



BME-Logistikstudie 2025

Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in Supply Chains

- Status quo
- Trends
- Anwendungspotenziale

Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME)

BME-Logistikstudie 2025:
Digitalisierung und KI in Supply Chains

Herausgeber: Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V.
Durchführung: Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V./Hulocon GmbH
Autoren: Michael Huth, Ngoc Tran, Michael Jungk
Quelle Titelbild: iStock

Eschborn, Oktober 2025

BME-Logistikstudie 2025: Digitalisierung und KI in Supply Chains

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
Grußwort des Hauptgeschäftsführers des BME.....	7
Vorwort.....	8
1 Einleitung.....	9
1.1 Ausgangssituation	9
1.2 Zielsetzung der Studie.....	9
1.3 Vorgehensweise und Struktur des Dokuments.....	10
2 Erhebungsdesign und Erhebungsumfang	11
2.1 Erhebungsdesign.....	11
2.2 Erhebungsumfang	11
3 Berücksichtigte Digitalisierungstechnologien	14
3.1 Auswahl der Digitalisierungstechnologien.....	14
3.2 Ausgewählte Digitalisierungstechnologien.....	15
4 Ergebnisse der Studie (1): Digitalisierung	23
4.1 Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien	23
4.2 Einsatz von Digitalisierungstechnologien.....	26
4.3 Erfahrungen mit Digitalisierungstechnologien.....	27
4.4 Einsatzpotenzial von Digitalisierungstechnologien für aktuelle Herausforderungen im Supply Chain Management	28
4.5 Treiber und Hemmnisse für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien.....	29
4.6 Zukünftige Anwendung von Digitalisierungstechnologien	31
5 Ergebnisse der Studie (2): Künstliche Intelligenz	33
5.1 Teilbereiche der KI.....	33
5.2 Anwendungsfälle von KI im Supply Chain Management.....	36
5.3 Erfahrungen bei der Einführung und bei der Nutzung von KI.....	48
6 Fazit und Handlungsempfehlungen	51
6.1 Fazit	51
6.2 Handlungsempfehlungen.....	52
7 Quellenverzeichnis	55
Über uns	62
Impressum	63

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach Branchen.....	12
Abbildung 2:	Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach Größe (gemessen am Umsatz)	12
Abbildung 3:	Struktur der Teilnehmenden nach betrieblichen Funktionen.....	13
Abbildung 4:	Logistics Trend Radar	14
Abbildung 5:	Übersicht über berücksichtigte Digitalisierungstechnologien.....	15
Abbildung 6:	Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien.....	23
Abbildung 7:	Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien.....	25
Abbildung 8:	Durchschnittliche Anzahl gut bekannter Technologien nach Unternehmensgröße (bezogen auf den Umsatz).....	25
Abbildung 9:	Einsatz von Digitalisierungstechnologien	26
Abbildung 10:	Treiber für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien	29
Abbildung 11:	Hemmnisse für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien.....	30
Abbildung 12:	Zeitlicher Horizont des zukünftigen Einsatzes von Digitalisierungstechnologien	32
Abbildung 13:	Bekanntheitsgrad der Teilbereiche von KI	34
Abbildung 14:	Einsatz der Teilbereiche von KI.....	35
Abbildung 15:	Top-Level-Prozesse des SCOR-Modells	37
Abbildung 16:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Plan“	38
Abbildung 17:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Plan“	39
Abbildung 18:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Source“	40
Abbildung 19:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Source“	41
Abbildung 20:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Make“	42
Abbildung 21:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Make“	43
Abbildung 22:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Deliver“	44
Abbildung 23:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Deliver“	45
Abbildung 24:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Return“	46
Abbildung 25:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Return“	46
Abbildung 26:	Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Enable“	47
Abbildung 27:	Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Enable“	48

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Entwicklung des Bekanntheitsgrades von Digitalisierungstechnologien (Technologien sind „gut bekannt“).....	24
Tabelle 2:	Positive Erfahrungen mit ausgewählten Digitalisierungstechnologien (Einsatz im Regel- oder Testbetrieb; nur Technologien mit 20 oder mehr Anwendungen).....	27
Tabelle 3:	Einsatzpotenzial ausgewählter Digitalisierungstechnologien für aktuelle Herausforderungen im SCM (Einsatz im Regel- oder Testbetrieb; nur Technologien mit 20 oder mehr Anwendungen).....	28

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3D	Drei Dimensionen/dreidimensional	LTE-M	Long Term Evolution for Machines
5G	Fünfte Generation (des Mobilfunks)	Mio.	Million(en)
AI	Artificial Intelligence	ML	Maschinelles Lernen (engl.: Machine Learning)
API	Application Programming Interface	Mrd.	Milliarde(n)
AR	Augmented Reality	NFC	Near Field Communication
APICS	American Production and Inventory Control Society	NISQ-	Noist Intermediate Scale Quantum Devices
ASCM	Association for Supply Chain Management	NLG	Natural Language Generation
BME	Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik	NLP	Natural Language Processing
CAD	Computer-Aided Design	NLU	Natural Language Understanding
Dr.	Doktor	OCR	Optical Character Recognition
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung	PaaS	Platform as a Service
ERP	Enterprise Resource Planning	Prof.	Professor
EU AI Act	European Union Artificial Intelligence Act	Qbits	Quantenbits
et al.	et altera	RaaS	Recovery as a Service
etc.	et cetera	RPA	Robotic Process Automation
e.V.	eingetragener Verein	RFID	Radio Frequency Identification
GenAI	Generative Artificial Intelligence (generative KI)	S.	Seite
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung	SaaS	Software as a Service
GNN	Graph Neural Networks	SCM	Supply Chain Management
IaaS	Infrastructure as a Service	SCOR	Supply Chain Operations Reference
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	SCOR DS	Supply Chain Operations Reference Digital Standard
IoT	Internet of Things	STL	Standard Triangulation Language
IT	Informationstechnologie	vgl.	vergleiche
KI	Künstliche Intelligenz	VDI	Virtual Desktop Infrastructure
KPI	Key Performance Indicator	VPN	Virtual Private Network
Lkw	Lastkraftwagen	VR	Virtual Reality
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network	WiFi	Wireless Fidelity

Grußwort des Hauptgeschäftsführers des BME

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Digitalisierung zählt zu den prägenden Transformationselementen unserer Zeit. Sie verändert Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen – umfassend, tiefgreifend und unumkehrbar. Für das Supply Chain Management besitzt sie eine besondere Bedeutung, da digitale Technologien enorme Chancen für Effizienz, Transparenz, Resilienz und Nachhaltigkeit eröffnen. Zugleich stehen Unternehmen bei der Umsetzung vor erheblichen Herausforderungen: von den notwendigen Investitionen über die Qualität der Daten bis hin zu fehlenden Kompetenzen.

Der Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME) begleitet diese Entwicklung seit vielen Jahren. Bereits in den Studien 2019 und 2022 haben wir systematisch erhoben, welche Technologien bekannt sind, wie sie eingesetzt werden und welche Strategien Unternehmen verfolgen. Diese Untersuchungen haben als Indikator den Fortschritt, aber auch die Grenzen der Digitalisierung im Supply Chain Management sichtbar gemacht. Sie haben gezeigt: Trotz vieler Best Practices bleibt die breite Umsetzung in der Unternehmenspraxis oft hinter den Erwartungen zurück.

Die nun vorliegende Studie knüpft daran an – und erweitert den Blick entscheidend. Denn seit 2022 hat sich die Digitalisierungsdebatte grundlegend verändert. Mit dem Durchbruch leistungsfähiger KI-Systeme und dem Siegeszug generativer Anwendungen wie ChatGPT ist Künstliche Intelligenz aus der Nische herausgetreten. Sie gilt heute als zentraler Paradigmenwechsel, der das wirtschaftliche Handeln und die Gestaltung globaler Lieferketten dauerhaft prägen wird.

Für die deutsche Wirtschaft ist dies von besonderer Tragweite. KI ermöglicht präzisere Prognosen, flexible Steuerung komplexer Transportnetze, eine vorausschauende Instandhaltung und schnellere Entscheidungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Damit bietet sie die Chance, nicht nur die Produktivität zu steigern, sondern auch die Resilienz und Nachhaltigkeit der Lieferketten zu stärken. Die Erfahrungen der vergangenen Jahre haben deutlich gemacht, wie wichtig robuste und anpassungsfähige Supply Chains für die Stabilität und Wettbewerbsfähigkeit unseres Wirtschaftsstandorts sind.

Gleichzeitig ist klar: Der Einsatz von KI wirft auch neue Fragen auf – von Regulierung und Datenethik über die Einbettung in bestehende Strukturen bis zur Qualifizierung der Beschäftigten. Der im Jahr 2024 verabschiedete EU AI Act setzt hierfür einen verbindlichen Rahmen und wird die Unternehmen in Deutschland wie in Europa vor neue Aufgaben stellen.

Mit der BME-Logistikstudie 2025 möchten wir Orientierung geben. Wir erfassen nicht nur den Stand der Digitalisierung und des KI-Einsatzes in der Breite, sondern beleuchten auch die Chancen und Hemmnisse, die Unternehmen auf ihrem Weg begleiten. Unser Ziel ist es, faktenbasierte Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen, damit Verantwortliche in Einkauf, Logistik und Supply Chain Management die digitale Transformation aktiv und erfolgreich gestalten können.

Wir stehen an einer Schwelle, die weit über technologische Innovation hinausgeht. Digitalisierung und KI sind die zentralen Treiber für Wertschöpfung, Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftssicherheit der deutschen Wirtschaft. Gemeinsam mit unseren Mitgliedern und Partnern möchte der BME diesen Wandel gestalten und die Unternehmen dabei unterstützen, die Chancen des Paradigmenwechsels zu nutzen.

Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre und viele Impulse für Ihre tägliche Arbeit.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Lars Kleeberg

Hauptgeschäftsführerin des BME e.V.

Vorwort

Vor drei Jahren, in der BME-Logistikstudie 2022, die ebenfalls die Digitalisierung in Supply Chains erfasste und dokumentierte, schrieben wir: „Diese Zeitreihe werden wir fortsetzen und schließen auch 2022 mit dem Versprechen, für Sie am Ball zu bleiben und die Entwicklungen der nächsten Jahre aufmerksam zu beobachten und zu untersuchen.“ (Huth et al. 2022, S. 9)

Dieses Versprechen möchten wir jetzt einlösen. Erneut betrachten wir den Stand der Digitalisierung in Lieferketten, erfassen, wie intensiv verschiedene Digitalisierungstechnologien eingesetzt werden, welche Ziele damit erreicht werden können und welche Treiber und Hindernisse für Digitalisierung existieren. Dieser Status Quo, in Verbindung mit den Studien der vergangenen Jahre, zeigt Entwicklungen der Vergangenheit auf und wirft gleichsam einen Blick in die Zukunft, beispielsweise wenn es darum geht, welche Technologien in näherer oder weiterer Zukunft eingesetzt werden.

Es gibt allerdings auch einen Punkt, der sich rasant entwickelt hat und dem wir ein eigenes Kapitel einräumen. Es geht um Künstliche Intelligenz (kurz KI), die in den vorherigen Studien als eine von vielen Digitalisierungstechnologien betrachtet wurde. KI hat sich in der Zwischenzeit, vor allem durch die Veröffentlichung von ChatGPT und den anschließend herausgebrachten Tools, die allesamt zur generativen KI zählen, kräftig verändert: Künstliche Intelligenz dominiert häufig die Diskussion zur Digitalisierung. Diesen Schwung, diese Dynamik, aber auch diese gewisse Situation der Unsicherheit greifen wir auf und fokussieren im zweiten Teil der Studie auf KI und ihr Einsatzpotenzial in Supply Chains.

Natürlich wollen mit der Studie nicht nur den Stand der Dinge und das mögliche Potenzial erfassen und dokumentieren. Vielmehr geht es uns wie in der Vergangenheit auch darum, Handlungsempfehlungen für Sie, die Leserinnen und Leser, oftmals die Mitglieder des BME, abzuleiten. Diese Handlungsempfehlungen können in konkrete Maßnahmen münden, die Sie und Ihr Unternehmen im Wettbewerb voranbringen.

Lassen Sie sich also nicht nur auf Digitalisierung ein, sondern auch auf die Möglichkeiten, die KI bringt. Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und hilfreiche Erkenntnisse.

Michael Jungk
Leitung Sektion Supply Chain Management
und Logistik
Bundesverband Materialwirtschaft,
Einkauf und Logistik e.V.

Prof. Dr. Michael Huth

Hulocon GmbH

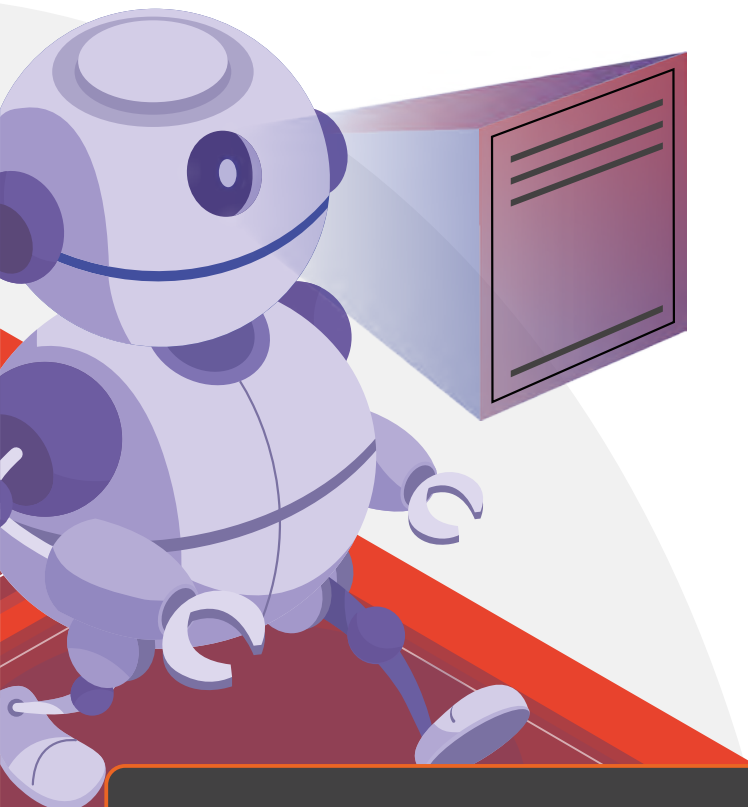


Resilienz gestalten. Vorsprünge sichern. Mit KI & Apps zum Festpreis.

Kostenfreies 30-Min. Strategie-Gespräch sichern:
jocapps.com/BME

- Manuelle Prozesse **automatisieren** & Fehlerquoten senken sowie freie Zeit erhöhen
 - Risiken **proaktiv** erkennen & teure Zwischenfälle reduzieren
 - Strategische Entscheidungen durch Simulationen **absichern**
- Transparenz über die Lieferketten schaffen & Bedarfe präziser **vorhersagen**
 - Chaos beenden & Prozesse durch digitale Zwillinge **optimieren**

...und vieles mehr – jetzt Wettbewerbsvorteile durch maßgeschneiderte KI-Tools und Apps sichern!



- Seit **2014** App- & KI-Lösungen
- **15.000+** Apps für Kunden von KMU bis öffentliche Hand
- **Made in Germany** – förderfähig
- DSGVO-Compliance & ISO 9001-zertifizierte **Qualität**

☎ (+49) 761 5197 515 0

✉ BME@jocapps.com

🌐 jocapps.com/BME

1 Einleitung¹

1.1 Ausgangssituation

Die Digitalisierung zählt zu den zentralen Megatrends unserer Zeit und beeinflusst Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen. Für das Supply Chain Management (SCM) ist sie von elementarer Bedeutung, da digitale Technologien erhebliche Potenziale für Effizienzsteigerungen, Transparenz, Resilienz und Nachhaltigkeit bieten (Büyükoçkan und Göçer 2018, S. 165–166; Henrich et al. 2022). Gleichzeitig stellt die Umsetzung in den Unternehmen eine große Herausforderung dar – von Investitionskosten über Datenqualität bis hin zu fehlenden Kompetenzen (See et al. 2024, S. 34).

Vor diesem Hintergrund hat der Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME) bereits in den Jahren 2019 und 2022 untersucht, welche Digitalisierungstechnologien in der Praxis bekannt sind, wie sie eingesetzt werden, welche Pilotprojekte laufen und welche Zeitpläne Unternehmen für die Einführung vorgesehen haben (Huth et al. 2019; Huth et al. 2022). Die bisherigen Studien bilden damit eine Art „Seismograph“ für den Stand der Digitalisierung in SCM und Logistik.

Ein zentrales Ergebnis dieser und anderer Studien war, dass zwar viele „Best Practices“ in Fachmedien und auf Konferenzen präsentiert werden, die breite Umsetzung jedoch häufig hinter den Erwartungen zurückbleibt (Hofmann und Rüsch 2017, 32–33). Es besteht also eine Lücke zwischen den publizierten Erfolgsbeispielen und dem tatsächlichen Status Quo in Unternehmen. Hier setzt die aktuelle BME-Logistikstudie 2025 an: Sie will

den Stand der Digitalisierung in SCM, Logistik, Einkauf und Materialwirtschaft in der Breite erfassen und damit ein realistisches Bild der aktuellen Situation zeichnen.

Seit der Publikation der BME-Logistikstudie 2022 hat sich die Digitalisierungsdebatte jedoch entscheidend erweitert: Der Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) ist in den Mittelpunkt gerückt. Zwar gab es auch zuvor bereits KI-Anwendungen in der Logistik – etwa für Bedarfsprognosen, dynamische Routenplanung oder Predictive Maintenance (Min 2010, 20–23; Murrenhoff et al. 2021, 9–18) –, doch die breite Wahrnehmung und Diskussion über KI erfuhr mit der Veröffentlichung von ChatGPT Ende 2022 einen Wendepunkt. KI gilt seither nicht mehr nur als Nischentechnologie, sondern als potenzieller Paradigmenwechsel für Wirtschaft und Gesellschaft.

Diese Dynamik macht deutlich, dass Digitalisierung und KI im SCM gemeinsam gedacht werden müssen. Neben den technologischen Möglichkeiten spielen dabei auch Fragen der Regulierung und Ethik eine zunehmend wichtige Rolle. Der im Jahr 2024 verabschiedete EU AI Act setzt hierbei einen Rahmen, der auch für Unternehmen in der Lieferkette weitreichende Implikationen hat (European Union 2024).

Vor diesem Hintergrund erscheint es geboten, den aktuellen Stand der Digitalisierung im SCM zu erfassen und gleichzeitig die Bedeutung von KI für Supply Chains und für das SCM kritisch zu beleuchten.

1.2 Zielsetzung der Studie

Das übergeordnete Ziel der aktuellen BME-Logistikstudie ist somit, den Status Quo und die Entwicklung von Digitalisierungstechnologien zu erfassen und auszuweisen. Damit sollen entscheidungsrelevante Infor-

mationen bereitgestellt werden, die die Leser dabei unterstützen, Entscheidungen zum Einsatz von Digitalisierungstechnologien vorzubereiten und durchzuführen.

¹ In der vorliegenden Studie wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Diese Form bezieht sich auf Personen jeden Geschlechts.



Dafür sind folgende Unterziele zu erreichen:

- Zunächst sollen der Kenntnisstand, vor allem aber der Umsetzungsstand von Digitalisierungstechnologien ermittelt und dokumentiert werden. Im Rahmen dieser Erfassung sollen auch Erfahrungen beschrieben werden, die Unternehmen mit dem Einsatz derartiger Technologien erfasst werden. Damit lassen sich Rückschlüsse auf die Einsatzgebiete und auf die zu erreichenden Ziele ableiten. Ebenfalls sollen Treiber und Hemmnisse für den Technologieeinsatz gesammelt werden, um die Umsetzung im eigenen Unternehmen zielgerichtet vorantreiben zu können.
- Die Diskussion um den Einsatz von KI ist wird aktuell oftmals von den Einsatzmöglichkeiten generativer KI (GenAI) überlagert. Dabei existieren mehrere Teilbereiche von KI und eine Vielzahl möglicher Anwendungsfälle im SCM. Ein weiteres Ziel der Studie ist daher, das Einsatzpotenzial von KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCM zu eruieren und den aktuellen Umsetzungsstand zu erfassen. Vor allem die Erkenntnisse zum Einsatzpotenzial sollen Unternehmen befähigen, bei in der Regel limitierten finanziellen und personellen Ressourcen den KI-Einsatz gezielt planen zu können.

1.3 Vorgehensweise und Struktur des Dokuments

Um die im vorherigen Abschnitt genannten Ziele zu erreichen, wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Eine erste und standardisierte Erfassung von Primärdaten erfolgt im Rahmen einer Online-Erhebung.
2. Anschließend werden mit ausgewählten Teilnehmenden der Online-Erhebung Experteninterviews geführt, um Einzelaspekte ausführlicher zu diskutieren.

