



Ostfalia

Hochschule für angewandte
Wissenschaften

Kirsten Wegner

Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation von Logistikprozessen in KMU

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
– Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

EXPLORATIONEN 03/2023

Fachbeiträge Handel und Logistik

Kirsten Wegner

Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation von Logistikprozessen in
KMU

Explorationen (Fachbeiträge Handel und Logistik)

Nr. 03/2023

<https://doi.org/10.26271/opus-1702>

Herausgeberin:

Fakultät Handel und Soziale Arbeit, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Herbert-Meyer-Str. 7, 29556 Suderburg, Web: <https://www.ostfalia.de/cms/de/h/>

Autorin:

Kirsten Wegner, Dr. rer. pol., Professorin für Logistikprozesse im Handel, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Handel und Soziale Arbeit

Ein besonderer Dank gilt Hanna Rump (M.A.), Wissenschaftlicher Mitarbeiterin der Fakultät Handel und Soziale Arbeit, für die Unterstützung bei der Auswertung der Daten.

Creative Commons Lizenz CC BY

© 2023 bei der Autorin

Zitiervorschlag:

Wegner, K. (2023): Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation von Logistikprozessen in KMU, Explorationen (Fachbeiträge Handel und Logistik), Nr. 03/2023. <https://doi.org/10.26271/opus-1702>

EXPLORATIONEN 03/2023

Fachbeiträge Handel und Logistik

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
1 Die digitale Transformation von logistischen Prozessen in KMU	1
1.1 Bedeutung der digitalen Transformation	1
1.2 Unternehmensspezifische Voraussetzungen für die digitale Transformation	3
1.3 Fokus der Analyse auf intralogistische Prozesse	5
1.4 KMU als Untersuchungsgegenstand	6
2 Analyse in KMU verwendeter Technologien	8
2.1 Untersuchungsdesign	8
2.2 Analyse in KMU genutzter Technologien	8
3 Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation logistischer Prozesse	14
3.1 Technologien für logistische Prozesse	14
3.2 Voraussetzungen für die Technologie-Nutzung	15
3.2.1 Big Data Analytics	15
3.2.2 Vernetzung von Daten	16
3.3 Technologie-Nutzung in logistischen Prozessen	22
3.3.1 Intelligente Behälter und Ladungsträger	22
3.3.2 Roboterunterstützung in automatisierten Prozessen	22
4 Zusammenfassung	31
5 Literatur	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ablauf der digitalen Transformation	2
Abbildung 2:	Digitale Vernetzung von Daten in der Intralogistik.....	2
Abbildung 3:	Zusammenspiel von technologischer, organisatorischer und Beschäftigtenebene bei der digitalen Transformation am Beispiel des Technologieeinsatzes.....	4
Abbildung 4:	Digitale Lösungen führen zu permanenten Veränderungen	6
Abbildung 5:	Einsatz digitaler Assistenzsysteme nach Branchen	9
Abbildung 6:	Einsatz digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße	10
Abbildung 7:	Chancen digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße	11
Abbildung 8:	Risiken digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße	12
Abbildung 9:	Hürden digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße	13
Abbildung 10:	Grad der Prozessautomatisierung.....	23
Abbildung 12:	Kriterien für Prozessautomatisierung	25
Abbildung 11:	Unterscheidungskriterien digitaler Assistenzsysteme.....	26

1 Die digitale Transformation von logistischen Prozessen in KMU

1.1 Bedeutung der digitalen Transformation

Die Digitalisierung wird als einer der bedeutendsten Megatrends bezeichnet, durch den sich ganze Branchen im Umbruch befinden. Digitalisierung lässt sich definieren als die Umwandlung von analogen Daten in digitale Formate und beinhaltet die digitale Modifikation von Instrumenten, Geräten und Fahrzeugen.¹ Häufig steht der Begriff "Digitalisierung" als Oberbegriff für den Einsatz vernetzter, digitaler Technologien in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die digitale Transformation sorgt für einen tiefgreifenden Wandel in jedem Lebensbereich und stellt für Unternehmen eine der großen Herausforderungen der Zukunft dar. Prozesse in Industrie, Handel und Logistik verändern sich durch den verstärkten Einsatz und die zunehmende Nutzung digitaler Medien grundlegend.² Dabei vollzieht sich die digitale Transformation schrittweise (vgl. Abb. 1):³ Durch die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung von digitalisierten (Massen-)Daten (Schritt 1: Digitalisierung von Daten) lassen sich bessere Vorhersagen und Entscheidungen treffen. Die vorliegenden vielfältigen Datenbasen ermöglichen eine informationstechnologische Vernetzung durch Kombinationen unterschiedlicher Anwendungen und Systeme (Schritt 2), die in einem dritten Schritt in konkreten Use Cases intelligent genutzt werden können.

Digitale Prozesse werden zukünftig zum wesentlichen Erfolgsfaktor. Der Einsatz neuer Technologien, die mit der Digitalisierung einhergehen, wird umfangreiche Veränderungen von sämtlichen Unternehmensprozessen bewirken.⁴ In Unternehmen werden verstärkt digitale Technologien eingesetzt, die in bestehende Prozesse implementiert werden, oder aufgrund dessen sich Prozesse und somit auch Arbeitsweisen verändern. Logistische Prozesse lassen sich durch die konsequente Nutzung internetbasierter Technologien und Anwendungen weiter integrieren und vernetzen.

¹ Vgl. Mockenhaupt (2021), S. 33ff.

² Vgl. Bousonville, T. (2017), S. 1.

³ Vgl. hierzu und im Folgenden Wegner, K. (2019), S. 6ff.

⁴ Vgl. Tab. 1 sowie Kleemann, F.; Glas, A. (2020), S. 1f.

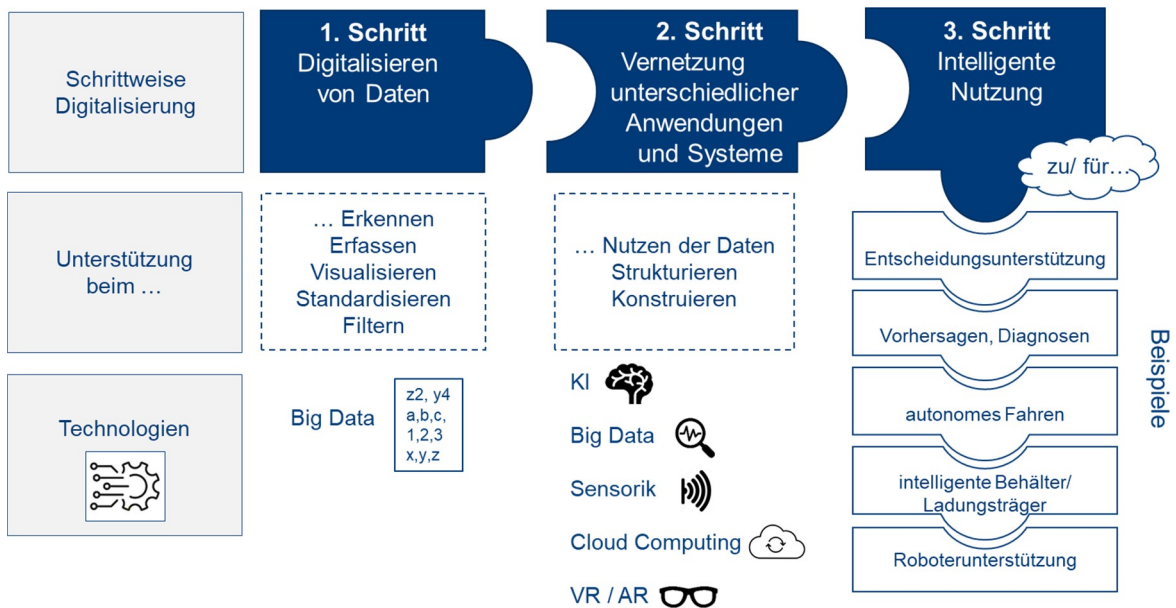


Abbildung 1: Ablauf der digitalen Transformation

So ermöglicht die fortschreitende Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IK) schon heute, dass sich intelligente, sich selbst steuernde Objekte temporär zielgerichtet zur Erfüllung von Aufgaben vernetzen (vgl. Abbildung 2).⁵ Im Bereich der Produktion wird dies mit dem Begriff Industrie 4.0 umschrieben. In der Logistik wird von Logistik 4.0 gesprochen, wenn sich mehrere technische Geräte, wie Fahrzeuge, Lademittel und Güter, miteinander verbinden und letztlich Teilnehmer am Internet werden.⁶

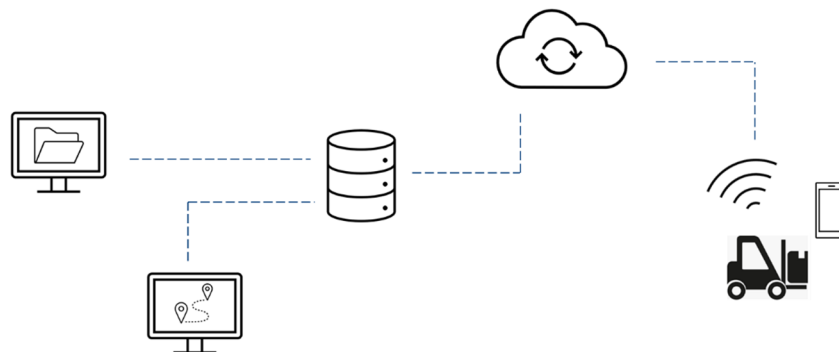


Abbildung 2: Digitale Vernetzung von Daten in der Intra-logistik

Neben den logistischen Kernprozessen werden in eine vollständige Vernetzung auch Assistenzsysteme und Geräte mit lokaler Intelligenz einbezogen (selbstfahrende Autos und Förderfahrzeuge, Kameras, Detektoren, mobile Endgeräte etc.). Im Jahr 2021 gab es weltweit 11,28 Milliarden IoT-Geräte, und für das Jahr 2030 wird erwartet, dass diese

⁵ Vgl. BITKOM (2019).

⁶ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 7.

Zahl auf 29,42 Milliarden ansteigen wird.⁷ Diese sog. "Smart Objects" sind z.B. Sensoren oder Maschinen, die eine Vielzahl von Daten produzieren und diese über das Internet miteinander austauschen. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Status-Quo-Analyse zum Verbreitungsgrad von IuK-Technologien in logistischen Prozessen in KMU interessant.

1.2 Unternehmensspezifische Voraussetzungen für die digitale Transformation

Voraussetzungen für die digitale Transformation ist eine unternehmensspezifische "Digital-Agenda" (auch *digital roadmap*), in der die Mitarbeitenden, die Unternehmensprozesse, eine innovationsfördernde Unternehmenskultur sowie die IT-Infrastruktur aufeinander abgestimmt sind (vgl. Abb. 3).

Neben der technologischen Unterstützung durch leistungsfähige Systeme sind für die digitalen Transformation die zwei wesentlichen Erfolgsgrößen Organisation und Personal von hoher Bedeutung (vgl. Abb. 3).⁸ Eine adäquate materielle bzw. resourcentechnische Ausstattung, durch die der digitale Wandel situativ ermöglicht wird, ist ebenso unerlässlich wie eine strukturierte Vorgehensweise, bei der alle Mitarbeitenden im Unternehmen beim digitalen Wandel mitgenommen werden. Mitarbeitende und Führungskräfte müssen bei der Transformation im Mittelpunkt stehen. Nur durch die Akzeptanz der Veränderung, die mit der digitalen Transformation einhergehen, können die eingesetzten Technologien und veränderten Prozesse wirtschaftlich förderlich sein.⁹

Führungskräfte können ein bestimmtes Verhalten im Unternehmen fördern oder nicht zulassen und damit den kulturellen und organisatorischen Wandel der Digitalisierung entweder durchsetzen oder aufhalten,¹⁰ daher spielen sie eine besonders wichtige Rolle im digitalen Transformationsprozess. Neben einer entsprechenden Transformationsstrategie, die die "Leitplanken" für den Veränderungsprozess setzt, ist das unternehmensadäquate Führungskonzept entscheidend, um die Unternehmenskultur und -struktur digital gestalten zu können und den Einsatz der IuK-Technologien voranzubringen.¹¹

⁷ Vgl. Statista (2022).

⁸ Vgl. Bosse et al. (2019), S. 17

⁹ Vgl. Bosse et al. (2019), S. 14,15.

¹⁰ Vgl. Hess (2022), S. 153.

¹¹ Vgl. Hess (2022), S. 9 sowie Bosse et al. (2019), S. 29.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass eine unternehmenweite Digitalisierung von Prozessen nicht ohne Fortschritt in den jeweils anderen Dimensionen (Organisation, IuK-Technologie und Beschäftigten) über ein Anfangsstadium hinaus stattfinden kann. Verantwortliche müssen für eine umfassende digitale Transformation die drei Dimensionen Personal, Organisation und Technologie parallel und aufeinander abgestimmt angehen.

Die in Kapitel 3 vorgestellte empirischen Überprüfung beschränkt sich auf die Erhebung von Daten hinsichtlich der Häufigkeit der Nutzung von Technologien in logistischen Prozessen in KMU. Eine Analyse der Einflußfaktoren aus den drei Ebenen Beschäftigte, Prozessorganisation und informationstechnologischer Ebene bietet Potenzial für zukünftige Forschungsarbeiten, um die im Fazit zusammengefassten eher allgemeinen Empfehlungen für KMU zu verdichten.

