkungen.

Der Forderung nach der *Tätigkeits- und Mitarbeiterorientierung* wird durch das Zusammenspiel im soziotechnischen System nachgekommen. Bereits von der ersten Phase des Vorgehensmodells an werden die Mitarbeitenden und deren Tätigkeiten berücksichtigt, da in den Prozessen sowohl der Automatisierungsgrad als auch die Rolle der Mitarbeitenden festgelegt wird. Dadurch werden nicht nur die künftigen Technologien und die Gestaltung der Logistikprozesse betrachtet, sondern auch die direkten Auswirkungen auf den Mitarbeitenden. Für Prozesse, die nicht vollständig automatisiert ablaufen, werden in den weiteren Phasen der Lösung die Kompetenzanforderungen, -profile und der resultierende Qualifizierungsbedarf bestimmt und für die Mitarbeitenden verständlich aufbereitet. Alle inhaltlichen Anforderungen werden folglich erfüllt.

### **Anwendungsbezogene Anforderungen**

Die *Anwendbarkeit* des Vorgehensmodells wurde in Abschnitt 5.1 anhand der Logistik eines Nutzfahrzeugherstellers verdeutlicht. Dabei zeigte sich, dass das Vorgehensmodell sinnvolle Ergebnisse liefert, die beim Industriepartner auch im Nachgang umgesetzt wurden. Das Vorgehensmodell besteht aus fünf Phasen, die den Anwendenden eine strukturierte Durchführung ermöglichen. Ergebnisse aus vorherigen Phasen können dabei im Verlauf des Modells genutzt werden, was den Aufwand insgesamt reduziert.

Bei der Gestaltung der fünf Phasen wurde auf *Nachvollziehbarkeit* und *Objektivität* geachtet. Das Vorgehensmodell ist durchgängig und erzielt die Ergebnisse auf Basis der Informationen, die zuvor erarbeitet wurden. Dadurch ist die notwendige Transparenz und Nachvollziehbarkeit sichergestellt. Zudem wird bei den unterschiedlichen Phasen darauf geachtet sowohl Kenntnisse aus dem Unternehmen als auch aus der Wissenschaft zu bündeln. Die Informationen aus Workshops und Experteninterviews werden strukturiert und dienen als Datengrundlage für weitere Phasen. Dies ermöglicht bei-



spielsweise eine automatische Kompetenzermittlung auf Basis der Prozessbeschreibung oder das Clustern von Tätigkeiten zu Kompetenzprofilen. Der Einsatz der dortigen Methoden ist reproduzierbar. An Stellen, an denen keine entsprechenden datengetriebenen Entscheidungen getroffen werden können, findet u. a. interdisziplinäres Wissen aus den Logistik- und Personalabteilungen Berücksichtigung. Dies sorgt für weniger Subjektivität und erhöht die Akzeptanz der Ergebnisse. Darüber hinaus wird durch die datengetriebenen Auswertungen und Analysen die Objektivität erhöht.

Zudem soll das Vorgehensmodell die *Übertragbarkeit* in anderen Unternehmen sicherstellen. Alle Phasen bestehen aus unterschiedlichen Schritten, die auf andere Unternehmen und Rahmenbedingungen übertragbar sind. Aufgrund der unterschiedlichen Prozesse und Werke, die im Rahmen des Anwendungsbeispiels Berücksichtigung fanden, hat sich bereits eine Übertragbarkeit auf andere Bedingungen gezeigt. Des Weiteren wurden ausgewählte Phasen und Ergebnisse im Konzern von anderen Marken genutzt. Das Vorgehensmodell sowie die damit erzielten Ergebnisse waren somit auch in der Logistik anwendbar. Speziell das Kompetenzmodell, aber auch Ergebnisse zu den Qualifizierungsinhalten, wurden übernommen. Folglich können die anwendungsbezogenen Anforderungen als erfüllt betrachtet werden.

## 6.2 Beantwortung der Forschungsfragen und Limitationen

Neben der Erfüllung der Anforderungen soll diese wissenschaftliche Arbeit auch die gestellten Forschungsfragen beantworten. Hierfür werden die fünf Forschungsfragen aus Abschnitt 3.5.1 erneut aufgegriffen und anknüpfend die zentrale Forschungsfrage aus der Zielsetzung betrachtet. Abschließend werden die Limitationen dieser Arbeit aufgezeigt.

### **Wie können Logistikprozesse unter Berücksichtigung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden und der technologischen Hilfsmittel beschrieben werden?**

Als Folge der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung unterliegt die Logistik einem umfassenden Wandel. Daher wurde in dieser Arbeit ein Ansatz zur Gestaltung aktueller und zukünftiger Logistikprozesse vorgestellt. Im Zuge dessen wurden sozio-technische Prozessbausteine entwickelt, um die logistischen Prozesse sowohl mensch- als auch technikorientiert abzubilden und so Veränderungen und Handlungsbedarfe im Hinblick auf die Mitarbeitenden zu identifizieren. Die Prozessbausteine wurden auf Basis einer strukturierten Literaturrecherche und qualitativer Experteninterviews konzipiert und durch Workshops bei einem Industriepartner validiert. Anschließend wurde eine standardisierte Vorgehensweise zur Anwendung der Prozessbausteine entwickelt, die bei einem Nutzfahrzeughersteller erfolgreich angewandt

wurde. Auf diese Weise konnten die zu erwartenden Veränderungen des soziotechnischen Systems in der Logistik durch die zunehmende Digitalisierung aufgezeigt werden. Die Untersuchung trägt zur Analyse der Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Logistik bei und ermöglicht eine strukturierte Darstellung von Prozessen in der dispositiven und operativen Logistik, die einen direkten Vergleich aktueller und zukünftiger Prozesse erlaubt. Durch die Berücksichtigung der Elemente des soziotechnischen Systems verbindet die erste Phase des Vorgehensmodells Modellierungskonzepte für Logistikprozesse aus der Literatur mit einer menschenzentrierten Perspektive und beantwortet dadurch die erste Forschungsfrage.

### **Welche Kompetenzen sind für operative und dispositive Logistikprozesse im Zuge der Industrie 4.0 von Relevanz?**

Die zweite Phase beschreibt die Erarbeitung und Anwendung eines Kompetenzmodells für Logistikmitarbeitende im Zuge der Industrie 4.0. Dieses leitet sich aus bestehenden Kompetenzmodellen ab und wurde hinsichtlich der künftigen technologischen Anforderungen angepasst. Der Schwerpunkt der Adaption liegt auf der Einbeziehung von Zukunftskompetenzen mit Fokus auf die Logistik. Für die Erstellung eines Kompetenzmodells, bestehend aus Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen, wurden allgemeine und logistikspezifische Modelle und Studien zum Kompetenzwandel analysiert. Das Kompetenzmodell kann als Grundlage für die strategische Personalplanung im Zuge der Digitalisierung dienen. Die Fallstudien und die Rückmeldungen aus den verschiedenen Anwendungsbereichen haben bereits gezeigt, dass das Kompetenzmodell wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf aktuelle und zukünftige Kompetenzen liefern kann. Diese können für die Entwicklung von Qualifizierungsstrategien zur erfolgreichen Bewältigung des technologischen Wandels genutzt werden und somit diese Forschungsfrage beantworten.

### **Wie können Kompetenzanforderungen in aktuellen und künftigen Logistikprozessen systematisch ermittelt werden?**

Die dritte Phase stellt einen Ansatz zur systematischen Kompetenzermittlung vor, der die Veränderungen der Kompetenzanforderungen in der Logistik im dynamischen Umfeld der Industrie 4.0 erfassen kann. Mit der Entwicklung eines Kompetenzbewertungsschemas wurde ein wissenschaftlicher Beitrag geleistet, der u. a. die Lücke in der Literatur hinsichtlich einer objektiven Bewertung schließt. Das neue Verfahren kombiniert die Stärken der interdisziplinären Bewertungsworkshops [Rab-2004; Kit-1994] und die der systematischen Verknüpfung von Kompetenz und Tätigkeiten [Wes-2015]. Die Schwächen der einzelnen Systeme, welche bei isolierter Anwendung zum Tragen kommen würden, können so erfolgreich kompensiert werden. So können mit dem neuen Vorgehensmodell Kompetenzen identifiziert werden, die spezifisch für den

Logistikbereich des Unternehmens sind und mit einer nachvollziehbaren, reproduzierbaren Bewertung der Kompetenzanforderung ermittelt werden. Nach initialer Etablierung des Ansatzes ist lediglich Input in Form von Prozessinformationen und die Zuordnung von Aufgaben zu Stellenprofilen notwendig, um Kompetenzanforderungen zu ermitteln. Im Vergleich zu anderen Methoden der Kompetenzermittlung ist dieses Verfahren einfach zu nutzen, sodass Änderungen in den Prozessen mit geringem Zeitaufwand auf die Kompetenzanforderungen übertragen werden können. Vor allem aber können Personalentscheidungen auf nachvollziehbare, objektiv ermittelte Kompetenzanforderungen gestützt werden. Das Kompetenzbewertungsschema weist bei der industriellen Anwendung eine hohe Übereinstimmung mit den Einschätzungen der Experten auf und unterstützt nach seiner erstmaligen Einführung die Personal- und Fachabteilungen durch eine strukturierte und eindeutige Kompetenzermittlung. Allerdings ist das Schema nur auf das aktuelle Verständnis von Industrie 4.0 anwendbar und muss kontinuierlich an neue Trends und Entwicklungen angepasst werden. Dennoch kann mit dem erarbeiteten Vorgehensmodell die dritte Forschungsfrage beantwortet werden.

### **Wie können Kompetenzprofile aus den Tätigkeiten der Logistikprozesse abgeleitet werden?**

Bestehende Logistikprozesse erfahren im Zuge der Industrie 4.0 eine Transformation, die mit einer Veränderung der Aufgaben der Mitarbeitenden einhergeht. Hierbei ist es notwendig, die aktuellen Anforderungsprofile zu überprüfen und zukünftige Profile frühzeitig zu identifizieren. Die Methode aus der vierten Phase zur systematischen Plausibilitätsprüfung und Entwicklung zukünftiger Anforderungsprofile basiert auf Ähnlichkeitsfaktoren. Diese spiegeln die zentralen Aspekte des soziotechnischen Systems, bestehend aus Mensch, Technik und Organisation, wider und wurden aus der Literatur und der praktischen Anwendung abgeleitet. Kerntätigkeiten, technische Prämissen und persönliche Verhaltensanforderungen aus Prozessbeschreibungen werden berücksichtigt und durch Anwendung in verschiedenen Logistikabteilungen eines Nutzfahrzeugherstellers validiert. Die Ähnlichkeitsfaktoren, wie z. B. Grad der Selbstständigkeit, Aufgabenkomplexität, Prozesskenntnisse und IT-Komplexität, bilden die Grundlage für den datenbasierten Ansatz. Die Methode besteht aus drei Schritten: Generierung der Datenbasis durch eine Prozessanalyse, Durchführung eines Klassifikationsverfahrens zur Gewichtung der Ähnlichkeitsfaktoren und Anwendung des Clustering-Algorithmus zur Bestimmung der Anzahl und Zusammensetzung der Anforderungsprofile. Die validierte Methode zur Ermittlung und Überprüfung von Anforderungsprofilen ist bei hinreichender Prozessbeschreibung auf aktuelle und zukünftige Logistikprozesse anwendbar. Sie hilft bei Entscheidungen über Anforderungsprofile und kann Aufschluss darüber geben, wie sich wegfallende, veränderte und neue

Aufgaben auf die Zusammensetzung von Kompetenzprofilen auswirken und beantwortet damit auch diese Forschungsfrage.

### **Welche Qualifizierungsbedarfe resultieren in der Logistik aus den Veränderungen im soziotechnischen System?**

Um für den technologischen Wandel in Logistik vorbereitet zu sein, bietet die fünfte Phase eine Methode zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsbausteine basierend auf den Qualifizierungsbedarfen. Im Rahmen der Methode werden pro Mitarbeiterprofil spezifische Qualifizierungsinhalte bereitgestellt. Der Fokus liegt dabei auf dem soziotechnischen System, das aus logistikspezifischer Sicht eine aufeinander abgestimmte Arbeitsgestaltung unter Einbeziehung der drei Teilsysteme Prozess, Technologie und Kompetenz darstellt. Entsprechend der Qualifizierungsbedarfe stehen modulare Inhalte zu Grundlagen, Methoden und Werkzeugen sowie Anwendungen zur Verfügung. Die Gestaltung der generischen Lösung basiert auf einer strukturierten Literaturrecherche sowie auf Workshops und qualitativen Experteninterviews. Die Vorgehensweise zur Erarbeitung der Module wurde erfolgreich bei einem Nutzfahrzeughersteller eingesetzt. Dabei konnte auf Basis der gesammelten Informationen zu Prozess, Technologie und Kompetenz der Qualifizierungsbedarf spezifisch für die Kompetenzprofile abgeleitet und in ein Qualifizierungskonzept überführt werden. Dadurch können die Kompetenzlücken geschlossen und die Mitarbeitenden für den technologischen Wandel geschult werden. Infolgedessen kann dadurch auch die fünfte Forschungsfrage beantwortet werden.

### **Zentrale Forschungsfrage: Wie können Kompetenzen für Logistikprozesse im Hinblick auf die Einführung von Industrie 4.0-Technologien ermittelt und Qualifizierungsbedarfe abgeleitet werden?**

Die fünf Forschungsfragen können mit Hilfe der Phasen der erarbeiteten Lösung beantwortet werden. Gleiches gilt zudem auch für die zentrale Forschungsfrage aus der Zielsetzung in Abschnitt 1.2. Das Vorgehensmodell aus fünf Phasen ermöglicht das systematische Kompetenzmanagement in der Logistik. Dieses inkludiert die Ausarbeitung von Kompetenzprofilen, -anforderungen und Qualifizierungsbedarfen basierend auf Prozessbeschreibungen und den geplanten Industrie 4.0-Technologien. Eine systematische Integration des Vorgehensmodells in das Personalmanagement ermöglicht eine gezielte Personalentwicklung und strategische Planung in der Logistik. Darüber hinaus unterstützt sie die technologische Transformation und wirkt dem identifizierten Hindernis der fehlenden Kompetenzen (vgl. Abschnitt 3.3.2) entgegen.

## Limitationen

Allerdings verfügt die erarbeitete Lösung auch über Grenzen. So fokussiert sich der Anwendungsbereich auf die operative und dispositive Logistik. Aufgaben die nur zu einem geringen Maß wiederkehrend sind, wie das Projektgeschäft, werden nicht berücksichtigt. Hier liegen zu viele unterschiedliche Variablen und Einflussfaktoren vor, die eine Inkludierung in einer standardisierten Vorgehensweise erschweren. Auch die strategische Ebene mit dem Management und den Führungsaufgaben wird nicht betrachtet. Zwar bildet das Vorgehensmodell die Kompetenzanforderungen für einen Großteil der Mitarbeitenden in der Logistik ab, dennoch ergeben sich daraus Limitationen für den Anwendungsbereich.

Bei den Phasen des Vorgehensmodells wurde auf Transparenz und Objektivität geachtet, weshalb, soweit möglich und sinnvoll, datengetriebene Ansätze integriert wurden. Dennoch ist viel Input aus Workshops und Experteninterviews notwendig, um auf die Gegebenheiten im Unternehmen hinreichend eingehen zu können. Für aussagekräftige Ergebnisse ist demnach eine hohe Expertise unabdingbar. Das Vorgehensmodell unterstützt die Anwendenden, wobei der Ansatz trotzdem vom Wissen der Organisation abhängig ist, was zu Einschränkungen im Ergebnis führen kann.

Das dargestellte Vorgehensmodell und dessen Ergebnisse basieren primär auf dem zukünftigen Szenario für die Logistik. Dieser Input, der nicht im Rahmen der Arbeit erstellt wird, legt die weiteren Phasen des Kompetenzmanagements fest. Entsprechend große Relevanz hat das Zielbild auf die Kompetenzanforderungen und -profile. Eine fundierte Erarbeitung des Szenarios oder idealerweise die Integration in die Lösung könnten demnach vorteilhaft sein. Zudem könnten so unterschiedliche Szenarien einfacher erstellt und ihre Auswirkungen auf die Mitarbeitenden und ihre Kompetenzen verglichen werden. Die Erkenntnisse ermöglichen dann eine iterative Optimierung des Szenarios, was bisher nur mit erheblichem Aufwand möglich ist.

Eine weitere Einschränkung des Vorgehensmodells ist, dass nur ein Wandel in der Logistik berücksichtigt wird, bei dem die grundsätzlichen Funktionen der Logistik erhalten bleiben. Sollten sich Aufgaben, wie das Handhaben, Bewegen oder Informationsverarbeiten vollständig verändern oder entfallen, ist eine Überarbeitung notwendig. Das Vorgehensmodell verfügt über die Flexibilität, um auf Trends und Entwicklungen zu reagieren. Bei gänzlich neuen Geschäftsprozessen und Aufgaben der Logistik ist dennoch die Einsatzmöglichkeit des Vorgehensmodells kritisch zu prüfen.