Die Ergebnisse der Online-Erhebung und der Experteninterviews werden in der vorliegenden Studie dokumentiert. Bevor sie dargestellt und diskutiert werden, sollen zunächst das Erhebungsdesign und der Erhebungsumfang beschrieben werden; dies erfolgt in Kapitel 2. Anschließend werden diejenigen Digitalisierungstechnologien vorgestellt, die im Rahmen der BME-Logistikstudie berücksichtigt wurden. Diese

Übersicht, die für das weitere Verständnis hilfreich ist, findet sich in Kapitel 3. Kern des vorliegenden Dokuments sind Kapitel 4 und 5, in dem die Ergebnisse der Erhebung grafisch dargestellt sowie ausführlich dokumentiert und diskutiert werden. Dabei geht Kapitel 4 auf die Ergebnisse ein, die zum Einsatz von Digitalisierungstechnologien gewonnen werden konnten, bevor in Kapitel 5 die Erkenntnisse zum Einsatzpotenzial und zur aktuellen Umsetzung von KI für ausgewählte Anwendungsfälle vorgestellt werden. Für die Anwender unter den Lesern ist auch das finale Kapitel 6 von Bedeutung. Hier wird nicht nur ein Fazit gezogen, sondern es werden vor allem konkrete Handlungsempfehlungen geliefert, wie Unternehmen mit den Themen Digitalisierung und KI umgehen können, um ihre eigenen betrieblichen Ziele (besser) erreichen zu können.

2 Erhebungsdesign und Erhebungsumfang

2.1 Erhebungsdesign

Für die BME-Logistikstudie 2025 wurde in Analogie zu den bisherigen BME-Logistikstudien folgendes Erhebungsdesign genutzt:

- In einem ersten Schritt wurden im Rahmen einer internetbasierten Erhebung wichtige Primärdaten erfasst. Diese Befragung dient dazu, in standardisierter Form Aussagen zu relevanten Fragen zu Digitalisierungstechnologien sowie zu Anwendungsfällen für KI in Lieferketten zu erhalten.
- In einem zweiten Schritt wurden im Nachgang zu der Online-Erhebung Experteninterviews geführt. Sie tragen dazu bei, das Bild abzurunden, indem spezifische Aspekte ausführlicher diskutiert und persönliche Einschätzungen erfasst werden können.

Die Online-Erhebung wurde mit LimeSurvey unter Berücksichtigung der DSGVO durchgeführt. Dabei wurden drei Fragenbereiche abgedeckt:

- 1) Im ersten Fragenkomplex ging es darum, den Stand des Einsatzes von Digitalisierungstechnologien im SCM zu erfassen. Dabei wurden unter anderem der Kenntnisstand zu derartigen Technologien, der aktuelle Umsetzungsgrad, die Erfahrungen zur Erfüllung betrieblicher Ziele, die Planung zum zukünftigen Einsatz sowie Treiber und Hemmnisse zu erfragt.
- 2) Der zweite Fragenkomplex bezog sich auf den Einsatz von KI im SCM. Dabei ging es einerseits um Teilbereiche der KI, vor allem aber andererseits um konkrete Anwendungsfälle für KI im SCM sowie deren Potenziale und Umsetzungsgrade.
- 3) Statistische Angaben zu den Unternehmen sowie zu den Teilnehmenden waren Kern des dritten und abschließenden Fragenbereichs.

2.2 Erhebungsumfang

Die Online-Erhebung wurde im Zeitraum vom 23.6.2025 bis einschließlich 26.8.2025 durchgeführt, wobei auf unterschiedliche Weise zur Teilnahme eingeladen wurde. Genutzt wurden E-Mail-Newsletter des BME, eine Pressemitteilung des BME, Nachrichten auf den Internetseiten des BME, das Portal myBME des BME, Beiträge in verschiedenen Gruppen im sozialen Netzwerk LinkedIn und persönliche Kontaktlisten der Beteiligten.

An der Erhebung nahmen 236 Personen teil. 103 Teilnehmende beantworteten den Fragebogen vollständig. 133 Personen brachen die Beantwortung des Fragebogens an unterschiedlichen Stellen innerhalb der Erhebung ab; ihre Antworten wurden jedoch zum Zeitpunkt des Abbruchs gespeichert und flossen ebenfalls in die Auswertung ein.

Abbildung 1 zeigt die Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach Branchen. Beinahe ein Viertel

der Unternehmen stammt aus der Logistikbranche. Knapp jedes siebte Unternehmen kommt aus dem Groß- und Einzelhandel, jedes zehnte aus dem Maschinenbau. Jedes zehnte Unternehmen stammt aus dem Handelssektor, jedes zwölfte aus dem Bereich der Logistikdienstleistungen.² Die Branchenstruktur der diesjährigen Studie weicht damit von der BME-Logistikstudie 2024 ab.

Neben der Branche interessiert auch die Unternehmensgröße. Sie wird in dieser Studie durch den Jahresumsatz repräsentiert. Abbildung 2 zeigt die Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach ihrem Umsatz.

Deutlich wird, dass die großen Unternehmen mit einem Umsatz von zwischen 500 Mio. und 1 Mrd. Euro mit rund 45 % den größten Anteil der teilnehmenden Unternehmen ausmacht. Große Unternehmen sind in der Studie damit überrepräsentiert. Ein exakter Ver-

² Die Erfassung der Branchenzugehörigkeit und der Unternehmensgröße erfolgte zum Ende der Befragung. Antworten kommen daher nur von denjenigen teilnehmenden Personen, die die Umfrage vollständig ausgefüllt haben.

2

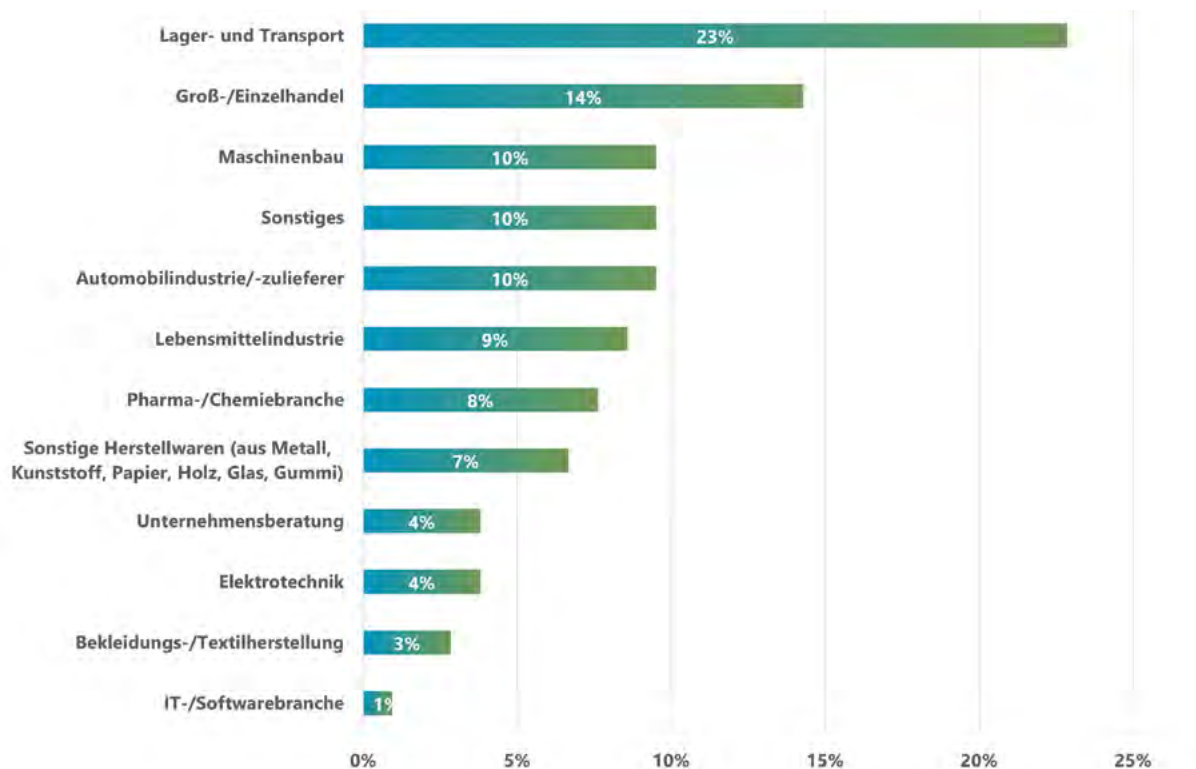


Abbildung 1: Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach Branchen³

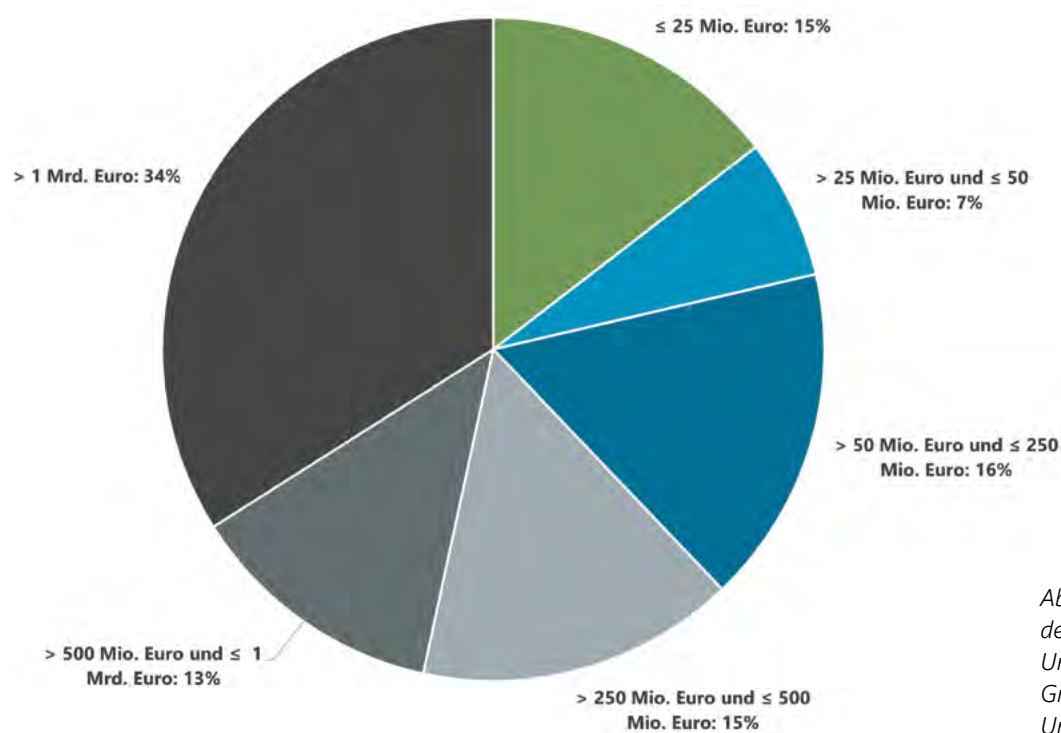


Abbildung 2: Struktur der teilnehmenden Unternehmen nach Größe (gemessen am Umsatz)⁴

³ Quelle: eigene Darstellung. n = 105. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen geringfügig von 100 % abweichen.

⁴ Quelle: eigene Darstellung. n = 103. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen geringfügig von 100 % abweichen.

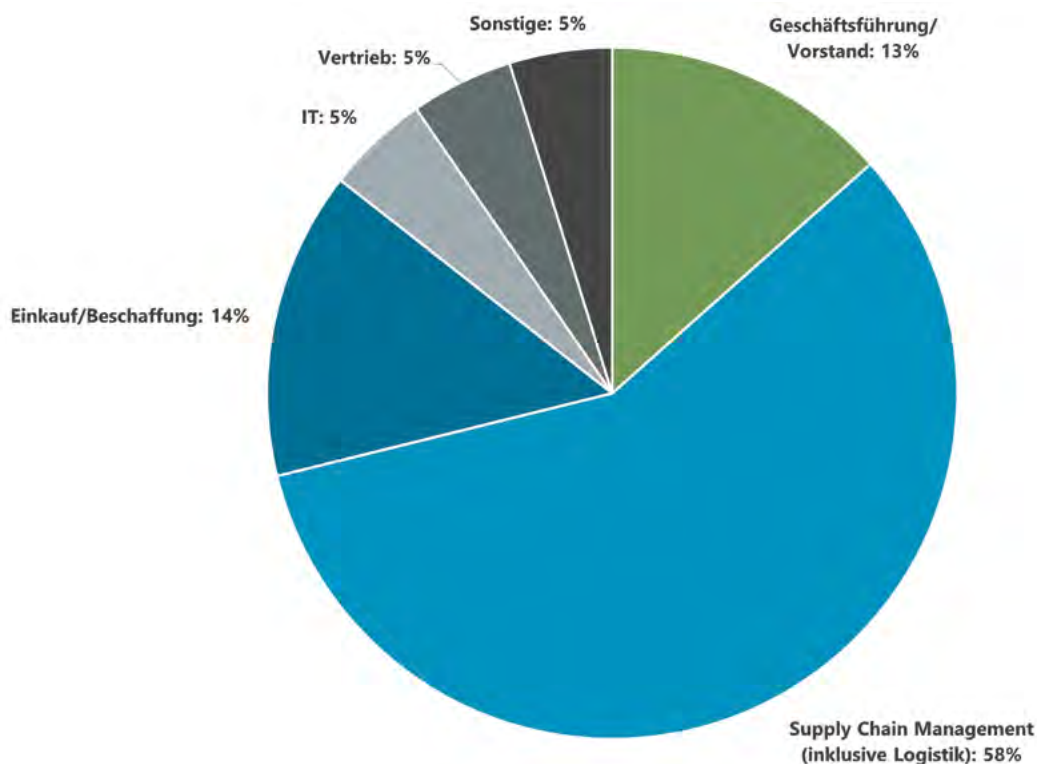


Abbildung 3: Struktur der Teilnehmenden nach betrieblichen Funktionen⁵

gleich mit der Verteilung der Unternehmen nach Umsatz in Deutschland ist nicht möglich, da in offiziellen Statistiken Unternehmen mit einem Umsatz von 50 Mio. Euro und mehr nicht weiter aufgegliedert werden. Der Anteil der Unternehmen mit einem Umsatz von mehr als 50 Mio. Euro an sämtlichen Unternehmen beträgt jedoch im Jahr 2021 nur 0,7% (Statista 2023). Auf der anderen Seite stellen Kleinstunternehmen – Unternehmen, die maximal neun Beschäftigte haben – mehr als 82% aller Unternehmen dar (Statista 2023). Allerdings ist auch fraglich, wie groß der Anteil an Kleinstunternehmen mit Lieferketten ist, die in einer derartigen Studie erhoben werden müssten. So befragt auch das statistische Bundesamt bei der Untersuchung von grenzüberschreitendem Warenaustausch nur Unternehmen mit 50 oder mehr tätigen Personen (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2024).

Letztlich ist auch die funktionale Herkunft der Teilnehmenden interessant. Abbildung 3 stellt die Struktur der Teilnehmenden nach betrieblichen Funktionen

dar. Mehr als die Hälfte der Teilnehmenden kommt aus dem SCM oder der Logistik. Auch wenn Definitionen zu SCM die Funktionen Einkauf und Beschaffung häufig als Teil des SCM ansehen (und auch das in Kapitel 5 genutzte SCOR-Modell den „Supply“-Prozess als Teil des SCM sieht), werden diese Funktionen in der Praxis oftmals separat aufgeführt; sie werden daher auch in der vorliegenden Studie getrennt erfasst. Jeder siebte Teilnehmende kommt aus Einkauf oder Beschaffung. Auch die Geschäftsführung ist bei den Teilnehmenden vertreten, und zwar ebenfalls mit rund einem Siebtel. Nur geringfügig repräsentiert sind IT- und Vertriebsfunktionen.

Die Experteninterviews im Anschluss an die Online-Befragung wurden im Zeitraum vom 13.8.2025 bis 28.8.2025 geführt. Dabei wurden zehn Experten im Rahmen nicht-standardisierter Gespräche befragt. Sie wurden auf Basis ihrer Bereitschaft zu einem derartigen Interview kontaktiert, die sie im Online-Fragebogen angegeben hatten.⁶

⁵ Quelle: eigene Darstellung, n = 104. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen geringfügig von 100% abweichen.

⁶ Bei zwei Experteninterviews wurden keine aus den Gesprächen abgeleiteten Zitate freigegeben, so dass in der Studie nur Zitate aus acht Experteninterviews verwendet werden können.

3 BERÜCKSICHTIGTE DIGITALISIERUNGSTECHNOLOGIEN

3 Berücksichtigte Digitalisierungstechnologien

3.1 Auswahl der Digitalisierungstechnologien

Wie lässt sich Digitalisierung greifbar machen, sodass der Umsetzungsstand der Digitalisierung in Supply Chains möglichst gut abgebildet wird? Eine Umfrage oder Studie kann – allein schon aus Gründen der Praktikabilität – nicht alle Digitalisierungstechnologien mit sämtlichen Varianten aufführen und abfragen. Für die aktuelle BME-Logistikstudie wurden daher 15 verschiedene Technologien und Konzepte herangezogen, die im Rahmen der Digitalisierungsentwicklung für Supply Chains eine besondere Relevanz aufweisen. Um die Handhabung sowohl in der Online-Er-

hebung und den Experteninterviews als auch in der vorliegenden Studie zu erleichtern, wird grundsätzlich von „Digitalisierungstechnologien“ gesprochen.

In der Studie aus dem Jahre 2022 wurde die Auswahl der Digitalisierungstechnologien anhand des „Logistics Trend Radar“ von DHL Customers Solution & Innovation getroffen. Die aktuelle Ausgabe des „Logistics Trend Radars“ wurde auch für die aktuellen Studie als Basis verwendet. Abbildung 4 zeigt alle im „Logistics Trend Radar“ aufgeführten Trends, also sowohl soziale und wirtschaftliche als auch techno-

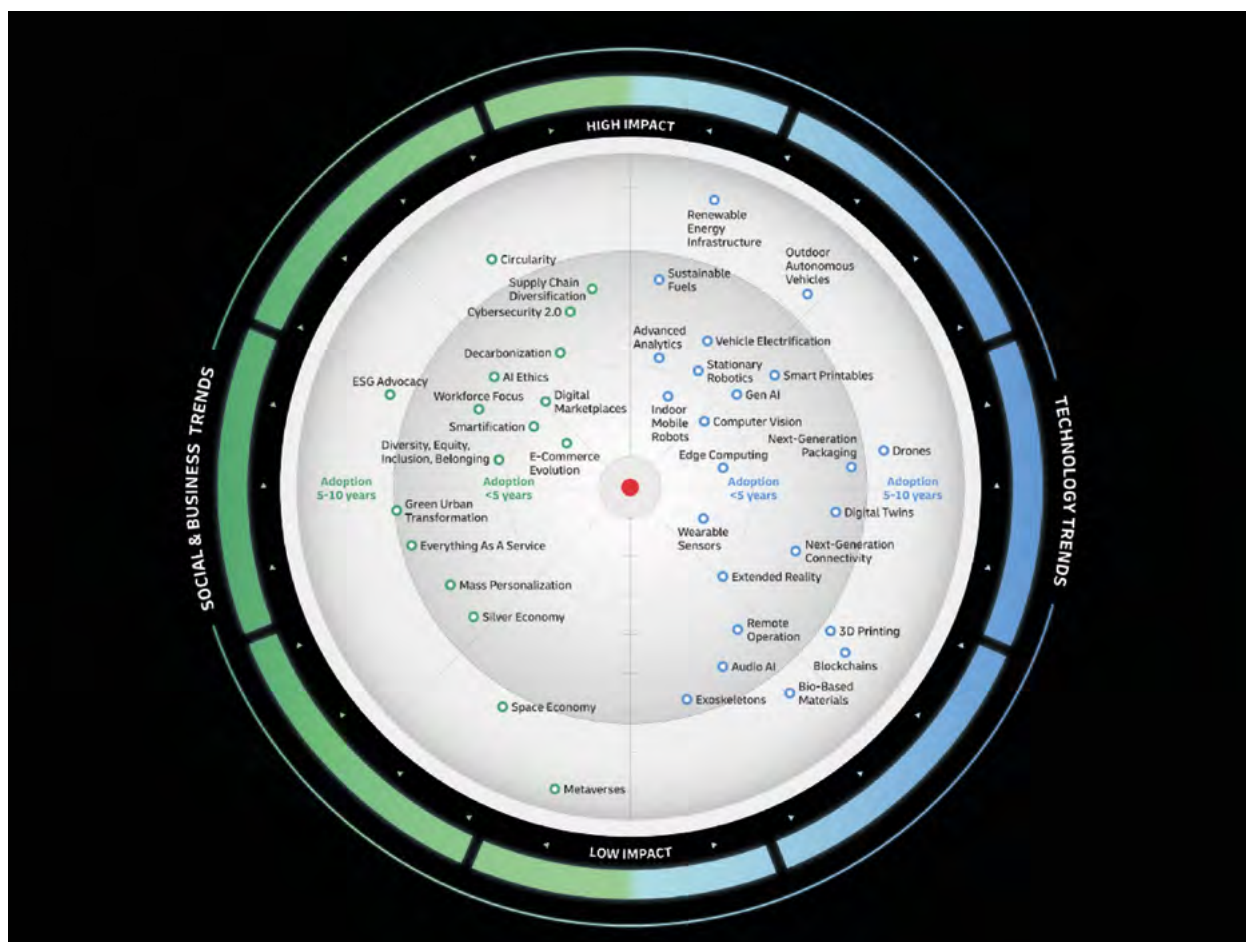


Abbildung 4: Logistics Trend Radar⁷

⁷ Quelle: Dohrmann et al. 2024, S. 7.

logische Trends. Dabei wurden von den technischen Trends diejenigen ausgewählt, die überwiegend als „Digitalisierungstechnologie“ eingestuft werden kann. (Auch wenn sämtliche technologischen Trends immer zu einem gewissen Anteil Digitalisierung benötigen, wurden Trends wie zum Beispiel Renewable

Energy Infrastructure weggelassen, weil sie nicht als Digitalisierungstechnologie per se angesehen werden können.) Die Auswahl der Digitalisierungstechnologien wurde ergänzt und bestätigt durch die in einer aktuellen Studie des Bitkom e.V. untersuchten Technologien (Glamann 2025, S. 14).