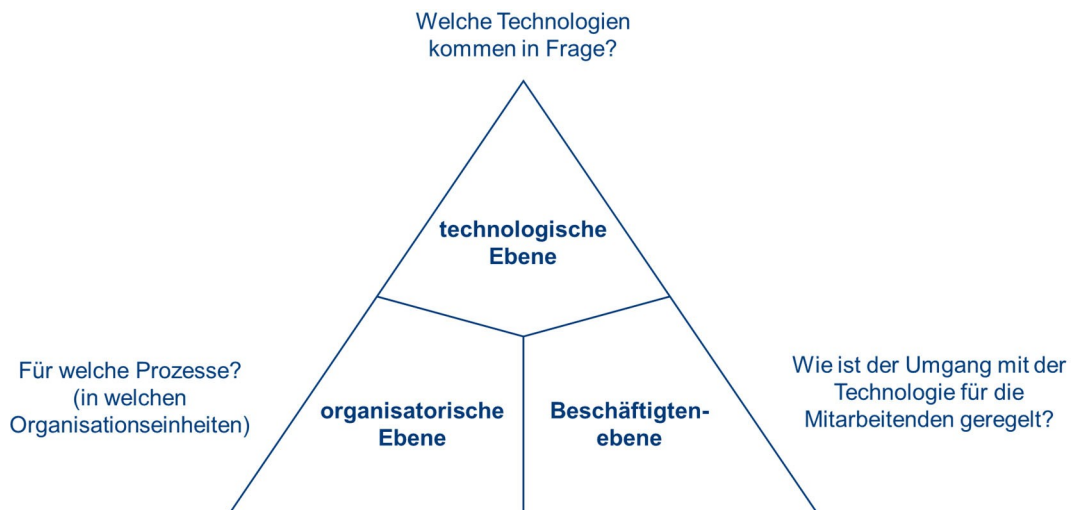


Abbildung 3: Zusammenspiel von technologischer, organisatorischer und Beschäftigtenebene bei der digitalen Transformation am Beispiel des Technologieeinsatzes

1.3 Fokus der Analyse auf intralogistische Prozesse

Obwohl die Digitalisierung alle Unternehmensbereiche ganzheitlich betrifft, liegt der Fokus des vorliegenden Beitrags auf der digitalen Transformation logistischer Prozesse in KMU. Diese können entsprechend des Güterflusses vom Beschaffungs- bis zum Absatzmarkt der Beschaffungs-, Produktions- oder Distributionslogistik zugeordnet werden.¹² Gegenstand der **Beschaffungslogistik** sind alle Arten von Gütern, die ein Betrieb für seinen Betriebszweck als Eingangsfaktoren benötigt.¹³ Bei einem herstellenden bzw. verarbeitenden Unternehmen schließt sich die **Produktionslogistik** an, die die Zuführung von Eingangsgütern zu einzelnen Fertigungsstellen zum Gegenstand hat. Weiterhin werden Halb- und Fertigfabrikate logistisch gehandhabt. Verkaufsfertige Güter und Handelswaren sind Bestandteil der **Distributionslogistik**. Diese werden über ein Netz von Transportkanälen, Lager- und Umschlagspunkten dem Kunden zugeführt.

Die digitale Transformation verändert auch den Logistiksektor grundlegend.¹⁴ So werden ein reibungsloser Informationsfluss als begleitende Instanz des innerbetrieblichen Materialflusses sowie die zunehmende enge Kooperation zwischen Mensch und Technologie zu wesentlichen Erfolgsfaktoren.¹⁵ Gleichzeitig bietet die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine die Chance, deren speziellen Fähigkeiten miteinander zu kombinieren.¹⁶ Im Bereich der innerbetrieblichen Logistik ist mit Hilfe der Digitalisierung eine störungsfreie Durchführung von Prozessen, ein schnellerer Austausch von Daten und eine flexiblere Anpassung bei Veränderungen möglich. Dies unterstützt die einzelnen Arbeitsabläufe für die Mitarbeitenden in Richtung einer stärkeren Flussorientierung von Materialien, Waren und Informationen in allen Logistikprozessen, so dass effizientere Bearbeitungszyklen entstehen. Zum anderen können intelligente Ladungsträger Informationen über den eigenen Inhalt erfassen und überwachen, aber auch Informationen zum Standort wiedergeben. Die dadurch erhöhte Datenmenge führt zur Verbesserung der Planung und Kontrolle des Lagerbestandes sowie der Verminderung von Störungen.¹⁷

Logistik 4.0 beinhaltet große Potenziale hinsichtlich der Erzielung von Wettbewerbsvorteilen durch die Erhöhung von Effizienz und Effektivität logistischer Prozesse.

¹² Obwohl die Entsorgungslogistik im Laufe der letzten Jahre zunehmend an Bedeutung gewonnen hat, ist sie nicht Gegenstand der Forschungsarbeit.

¹³ Vgl. Muchna, K. et al. (2018), S. 27-29.

¹⁴ Vgl. hierzu und im Folgenden Wegner, K. (2023), S. 1ff sowie Mättig, B.; Kretschmer, V. (2020), S. 435.

¹⁵ Vgl. Rinkenauer, G.; Kretschmer, V.; Kreuzfeldt, M. (2017), S. 1.

¹⁶ Vgl. hierzu Apt, W. et al. (2018), S. 4.

¹⁷ Vgl. Teßmann, R.; Glock, C.; Grosse, E. (2017), S. 167f. sowie zum Beispiel iBin von Würth.

Der Einsatz digitaler Technologien in Logistikprozessen ermöglicht Kostenreduzierungen und Service- und Erlössteigerungen.¹⁸

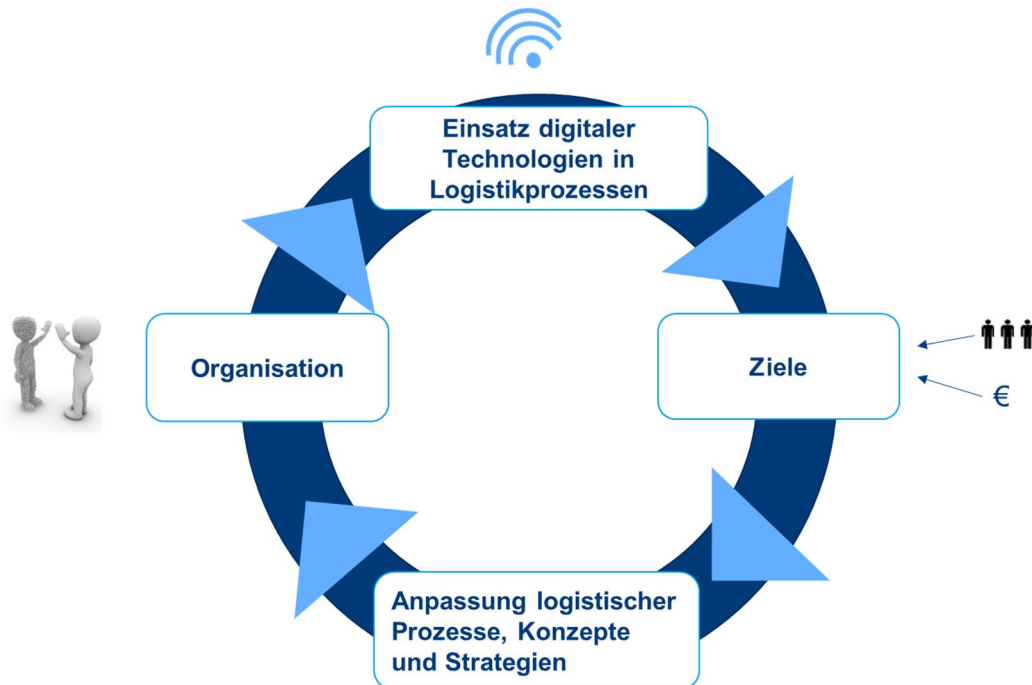


Abbildung 4: Digitale Lösungen führen zu permanenten Veränderungen¹⁹

1.4 KMU als Untersuchungsgegenstand

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) stellen in Deutschland den dominierenden Unternehmenstyp dar, in dem 55% aller Beschäftigten arbeiten.²⁰ Dabei lässt sich ein KMU unterschiedlich definieren.²¹ Ein Unternehmen gilt als KMU, wenn es nicht mehr als 249 Beschäftigte hat und einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen Euro

¹⁸ Vgl. hierzu und im folgenden Wegner, K. (2019), S. 18.

¹⁹ Wegner, K. (2019), S. 18.

²⁰ Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2022).

²¹ Aufgeführt werden folgend die Definitionen der Kommission der Europäischen Union (EU) und die des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM) aus Bonn. Beide Definitionen greifen auf quantitative Kriterien zurück. Nach der Definition der EU-Kommission aus dem Jahr 2003 lassen sich KMU aufgrund der Beschäftigtenzahl, des Jahresumsatzes und der Jahresbilanzsumme definieren. Kleinst-, kleine und mittlere Unternehmen lassen sich mithilfe der quantitativen Kennzahlen Beschäftigtenzahl und Jahresumsatz von den Großunternehmen abgrenzen. Vgl. Europäische Kommission 2005.

erwirtschaftet.²² Neben der Beschäftigtenzahl stellt das finanzielle Kriterium eine notwendige Ergänzung dar, um die tatsächliche Bedeutung eines Unternehmens, seine Leistungsfähigkeit und seine Wettbewerbssituation beurteilen zu können.²³

Die Definition des IfM Bonn aus dem Jahr 2016 definiert KMU wie die EU-Kommission in die Unternehmensarten Kleinstunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen und die quantitativen Kriterien Zahl der Beschäftigten und Jahresumsatz. Damit passt sich das IfM Bonn an die Definition der EU-Kommission an. Der Unterschied der Definitionen zeigt sich in der Zahl der Beschäftigten in mittleren Unternehmen, die in der Definition der EU-Kommission bis 249 Beschäftigte und beim IfM Bonn bis 499 Beschäftigte reicht.²⁴

Weitere Kriterien zur Definition eines KMU liegen darin, dass der Unternehmer einen maßgeblichen persönlichen Einfluss ausübt, das unternehmerische Risiko trägt und das Unternehmen seine persönliche Erwerbs- und Existenzgrundlage sichert.²⁵ KMU sind größtenteils inhabergeführt, so dass Entscheidungen häufig durch den Unternehmer selbst getroffen werden. Das bedeutet, dass nur wenige Entscheidungsebenen – zumeist flache Hierarchien – und damit kürzere Kommunikationswege vorhanden sind.²⁶ Mitarbeiter und Führungskräfte fühlen sich "ihrem" KMU emotional zugehörig und sind oft in einer bestimmten Region verwurzelt.²⁷ Das hat zur Folge, dass mögliche Standortnachteile oder eine fehlende Infrastruktur nicht ausgeglichen werden kann, KMU auf Fachkräfte aus der Region angewiesen und von regionalen Faktoren in Bezug auf die Weiterbildung von Fachkräften sowie die Attraktivität der Region abhängig sind.²⁸ KMU in Deutschland stehen insgesamt vor Herausforderungen, da mehr als die Hälfte noch eine niedrige oder sehr niedrige digitale Intensität besitzen.²⁹

²² Vgl. Wegner, K./ Rump, H. (2022), S. 4.

²³ EU-Kommission (Hrsg.) (2003), S. 1.

²⁴ Vgl. EU-Kommission (Hrsg.) (2003), S. 14; IfM Bonn (Hrsg.) (2016).

²⁵ Vgl. IfM Bonn (Hrsg.) (2023). Mittelstand und KMU sind jedoch nicht gleichzusetzen: Die Mehrheit der KMU erfüllen dennoch die qualitativen Kriterien des Mittelstands und die quantitativen Kriterien von KMU können auf den Mittelstand angewendet werden. Folglich können die qualitativen Kriterien für den Großteil der KMU übernommen werden.

²⁶ Vgl. Wellbrock, W. et al. (2022), S. 16.

²⁷ Vgl. Thommes, J. (2022), S. 25ff.

²⁸ Vgl. Welter, F.; Levering, B.; May-Strobl, E. (2016), S. 11.

²⁹ Vgl. Bundesnetzagentur (Hrsg. (2022).

2 Analyse in KMU verwendeter Technologien

2.1 Untersuchungsdesign

Im Rahmen des EFRE-Forschungsprojektes Digitalisierung von logistischen Prozessen in KMU im ländlichen Raum (DiloPro) wurde eine empirische Erhebung in Form einer Befragung von Unternehmen im ländlichen Raum durchgeführt. Zusätzlich wurden Tiefenfallstudien bei drei Logistikunternehmen durchgeführt.³⁰ Die zentralen Ergebnisse in Bezug auf die Nutzung von Technologien in logistischen Prozessen werden im Folgenden kurz skizziert.³¹

2.2 Analyse in KMU genutzter Technologien

KMU stellten ca. 54% der befragten Unternehmen dar. Größere Unternehmen waren mit 46% vertreten. Mit jeweils 27% gaben die Teilnehmenden an, dass sie bereits Erfahrungen mit dem Einsatz digitaler Technologien haben bzw. im Unternehmen eine klar definierte Vision und Digitalisierungsstrategie verfolgen. In den im Rahmen der Tiefenfallstudien befragten Unternehmen werden bereits digitale Technologien eingesetzt, die sich durch Kosteneinsparungen im Personal sowie in internen Prozessen rentiert haben.³² Die Bereitschaft zu weiteren Digitalisierungsprojekten in KMU scheint grundsätzlich vorhanden.

In der Befragung antworteten 55% der befragten Unternehmen, dass sie digitale Assistenzsysteme einsetzen. Über zwei Drittel der vorhandenen Technologien werden als Unterstützung in Logistikprozessen genutzt, was ihre Relevanz in diesem Sektor unterstreicht. Bei knapp 70% der in Logistikprozessen eingesetzten digitalen Assistenzsysteme handelt es sich um klassische Pick-Technologien.³³

Während rund 70% der größeren Unternehmen bereits digitale Assistenzsysteme einsetzen, sind es bei den befragten KMU nur gut 40%. Im Branchenvergleich führen die Lebensmittelindustrie sowie der Maschinenbau das Feld an (vgl. Abb. 5). Dort setzen über Dreiviertel der Unternehmen digitale Assistenzsysteme ein. In den Branchen Handel sowie Verkehr, Transport und Logistik sind es weniger als die Hälfte. Dies bestätigt

³⁰ Vgl. Lieb, R. (2023).

³¹ Vgl. zu weiteren empirischen Ergebnissen Wegner, K.; Rump, H.; Köllner, L. (2023), S. 17ff.

³² Vgl. Lieb, R. (2023).