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

---

### 7.1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Vorgehensmodells für ein systematisches Kompetenzmanagement in der Logistik. Dabei sollen unter Berücksichtigung der künftig eingesetzten Technologien und deren Auswirkungen auf die Logistikprozesse Kompetenzprofile und Anforderungen an die Mitarbeitenden abgeleitet werden. Mit der Erfüllung des daraus resultierenden Qualifizierungsbedarfs wird die digitale Transformation in der Logistik vorangetrieben und Beschäftigte frühzeitig für ihre neue Rolle geschult.

Für die Erarbeitung einer Lösung wurde sich an den allgemeinen Ansätzen des Kompetenzmanagements orientiert. Daraus ergibt sich die Umsetzung im Rahmen eines Vorgehensmodells aus fünf Phasen, welches die Anforderungen aus Theorie und Praxis aufgreifen. Die Phasen stellen das Grundgerüst des systematischen Kompetenzmanagements für die Logistik im Zuge der Industrie 4.0 dar. Die Lösung ermöglicht es, strukturiert auf Basis einer Vision die künftigen Logistikprozesse, den damit verbundenen Technologieeinsatz, die daraus resultierenden Kompetenzanforderungen und Qualifizierungsbedarfe zu bestimmen. Hierfür erfolgt in Phase 1 eine tätigkeitsorientierte Beschreibung der aktuellen und zukünftigen Logistikprozesse. Daneben wird in Phase 2 ein Kompetenzmodell für die operative und dispositive Logistik zur Verfügung gestellt. In der Phase 3 werden die Ergebnisse zusammengeführt, um die Kompetenzanforderungen in den Logistikprozessen zu bestimmen. Die Kompetenzanforderungen für die unterschiedlichen Tätigkeiten werden in Phase 4 in Kompetenzprofilen für die Mitarbeitenden in der Logistik gebündelt. Der Vergleich zwischen den aktuellen und künftigen Anforderungen ermöglicht in der Phase 5 die Qualifizierungsbedarfe zu bestimmen und in ein Schulungskonzept mit entsprechenden Qualifizierungsinhalten zu überführen.

Die fünf Phasen wurden anschließend in einer Fallstudie angewandt, damit die Praktikabilität des Vorgehensmodells geprüft werden konnte. Dies erfolgte für die operative und dispositive Logistik eines Nutzfahrzeugherstellers. Im Zuge der Anwendung konnten wertvolle Ergebnisse und Erkenntnisse für das Unternehmen generiert werden, die im Anschluss operativ umgesetzt wurden. Expertengespräche bestätigten das erarbeitete Vorgehensmodell und lieferten hilfreichen Input für die Überarbeitung des Ansatzes. Mit einer qualitativen Studie wurden zudem Anbieter von Technologien der Industrie 4.0 hinsichtlich der Kompetenzanforderungen befragt. Die Kernkompetenzen

konnten dabei bestätigt werden, allerdings lieferte die Methode dieser Arbeit deutlich spezifischere Ergebnisse für die unterschiedlichen Kompetenzprofile, weshalb ein Vergleich nur bedingt möglich war. Dennoch konnten die Anwendbarkeit und die Plausibilität der Ergebnisse und deren Mehrwert bestätigt werden.

In Summe unterstützt das Vorgehensmodell den soziotechnischen Ansatz und ermöglicht ein systematisches Kompetenzmanagement für die Logistik. Im Rahmen der Diskussion der Arbeit konnte die Erfüllung der Anforderungen bestätigt werden. Die fünf Phasen beantworten die aus den Defiziten resultierenden Forschungsfragen und liefern infolgedessen eine Antwort auf die zentrale Forschungsfrage. Die Arbeit ermöglicht die methodische Ermittlung von Kompetenzanforderungen in Zeiten des technologischen Wandels und bietet Unternehmen einen Ansatz zur frühzeitigen Identifikation der im Kontext von Industrie 4.0 notwendigen Kompetenzen.

## **7.2 Ausblick**

Die vorliegende Arbeit hat sowohl wissenschaftlich als auch praktisch einen Beitrag für die drei betrachteten Teilsysteme – Logistikprozesse, Industrie 4.0 und Kompetenzmanagement – geleistet. Dennoch leitet sich weiterer Forschungsbedarf aus den Untersuchungen ab.

Das Vorgehensmodell wurde ausschließlich in der Logistik eines Nutzfahrzeugherstellers vollständig angewandt. Hier wurden alle Phasen der Lösung erfolgreich implementiert und die Ergebnisse der Methode in resultierende Maßnahmen übersetzt. Auch bestätigen die Experten aus Logistik- und Personalabteilung den Nutzen und die Sinnhaftigkeit des Vorgehensmodells. Eine Implementierung in anderen Branchen, wie beispielsweise in der Baulogistik, wurde nicht umgesetzt. In einem weiteren Schritt sollte der vorgeschlagene Ansatz auf die Logistik anderer Industriezweige übertragen werden. Darüber hinaus sollte eine Ausweitung auf die strategische Unternehmenslogistik in Betracht gezogen werden, um die gesamte logistische Prozesskette abzudecken und nicht nur die operativen, administrativen und planerischen Bereiche.

Zudem liegen bisher noch keine Ergebnisse zum Qualifizierungserfolg der Mitarbeitenden vor und ob die digitale Transformation aufgrund des systematischen Kompetenzmanagements besser vollzogen werden kann. Der Erfolg der Qualifizierungsmaßnahmen sollte nach der Umsetzung der Maßnahmen kontrolliert werden. Dabei könnten die Effektivität und Effizienz der durchgeführten Personalentwicklungsmaßnahmen beurteilt und bewertet werden. Entsprechende Studien und eine anschließende Überarbeitung des Vorgehensmodells stellen weiteren Forschungsbedarf dar.



Darüber hinaus ist die Durchführung des Vorgehensmodells bei einem Unternehmen mit hohem Abreitsaufwand verbunden. Speziell die umfangreichen Betrachtungen bei einem heterogenen Produktportfolio und diversen Produktionsstandorten erschweren die Prozessaufnahme und die anschließende Bewertung der Anforderungen, Profile und notwendigen Qualifizierungen. Weiterer Forschungsbedarf besteht hierbei in der kritischen Prüfung, inwiefern Umfänge, wie die Anzahl der Parameter in den Prozessbausteinen, reduziert werden können und ob dies Auswirkungen auf die Güte der Ergebnisse hat.

Im Rahmen der Arbeit liegt der Fokus auf den prozessspezifischen Kompetenzen. Neben den daraus resultierenden Bedarfen an Qualifizierungen sind weitere Aspekte für die erfolgreiche Transformation der Logistik von Relevanz. Hierzu gehören die Erzeugung eines Mindsets in Bezug auf den digitalen Wandel und entsprechendes Change Management zur Einführung der Technologien, in welches die Mitarbeitenden frühzeitig einbezogen werden sollen. Darüber hinaus ist eine entsprechende Führungskultur notwendig und die Möglichkeiten zur Qualifizierung am Arbeitsplatz. Die erforderlichen Qualifizierungen für Mindset, Change Management und Führung sind unabhängig vom Prozess und waren deswegen nicht Teil der Betrachtung. Für eine gelungene Umsetzung sollte weitere Forschung betrieben werden.

Zudem sollten auch neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit und hybride Arbeitsformen im Kontext der steigenden Digitalisierung, Automatisierung und Autonomisierung Berücksichtigung finden. Beispiele könnte hier die Teleoperation sein, die es Mitarbeitenden ermöglicht, Arbeitsaufgaben an anderen Standorten nicht nur zu überwachen, sondern auch Roboter und Maschinen steuern zu können. Anknüpfend daran ergibt sich Forschungsbedarf bezüglich der generellen Ermittlung zukünftigen Logistikprozesse und wie diese erarbeitet werden können.



## Literaturverzeichnis

---

- [Abe-2019] Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M.: Learning Factories. Springer International Publishing, Cham, 2019.
- [aca-2016a] acatech (Hrsg.): Kompetenzen für Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. Herbert Utz Verlag GmbH, München, 2016.
- [aca-2016b] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML; equéo GmbH: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, 2016.
- [Agg-2012] Aggarwal, C. C.; Zhai, C.: Mining Text Data. Springer US, Boston, MA, 2012.
- [Ahr-2015] Ahrens, D.; Spöttl, G.: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2015, S. 185–203.
- [Ali-2004] Alisch, K.; Arentzen, U.; Winter, E. (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Gabler Verlag, Wiesbaden, s.l., 2004.
- [And-2015] Andreasson, H.; Bouguerra, A.; Cirillo, M.; Dimitrov, D. N.; Driankov, D.; Karlsson, L.; Lilienthal, A. J.; Pecora, F.; Saarinen, J. P.; Sherikov, A.; Stoyanov, T.: Autonomous Transport Vehicles: Where We Are and What Is Missing. In: IEEE Robotics & Automation Magazine, Jg. 22 (2015) Nr. 1, S. 64–75.
- [Arn-2008] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K.: Handbuch Logistik. Springer, Berlin, 2008.
- [Arn-2009] Arnold, D.; Furmans, K.: Materialfluss in Logistiksystemen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [Aut-2013] Autor, D. H.: The “task approach” to labor markets: an overview. In: Journal for Labour Market Research, Jg. 46 (2013) Nr. 3, S. 185–199.

- [Aut-2015] Autor, D. H.: Why Are There Still So Many Jobs? – The History and Future of Workplace Automation. In: Journal of Economic Perspectives, Jg. 29 (2015) Nr. 3, S. 3–30.
- [Bal-2009] Balderjahn, I.; Hedergott, D.; Peyer, M.: Choice-Based Conjointanalyse. In: Baier, D.; Bruschi, M. (Hrsg.): Conjointanalyse. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, S. 129–146.
- [Bar-2007] Barney, J.; Clark, D.: Resource-based theory – Creating and sustaining competitive advantage. Oxford University Press, Oxford, 2007.
- [Bar-2017] Barreto, L.; Amaral, A.; Pereira, T.: Industry 4.0 implications in logistics: an overview. In: Procedia Manufacturing, Jg. 13 (2017), S. 1245–1252.
- [Bau-2014a] Bauer, W.; Schlund, S.; Marrenbach, D.; Ganschar, O.: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. BITKOM; Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO, 2014.
- [Bau-2014b] Bauernhansl, T.; Hompel, M. t.; Vogel-Heuser, B.: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [Bau-2015] Bauer, W.; Schlund, S.: Wandel der Arbeit in indirekten Bereichen: Planung und Engineering. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Falkenberg, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Nomos edition sigma, Baden-Baden, 2015, S. 53–69.
- [Bau-2017a] Bauer, W.; Dworschak, B.; Zaiser, H.: Weiterbildung und Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. t. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Springer Vieweg, Berlin, 2017a, S. 125–138.
- [Bec-2013] Becker, M.: Personalentwicklung: Bildung, Förderung und Organisationsentwicklung in Theorie und Praxis. Schäffer-Poeschel, 2013.
- [Bei-2020] Beier, G.; Ullrich, A.; Niehoff, S.; Reißig, M.; Habich, M.: Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. In: Journal of Cleaner Production, Jg. 259 (2020)

- [Ben-2017] Benešová, A.; Tupa, J.: Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. In: *Procedia Manufacturing*, Jg. 11 (2017), S. 2195–2202.
- [Bih-2014] Bihani, P.; Patil, S. T.: A Comparative Study of Data Analysis Techniques. In: *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science* (2014) Nr. 3, S. 95–101.
- [Bin-2018] Binner, H. F.: *Organisation 4.0: MITO-Konfigurationsmanagement*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018.
- [BMW-2015] BMWi: *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft – Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015.
- [Bor-2017] Borgi, T.; Zoghلامي, N.; Abed, M.; Naceur, M. S.: Big Data for Operational Efficiency of Transport and Logistics: A Review 2017 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), S. 113–120.
- [Boy-1982] Boyatzis, R. E.: *The competent manager: A model for effective performance*. John Wiley & Sons, 1982.
- [Bra-2003] Braun, J.: Grundlagen der Organisationsgestaltung. In: Bullinger, H.-J.; Warnecke, H. J.; Westkämper, E. (Hrsg.): *Neue Organisationsformen im Unternehmen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, s.l., 2003, S. 1–68.
- [Bra-2015] Bradley, J. M.; Unal, R.; Pinto, C. A.; Cavin, E. S.: Competencies for governance of complex systems of systems. In: *International Journal of System of Systems Engineering*, Jg. 6 (2015) Nr. 1-2, S. 71–89.
- [Bra-2017] Bratton, J.; Gold, J.: *Human resource management: theory and practice*. Palgrave, 2017.
- [Bri-1999] Briscoe, J. P.; Hall, D. T.: An alternative approach and new guidelines for practice. In: *Organizational Dynamics* (1999)
- [Bro-1987] Bromann, P.: *Erfolgreiches strategisches Informationsmanagement*. Verl. Moderne Industrie, Landsberg am Lech, 1987.
- [Bry-2015] Bryman, A.; Bell, E.: *Business research methods*. Oxford University Press, Oxford, 2015.

- [Buc-2017] Buck, H.: Aktuelle Unternehmenskonzepte und die Entwicklung der Arbeitsorganisation – Visionen und Leitbilder. In: Spath, D., et al. (Hrsg.): Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation. Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2017, S. 57–77.
- [Büc-2018] Bücken, I.: Industrie 4.0 als Gestaltungsprinzip zur Transformation automobillogistischer Prozesse. Dissertation. Fakultät Maschinenbau, Technische Universität Dortmund, Dortmund, 2018.
- [But-2017] Butschan, J.; Nestle, V.; Munck, J. C.; Gleich, R.: Kompetenzaufbau zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Produktion. In: Seiter, M.; Grünert, Lars, Berlin, Sebastian (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 75–110.
- [Bux-2019] Buxmann, P.; Schmidt, H.: Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens. In: Buxmann, P.; Schmidt, H. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019, S. 3–19.
- [BVL-2022] BVL: Logistik Definition. <https://www.bvl.de/service/zahlen-daten-fakten/logistikdefinitionen>, Aufruf am 13.02.2022.
- [Cal-1974] Calinski, T.; Harabasz, J.: A dendrite method for cluster analysis. In: Communications in Statistics - Theory and Methods, Jg. 3 (1974) Nr. 1, S. 1–27.
- [Cam-1990] Campbell, J. P.: Modeling the performance prediction problem in industrial and organizational psychology (1990)
- [Cam-2011] Campion, M. A.; Fink, A. A.; Bruggeberg, B. J.; Carr, L.; Philipps, G. M.; Odman, R. B.: Doing Competencies Well: Best Practieces in Competency Modeling. In: Personnel Psychology (2011) Nr. 64, S. 225–263.
- [Car-1998] Carroll, A.; McCrackin, J.: The Competent Use of Competency-Based Strategies for Selection and Development. In: Performance Improvement Quarterly, Jg. 11 (1998) Nr. 3, S. 45–63.
- [Che-1996] Cheetham, G.; Chivers, G.: Towards a holistic model of professional competence. In: Journal of European Industrial Training, Jg. 20 (1996) Nr. 5, S. 20–30.

- [Che-2019] Cheikh, Y.: Kompetenzmanagement 4.0: Vergleich unterschiedlicher Ansätze. Semesterarbeit. Technische Universität München, München, 2019.
- [Cim-2019] Cimini, C.; Lagorio, A.; Pirola, F.; Pinto, R.: Exploring human factors in Logistics 4.0: empirical evidence from a case study. In: IFAC-PapersOnLine, Jg. 52 (2019) Nr. 13, S. 2183–2188.
- [Coz-2007] Cozby, P. C.: Methods in behavioral research. McGraw-Hill, 2007.
- [Cza-2007] Czarniawska, B.: Shadowing: and other techniques for doing field-work in modern societies. Copenhagen Business School Press DK, 2007.
- [Dan-2019] Dano, E. B.: A Validated Systems Engineering Competency Methodology and Functional/Domain Competency Assessment Tool 2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE), 2019, S. 1–7.
- [Dek-2013] Dekena, B.; Nyhuis, P.; Charlin, F.; Meyer, G.; Winter, F.: Kompetenzorientierte Produktionsplanung – Simulationsbasierte Produktionsplanung unter Berücksichtigung von Mitarbeiterkompetenzen. In: Werkstattstechnik online, Jg. 103 (2013) Nr. 3, S. 216–220.
- [Del-2015] Deloitte AG: Werkplatz 4.0 – Herausforderungen und Lösungsansätze zur digitalen Transformation und Nutzung exponentieller Technologien. Deloitte AG, 2015.
- [Dem-2017] Demel, B.: Strategische Kompetenzentwicklung - Kompetenzen maßgeschneidert erarbeiten, einschätzen, messen und entwickeln. In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 99–111.
- [Der-2016] Derwik, P.; Hellström, D.; Karlsson, S.: Manager competences in logistics and supply chain practice. In: Journal of Business Research, Jg. 69 (2016) Nr. 11
- [Det-2017] Deters, J. (Hrsg.): Global Leadership Talent Management. Emerald Publishing Limited, 2017.
- [DGF-2016] DGFP (Hrsg.): Kompetenzen im digitalisierten Unternehmen – Ergebnisse aus Expertenkreisen im Rahmen eines BMWi-geförderten Forschungsprojekts, Frankfurt a. M., 2016.