3.2 Ausgewählte Digitalisierungstechnologien

3.2.1 Übersicht

Die ausgewählten Digitalisierungstechnologien, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden, lassen sich in vier Kategorien einteilen (in Anlehnung an Szozda 2017, S. 403):

- Digitale Daten und Datenanalyse (Erfassung, Verarbeitung und Auswertung digitalisierter Daten),
- Automatisierung (und damit autonom arbeitenden, sich selbst organisierenden Systeme),
- Mensch-Maschine-Interaktion,

- Vernetzung (mobile oder leitungsgebundene Vernetzung über hochbreitbandige Telekommunikation).

Damit lassen sich die ausgewählten Digitalisierungstechnologien den einzelnen Kategorien zuordnen (siehe Abbildung 5)

3.2.2 Advanced Analytics

Advanced Analytics (deutsch: fortgeschrittene Analyse) zielt darauf ab, aus großen Datenmengen durch Vorhersagen und darauf basierend Handlungsemp-

Digitale Daten	Automatisierung	Mensch-Maschine Interaktion	Vernetzung
Advanced Analytics	3D-Druck/Smart Printables	Bionic Enhancement	Cloud Computing und API
Big Data Analytics	Autonome Fahrzeuge	Virtual und Augmented Reality	Internet of Things
Blockchain	Digitale Zwillinge		Next-generation Wireless (5G)
Edge Computing	Robotik und Automatisierung		
Künstliche Intelligenz			
Quantencomputer			

Abbildung 5: Übersicht über berücksichtigte Digitalisierungstechnologien⁸

⁷ Quelle: eigene Darstellung.

3

fehlungen für die Zukunft abzuleiten (Haberl und Esch 2017, S. 50). Dazu zählen Predictive Analytics und Prescriptive Analytics.

Predictive Analytics (deutsch: prädikative Analytik) nutzt statistische Methoden wie Data-Mining/Maschinelles Lernen (ML) oder andere Simulations- oder Optimierungsalgorithmen, um große Datenbestände zu analysieren. Damit lassen sich unter anderem Abweichungs-, Regressions-, und Zeitreihenprobleme lösen (Baars und Kemper 2021, S. 258-259). Durch ein besseres Verständnis der Daten können Trends und Risiken erkannt werden und so zu mehr Effizienz und Innovation führen. Angewendet wird Predictive Analytics vor allem für Optimierung, Risikoanalysen und Vorhersagen (Halper 2014, S. 6–8).

Prescriptive Analytics (deutsch: präskriptive Analytik) leitet auf Basis von Datenauswertungen Handlungsempfehlungen ab (van Helden et al. 2018, S. 201). Dafür können verschiedene Methoden wie beispielsweise Sensitivitätsanalysen, Was-wäre-wenn-Analysen oder Entscheidungsbäume hinzugezogen werden (Sharda et al. 2014, S. 417–422).

In Logistik und SCM können diese Ansätze beispielsweise für Nachfrageprognosen, Routenoptimierung oder zur Risikoverminderung eingesetzt werden.

3.2.3 Big Data Analytics

Ein Phänomen der Digitalisierung ist die kontinuierliche Erzeugung von riesigen Datenmengen. Diese wachsende Menge an Daten wird von Menschen, Maschinen, Prozessen oder Produkten erzeugt. Aus unternehmerischer Sicht ist es ein Anliegen, aus diesen Daten Erkenntnisse zu gewinnen, um unter anderem den Ressourceneinsatz und damit die wirtschaftliche Effizienz zu verbessern (Bauernhansl et al. 2014, S. 399). Da die Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen, sind sie oft unstrukturiert. Die Auswertung nach herkömmlichen Verfahren ist dadurch sehr aufwendig (Ivanov et al. 2021, S. 539–540). Daher werden zunehmend spezifische Technologiebündel zur Auswertung eingesetzt, die die Verarbeitung schneller durchführen können. Diese Bündel bestehen aus statistischen Modellen und Methoden des ML. Zudem beschleunigen sich die Antwortzeiten durch In-Memory-Lösungen, wobei die Verarbeitung der Daten hauptsächlich im Arbeitsspeicher statt auf der Festplatte erfolgt (Huber 2018, S. 22–23).

Als Kriterien für den Einsatz von Big-Data-Anwendungen werden meist die 5 V geprüft: volume, variety, velocity, veracity und value (Ivanov et al. 2021, S. 529–530). Volume (Menge) zielt dabei auf die großen Datenmengen, die erst den Einsatz von Big Data Analytics lohnenswert machen. Variety (Struktur) bezieht sich die unterschiedlichen Datenformate und deren Struktur. Daten aus der Kommunikation zwischen Menschen sind unstrukturiert, während Daten aus relationalen Datenbanken strukturiert sind. Velocity bezeichnet die Geschwindigkeit, in der Daten erzeugt werden oder verarbeitet sein sollen. Veracity (Genauigkeit) adressiert die Genauigkeit der Daten. Da die Werte aus unterschiedlichen Quellen stammen, können sie eine heterogene Struktur aufweisen und somit zunächst eine Bereinigung notwendig sein. Value (Wert) fokussiert auf den wirtschaftlichen Nutzen, der durch die Daten erzeugt werden kann. Zum Beispiel können Datenanalysen auf Wachstumspotenziale oder neue Geschäftsfelder aufmerksam machen (Mertens et al. 2023a, S. 57–58).

3.2.4 Blockchain

Die Blockchain-Technologie ist besonders im Zusammenhang mit Geldgeschäften bekannt geworden. Im Jahr 2008 wurde die Technologie mit der digitalen Währung Bitcoin von Satoshi Nakamoto entwickelt. Das Konzept ermöglicht es, Zahlungstransaktionen ohne einen Intermediär, zum Beispiel eine Bank, abzuwickeln (Nakamoto 2008; Pfohl 2025, S. 385–386). Daneben kann die Technologie auch für den Transfer allgemeiner digitaler Daten genutzt werden. Statt einer zentralen Speicherung der Daten beim Intermediär sichert das gesamte Netzwerk an Teilnehmenden die Informationen auf eigenen Servern, damit also dezentral (Stölzle et al. 2018, S. 12; Klüh et al. 2022, S. 8). Die Blockchain ist eine Datenreihe, bestehend aus Blöcken. Jeder Block hängt dabei vom vorhergehenden ab, wobei diese Verbindungen mathematisch belegbar sind und so die Kette vor Manipulation geschützt ist (Kurz und Rehak 2018). Jeder Block besteht wiederum aus Transaktionen und enthält die Prüfsumme (den sogenannten Hash), mit der der vorherige Block versiegelt wurde. Für die Erstellung eines neuen Blocks muss eine mathematische Rechnung gelöst werden. Hierfür stellen bestimmte Teilnehmenden (die Miner) ihre Rechenleistung zur Verfügung. Wurde die Aufgabe gelöst, darf der betreffende Miner den Block erstellen und wird dafür (zum Beispiel

in Form von Bitcoins) belohnt. Alle anderen Miner und Teilnehmenden übernehmen nach eigener Prüfung den Block für die neue Blockchain (Flossbach von Storch AG 2018).

Für das SCM könnte das Blockchain-Konzept insbesondere für den Austausch von standardisierten Dokumenten oder die Schaffung transparenter Warenflüsse interessant sein. Zudem könnten „Smart Contracts“, die auf einem ereignisgesteuerten Algorithmus beruhen, realisiert werden. Dabei wird automatisch ein Vertrag geschlossen, wenn ein festgelegtes Ereignis eintritt (Pfohl 2025, S. 386). Erhöhte Transaktionsschnelligkeit und -sicherheit sind ebenfalls Ziele, die sich mit einer Blockchain entlang der Supply Chain erreichen lassen können. Dennoch bestehen noch rechtliche und technische Hürden (Märkel et al. 2021, S. 31). Da alle Teilnehmende die gleichen Datenblöcke speichern und mit jeder Transaktion die Kette an Blöcken zunimmt, vergrößert sich außerdem das Speichervolumen an Blockchain-Daten für alle Nutzer und kann zu Hindernissen der Skalierbarkeit führen (Bodkhe et al. 2020, S. 79788). Zur Verbesserung der Skalierbarkeit werden ergänzende Lösungen wie Layer 2-Technologien eingesetzt (Kurt und Kurt 2022, S. 189–190).

Im Bereich Blockchain hat die Europäische Kommission 2023 die sogenannte European Regulatory Sandbox for Blockchain gestartet, die bis 2026 läuft und Unternehmen die Möglichkeit bietet, ihre Anwendungen unter realen Bedingungen und unter regulatorischer Begleitung zu erproben (European Commission 2023). Auf technologischer Ebene gewinnen insbesondere Layer-2-Lösungen wie State Channels oder Rollups an Bedeutung, da sie helfen, die bestehende Skalierungsproblematik industrieller Anwendungen zu überwinden (Sguanci et al. 2021).

3.2.5 Edge Computing

Edge Computing bezeichnet die Verlagerung der intelligenten Datenverarbeitung von einem zentralen Rechenzentrum an die „Edge“ (deutsch: Kante, Netzwerkrand), also dorthin, wo die Daten entstehen (Skoff und Rutrecht 2021, S. 122). Die Rohdaten werden nicht erst in das Cloud-Rechenzentrum übertragen, sondern unmittelbar in Echtzeit analysiert. Dies reduziert den Bandbreitenverbrauch und die Latenz und trägt zur Senkung der Betriebskosten bei. Die erhöhte Verarbeitungsgeschwindigkeit ermöglicht eine

sofortige Entscheidungsfindung (Qiu et al. 2020, S. 2463–2464). Dies wird vor allem nötig, wenn es sich um sehr große Datenmengen geht und es zu einer Datenüberlastung kommen könnte, wie bei Internet of Things (IoT) oder autonomes Fahren (Huh und Seo 2019, S. 164229–164230).

3.2.6 Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (kurz: KI, englisch: Artificial Intelligence, kurz: AI) besitzen Systeme, die die Fähigkeit haben, aufgrund der analysierten Umgebung und gemachter Erfahrungen selbstständig handeln zu können (PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2018, S. 6). KI lässt sich in folgende vier Felder untergliedern: Assisted Intelligence, Automated Intelligence, Augmented Intelligence und Autonomous Intelligence (Göpfert 2022a, S. 249). Assisted Intelligence (deutsch: assistierende Intelligenz) hilft beispielsweise Führungskräften bei der Entscheidungsfindung, während durch Automated Intelligence (deutsch: automatisierte Intelligenz) wiederholende Aufgaben automatisiert erledigt werden (Göpfert 2022a, S. 249). Beide Ausprägungsformen sind dabei nicht lernfähig, bilden aber die Grundlage für intelligente Systeme und können daher der KI zugerechnet werden. Augmented Intelligence (deutsch: erweiterte Intelligenz) baut auf Assisted Intelligence auf, wobei das System auch beim Entscheidungsprozess unterstützt und durch die Zusammenarbeit mit Menschen lernfähig ist (PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2018, S. 6). Für Autonomous Intelligence (deutsch: autonome Intelligenz) bildet Automated Intelligence die Basis, wonach die KI-Systeme in unterschiedlichen Situationen handlungsfähig sind und keiner menschlichen Hilfe bedürfen (Göpfert 2022a, S. 249).

Computer mit KI lernen neue Dinge ähnlich wie neuronale Netze, wie sie im Gehirn eines Menschen vorzufinden sind. Dabei lassen sich Unterformen des KI-Lernens unterscheiden. Grundsätzlich passen die Systeme auf Basis der gewonnenen Erfahrungen ihre Parameter an und modifizieren sich durch eigene Richtlinien selbst. Ein wesentlicher Faktor sind zudem die Trainingsdatensätze, in denen beispielsweise Bilder durch Menschen beschrieben und so ein Zusammenhang zwischen Bild und Beschreibung aufgebaut werden kann. Das ML kann in den Untertypen überwacht, bestärkend oder selbstorganisiert stattfinden. Beim überwachten Lernen überprüft ein Lehrer die Maschinen und zeigt die Differenzen zwischen fal-

3

scher und richtiger Antwort auf. Das bestärkende Lernen hingegen kommt zum Einsatz, wenn dem System die Ausgaben nur als richtig oder falsch angezeigt werden sollen. Beim selbstorganisierten Lernen erfolgt keine Unterstützung durch einen Lehrer, weshalb sich das System selbst kontrolliert. Beim sogenannten Deep Learning werden nur noch Informationen durch den Menschen bereitgestellt, woraufhin Analyse, Prognose und Entscheidung vom System autonom ausgeführt werden (Heinrich und Stühler 2018, S. 79–81).

3.2.7 Quantencomputer

Die funktionalen Grundprinzipien von Quantencomputern wurden bereits 1935 von Einstein, Podolsky und Rosen beobachtet (Kommadi 2020, S. 59). Anders als herkömmliche Computer verwendet das Quantum Computing Quantenbits (Qbits) anstelle von Bits. Während Bits lediglich die Zustände 0 oder 1 abbilden, können Qbits einen Parallelzustand bzw. Superposition einnehmen. Das bedeutet, dass sie gleichzeitig als 0 und 1 angesehen werden, bis die Quantenpartikel ausgelesen werden und somit in einen der beiden Zustände zurückfallen (Hughes et al. 2021, S. 7–8). In der Folge können höhere Rechenleistungen erzielt werden. Über die sogenannte Verschränkung mehrerer Qbits und die Anwendung verschiedener Algorithmen können Quantencomputer eine messbar höhere Leistung als klassische Modelle abrufen (Pirke 2021, S. 56–58). Dieser Vorteil wird als Quantum Supremacy bezeichnet (Pirke 2021, S. 60–61).

Als namhafte Verwender und Entwickler von Quantum-Computing-Technologie sind die Unternehmen IBM, Google, Microsoft und Rigetti zu nennen, welche Anwendungen und Software und Quantum-Computing-Plattformen anbieten (Kommadi 2020, S. 123). Die aktuellen Computer gelten als NISQ-Devices (Noist Intermediate Scale Quantum Devices, deutsch: Fehlerbehaftete, mittelgroße Quantengeräte). Die Fehleranfälligkeit ist derzeit allerdings so hoch, dass sie für viele Aufgaben noch nicht geeignet sind (Knörzer und Emonts 2025, 156–161). Anwendungspotenziale der Technologie liegen unter anderem in den Bereichen ML, Finance, Cybersecurity und Logistikplanung. Im Logistikbereich kann das hohe Rechenvermögen genutzt werden, um Simulationen durchzuführen und unter Berücksichtigung vielzähliger Faktoren Logistiknetzwerke und Verkehr zu optimieren. Ebenfalls sind

Smart-City-Projekte potenzielle Anknüpfungspunkte, die häufig an der Handhabung von Big Data scheitern (Kommadi 2020, S. 288–289; Pirke 2021, S. 63).

3.2.8 3D-Druck/Smart Printables

Unter dem Begriff 3D-Druck wird eine additive (das heißt auftragende), schichtweise Fertigung von Werkstücken verstanden (Ivanov et al. 2021, S. 550). Gegenteilige Verfahren sind subtraktiv, zum Beispiel Bohren, Schleifen und Fräsen; hierbei wird Material der Grundform abgetragen, um das fertige Produkt zu erstellen (Schulte 2017, S. 751). Dem eigentlichen Fertigungsprozess des 3D-Drucks gehen jedoch einige Arbeitsschritte voraus. Ausgangslage ist eine 3D CAD-Zeichnung (CAD: Computer-Aided Design), die die Körperoberflächen des zu druckenden Gegenstands darstellt. Im nächsten Schritt wird die Zeichnung in ein Netz mit dreieckigen Flächen umgewandelt, bevor die Datei in ein bestimmtes Format (STL: Standard Triangulation Language) gebracht wird (Fastermann 2012, S. 7). Dieses Format ermöglicht es der 3D-Druck-Software, die Zeichnung in dünne Schichten zu zerlegen. Anschließend werden diese Schichten einzeln gedruckt und ergeben zusammen den fertigen Gegenstand (Westkämper und Warnecke 2010, S. 262–263).

Unter dem Begriff 3D-Druck werden oftmals sämtliche additiven Verfahren subsumiert, obwohl dieser nach der VDI-Richtlinie 3405 ein einziges Verfahren darstellt (Fritz et al. 2018, S. 117). Demnach funktioniert der 3D-Drucker ähnlich einem Tintenstrahldrucker, wobei ein Druckkopf Bindemittel auf Pulver aufträgt und dieses schichtweise zu einer ersten Produktschicht verklebt (Westkämper und Warnecke 2010, S. 265). Die erste gedruckte Schicht liegt dabei auf einer Plattform, die im nächsten Schritt abgesenkt wird, um so frisches Pulver mittels Walzen auf die erste Produktschicht zu bewegen und die nächste Schicht drucken zu können. Nach dem Fertigstellen des Produkts kann dieses imprägniert werden, um die Robustheit zu erhöhen (Fastermann 2012, S. 117). Im Logistikbereich ist die Technologie besonders für das Ersatzteilmanagement interessant, da hierdurch die Kapitalbindung und die Lagerflächennutzung reduziert werden können. Durch die digitale Vorhaltung der Produkte können zudem Verbesserung vorgenommen werden, ohne das physische Lagerbestand veraltet, da erst bei Bedarf gedruckt wird (Schulte 2017, S. 751).

Smart Labels sind bedruckte Etiketten aus Papier, Kunststoff oder Stoff. Diese sind mit Technologien wie beispielsweise Radiofrequenz-Identifikation (RFID), Nahfeldkommunikation (NFC), Zeit-Temperatur-Indikatoren (TTI) oder Quick-Response-Codes (QR) ausgestattet. Dadurch können sie Informationen unter anderem zum Tracking, Produktionsdatum, Material enthalten, was zuvor auf einem physischen Etikett gedruckt wurde. Meist wird dazu ein Barcode verwendet (DHL Customer Solutions & Innovation 2022, S. 135).

DHL hat den Begriff der „Smart Printables“ (deutsch: intelligent druckbar) eingeführt. Dies soll die nächste Generation von Smart Labels darstellen. In den Etiketten sollen gedruckte Batterien, kleine Mikrochips und Kommunikationsmöglichkeiten wie Bluetooth Low Energy und Mobilfunktechnologie integriert werden (DHL Group 2025a, 2025b). Das führt zu mehr Transparenz und Effizienz beispielsweise durch genaueres Tracking bis zum Öffnen der Lieferung oder durch Einsparung von Scannvorgängen. Aktuell sind Smart Printables (noch) teuer, weswegen sie nicht weit verbreitet sind (DHL Group 2025a, 2025b).

3.2.9 Autonome Fahrzeuge

Autonome Fahrzeuge können sich selbst, ohne menschliches Zutun, vom Startpunkt zu einem Ziel manövrieren. Dies kann zum einen außerbetrieblich für den Güterverkehr auf allen Verkehrsträgern und zum anderen innerbetrieblich für den Materialfluss genutzt werden. Innerbetrieblich autonome Fahrzeuge oder fahrerlose Transportsysteme sind im Vergleich zu anderen Technologien bereits gut etabliert. So wurden zum Beispiel Bandanlagen als automatische Fördersysteme bereits unter Henry Ford eingesetzt. Als fahrerlose Transportsysteme in der Intralogistik können die oben erwähnten Kommissionier- und Transportroboter aufgeführt werden, was die schwache Trennschärfe zwischen den Digitalisierungstechnologien zeigt (Fläming 2015, S. 378). Die Orientierung und die Positionsbestimmung erfolgen durch Bodenmarker (Transponder, Metalle) sowie mit Lasertechnologie oder per GPS-Ortung. Die Kontaktaufnahme zwischen mobilem und stationärem Gerät wird durch Breitbandtechnologien gewährleistet, über die die Transportaufträge an die Systeme übermittelt werden (Fläming 2015, S. 380–381).

Für außerbetriebliche Transporte wird an automatisierten Fahrzeugen wie Lkw geforscht. Dabei lassen

sich die Systeme nach den Automatisierungsgraden unterscheiden, die die notwendige Aufmerksamkeit des Fahrers festlegen. Die höchste Automatisierungsstufe stellen dabei vollkommen fahrerlose Lkw dar, die keine Lenk- und Ruhezeiten einhalten müssen und dadurch Transportkosten senken (Ritz 2018, S. 85–88). Da neben technischen vor allem auch schwierige rechtliche Fragen geklärt sein müssen, sind autonome Lkw in naher Zukunft nicht zu erwarten (Fläming 2015, S. 394). Auch wirtschaftlich gesehen lohnt es sich aufgrund von teurer Sensorik derzeit nicht (Nowak 2025, S. 214).

Im Zusammenhang mit autonomen Lkw wird häufig der Begriff Platooning verwendet. Dabei bilden mehrere Lkw eine Kolonne, wobei der Sicherheitsabstand zum vorgelagerten Lkw automatisch eingehalten wird und durch das Fahren im Windschatten Kosteneinsparungen erzielt werden können (Lehmacher 2017, S. 85). Zu den selbststeuernden Systemen kann auch die Nutzung von Drohnen als autonomer Flugkörper gezählt werden (Fläming 2015, S. 379). Im Werkverkehr, das heißt auf dem unternehmenseigenen Gelände, werden auch autonome Fahrzeuge eingesetzt, beispielsweise beim Containertransport innerhalb eines Containerterminals (Ritz 2018, S. 94–95).