³³ Vgl. Wegner, K (2023), S. 8f.

den bereits durch existierende Studien beschriebenen Aufholbedarf der Logistikbranche insgesamt.³⁴

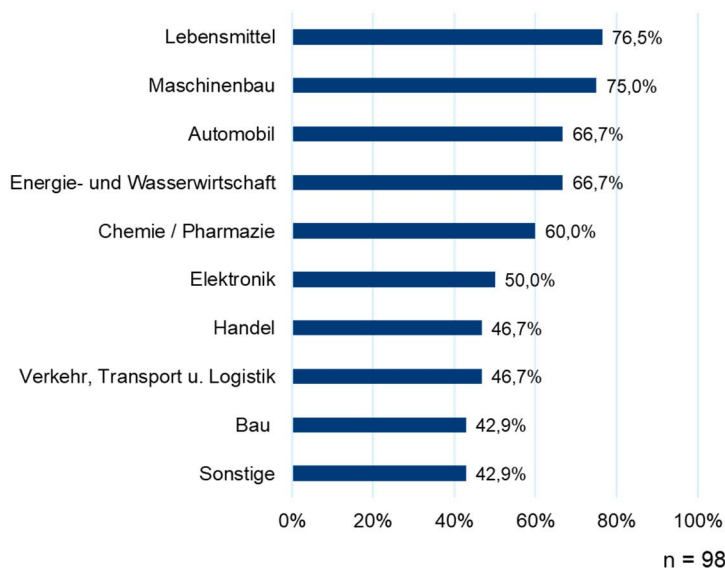


Abbildung 5: Einsatz digitaler Assistenzsysteme nach Branchen

Der Einsatz digitaler Assistenzsysteme unterscheidet sich grundlegend dahingehend, dass nahezu alle angeführten Systeme in größeren Unternehmen häufiger eingesetzt werden als in KMU. Mit knapp 97% stellen Notebooks, Smartphones, Tablets und tragbare Computer die mit Abstand am häufigsten eingesetzten Systeme dar (vgl. Abb. 5). Diese gehören demnach bereits zur Standardausrüstung eines Unternehmens - sowohl in KMU als auch in größeren Unternehmen. Die drei am häufigsten eingesetzten digitalen Assistenzsysteme in KMU sind Wearables (30%), wie z.B. Datenbrillen, Smart Watches oder Ringscanner, Barcode-Leser werden von 28% sowie Kameras von 26% der Befragten genutzt. Während in größeren Unternehmen ebenfalls Wearables (70%) und Barcode-Leser (55%) auf den oberen Plätzen rangieren, werden von 39% der befragten Unternehmen bereits fahrerlose Transportsysteme (FTS) eingesetzt.

³⁴ Vgl. Bitkom (2019).

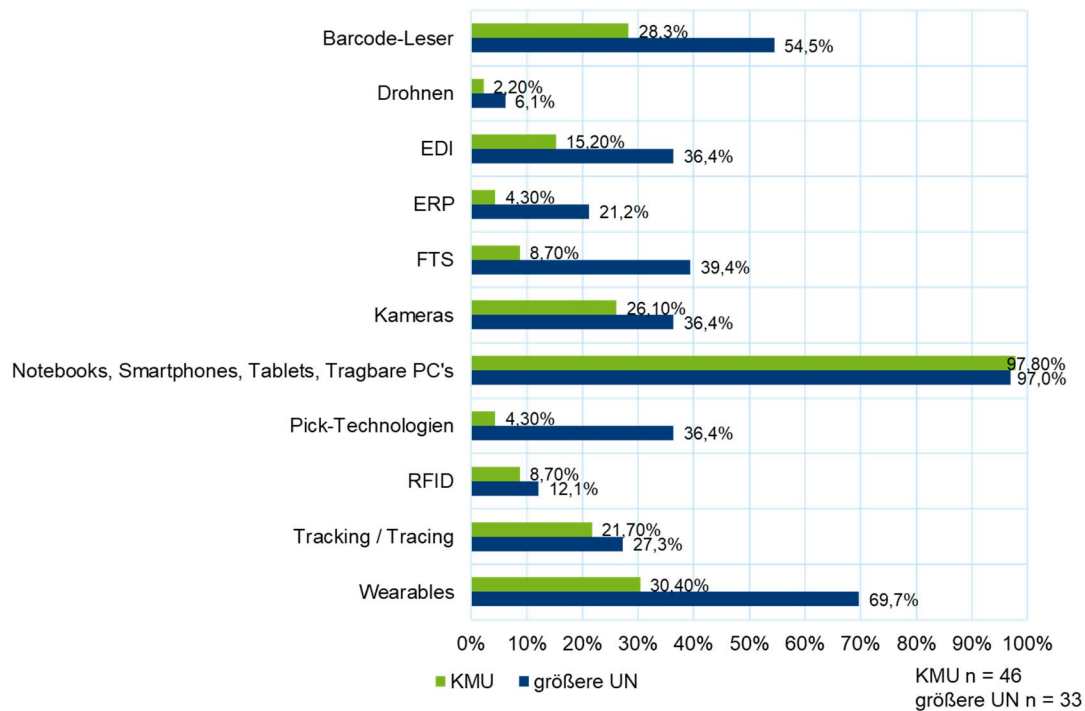


Abbildung 6: Einsatz digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße

Die am häufigsten genannten Chancen durch den Einsatz digitaler Assistenzsysteme stellen sowohl in KMU als auch in größeren Unternehmen zum einen die Optimierung von Prozessen und zum anderen die digitale Unterstützung von Mitarbeitenden im Prozess dar (vgl. Abb. 7).³⁵ In größeren Unternehmen wird außerdem die Automatisierung von Prozessen³⁶ als Chance gesehen, wohingegen KMU den besseren Datenanalysen durch Big Data ein vergleichsweise hohes Potenzial zuschreiben.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass größere Unternehmen sich von der Digitalisierung mehr Chancen versprechen als KMU. Dies lässt den Schluss zu, dass größere Unternehmen die Potenziale der Digitalisierung bereits zu einem größeren Teil erkannt haben als KMU.

³⁵ Vgl. zu einer Gegenüberstellung von Potenzialen und Hemmnissen digitaler Assistenzsysteme Wegner, K. (2023), S. 11.

³⁶ Vgl. Kap. 2.3.2.

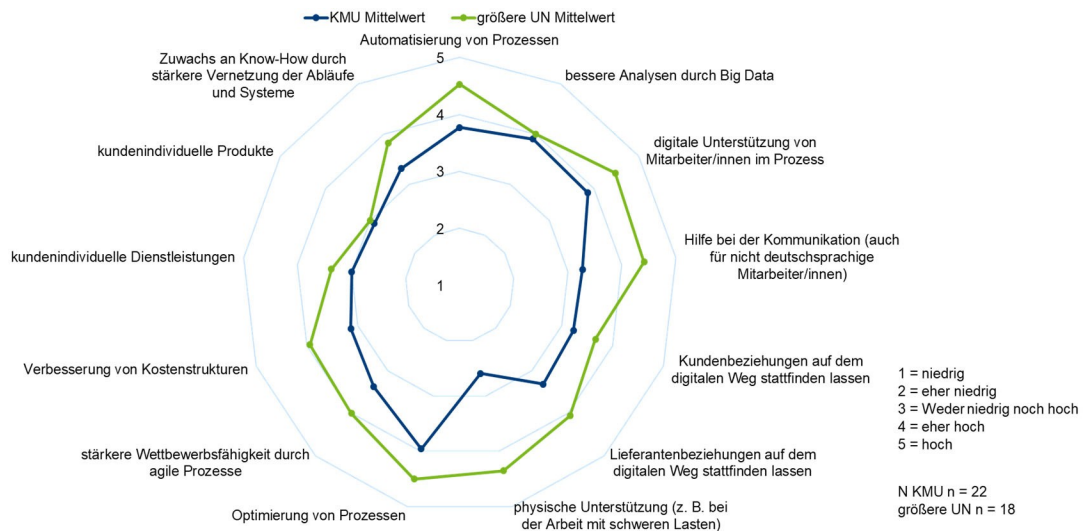


Abbildung 7: Chancen digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die erhobenen Risiken, die Unternehmen beim Einsatz digitaler Assistenzsysteme befürchten. Bei den drei am häufigsten genannten Risiken für den Einsatz Digitaler Assistenzsysteme sind bei KMU und größere Unternehmen übereinstimmende Ergebnisse zu beobachten: Zum einen stellt die Abhängigkeit von der Stabilität der Technologie(n) ein großes Risiko für die Unternehmen dar.³⁷ Da KMU überwiegend im ländlichen Raum angesiedelt sind, kommt es hier häufiger zu Störungen der Internetverbindung. Hier würde z.B. der flächendeckende Einsatz von 5G Abhilfe schaffen. Die Internetgeschwindigkeit hat in Deutschland weiterhin Nachholbedarf, da der Ausbau von Glasfaser noch immer zu langsam vorangeht. Die Unterschiede zwischen Stadt und Land sind diesbezüglich erheblich. Insbesondere im ländlichen Raum stößt die Internetgeschwindigkeit hier an Grenzen.³⁸ In Deutschland liegt der ländliche Raum insgesamt unter dem Durchschnitt aller Regionstypen bei einer Geschwindigkeit von mindestens 1.000 Mbit/s. Dabei sinkt der Anteil der Breitbandverfügbarkeit je geringer der ländliche Raum verdichtet ist.³⁹

³⁷ Vgl. Lieb, R. (2023).

³⁸ Vgl. Harwardt, M. (2020), S. 23.

³⁹ Vgl. BMDV (2021).

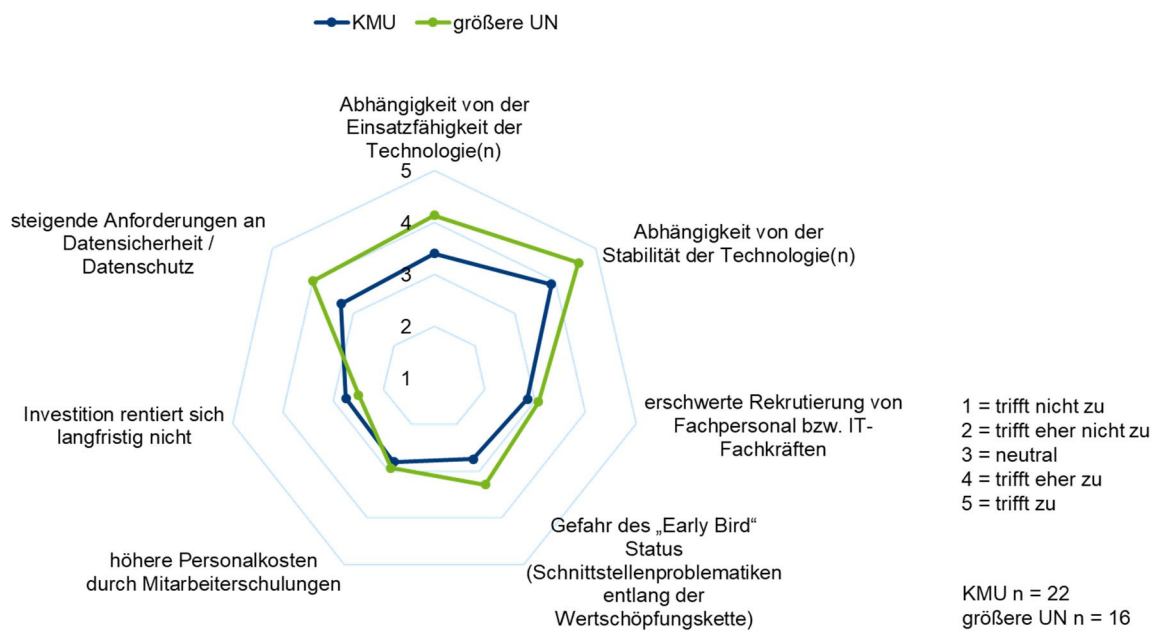


Abbildung 8: Risiken digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße

Die am zweithäufigste genannte Hürde ist das Risiko der Abhängigkeit von der Einsatzfähigkeit der genutzten Technologie (vgl. Abbildung 8). Die Unternehmen äußerten Bedenken bzgl. der Gefahr eines technischen Versagens des Systems. Das Nutzervertrauen gegenüber Technologien fehlt demzufolge noch.

Der Einsatz digitaler Technologien beinhaltet neben der Ausstattung mit Hard- und Software sowie der Internetgeschwindigkeit auch Maßnahmen bezüglich der IT-Sicherheit und der Vernetzung interner sowie externer IT-Systeme. Der Einsatz von digitalen Technologien stellt angesichts der Risiken im Themenfeld Datenmissbrauch und Sicherheitslücken eine grundsätzliche Herausforderung dar. Diese Risiken schrecken viele KMU von deren Einsatz ab.⁴⁰ In der Befragung wurden die steigenden Anforderungen an die Datensicherheit bzw. den Datenschutz als weitere Hürde genannt. Die strengen gesetzlichen Regelungen schrecken insbesondere KMU häufig noch ab, digitale Assistenzsysteme einzuführen.

⁴⁰ Vgl. Schröder C.; Schlepphorst, S.; Kay, R. (2015), S. 22.

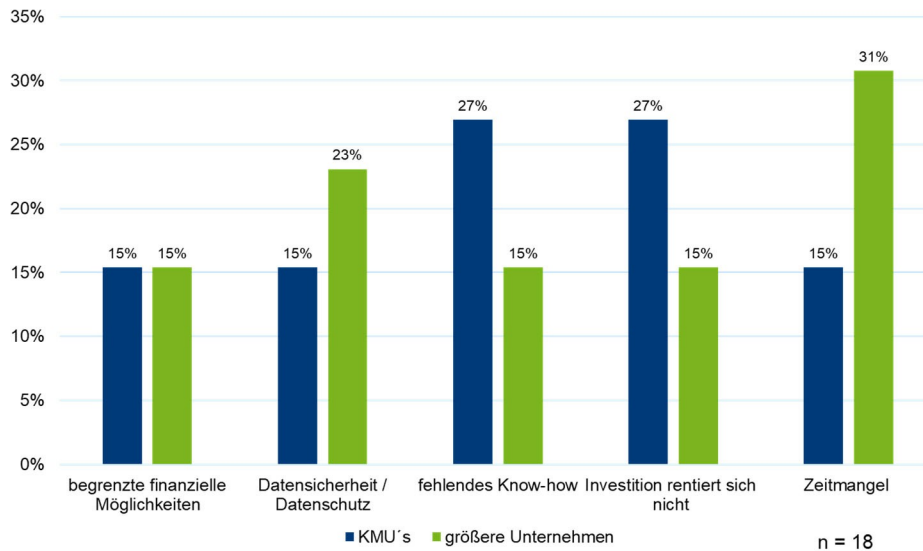


Abbildung 9: Hürden digitaler Assistenzsysteme nach Unternehmensgröße

Als die größten Hürden für die Einführung digitaler Assistenzsysteme wurden in der Befragung bei den größeren insbesondere der Zeitmangel sowie die fehlende Datensicherheit identifiziert (vgl. Abbildung 9). In KMU sind es vor allem begrenzte finanzielle Möglichkeiten, die fehlende kurzfristige Rentabilität sowie das fehlende Know-how, die die Unternehmen daran hindern, digitale Assistenzsysteme einzuführen.

Dazu kommt, dass das IT-Kenntnisse in KMU nur geringfügig und bei wenigen Einzelpersonen vorhanden sind. Häufig fehlt vor allem in kleineren Unternehmen eine eigene IT- Abteilung, und die IT-Infrastruktur ist nicht ausreichend ausgebaut. Auch im Bereich der Hard- und Softwareausstattung gibt es häufig Verbesserungspotenziale, da Server an die Kapazitätsgrenze stoßen oder die Computerausstattung nicht dem aktuellen Stand der Technik entspricht.⁴¹

Außerdem müssen Unternehmen mit zunehmender Digitalisierung weitere finanzielle Investitionen in die digitalen Technologien tätigen, um ihre Systeme störungsfrei zu betreiben. Eine weitere Herausforderung bilden fehlende Schnittstellen zu externen Partnern, die eine vollständige Prozessdigitalisierung hemmen können.