- [Dil-2016] Dillmann, R.: Digital Transformation in Supply Chain Management. BearingPoint, 2016.
- [DIN-30781] Deutsches Institut für Normung: Transportkette - Grundbegriffe. DIN Nr. 30781 Teil 1, 1989.
- [DIN-55405-06] Deutsches Institut für Normung: Begriffe für das Verpackungswesen. DIN Nr. 55405-06, 1988.
- [Dör-2017] Dörr, S. L.; Schmidt-Huber, M.; Maier, G. W.: Messung von Führungskompetenzen - Leadership Effectiveness and Development (LEaD). In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 113–135.
- [Dör-2019] Dörner, R.; Broll, W.; Grimm, P.: Virtual und Augmented Reality (VR/AR) – Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, 2019.
- [Dun-2011] Dunning, D.: Chapter five - The Dunning–Kruger Effect: On Being Ignorant of One's Own Ignorance. In: Olson, J. M.; Zanna, M. P. (Hrsg.): Advances in Experimental Social Psychology. Academic Press, 2011, S. 247–296.
- [Dur-2017] Durach, C. F.; Kembro, J.; Wieland, A.: A New Paradigm for Systematic Literature Reviews in Supply Chain Management. In: Journal of Supply Chain Management, Jg. 53 (2017) Nr. 4, S. 67–85.
- [Eck-2010] Eckstein, P. P.: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler. Gabler, Wiesbaden, 2010.
- [Els-2018] Elsewidy, E.: Identify necessary Employee Competencies for the Implementation of new Technologies in Automotive Logistics. Semesterarbeit, 2018.
- [Eng-2018] Engelmann, A.; Schwabe, G.: Enabling Workers to Enter Industry 4.0: A Layered Mobile Learning Architecture. In: Bui, T. (Hrsg.): Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, 2018.
- [Enk-2018] Enke, J.; Glass, R.; Kreß, A.; Hambach, J.; Tisch, M.; Metternich, J.: Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system. In: Procedia Manufacturing, Jg. 23 (2018), S. 267–272.



- [Ero-2016] Erol, S.; Jäger, A.; Hold, P.; Ott, K.; Sihn, W.: Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. In: *Procedia CIRP*, Jg. 54 (2016), S. 13–18.
- [Erp-2017] Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L. v.; Grote, S.; Sauter, W. (Hrsg.): *Handbuch Kompetenzmessung – Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis*. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017.
- [Eva-2005] Evans, J. R.; Mathur, A.: The value of online surveys. In: *Internet Research*, Jg. 15 (2005) Nr. 2, S. 195–219.
- [Far-2020] Fareri, S.; Fantoni, G.; Chiarello, F.; Coli, E.; Binda, A.: Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. In: *Computers in Industry*, Jg. 118 (2020)
- [Fla-1954] Flanagan, J. C.: The critical incident technique. In: *Psychological Bulletin*, Jg. 51 (1954) Nr. 4, S. 327–358.
- [Flö-2018a] Flöthmann, C.; Hoberg, K.; Wieland, A.: Competency requirements of supply chain planners & analysts and personal preferences of hiring managers. In: *Supply Chain Management: An International Journal*, Jg. 23 (2018) Nr. 6, S. 480–499.
- [Flö-2018b] Flöthmann, C.; Hoberg, K.; Gammelgaard, B.: Disentangling supply chain management competencies and their impact on performance. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Jg. 48 (2018) Nr. 6, S. 630–655.
- [Flo-2020] Flores, E.; Xu, X.; Lu, Y.: Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. In: *Journal of Manufacturing Technology Management*, Jg. ahead-of-print (2020) Nr. ahead-of-print
- [For-2002] Forza, C.: Survey research in operations management: a process-based perspective. In: *International journal of operations & production management* (2002)
- [Fot-2017] Fottner, J.; Günthner, W. A.: *Förder- und Materialflusstechnik. Vorlesungsskriptum*. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Garching b. München, 2017.

- [Fot-2021] Fottner, J.; Clauer, D.; Hormes, F.; Freitag, M.; Beinke, T.; Overmeyer, L.; Gottwald, S. N.; Elbert, R.; Sarnow, T.; Schmidt, T.: Autonomous Systems in Intralogistics-State of the Art and Future Research Challenges. In: Logistics Research, Jg. 14 (2021) Nr. 1, S. 2.
- [Fre-2013] Frey, A.; Ruppert, J.-J.: Structuring and Detecting Competence. In: Beck, K.; Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.): From Diagnostics to Learning Success. SensePublishers, Rotterdam, 2013, S. 185–198.
- [Gan-2006] Gangani, N.; McLean, G. N.; Braden, R. A.: A Competency-Based Human Resource Development Strategy. In: Performance Improvement Quarterly, Jg. 19 (2006) Nr. 1, S. 127–139.
- [Gau-2019] Gauß, P.: Industrie 4.0 in der Supply Chain – Analyse von Prozessveränderungen in der Automobillogistik. Masterarbeit. Technische Universität München, München, 2019.
- [Geh-2015] Gehrke, L.; Kühn, A.; Rule, D.; Moore, P.; Bellmann, C.; Siemes, S.; Dawood, D.; Singh, L.; Kulik, J.; Standley, M. (Hrsg.): Industry 4.0 – A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective, 2015.
- [Gei-2012] Geisberger, E.; Broy, M.: agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [Gen-2018] Gentsch, P.: Algorithmik und Artificial Intelligence. In: Gentsch, P. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz für Sales, Marketing und Service. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018, S. 13–40.
- [Gla-2020] Glass, R.; Metternich, J.: Method to measure competencies - a concept for development, design and validation. In: Procedia Manufacturing, Jg. 45 (2020), S. 37–42.
- [Goo-2003] Goos, M.; Manning, A.: Lousy and lovely jobs – The rising polarization of work in Britain. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, London, UK, 2003.
- [Goo-2014] Goos, M.; Manning, A.; Salomons, A.: Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. In: American Economic Review, Jg. 104 (2014) Nr. 8, S. 2509–2526.

- [Göp-2013a] Göpfert, I.; Stephan, M.; Wellbrock, W.; Ackermann, M.: An empirical analysis of the board composition concerning logistics competencies. In: World Academy of Science, Engineering and Technology, Jg. 75 (2013) Nr. 3, S. 197–203.
- [Göp-2013b] Göpfert, I.: Logistik – Führungskonzeption und Management von Supply Chains. Vahlen, München, 2013.
- [Gor-2014] Gorecky, D.; Schmitt, M.; Loskyll, M.; Zuhlke, D.: Human-machine-interaction in the industry 4.0 era2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), S. 289–294.
- [Gro-2012] Grote, S.: Kompetenzmanagement – Grundlagen und Praxisbeispiele, 2012.
- [Gud-2012] Gudehus, T.: Logistik 1. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [Gün-2011] Günthner, W. A.; Schneider, O. C.: Methode zur einfachen Aufnahme und intuitiven Visualisierung innerbetrieblicher logistischer Prozesse. Forschungsbericht. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Dortmund, Garching b. München, 2011.
- [Gün-2013a] Günthner, W. A.; Boppert, J.: Lean Logistics. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [Gün-2013b] Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.; Knössl, T.; Klevers, M.: Schlanke Logistikprozesse – Handbuch für den Planer. Springer, Dordrecht, 2013.
- [Gut-1971] Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Die Produktion. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1971.
- [Had-2020] Haddud, A.; Khare, A.: Digitalizing supply chains potential benefits and impact on lean operations. In: International Journal of Lean Six Sigma (2020) Nr. Vol. 11 Nr. 4, S. 731–765.
- [Han-2007] Hanushek, E.; Woessmann, L.: The Role Of Education Quality For Economic Growth. The World Bank, Washington DC, 2007.

- [Här-2020] Häring, S.: Datengetriebene Ermittlung und Plausibilisierung von aktuellen und zukünftigen Anforderungsprofilen in der Logistik - am Beispiel der MAN Trucks & Bus SE. Masterarbeit. Hochschule Pforzheim, Pforzheim, 2020.
- [Hau-2016] Hausladen, I.: IT-gestützte Logistik – Systeme - Prozesse - Anwendungen. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016.
- [Hec-2016] Hecklau, F.; Galeitzke, M.; Flachs, S.; Kohl, H.: Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. In: Procedia CIRP, Jg. 54 (2016), S. 1–6.
- [Hec-2017] Hecklau, F.; Orth, R.; Kidschun, F.; Kohl, H.: Human Resources Management: Meta-Study - Analysis of Future Competences in Industry 4.0 (2017)
- [Hec-2019] Hecklau, F.; Orth, R.; Kidschun, F.; Tominaj, S.: Veränderte Kompetenzanforderungen im Rahmen von Digitalisierung und Industrie 4.0. In: Heisig, P. (Hrsg.): Wissensmanagement in digitalen Arbeitswelten. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Potsdam, 2019, S. 25–45.
- [Heg-2019] Hegmanns, T. Dr.; Straub, N.; Kaczmarek, S.; May, D.; Radtke, M.; Haertel, T.; Neubauer, D.: Identifikation zukünftiger Kompetenzbedarfe in der Logistik. In: Bullinger-Hoffmann, A. C. (Hrsg.): Zukunftstechnologien und Kompetenzbedarfe. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019, S. 103–125.
- [Hei-2011] Heiserich, O.-E.; Helbig, K.; Ullmann, W.: Logistik – Eine praxisorientierte Einführung. Gabler, Wiesbaden, 2011.
- [Hei-2018] Heimeldinger, C.: Erstellung eines Kompetenzmodells für die Logistik unter Berücksichtigung von Digitalisierung und Automatisierung am Praxisbeispiel der MAN Truck & Bus AG. Masterarbeit. Technische Universität München, München, 2018.
- [Hen-2017] Henke, M.; Hegmanns, T.; Straub, N.: Assistenzsystem zum demografiesensiblen betriebsspezifischen Kompetenzmanagement für Produktions- und Logistiksysteme der Zukunft (ABEKO). Technische Universität Dortmund, 2017.
- [Her-2016] Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), S. 3928–3937.

- [Hey-2017] Heyse, V.: KODE und KODEX - Kompetenzen erkennen, um Kompetenzen zu entwickeln und zu bestärken. In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 245–273.
- [Hir-1994] Hirsh, W.; Strebler, M.: Defining managerial skills and competences. In: Gower handbook of management development, Jg. 4 (1994)
- [Hir-2014] Hirsch-Kreinsen, H.: Wandel von Produktionsarbeit - "Industrie 4.0" – Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Technische Universität Dortmund, 2014.
- [Hir-2015] Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit – Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2015.
- [Hir-2016a] Hirsch-Kreinsen, H.: Die Zukunft einfacher Industriearbeit. Friedrich Ebert Stiftung, Bonn, 2016.
- [Hir-2016b] Hirsch-Kreinsen, H.: Digitization of industrial work: development paths and prospects. In: Journal for Labour Market Research, Jg. 49 (2016) Nr. 1, S. 1–14.
- [Hir-2017c] Hirsch-Kreinsen, H.; Hompel, M. t.: Digitalisierung industrieller Arbeit – Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. t. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Springer Vieweg, Berlin, 2017c, S. 357–376.
- [Hir-2018] Hirsch-Kreinsen, H.; Hompel, M. t.; Ittermann, P.; Dregger, J.; Niehaus, J.; Kirks, T.; Mättig, B.: „Social Manufacturing and Logistics“ – Arbeit in der digitalisierten Produktion Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018, S. 175–194.
- [Hof-2017] Hofmann, E.; Rüscher, M.: Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. In: Computers in Industry, Jg. 89 (2017), S. 23–34.
- [Höm-2007] Hömberg, K.; Hustadt, J.; Jodin, D.; Kochsiek, J.; Nagel, L.; Riha, I.: Basisprozesse für die Modellierung in großen Netzen in der Logistik, Universität Dortmund, Dortmund, 2007.

- [Hom-2016] Hompel, M. ten; Anderl, R.; Gausemeier, J.; Meinel, C.; Schildhauer, T.; Beck, M.: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 - Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, 2016.
- [Hos-2003] Hossiep, R.; Paschen, M.: Das Bochumer Inventar zur berufsbezogenen Persönlichkeitsbeschreibung: BIP. Hogrefe, Verlag für Psychologie, 2003.
- [Hub-2016] Huba, M.; Kozak, S.: From e-Learning to Industry 4.0 2016 International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), S. 103–108.
- [Hut-2015] Hutzschenreuter, T.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015.
- [Imr-2019] Imran, F.; Kantola, J.: Review of Industry 4.0 in the Light of Sociotechnical System Theory and Competence-Based View: A Future Research Agenda for the Evolute Approach. In: Kantola, J. I.; Nazir, S.; Barath, T. (Hrsg.): Advances in Human Factors, Business Management and Society. Springer International Publishing, Cham, 2019, S. 118–128.
- [Itt-2016] Ittermann, P.; Niehaus, J.; Hirsch-Kreinsen, H.; Dregger, J.; Hompel, M. t.: Social Manufacturing and Logistics – Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik - Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47/2016. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Technische Universität Dortmund, 2016.
- [Jer-2018] Jerman, A.; Bach, M. P.; Bertoncej, A.: A Bibliometric and Topic Analysis on Future Competences at Smart Factories. In: Machines (2018)
- [Jün-1989] Jünemann, R.; Pfohl, H.-C.; Jünemann, R.: Materialfluß und Logistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1989.
- [Jun-2019] Junge, A. L.: Digital transformation technologies as an enabler for sustainable logistics and supply chain processes – an exploratory framework. In: Brazilian Journal of Operations & Production Management, Jg. 16 (2019) Nr. 3, S. 462–472.

- [Kad-2019] Kadir, B. A.; Ole Broberg; Carolina Souza da Conceição: Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. In: Computers & Industrial Engineering, Jg. 137 (2019)
- [Kag-2013a] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft; acatec - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., 2013.
- [Kag-2013b] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 – Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion; acatech, Berlin, 2013.
- [Kag-2015] Kagermann, H.: Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. In: Albach, H., et al. (Hrsg.): Management of Permanent Change. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2015, S. 23–45.
- [Kan-2017] Kanning, U. P.: Inventar sozialer Kompetenzen (ISK/ISK-360°). In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 318–325.
- [Kan-2019] Kanimozhi Suguna, S.; Nanda Kumar, S.: Application of Cloud Computing and Internet of Things to Improve Supply Chain Processes. In: Al-Turjman, F. (Hrsg.): Edge Computing: From Hype to Reality. Springer International Publishing, Cham, 2019, S. 145–170.
- [Kau-2006] Kauffeld, S.: Self-directed work groups and team competence. In: Journal of Occupational and Organizational Psychology, Jg. 79 (2006) Nr. 1, S. 1–21.
- [Ker-2017] Kersten, W.; Seiter, M.; See, B. v.; Hackius, N.; Maurer, T.: Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management – Chancen der digitalen Transformation. DVV Media Group GmbH, Hamburg, 2017.
- [Kha-2005] Khazaeli, C. D.: Systemisches Design – Intelligente Oberflächen für Information und Interaktion. Rowohlt-Taschenbuch-Verl., Reinbek bei Hamburg, 2005.

- [Kha-2017] Khalid, A.; Kirisci, P.; Ghrairi, Z.; Pannek, J.; Thoben, K.-D.: Safety Requirements in Collaborative Human–Robot Cyber-Physical System. In: Freitag, M.; Kotzab, H.; Pannek, J. (Hrsg.): Dynamics in Logistics. Springer International Publishing, Cham, 2017, S. 41–51.
- [Kip-2021] Kipper, L. M.; Iepsen, S.; Dal Forno, A. J.; Frozza, R.; Furstenau, L.; Agnes, J.; Cossul, D.: Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. In: Technology in Society (2021)
- [Kit-1994] Kitzinger, J.: The methodology of Focus Groups: the importance of interaction between research participants. In: Sociology of Health and Illness, Jg. 16 (1994) Nr. 1, S. 103–121.
- [Kit-2004] Kitchenham, B.: Procedures for performing systematic reviews. In: Keele, UK, Keele University, Jg. 33 (2004), S. 1–26.
- [Kla-2012] Klaus, P.; Krieger, W.; Krupp, M.: Gabler Lexikon Logistik. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2012.
- [Kli-2003] Klink, M. R.; Boon, J.: Competencies: the triumph of a fuzzy concept. In: International Journal of Human Resources Development and Management, Jg. 3 (2003) Nr. 2, S. 125.
- [Klu-2018] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie – Grundlagen der Logistik Im Automobilbau. Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018.
- [Klu-2019] Klumpp, M.; Hagemann, V.; Ruiner, C.; Neukirchen, T.; Hesenius, M.: Arbeitswelten der Logistik im Wandel – Gestaltung digitalisierter Arbeit im Kontext des Internet der Dinge und von Industrie 4.0. In: Hermeier, B.; Heupel, T.; Fichtner-Rosada, S. (Hrsg.): Arbeitswelten der Zukunft. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019, S. 67–85.
- [Kna-2020] Knauer, S.: Industrie 4.0-Technologien und deren Kompetenzanforderungen. Masterarbeit. Technische Universität München, München, 2020.
- [Koc-2019] Kock, A. Dr.; Schad-Dankwart, I. Dr.: Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen – Der Ausbildungsberuf „Fachkraft für Lagerlogistik“ im Screening. Barbara Budrich, Bonn, 2019.