3.2.10 Digitale Zwillinge

Der digitale Zwilling ist ein virtuelles Abbild eines physischen Objekts, beispielsweise eines Produkts (Porter und Heppelmann 2015; Göpfert 2022b, S. 298). Dabei findet ein Datenaustausch zwischen Objekt und Abbild statt. Des Weiteren lassen sich mit dem digitalen Abbild Veränderungen des physischen Objekts simulieren, um so Fehlkonstruktionen zu vermeiden (Ivanov et al. 2021, S. 540). Die Zustände können dabei in Echtzeit nachgebildet werden (Gliem et al. 2025, S. 44). Es lassen sich mehrere Typen unterscheiden: Neben dem oben beschriebenen Produkt-Zwilling werden noch der Produktions-Zwilling und der Leistungs-Zwilling unterschieden. Beim Produktions-Zwilling wird ein Infrastrukturmodell mit einer Materialfluss-Simulation und Produktionsprozessen digital dargestellt. Der Leistungs-Zwilling misst hingegen Qualität, Fertigungszeiten und Durchlaufzeiten des Systems. Durch die Integration von digitaler Planung oder Simulation und realem Unternehmen wird eine erhöhte Prozesssicherheit realisiert (Huber 2018, S. 91–93). Im Hinblick auf das SCM ist es zukünf-

3

tig denkbar, den gesamten Wertschöpfungsprozess durch einen digitalen Zwilling darzustellen. Dabei könnten die Maschinen und Transportmittel selbstständig Entscheidungen treffen, die programmiert oder selbst angelernt sind (Göpfert 2022a, S. 250).

3.2.11 Robotik und Automatisierung

Roboter sind Maschinen, die automatisiert mit der physischen Welt interagieren, um so die Effizienz von monotonen oder sich wiederholenden Tätigkeit zu erhöhen (Ivanov et al. 2021, S. 554). Roboter weisen folgende drei typische Merkmale auf: Sie nutzen Sensoren wie Kameras oder Temperatursensoren, um die Umgebung zu erfassen. Mittels Aktoren können die Roboter auf die Umwelt einwirken. Des Weiteren gibt es ein Kontrollsystem, über das der Roboter Handlungsanweisungen (beispielsweise durch KI) erhält (Ivanov 2018, S. 505–506).

Für die Logistik ergeben sich vom Assistieren in der Lagerhaltung bis hin zum Transport auf der letzten Meile vielfältige Einsatzbereiche (Dohrmann et al. 2024, S. 178–179). Die meisten Roboter in der Logistik werden zur Kommissionierung, Palettierung und Depalettierung, Sortierung und Verpackung eingesetzt (Rhode 2016, S. 36).

3.2.12 Bionic Enhancement

Der Fachbegriff Bionik setzt sich aus den Wörtern Biologie und Technik zusammen. Das Ziel der Bionik ist es dabei, biologische Verfahrensweisen zur Lösung technischer Herausforderungen zu nutzen. Die Einsatzbereiche der Bionik sind dabei vielfältig (Nachtigall 2002, S. 5). Einen dieser Bereiche stellen produktionsbezogene robotische Systeme dar, die in Interaktion zum Menschen stehen. Hierbei benötigen die Systeme menschliche Motorik, um die notwendige Sicherheit der Schnittstelle Mensch-Maschine gewährleisten zu können (Hartmann und Wischmann 2018, S. 240). In Bezug auf die Logistik stellen vor allem Wearables ein aktuelles Thema dar; Wearables sind tragbare Geräte oder Systeme, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Logistik bei ihrer Arbeit unterstützen (Dohrmann et al. 2024, S. 132–133). So können Außenskelette (Exoskelette) die Tragkraft der Mitarbeiter für schwere Gegenstände erheblich erhöhen (Lehmacher 2017, S. 90). Des Weiteren können kognitive Fähigkeiten erweitert werden, indem durch

Datenbrillen (vgl. Abschnitt 3.2.13) dem Träger mehr Informationen als in der realen Welt vorliegen.

3.2.13 Virtual und Augmented Reality

Unter Virtual Reality (VR, deutsch: virtuelle Realität) und Augmented Reality (AR, deutsch: erweiterte Realität) wird eine computerbasierte, interaktive Realität beziehungsweise die Erweiterungen der Realitätswahrnehmung durch Computersimulationen verstanden (Ivanov et al. 2021, S. 553). AR knüpft an reale Gegenstände virtuelle Informationen. Diese Informationen können die Anwender mittels Datenbrille wahrnehmen (Zijm et al. 2019, S. 22). Neben einer Datenbrille werden eine portable Computereinheit und eine an der Brille befestigte Kamera zur Erfassung der physischen Umgebung benötigt. Um die richtigen Informationen darzustellen, müssen kontinuierlich Abgleiche zwischen realen und virtuellen Objekten stattfinden. Des Weiteren kann es notwendig sein, Nutzer im Sinne einer Ortung über Bewegungsdaten zu tracken, um das Zielobjekt richtig zu identifizieren und den Anwendern die passenden Informationen zu liefern. In räumlich kleinen Umgebungen kann die Identifizierung durch Kameras erfolgen, indem Markierungen der realen Welt erkannt werden und sich somit die Ortung der Anwender erübrigt (Bracht et al. 2018, S. 146–148). AR wird oftmals auch als Mixed Reality bezeichnet (Bracht et al. 2018, S. 148). Das System eignet sich in der Logistik besonders für Kommissionierungsaufgaben, zum Beispiel im Rahmen eines „Pick-by-Vision“ (Wannenwetsch 2021, S. 643).

In Abgrenzung zu AR bietet VR die Möglichkeit, als Nutzer in eine vollständig virtuelle Welt einzutreten und mit deren Inhalten zu interagieren. Um die virtuelle Realität darzustellen, bedarf es einer Datenbrille und einer Großbildleinwand oder eines Raumes zur Projektion einer dreidimensionalen Welt auf den Wänden. Für die Interaktion innerhalb der VR sind spezielle Eingabegeräte wie Spacemouse, Flystick oder Datenhandschuh nötig (Berndt et al. 2015, S. 188). Diese Systemlösung wurde anfangs für Übungen eingesetzt, die im realen Betrieb zu teuer, gefährlich und zeitintensiv gewesen wären. In Bezug auf das SCM kann die Nutzung dieser Technologie insbesondere für die Simulation logistischer Prozesse, zur Schulung von Technikern oder zur Organisation von Arbeitsplätzen interessant sein (Liebetruth 2024, S. 151–152).

3.2.14 Cloud Computing und API

Der Begriff Cloud Computing umschreibt die Möglichkeit, zeit- und ortsunabhängig Daten auf externen und über das Internet erreichbaren Servern zu speichern oder zu verarbeiten (Mertens et al. 2023b, S. 28). Da aus Sicht der Nutzer die Daten auf einem externen System gespeichert werden, spricht man von einer Cloud. Der Zugriff auf die Daten bedarf einer Internetverbindung und einer Autorisierung (Schulte 2017, S. 100).

Eine Cloud lässt sich durch verschiedene Eigenschaften charakterisieren: on-demand self-service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity sowie measured service. Später wurden zusätzliche Charakteristiken der so genannten cost effectiveness, multitenancy, scalability, reliability, economies of scale, customization, efficient resource utilization und virtualization identifiziert (Rashid und Chaturvedi 2019, S. 423–424). Gemäß dem ersten Merkmal können die Nutzer jederzeit und ohne menschliche Interaktion mit dem Cloud-Betreiber auf die Serverleistungen zugreifen. Des Weiteren bestehen verschiedene Zugangsmöglichkeiten zu den Daten, ohne über ein bestimmtes Programm oder Gerät verfügen zu müssen. Die Ressourcen (zum Beispiel Speicherplatz, aber auch Anwendungsprogramme) des Serveranbieters werden unter den Nutzern geteilt. Die Leistungen können dabei flexibel bereitgestellt und beansprucht werden. Als fünfte Eigenschaft lässt sich die Messung gebrauchter Dienstleistungen nennen, wodurch der Serviceanbieter und der Nutzer die Inanspruchnahme der Services nachvollziehen können (Mell und Grance 2011, S. 2).

Die Serviceleistungen der Dienstleister können in Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) und Software as a Service (SaaS) und Recovery as a Service (Raas) unterschieden werden (Rashid und Chaturvedi 2019, S. 422–423): Bei IaaS stellt der Serverbetreiber lediglich die Speicherkapazität und Rechenleistungen zur Verfügung. Stellt der Anbieter dem Nutzer Ressourcen zur Entwicklung einer individuellen Software bereit, handelt es sich um eine PaaS. Bei einer Cloud mit SaaS wird den Anwendern Software (zum Beispiel ein ERP-System) zur Verfügung gestellt, mit der direkt gearbeitet werden kann. Der Cloud-Betreiber verantwortet dabei die Wartung und Aktualisierung der Software. Aufgrund anfallender Nutzungsentgelte entstehen den Kunden keine zu-

sätzlichen Investitionskosten (Hompel et al. 2012, S. 130–131). RaaS schützt die Nutzer vor dem Verlust von Daten und Anwendungen und ermöglicht deren vollständige Wiederherstellung über die zentrale Cloudplattform (Rashid und Chaturvedi 2019, S. 423).

Es lassen sich vier unterschiedliche Formen von Clouds unterscheiden: Handelt es sich um eine öffentliche Cloud, werden die Systemressourcen unter mehreren Anwendern (Unternehmen) geteilt. Bei einer privaten Cloud werden beispielsweise Daten innerhalb eines Unternehmens zwischen verschiedenen Niederlassungen geteilt, wobei der Zugang meist via Intranet oder das Virtual Private Network (VPN) erfolgt. Eine hybride Cloud vermischt beide genannten Typen, um die Sicherheit der privaten Cloud und die hohe Anpassungsfähigkeit der öffentlichen Cloud hinsichtlich Speichergrößen (Skalierbarkeit) zu kombinieren. So können sensible Daten im privaten Serverbereich und unkritische Informationen im öffentlichen Teilbereich gespeichert werden. Eine weitere Form stellt die Community Cloud dar, nach der mehrere private Clouds zu einer verbunden werden und alle Unternehmen Zugriff auf die geteilte Cloud haben (Leimeister 2021, S. 102–103).

Unternehmen haben oftmals verschiedene Anforderungen an ihre Cloud. Um diese besser und flexibler abdecken zu können, werden Clouds bei mehreren Anbietern verwendet. Durch die Multi-Cloud Lösung sind die Unternehmen in der Lage verschiedene Technologien und Innovationen der Anbieter zu nutzen und sie im eigenen Unternehmen zu implementieren (Günther und Praeg 2023, S. 965–966).

API (Application Programming Interface) bezeichnet eine Programmierschnittstelle für Softwareentwickler, die den Austausch verschiedener Softwarekomponenten innerhalb eines Netzwerks ermöglicht. Seit dem ersten Aufkommen von APIs im Jahr 1968 fanden vielfältige technologische Weiterentwicklungen statt, die unter anderem die Datensicherheit voranbrachten (Lamothe et al. 2021, S. 3). Obwohl APIs generell als Interface zwischen Softwarekomponenten gelten, sind im heutigen Umgang häufig Web- oder Cloud-APIs gemeint. Im Zusammenhang mit Cloud Computing lassen sich somit PaaS-APIs, SaaS-APIs und IaaS-APIs unterscheiden, wobei ebenfalls die Interaktion der Systeme mehrerer Cloud Dienstleister möglich ist (Brabra et al. 2019, S. 67; Santoro et al. 2019, S. 5–6).

3.2.15 Internet of Things

Internet of Things (kurz: IoT, deutsch: Internet der Dinge) beschreibt ein Netzwerk von verschiedenen Objekten (zum Beispiel Maschinen, Smartphones, Computer und Fahrzeugen) durch Informations- und Kommunikationstechnologien (Babel 2024, S. 95). Dies wird durch elektrische Bauteile wie Antennen oder RFID-Tags realisiert, welche es den Objekten ermöglicht, über lokale Netzwerke oder das Internet miteinander zu kommunizieren. Dadurch kann beispielsweise das Einkaufen ohne Kassierer ermöglicht werden, indem jedes Produkt über ein RFID-Tag verfügt, das automatisch am Lesegerät der Kasse erfasst wird. Die Bezahlung kann dann durch das Mobiltelefon per NFC-Technologie stattfinden (Andelfinger und Hänisch 2015, S. 10).

In der Intralogistik kann IoT dazu beitragen, die Materialfluss-Steuerung zu dezentralisieren und modular aufzubauen, wodurch die Komplexität bestehender zentralgesteuerter Systeme reduziert werden kann. Als Vorbild dient dabei das Internet selbst, das durch seine Dezentralität als besonders robust gilt. Autonome Behälter und Ladungsgüter können sich selbstständig in Interaktion mit intelligenten Fahrzeugen zum Zielort lotsen. Alle Objekte können sich in diesem hierarchielosen System an eine wechselnde Nachfrage oder Maschinenausfälle eigenständig anpassen (Günthner et al. 2010, S. 43). Über die Grenzen der derzeitigen Nutzungsmöglichkeiten von IoT hinaus bietet beispielsweise der Zusammenschluss mit Cloud-Systemen einen Ansatzpunkt, um weitere Potenziale wahrzunehmen (Mohammed Sadeeq et al. 2021, S. 6).

3.2.16 Next Generation Wireless (5G)

Die neue Generation kabelloser Kommunikationstechnologien schreitet voran und erweitert den Handlungsspielraum auch im Industrieumfeld. Der Begriff umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien, welche ihrer Reichweite entsprechend kategorisiert werden können (Dohrmann et al. 2024, S. 7): Bluetooth Low Energy, RFID und NFC sind sogenannte Short-range Technologies und kommen üblicherweise innerhalb desselben Raumes zum Einsatz. Wireless Fidelity (Wifi) sind weitreichend bekannte local area networks. Während Wifi 7 bereits in den Startlöchern steht, werden mit der neuen Version Wifi 6,

die eine höhere Geschwindigkeit als ihre Vorgänger bietet, Geräte in Warenlagern, Fabriken und zuhause verbunden (Zreikat 2020, S. 905; Koziol 2022). Zu den Wide Area Networks zählt einerseits 5G in einem leistungsstärkeren Mobilfunknetz. Durch seinen hohen Einfluss steht 5G in der öffentlichen Auffassung teilweise sinnbildlich für Next Generation Wireless. Andererseits sind Low Power Wide Area Networks, wie LoRAWAN, Sigfox, LTE-M und NB-IoT, besonders geeignet für den Austausch geringerer Datenmengen über bis zu 40 Kilometer (DHL Customer Solutions & Innovation 2022, S. 127–128). In Supply Chains ermöglichen sie die Überwachung und Verfolgung von Gütern. Global Area Networks sind weltweit verfügbare Satellitennetzwerke, welche die Kommunikation in entlegene Gegenden ermöglichen. Logistiker profitieren von der ununterbrochenen Ortung ihrer See- und Luftfracht (Dohrmann et al. 2024, S. 23–25).

Innovationen und die Performance neuer Wireless-Technologien werden unter anderem an Frequenz, Bandbreite, Datenflussrate (maximaler Datenaustausch), Nutzer Kapazität, Reichweite, Übertragungsrate und Latenz gemessen. Darüber hinaus wird der Anwendernutzen von Energieverbrauch, allgemeiner Verfügbarkeit oder dem einhergehenden Infrastrukturinvestment bestimmt (Dohrmann et al. 2024, S. 10–11).

Die hier angesprochenen Technologien fördern die Transparenz mittels wachsender Netzwerke und der höheren Verfügbarkeit von Supply-Chain-Daten. Zusätzlich stellen sie einen Ausgangspunkt für verschiedene logistische Anwendungen dar, wie das Internet of Things, welches auf Long- und Short-range-Netzwerke zugreift (Bahashwan et al. 2021, S. 343). Zudem fördert der Fortschritt von Next-generation Wireless die Möglichkeiten genauer Logistikplanung, Automatisierung sowie autonomer Fahrzeuge (DHL Customer Solutions & Innovation 2022, S. 149).

Neben 5G gewinnt auch Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be) zunehmend an Bedeutung, da es durch eine Bandbreite von bis zu 320 MHz, die Nutzung von Multi-Link Operation sowie höhere Modulationsgrade deutliche Verbesserungen bei Kapazität und Latenz bietet. Für den praktischen Einsatz in Lager- und Fabrikumgebungen ist jedoch zu prüfen, inwieweit entsprechende Endgeräte und Infrastrukturen bereits verfügbar sind (Murad et al. 2024).

4 Ergebnisse der Studie (1): Digitalisierung

4.1 Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien

Ein erster Indikator, der zur Beschreibung des Stands der Digitalisierung beiträgt, ist der Bekanntheitsgrad von Digitalisierungstechnologien. Dabei interessierte, ob die aufgeführten Technologien den Befragten so gut bekannt sind, dass diese Entscheidungen über eine Implementierung oder einen Einsatz treffen können, ob sie nur vom Namen bekannt sind oder ob sie unbekannt sind. Abbildung 6 verdeutlicht, welche Digitalisierungstechnologien in den Unternehmen wie gut bekannt sind.

Drei Technologien dominieren die Übersicht: KI als Megatrend sowie als weitere Technologien Robotik und Automatisierung sowie autonome Fahrzeuge sind bei mindestens drei Viertel der Teilnehmenden gut bekannt. 3D-Druck, Big Data Analytics, VR und

AR, IoT, Cloud Computing und API sowie digitale Zwillinge werden immerhin von mehr als der Hälfte aller Teilnehmenden als gut bekannt angesehen. Nur wenig bekannt sind dagegen Edge Computing und Bionic Enhancements.

Im Vergleich zur BME-Logistikstudie 2022 ergaben sich Veränderungen, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Vier Digitalisierungstechnologien konnten hinsichtlich ihres Bekanntheitsgrades deutlich zulegen: KI, Digitale Zwillinge, Next-generation Wireless sowie Quantencomputer werden inzwischen von deutlich mehr Teilnehmenden als gut bekannt angesehen. Bei 3D-Druck, Cloud Computing und API sowie Bionic Enhancement ist der Bekanntheitsgrad allerdings deutlich gesunken.

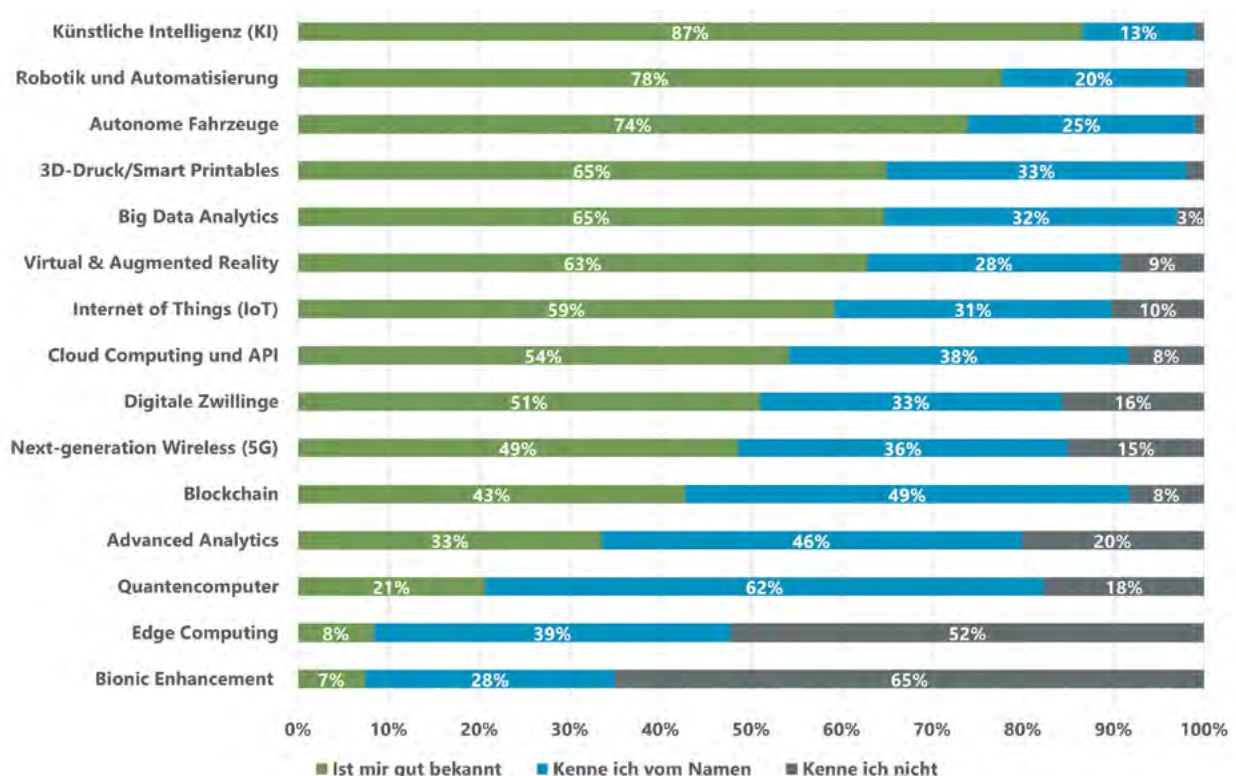


Abbildung 6: Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien⁹

⁹ Quelle: Eigene Darstellung; 203 ≤ n ≤ 208 Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Ist mir gut bekannt“.