⁴¹ Vgl. Lieb, R. (2023), S. 33ff.

3 Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation logistischer Prozesse

3.1 Technologien für logistische Prozesse

Auf dem Markt existieren zahlreiche IuK-Technologien, die die digitale Transformation logistischer Prozesse unterstützen können – von operativen Tätigkeiten bis hin zur Automatisierung. Die Digitalisierung beinhaltet Potenziale um die gesamte Wertschöpfung eines Unternehmens zu steigern.⁴² Bei der digitalen Transformation geht es dabei nicht um die kontinuierliche Weiterentwicklung von bekannten Systemen, sondern vielmehr um die Entwicklung innovativer Software und Systeme.⁴³ Einen Überblick über derzeit häufig eingesetzte Technologien in Logistikprozessen gibt Tab. 1.

Augmented Reality	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine • Erweiterung der realen Welt durch virtuelle Informationen
Cloud Computing (SaaS, PaaS, IaaS)	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Plattformen und Anwendungen aller Art über das Internet • keine separate Software auf dem Rechner notwendig • beinhaltet i.d.R. Speicherplatz, Rechenleistung, Anwendungssoftware
Digitale Assistenzsysteme	<ul style="list-style-type: none"> • bildverarbeitende und/oder bildgebende Systeme, die Mitarbeitende (z.B. in der Intralogistik) mit Hilfe von Informationen bei Arbeitsaufgaben und Entscheidungen unterstützen • mobil oder stationär einsetzbare Technologien •
Künstliche Intelligenz	<ul style="list-style-type: none"> • intelligente Systeme, die ihre Umwelt wahrnehmen und handeln können • technische Systeme als mechanische Unterstützer
RFID (Radio Frequency Identification)	<ul style="list-style-type: none"> • kontaktlose Identifikation, Lesen und Speicherung per Funk • zur Objektverfolgung und Steuerung der Intralogistik
Robotik	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz mobiler und stationärer Roboter • fahrerlose Transporte, z.B. mit KI und 5G
Sensorik	<ul style="list-style-type: none"> • Messung von Eigenschaften, wie z.B. Temperatur oder räumliche Bewegung von Gütern • Überwachung der Füllmenge von Lagerbehältern mit der Fähigkeit zur Kommunikation, z.B. eine Bestellung auslösen
Wearables (tragbare Computersysteme)	<ul style="list-style-type: none"> • digitale oder physische Objekte, die in einem Netzwerk agieren und in der Lage sind, Informationen zu erfassen, zu speichern und zu verarbeiten
Warehouse Management Systeme (WMS)	<ul style="list-style-type: none"> • Software zur Steuerung und Verwaltung von Beständen • Möglichkeit der Integration von Kommissioniersystemen (z.B. Pick-by-Vision)

Tab. 1: Auswahl an Technologien für logistische Prozesse⁴⁴

⁴² Vgl. Hoffmann, E./ Staiger, F. (2020), S. 1.

⁴³ Vgl. Detscher, S. (2021), S. 527.

⁴⁴ In Anlehnung an Wegner, K. (2019), S. 9.

3.2 Voraussetzungen für die Technologie-Nutzung

3.2.1 Big Data Analytics

Die Digitalisierung von Daten ist die Grundvoraussetzung der digitalen Transformation dar (vgl. Abb. 1). **Big Data** (übers. „große Datenmenge“) bezeichnet einen quantitativ als auch qualitativ großen Datenbestand aus verschiedenen Quellen und in vielen Formaten, der so umfangreich und unstrukturiert ist, dass eine manuelle Auswertung mittels herkömmlicher Softwarewerkzeuge nicht möglich ist.⁴⁵

Bei der Erfassung, Speicherung und Analyse solch großer Daten werden die verarbeitenden Systeme mit den drei Eigenschaften – Volumen, Vielfalt, Geschwindigkeit – von Big Data konfrontiert.⁴⁶ Die Analyse dieser großen Datenmengen wird mit dem Begriff **Big Data Analytics** umschrieben. Unternehmensdaten können um Daten ergänzt werden, die bislang ungenutzt verfügbar sind (z.B. Video- und Audiodaten von Sensoren oder Posts in sozialen Medien). Die Datenanalyse kann Muster aus der Vergangenheit aufdecken, Veränderungen des Status quo in Echtzeit aufzeigen oder Vorhersagen bzw. Prognosen für die Zukunft erstellen. Für die Analysen werden eine Vielzahl an Daten und quantitative Verfahren verwendet, um aus den Ergebnissen Entscheidungen für das Unternehmen bzw. die gesamte Wertschöpfungskette ableiten zu können (*Predictive Analytics*). In der Distributionslogistik können z.B. Kraftstoffverbrauchsanalysen und Echtzeit-Zuteilungen von Plätzen erfolgen.⁴⁷ Zudem führen die Analysen zur Erhöhung der Zustellungsrate von Lieferungen, der Auswahl des geeigneten Transportmittels und der damit verbundenen Reduzierung von Kosten und Emissionen. Die digitalen Daten sind die Grundlage, um ein Unternehmen in Richtung Prozessdigitalisierung weiterzuentwickeln und die digitale Transformation voranzubringen.⁴⁸

⁴⁵ Vgl. D’Onofrio, S., Meier, A. (2021), S. 5 f. sowie Wegner, K. (2019), S. 12f.

⁴⁶ Vgl. ausführlicher Wegner, K (2019), S. 12f.

⁴⁷ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 13.

⁴⁸ Vgl. Grivas, S.; Gras, H. (2020), S. 145.

3.2.2 Vernetzung von Daten

3.2.2.1 Internet der Dinge

Die Vernetzung physischer Objekte mit der rein virtuellen Welt erfolgt durch das **Internet of Things** (IoT). Indem Informationen über die IoT-Endgeräte, benachbarte IoT-Geräte oder über die Umwelt gesammelt und gespeichert werden, ohne dass der Mensch eingreifen muss, ist das IoT zu einem wichtigen Treiber für die digitale Transformation geworden.⁴⁹ Diese Informationen werden von IoT-Gateways über Mobilfunk von den IoT-Endgeräten empfangen und an die IoT-Plattform übermittelt. Hierzu befinden sich IoT-Gateways in der Nähe von IoT-Endgeräten und kommunizieren per GSM, UMTS, 5G, etc. über Kommunikationsprotokolle.⁵⁰ Mit „5G“ wird das Netz der fünften Mobilfunkgeneration – als unmittelbarer Nachfolger von LTE beziehungsweise Advanced LTE (4G) und UMTS (3G) bezeichnet.⁵¹ Die mobile Kommunikationstechnologie wurde entwickelt, um höhere Datengeschwindigkeiten und mehr Kapazität bereitzustellen als die Vorgängergeneration.⁵² Als neuer Standard verfolgt 5G das Ziel, verbesserte Kapazität, ein intelligentes Netz und höhere Datenraten zu schaffen.⁵³ Zu den Besonderheiten von 5G zählen unter anderem eine geringe Verzögerungszeit (Latenz) sowie eine sehr hohe erzielbare Datenrate von bis zu 10 Gbit pro Sekunde.⁵⁴ Die 5G-Technologie bietet die technische Grundlage für einen umfassenden Datenaustausch: Sie erweitert den Erfassungsbereich für Informationen, verkürzt die Zeit der Informationsbeschaffung und -übermittlung⁵⁵ und schafft die Voraussetzungen für die Echtzeiterfassung, um den Bedürfnissen der Lieferkettenpartner.⁵⁶

Das IoT hilft in logistischen Prozessen, die sog. 7 R's der Logistik effizient umzusetzen (vgl. Tab. 2).

⁴⁹ Vgl. Ashton, K. (2009).

⁵⁰ Vgl. Strnadl, C. (2021), S. 172-182.

⁵¹ Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (o. J.).

⁵² Vgl. Ahmad, W. et al. (2020).

⁵³ Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (o. J.).

⁵⁴ Vgl. Verbraucherzentrale Bundesverband (2021).

⁵⁵ Vgl. Luber, S.; Litzel, N. (2019) sowie Dittmann, S. (2021).

⁵⁶ Vgl. Rejeb, A.; Keogh, J. (2020), S. 1587.

7 R's der Logistik	IoT-Funktionen
das richtige Produkt	Identifikation des Produktes
in der richtigen Qualität	Erfassung und Überwachung des Zustands
zum richtigen Zeitpunkt	Zustandserfassung und Ortung
am richtigen Ort	Ortung
in der richtigen Menge	Identifikation des Produktes, Ortung und Vernetzung
die richtigen Informationen	Vernetzung und Steuerung
zu den richtigen Kosten (und Erlöse)	Erfassung des Zustands und Optimierung

Tab. 2: IoT-Funktionen in Bezug auf die 7 R's der Logistik⁵⁷

Für die Nutzung des IoT sind einige Technologien als technische Grundlage von wesentlicher Bedeutung (vgl. Tab. 1), dazu gehören u.a. Sensoren, 5G oder Cloud Computing.⁵⁸

Durch das IoT wird die Interaktion zwischen zwei Maschinen oder Menschen und Maschinen ermöglicht.⁵⁹ Dabei sind nicht mehr nur Computer, Tablets, oder Smartphones mit dem Internet – und auch miteinander - verbunden, sondern auch andere intelligente Objekte und Geräte.⁶⁰ Bei den Objekten kann es sich dabei z.B. um Geräte, Maschinen und Fahrzeuge handeln, die über ein Netzwerk miteinander kommunizieren und mit der internen und externen Umgebung interagieren.⁶¹ Objekte, die über eine ausreichende Rechnerkapazität verfügen, werden als **Smart Device** bezeichnet.⁶² Für die Vernetzung dieser Objekte werden Sensoren⁶³ in Gebrauchsgegenständen oder Maschinen eingesetzt. Neben dem Informationsaustausch zur Datenermittlung lässt sich das IoT auch zur Fernsteuerung und Ortung von Geräten verwenden. Die Netzwerkverbindung ermöglicht eine starke Integration in den Alltag und bietet die Möglichkeit, den Eingriff durch Personen zu ersetzen.

Da das Internet die Selbststeuerung von Geräten stark begünstigt, können „Smart Objects“ bereits heute eine aktive Rolle in selbststeuernden Logistiknetzen übernehmen.

⁵⁷ In Anlehnung an Trojahn, S. et al. (2022), S. 172.

⁵⁸ Zur ausführlichen Beschreibung der Nutzung dieser Technologien wird auf Wegner, K.; Rump, H. (2022), S. 7ff verwiesen.

⁵⁹ Vgl. Prockl, G.; Pflaum, A. (2012), S. 105 ff. sowie Ashton, K. (2009), S. 97.

⁶⁰ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 285; Schmeisser, W. et al. (2018), S. 203.

⁶¹ Vgl. Prockl, G.; Pflaum, A. (2012), S. 105 ff. sowie Ashton, K. (2009), S. 97.

⁶² Vgl. Strnadl, C., 2021, S. 170.

⁶³ Vgl. Kap. 2.3.2.

Im Bereich der Transportdaten ist der unternehmensübergreifende Datenaustausch dabei bereits weit verbreitet. Andere Anwendungsszenarien, wie das autonome Fahren, profitieren von den Möglichkeiten und dem weiteren Ausbau des Internets der Dinge.

Für die Intralogistik verspricht die 5-G-Technologie vielfältige Einsatzmöglichkeiten dahingehend, dass neben der Vernetzung verschiedener Bereiche eine Steuerung von Anlagen mittels Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) möglich ist.⁶⁴ In intralogistischen Prozessen in Lagerhäusern und Produktionshallen sind bereits heute autonome (sog. fahrerlose) Transportfahrzeuge im Einsatz.⁶⁵ Mit sehr leistungsstarken Mobilfunknetzen lässt sich die Vision von autonom fahrenden Transportfahrzeugen realisieren, indem z.B. 5G auf kurzen Teststrecken innerhalb eines Werkes für autonome Testfahren genutzt wird.⁶⁶ Die kurzen Empfangs- und Sendezeiten ermöglichen eine Steuerung der fahrerlosen Transportsysteme und Roboter in Echtzeit.⁶⁷

3.2.2.2 Künstliche Intelligenz

Der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) stellt ebenfalls einen wichtigen Enabler der Digitalisierung dar.⁶⁸ KI ist ein Oberbegriff aus der Informatik, unter den viele verschiedene Technologien und Anwendungen subsumiert werden. Zwar hat sich bislang in der Literatur keine einheitliche Definition von KI durchgesetzt, übereinstimmend wird KI jedoch als ein System beschrieben, das durch die Analyse der Umwelt intelligent handelt und dabei Entscheidungen trifft bzw. unterstützt, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.⁶⁹

Die Kerntechnologie von künstlicher Intelligenz ist das maschinelle Lernen (ML). Als **Maschinelles Lernen bzw. Machine Learning (ML)** wird ein fortlaufender Prozess bezeichnet, der sich eigenständig mit signifikanten Algorithmen befasst.⁷⁰ Das Maschinelle Lernen kann in die drei Arten überwachtes Lernen, unbewachtes Lernen und verstärktes Lernen eingeteilt werden.⁷¹ ML ist eine alternative Programmierform, bei der einem Computer Beispieldaten vorgegeben werden, woraus dieser auf Basis von Lernmethoden und Lernalgorithmen statistische Regelmäßigkeiten extrahieren kann. In der Forschung wird im Bereich maschinelles Lernen schwache (enge) KI von starker (allgemeiner) KI unterschieden. Während sich die *enge KI* darauf beschränkt, eine bestimmte Aufgabe auf einem hohen Leistungsniveau zu lösen, versucht die *allgemeine KI*, menschliche

⁶⁴ Vgl. Dittmann, S. (2021).

⁶⁵ Vgl. Kap. 3.3.2.

⁶⁶ Vgl. RFID & Wireless IoT Search (o. J.).

⁶⁷ Vgl. Storz, F. (2022).

⁶⁸ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 12.

⁶⁹ Vgl. Lufthansa Industry Solutions, 2022.

⁷⁰ Vgl. Kreutzer, R.; Sirrenberg, M. (2019), S. 4-6.

⁷¹ Vgl. Kirste, M.; Schürholz, M. (2019) S. 24-26.

Intelligenz so nachzubilden, dass größere kognitive Leistungen in allen Bereichen erzielt werden.