- [Koh-2019a] Kohl, M.; Malik, B.; Lopitzsch, J.; Fottner, J.: Auswahl- und Priorisierungsmodell für Industrie 4.0-Use Cases in der Logistik. WGTL, 2019.
- [Koh-2019b] Kohl, M.; Heimeldinger, C.; Brieke, M.; Fottner, J.: Competency Model for Logistics Employees in Smart Factories. In: Karwowski, W.; Trzcielinski, S.; Mrugalska, B. (Hrsg.): Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. Springer International Publishing, Cham, 2019, S. 133–145.
- [Koh-2019c] Kohl, M.; Fottner, J.: Kompetenzmanagement für die Digitalisierung und Automatisierung in der Automobillogistik – Aktueller Umsetzungsstand und Handlungsbedarf. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik (fml) TU München, Garching b. München, 2019.
- [Koh-2020a] Kohl, M.; Knauer, S.; Fottner, J.: Industry 4.0 in Logistics and Associated Employee Competencies – A Technology Providers’ Perspective. In: Ahram, T., et al. (Hrsg.): Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications III. Springer International Publishing, Cham, 2020, S. 377–383.
- [Koh-2020b] Kohl, M.; Fottner, J.: Mitarbeiterkompetenzen für die Industrie 4.0 Jahrbuch Logistik. Unikat Werbeagentur GmbH, Wuppertal, 2020, S. 60–63.
- [Koh-2021a] Kohl, M.; Häring, S.; Lopitzsch, J.; Fottner, J.: Data-Driven Determination and Plausibility Check of Requirement Profiles in Logistics. In: Trzcielinski, S., et al. (Hrsg.): Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. Springer International Publishing, Cham, 2021, S. 311–319.
- [Koh-2021b] Kohl, M.; Krottenthaler, J.; Muller, K.; Fottner, J.; Lopitzsch, J.: Socio-Technical Process Modules for Configuring Current and Future Logistics Processes 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), S. 607–615.
- [Koh-2021c] Kohl, M.; Zierhut, S.; Lopitzsch, J.; Fottner, J.; Wilpers, S.: Socio-technical Qualification Modules for the Empowerment of Logistics Employees in the Technological Transition 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), S. 1485–1490.

- [Koh-2021d] Kohl, M.; Richter, T.; Lopitzsch, J.; Fottner, J.: Systematic Determination of Competency Requirements for Employees in Logistics2021 14th International Conference on Human System Interaction (HSI), S. 1–8.
- [Koh-2022a] Kohl, M.; Fottner, J.: Competency Management in Automotive Logistics: Current Applications and Relevance for Digitalization2022 11th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)
- [Koh-2022b] Kohl, M.; Westermaier, C.; Puchan, J.; Fottner, J.: Developing a Company-Specific Technology Vision for Intralogistics Processes2022 The 5th International Conference on Computers in Management and Business, New York, NY, USA, 2022.
- [Kos-2014] Kossak, F.; Illibauer, C.; Geist, V.; Kubovy, J.; Natschläger, C.; Ziebermayr, T.; Kopetzky, T.; Freudenthaler, B.; Schewe, K.-D.: A Rigorous Semantics for BPMN 2.0 Process Diagrams. In: Kossak, F., et al. (Hrsg.): A Rigorous Semantics for BPMN 2.0 Process Diagrams. Springer International Publishing, Cham, 2014, S. 29–152.
- [Krc-2015] Krcmar, H.: Informationsmanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2015.
- [Kro-2021] Krottenthaler, J.: Entwicklung und Implementierung eines Tools zur Konfiguration von Logistikprozessen und Kompetenzermittlung für die Logistik 4.0. Masterarbeit. Technische Universität München, München, 2021.
- [Kru-2016] Krug, R.; Stoyanov, T.; Tincani, V.; Andreasson, H.; Mosberger, R.; Fantoni, G.; Lilienthal, A. J.: The Next Step in Robot Commissioning: Autonomous Picking and Palletizing. In: IEEE Robotics and Automation Letters, Jg. 1 (2016) Nr. 1, S. 546–553.
- [Kum-2019] Kumari, S.; Polke, N.: Implementation Issues of Augmented Reality and Virtual Reality: A Survey. In: Hemanth, J., et al. (Hrsg.): International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (ICICI) 2018. Springer International Publishing, Cham, 2019, S. 853–861.

- [Laf-2000] Laffert, J.: Informations- und Materialflüsse in internationalen Logistiksystemen der Volkswagen AG. Kassel Univ. Press, Kassel, 2000.
- [Las-2014] Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.-G.; Feld, T.; Hoffmann, M.: Industry 4.0. In: Business & Information Systems Engineering, Jg. 6 (2014) Nr. 4, S. 239–242.
- [Law-1994] Lawler, E. E.: From job-based to competency-based organizations. In: Journal of Organizational Behavior, Jg. 15 (1994) Nr. 1, S. 3–15.
- [Le-2005] Le Deist, F. D.; Winterton, J.: What is competence? In: Human Resource Development International, Jg. 8 (2005) Nr. 1, S. 27–46.
- [Lei-2013] Leinweber, S.: Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert, M. T. (Hrsg.): Strategische Personalentwicklung. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013, S. 145–178.
- [Leo-2018] Leopold, T.; Ratcheva, V.; Zahidi, S.: The future of jobs report 2018. World Economic Forum, Cologny/Geneva, 2018.
- [Lew-2017] Lewin, M.; Voigtlander, S.; Fay, A.: Method for process modelling and analysis with regard to the requirements of Industry 4.0: An extension of the value stream method IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, S. 3957–3962.
- [Lie-2007] Lievens, F.; Sanchez, J. I.: Can training improve the quality of inferences made by raters in competency modeling? A quasi-experiment. In: The Journal of applied psychology, Jg. 92 (2007) Nr. 3, S. 812–819.
- [Lie-2015] Liesert, A.: Prozessorientierte Qualifikation von Führungskräften im Baubetrieb – Ein Kompetenzmodell. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015.
- [Lie-2017] Lieberoth-Leden, C.; Röschinger, M.; Lechner, J.; Günthner, W. A.: Logistik 4.0. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, 2017, S. 451-512.
- [Lin-2018] Lin, Y.-S.; Zhang, Y.; Lin, I.-C.; Chang, C.-J.: Predicting logistics delivery demand with deep neural networks 2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM), S. 294–297.

- [Lis-2019] Lischka, J.; Kohl, I.: Die Fähigkeit zur Vernetzung und Veränderung – zwei Trendkompetenzen in der Industrie 4.0 – Der Versuch einer Konstruktbestimmung als Grundlage für die Personalauswahl Wissensmanagement in digitalen Arbeitswelten. Fachhochschule Potsdam, Potsdam, 2019, S. 66–88.
- [Lor-2009] Lorenz, M.; Rohrschneider, U.: Erfolgreiche Personalauswahl: Sicher, schnell und durchdacht. Springer, 2009.
- [Lor-2015] Lorenz, M.; Ruessmann, M.; Strack, R.; Lueth, K. L.; Bolle, M.: Man and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025. In: The Boston Consulting Group (2015)
- [Luc-1999] Lucia, A. D.; Lepsinger, R.: The art and science of competency models. Jossey-Bass San Francisco, CA, 1999.
- [Maj-2017] Majkovic, A.-L.; Werkmann-Karcher, B.; Gundrum, E.; Birrer, J.; Gerner, S.; Probst, L.; Huber, R.; Pfister, A. C.: IAP Studie 2017–Teil 2: der Mensch in der Arbeitswelt 4.0: Ergebnisse der qualitativen Interviews (2017)
- [Mal-2019] Malik, A.; Bilberg, A.: Complexity-based task allocation in human-robot collaborative assembly. In: Industrial Robot, Jg. 46 (2019) Nr. 4, S. 471–480.
- [Man-1996] Mansfield, R. S.: Building Competency Models: Approaches for HR Professionals. In: Human Resource Management, Jg. 35 (1996), S. 7–18.
- [Mar-2016] Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik – Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2016.
- [Mät-2019] Mättig, B.; Kretschmer, V.: Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Logistik 4.0. In: Hompel, M. t.; Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019, S. 1–25.
- [McC-1973] McClelland, D. C.: Testing for competence rather than for "intelligence". In: American Psychologist, Jg. 28 (1973) Nr. 1, S. 1–14.

- [McD-2005] McDonald, S.: Studying actions in context: a qualitative shadowing method for organizational research. In: *Qualitative Research*, Jg. 5 (2005) Nr. 4, S. 455–473.
- [McK-2018] McKinsey Global Institute: *Skill Shift – Automation and the future of the workforce*, 2018.
- [McL-1997] McLagan, A.: *Competencies: The Next Generation*. In: *Training and Development*, Jg. 51 (1997)
- [Mel-2019] Melliana; Sinulingga, S.; Nasution, H.; Matondang, N.: Competence model of human resources, infrastructure, and regulation in improving logistics performance. In: *International Journal of Civil Engineering and Technology*, Jg. 10 (2019), S. 2577–2586.
- [Men-1997] Mentzer, J. T.; Flint, D. J.: Validity in logistics research. In: *Journal of business logistics*, Jg. 18 (1997) Nr. 1, S. 199.
- [Men-2001] Mentzer, J. T.; DeWitt, W.; Keebler, J. S.; Min, S.; Nix, N. W.; Smith, C. D.; Zacharia, Z. G.: Defining Supply Chain Management. In: *Journal of Business Logistics*, Jg. 22 (2001) Nr. 2, S. 1–25.
- [Men-2017] Mendenhall, M. E.; Weber, T. J.; Arna Arnardottir, A.; Oddou, G. R.: Developing Global Leadership Competencies: A Process Model. In: Osland, J. S.; Li, M.; Mendenhall, M. E. (Hrsg.): *Advances in Global Leadership*. Emerald Publishing Limited, 2017, S. 117–146.
- [Meu-2009] Meuser, M.; Nagel, U.: Das Experteninterview — konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: Pickel, S., et al. (Hrsg.): *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2009, S. 465–479.
- [Mey-2015] Meyer, G.; Brünig, B.; Nyhuis, P.: Employee competences in manufacturing companies – an expert survey. In: *Journal of Management Development*, Jg. 34 (2015) Nr. 8, S. 1004–1018.
- [Mol-2003] Molenda, M.: In search of the elusive ADDIE model. In: *Performance Improvement*, Jg. 42 (2003) Nr. 5, S. 34–36.
- [Mon-2017] Montel, C.; Hiltmann, M.; Mette, C.; Zimmer, B.: Das PERLS-System. In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): *Handbuch Kompetenzmessung*. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 441–451.

- [Mos-2017] Moser, T.; Wochner, P.; Szondy, K.; Fidler, F.; Schneider, H. W.; Dorfmayr, R.; Schlund, S.; Flores, V.: Anwendungsfallbasierte Erhebung Industrie 4.0 relevanter Qualifikationsanforderungen und deren Auswirkungen auf die österreichische Bildungslandschaft – AEIQU, Fachhochschule St. Pölten, Wien, 2017.
- [Muc-2018] Muchna, C.; Brandenburg, H.; Fottner, J.; Gutermuth, J.: Grundlagen der Logistik – Begriffe, Strukturen und Prozesse. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.
- [Mül-2019] Müller, C.: Ermittlung von Kompetenzen auf Basis der Prozesse in der Automobillogistik unter Berücksichtigung von Digitalisierung und Automatisierung. Masterarbeit, 2019.
- [Mül-2020] Müller, K.: Ermittlung von Prozessbausteinen für die Logistik 4.0 unter Berücksichtigung des soziotechnischen Systems. Masterarbeit. Technische Universität München, München, 2020.
- [Mur-2003] Murray, P.; Chapman, R.: From continuous improvement to organisational learning: developmental theory. In: The Learning Organization, Jg. 10 (2003) Nr. 5, S. 272–282.
- [Nay-2020] Nayyar, A.; Kumar, A. (Hrsg.): A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Springer International Publishing, Cham, 2020.
- [Neu-2019] Neuburger, R.: Der Wandel der Arbeitswelt in einer Industrie 4.0. In: Obermaier, R. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation, 2019, S. 589–608.
- [Nie-2008] Niegemann, H. M.: Kompendium multimediales Lernen. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [Nor-2013] North, K.; Reinhardt, K.; Sieber-Suter, B. (Hrsg.): Kompetenzmanagement in der Praxis – Mitarbeiterkompetenzen systematisch identifizieren, nutzen und entwickeln. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.
- [Nor-2017] North, K.: Kompetenzrad und Kompetenzmatrix. In: Erpenbeck, J., et al. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2017, S. 465–477.

- [O'S-2011] O'Sullivan, D.; Rolstadås, A.; Filos, E.: Global education in manufacturing strategy. In: *Journal of Intelligent Manufacturing*, Jg. 22 (2011) Nr. 5, S. 663–674.
- [Obe-2016] Obermaier, R.: *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016.
- [Off-2019] Offensive Mittelstand (Hrsg.): *Umsetzungshilfen Arbeit 4.0 – Künstliche Intelligenz für die produktive und präventive Arbeitsgestaltung nutzen: Hintergrundwissen und Gestaltungsempfehlungen zur Einführung der 4.0-Technologien*, Heidelberg, 2019.
- [Ozt-2018] Oztemel, E.; Gursev, S.: Literature review of Industry 4.0 and related technologies. In: *Journal of Intelligent Manufacturing*, Jg. 47 (2018) Nr. 4, S. 3.
- [Pec-2017] Pecina, P.; Sládek, P.: Fourth Industrial Revolution and Technical Education. In: Gómez Chova, L.; López Martínez, A.; Candel Torres, I. (Hrsg.): *INTED2017 Proceedings*, 2017, S. 2089–2093.
- [Pej-2020] Pejic-Bach, M.; Bertonce, T.; Meško, M.; Krstić, Ž.: Text mining of industry 4.0 job advertisements. In: *International Journal of Information Management*, Jg. 50 (2020), S. 416–431.
- [Per-2020] Persaud, A.: Key competencies for big data analytics professions: a multimethod study. In: *Information Technology & People* (2020) Nr. Vol. 34 No. 1, S. 178–203.
- [Pfo-2016] Pfohl, H.-C.: *Logistikmanagement – Konzeption und Funktionen*. Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016.
- [Pfo-2018] Pfohl, H.-C.: *Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. Springer Vieweg, Berlin, 2018.
- [Pic-2014] Picot, A.; Hopf, S.; Rahild, N.: Die Zukunft der Arbeit in der digitalen Welt – Herausforderung für die Wirtschaftsinformatik. In: Brenner, W.; Hess, T. (Hrsg.): *Wirtschaftsinformatik in Wissenschaft und Praxis*. Springer-Gabler, Berlin, 2014, S. 299–308.
- [Pin-2017] Pinzone, M.; Fantini, P.; Perini, S.; Garavaglia, S.; Taisch, M.; Miragliotta, G.: *Jobs and Skills in Industry 4.0: An Exploratory Re-*

search. In: Lödding, H., et al. (Hrsg.): *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. Springer International Publishing, Cham, 2017, S. 282–288.

- [Pla-2019] Plattform Industrie 4.0: Was ist Industrie 4.0? <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, Aufruf am 17.11.2019.
- [Pok-2017] Pokorni, B.; Schlund, S.; Findeisen, S.; Tomm, A.; Euper, D.; Mehl, D.; Brehm, N.; Ahmad, D.; Ohlhausen, P.; Palm, D.: Produktionsassessment 4.0. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 112 (2017) Nr. 1-2, S. 20–24.
- [Pra-2014] Prasse, C.; Nettstraeter, A.; Hompel, M. t.: How IoT will change the design and operation of logistics systems2014 International Conference on the Internet of Things (IOT), S. 55–60.
- [Puh-2019] Puhl, S.: A framework for a systematical derivation of business process changes in logistics. Masterarbeit, 2019.
- [Rab-2004] Rabiee, F.: Focus-group interview and data analysis. In: *The Proceedings of the Nutrition Society*, Jg. 63 (2004) Nr. 4, S. 655–660.
- [Rah-2019] Rahmanifard, H.; Plaksina, T.: Application of artificial intelligence techniques in the petroleum industry: a review. In: *Artificial Intelligence Review*, Jg. 52 (2019) Nr. 4, S. 2295–2318.
- [Rei-2017] Reinhart, G.: *Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik*. Hanser, München, 2017.
- [Ric-2020] Richter, T.: Changes in competency profiles of logistics employees due to Industry 4.0 technologies - a case study for competency determination. Master Thesis. Copenhagen Business School, Copenhagen, 2020.
- [Rob-2007] Robinson, M. A.; Sparrow, P. R.; Clegg, C.; Birdi, K.: Forecasting future competency requirements: a three-phase methodology. In: *Personnel Review*, Jg. 36 (2007) Nr. 1, S. 65–90.
- [Rot-1999] Rothwell, W. J.; Lindholm, J. E.: Competency identification, modelling and assessment in the USA. In: *International Journal of Training and Development*, Jg. 3 (1999) Nr. 2, S. 90–105.