4

Technologie	Ist mir gut bekannt (2022)	Ist mir gut bekannt (2025)	Entwicklung
Künstliche Intelligenz (KI)	74%	86%	16%
Robotik und Automatisierung	85%	78%	-8%
Autonome Fahrzeuge	77%	75%	-3%
3D-Druck/Smart Printables	81%	66%	-18%
Big Data Analytics	66%	65%	-2%
Virtual & Augmented Reality	74%	63%	-15%
Internet of Things (IoT)	62%	60%	-3%
Cloud Computing und API	72%	55%	-24%
Digitale Zwillinge	35%	52%	49%
Next-generation Wireless (5G)	10%	49%	398%
Blockchain	46%	44%	-5%
Advanced Analytics		34%	
Quantencomputer	12%	21%	81%
Edge Computing		9%	
Bionic Enhancement	36%	8%	-79%

Tabelle 1: Entwicklung des Bekanntheitsgrades von Digitalisierungstechnologien (Technologien sind „gut bekannt“)¹⁰

Die Ursachen dieser Veränderungen können vielfältig sein. Auf der einen Seite ist die Anzahl der Teilnehmenden nicht ausreichend groß, um Veränderungen allein aufgrund der sich verändernden Struktur der Teilnehmenden auszuschließen. Mit anderen Worten: Die Teilnehmendenstruktur der beiden Studien ist unterschiedlich und damit auch deren spezifisches Know-how. Veränderungen des Bekanntheitsgrades sind damit wahrscheinlich. Teilweise kann allerdings auch die Bezeichnung der Technologie dazu beitragen, ihren Bekanntheitsgrad zu erhöhen oder zu reduzieren. Bionic Enhancements wurde in der BME-Logistikstudie 2022 mit dem Zusatz „(Wearables)“ versehen. Dies ist in der aktuellen Umfrage nicht der Fall gewesen. Auch diese Anpassung der Bezeichnung kann zu einer Veränderung des Bekanntheitsgrades geführt haben.

Grundsätzlich ist der Bekanntheitsgrad von Digitalisierungstechnologien bei den Teilnehmenden als hoch anzusehen. Abbildung 7 zeigt die Verteilung, welcher Prozentsatz der Teilnehmenden wie viele oder mehr der Technologien gut kennt. Beispielsweise kennen 93 % der Teilnehmenden mindestens eine Technologie, 90 % kennen mindestens zwei Technolo-

gien gut. (7 % der Teilnehmenden kennen damit keine Technologie so gut, dass sie dazu Entscheidungen über den Technologieeinsatz treffen können.)

Hinsichtlich der Unternehmensgröße sind Unterschiede im Kenntnisstand festzustellen. Abbildung 8 zeigt die durchschnittliche Anzahl an gut bekannten Digitalisierungstechnologien für kleine, mittlere und große Unternehmen. Dabei wird sichtbar, dass die Teilnehmenden, die bei großen Unternehmen arbeiten, durchschnittlich eine Technologie mehr kennen als die Teilnehmenden von kleinen Unternehmen. Der Wissensstand bezüglich dieser Technologien mit dem Fokus, über ihren Einsatz entscheiden zu können, scheint also bei großen Unternehmen höher zu sein als bei kleinen Unternehmen.

Der größere Mittelstand hat automatisch mehr Vordenker, um das voranzutreiben – und somit mehr Chancen. Aber bei mittleren und kleinen Mittelständlern ist das schwierig. Dort ist ChatGPT für Internetrecherche beinahe schon das Nonplusultra.
Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle

¹⁰ Quelle: Eigene Darstellung; 2022: 181 ≤ n ≤ 183; 2025: 203 ≤ n ≤ 208.

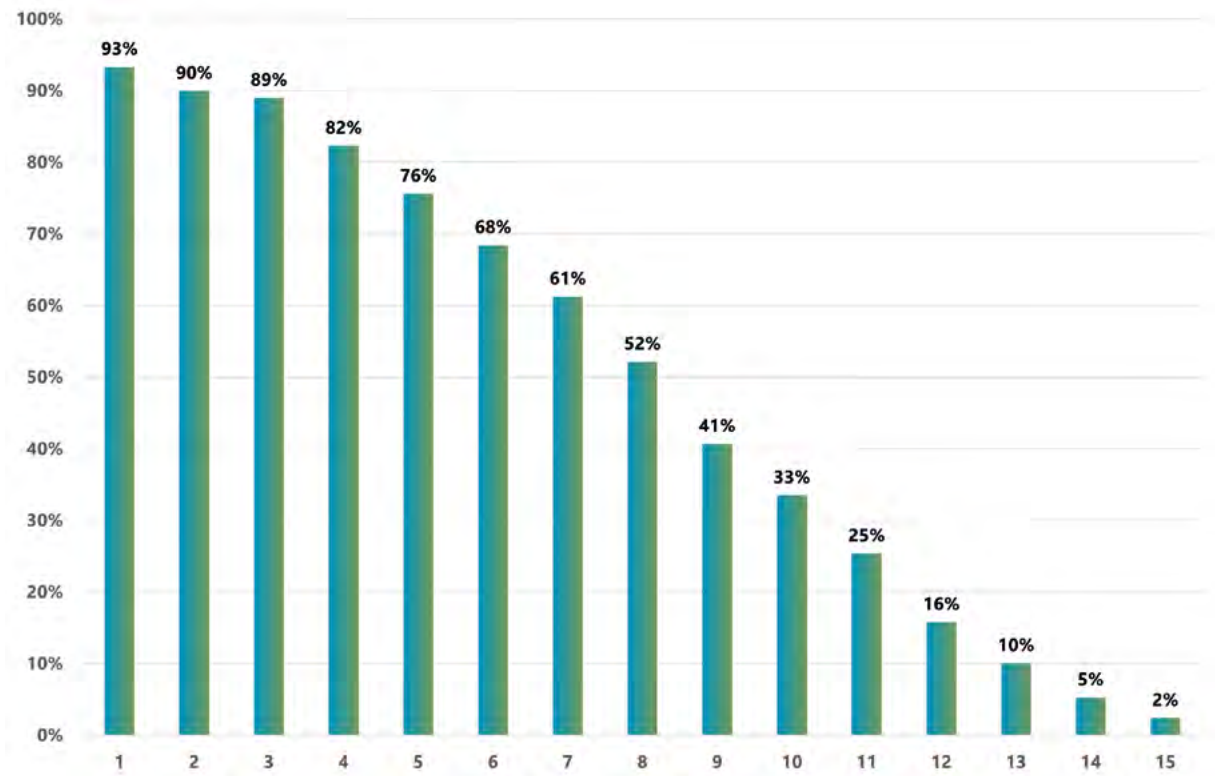


Abbildung 7: Bekanntheit von Digitalisierungstechnologien¹¹

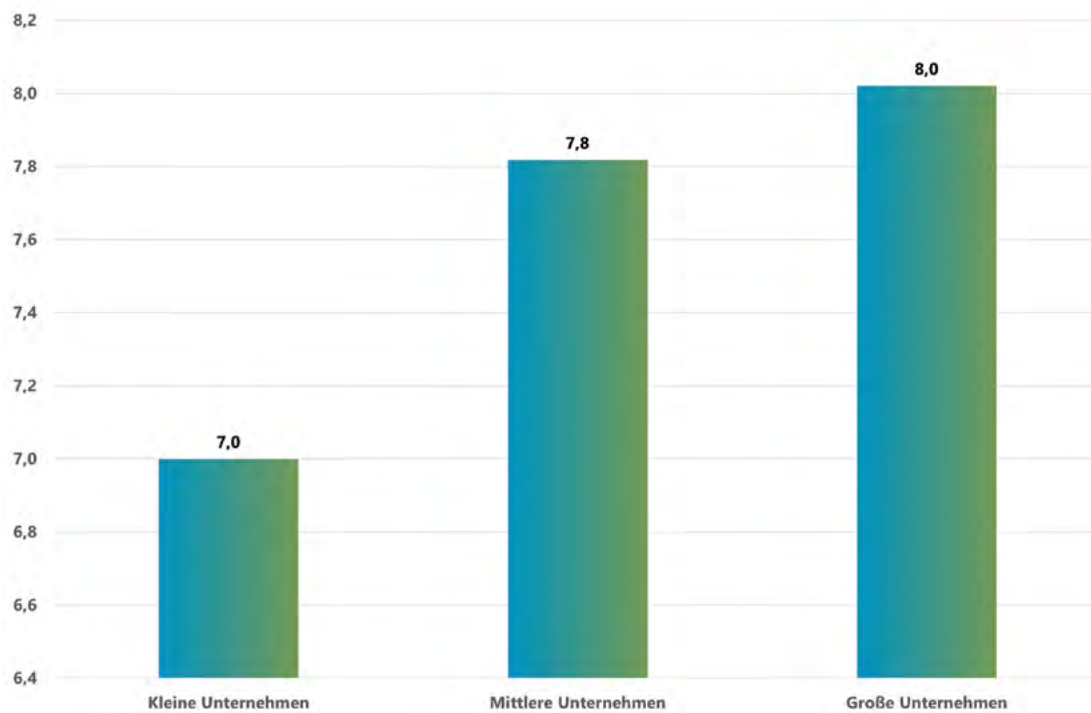


Abbildung 8: Durchschnittliche Anzahl gut bekannter Technologien nach Unternehmensgröße (bezogen auf den Umsatz)¹²

¹¹ Quelle: Eigene Darstellung; $203 \leq n \leq 208$.

¹² Quelle: Eigene Darstellung; $n = 209$.

4

4.2 Einsatz von Digitalisierungstechnologien

Der Bekanntheitsgrad von Digitalisierungstechnologien ist ein erster Indikator für die Bedeutung derartiger Technologien. In welchem Umfang jedoch wird

Digitalisierung „gelebt“? Mit anderen Worten: Welche Technologien werden in welchem Umfang bereits im Regelbetrieb eingesetzt, welche werden getestet?

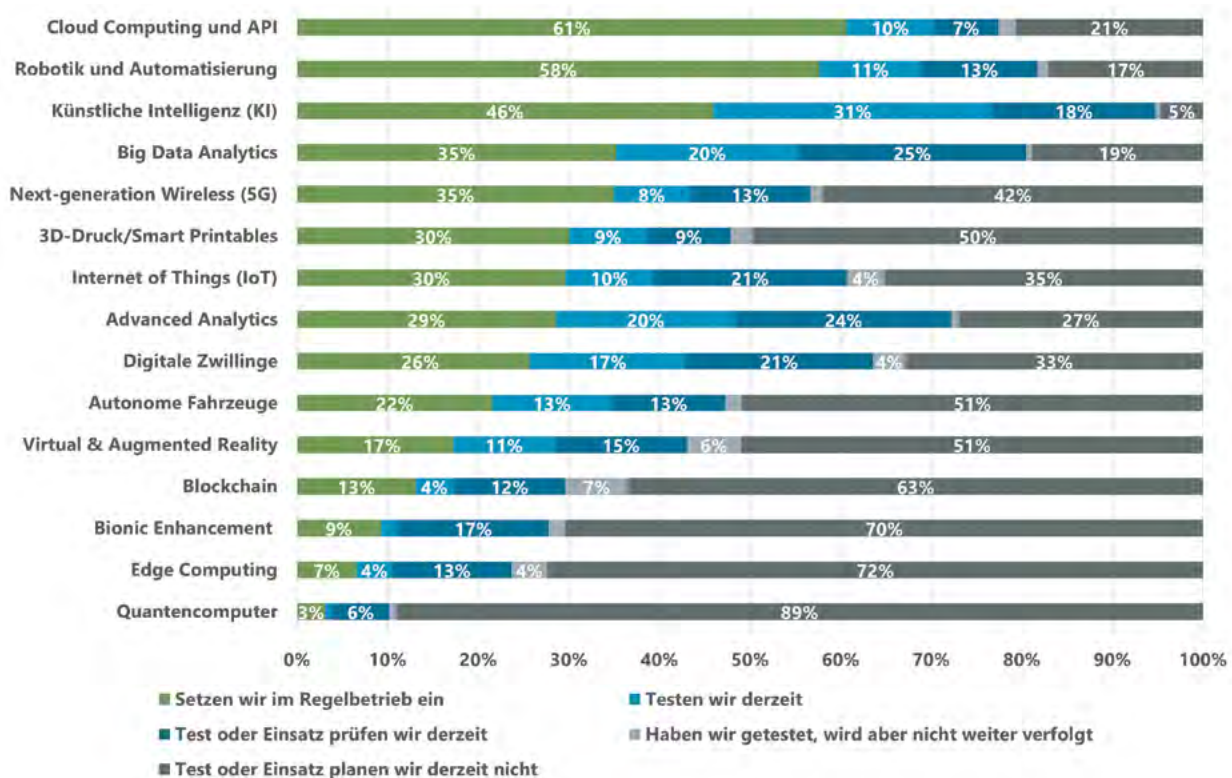


Abbildung 9: Einsatz von Digitalisierungstechnologien¹³

Abbildung 9 gibt eine Übersicht darüber, welche Technologien in welcher Form eingesetzt werden. Bei der Übersicht ist zu berücksichtigen, dass sie eine Gesamtsicht auf alle Branchen und Unternehmensgrößen wirft. Deren spezifische Belange mögen durchaus unterschiedlich sein. Daher sind besonders hohe Werte nicht zu erwarten – vor allem nicht bei Technologien, die nur für spezifische Einsatzgebiete geeignet sind.

Deutlich wird, dass zwei Digitalisierungstechnologien weit verbreitet sind: Cloud Computing und API sowie Robotik und Automatisierung sind etabliert und

werden von rund 60% der Unternehmen genutzt. Sämtliche anderen Technologien weisen eine deutlich niedrigere Einsatzrate auf. Derzeit kaum genutzt werden Bionic Enhancement, Edge Computer und Quantencomputer.

Es ist immer die Frage, wo wir anfangen, wo ein Roboter geeignet ist, wo Automatisierung oder KI eingesetzt werden kann.

Mike Vetter, Bereichsleiter Logistikplanung und Tendermanagement, ZUFALL logistics group

¹³ Quelle: Eigene Darstellung; $54 \leq n \leq 172$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Durch die Filterung auf diejenigen Digitalisierungstechnologien, die als gut bekannt oder als vom Namen bekannt angegeben wurden, kann eine Stichprobengröße nur für jede Technologie einzeln angegeben werden. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.

Gleichzeitig gibt es Technologien, die stark aufholen: 50% der Unternehmen testen bereits KI oder planen, KI zu testen oder konkret einzusetzen. Ähnliche Aufholbestrebungen existieren für Big Data Analytics

(44%) und Advanced Analytics (43%). In geringerem Umfang gilt das auch für Digitale Zwillinge (38%) und das Internet of Things (32%).

4.3 Erfahrungen mit Digitalisierungstechnologien

Der Einsatz von Digitalisierungstechnologien ist mit bestimmten Zielen verbunden. Daher interessiert, welche Technologien welche Ziele unterstützen.

Tabelle 2 zeigt als Übersicht, welche Digitalisierungstechnologien zu welchen positiven Effekten im Sinne einer Zielerreichung geführt haben. Grundlage sind diejenigen Teilnehmenden, die eine Technologie im Regelbetrieb oder im Test nutzen. Die Einfärbung entspricht dem Anteil der jeweiligen Teilnehmenden, die mit einer Technologie entsprechende Ziele erreichen konnte. Je dunkler die Einfärbung ist, desto stärker unterstützt eine Digitalisierungstechnologie die jeweilige Zielsetzung.

Deutlich wird, dass vor allem die drei „klassischen“ Ziele – Kosteneinsparung, Zeitgewinn und Qualitätsverbesserung – unterstützt werden. Die Technologien führen auch, allerdings in geringerem Maße, zu einer höheren Flexibilität. Eine stärkere Kundenbindung wird nur unterdurchschnittlich stark unterstützt.

Die Tabelle kann spalten- und zeilenweise gelesen werden. Spaltenweise ist die Tabelle zu lesen, wenn

ein bestimmtes Ziel im Vordergrund steht (oder auch mehrere) und sich die Frage stellt, welche Technologie dieses Ziel in besonderem Maße unterstützt. Im Fall der Kosteneinsparung scheinen auf Basis der Antworten vor allem Robotik und Automatisierung, aber auch 3D-Druck und Smart Printables dazu beizutragen. Bei Robotik und Automatisierung geben knapp vier Fünftel derjenigen, die die Technologie im Regelbetrieb nutzen oder sie derzeit testen, an, Kosteneinsparungen zu erzielen; bei 3D-Druck und Smart Printables haben 68% der Teilnehmenden diese Erfahrung gemacht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht jede Technologie in jeder Branche oder in jedem Supply-Chain-Prozess anwendbar ist, so dass sich die Anzahl der grundsätzlich einsetzbaren Technologien häufig verringern wird.

Zeilenweise ist die Tabelle zu lesen, wenn über den Einsatz einer bestimmten Digitalisierungstechnologie nachgedacht wird und sich dann die Frage stellt, welche Ziele sich mit dieser Technologie erreichen lassen. Wenn über den Einsatz von 3D-Druck oder Smart Printables entschieden werden soll, haben

Technologie	Kosteneinsparung	Zeitgewinn	Qualitätsverbesserung	Stärkere Kundenbindung	Höhere Flexibilität
3D-Druck/Smart Printables	64%	57%	31%	12%	52%
Advanced Analytics	55%	56%	47%	18%	19%
Autonome Fahrzeuge	57%	46%	25%	10%	21%
Big Data Analytics	49%	47%	51%	17%	19%
Blockchain	23%	26%	46%	23%	20%
Cloud Computing und API	52%	47%	41%	13%	40%
Digitale Zwillinge	51%	43%	58%	15%	31%
Internet of Things (IoT)	41%	46%	43%	17%	25%
Künstliche Intelligenz (KI)	56%	83%	55%	20%	33%
Next-generation Wireless (5G)	23%	48%	41%	3%	22%
Robotik und Automatisierung	78%	71%	58%	10%	33%
Virtual & Augmented Reality	27%	48%	44%	25%	23%

Tabelle 2: Positive Erfahrungen mit ausgewählten Digitalisierungstechnologien (Einsatz im Regel- oder Testbetrieb; nur Technologien mit 20 oder mehr Anwendungen)¹⁴

¹⁴ Quelle: Eigene Darstellung. $35 \leq n \leq 139$; durch die Filterung auf diejenigen Digitalisierungstechnologien, die im Regel- oder im Testbetrieb eingesetzt werden oder getestet, aber anschließend nicht weiter eingesetzt wurden, kann eine Stichprobengröße nur für jede Technologie einzeln angegeben werden; alphabetische Sortierung.

4

diejenigen Teilnehmenden, die diese Technologie im Regelbetrieb einsetzen oder derzeit testen, vor allem Kosteneinsparungen (68%), Zeitgewinn (61%) und eine höhere Flexibilität (56%) erzielt. Qualitätsverbesserungen haben dagegen nur 34% der Teilnehmenden realisieren können, eine stärkere Kundenbindung nur 13%.

serungen haben dagegen nur 34% der Teilnehmenden realisieren können, eine stärkere Kundenbindung nur 13%.

4.4 Einsatzpotenzial von Digitalisierungstechnologien für aktuelle Herausforderungen im Supply Chain Management

Neben der Unterstützung „klassischer“ sowie weiterer Ziele können mit dem Einsatz von Digitalisierungstechnologien zusätzliche Möglichkeiten für aktuelle Herausforderung im SCM verbunden sein.

Tabelle 3 zeigt als Übersicht, welche Digitalisierungstechnologien welche weiteren aktuellen Herausforderungen unterstützen. Grundlage sind diejenigen Teilnehmenden, die eine Technologie gut oder vom Namen her kennen. Die Einfärbung entspricht dem Anteil der jeweiligen Teilnehmenden, die eine derartige Unterstützung erreichen konnten. Je dunkler die Einfärbung ist, desto höher ist das Einsatzpotenzial einer Digitalisierungstechnologie die jeweilige Herausforderung.

Auch diese Tabellen kann sowohl spalten- als auch zeilenweise gelesen werden. Spaltenweise ist die Tabelle zu lesen, wenn eine bestimmte Herausforderung unterstützt werden soll und sich dann die Frage stellt, welche Digitalisierungstechnologie in besonde-

rem Maße unterstützend wirkt. Wenn beispielsweise die Transparenz innerhalb der Supply Chains erhöht werden sollen, bietet sich vornehmlich Big Data Analytics an; 65 % der Teilnehmenden gaben an, dass Big Data Analytics zu einer Erhöhung der Transparenz geführt hatte.

Zeilenweise ist die Tabelle zu lesen, wenn über den Einsatz einer bestimmten Digitalisierungstechnologie nachgedacht wird und sich dann die Frage stellt, welche weiteren Herausforderungen durch diese Technologie abgedeckt werden. Wenn über den Einsatz von 3D-Druck oder Smart Printables entschieden werden soll, sehen die Teilnehmenden vor allem eine Unterstützung bei der Entwicklung von Innovationen realisieren können (49%). Auch eine Reduzierung der CO₂-Emissionen innerhalb der Lieferkette (35%) sowie eine Erhöhung der Resilienz in der Supply Chain werden konstatiert. Andere Möglichkeiten lassen sich nur in unterdurchschnittlicher Weise realisieren.