Beide Formen von KI basieren auf „tiefem Lernen“ oder auch „Deep-Learning“ (DL) genannt. Bei dieser Technologie lernt die KI durch Algorithmen, welche Netzstrukturen von biologischen Nervenzellen nachbilden, sogenannte künstliche **neuronale Netze**.⁷² Neuronale Netze stellen die Verknüpfungen der einzelnen Neuronen im künstlich nachgebildeten menschlichen Nervensystem dar.

Die KI ist in der Lage, große Datenmengen nach Strukturen, Mustern und Regeln zu identifizieren. Sie wird im Rahmen von Big Data Analytics eingesetzt.⁷³ KI-basierte Systeme sind zunehmend in der Lage, im Rahmen der Bildverarbeitung aus Papierdokumenten relevante Daten herauszulesen und zu interpretieren.⁷⁴ Immer mehr „smarte Objekte“ können KI basierte Zustandsveränderungen erkennen und aufgrund dieser Veränderungen automatisiert Aktivitäten bei vernetzten Objekten auslösen. So kann z. B. die laufende Auswertung von Maschinendaten den Verschleiß eines Teils frühzeitig erkennen und bei Erreichen eines Schwellenwertes automatisch die Bestellung des entsprechenden Ersatzteils bei einem vernetzten Lieferanten auslösen (vorausschauende Prozesse).⁷⁵ Durch *prädiktive Analysen* werden in diesen Prozessen große Mengen von Daten intelligent ausgewertet und Prognosen für die Zukunft abgeleitet.⁷⁶ Bei *präskriptiven Analysen* werden zusätzlich Handlungsempfehlungen für die Zukunft gegeben oder bestimmte Aktivitäten sofort automatisiert durchgeführt. Folglich kann KI in Kombination mit nahezu jeder neuen Technologie eingesetzt werden und unterstützt bei Steuerungs-, Entscheidungs- und Anwendungsprozessen.⁷⁷ Versuche, Intelligenz mit Hilfe von Maschinen beziehungsweise Computern nachzubilden und zu beschreiben, können in vier Ansätze unterteilt werden, menschliches Denken und menschliches Handeln sowie rationales Denken und rationales Handeln.⁷⁸

Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung von KI im Unternehmen ist allerdings ein hoher Digitalisierungsgrad und eine sorgfältige und detaillierte Identifikation der vorhandenen Geschäftsprozesse sowie der Verantwortlichkeiten und Schnittpunkte.⁷⁹

⁷² Vgl. ausführlicher hierzu Kirste, M.; Schürholz, M. (2019), S. 29.

⁷³ Vgl. Kap. 3.2.1.

⁷⁴ Vgl. Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2022), S. 30.

⁷⁵ Vgl. hierzu und im Folgenden Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2022), S. 30.

⁷⁶ Vgl. ebd.

⁷⁷ Vgl. Schmiech, C. (2018), S. 11.

⁷⁸ Vgl. Russel, S.; Norvig, P. (2010), S. 6.

⁷⁹ Vgl. Schmiech, C. (2018), S. 21.

3.2.2.3 Sensoren

Einige der durch IoT gestellten Anforderungen an Logistikanwendungen lassen sich durch die Nutzung von Sensoren realisieren. Sensoren sind dabei technische Bauteile, mit denen zeitvariable physikalische oder elektrochemische Größen erfasst und in elektrische Signale umgewandelt werden.⁸⁰

Die erforderlichen Daten werden oft über Sensoren gesammelt, die eine Steuerung in Echtzeit ermöglichen. Um benötigte Informationen effizient zu erfassen und sie effektiv digital weiterzuverarbeiten, werden physische Gegenstände mit Sensoren, wie zum Beispiel RFID oder QR-Codes ausgestattet, mit denen sie Geräte- und Umgebungsinformationen an andere IT-Systeme weiterleiten können.⁸¹ Neben der Position des Objektes können auch andere Zustände, wie z.B. Temperatur, Druck, Füllstand, Luftfeuchtigkeit, Energieverbrauch, relevant sein. Sensoren ermöglichen eine autonome Messung, d.h. eine Messung durch das Objekt selbst. Diese Informationen werden in Echtzeit und teilweise bereits in aggregierter Form an die verknüpften IT-Systeme kommuniziert. Die Lieferung der Echtzeitdaten ermöglicht einen sofortigen Eingriff zur Aufrechterhaltung des Wertschöpfungsprozesses bzw. zur Behebung von Fehlern.⁸²

Durch Sensoren kann an jedem Ort, in jeder Phase und zu jeder Zeit der aktuelle Stand durch in Echtzeit bereitgestellte Updates nachverfolgt werden. Sensoren unterstützen auf diese Weise eine ständig verfügbare und vollständig vernetzte Supply Chain, und verschaffen dem Unternehmen eine End-to-End-Sichtbarkeit über seine Lieferanten, Händler und Kunden.⁸³

Diese Gegenstände mit der Fähigkeit, Informationen aufzunehmen und weiterzuleiten oder sie zu Handlungsempfehlungen und Anweisungen weiterzuverarbeiten, werden *interaktive* oder *digitale Assistenzsysteme* genannt.⁸⁴ Durch den Einsatz von digitalen Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik,⁸⁵ wie zum Beispiel mit Datenbrillen, Handheld-Geräten oder Smartwatches, können Daten in Echtzeit verarbeitet werden, wodurch sich Arbeitsabläufe effizienter gestalten lassen.⁸⁶ Bspw. lassen sich mit Hilfe von RFID Objekte per Funk identifizieren. Das RFID-System besteht aus einem Transponder (sog. RFID-Tag), einem Schreibgerät, einem Lesegerät und einem Computer.⁸⁷

⁸⁰ Vgl. Hesse, S.; Schnell, G. (2018).

⁸¹ Vgl. ten Hompel et. al. (2014), S. 58.

⁸² Vgl. Matzler, K.; Bailom, F. (2019), S. 260.

⁸³ Vgl. Wellbrock, W. et al. (2022), S. 17 sowie Kap. 3.3.2.1 zur End-to-End Customer Journey.

⁸⁴ Vgl. Böning, C.; Kassermann, S. (2018), S. 2.

⁸⁵ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 14f.

⁸⁶ Vgl. Tawalbeh, M. (2019), S. 2. Vgl. zu einem Überblick über Wearables Wegner, K. (2019), S. 16.

⁸⁷ Vgl. Bichler, K. et al. (2013), S. 190.

Mit Hilfe des IoT lässt sich auch eine effektivere Verfolgung von Containern und Produkten gestalten. Sensoren, die für die Lokalisierung von Containern eingesetzt werden, sind für das Herunterladen von Protokolldaten zu einem beliebigen Zeitpunkt imstande und können gleichzeitig eine Echtzeitüberwachung mit GPS sicherstellen. Darüber hinaus informieren sie über die Öffnung von Containertüren oder die Nichteinhaltung der gemäß Kühlkette geforderten Temperaturführung.⁸⁸ Durch die Verbindung der analogen mit der digitalen Welt spielen Sensoren und eingebettete Systeme eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Supply Chain 4.0. Intelligente End-to-End-Lösungen gewinnen daher zunehmend an Bedeutung.

Das Cloud Computing bietet die notwendigen Tools und Services zur Erstellung von IoT-Anwendungen und hilft dabei, effizient und genaue IoT-basierte Anwendungen zu erreichen.⁸⁹ Während das IoT umliegende intelligente Geräte mit dem Netzwerk verbindet, um Daten gemeinsam zu nutzen und zu analysieren, stellt Cloud Computing gehostete Dienste in Form von Tools und Services über das Internet zur Verfügung. Cloud-Computing lässt sich als ein Modell bezeichnen, das einen ubiquitären und komfortablen Zugriff über ein Netzwerk auf einen Pool von Ressourcen ermöglicht, der durch mehrere Anwender genutzt werden kann.⁹⁰ Zu diesen Ressourcen zählen Netzwerke, Speicherplatz, Rechenleistung, Anwendungen und weitere Dienste, die mit minimalem Verwaltungsaufwand oder minimaler Interaktion mit dem Dienstanbieter schnell bereitgestellt werden können. Die Cloud-Computing-Services bestehen aus virtuellen Rechenzentren, die bei Bedarf Hardware, Software und Ressourcen bereitstellen. Daher können Organisationen direkt eine Verbindung zur Cloud herstellen und die erforderlichen Ressourcen nutzen.⁹¹

⁸⁸ Vgl. Manners-Bell, J.; Lyon, K. (2019), S. 53ff.

⁸⁹ Vgl. Wegner, K. (2019), S. 10f.

⁹⁰ Vgl. NIST (2011), S. 2 sowie Wegner, K.; Rump, H. (2022), S. 10f.

⁹¹ Vgl. ausführlicher hierzu Wegner, K.; Rump, H. (2022), S. 10ff.

3.3 Technologie-Nutzung in logistischen Prozessen

3.3.1 Intelligente Behälter und Ladungsträger

In der Lagerlogistik sind intelligente Behälter im Einsatz, die die Kommunikation mit Menschen und Maschinen übernehmen. Diese Behälter können die Leitung des Kommissioniervorgangs und dessen Kontrolle übernehmen.⁹² Der Informationsaustausch untereinander und die direkte Kontaktaufnahme zum Menschen wird dabei bspw. durch ein Pick-by-Voice-Modul vorgenommen.⁹³ Außerdem gelingt die Kommunikation mit dem Kommissionierer durch Displays, auf denen z. B. die Entnahmemenge, aber auch Fehlermeldungen angezeigt werden.⁹⁴

Bei diesen intelligenten Behältern handelt es sich häufig um Kleinteile-Behälter, in denen eine Kamera installiert ist.⁹⁵ Das Kameramodul beurteilt dabei das Innere des Behälters und konfiguriert diesen als „100% befüllt“.⁹⁶ Bei der Entnahme von Teilen wird die Messung und Berechnung der verbleibenden Menge vorgenommen. Somit liefert der Behälter Bestell-, Füllstands- und Zählinformation von Artikeln.⁹⁷ Die Information können anschließend drahtlos an das Warenwirtschaftssystem des Unternehmens übermittelt werden.⁹⁸ Neben intelligenten Behältersystemen kann die Kontrolle über die Entnahmemenge auch durch den Einsatz von Wiegesystemen⁹⁹ realisiert werden.

3.3.2 Roboterunterstützung in automatisierten Prozessen

3.3.2.1 Prozessautomatisierung

Im Rahmen der digitalen Transformation ist die Digitalisierung von Prozessen ein wichtige Grundlage.¹⁰⁰ Wenn einzelne oder alle Prozessaktivitäten durch ein IT-System oder eine Maschine durchgeführt werden, so setzt diese Automatisierung von Prozessen – zumindest teilweise – eine Digitalisierung voraus. Die Weiterentwicklung von Prozessen

⁹² Vgl. IML (o.J.), S. 2.

⁹³ Vgl. Pieringer (2012).

⁹⁴ Vgl. BVL (o.J.).

⁹⁵ Vgl. Würth (o.J.).

⁹⁶ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.J.).

⁹⁷ Vgl. Würth (o.J.).

⁹⁸ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.J.).

⁹⁹ In der Literatur finden sich weitere Bezeichnungen wie Wägesysteme oder Wiegemaschinen.

¹⁰⁰ Vgl. Altinac, I. (2022), S. 6..

hin zu digitalisierten Prozessen zeigt sich darin, dass alle Aktivitäten eines Prozesses mit Hilfe von IuK-Technologie durchgeführt und gesteuert werden und dass darüber hinaus alle verwendeten Daten in digitaler Form vorliegen (Big Data).¹⁰¹ Prozesse können grundsätzlich hinsichtlich ihres Digitalisierungsgrades unterschieden werden, z.B. welcher prozentuale Anteil eines Prozesses digitalisiert ist.¹⁰²

Eine Weiterentwicklung digitaler Prozesse stellen digital automatisierte Prozesse dar.¹⁰³ Eine Automatisierung von Prozessen – abgeleitet von „auto“ (griech. für „selbsttätig handeln“¹⁰⁴) bedeutet im Prozessmanagement eine selbstständige Ausführung eines Prozesses, bei dem Material, Daten und Informationen verändert oder umgeformt werden.¹⁰⁵ Ein Arbeitsvorgang läuft demzufolge ab, ohne dass ein manueller Eingriff erfolgt.¹⁰⁶ Aus prozessualer Sicht handelt es sich bei automatisierten Handlungen stets um rein repetitive und sich wiederholende Vorgänge. Analog zum Digitalisierungsgrad lässt sich der **digitale Automatisierungsgrad** bestimmen (vgl. auch Abbildung 10).¹⁰⁷ Er gibt an, wieviel Prozent der Prozessschritte automatisiert durchgeführt werden.

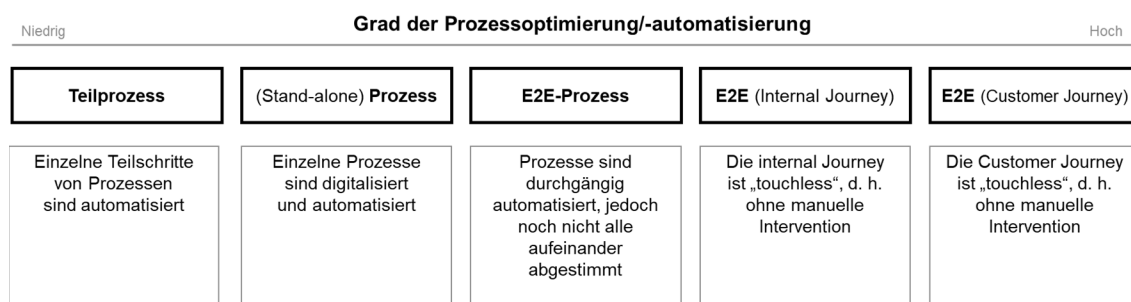


Abbildung 10: Grad der Prozessautomatisierung¹⁰⁸

Abbildung 10 gibt einen Überblick über den möglichen Grad der Prozessautomatisierung in Unternehmen. Das höchste Reifegradniveau bildet die End-to-End-optimierte Customer Journey als intelligente Prozessautomatisierung.¹⁰⁹ In diesem Stadium sind sämtliche Kern- und Unterstützungsprozesse abgestimmt, harmonisiert und laufen entsprechend automatisiert ab. Jeder Prozess bildet dabei im Kern End-to-End interne und externe Customer Journeys ab. In diesem Zielzustand sind die Prozesse ohne manuelle

¹⁰¹ Vgl. Wegner, K.; Rump, H. (2022), S. 11f.

¹⁰² Vgl. Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2018), S.20 ff.

¹⁰³ Vgl. hierzu und im Folgenden Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2022), S. 22.

¹⁰⁴ Vgl. Mockenhaupt, A. (2021), S.33, Langmann, R. (2017), S.17.