- [Rot-2008] Rothwell, W. J.; Kazanas, H. C.: Mastering the instructional design process – A systematic approach. Pfeiffer, San Francisco, 2008.
- [Rum-2018] Rump, J.; Eilers, S.: Kompetenzanforderungen im Kontext der Digitalisierung. In: Molina, K.-M. de; Kaiser, S.; Widuckel, W. (Hrsg.): Kompetenzen der Zukunft - Arbeit 2030. Haufe Group, Freiburg, München, Stuttgart, 2018, S. 423–439.
- [San-2009] Santos, J. M.; Embrechts, M.: On the Use of the Adjusted Rand Index as a Metric for Evaluating Supervised Classification. In: Alippi, C., et al. (Hrsg.): Artificial Neural Networks – ICANN 2009. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, S. 175–184.
- [Sap-2020] Sapper, S.: Kompetenzveränderungen und Kompetenzprofile im Zuge der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik. Semesterarbeit. Technische Universität München, München, 2020.
- [Sap-2021] Sapper, S.; Kohl, M.; Fottner, J.: Future Competency Requirements in Logistics Due to Industry 4.0: A Systematic Literature Review 2021 10th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM), S. 94–105.
- [Sau-2016] Sauter, W.; Staudt, F.-P.: Strategisches Kompetenzmanagement 2.0 – Potentiale nutzen - Performance steigern. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016.
- [Sch-1986] Schwarting, C.: Optimierung der ablauforganisatorischen Gestaltung von Kommissioniersystemen. Huss-Verl., München, 1986.
- [Sch-2013a] Schuh, G.; Hering, N.; Brunner, A.: Einführung in das Logistikmanagement. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Logistikmanagement. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, S. 1–34.
- [Sch-2013b] Schulte, C.: Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain. Vahlen, München, 2013.
- [Sch-2013c] Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Logistikmanagement – Handbuch Produktion und Management 6. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [Sch-2014] Schlund, S.; Hämmerle, M.; Strölin, T.: Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung – Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 2014.

- [Sch-2016] Schneider, O. C.: Prozessaufnahmemethode zur Unterstützung des RFID-Einsatzes in der Intralogistik. Dissertation. Lehrstuhl für Förder-technik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Garching b. München, 2016.
- [Sch-2017a] Schuh, G.; Salmen, M.; Jussen, P.; Riesener, M.; Zeller, V.; Hensen, T.; Begovic, A.; Birkmeier, M.; Hocken, C.; Jordan, F.; Kantelberg, J.; Kelzenberg, C.; Kolz, D.; Maasem, C.; Siegers, J.; Stark, M.; Tönnies, C.: Geschäftsmodell-Innovation. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, 2017, S. 3–29.
- [Sch-2017b] Schröder, F.: Vorgehensweise zur Implementierung von logistischen Kennzahlensystemen im Umfeld der Automobilindustrie. Dissertation. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Garching b. München, 2017.
- [Sch-2020] Schmidtke, N.; Behrendt, F.; Wagner, M.; Rettmann, A. B.; Ansorge, T.: Technology Assessment for Designing Smart Logistics Zones2020 5th International Conference on Logistics Operations Management (GOL), S. 1–9.
- [Sha-2020] Sharma, A.; Jain, D. K.: Development of Industry 4.0. In: Nayyar, A.; Kumar, A. (Hrsg.): A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Springer International Publishing, Cham, 2020, S. 23–38.
- [Sie-2010] Siedenbiedel, G.: Organisation ... leicht verständlich. Lucius & Lucius, Stuttgart, 2010.
- [Sin-2009] Sinek, S.: Start with why: How great leaders inspire everyone to take action. Penguin, 2009.
- [Sis-1990] Sisson, G. R.; Swanson, R. A.: Improving Work Performance. In: Educational Technology, Jg. 30 (1990) Nr. 5, S. 16–20.
- [Siv-2017] Sivarajah, U.; Kamal, M. M.; Irani, Z.; Weerakkody, V.: Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. In: Journal of Business Research, Jg. 70 (2017), S. 263–286.
- [Sod-2017] Soder, J.: Use Case Production. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. t. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.1. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017, S. 3–25.

- [Son-2020] Sony, M.; Naik, S.: Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. In: *Technology in Society*, Jg. 61 (2020)
- [Spa-2013] Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0 – Studie*. Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO, 2013.
- [Spa-2017] Spath, D.: Grundlagen der Organisationsgestaltung. In: Spath, D., et al. (Hrsg.): *Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation*. Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2017, S. 3–29.
- [Spö-2016] Spöttl, G.; Gorltdt, C.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T.: *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie*, 2016.
- [Sti-2015] Stich, V.; Gudergan, G.; Senderek, R.: Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Falkenberg, J. (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit*. Nomos edition sigma, Baden-Baden, 2015, S. 109–130.
- [Sto-2012] Stokes, P.; Oiry, E.: An evaluation of the use of competencies in human resource development – a historical and contemporary recontextualisation. In: *EuroMed Journal of Business*, Jg. 7 (2012) Nr. 1, S. 4–23.
- [Str-2016] Straub, N.; Kaczmarek, S.; Hegmanns, T.; May, D.; Haertel, T.; Möllmann, A.; Zaremba, B.: Kompetenzmodell für die operative Logistik in der Arbeitswelt 4.0. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 111 (2016) Nr. 10, S. 645–649.
- [Str-2017] Strandhagen, J. O.; Vallandingham, L. R.; Fragapane, G.; Strandhagen, J. W.; Stangeland, A. B. H.; Sharma, N.: Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. In: *Advances in Manufacturing*, Jg. 5 (2017) Nr. 4, S. 359–369.
- [Sup-2012] Supply Chain Council: Supply Chain Operations Reference Model – Revision 11.0. <http://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>, Aufruf am 26.09.2018.
- [Sys-1990] Syska, A.: *Kennzahlen für die Logistik*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1990.

- [Tra-2003] Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, P.: Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. In: British Journal of Management, Jg. 14 (2003) Nr. 3, S. 207–222.
- [Tri-1951] Trist, E. L.; Bamforth, K. W.: Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting – An Examination of the Psychological Situation and Defences of a Work Group in Relation to the Social Structure and Technological Content of the Work System. In: Human Relations, Jg. 4 (1951) Nr. 1, S. 3–38.
- [Tsc-2015] Tschöpe, S.; Aronska, K.; Nyhuis, P.: „Was ist eigentlich Industrie 4.0?“. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 110 (2015) Nr. 3, S. 145–149.
- [U.S-2018] U.S. Department of Labor: Transportation, Distribution, and Logistics Competency Model, 2018.
- [Uli-2011] Ulich, E.: Arbeitspsychologie. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich; Schöffer-Poeschel Verlag, Zürich, Stuttgart, 2011.
- [Ull-2017] Ullrich, A.; Vladova, G.; Gronau, N.: Kontextsensitive Mitarbeiterqualifizierung. In: Metamorphose zur intelligenten und vernetzten Fabrik. Wiesbaden: Springer-Vieweg (2017), S. 56–68.
- [Ust-2018] Ustundag, A.; Cevikcan, E.: Industry 4.0 – Managing the Digital Transformation. Springer, Cham, Switzerland, 2018.
- [VDI-2689] Verein Deutscher Ingenieure e. V.: Leitfaden für Materialflussuntersuchungen. VDI Nr. 2689, 2010.
- [VDI-2860] Verein Deutscher Ingenieure e. V.: Montage- und Handhabungstechnik. VDI Nr. 2860, 1990.
- [VDI-3300] Verein Deutscher Ingenieure e. V.: Materialfluß-Untersuchungen. VDI Nr. 3300, 1973.
- [VDI-3590] Verein Deutscher Ingenieure e. V.: Kommissioniersysteme Grundlagen. VDI Nr. 3590, 1994.
- [Ver-2019] Vernim, S.; Korder, S.; Tropschuh, B.: Sind unsere Mitarbeiter für einen Einsatz in der digitalen Fabrik richtig qualifiziert? Ermittlung zukünftiger Mitarbeiteranforderungen in der Smart Factory. In: Bosse,

- C.; Zink, K. (Hrsg.): Arbeit 4.0 im Mittelstand. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019, S. 71–90.
- [Vid-2012] Vidal-Salazar, M. D.; Cordón-Pozo, E.; Ferrón-Vilchez, V.: Human resource management and developing proactive environmental strategies: The influence of environmental training and organizational learning. In: Human Resource Management, Jg. 51 (2012) Nr. 6, S. 905–934.
- [Vog-2017] Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. t. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.1. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017.
- [Vuo-2016] Vuorikari, R.; Punie, Y.; Carretero Gomez, S.; van den Brande, L.: DigComp 2.0 – The Digital Competence Framework for Citizens. Publications Office, Luxembourg, 2016.
- [Wan-2015] Wang, L.; Törngren, M.; Onori, M.: Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. In: Journal of Manufacturing Systems, Jg. 37 (2015), S. 517–527.
- [Web-2017] Weber, B.; Butschan, J.; Heidenreich, S.: Tackling hurdles to digital transformation - the role of competencies for successful IIoT implementation 2017 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), 2017, S. 312–317.
- [Wei-2002] Weinert, F.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Beltz Verlag, Weinheim, Basel, 2002, S. 17–31.
- [Wei-2017] Weiß, Y.; Wagner, D.: Die Zukunft der Arbeitswelt: Arbeiten 4.0. In: Jochmann, W.; Böckenholt, I.; Diestel, S. (Hrsg.): HR-Exzellenz. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 203–217.
- [Wes-2015] Wesselink, R.; Blok, V.; van Leur, S.; Lans, T.; Dentoni, D.: Individual competencies for managers engaged in corporate sustainable management practices. In: Journal of Cleaner Production, Jg. 106 (2015), S. 497–506.
- [Wes-2021] Westermaier, C.: Entwicklung einer Vorgehensweise zur strategischen Technologiefrüherkennung für die Intralogistik 4.0. Masterarbeit, 2021.

- [Wie-2010] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. Hanser, München, 2010.
- [Wil-2018] Wilk, G.: Stellenbeschreibungen und Anforderungsprofile – Kompetente Unterstützung für erfolgreiche Personalarbeit. Haufe Group, Freiburg, München, Stuttgart, 2018.
- [Win-2012] Windelband, L.; Spöttl, G.: Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des "Internet der Dinge". In: Faßhauer, U.; Fürstenau, B.; Wuttke, E. (Hrsg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen. Verlag Barbara Budrich, Opladen, Berlin, Toronto, 2012, S. 205–220.
- [Win-2014] Windelband, L.: Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. In: Journal of Technical, Jg. 2 (2014) Nr. 2, S. 138–160.
- [Win-2015] Windelband, L.; Dworschak, B.: Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0 – Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2015, S. 71–86.
- [Win-2019] Windelband, L.; Spöttl, G.: Industrie 4.0 – Neugestaltung industrieller Prozesse und Konsequenzen für die Berufsausbildung. In: Spöttl, G.; Windelband, L. (Hrsg.): Industrie 4.0. W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld, 2019, S. 239–254.
- [Win-2020] Winkelhaus, S.; Grosse, E. H.: Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. In: International Journal of Production Research, Jg. 58 (2020) Nr. 1, S. 18–43.
- [Wro-2018] Wrobel, S.; Hecker, D.: Fraunhofer-Allianz Big Data. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Digitalisierung. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018, S. 261–273.
- [Xu-2020] Xu, W.: Competency and Job Profile in Logistics – Process- and Sector-specific Differences. Bachelorarbeit, 2020.
- [Yaq-2018] Yaqiong, L. V.; Lei, T. U.; LEE, C.K.M.; Xin, T.: IoT based Omni-Channel Logistics Service in Industry 4.0 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI). IEEE, 2018, S. 240–243.

- [Yu-1983] Yu, J.; Cooper, H.: A Quantitative Review of Research Design Effects on Response Rates to Questionnaires. In: Journal of Marketing Research, Jg. 20 (1983) Nr. 1, S. 36–44.
- [Zie-2021] Zierhut, S.: Qualifizierungsbedarfe und -konzepte für die Automobillogistik der Zukunft am Beispiel der MAN Truck & Bus SE. Masterarbeit. Hochschule Heilbronn, Heilbronn, 2021.
- [Zob-2018] Zobel, B.; Werning, S.; Berkemeier, L.; Thomas, O.: Augmented- und Virtual-Reality-Technologien zur Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung – Überblick, Klassifikation und Vergleich. In: Thomas, O.; Metzger, D.; Niegemann, H. M. (Hrsg.): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Springer Gabler, Berlin, 2018, S. 20–34.
- [Zou-2020] Zoubek, M.; Šimon, M.: Methodology for evaluating the readiness of internal logistics processes for Industry 4.0. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Jg. 947 (2020) Nr. 1

## Verzeichnis studentischer Arbeiten

Im Rahmen der durch diese Dissertation aufgegriffenen Forschungsthematik wurden nachfolgende Studienarbeiten erstellt. Die Anfertigung dieser Arbeiten wurde durch den Autor wissenschaftlich und inhaltlich angeleitet. Die Ergebnisse sind zum Teil in die vorliegende Arbeit eingeflossen und an den relevanten Stellen zitiert. Der Autor dankt an dieser Stelle allen Studierenden herzlich für ihr Engagement bei der Unterstützung dieser wissenschaftlichen Arbeit.

### **Carina Heimeldinger**

Erstellung eines Kompetenzmodells für die Logistik unter Berücksichtigung von Digitalisierung und Automatisierung. Masterarbeit, 2018. [Hei-2018]

### **Essam Elsewidy**

Identify necessary Employee Competencies for the Implementation of new Technologies in Automotive Logistics. Semesterarbeit, 2018. [Els-2018]

### **Christiane Müller**

Ermittlung von Kompetenzen auf Basis der Prozesse in der Automobillogistik unter Berücksichtigung von Digitalisierung und Automatisierung. Masterarbeit, 2019. [Mül-2019]

### **Sarah Puhl**

A framework for a systematical derivation of business process changes in logistics. Masterarbeit, 2019. [Puh-2019]

### **Philipp Gauß**

Industrie 4.0 in der Supply Chain – Analyse von Prozessveränderungen in der Automobillogistik. Masterarbeit, 2019. [Gau-2019]

### **Yosr Cheikh**

Kompetenzmanagement 4.0: Vergleich unterschiedlicher Ansätze. Semesterarbeit, 2019. [Che-2019]

### **Sebastian Sapper**

Kompetenzveränderungen und Kompetenzprofile im Zuge der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik. Semesterarbeit, 2020. [Sap-2020]



**Sophia Knauer**

Industrie 4.0-Technologien und deren Kompetenzanforderungen. Masterarbeit, 2020. [Kna-2020]

**Konstantin Müller**

Ermittlung von Prozessbausteinen für die Logistik 4.0 unter Berücksichtigung des soziotechnischen Systems. Masterarbeit, 2020. [Mül-2020]

**Tabea Richter**

Changes in competency profiles of logistics employees due to Industry 4.0 technologies – a case study for competency determination. Masterarbeit, 2020. [Ric-2020]

**Winnie Xu**

Competency and Job Profile in Logistics – Process- and Sector-specific Differences. Bachelorarbeit, 2020. [Xu-2020]

**Sandra Häring**

Datengetriebene Ermittlung und Plausibilisierung von aktuellen und zukünftigen Anforderungsprofilen in der Logistik. Masterarbeit, 2020. [Här-2020]

**Julia Krottenthaler**

Entwicklung und Implementierung eines Tools zur Konfiguration von Logistikprozessen und Kompetenzermittlung für die Logistik 4.0. Masterarbeit, 2021. [Kro-2021]

**Steffi Zierhut**

Qualifizierungsbedarfe und -konzepte für die Automobillogistik der Zukunft. Masterarbeit, 2021. [Zie-2021]

**Christina Westermaier**

Entwicklung einer Vorgehensweise zur strategischen Technologiefrüherkennung für die Intralogistik 4.0. Masterarbeit, 2021. [Wes-2021]