Technologie	erzeugt Transparenz in Supply Chains	unterstützt die Risikoidentifikation in Supply Chains	trägt zur Resilienz von Supply Chains bei	führt zur CO ₂ -Reduktion in Supply Chains	ermöglicht sozial-nachhaltige Supply Chains	unterstützt die Einhaltung des LkSG	unterstützt die Entwicklung von Innovationen (Geschäftsmodelle, Prozesse, ...)
	-	-	-	-	-	-	-
3D-Druck/Smart Printables	1%	5%	30%	35%	18%	4%	49%
Advanced Analytics	44%	43%	35%	20%	12%	12%	37%
Autonome Fahrzeuge	9%	6%	27%	41%	17%	5%	47%
Big Data Analytics	65%	56%	48%	16%	14%	14%	42%
Bionic Enhancement	1%	1%	3%	3%	8%	0%	14%
Blockchain	35%	26%	29%	7%	15%	17%	27%
Cloud Computing und API	38%	27%	40%	14%	7%	7%	45%
Digitale Zwillinge	38%	43%	36%	14%	12%	6%	39%
Edge Computing	12%	12%	13%	4%	3%	3%	15%
Internet of Things (IoT)	34%	27%	27%	9%	9%	9%	36%
Künstliche Intelligenz (KI)	44%	53%	49%	21%	17%	20%	65%
Next-generation Wireless (5G)	18%	12%	21%	5%	4%	4%	36%
Quantencomputer	12%	21%	18%	9%	5%	3%	34%
Robotik und Automatisierung	21%	13%	48%	33%	20%	9%	51%
Virtual & Augmented Reality	16%	19%	19%	11%	12%	4%	50%

Tabelle 3: Einsatzpotenzial ausgewählter Digitalisierungstechnologien für aktuelle Herausforderungen im SCM (Einsatz im Regel- oder Testbetrieb; nur Technologien mit 20 oder mehr Anwendungen)¹⁵

¹⁵ Quelle: Eigene Darstellung. $113 \leq n \leq 113$. Durch die Filterung auf diejenigen Digitalisierungstechnologien, die als gut bekannt oder als vom Namen bekannt angegeben wurden, kann eine Stichprobengröße nur für jede Technologie einzeln angegeben werden; alphabetische Sortierung.

4.5 Treiber und Hemmnisse für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien

Wenn über den Einsatz von Digitalisierungstechnologien entschieden werden soll, sind die Treiber für deren Einsatz, aber auch deren Hemmnisse zu berücksichtigen.

Die Treiber des Einsatzes von Digitalisierungstechnologien werden in Abbildung 10 aufgeführt. Dabei

dominiert erwartungsgemäß der zu erwartende Nutzen eines Technologieeinsatzes: zwei Drittel der Teilnehmenden sehen den Nutzen als Treiber an. Dazu zählen auch die unter „Sonstiges“ aufgeführten Kosteneinsparungen sowie erfolgreiche Business Cases.

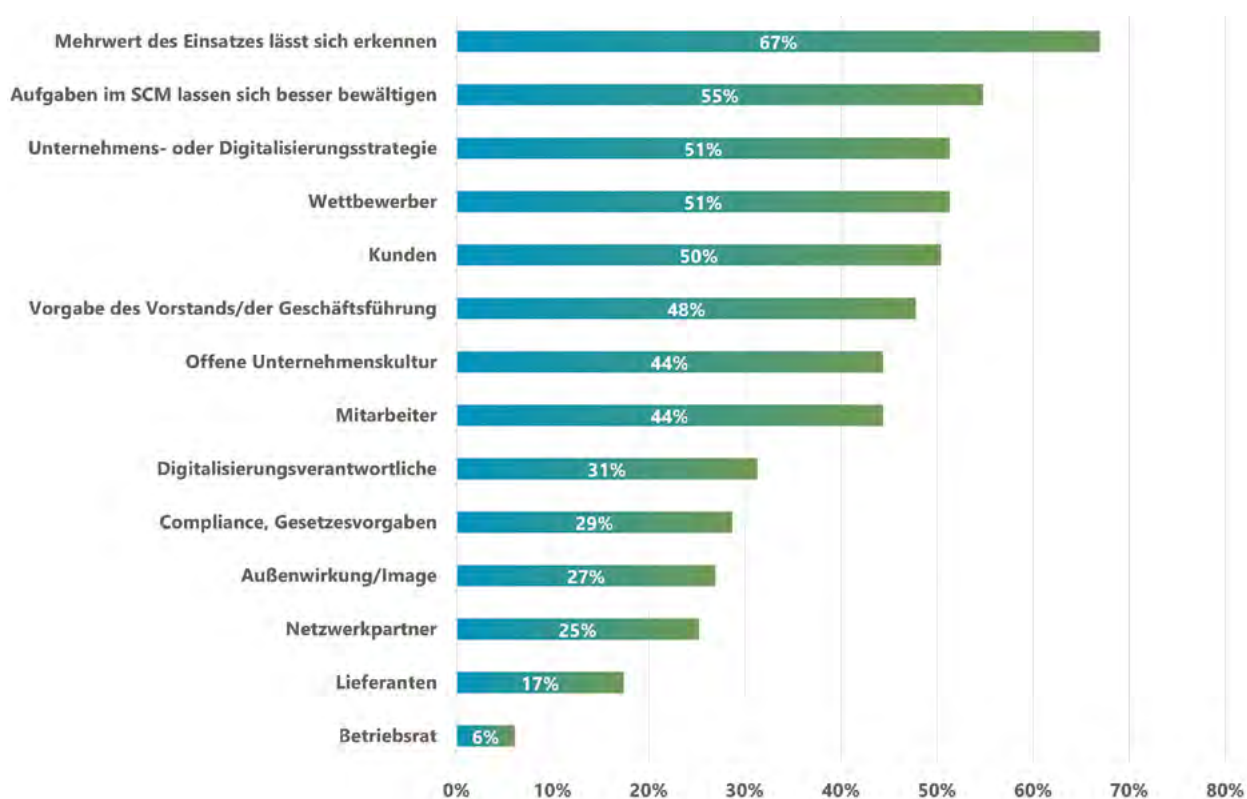


Abbildung 10: Treiber für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien¹⁶

Der größte Treiber für weitere Digitalisierung und Automatisierung ist, den Output erhöhen zu können, ohne vom Fachkräftemangel eingeschränkt zu werden.

Mathias Schenk, CEO, DeltiLog GmbH

Die weiteren Ergebnisse entsprechen bis auf einzelne Ausnahmen weitgehend der Reihenfolge und auch den Prozentwerten der BME-Logistikstudie 2022.

Wettbewerber können als Treiber fungieren, wenn sie beispielsweise (temporäre) Wettbewerbsvorteile aufweisen. Dann besteht eine Notwendigkeit, diese Wettbewerbsvorteile durch den eigenen zunehmenden Einsatz von Digitalisierungstechnologien aufzuholen. Während in der BME-Logistikstudie nur ein Drittel der Teilnehmenden Wettbewerber als Treiber ansahen, ist es nun mehr als die Hälfte der Unternehmen.

¹⁶ Quelle: Eigene Darstellung; n = 115.

4

Es gibt große Konkurrenten, die günstiger produzieren. Die Systemverfügbarkeit ist wichtig für die Kunden. Dabei können KI und Digitalisierung genutzt werden, um die Systemverfügbarkeit möglichst auf 100 % zu bekommen.

Christian Winkelmann, Teilprojektleiter Material & Logistics, Siemens Mobility GmbH

Von jeweils knapp der Hälfte der Unternehmen wurden die offene Unternehmenskultur und die Mitarbeitenden als Treiber genannt. Diese Bedeutung wurde durch ein Experteninterview betont:

Was in den Unternehmen benötigt wird, sind Mitarbeiter, die neue Ideen und frisches Engagement und einbringen und die sagen: „Das können wir hier einfacher und besser machen.“

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Im Vergleich zur BME-Logistikstudie 2022 wurde Compliance und Gesetzesvorgaben als neue Aus-

wahlmöglichkeit aufgenommen. Die Teilnehmenden sahen diesen Aspekt aber als unterdurchschnittlich wichtig: weniger als ein Drittel der Unternehmen sehen Compliance und Gesetzesvorgaben als Treiber für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien. Dennoch kann die Umsetzung gesetzlicher Vorgaben auch ein Treiber sein, wie die nachfolgenden Aussagen aus Experteninterviews zeigen:

Die Behörden können auch ein Treiber von KI sein. Man kann Daten nur noch digital einreichen. Das führt dazu, dass man sich als Unternehmen anpassen muss. Das ist Gesetz, da kommt man nicht vorbei.

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Regularien betreffen alle. Je schneller wir die neuen Anforderungen implementieren, desto schneller sind wir unserer Konkurrenz voraus.

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

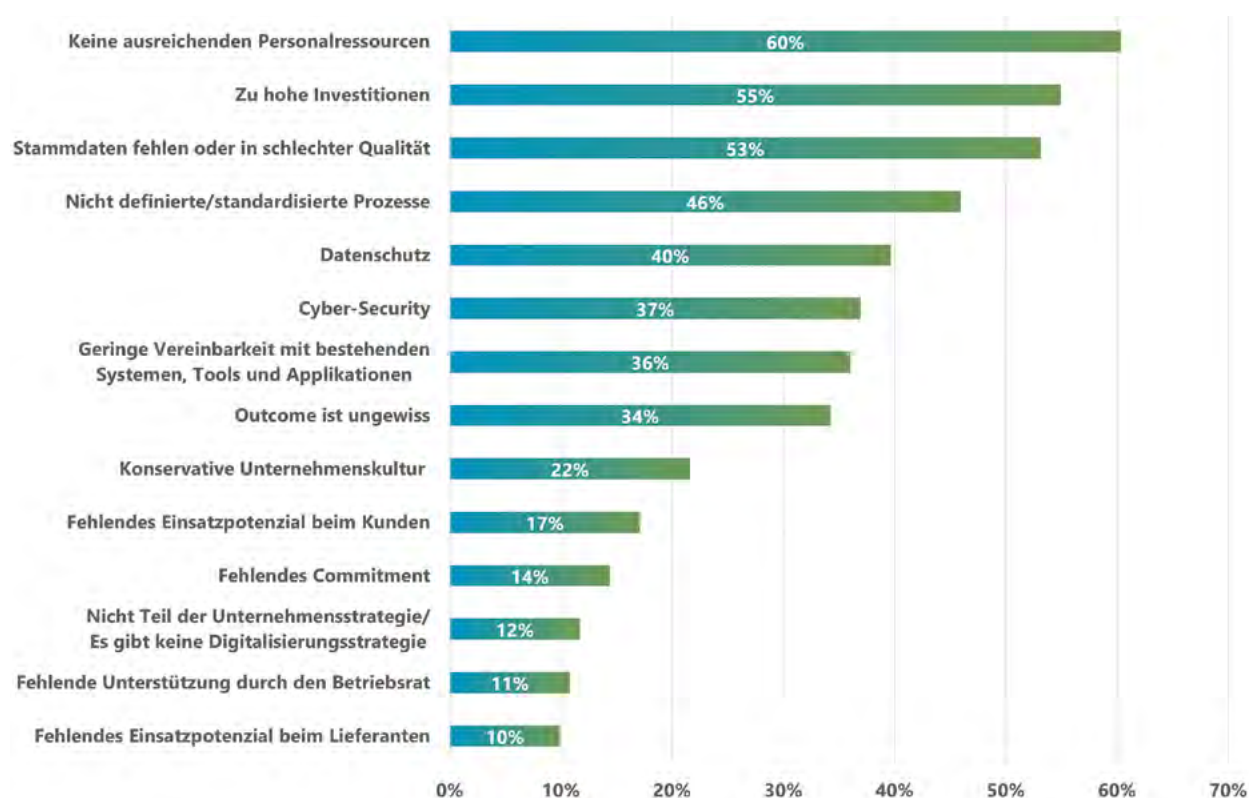


Abbildung 11: Hemmnisse für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien¹⁷

¹⁷ Quelle: Eigene Darstellung; n = 111.

Zusätzlich als Treiber genannt wurde die demographische Entwicklung.

Nicht als Treiber, sondern mehr als notwendige Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung von Digitalisierungstechnologien wurde ein insbesondere auch unter zeitlichen Gesichtspunkten realistischer Projektansatz genannt:

Als Learning aus Digitalisierungsprojekten haben wir mitgenommen, dass man genug Zeit einplanen muss, bis es wirklich läuft. Es muss viel getestet und gelernt werden. Es geht nicht so, dass wir ein Go-Live planen und es dann auch wirklich alles sofort zu 100% funktioniert. Auch wenn man weiß, wie der Prozess abläuft, passieren noch Fehler, die nochmal angepasst werden müssen. Diese Zeit für Testing und Anpassung muss man sich nehmen. Sonst gerät man unnötig unter Druck, und das ist kontraproduktiv.

Mathias Schenk, CEO, DeltiLog GmbH

Bei den Hemmnissen ist das Bild ähnlich wie bei der BME-Logistikstudie 2022, wobei sich sowohl in der Rangfolge als auch bei den Zustimmungswerte Veränderungen ergeben haben (siehe dazu Abbildung 11). Auch aktuell dominiert das Personalthema: Wie auch in 2022 sehen knapp 60% der Teilnehmenden die nicht ausreichenden Personalressourcen als wichtigsten Hemmschuh an.

Geld ist nicht das Problem. Es ist eher die Verfügbarkeit von Mitarbeitern, die Tools, Algorithmen

und Analysen implementieren können. Die wachsen nicht auf Bäumen. Es dauert sehr lange, passende Mitarbeiter zu finden, und sie an das Unternehmen zu binden.

Ressourcen sind sehr beschränkt. Es ist schwer, einen vernünftigen Data Scientist einzustellen.

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

Wie bei vielen anderen Mittelständler auch: Es gibt grundsätzlich nicht ausreichend Personal für Digitalisierung.

Thomas Möllers, Leiter Logistik, Zoll und Exportkontrolle

Im Gegensatz zu 2022 werden mit einem nur wenig geringeren Anteil die zu hohen Investitionen als Hemmnis genannt; in 2022 sah nur ein gutes Drittel diese als Bremse für Digitalisierung.

Zusätzlich genannt wurden Hemmnisse, die unmittelbar mit dem Personalstamm verbunden sind: Die Einstellung der Mitarbeiter, das fehlende Mindset sowie ein möglicherweise geringes Know-how, verbunden mit einer geringen Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit neuen Technologien.

Eine große Herausforderung ist es, die Mitarbeiter mitzunehmen. Diese sind teilweise schon mehr als 20 Jahre im Unternehmen. Da braucht es viel Überzeugungskraft.

A. Kramer, Einkauf

4.6 Zukünftige Anwendung von Digitalisierungstechnologien

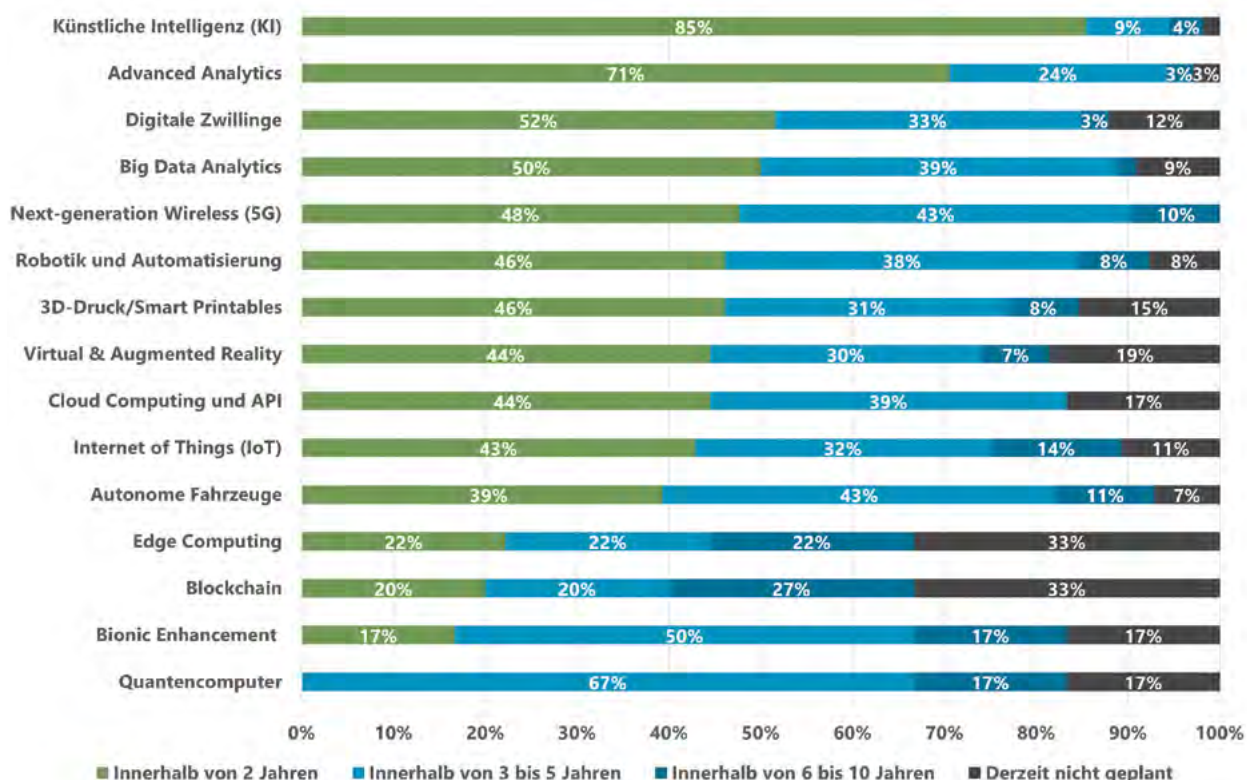
Neben dem Status Quo des Einsatzes, der Nutzenpotenziale sowie der Treiber und Hemmnisse eines Technologieeinsatzes interessiert ein Blick in die Zukunft. Welche Digitalisierungstechnologien werden mit welchem zeitlichen Horizont implementiert und genutzt werden?

Abbildung 12 zeigt, welche Digitalisierungstechnologien Unternehmen in der Zukunft einzusetzen planen. Die alle anderen Technologien überragende Digitalisierungstechnologie ist – zumindest derzeit – KI: Weit mehr als 80% der Unternehmen planen, KI innerhalb der kommenden zwei Jahre umzusetzen. Danach folgt, immerhin mit einer Zustimmung von beinahe drei Viertel der Unternehmen, Advanced Analytics.

Beide Technologien haben ein breites Anwendungsspektrum, sind also nicht auf eine Branche oder einen Supply-Chain-Prozess fokussiert. Dies ist bei anderen Technologien teilweise anders; daher ist es nicht verwunderlich, dass andere Technologien deutlich niedrigere Zustimmungswerte hinsichtlich einer kurzfristigen Umsetzung aufweisen.

Der Einsatz von Quantencomputern in der näheren Zukunft ist nicht zu erwarten: Keines der befragten Unternehmen plant, Quantencomputing innerhalb der kommenden zwei Jahre einzuführen. Gleichwohl wird in Quantencomputern ein hohes Potenzial vermutet: Rund zwei Drittel der Unternehmen planen ei-

4

Abbildung 12: Zeitlicher Horizont des zukünftigen Einsatzes von Digitalisierungstechnologien¹⁸

nen mittelfristigen Einsatz innerhalb der kommenden drei bis fünf Jahre.

Der Hype um Blockchains scheint dagegen abgeklungen zu sein: Nur jedes fünfte Unternehmen plant, Blockchains innerhalb der kommenden zwei Jahre einzuführen. Ein Drittel sieht gar keinen Bedarf für die Nutzung von Blockchains.

Wichtiger Erfolgsfaktor für die Umsetzung wurde ich nahezu allen Experteninterviews das notwendige Change Management angesprochen.

Wir versuchen den Mitarbeitern zu erklären, dass es nicht darum geht, Jobs wegzurationalisieren, sondern dass Digitalisierung und Automatisierung eine Ergänzung zum bestehenden Geschäft sind.

Die Tätigkeiten werden sich ändern, aber es wird keiner entlassen.

Mathias Schenk, CEO, DeltiLog GmbH

Change Management ist sehr wichtig. Wir machen immer Roadshows bei den Vorständen und den Abteilungen, um zu zeigen, was wir vorhaben. So müssen vor allem ältere Kollegen keine Angst haben, abgehängt zu werden. HR unterstützt den Prozess gemeinsam mit den Fachabteilungen.
Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

¹⁸ Quelle: Eigene Darstellung. $6 \leq n \leq 55$; durch die Filterung auf diejenigen Digitalisierungstechnologien, die derzeit getestet werden oder bei denen ein Test oder Einsatz geprüft wird, kann eine Stichprobengröße nur für jede Technologie einzeln angegeben werden. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung nach den Werten für „Innerhalb von 2 Jahren“.

5 Ergebnisse der Studie (2): Künstliche Intelligenz

5.1 Teilbereiche der KI

5.1.1 Übersicht über Teilbereiche der KI

Wie bei vielen Konzepten gibt es auch für KI keine einheitliche Definition. Gemein ist den meisten Definitionen aber, dass KI das Verstehen, Entwerfen und Entwickeln intelligenter Systeme bezeichnet. Sie ahmen menschliche Intelligenz insbesondere in den Bereichen Wahrnehmung, Kognition und Handeln nach, wodurch Aufgaben, die typischerweise menschliche Intelligenz erfordern, ausgeführt werden können (Scheuer 2020, S. 8–14).