¹⁰⁵ Vgl. Langmann, R. (2017), S.17 Deutsches Institut für Normen e.V. (DIN) 19 233.

¹⁰⁶ Vgl. Heinrich, B. et al. (2015), S.2 sowie DIN IEC 60050-351

¹⁰⁷ Vgl. hierzu und im Folgenden Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2022), S. 22.

¹⁰⁸ Klaus, K.; Schnell, C.; Spörri, C. (2023).

¹⁰⁹ Vgl. ausführlicher Klaus, K.; Schnell, C.; Spörri, C. (2023).

Intervention (= touchless) führ-, steuer- und skalierbar. Erst dann sind alle Voraussetzungen für eine Prozesssteuerung mit Kennzahlen gegeben.

Bei einem voll automatisierten Prozess werden alle Schritte automatisiert durchgeführt und alle relevanten Daten liegen in digitaler Form vor. Bei einem teilautomatisierten Prozess gilt dies nur für einige Prozessschritte.

In einer von der Autorin durchgeführten empirischen Studie zur Erhebung des digitalen Reifegrads von Prozessen wurde das größte Defizit der Digitalisierungsaktivitäten in der Dimension der Prozessautomatisierung identifiziert.¹ Während KMU hier lediglich 23,91 Punkte erzielen, sind es bei den größeren mit 38,23 Punkten fast 60 % mehr. Für KMU besteht durch den Einsatz digitaler Technologien somit noch Verbesserungspotenzial. Insbesondere in KMU sind manuelle Prozesse, wie z.B. die Bearbeitung von Rechnungseingängen oder die Überprüfung von Bestellanfragen im administrativen Bereich oder Ein- oder Auslagerungsvorgänge von Gütern, immer noch fester Bestandteil des Arbeitsalltags. Dies bindet einerseits viele personelle Ressourcen und beinhaltet gleichzeitig die Gefahr von Fehlern während der Bearbeitung durch Mitarbeitende. Hier bieten sich Potenziale durch Prozessautomatisierung (vgl. Kap. 3.3.2.1).

Bei der Umsetzung der Prozessautomatisierung in der Unternehmenspraxis sind **zwei Kategorien** zu unterscheiden: (1) eine Unterstützung menschlicher Tätigkeiten einerseits, indem die Automatisierung Unterstützungspotential für Mitarbeitende bietet, indem kleine Routineaufgaben übernommen werden. Dadurch können Mitarbeitende ihre Zeit für andere Tätigkeiten nutzen. Alternativ ist (2) eine vollständige Substitution der menschlichen Tätigkeiten möglich, wenn die Maschine eine Aufgabe komplett übernehmen kann. Für die Umsetzung von automatisierten Prozessen eignen sich insbesondere einfache Anwendungsfälle, die sich dadurch auszeichnen, dass sie sich häufig wiederholen, in großer Zahl auftreten und nur wenige, zwingend von Menschen zu bearbeitende Ausnahmen enthalten.¹¹⁰ So tritt bspw. der Mitarbeitende nur zum Eingreifen bei auftretenden Fehlern auf und ist nicht Teil des Prozessablaufs.¹¹¹

Eine Prozessautomatisierung lässt sich im Unternehmen auf unterschiedliche Art und Weise erreichen. Eine teilweise Automatisierungslösung ist der Workflow. Besonders hohe Erwartungen werden in diesem Zusammenhang an eine robotergesteuerte Prozessautomatisierung gestellt, die häufig durch den Einsatz von Softwarerobotern realisiert werden (vgl. Kap. 3.2.2.1).

Bevor ein Ist-Prozess automatisiert werden kann, muss er zuvor analysiert, in alle Einzelschritte zerlegt und auf eventuelle Schwachstellen untersucht werden.¹¹² Dies kann bspw. mit Methoden des Six-Sigma oder des Prozessredesigns erfolgen. Anschließend

¹¹⁰ Vgl. Scheer, A. (2020), S.118 ff.

¹¹¹ Vgl. Cornelius, A. (2019), S.94 f.

¹¹² Vgl. hierzu und im Folgenden Klaus, K.; Schnell, C.; Spörri, C. (2023).

lassen sich erste Automatisierungsschritte einführen. Der nächste Schritt beinhaltet die Automatisierung des gesamten ausgewählten Prozesses, danach erfolgt die Automatisierung weiterer umliegender Geschäftsprozesse sowie die Übergabe von Daten und Aktionen an den unternehmensinternen (und anschließend auch externen) Schnittstellen. Zur informationstechnologischen Unterstützung sind für das Unternehmen geeignete Tools zu implementieren.

Im Unternehmen müssen entsprechende Voraussetzungen für automatisierte Prozesse gegeben sein.¹¹³ Die Voraussetzungen für eine Prozessautomatisierung lassen sich in drei Arten von Kriterien – Minimal-, Zusatz- und Sonderkriterien – aufteilen (vgl. Abbildung 11).

Minimalkriterien	Zusatzkriterien	Sonderkriterien
<ul style="list-style-type: none"> – regelbasierter Prozess – Prozessfrequenz – repetitiver Charakter – Daten in elektronisch lesbaren Standardformaten – Standardisierung 	<ul style="list-style-type: none"> – Prozessvolumen (= hohes Arbeitsvolumen) – Prozesskomplexität (gut = einfache, wenig verzweigte Prozesse) – Prozessstandardisierung (geringe Anzahl der Ausnahmen) – Entscheidungspunkte (wenige Entscheidungspunkte) – Verzicht auf manuelle Eingriffe in den Prozess – Software-Applikationen → gutes Mittelmaß finden – Beteiligte User: möglichst wenige 	<ul style="list-style-type: none"> – Mehrsprachigkeit – Sicherheitsrisiko

Abbildung 11: Kriterien für Prozessautomatisierung

Aufgrund ihrer Fähigkeit rationale Entscheidungen zu treffen, die menschlichen Handlungsweisen ähneln, werden häufig digitale Assistenzsysteme mit künstlicher Intelligenz eingesetzt.¹¹⁴ Die steigende Anzahl an verwertbaren Bild-, Video-, Sprach-, und Audio-dateien dient auch Digitalen Assistenzsystemen als Trainingsmaterial und verleiht ihnen die Fähigkeit, durch Mustererkennung Vorhersagen treffen zu können (maschinelles Lernen). Mit Hilfe der KI können bspw. Digitale Assistenzsysteme menschliches Handlungsvermögen simulieren.¹¹⁵ Einen Überblick über mögliche Unterscheidungskriterien digitaler Assistenzsysteme gibt Abbildung 11.

¹¹³ Vgl. ausführlicher zu den Voraussetzungen Langmann, C.; Turi, D. (2021), S. 24 ff.

¹¹⁴ Vgl. Wegner, K. (2023), S. 12ff, sowie Apt, W.; Priesack, K. (2019), S.221.

¹¹⁵ Vgl. Apt, W.; Priesack, K. (2019), S.221.

Flexibilität	stationär		mobil
Unterstützung der Wahrnehmung	... Entscheidung	... Aufgaben-Ausführung
Art der Unterstützung	physisch	sensorisch	kognitionsunterstützend
Grad der Unterstützung	niedrig	mittel	hoch
Ziel der Unterstützung	kompensatorisch	erhaltend	erweiternd

Abbildung 12: Unterscheidungskriterien digitaler Assistenzsysteme

3.3.2.1 Chatbots als digitale Lösung für die Prozessabwicklung

Mit Hilfe von Softwarerobotern werden Ein- und Ausgaben von Anwendungssystemen über natürliche Sprache realisiert. Dies bietet Unternehmen die Möglichkeit, einen Teil der unternehmensexternen oder -internen Kommunikation zu automatisieren. Das Wort Chatbot setzt sich zusammen aus "Chat" (*engl.* chatten – plaudern) und "Bot", kurz für Roboter.¹¹⁶ Grundsätzlich handelt es sich bei einem Chatbot um einen Roboter mit text- oder inzwischen auch sprachbasierter Kommunikationsschnittstelle. Als automatisiertes Dialogsystem für eine Mensch-Maschine-Kommunikation kann der Chatbot auf diverse Datenquellen zugreifen und über unterschiedliche Plattformen eingebunden werden.

Im Gegensatz zu stationären oder mobilen Robotern, die sichtbar und anfassbar sind, sind Chatbots virtuell. Es handelt sich dabei um Software-Lösungen, die als Cloudservice bereitgestellt werden. Ein Beispiel ist der Einsatz der robotergestützten Prozessautomatisierung (Robotic Process Automation - RPA). Hierunter versteht man den Einsatz von KI oder Softwarerobotern zur Erledigung umfangreicher, sich wiederholenden Aufgaben, wie z.B. Abfragen, Berechnungen oder die Pflege von Datensätzen und Transaktionen. Da sich das Bild-, Sprach- und Textverständnis in den letzten Jahren verbessert hat, ist es Robotern und Computern möglich, große Mengen an Daten zu erfassen und zu verarbeiten.

Viele Unternehmen setzen Chatbos häufig zunächst für interne Prozesse ein, um einerseits Kosten zu senken und andererseits Mitarbeiter jederzeit schnell mit Informationen zu versorgen. Zum Beispiel kann ein Chatbot die korrekte Befüllung einer dig-

¹¹⁶ Vgl. hierzu und im Folgenden Fink, V. (2020), S.20, Cornelius, A. (2019) S.68, S..77, sowie Czarnecki, C. et al. (2019), S.801f.

italen Zahlungsanweisung unterstützen, um mögliche Fehler bei der Eingabe zu vermeiden. Chatbots können ebenfalls in der Interaktion mit Kunden in Form eines Dialoges unterstützen, z.B. bei Umtausch von Produkten, Öffnungszeiten oder Fragen zu Produkten. Dabei arbeitet der Chatbot nach einer Wenn-Dann-Logik und kann mäßig anspruchsvolle Dialoge führen. Um eine gesteigerte Akzeptanz bei den Anwendenden in Unternehmen zu schaffen, werden für Chatbots häufig menschliche Namen in Kombination mit Foto- oder Comicportraits verwendet, so dass digitale Avatare entstehen.

3.3.2.2 Einsatz von Robotern in Logistikprozessen

Durch die Automatisierung logistischer Prozesse lässt sich die Effizienz, insbesondere in Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen, steigern. In der Intralogistik steigt die Zahl mobiler Roboter da sie ein hohes Potenzial für Kostensenkung und Effizienzsteigerung bieten.¹¹⁷ In Kombination mit der Entwicklung einer leistungsstarken IT-Infrastruktur werden Sortier-, Förder- und Automatisierungstechnologien ständig optimiert, um Mitarbeitende bei ihren Tätigkeiten zu unterstützen. Nicht zwangsläufig sollen Menschen dabei durch Maschinen ersetzt werden, dennoch führt der Einsatz von Automatisierungstechnologien in stark standardisierten Prozessen zu effizienteren Ergebnissen und ermöglicht Personaleinsparungen.¹¹⁸

Durch den technischen Fortschritt hat sich auch die Anwendung von Robotern und fahrerlosen Fahrzeugen in der Logistik als Lösung etabliert, um stetig wachsende Volumina bewältigen zu können. Roboter benötigen wiederkehrende und regelbasierte Abläufe. Je einfacher und standardisierter ein Prozessablauf ist, umso besser löst er sich automatisieren.¹¹⁹ Besonders in der Kommissionierung, die durch immer kleinteiligere Bestellungen herausgefordert wird, hat sich der Einsatz von Robotik bewährt.

Die **stationäre Robotik** umfasst alle Roboter, die von einem festen Standort aus Aufgaben mit Mehrwert ausführen. Diese Geräte sind am Boden, an der Decke oder an anderen Oberflächen befestigt und haben oft die Form von Roboterarmen oder ähneln diesen. Abhängig von den technischen Anforderungen werden Knickarm-, Lineararm-, Schwenkarm- oder Palettierroboter eingesetzt.¹²⁰ Seit den späten 1950er Jahren unterstützen fest installierte Roboter vor allem in Produktionsunternehmen, wie z.B. im Automobilbau. Mit den Fortschritten bei der künstlichen Intelligenz (KI) und den Sensortechnologien in den letzten Jahren hat sich die Anwendung in der Logistikbranche jedoch

¹¹⁷ Vgl. DHL (2022).

¹¹⁸ Vgl. Roth, I. et al. (2015), S. 22 f.

¹¹⁹ Vgl. Langmann, C./ Turi, D. (2020), S. 16.

¹²⁰ Vgl. Molzow-Voit, F. et al. (2016), S. 32 ff.

erheblich ausgeweitet.¹²¹ Grundsätzlich lassen sich stationäre Roboter in zwei Typen unterteilen: **Kollaborative Roboter** sind für flexible Anwendungen konzipiert, die eine Interaktion mit dem Menschen erfordern. **Industrieroboter** hingegen werden hauptsächlich dann eingesetzt, wenn eine hohe Nutzlast, eine große Reichweite und eine hohe Geschwindigkeit erforderlich ist und wenn die Tätigkeiten in einem abgetrennten, gesicherten Bereich durchgeführt werden können.¹²²

Tab. 2 stellt einige technologische Beispielanwendungen mit Robotereinsatz dar: Beim Sortieren von Post- und Paketsendungen werden stationäre Sortierroboter eingesetzt, die häufig Kameras und KI-Funktionen nutzen, um die zu versendenden Artikel zu unterscheiden und anhand vordefinierter Merkmale zu klassifizieren und zu sortieren.¹²³ Bspw. können Objekte mit Hilfe der KI für eine Entnahme identifiziert werden. Im Anschluss ist die Platzierung der Objekte mit einer bestimmten Ausrichtung auf einem Förderband anhand einer Merkmalerkennung möglich.

Das manuelle Vereinzeln und Ausrichten von Paketen, Briefen, Kartons und Flugblättern, um sie für die nachgelagerte Weiterverarbeitung vorzubereiten, kann mit Hilfe von KI durch Robotic Pick-and-Place-Anwendungen¹²⁴ durchgeführt werden. Ein Supervisor hat von einem entfernten Servicezentrum aus Zugriff auf den Roboterarm, kann ihn steuern und bei evtl. Fehlern eingreifen.

stationär (s)/ mobil (m)	unterstützter Logistikprozess	Technologie- beispiel
s	Sortierung von Briefsendungen	DoraSorter
s	automatisiertes Dialogsystem z. B. zur Unterstützung von Zahlungsanweisungen	Chatbots
s	Robotic Picking and Placing	Roboterarm
s	(De)Palettieren in Ein-/Ausgangslagern	Dexterity (= Software)
m	Handhabungsroboter	EffiBOT

Tab. 2: Beispielhafte Anwendungen von Roboterunterstützung in Logistikprozessen

¹²¹ DHL (2022).