## Verzeichnis der Veröffentlichungen

### **Auswahl- und Priorisierungsmodell für Industrie 4.0-Use Cases in der Logistik**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Benjamin Malik, Jens Lopitzsch, Johannes Fottner

15. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e. V. (WGTL): Tagungsband, 2019. [Koh-2019a]

### **Competency Model for Logistics Employees in Smart Factories**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Carina Heimeldinger, Michael Brieke, Johannes Fottner

Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. Springer International Publishing, Cham, 2019, S. 133–145. [Koh-2019b]

### **Kompetenzmanagement für die Digitalisierung und Automatisierung in der Automobillogistik – Aktueller Umsetzungsstand und Handlungsbedarf**

Studie von Markus Kohl, Johannes Fottner

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München, 2019. [Koh-2019c]

### **Industry 4.0 in Logistics and Associated Employee Competencies – A Technology Providers' Perspective**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Sophia Knauer, Johannes Fottner

Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications III. Springer International Publishing, Cham, 2020, S. 377–383. [Koh-2020a]

### **Mitarbeiterkompetenzen für die Industrie 4.0**

Beitrag von Markus Kohl, Johannes Fottner

Jahrbuch Logistik. Unikat Werbeagentur GmbH, 2020, S. 60–63. [Koh-2020b]

### **Future Competency Requirements in Logistics Due to Industry 4.0: A Systematic Literature Review**

Paper mit Tagungsbeitrag von Sebastian Sapper, Markus Kohl, Johannes Fottner

Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM), S. 94–105. [Sap-2021]

**Data-Driven Determination and Plausibility Check of Requirement Profiles in Logistics**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Sandra Häring, Jens Lopitzsch, Johannes Fottner

Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. Springer International Publishing, Cham, 2021, S. 311–319. [Koh-2021a]

**Socio-Technical Process Modules for Configuring Current and Future Logistics Processes**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Julia Krottenthaler, Konstantin Müller, Johannes Fottner, Jens Lopitzsch

Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), S. 607–615. [Koh-2021b]

**Socio-technical Qualification Modules for the Empowerment of Logistics Employees in the Technological Transition**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Steffi Zierhut, Jens Lopitzsch, Johannes Fottner, Susanne Wilpers

Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), S. 1485–1490. [Koh-2021c]

**Systematic Determination of Competency Requirements for Employees in Logistics**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Tabea Richter, Jens Lopitzsch, Johannes Fottner

Proceedings of the 14th International Conference on Human System Interaction (HSI), S. 1–8. [Koh-2021d]

**Competency Management in Automotive Logistics: Current Applications and Relevance for Digitalization**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Johannes Fottner

Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). [Koh-2022a]

**Developing a Company-Specific Technology Vision for Intralogistics Processes**

Paper mit Tagungsbeitrag von Markus Kohl, Christina Westermaier, Jörg Puchan, Johannes Fottner

Proceedings of the 5th International Conference on Computers in Management and Business, 2022. [Koh-2022b]



# Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit	5
Abbildung 2-1: Bezugsrahmen der Arbeit	9
Abbildung 2-2: Aufbau der Unternehmenslogistik (in Anlehnung an [Jün-1989, S. 64])	12
Abbildung 2-3: Die industriellen Revolutionen (in Anlehnung an [Bau-2014a, S. 10])	13
Abbildung 2-4: Darstellung der Anzahl an Mitarbeitenden in den Aufbaustrukturen unterschiedlicher Szenarien	17
Abbildung 2-5: Das soziotechnische System im Rahmen der Industrie 4.0 (in Anlehnung an [Itt-2016, S. 27; Uli-2011, S. 202])	22
Abbildung 3-1: Status der Technologien bezogen auf die einzelnen Technologien (links) und die Position in der Lieferkette (rechts)	44
Abbildung 3-2: Voraussichtliche Veränderung der Kompetenzen je Technologie (links) und je Logistikkbereich (rechts)	45
Abbildung 3-3: Status und Kompetenzbewertung der Technologien	46
Abbildung 3-4: Suchbegriffe der SLR	51
Abbildung 3-5: Relative Anzahl der genannten Kompetenzanforderungen in Publikationen zu Logistik, Produktion und allgemeinen Anforderungen	58
Abbildung 4-1: Vergleich verschiedener Ansätze des Kompetenzmanagements	71
Abbildung 4-2: Rahmen des Vorgehensmodells zum Kompetenzmanagement in der Logistik	72
Abbildung 4-3: Grundstruktur des Vorgehensmodells und Aufbau der Phasen	73
Abbildung 4-4: Konfiguration eines Prozessbausteins im Matlab-Tool	85
Abbildung 4-5: Kompetenzmodell für die Logistik	91
Abbildung 4-6: Auszug aus der Struktur des logistikspezifischen Kompetenzmodells	92
Abbildung 4-7: Methode zur systematischen Ermittlung von Kompetenzanforderungen	99
Abbildung 4-8: Anwendung des Kompetenzbewertungsschemas am Beispiel der Disponenten	105
Abbildung 4-9: Schritte der Methode zur Ermittlung von Anforderungsprofilen	108
Abbildung 4-10: Übersicht über die Ähnlichkeitsfaktoren	109
Abbildung 4-11: Verfahren zur Ableitung soziotechnischer Qualifizierungsinhalte	114

Abbildung 5-1: Prozessmodell der betrachteten Bereiche im Anwendungsfall des Nutzfahrzeugherstellers (blaue Felder werden nicht betrachtet)	119
Abbildung 5-2: Identifizierte Technologiefelder im zukünftigen Logistikprozess	123
Abbildung 5-3: Vergleich der Anzahl an Prozessbausteinen	125
Abbildung 5-4: Kompetenzen und Definitionen	127
Abbildung 5-5: Durchschnittliche aktuelle und zukünftige Kompetenzanforderungen für die nicht automatisierten Prozessbausteine	130
Abbildung 5-6: Identifizierte Kompetenzprofile und Einordnung in den Logistikprozess	133
Abbildung 5-7: Qualifizierungskonzept für die Logistik	135
Abbildung 5-8: Qualifizierungsinhalte für die Kompetenz „Umgang mit Daten“	137
Abbildung 5-9: Technologische Anwendungsfälle im Rahmen des Qualifizierungskonzepts	138
Abbildung 5-10: Durchschnittliche aktuelle und künftige Kompetenzanforderungen für die ermittelten Profile im Anwendungsfall	140
Abbildung A-1: Zusammensetzung der Teilnehmenden der Studie	A-1
Abbildung A-2: Verwendung von Kompetenzmanagement für unterschiedliche Aspekte in den Unternehmen	A-2
Abbildung A-3: Ermittlung der Ist-Kompetenzen bei den Teilnehmenden	A-2
Abbildung A-4: Prognostizierte Kompetenzveränderungen durch die Technologien	A-3
Abbildung A-5: Hemmnisse für den Fortschritt der Digitalisierung und Automatisierung im Unternehmen	A-3
Abbildung A-6: Bedeutung der Aspekte für die Digitalisierung und Automatisierung	A-4
Abbildung B-1: Festlegung der Kompetenzanforderungen im Matlab-Tool auf Basis des Vorschlags aus der Kompetenzlogik (Phase 3)	B-1
Abbildung B-2: Darstellung der Kompetenzveränderungen im Matlab-Tool für den Disponenten	B-2
Abbildung B-3: Gesamtübersicht der Veränderungen im Matlab-Tool am Beispiel der Disposition	B-2
Abbildung B-4: Exemplarischer Technologiesteckbrief „Autonomes Fahren“	B-6

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 3-1:	Aktuelle und gewünschte Bedeutung von Kompetenzmanagement	42
Tabelle 3-2:	Aktuelle und gewünschte Kenntnisse über erforderliche Kompetenzen für die Digitalisierung und Automatisierung	47
Tabelle 3-3:	Fachkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR	52
Tabelle 3-4:	Methodenkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR	54
Tabelle 3-5:	Selbstkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR	55
Tabelle 3-6:	Sozialkompetenzen mit der häufigsten Nennung in der SLR	56
Tabelle 3-7:	Wichtigste Zukunftskompetenzen aus der SLR	57
Tabelle 3-8:	Übersicht der Anforderungen an die Lösung	66
Tabelle 4-1:	Bewertung der Ansätze zur Darstellung logistischer Standardprozesse	78
Tabelle 4-2:	Tätigkeitsorientierte Prozessbausteine für die Logistik	78
Tabelle 4-3:	Standardisierte Parameter	82
Tabelle 4-4:	Individuelle Parameter der Materialflussbausteine	83
Tabelle 4-5:	Individuelle Parameter der Informationsflussbausteine	84
Tabelle 4-6:	Bewertung der vorausgewählten Kompetenzmodelle	89
Tabelle 4-7:	Anforderungen an die Kompetenzermittlung und Bewertung der vorausgewählten Ansätze	96
Tabelle 4-8:	Beispiel für Einflussfaktoren der Kompetenz „Umgang mit Daten“	100
Tabelle 4-9:	Auszug aus einer tätigkeitsorientierten Prozessbeschreibung in der Disposition	101
Tabelle 4-10:	Anforderungen an die Ermittlung von Kompetenzprofilen und Bewertung der vorausgewählten Ansätze	106
Tabelle 4-11:	Bewertung bestehender Ansätze zur Mitarbeiterentwicklung	113
Tabelle 5-1:	Aufgaben und korrespondierende Prozessbausteine in der Disposition	121
Tabelle 5-2:	Auszug aus dem Prozessbaustein „Koordinieren und Steuern“ des Seriendisponenten	124
Tabelle 5-3:	Übersicht über die Interviewteilnehmer	141
Tabelle 5-4:	Einschätzung der Technologieanbieter zu den Kompetenzanforderungen für unterschiedliche Technologien	148

Tabelle 5-5:	Kompetenzveränderungen für Berufsprofile und Technologien (Zunahme +; Abnahme -)	149
Tabelle B-1:	Übersicht der Kompetenzen (Teil 1 von 3)	B-3
Tabelle B-2:	Übersicht der Kompetenzen (Teil 2 von 3)	B-4
Tabelle B-3:	Übersicht der Kompetenzen (Teil 3 von 3)	B-5



## Anhang A Ergänzungen zur quantitativen Studie

	n	%		n	%		n	%
<b>Position in der Supply Chain</b>			<b>Arbeitsbereich</b>			<b>Logistikbereich*</b>		
OEM Automobil	55	39,5	Logistik	107	76,4	Inbound	19	17,8
OEM Nutzfahrzeug	34	24,3	Produktion	9	6,4	Inhouse	21	19,6
Lieferanten	23	16,4	Personal	7	5,0	Outbound	6	5,6
Dienstleister	11	7,9	IT	4	2,9	Planung	29	27,1
Beratung	13	9,3				Interdisziplinär	29	27,1
Andere	4	2,9	<b>Industrie</b>			Nicht bekannt	3	2,8
			Automobil	117	83,6			
<b>Jährlicher Umsatz (in Euro)</b>			Elektor	2	1,4	<b>Arbeitserfahrung (in Jahren)</b>		
< 10 Millionen	12	8,6	Maschinenbau	9	6,4	Weniger als 2	14	10,0
10 - 50 Millionen	8	5,7	Transportwesen	8	5,7	2 - 6	29	20,7
50 - 250 Millionen	7	5,0	IT/Software	4	2,9	6 - 10	31	22,1
250 - 500 Millionen	6	4,3				Mehr als 10	66	47,1
> 500 Millionen	105	75,0	<b>Position im Unternehmen</b>					
Nicht bekannt	2	1,4	Fachangestellter	54	38,6	<b>Alter (in Jahren)</b>		
<b>Mitarbeiteranzahl</b>			Teamleiter	33	23,6	Jünger als 25	2	1,4
< 49	10	7,1	Abteilungsleiter	28	20,0	25 - 35	55	39,3
50 - 249	7	5,0	Bereichsleiter	9	6,4	35 - 45	39	27,9
250 - 499	6	4,3	Vorstandsmitglied	5	3,6	45 - 55	32	22,9
500 - 9.999	15	10,7	Nicht bekannt	11	7,9	55 - 65	10	7,1
> 9.999	102	72,9				Älter als 65	1	0,7
						Nicht bekannt	1	0,7

**Hinweis:** n = 140; \*n = 107

Abbildung A-1: Zusammensetzung der Teilnehmenden der Studie

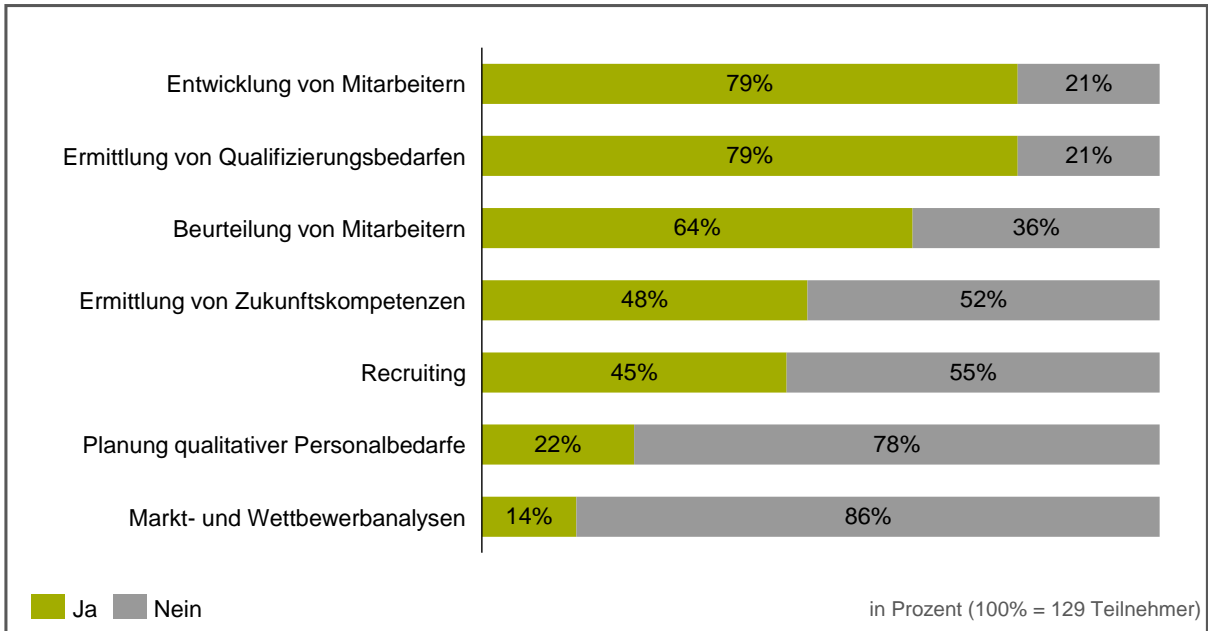


Abbildung A-2: Verwendung von Kompetenzmanagement für unterschiedliche Aspekte in den Unternehmen