Die High-Level Expert Group on Artificial Intelligence der Europäischen Kommission definiert KI als Systeme, die in der Lage sind, komplexe Aufgaben zu lösen, indem sie ihre Umgebung wahrnehmen, Daten aus ihrer Umgebung sammeln und diese interpretieren (European Commission, S. 6). Dadurch können die Systeme Entscheidungen über die besten Handlungen treffen. Sie können auch ihr Verhalten anpassen, indem sie die vorherigen Aktionen auf die Umgebung analysieren (European Commission, S. 6).

Für die Studie wurden vier der wichtigsten Teilbereiche der KI herangezogen (Russell und Norvig 2022, S. 2-23):

- Maschinelles Lernen,
- Natural Language Processing ,
- Computer Vision ,
- Intelligente Agenten.

Diese werden im Folgenden näher beschrieben.

5.1.2 Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen (engl. Machine Learning, ML) bezeichnet einen Teilbereich der KI, bei dem große Mengen an Daten genutzt werden, um Muster zu erkennen und darauf basierend Vorhersagen oder Entscheidungen zu treffen. Die Systeme sind dabei in der Lage, aus den Daten zu lernen und sich zu verbessern, ohne explizit programmiert zu sein (Domingos 2017, S. 6-9; Mitchell 1997, S. 17-18). Um dies umzusetzen, wird eine große Menge an qualitativ hochwertigen Daten be-

nötigt. Es wird zwischen überwachtem Lernen (engl. Supervised Learning), unüberwachtem Lernen (engl. Unsupervised Learning) und bestärkendem Lernen (engl. Reinforcement Learning) unterschieden. Überwachtes Lernen nutzt gekennzeichnete Datensätze, um Vorhersagemodelle zu trainieren, unüberwachtes Lernen identifiziert selbstständig Strukturen in ungekennzeichneten Daten und bestärkendes Lernen optimiert Entscheidungen durch Belohnungs- oder Strafsignale (Schacht und Lanquillon 2019, S. 96-99). In der Logistik findet ML beispielsweise Anwendung in der Nachfrageprognose, der Routenoptimierung, der präventiven Wartung (Predictive Maintenance) oder der Erkennung von Anomalien in Lieferketten.

Neuere Forschungen zeigen, dass Graph Neural Networks (GNN) die Topologie von Liefernetzwerken explizit modellieren können und dadurch bei Aufgaben wie Vorhersage von Lieferengpässen, Anomalieerkennung und Netzwerkoptimierung deutlich bessere Ergebnisse liefern (Wasi et al. 2024, S. 2-3).

5.1.3 Natural Language Processing

Natural Language Processing (NLP, deutsch: Verarbeitung natürlicher Sprache) ermöglicht Computersystemen, gesprochene oder geschriebene menschliche Sprache zu verstehen, zu verarbeiten (NLU: Natural Language Understanding) und zu erzeugen (NLG: Natural Language Generation) (Kabel 2020, S. 46 und S. 57-59). Es werden dabei linguistische Regeln, statistische Modelle und ML kombiniert. Große Sprachmodelle werden anhand von großen Mengen an Textdaten trainiert, wodurch komplexe Sprachstrukturen interpretiert und kontextabhängige Antworten generiert werden können (Grigoleit 2019, S. 69). Anwendungsfelder sind unter anderem automatische Übersetzung, Spracherkennung, Textklassifikation und -generierung. Im SCM-Kontext kann NLP für die automatisierte Auswertung von Kundenanfragen, die Analyse von Vertragsdokumenten oder im Stammdatenmanagement eingesetzt werden.

Der Einsatz von großen Sprachmodellen (Large Language Models, LLMs) eröffnet neue Anwendungs-



möglichkeiten in der Supply-Chain-Optimierung, beispielsweise für Erklärbarkeit von Optimierungsentscheidungen und automatisierte 'what-if'-Analysen (Li et al. 2023, S. 1).

5.1.4 Computer Vision

Computer Vision (deutsch: Maschinelles Sehen) bezeichnet die Fähigkeit von Computersystemen, Bilder und Videos zu erfassen, zu analysieren und daraus relevante Informationen abzuleiten. Es werden dabei visuelle Daten mithilfe von Kameras, Sensoren und Algorithmen der Bildverarbeitung digital verarbeitet, um die Modelle zu trainieren (Kreutzer 2023, S. 42). Dabei kommen Verfahren wie Objekterkennung, Bildklassifikation, Bewegungsanalyse und optische Zeichenerkennung (OCR) zum Einsatz (IBM Deutschland GmbH 2025). Durch die Kombination mit KI-Methoden wie ML und Deep Learning können Systeme selbstständig lernen, visuelle Muster zu erkennen und ihre Genauigkeit zu verbessern (Voulodimos et al. 2018, S. 1-9). Im SCM kann Computer Vision beispielsweise für die automatisierte Erfassung von Barcodes, die Überwa-

chung von Lagerbeständen in Echtzeit oder die Erkennung von Beschädigungen an Waren genutzt werden. Digitale Zwillinge (Digital Twins) in Verbindung mit Computer Vision ermöglichen die Nachbildung und Live-Überwachung von Lager- und Transportprozessen; aktuelle Übersichten zeigen wachsende Effizienzgewinne (Wang et al. 2022b, S. 58-59).

5.1.5 Intelligente Agenten

Intelligente Agenten sind autonome oder teilautonome Softwaresysteme, die in einer definierten Umgebung eigenständig Entscheidungen treffen und Handlungen ausführen können. Dadurch können Aufgaben effizient und flexibler erledigt werden. Sie basieren auf der Wahrnehmung ihrer Umgebung über Sensoren oder Schnittstellen, der Verarbeitung dieser Informationen sowie der Ausführung von Aktionen über Aktoren oder Softwarebefehle (Russell und Norvig 2022, S. 34–35). Je nach Grad der Autonomie können sie reaktiv, deliberativ oder hybrid arbeiten: Reaktive Agenten reagieren direkt auf die Umgebung und führen entsprechende Handlungen aus,

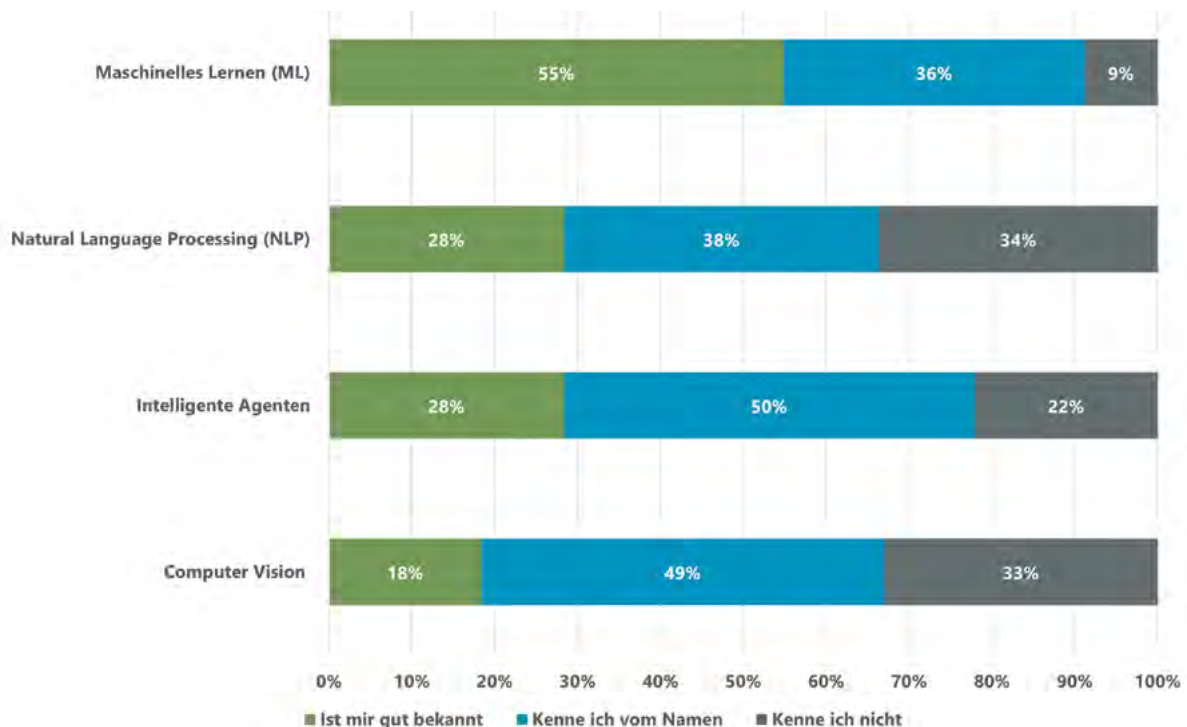


Abbildung 13: Bekanntheitsgrad der Teilbereiche von KI¹⁹

¹⁹ Quelle: Eigene Darstellung; $109 \leq n \leq 113$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Ist mir gut bekannt“.

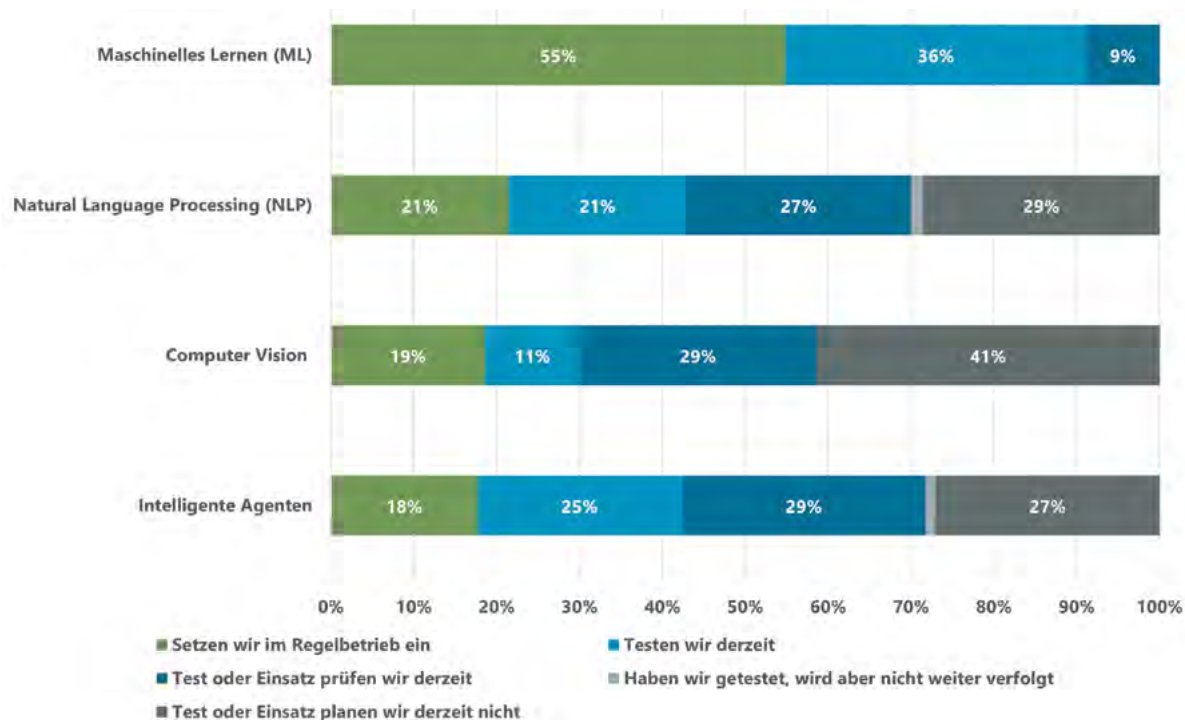


Abbildung 14: Einsatz der Teilbereiche von KI²⁰

während deliberative Agenten strategisch vorgehen und anhand von gesammelten Daten planen (Beierle und Kern-Isberner 2019, S. 398-399 und S. 403-405). Im SCM lassen sich intelligente Agenten beispielsweise zur dynamischen Transportplanung oder zur Bestandsoptimierung einsetzen. Es können auch Multi-Agenten-Systeme, die mehrere spezialisierte Agenten koordinieren, eingesetzt werden, um komplexere Aufgaben bewältigen. Federated Learning und föderierte Architekturen werden zunehmend untersucht, um Multi-Unternehmens-Agentensysteme datenschutzfreundlich zu trainieren; dies ist besonders relevant für gemeinsame Risikoindikatoren und Nachfrageprognosen (Wang et al. 2022a, S. 1).

5.1.6 Bekanntheitsgrad und Stand des Einsatzes

Für die Erfassung des Bekanntheitsgrades wurde – wie bei den Digitalisierungstechnologien – eine Einteilung in drei Stufen vorgenommen: Als „gut bekannt“

werden die Teilbereiche der KI dann angesehen, wenn die Teilnehmenden sich in der Lage sehen, über den Einsatz (mit) zu entscheiden.

Abbildung 13 zeigt, welche Teilbereiche der KI bekannt oder weniger bekannt sind. ML ragt heraus: Mehr als die Hälfte sieht diesen Teilbereich als gut bekannt an; nur jeder zwölfte Teilnehmende kennt ML nicht.

Die anderen Teilbereiche sind einem deutlich geringeren Anteil der Teilnehmenden gut bekannt. Auch der Anteil derjenigen Teilnehmenden, die die anderen drei Teilbereiche nicht kennen, liegt deutlich höher: NLP und Computer Vision ist bei etwa einem Drittel der Teilnehmenden nicht bekannt.

Auch beim aktuellen oder geplanten Einsatz sind die Unternehmen vor allem beim ML weit vorangeschritten (siehe Abbildung 14): Mehr als die Hälfte der Unternehmen setzt ML bereits im Regelbetrieb ein, und ein gutes Drittel befindet sich in der Testphase; die restlichen Unternehmen planen einen Test oder Einsatz.

²⁰ Quelle: Eigene Darstellung; $70 \leq n \leq 113$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Ist mir gut bekannt“.



Mitarbeitende in den Lagerhäusern und Fahrer wird KI nicht ersetzen, aber ggf. unterstützen können. Fahrer kann man nicht ersetzen, sofern es kein autonomes Fahren gibt. Ich denke KI wird eher in den administrativen Bereich eingesetzt werden können.

Karen Klement, Director Sales Automotive & Industrial Services, pfenning Gruppe

Bei den anderen Teilbereichen ist der Umsetzungsgrad deutlich geringer. Nur etwa jeweils ein von fünf Unternehmen hat bereits NLP, intelligente Agenten oder Computer Vision im Regelbetrieb. Ein Teil der Unter-

nehmen testet diese Teilbereiche derzeit. Gleichzeitig planen weitaus weniger Unternehmen, diese KI-Teilbereiche umzusetzen: Rund ein Viertel der Unternehmen sieht derzeit keine Umsetzungsbedarfe für NLP und intelligente Agenten, und zwei von fünf Unternehmen planen keinen Einsatz von Computer Vision.

Die Bereitschaft in den Abteilungen muss vorhanden sein. Außerdem braucht man Experten, die das leiten, dass sich die Mitarbeiter nicht vor KI scheuen. Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

5.2 Anwendungsfälle von KI im Supply Chain Management

5.2.1 Das SCOR-Modell als Basis für die Kategorisierung von Anwendungsfällen

Die nachfolgend untersuchten Anwendungsfälle für KI sind nach den Prozessen auf der obersten Ebene des Supply Chain Operations Reference Model (kurz: SCOR-Modell) kategorisiert. Das Referenzmodell wird von der Association for Supply Chain Management (ASCM) gepflegt. (Während ASCM inzwischen mit SCOR DS ein neues Modell herausgebracht hat, basiert die Kategorisierung in der vorliegenden Studie aufgrund der Verbreitung in der Praxis noch auf den Prozessen des vorherigen SCOR-Modells.²¹)

Das SCOR-Modell eignet sich zur Darstellung verschiedenster Prozesse auf unterschiedlichen, hierarchisch angeordneten Detaillierungsstufen. Auf der obersten Ebene bildet das SCOR-Modell die elementaren Wertschöpfungsprozesse „Plan“ (Planen), „Source“ (Beschaffen), „Make“ (Herstellen), „Deliver“ (Liefen), „Return“ (Zurückgeben) und „Enable“ (Ermöglichen) ab.²² Im Prozess „Plan“ werden die zukünftige Nachfrage und das Angebot prognostiziert. Daraus ergeben sich die nachgelagerten Kapazitäts-, Produktions- und Vertriebs- oder Bestandsplanungen. Der Vergleich von Lieferquellen, die Warenannahme, die Eingangsprüfung, die Lieferantenbe-

zahlung sowie der Abschluss von Rahmenverträgen mit Lieferanten können dem Hauptprozess „Source“ zugeordnet werden. Neben den eigentlichen Produktionsaktivitäten ist es die Aufgabe des „Make“-Prozesses, die Fertigungsschnittstellen abzustimmen. Anschließend Tätigkeiten wie die Angebotserstellung, die Kundenstammdatenpflege, die Zusammenstellung der Bestellung und der Warenversand lassen sich dem Prozess „Deliver“ zuordnen. Der Prozess „Return“ umfasst die Ersatzteilversorgung, die Kontrolle defekter Produkte und die Festlegung von Gewährleistungsregeln. Dem Prozess „Enable“ sind Aufgaben wie die Datenaufbereitung, die Regelung der Zusammenarbeit innerhalb der Lieferkette und das Informationsmanagement zugeordnet.²³

Wie Abbildung 15 darstellt, können durch das SCOR-Modell sowohl die einzelnen individuellen unternehmensbezogenen Supply-Chain-Prozesse als auch die gesamte unternehmensübergreifende Supply Chain mit ihren Stufen (im Englischen: Tiers) abgebildet werden. Damit ist das Modell eine gute Basis, um spezifische Fragen zum SCM – in der aktuellen Studie: Anwendungsfälle für KI – damit zu verknüpfen.

Die durch das SCOR-Modell unterstützte Prozessorientierung wurde in den Experteninterviews als

²¹ Informationen zu SCOR DS finden sich bei Association for Supply Chain Management 2025.

²² In vielen älteren Quellen ist der „Enable“-Prozess noch nicht aufgeführt. Dieser wurde erst später in das SCOR-Modell integriert. Aktuelle Informationen zum Modell finden sich in APICS 2017, S. 5.

²³ Vgl. zu den Details des SCOR-Modells bspw. Becker 2018, S. 165; Bolstorff et al. 2007, S. 139. Vgl. zum SCOR-Modell auch die grundlegenden Informationen bei APICS 2017.

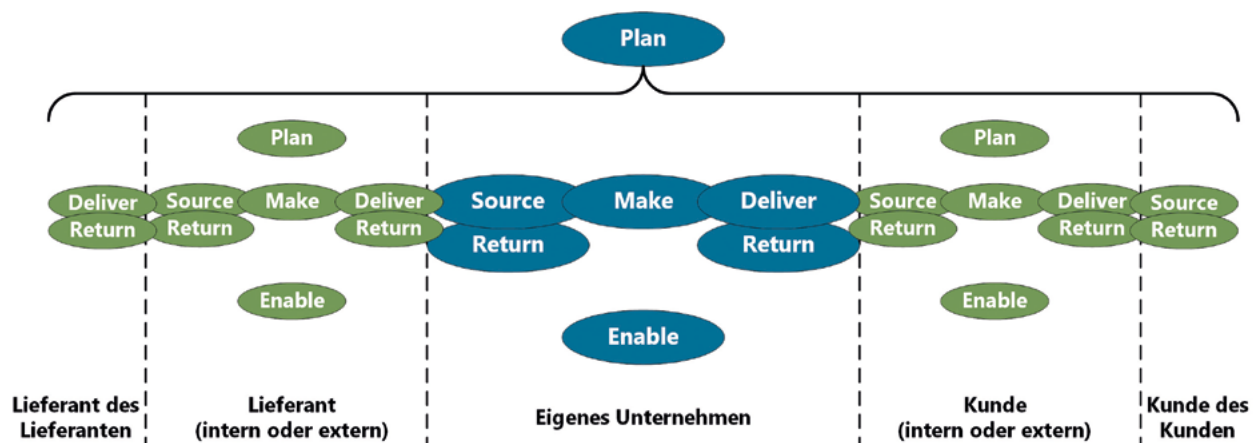


Abbildung 15: Top-Level-Prozesse des SCOR-Modells²⁴

Grundlage für Digitalisierung, aber auch als grundsätzliche Basis für Verbesserungen genannt:

*Man muss hinterfragen, ob jeder einzelne Prozess in der jetzigen Form nicht verbessert werden kann.
Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Die aktuellen Fragestellungen und in der Zukunft lauten: Welche Technologien brauchen wir, um schneller und prozessorientierter zu werden? Wo kommen Mitarbeitende her und wie wirken wir mit Digitalisierung und KI einem Fachkräftemangel entgegen?

Karen Klement, Director Sales Automotive & Industrial Services, pfenning Gruppe

5.2.2 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Plan“

Im SCOR-Prozess „Plan“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Nachfrageprognose,
- Supply Chain Network Optimization,
- Szenarienanalyse und Simulation,
- Bestandsoptimierung.

Nachfrageprognose: Durch eine präzise Nachfrageprognose können Preisentscheidungen optimiert werden. KI kann dabei helfen, große Datenmengen in Verfahren wie die Zeitreihenanalyse oder andere

maschinellen Verfahren auszuwerten und so die Prognosegenauigkeit zu verbessern. Der künftige Bedarf kann besser eingeschätzt werden, was der Planung zugutekommt (Choi et al. 2018, S. 1872–1873).