¹²² Auch beim Einsatz von kollaborierenden Robotern sollten die Sicherheitsmaßnahmen vor dem Einsatz überprüft werden, um die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer zu gewährleisten.

¹²³ Vgl. DHL (2022).

¹²⁴ Vgl. DHL (2022).

Die Automatisierung von Prozessen des **Palettierens und Depalettierens**¹²⁵ in Eingangs- und Ausgangslagern oder Hub-Betrieben birgt ebenfalls Potenziale für den Einsatz von stationären Robotern.

Neben stationären Robotern werden ebenfalls mobile Roboter genutzt, um den intralogistischen Materialfluss zu automatisieren. **Mobile Roboter** (auch: AMR – autonome mobile Roboter) sind als Nachfolger von fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) zu verstehen. Unter dem Begriff Indoor Mobilroboter (Indoor mobile robots) werden verschiedene Arten von tragbaren Robotern zusammengefasst, die – standortungebunden ohne direkte Eingriffe von menschlichen Bedienern – vor allem Aufgaben innerhalb von Fabrikgeländen oder Logistikzentren wahrnehmen. Der innerbetriebliche Warentransport zwischen vordefinierten Orten innerhalb eines Lagers ist ein wichtiger, sich häufig wiederholender Prozess, der viel zeitliche Kapazitäten des Lagerpersonals bindet. Der Einsatz von Indoor-Mobilrobotern stellt eine effektive Möglichkeit dar, um Ressourcen zu sparen. Auch für die Outbound-Logistik gibt es selbstfahrende Roboter (Outdoor Autonomous Vehicles). Diese Fahrzeuge fahren entweder völlig fahrerlos oder hochautomatisiert mit nur gelegentlich notwendigen menschlichen Eingriffen. Rasante Entwicklungen in den Bereichen von KI, Edge Computing¹²⁶ und Sensortechnologie sind treibende Kräfte für die Realisierung des autonomen Fahrens.¹²⁷ Dabei lässt sich der Weg eines Roboters kann bei Nutzung eines leistungsfähigen Mobilfunkstandard in Echtzeit verfolgen.¹²⁸ Er nutzt eine Echtzeit-Pfadplanung, um sich frei um Hindernisse herum bewegen zu können.

3.3.2.1 Potenziale der Robotik in logistischen Prozessen

Im Rahmen der Digitalisierung ist die zunehmende Automatisierung von bisher manuell durchgeführten Prozessschritten ein Aspekt, der massive Auswirkungen auf die zukünftige Arbeitswelt haben wird und gleichzeitig zuvor manuelle, repetitive Aufgaben durch die Umwandlung papierbasierter Tätigkeiten in digitale Arbeitsabläufe mit Hilfe entsprechende IuK-Unterstützung signifikant beschleunigt.¹²⁹ Dabei gilt die KI als wichtiger Enabler zur Erhöhung des Automatisierungsgrads von Prozessen.¹³⁰

¹²⁵ Vgl. DHL (2022).

¹²⁶ Beim Edge Computing findet die dezentrale Datenverarbeitung am Rande (*engl.* edge) des Netzwerkes statt. Die Datenverarbeitung findet somit direkt oder in der Nähe einer bestimmten Datenquelle statt, so dass die Verarbeitung der Daten in einem weit entfernten Rechenzentrum minimiert wird. (z.B. bei intelligenten Verkehrssystemen oder Virtual Reality Anwendungen).

¹²⁷ Vgl. DHL (2022).

¹²⁸ Vgl. Savelsberg, E.; Sekula, M.; Wittemeier, M. (2020).

¹²⁹ Vgl. Czarniecki, C.; Bensberg, F.; Auth, G. (2019), S. 795.

¹³⁰ Vgl. hierzu Kap. 3.2.2.2 sowie Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2022), S. 30.

Bei einer Vollautomatisierung schwingt häufig die Sorge eines Wegfalls von Arbeitsplätzen mit. Jedoch bietet der Einsatz von Systemrobotern neben einer Besetzung offener Arbeitsstellen qualitative Nutzenaspekte, wie z.B. ständige Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Transparenz.¹³¹ Damit einher geht die steigende Effizienz von Prozessen und die Einsparung von Kosten. Die zunehmende Automatisierung bietet Unternehmen darüber hinaus Chancen, die steigende Anzahl an Aufgaben zu bewältigen, und unterstützt eine Innovation von Arbeitsabläufen, da durch den Technologieeinsatz neue Arbeitsabläufe entstehen, die Bestandteil neuer Geschäftsmodelle sein können.¹³²

Durch den Einsatz von Robotern in automatisierten Prozessen ist es Unternehmen möglich, schneller, fehlerfrei und ohne Pausen zu arbeiten.¹³³ Weitere Vorteile eines Robotereinsatzes sind 24/7-Verfügbarkeit, gleichbleibende Qualität und eine lückenlose Vorgangsdokumentation. Bereits einfache Automatisierungen können Erfolge durch Kosteneinsparung, Zeitverkürzung und Qualitätsverbesserung von Geschäftsprozessen nachweisen. Dadurch freigesetzte Mitarbeiter können höherwertigen Aufgaben zugeteilt werden.¹³⁴ In der Regel geht es bei dem Einsatz von Robotern nicht darum, Menschen zu ersetzen, sondern monotone und körperlich anstrengende Arbeit von Maschinen übernehmen zu lassen.¹³⁵

In KMU gilt es also, Voraussetzungen und Abläufe zu schaffen, die es ermöglichen, die eigenen Prozesse zu automatisieren, um durch IuK-Unterstützung von den Vorteilen der digitalen Transformation zu profitieren.

¹³¹ Vgl. Czarniecki, C.; Bensberg, F.; Auth, G. (2019), S. 795 ff.

¹³² Vgl. Czarniecki, C.; Bensberg, F.; Auth, G. (2019), S. 799 f.

¹³³ Vgl. Langmann, C.; Turi, D. (2021), S.6.

¹³⁴ Vgl. Scheer, A.-W. (2020), S.118 ff.

¹³⁵ Vgl. Cornelius (2019), A., S.94 f.

4 Zusammenfassung

Die digitale Transformation bringt durch die veränderten Prozesse und den Einsatz digitaler Technologien viele Herausforderungen mit sich. KMU fallen bei der digitalen Transformation hinter Großunternehmen zurück (vgl. Kap. 2). Im Bereich der Digitalisierung haben sich KMU zwar gesteigert, liegen jedoch immer noch hinter großen Unternehmen zurück. Aus den Erkenntnissen der Analyse lässt sich schlussfolgern, dass viele KMU zwar Digitalisierungsschritte unternommen haben, jedoch hinter größeren Unternehmen zurückfallen. Dies belegten auch Zahlen des BMWK.¹³⁶ Große Unternehmen weisen i.d.R. einen höheren Automatisierungsgrad auf und verfolgen bereits eine klar definierte Digital-Agenda. Als Hauptgründe für die vergleichsweise langsame digitale Entwicklung von KMU kristallisierten sich die eingeschränkte digitale Infrastruktur in ländlichen Regionen¹³⁷ sowie fehlende personelle und zeitliche Ressourcen heraus.

Dieser Trend setzt sich auch beim Einsatz digitaler Technologien fort: Während KMU nur zu knapp über ein Drittel digitale Systeme nutzen, sind es in größeren Unternehmen erheblich mehr. Obwohl viele Unternehmen mögliche Chancen durch den Einsatz digitaler Assistenzsysteme, insbesondere im Bereich der Prozessoptimierung, erkannt haben, erschweren v.a. drohende Abhängigkeiten von der Stabilität der Technologien sowie Unsicherheiten bzgl. des Datenschutzes – neben den geringen finanziellen Ressourcen – entsprechende Investitionen.

Insgesamt gestaltet sich die Realisierung von Digitalisierungsmaßnahmen in KMU herausfordernder als in Großunternehmen. Probleme und Herausforderungen bei der digitalen Transformation in KMU liegen vor allem bei unzureichenden IT-Kenntnissen sowie langsamen Internetgeschwindigkeiten, Problemen im Bereich Datenschutz und -sicherheit sowie hohen Investitions- und Wartungskosten in IuK-Technologien. Auch im Bereich der Prozessautomatisierung gibt es Verbesserungspotenziale. Hier zeigen sich Forschungslücken für weitere Analysen und Begleitforschung in KMU auf ihrem Weg in die digitale Transformation.

¹³⁶ Vgl. Vgl. BMWK (Hrsg.) (2022).

¹³⁷ Vgl. zur Definition ländlicher Raum Wegner, K. et al. (2023), S. 5.

5 Literatur

- Ahmad, W. et al. (2020): 5G Technology: Towards Dynamic Spectrum Sharing Using Cognitive Radio Networks, in: *IEEE Access*, Vol. 8, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8957541> [29.09.2023].
- Alexander, S. et al. (2018): Prozessautomatisierung durch Roboter – Impulse für das Controlling, Heft 3, S. 11-14
- Altintac, I. (2022): Digitalisierung und Industrie 4.0, in: Meier, K.-J.; Pfeffer, M. (Hrsg.): Produktion und Logistik in der digitalen Transformation: Analyse – Planung – Praxiserfahrungen, Springer Gabler, Wiesbaden 2022, S. 3-24
- Appelfeller, W./ Feldmann C. (2018): Die digitale Transformation des Unternehmens, Berlin 2018
- Apt, W.; Schubert, M.; Wischmann, S. (2018): Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen, Berlin.
- Arnolds, H. et al. (2013): Materialwirtschaft und Einkauf, 12. Aufl., Wiesbaden 2013.
- Ashton, K. (2009): That “Internet of Things” Thing, *RFID Journal* 22/2009.
- Backhaus, A. et al. (2017): Digitalisierung in der Logistik: vom Hype zur Marktrelevanz?, in: Kille, C.; Meißner, M. (Hrsg.): Logistik im Spannungsfeld der Politik, Auswirkungen auf die Entwicklung in 2017, Ergebnisse des Herbstgipfels 2016, DVV Media Group GmbH, Hamburg 2017, S. 40-61, <http://www.logistikweisen.de/wAssets/docs/ergebnisbericht-2017-komplett.pdf>, abgerufen am 21.01.2023
- Bichler, K. et al. (2013): Kompaktedition Lagerwirtschaft, Wiesbaden 2013.
- Bitkom (2019): Logistik muss Digitalisierung weiter beschleunigen | Bitkom Main
- Bläsing, N. (2021): KI-basierte Intelligent Automation erweitert RPA, Heft 6, S. 24-25
- BMDV (Hrsg.) (2021): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2021); unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-mitte-2021.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 09.06.2023
- BMWK (Hrsg.) (2022): Digitalisierungsindex, https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2022-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=1, Abruf 09.06.2023
- Böning, C.; Kasselmann, S. (2018): Entwicklung eines Reifegradmodells zur Steigerung der Industrie 4.0-Befähigung in Produktion und Logistik am Beispiel von interaktiven Assistenzsystemen (4.0 Ready), Bundesvereinigung Logistik e.V., Schlussbericht Nr. 18897.
- Bossard (2016): Bossard SmartBin classic. Automatisierte Intelligenz, BOS_DE_Factsheets_V02 plus Patent pending.indd (bossard.com) [22.09.2023].

- Bosse, C.K. et al. (2019): Digitalisierung im Mittelstand erfolgreich gestalten, in: Bosse, C.K.; Zink, K.J. (Hrsg.): Arbeit 4.0 im Mittelstand, Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU, Springer Gabler, Berlin 2019, S. 13-34
- Bousonville, T. (2017). Logistik 4.0. Die digitale Transformation der Wertschöpfungskette. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hrsg.) (o. J.): Was versteht man unter ‚5G‘?, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Technologien_sicher_gestalten/5G/5g-was-versteht-man-darunter.html [29.09.2023].
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (o. J.): Würth Industrie Service GmbH & Co. KG: Intelligentes, vernetztes C-Teile-Management, [online] <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Anwendungsbeispiele/035-intelligentes-vernetztes-c-teile-management-wuerth-industrie/beitrag-intelligentes-vernetztes-c-teile-management-wuerth-industrie.html> [18.09.2023].
- Bundesnetzagentur (Hrsg.) (2022): Digitalisierung im Mittelstand in Zahlen, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Mittelstand/DigitalisierungZahlen/start.html>, abgerufen am 09.02.2023
- Buxmann, P.; Schmidt, H. (2019): Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens, in: Buxmann, P.; Schmidt, H. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg, Wiesbaden 2019
- BVL – Bundesvereinigung Logistik e.V. (o.J.): Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V. (Hrsg.) (o. J.): Technologien. Intelligenter Behälter, <https://technologieradar.de/technologien/intelligenter-behaelter> , Abruf: 23.09.2023
- Cornelius, A. (2019): Künstliche Intelligenz, Freiburg 2019.
- Czarnecki, C./ Bensberg, F./ Auth, G. (2019): Die Rolle von Softwarerobotern für die zukünftige Arbeitswelt, Wiesbaden 2019
- D’Onofrio, S., Meier, A. (2021). Big Data Analytics. Grundlagen, Fallbeispiele und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag.
- Detscher, S. (2021): Digitales Management und Marketing, Wiesbaden 2021.
- DHL (2022): Logistics Trend Radar – Delivering Insights Today, Creating Value Tomorrow, in: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html> (Abruf: 05.10.2023)
- Dittmann, Svenja (2021): 5G – Schlüsseltechnologie einer Industrie der Zukunft, [online] <https://www.kompetenzzentrum-kommunikation.de/artikel/5g-schlüsseltechnologie-einer-industrie-der-zukunft-5340/> [22.08.2023].