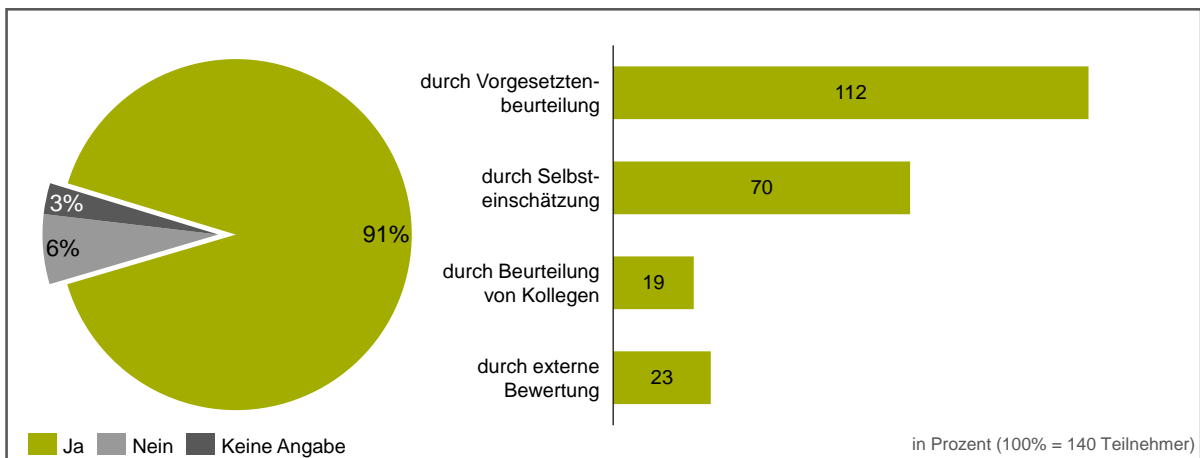


Abbildung A-3: Ermittlung der Ist-Kompetenzen bei den Teilnehmenden

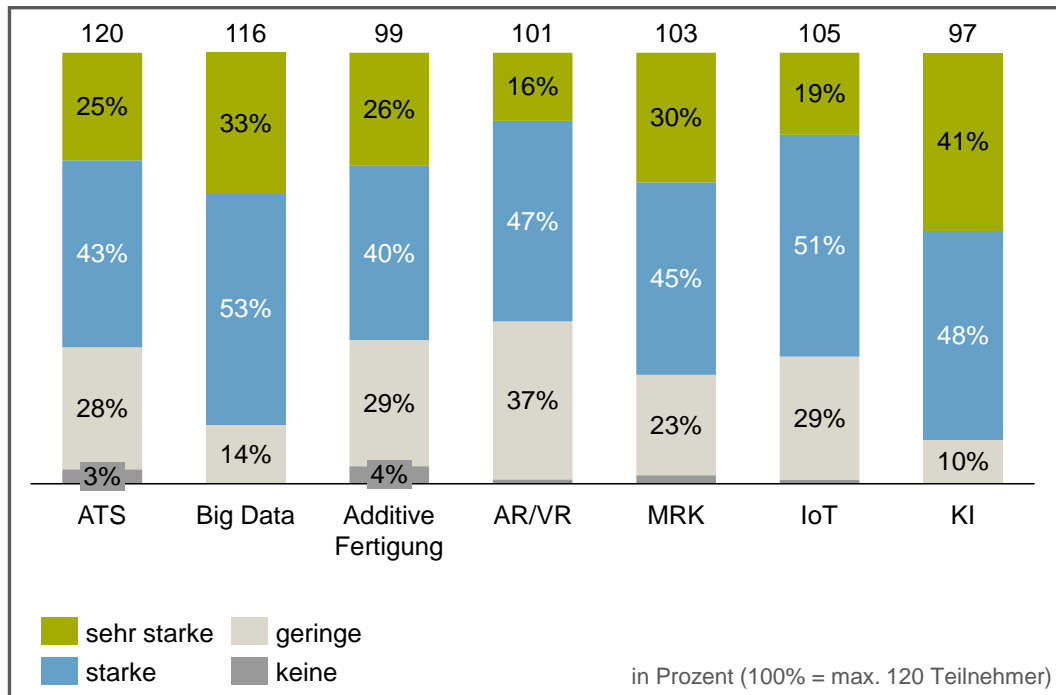


Abbildung A-4: Prognostizierte Kompetenzveränderungen durch die Technologien

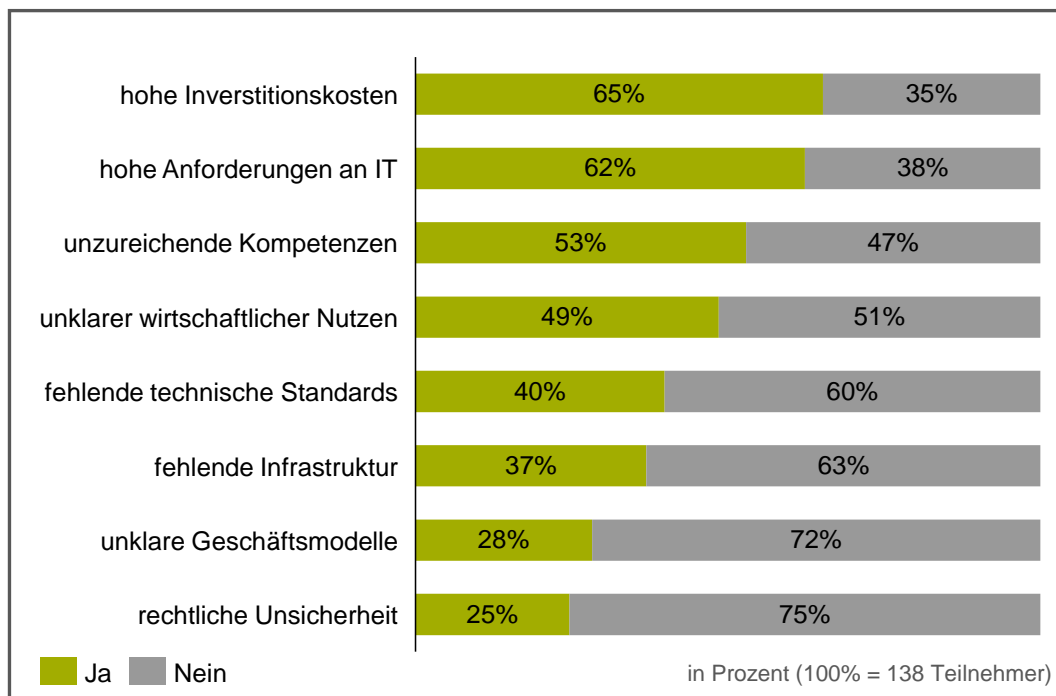


Abbildung A-5: Hemmnisse für den Fortschritt der Digitalisierung und Automatisierung im Unternehmen

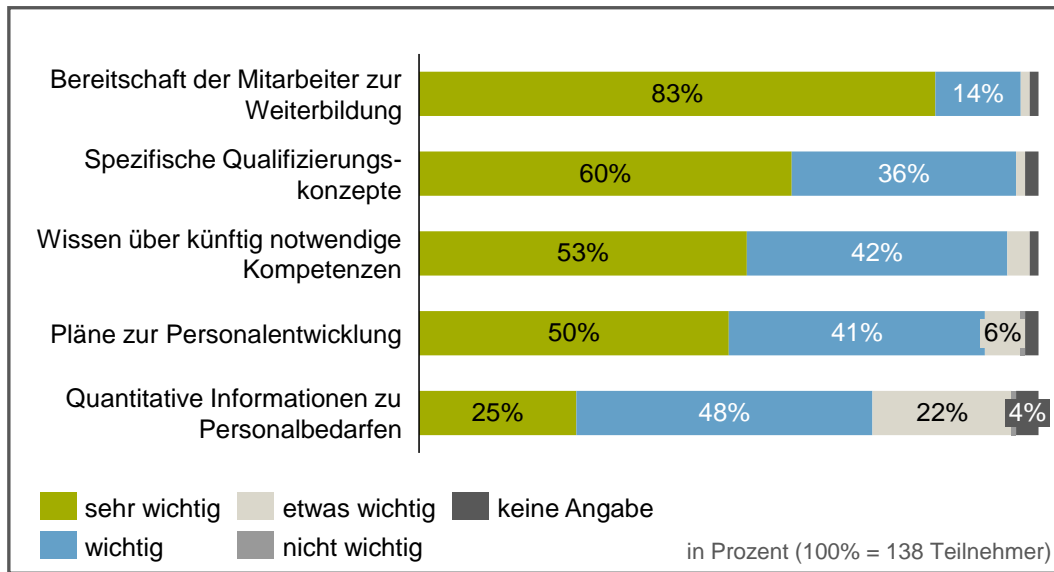


Abbildung A-6: Bedeutung der Aspekte für die Digitalisierung und Automatisierung

# Anhang B Ergänzungen zum Vorgehensmodell und zur Anwendung

## B.1 Vorgehensmodell

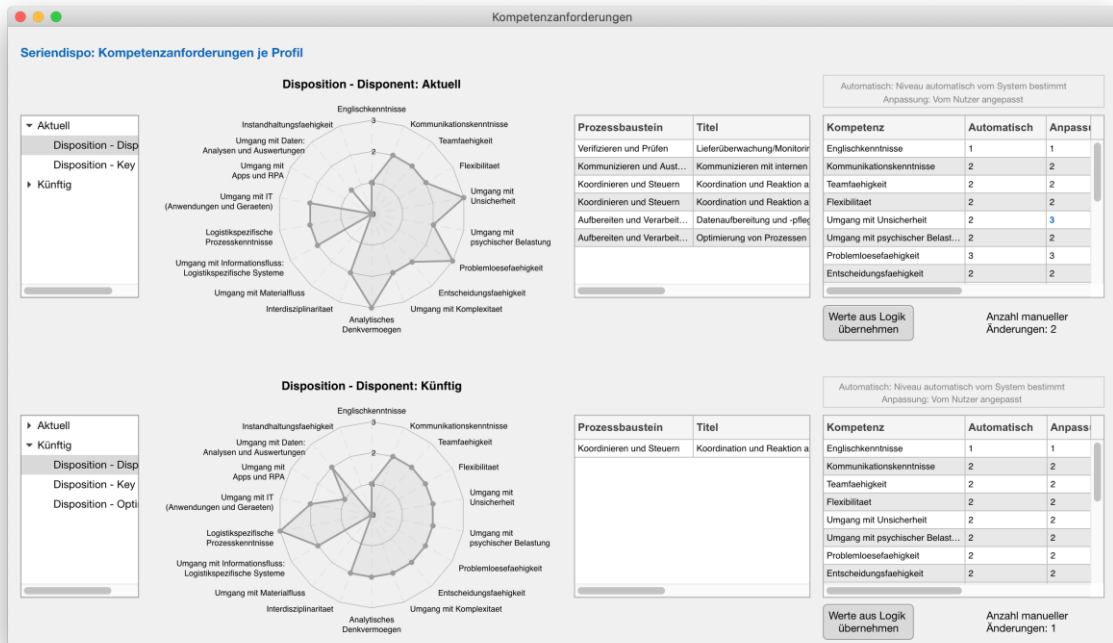


Abbildung B-1: Festlegung der Kompetenzanforderungen im Matlab-Tool auf Basis des Vorschlags aus der Kompetenzlogik (Phase 3)

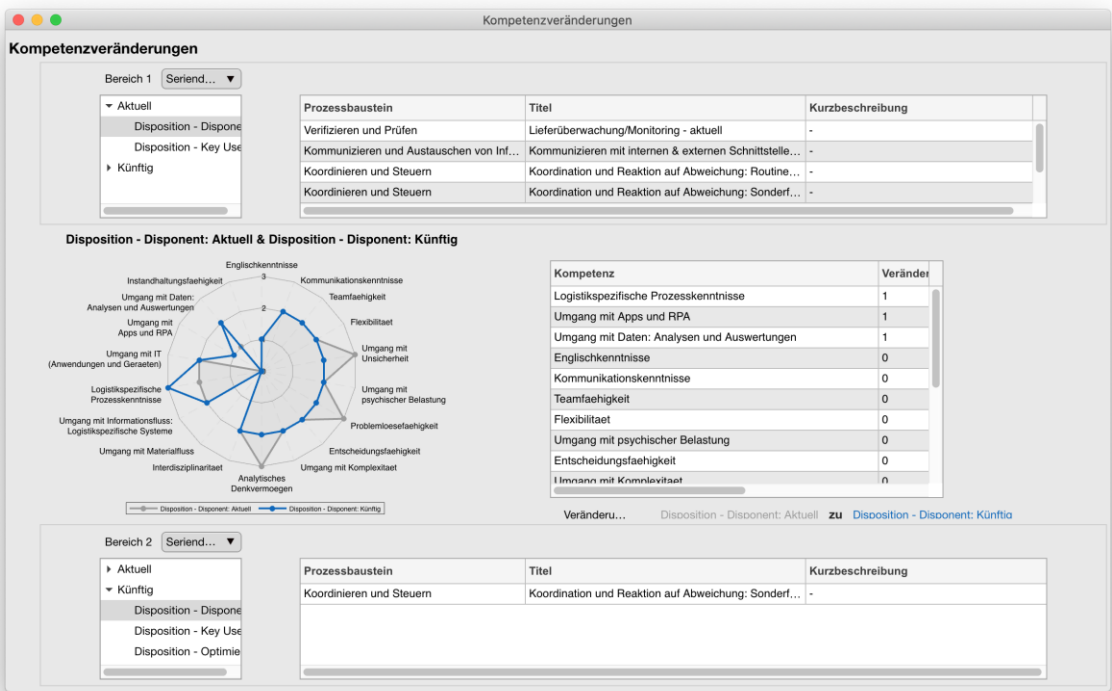


Abbildung B-2: Darstellung der Kompetenzveränderungen im Matlab-Tool für den Disponenten

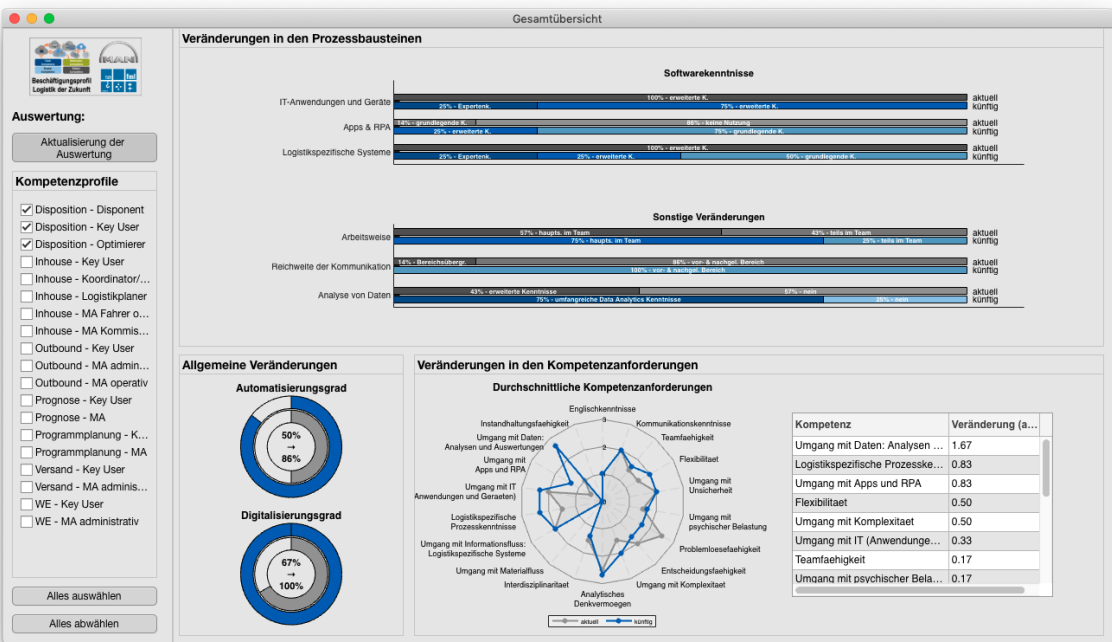


Abbildung B-3: Gesamtübersicht der Veränderungen im Matlab-Tool am Beispiel der Disposition

Tabelle B-1: Übersicht der Kompetenzen (Teil 1 von 3)

Kompetenzen	Definition	Kompetenzniveaus
Englischkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann relevante Informationen sowohl aus dem Arbeitsbereich als auch aus dem Alltagsleben verstehen</li> <li>– kann sich mündlich und schriftlich ausdrücken</li> <li>– kann sich sprachlich auf die Gesprächspartner einstellen</li> <li>– im eigenen Spezialgebiet können Fachdiskussionen und Verhandlungen bestritten werden</li> <li>– kann im Unternehmenskontext alles, was gelesen und gehört, mühelos verstehen.</li> <li>– kann sich spontan, fließend und sehr genau ausdrücken</li> </ul>	0 keine Englischkenntnisse erforderlich
		1 Grundkenntnisse Englisch
		2 gute Englischkenntnisse
		3 verhandlungssichere Englischkenntnisse, Kommunikation hauptsächlich auf Englisch
Kommunikationskenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann aktiv zuhören und hinterfragen</li> <li>– kann komplexe Zusammenhänge verständlich und prägnant darstellen</li> <li>– kann sich sprachlich auf die Gesprächspartner einstellen</li> <li>– kann auf Kommunikations-Plattformen und im Intranet Beiträge verfassen</li> </ul>	0 keine Kommunikation erforderlich
		1 bereichsinterne Kommunikation erforderlich
		2 bereichsübergreifende Kommunikation erforderlich
		3 verständliche und prägnante, bereichsinterne und bereichsübergreifende Darstellung komplexer Zusammenhänge und hohe Erfahrung in bereichsinterner und -übergreifender Kommunikation erforderlich
Teamfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann sich in ein Team integrieren</li> <li>– kann aktiv zum Gruppenergebnis beitragen</li> <li>– kann Kompromisse eingehen</li> <li>– kann Konsentscheidungen treffen und tragen</li> <li>– kann Konflikte rechtzeitig wahrnehmen und mit Kritik sachlich und konstruktiv umgehen</li> </ul>	0 Teamarbeit nicht erforderlich
		1 Teamarbeit grundlegend erforderlich
		2 aktives beitragen zum Gruppenergebnis und eingehen von Kompromissen erforderlich
		3 hohe Expertise und Fähigkeit im Team zu arbeiten und treffen und tragen von Konsentscheidungen erforderlich
Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann neue Themen und Aufgaben aufgeschlossen und unvoreingenommen bearbeiten</li> <li>– kann sich schnell auf veränderte Situationen und Rahmenbedingungen einstellen</li> <li>– kann Bestehendes an neue Anforderungen anpassen</li> <li>– kann mit Veränderungen umgehen</li> </ul>	0 keine Flexibilität erforderlich
		1 aufgeschlossene und unvoreingenommene Bearbeitung neuer Themen und Aufgaben
		2 schnelle Anpassung auf veränderte Situationen und Rahmenbedingungen
		3 problemlose Anpassung auf veränderte Situationen und Rahmenbedingungen
Umgang mit Unsicherheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann mit Unsicherheit im Prozess umgehen</li> <li>– kann mit Unsicherheit im Arbeitsumfeld umgehen</li> <li>– Bsp.: fehlende Daten, Schwankungen</li> </ul>	0 kein Umgang mit Unsicherheit
		1 grundlegender Umgang mit Unsicherheit
		2 sicherer Umgang mit Unsicherheit
		3 Mitbringen hoher Expertise beim Arbeiten in unsicheren Situationen
Umgang mit psychischer Belastung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann bei außergewöhnlichen Anforderungen leistungsfähig bleiben</li> <li>– kann mit Frustrationen umgehen</li> <li>– kennt Strategien zur Stressbewältigung und kann sie anwenden</li> </ul>	0 kein Umgang mit Stress
		1 weitgehend leistungsfähiger Umgang mit Stress grundlegend erforderlich
		2 leistungsfähiger Umgang mit Stress/Frustration
		3 langfristig leistungsfähiger Umgang mit komplexen Stresssituationen/Frustrationen, kennt Strategien zur Stressbewältigung, kann andere unterstützen