- Durchholz, Janina; Boppert, Julia (2013): Baukasten für schlanke Logistik, in: Günthner, Willibald A.; Durchholz, Janina; Klenk, Eva; Boppert, Julia (2013): Schlanke Logistikprozesse, Berlin/Heidelberg, S. 175-265.
- Evers, V. (2016): Agiles Arbeiten verändert die Projektwelt, Heft 9, S. 76-77
- Fill, H.-G., Meier, A. (2020). Blockchain. Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag.
- Fink, V. (2020): KI-Projekte – einfach machen, Wiesbaden 2020.
- Fleischmann, A.; Oppl., S.; Schmidt, W.; Stary, C. (2018): Ganzheitliche Digitalisierung von Prozessen, Perspektivenwechsel – Desing Thinking – Wertegeleitete Interaktion, Wiesbaden 2018.
- Gadatsch, A. (2020): Grundkurs Geschäftsprozess – Management, 9. Aufl., Wiesbaden
- Göpfert, I. (2016). Logistik der Zukunft - Logistics for the Future, 7. Aufl., Wiesbaden.
- Grivas, S.; Graf, M. (2020): Digitale Transformation – Transformation der Unternehmen im digitalen Zeitalter, in: Grivas, S. (Hrsg.): Digital Business Development, Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Geschäftsmodelle und Märkte, Berlin 2020, S. 143-166
- Günthner, W. A., Blomeyer, N., Reif, R., Schedlbauer, M. (2009). Pick-by-Vision: Augmented Reality unterstützte Kommissionierung. Abgerufen am 16.02.2022 von <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1188222/file.pdf>
- Hall, J.M./ Johnson, M.E. (2009): Wie standardisiert müssen Prozesse sein?, Heft 5, S. 1-10
- Harwardt, M. (2020): Digitalisierung in Deutschland - Der aktuelle Stand, in: arwardt, M. et al. (Hrsg.): Führen und Managen in der digitalen Transformation, Trends, Best Practices und Herausforderungen, Springer Gabler, Wiesbaden 2020, S. 17-34
- Heinrich, B. et al. (2015): Grundlagen der Automatisierung, Wiesbaden 2015
- Hentschel, R.; Leyh, C. (2018): Cloud Computing: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen, in: Reiheimer, S. (Hrsg.): Cloud Computing. Die Infrastruktur der Digitalisierung, Wiesbaden, S. 3-20.
- Hess, T. (2022): Digitale Transformation strategisch steuern, Vom Zufallstreffer zum systematischen Vorgehen, 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden
- Hesse, S.; Schnell, G. (2018): Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation, Wiesbaden 2018.
- Hierzer, R. (2020): Prozessoptimierung 4.0: den digitalen Wandel als Chance nutzen, 2. Auflage, Freiburg 2020

- Hofmann, E., Staiger, F. (2020): Beschaffungskompetenzen 4.0, 1. Aufl., Wiesbaden 2020
- IDW (Hrsg.) (2018): Digitalisierung im Ländlichen Raum: Dringend nötig und doch erst am Anfang, in: <https://nachrichten.idw-online.de/2018/05/04/digitalisierung-im-laendlichen-raum-dringend-noetig-und-doch-erst-am-anfang>, (Abruf: 10.03.2023)
- IML Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik (o.J.): Intelligenter Behälter. Die Dinge fangen an zu denken. Dortmund, S. 2.
- Kirste, M.; Schürholz, M. (2019): A Technologie, in: Wittpahl, V. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz - Technologie Anwendung Gesellschaft, Berlin 2019, S. 24-26.
- Klaus, K.; Schnell, C.; Spörri, C. (2023): Prozessautomatisierung: Drei Thesen zur erfolgreichen Umsetzung; Pfad: <https://www.horvath-partners.com/de/media-center/artikel/prozessautomatisierung-drei-thesen-zur-erfolgreichen-umsetzung>, Abruf: 22.05.2023
- Kleemann, F./ Glas, A. (2020): Einkauf 4.0. Digitale Transformation der Beschaffung, 2. Aufl., Wiesbaden 2020
- Klett, D. (2020): Smarter Supply Chain through AI, in: Foresight: The International Journal of Applied Forecasting, Issue 56, S. 33-34.
- Koch, C./ Fedtke, S. (2020): Robotic Process Automation: Ein Leitfaden für Führungskräfte zur erfolgreichen Einführung und Betrieb von Software-Robots im Unternehmen, Berlin, Heidelberg 2020
- Kofler, T. (2018): Das digitale Unternehmen, Berlin 2018
- Kohne, A. et al. (2020): Chatbots, Wiesbaden 2020
- Kreutzer, R. T./ Sirrenberg, M. (2019): Künstliche Intelligenz verstehen, Wiesbaden 2019
- Langmann, C./ Turi, D. (2020): Robotic Process Automation (RPA) - Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen: Voraussetzungen, Funktionsweise und Implementierung am Beispiel des Controllings und Rechnungswesens, Wiesbaden 2020
- Langmann, C./ Turi, D. (2021): Robotic Process Automation (RPA) – Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen, 2. Aufl., Wiesbaden 2021
- Langmann, R. (2017): Taschenbuch der Automatisierung, 3. Aufl. München 2017
- Leeser, D.C. (2020): Digitalisierung in KMU kompakt, Compliance und IT-Security, Berlin
- Lichtenthaler, U. (2021): Künstliche Intelligenz erfolgreich umsetzen, Wiesbaden 2021
- Lieb, R. (2023): Digitale Transformation kleiner und mittlerer Speditionen im ländlichen Raum, Suderburg 2023 (unveröffentlichtes Dokument)
- Luber, Stefan/Donner, Andreas (2019): Was ist Network Slicing?, [online] <https://www.ip-insider.de/was-ist-network-slicing-a-828834/> [06.03.2023].

- Luber, Stefan/Litzel, Nico (2019): Was ist 5G?, [online] <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-5g-a-885929/> [22.08.2023].
- Lufthansa Industry Solutions (2022): Künstliche Intelligenz – Große Datenmengen gewinnbringend nutzen, unter: <https://www.lufthansa-industry-solutions.com/de-de/loesungen-produkte/kuenstliche-intelligenz/> (Abruf: 15.10.2023).
- Mättig, Benedikt/Kretschmer, Veronika: Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Logistik 4.0. In: ten Hompel, Michael/Bauernhansl, Thomas/Vogel-Heuser, Birgit (Hg.) (2020): Handbuch Industrie 4.0. Logistik. 3. Aufl., Berlin, S. 435–459.
- Matzler, K.; Bailom, R. (2019): Fit für die digitale Disruption werden, in: Organisationsberatung, Supervision, Coaching, 26 (2), S 257-265.
- McDonald, K (2018): Above the Clouds, Managing Risk in the World of Cloud Computing, Cambs.
- Megatrend Mobilität: Das multimobile Zeitalter (www.zukunftsinstitut.de)
- Mockenhaupt, A. (2021): Digitalisierung und künstliche Intelligenz in der Produktion, Wiesbaden 2021
- Molzow-Voit, F., Quandt, M., Freitag, M., Spöttl, G. (2016). Robotik in der Logistik. Qualifizierung für Fachkräfte und Entscheider. Wiesbaden.
- Muchna, C. et al. (2018): Grundlagen der Logistik, Wiesbaden.
- Nambisan, S. (2016): Digital Entrepreneurship: Towards a Digital Technology Perspective of Entrepreneurship, in: Entrepreneurship Theory and Practice, Bd. 41 (2017), 6, S.1029-1055
- NIST - National Institute of Standards and Technology (2011): The NIST definition of cloud computing, Gaithersburg 2011.
- Obermaier, R. (2019). Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Pieringer, M. (2012): Intelligente Behälter: Denken ist keine Glückssache, [on-line] <https://logistik-heute.de/news/intelligenter-behaelter-denken-ist-keine-glueckssache-9796.html> [Abruf: 23.09.2023]
- Prockl, G., Pflaum, A. (2012). Mehr Transparenz in der Versorgungskette durch das „Internet der Dinge“. Erschienen in: Stölzle, W., Lieb, T. C. (2012). Business Innovation in der Logistik. Chancen und Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Rejeb, A.; Koegh, J. (2020): 5G Networks in the Value Chain, Wireless Personal Communications, Vol. 117, S. 1577-1599.

- RFID & Wireless IoT Search (Hrsg.) (o. J.): 5G in Industrie und Logistik – Einblicke von Zebra Technologies, [online] <https://www.rfid-wiot-search.com/de/zebra-technologies-im-interview-5g-loesungen-fuer-industrie-und-logistik?page=3> [11.03.2023].
- Rinkenauer, Gerhard/Kretschmer, Veronika/Kreutzfeldt, Magali (2017): Kognitive Ergonomie in der Intralogistik. Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management, Dortmund.
- Roth, I., Zanker, C., Martinetz, S., Schnalzer, K. (2015). Digitalisierung bei Logistik, Handel und Finanzdienstleistungen. Technologische Trends und ihre Auswirkungen auf Arbeit und Qualifizierung. Abgerufen am 20.03.2023
- Salm, M.; Ploss, M.; Pfeffer, M. (2022): Digitales Informationsmanagement im Mittelstand, in: Meier, K.-J.; Pfeffer, M. (Hrsg.): Produktion und Logistik in der digitalen Transformation, Analyse – Planung – Praxiserfahrungen, Wiesbaden 2022, S. 269-288.
- Savelsberg, E.; Sekula, M.; Wittemeier, M. (2020): Wie autonome Fahrzeuge die Logistik bewegen, [online] <https://www.ingenieur.de/fachmedien/logistikfuerunternehmen/transportlogistik/wie-autonome-fahrzeuge-die-logistik-bewegen/> [10.10.2023].
- Scheer, A.-W. (2020): Unternehmung 4.0, 3. Aufl., Wiesbaden 2020
- Schlick, J.; Stephan, P.; Loskyll, M.; Lappe, D. (2014): Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung, in: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration, Wiesbaden 2014.
- Schröder, C.; Schleppehorst, S.; Kay, R. (2015): Bedeutung der Digitalisierung im Mittelstand, IfM-Materialien Nr. 244, Institut für Mittelstandsforschung, Bonn, <https://www.econstor.eu/handle/10419/125512>, abgerufen am 06.02.2023
- Schröder, M.; Prause, G. (2023): Reduction of Supply Chain Risks by using Blockchain Technology, in: Kabashkin, I; Yatskiv, I; Prentkovskis, O. (Hrsg.): Reliability and Statistics in Transportation and Communication, S. 151-161.
- Schwarz, L./ Neumann, T./ Teich, T. (2018): Geschäftsprozesse praxisorientiert modellieren, Berlin 2018
- Smeets, M./ Erhard, R./ Kaußler, T. (2019): Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft, Wiesbaden 2019
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2022): Unternehmen, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/aktuell-beschaeftigte.html>, abgerufen am 30.12.2022
- Storz, Friderike (2022): Digitalisierung. Fraunhofer erprobt 5G für Bayerns Betriebe – für Logistik, Fertigung, autonomes Fahren, [online] <https://www.aktiv-online.de/news/fraunhofer-erprobt-5g-fuer-bayerns-betriebe-fuer-logistik-fertigung-autonomes-fahren-16665> [14.03.2023].

- Strnadl, C.F. (2021): End-to-End-Architekturen zur Datenmonetarisierung im Industrial Internet of Things (IIoT), in: Trauth, D.; Bergs, T., Prinz, W. (Hrsg.): Monetarisierung von technischen Daten, Berlin, S. 169-206.
- Ternès, A.; Schieke, S. (2018): Mittelstand 4.0, Wie mittelständische Unternehmen bei der Digitalisierung den Anschluss nicht verpassen, Wiesbaden
- Teßmann, R.; Glock, C.; Grosse, E. (2017): Intelligente Ladungsträger, in Glock, C./ Grosse, E. (Hrsg.): Warehousing 4.0 – Technische Lösungen und Managementkonzepte für die Lagerlogistik der Zukunft, Lauda-Königshofen 2017
- Thömmes, J. (2022): Geschäftsmodelle und Strategien im Mittelstand, Mit zahlreichen aktuellen Praxisbeispielen, Wiesbaden.
- Trojahn, S., Dittrich, I., Frindik, R. (Hrsg.) (2022): Grundlagen der Logistik. Theorie und Praxis logistischer Systeme, 5. Aufl., München 2022
- Verbraucherzentrale Bundesverband (2021): Was ist 5G? Vorteile und Risiken der 5. Generation Mobilfunk, [online] <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/digitale-welt/mobilfunk-und-festnetz/was-ist-5g-vorteile-und-risiken-der-5-generation-mobilfunk-52004#:~:text=Die%20Besonderheit%20von%205G%20ist,Mobilfunkgeneration%20nahezu%20eine%20Echtzeit%2D%C3%9Cbertragung.> [30.03.2023].
- Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., ten Hompel, M. (2017). Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4. Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage. Berlin
- Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., ten Hompel, M. (2020). Handbuch Industrie 4.0. Band 3: Logistik. 3. Auflage. Berlin.
- Voß, P. H. (2020). Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie. Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0., 2. Aufl., Wiesbaden.
- Wagner, R. M. (2018). Industrie 4.0 für die Praxis. Mit realistischen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Wegner, K. (2019): Digitalisierung in der Logistik, Schriftenreihe Logistik der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Handel und Soziale Arbeit, Band 1, Suderburg 2019.
- Wegner, K. (2023): Digitale Assistenzsysteme in der Lagerlogistik, Schriftenreihe Logistik der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Handel und Soziale Arbeit, Band 9, Suderburg 2023.
- Wegner, K.; Rump, H. (2022): Digitale Transformation logistischer Prozesse in kleinen und mittleren Unternehmen im ländlichen Raum, Explorationen (Fachbeiträge Handel und Logistik), Nr. 01/2022, <https://doi.org/10.26271/opus-1368>
- Wegner, K.; Rump, H. (2023): Smarte Mobilität mit autonom fahrendem Lkw, in: ti Technologie-Informationen: Verkehrslogistik – digital und nachhaltig, 1/2023, S. 16.

- Wegner, K.; Rump, H.; Köllner, L. (2023): Digitale Transformation logistischer Prozesse in kleinen und mittleren Unternehmen im ländlichen Raum, zugl. Abschlussbericht des Projektes DiloPro, Explorationen (Fachbeiträge Handel und Logistik), Nr. 01/2023
- Wegner, U.; Wegner, K. (2017): Einführung in das Logistik-Management, 3. Aufl., Wiesbaden 2017
- Wehberg, G. (2015). Logistik 4.0. Komplexität managen in Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler Verlag.
- Wellbrock, W. et al. (2022): Nachhaltige Innovationen in klein- und mittelständischen Unternehmen, Springer Gabler, Wiesbaden
- Wellbrock, W.; Ludin, D.; Knezevic, I. (2022): Entwicklung der letzten Meile 4.0, in: Wellbrock et al. (Hrsg.): Letzte Meile 4.0: Potenziale innovativer Technologien für die Auslieferung im B2C-Bereich, Berlin 2022.
- Welter, F.; Levering, B.; May-Strobl, E. (2016): Mittelstandspolitik im Wandel, IfM- Materialien Nr. 247, Institut für Mittelstandsforschung, Bonn, https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/ifm_materialien/dokumente/IfM-Materialien-247_2016.pdf, abgerufen am 23.06.2023
- Würth Industrie Service GmbH & Co. KG (Hrsg.) (o. J. d): iBin: Der erste intelligente Kanban Behälter. Eine Studie der Würth Industrie Service, https://www.wuerth-industrie.com/web/de/wuerthindustrie/cteile_management/kanban/kanban_steuerung/ibin_intelligenterbehaelter/ibin.php [22.09.2023]