Tabelle B-2: Übersicht der Kompetenzen (Teil 2 von 3)

Kompetenzen	Definition	Kompetenzniveaus	
Problemlösefähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kann Konflikte und Probleme erkennen</li> <li>- kann Konflikte und Probleme lösen</li> <li>- verwendet Prozesse und Methoden zur Problemlösung</li> </ul>	0	Fähigkeit Probleme zu erkennen und zu lösen nicht erforderlich
		1	Fähigkeit einfache Probleme zu erkennen und zu lösen
		2	Fähigkeit komplexe Probleme zu erkennen und zu lösen
		3	Fähigkeit Probleme mit sehr hohem Schwierigkeitsgrad und hoher Expertise zu erkennen und zu lösen
Entscheidungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kann Folgen und Risiken seiner Entscheidung abwägen</li> <li>- kann Entscheidungsalternativen prüfen</li> <li>- kann zeitnah fundierte und ausgewogene Entscheidungen treffen</li> <li>- kann unpopuläre Entscheidungen vertreten</li> </ul>	0	Fähigkeit Entscheidungen zu treffen nicht erforderlich
		1	Fähigkeit einfache Entscheidungen zu treffen
		2	Fähigkeit komplexe Entscheidungen zu treffen
		3	Fähigkeit komplexe Entscheidungen mit hoher Tragweite zu treffen
Umgang mit Komplexität	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kann zunehmend komplexe Arbeitsinhalte beherrschen</li> <li>- Komplexes Problemlösen</li> <li>- Kann mit besonderen Herausforderungen von Komplexität im Unternehmensalltag in krisenhaften Situationen umgehen:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suche nach Ursachen</li> <li>- Analyse der Ausgangssituation</li> <li>- Funktionale Strategien, Aktionen, Maßnahmen</li> </ul> </li> </ul>	0	kein Umgang mit komplexen Arbeitsabläufen
		1	erkennbarer Umgang mit komplexen Arbeitsabläufen und Systemen
		2	sehr gut erkennbarer Umgang mit und Verständnis von komplexen Arbeitsinhalten/Systemen
		3	sehr gutes Verständnis komplexer Arbeitsabläufe und routinierter Umgang mit komplexen Arbeitsinhalten/Systemen
Analytisches Denkvermögen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kennt Methoden zur Strukturierung von Inhalten/Sachverhalten</li> <li>- kennt Methoden zur Analyse</li> <li>- ist offen gegenüber abstraktem Denken</li> <li>- Ist bereit zum Umgang mit komplexen Scherhalten</li> <li>- kann Problemfelder abstrahieren/identifizieren</li> <li>- kann Ursachen von Auswirkungen unterscheiden</li> </ul>	0	kein analytisches Denkvermögen
		1	grundlegendes analytisches Denkvermögen
		2	Analyse- und Auswertefähigkeit geringer Daten- und/oder Informationsmengen sowie Anwendung in verschiedenen Bereichen
		3	Anwendung des analytischen Denkvermögens in verschiedenen Bereichen und Kenntnis von statistischen Methoden zur Auswertung/Analyse großer Daten- und/oder Informationsmengen
Interdisziplinarität	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kann fachübergreifend arbeiten</li> <li>- denkt interdisziplinär</li> <li>- integriert sich in einem erweiterten Personenkreis</li> <li>- versteht die Relevanz es Zusammenspiels verschiedener Bereiche</li> </ul>	0	keine Bereitschaft zum interdisziplinären Handeln
		1	grundlegend erkennbare Bereitschaft zum interdisziplinären Handeln
		2	Umsetzung von interdisziplinärem Handeln
		3	herausragend erkennbare Bereitschaft, interdisziplinäres Handeln selbst anzustoßen und Offenheit gegenüber bereichsübergreifender Verschmelzung
Umgang mit Materialfluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>- physischer Umgang mit Material innerhalb eines Teilprozesses</li> <li>- kann ein Materialflussgerät bedienen, einstellen, umrüsten (z. B. Gabelstapler)</li> <li>- kennt Sicherheitsvorkehrungen im Umgang mit Materialfluss</li> <li>- kann häufig auftretende Störungen selbst beheben</li> </ul>	0	kein Umgang mit technischen Hilfsmitteln Materialfluss
		1	grundlegende Kenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Materialfluss
		2	erweiterte Kenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Materialfluss
		3	Expertenkenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Materialfluss



Tabelle B-3: Übersicht der Kompetenzen (Teil 3 von 3)

Kompetenzen	Definition	Kompetenzniveaus
Umgang mit Informationsfluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann logistikspezifische Informationen bearbeiten, umsetzen und strukturieren</li> <li>– kann prozessspezifische Informationen be- und verarbeiten mittels Logistiksystemen</li> <li>– kann ein Informationsflussgerät bedienen (z. B. mobile Endgeräte, Augmented und Virtual Reality)</li> </ul>	0 kein Umgang mit technischen Hilfsmitteln Informationsfluss
		1 grundlegende Kenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Informationsfluss (u. a. Informations-/Logistiksysteme)
		2 erweiterte Kenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Informationsfluss
		3 Expertenkenntnisse beim Umgang mit technischen Hilfsmitteln Informationsfluss
Logistikspezifische Prozesskenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kennt die Arbeitsabläufe im eigenen, vor- und nachgelagerten Bereich</li> <li>– kann die Konsequenzen der eigenen Arbeit für die nachgelagerten Bereiche berücksichtigen</li> <li>– kennt die für ihn relevanten Schnittstellen/Ansprechpartner</li> <li>– kann die Arbeitsabläufe in seinem Verantwortungsbereich analysieren und leitet ggf. Optimierungen ein</li> </ul>	0 keine Kenntnis der Prozesse des eigenen Bereichs
		1 Kenntnis der Regelprozesse im eigenen Bereichs
		2 Kenntnis der Sonderprozesse im eigenen und der Regelprozesse im vor- und nachgelagerten Bereichen
		3 Kenntnis der Gesamtprozesse des Unternehmens und Analysefähigkeit der Prozesse sowie Fähigkeit, Optimierungen einzuleiten
Umgang mit IT-Systemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann die für ihn relevante IT-Systeme anwenden und erklären</li> <li>– versteht die Inhalte von IT-Systemen</li> <li>– kann die IT-Systeme selbst einbinden und aktualisieren</li> <li>– z. B. SAP (ERP), WMS, IT-Plattformen, Cloud, SILOC, Volkswagen AP, BMX</li> </ul>	0 kein Umgang mit IT-Systemen
		1 grundlegende Bedienung von IT-Systemen
		2 Kenntnis des Aufbaus der relevanten IT-Systeme sowie Bedienung und Erklärung dieser als geübter Anwender
		3 Kenntnis des Aufbaus und der erweiterten Funktionen der relevanten IT-Systeme, Bedienung dieser als Power-User und agieren als Experte/ Ansprechpartner
Umgang mit Apps und Automationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann mit automatischen Routinen und Anwendungen umgehen und versteht diese</li> <li>– kann Anpassungen vornehmen bzw. einfache Fehler bei automatischen Routinen und Anwendungen beheben</li> <li>– kann Routinen und Anwendungen optimieren und diese neu programmieren und entwickeln</li> </ul>	0 kein Umgang mit Apps und Automationen
		1 grundlegende Kenntnisse bei der Bedienung von automatischen Anwendungen
		2 Erweiterte Kenntnisse bei der Bedienung und dem Umgang mit automatischen Routinen und Anwendungen und Behebung/Anpassung einfacher Fehler
		3 Expertenkenntnisse bei der Optimierung und Entwicklung automatischer Routinen und Anwendungen
Umgang mit Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kann Daten bereinigen, visualisieren und aufbereiten</li> <li>– kann Zusammenhänge aus Daten auslesen</li> <li>– kann grundsätzliche mathematische Formeln und statistische Auswertungen verstehen</li> <li>– kann Funktionen und Anwendungen zur Analyse und Visualisierung von Daten programmieren</li> <li>– kann die Analysen und Ergebnisse der Daten kritisch hinterfragen</li> <li>– kann auf dieser Grundlage strategische Handlungsempfehlungen und Implikationen aussprechen</li> <li>– kann Datenanalysen durchführen und optimieren mittels Machine Learning</li> </ul>	0 Kein Umgang mit Daten
		1 Grundlegende Kenntnisse beim Visualisieren, Reporting und Analysieren von Daten
		2 Erweiterte Kenntnisse für umfangreiche Analysen mithilfe statistischer Tools
		3 Umfangreiche Data Analytics Kenntnisse erforderlich sowie Bedienung als Power User und agieren als Experte/Ansprechpartner

## B.2 Anwendung



### Autonomes Fahren

Autonome Transportsysteme stellen einen Entwicklungssprung zu klassischen Fahrerlosen Transportsystemen (FTS bzw. AGV) dar. Die Systeme zählen grundsätzlich zu den innerbetrieblichen, flurbundenen Fördersystemen, zeichnen sich jedoch darin aus, dass sie ohne Fahrer\*in geführt werden und selbstständig und ohne äußere Vorgaben den optimalen Weg vom aktuellen Standort zum gewünschten Fahrtziel finden. Dabei berücksichtigen sie alle auf der Fahrt auftretenden Situationen und ermöglichen somit eine erhöhte Flexibilität des Systems. Sie können sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden eingesetzt werden, sind jedoch entsprechend an die unterschiedlichen Gegebenheiten und Aufgaben anzupassen. Die Bestandteile eines solchen Systems sind Fahrerlose Transportfahrzeuge inkl. deren Steuerung, Kommunikation, Datenübertragung, Navigationssystem sowie Warn- und Sicherheitseinrichtungen.

**Technologieebene:** Leistungssystem im Materialfluss

Hardware (VDI 2510)		<i>Bild: rocha</i>	<b>Anzahl FTF je System</b>	Ein bis mehrere Hundert							
		<b>Tragfähigkeit eines FTF</b>	Wenige Kilogramm bis über 50 t								
		<b>Fahrgeschwindigkeit</b>	Typischerweise 1 m/s Abweichung möglich, keine gesetzlichen Vorgaben								
		<b>Fahrkurslänge</b>	Wenige Meter bis über 10 km								
		<b>Anzahl der Stationen</b>	Unbegrenzt (Lastwechsel- und Arbeitsstationen)								
		<b>Anlagensteuerung</b>	Manuell bis vollautomatisch Stand-alone oder integriert in komplexe Materialflusssysteme								
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF)</th> </tr> <tr> <td>Lastziehende FTF</td> <td>Lastragende FTF</td> </tr> <tr> <td>Schlepper</td> <td>Passive Lastaufnahme z. B. Vorrichtung zum Abstellen</td> </tr> <tr> <td>Unterfahrschlepper</td> <td>Aktive Lastaufnahme z. B. Gabel, Bandförderer</td> </tr> </table>		Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF)		Lastziehende FTF	Lastragende FTF	Schlepper	Passive Lastaufnahme z. B. Vorrichtung zum Abstellen	Unterfahrschlepper	Aktive Lastaufnahme z. B. Gabel, Bandförderer	<b>Einsatzdauer</b>	Sporadisch bis „rund um die Uhr“
Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF)											
Lastziehende FTF	Lastragende FTF										
Schlepper	Passive Lastaufnahme z. B. Vorrichtung zum Abstellen										
Unterfahrschlepper	Aktive Lastaufnahme z. B. Gabel, Bandförderer										
		<b>Antriebskonzept</b>	Elektromotorisch (mit oder ohne Batterie) Verbrennungsmotorisch								

Fahrzeugsteuerung	<b>Automated Guided Vehicles (AGV) vs. Autonomous Mobile Robots (AMR)</b>		
	Die Fahrzeugsteuerung bestimmt maßgeblich die Flexibilität, Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit des gesamten Fahrerlosen Transportsystems. AGV: Bewegung entlang vordefiniertem Weg // AMR: Flexible Anpassung der Strecke zwischen A und B durch Informationen in Echtzeit		
	<i>AMR - Navigation mittels Umgebungsmerkmalen</i>		
	<b>Sensoren im FTF</b> Vermessen der vorhandenen Umgebung ohne zusätzliche Markierungen und Hilfsmittel z. B. 2D- oder 3D-Laserscanner oder Lidar, 2D- oder 3D Kameras	<b>Digitale Karte</b> Zur Einordnung der Messwerte muss eine digitale Karte der Einsatzumgebung existieren z. B. Automatisches Generieren mittels SLAM-Algorithmus oder manuelle Vermessung	<b>Software + Fahrzeugrechner</b> Analyse der gewonnen Messwerte in Echtzeit und Integration neuer Erkenntnisse im Betrieb durch Software-Algorithmen z. B. Veränderung in der Einsatzumgebung

### Theorie

### Praxis

**Verortung im Logistikprozess**

**Identifizierte Anwendungen:**

- Autonome Gabelstapler
- Autonome Routenzüge
- Autonome Unterfahrschlepper
- Autonome LKW ab Werksgelände (Outbound/Versand)

**Mögliche Anbieter:**

<b>Tätigkeit</b>	<b>Anwendungen // Voraussetzungen // Pilotprojekte</b>
<b>Handhaben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autonome Transportsysteme zur Warenaufnahme</li> <li>Künstliche Intelligenz um Behälter zu erkennen und richtigen Greifpunkt zu ermitteln notwendig</li> </ul>
<b>Bewegen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innenbereich: Autonomer Transport von Waren innerhalb von Produktionshallen</li> <li>Außenbereich: Erste Piloten zum Einsatz von mobilen Plattformen unter Aufliegern (AutoTrailer - BMW)</li> </ul>
<b>Kommunizieren und Austauschen von Informationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardisierte Schnittstelle zur herstellerunabhängigen Kommunikation zwischen verschiedenen FTFs und Leitsystem (VDA 5050)</li> </ul>

<b>Die Leistung von autonomen Transportfahrzeugen - SWOT-Analyse</b>	
<p><b>S</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AMR: Zweckmäßiger als AGV in Bezug auf dynamische Anpassungen (Route, Aufgabe, Störgrößen) im laufenden Betrieb</li> <li>Hohe Verfügbarkeiten der Systeme reduzieren Lieferzeiten und Kosten in Bezug auf die Bestände</li> <li>Entlasten der Mitarbeiter*innen bei monotonen alltäglichen Aufgaben und Reduzierung des Unfallrisikos am Arbeitsplatz</li> </ul>	<p><b>W</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AMR: In Bezug auf die transportierbaren Gewichte sind AGV deutlich überlegen (z. B. Schwerlasttransporte im Dauerbetrieb)</li> <li>Erhöhte Komplexität durch flexible Fahrwege</li> <li>Fehlende Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen</li> <li>Akzeptanz der Mitarbeiter*innen als elementarer Erfolgsfaktor – Einbindung von Lösungsdesign bis Systembetrieb</li> </ul>
<p><b>O</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfolgreiche Praxistests zur Kommunikation von verschiedenen FTFs (VDA 5050)</li> <li>Schnelle Reaktionszeiten zwischen Sensoren und der Umsetzung in unmittelbare Brems-, Lenk-, Beschleunigungskraft</li> <li>Stetige Weiterentwicklung und damit sinkende Kosten</li> <li>Langfristige Senkung der Personalkosten im Transport</li> </ul>	<p><b>T</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Größte Hürde ist die Überwindung des bisher noch geltenden Schrittempos der Systeme</li> <li>Bisher lediglich punktueller Einsatz der Systeme → max. Potential erst bei großer Flotte</li> <li>Integrationsfähigkeit in bestehende IT und flächendeckendes WLAN-Netz zur Kommunikation mit Leitstand nötig</li> </ul>

Abbildung B-4: Exemplarischer Technologiesteckbrief „Autonomes Fahren“