Supply Chain Network Optimization: Für eine effiziente Lieferkette benötigt man ein funktionierendes physisches Netzwerk. Durch Optimierung von Transportwegen, Lagerstandorten und Distributionszentren kann die Effizienz erhöht werden. Mithilfe von KI-gestützten Optimierungsalgorithmen können Transportkosten minimiert und Durchlaufzeiten verkürzt werden.

Szenarienanalyse und Simulation: Durch Szenarienanalysen und Simulationen können potentielle Risiken identifiziert werden. Diese Analysen können mithilfe von Reinforcement Learning durchgeführt werden. Durch die Simulation können unterschiedliche Szenarien durchgespielt werden daraus die optimale Reaktion abgeleitet werden, sodass man sich auf mögliche Risiken einstellen und die Lieferkette dementsprechend anpassen kann (Huber et al. 2021, S. 25–29).

Bestandsoptimierung: Im Bestandsmanagement ist es wichtig, einen Sicherheitsbestand sicherzustellen, sodass es nicht zu Lieferengpässen oder gar Lieferausfällen kommt, aber auch nicht zu hohe Bestände einzulagern, da diese Lagerkosten verursachen. Durch ML können die Lagerbestände optimiert werden. Anhand von historischen Daten wie Nachfrage und Lieferzeiten, kann der Bestand optimal bestimmt werden (Goudz und Erdogan 2024, S. 75–79).

²⁴ Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf APICS 2017, S. 5.



Abbildung 16 zeigt, inwieweit die Teilnehmenden das Potenzial der vier Anwendungsfälle einschätzen. Allen vier Anwendungsfällen sprechen die Teilnehmenden ein hohes Potenzial zu. Dabei liegt die Zustimmung zwischen 62 % und 72 %. Nur ein geringer Anteil der Teilnehmenden sieht kein Potenzial.

Sowohl bei den Anwendungsfällen zum SCOR-Prozess „Plan“ als auch zu den weiteren fünf SCOR-Prozessen ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass die Teilnehmenden unterschiedliche Funktionen innehaben und aus unterschiedlichen Branchen stammen. Es ist damit durchaus möglich, dass ein Teilnehmender aufgrund seiner Funktion kein Potenzial für einen ausgewählten Anwendungsfall sieht, selbst wenn eine andere Funktion in demselben Unternehmen dieses Potenzial sehen würde. Auch kann es sein, dass in bestimmten Branchen bestimmte Anwendungsfälle nicht oder nur selten vorkommen; auch in einem solchen Fall wird ein Teilnehmender aus dieser Branche kein Potenzial für den spezifischen Anwendungsfall sehen.

Auch wenn das Potenzial der Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Plan“ von einem großen Anteil der Unternehmen als hoch angesehen wird, ist die aktuelle Anwendungsrate niedrig (siehe dazu Abbildung 17): Maximal eines von fünf Unternehmen setzt KI für das Bestandsmanagement derzeit im Regelbetrieb ein; ein weiteres Fünftel testet dies zurzeit. Bei den anderen drei Anwendungsfällen sind Umsetzung oder Test in noch geringerem Maße erfolgt. So wird beispielsweise zwar das Potenzial für den Einsatz von KI für Szenarienanalyse und Simulation von 72 % der Teilnehmenden als hoch angesehen, jedoch wird dieser Ansatz derzeit nur von jedem siebten Unternehmen im Regelbetrieb genutzt. Immerhin rund ein Drittel der Unternehmen prüft einen Einsatz oder einen Test von KI in den vier Anwendungsfällen.

Weitere Anwendungsfälle für KI, die von Teilnehmenden genannt wurden, sind: Personaleinsatzplanung (auch in Verbindung mit Nachfrageprognosen), Einsatzplanung für Flurförderfahrzeuge (auch in Verbindung mit Nachfrageprognosen), Auslastungsplanung,

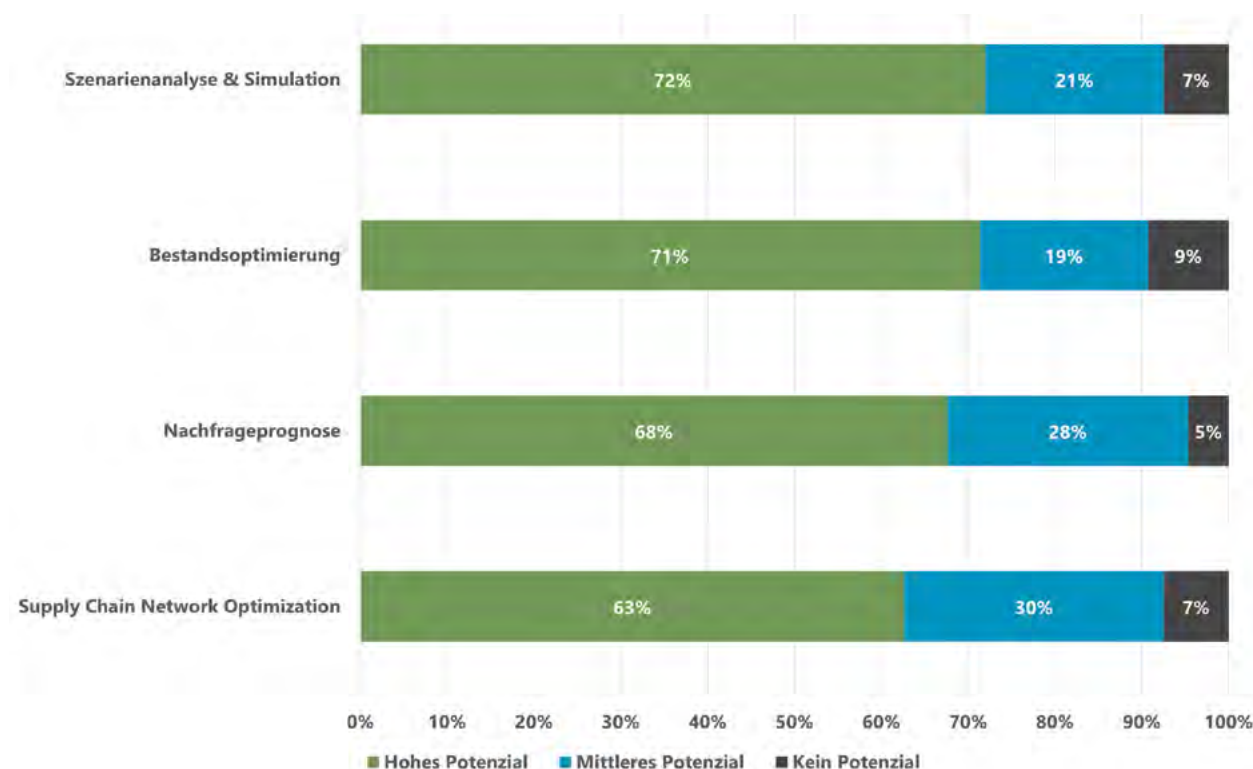


Abbildung 16: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Plan“²⁵

²⁵ Quelle: Eigene Darstellung; 107 ≤ n ≤ 108. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100 % sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

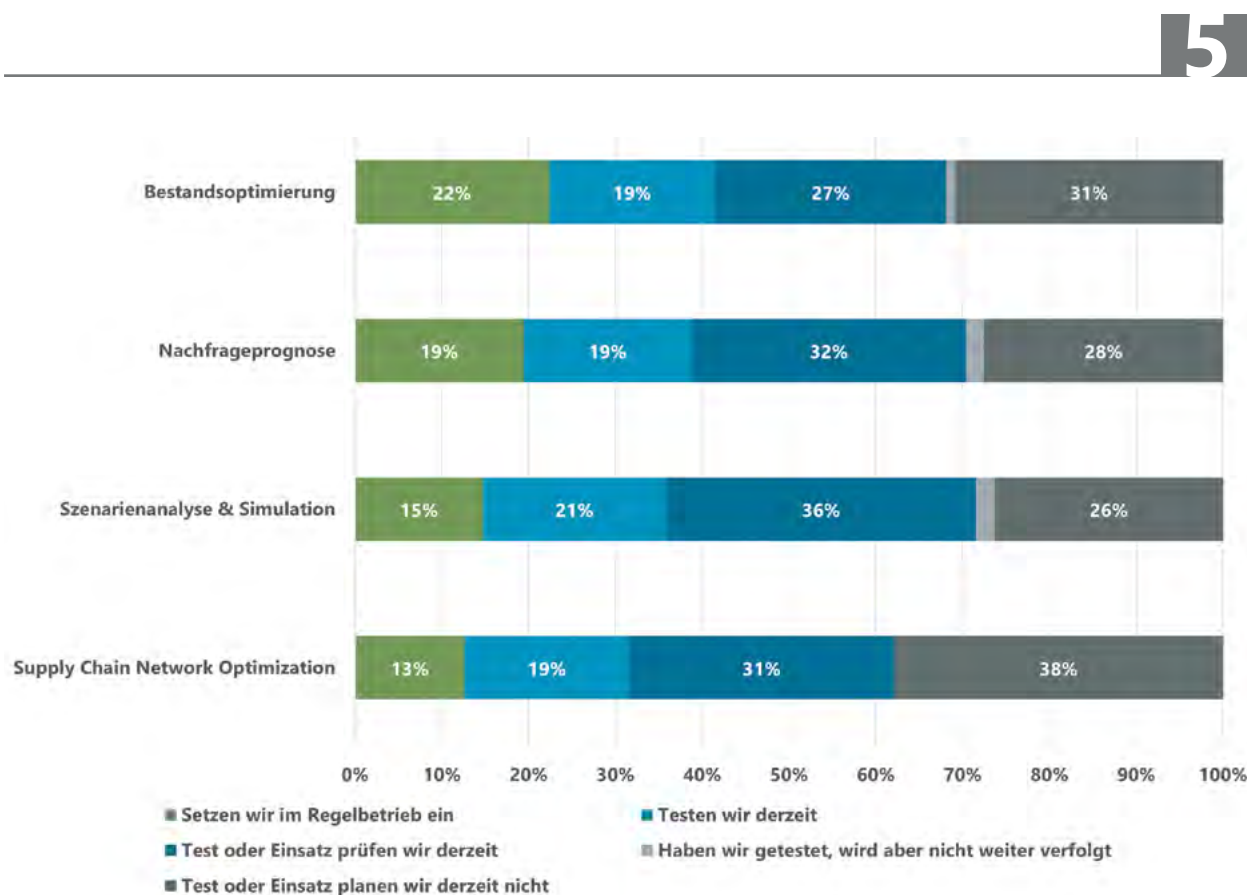


Abbildung 17: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Plan“²⁶

Übersetzungen in andere Sprachen, automatische Dokumentenprüfung, automatische Frachtvermessung, Einsatz eines digitalen Zwillings (im konkreten Fall in einer Umschlaghalle), automatische Disposition in der Auslieferung.

5.2.3 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Source“

Im SCOR-Prozess „Source“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Lieferantenscoring und -auswahl,
- Vertragsanalyse,
- Risikofrüherkennung,
- Automatisierte Bestellungen.

Lieferantenscoring und -auswahl: Lieferanten sind ein wichtiger Erfolgsfaktor für eine effiziente Lieferkette.

Neben dem Preis und Qualität sind auch Kriterien wie Liefertreue oder Lieferantenausfall wichtig. Mithilfe von ML können Lieferanteninformationen beschafft und analysiert werden (Heinrich und Stühler 2018, S. 83–85). NLP kann dazu die Informationen auslesen und verarbeiten, dass ein Lieferantenscoring erstellt werden kann (Baumbach und Ketterer 2017, S. 42–44).

Vertragsanalyse: Verträge mit Lieferanten, Logistikdienstleistern und Kunden enthalten oftmals komplexe rechtliche und betriebliche Regelungen. NLP ist in der Lage, juristische Texte zu verstehen. Wichtige Vertragsbedingungen und Klauseln können auf diese Weise einfacher identifiziert werden (Pufahl und Dimmig 2025, S. 32; Wagner 2020, S. 58–59).

Risikofrüherkennung: Externe Risiken können zu Störungen und Ausfällen führen. Um dies zu vermeiden wird ein Risikomanagementsystem benötigt (Kleemann et al. 2025, S. 645). Die Risiken sollten mög-

²⁶ Quelle: Eigene Darstellung; $94 \leq n \leq 98$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.

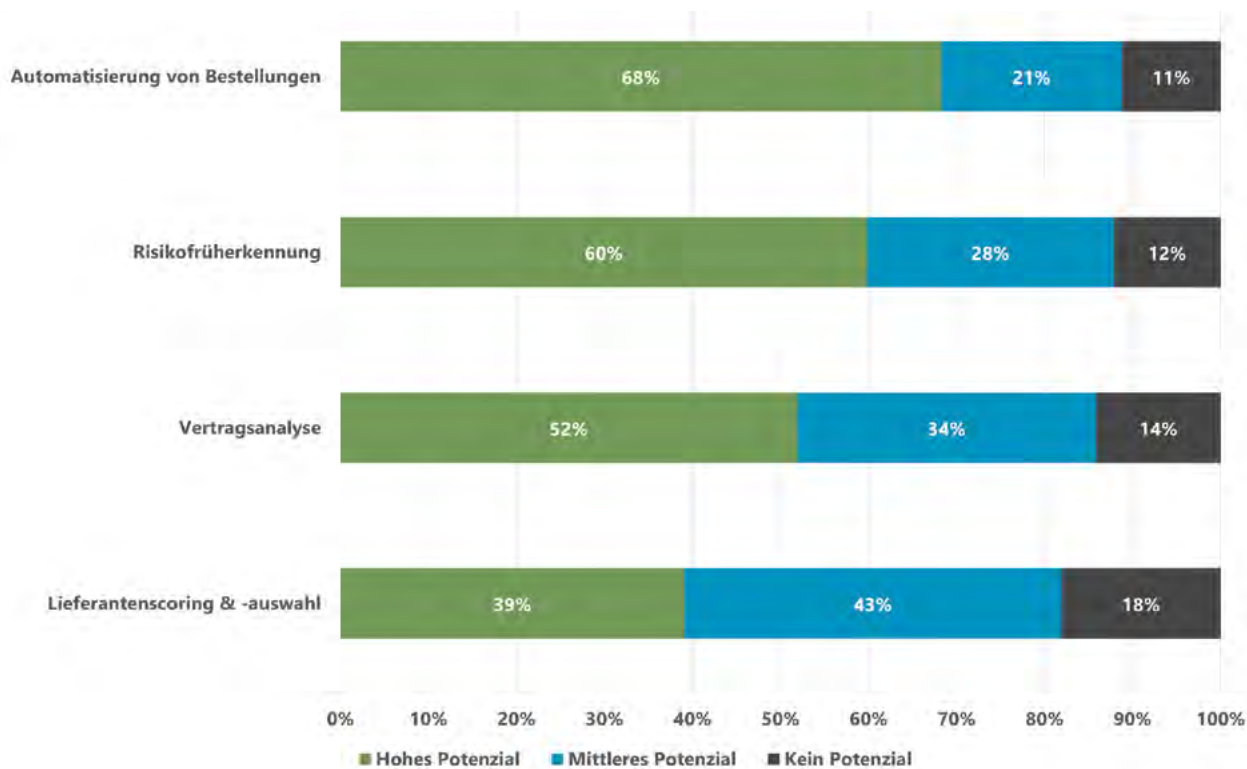


Abbildung 18: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Source“²⁷

lichst früh erkannt werden. Dabei können NLP und Advanced Analytics beitragen. Dadurch können interne und externe Datenquellen wie Nachrichtenportale, Wetterdienste oder soziale Medien analysiert werden.

Automatisierte Bestellungen: Durch automatisierte Bestellungen können Einkaufsprozesse beschleunigt werden. Manuelle, zeitintensive oder fehleranfällige Einkaufsvorgänge können mithilfe von RPA automatisiert ausgeführt werden. Die Vorgänge sollten dabei möglichst standardisiert sein. Dies bietet mehr Effizienz, eine Kostenreduktion und eine niedrige Fehleranfälligkeit im Gegensatz zum manuell durchgeführten Vorgang (Buchholz und Delke 2022, S. 324–325).

Im Vergleich zu den Anwendungsfällen im SCOR-Prozess „Plan“ wird das Potenzial der ausgewählten Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Source“ niedriger eingeschätzt (siehe dazu Abbildung 18).²⁸ Ein hohes Potenzial wird vor allem der KI-basierten Automatisierung von Bestellungen sowie der Risikofrüher-

erkennung zugesprochen. Die Vertragsanalyse wird immerhin noch von der Hälfte der Teilnehmenden mit einem hohen Potenzial bedacht, während Lieferantenscoring und Lieferantenauswahl als deutlich weniger interessant erscheinen.

Der Anteil der Unternehmen, die KI in den ausgewählten Anwendungsfällen im SCOR-Prozess „Source“ einsetzen, ist derzeit gering (siehe dazu Abbildung 19). Den höchsten Einsatzgrad erhält die KI-unterstützte Automatisierung von Bestellungen: Jedes sechste Unternehmen setzt dabei KI ein; ein Viertel der Unternehmen testet derzeit.

Die anderen Anwendungsfälle werden derzeit von weniger als jedem zehnten Unternehmen umgesetzt. Sämtliche Anwendungsfälle werden von einem nicht geringen Anteil der Unternehmen auch zukünftig nicht umgesetzt werden: Rund 30 % bis 40 % der Unternehmen planen keinen Einsatz oder Test von KI für diese Anwendungsfälle.

²⁷ Quelle: Eigene Darstellung; $105 \leq n \leq 107$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100 % sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

²⁸ Auch hier ist bei der Bewertung der Potenziale zu berücksichtigen, dass nicht alle Teilnehmenden der Umfrage unmittelbar mit dem Prozess „Source“ zu tun haben, was die Einschätzung des Potenzials reduzieren kann.

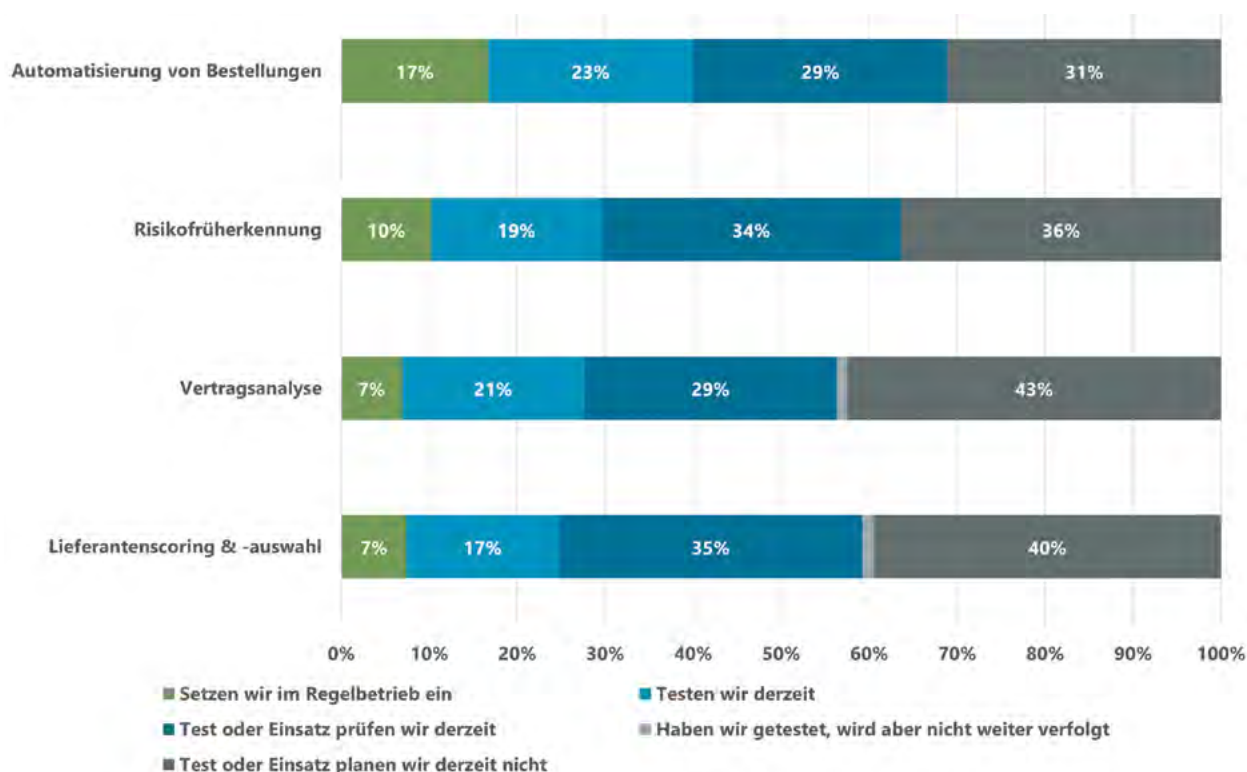


Abbildung 19: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Source“²⁹

Weitere Anwendungsfälle für KI, die von Teilnehmenden genannt wurden, sind: Analyse von Buying-Problemen, Überprüfung von Auftragsbestätigungen (als Teil der Bestellabwicklung), Identifikation von Worst-Case-Szenarien (als Teil der Risikofrüherkennung innerhalb des Supply Chain Risk Managements).

5.2.4 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Make“

Im SCOR-Prozess „Make“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Predictive Maintenance,
- Produktionsplanung,
- Qualitätskontrolle,
- Energieverbrauchsoptimierung.

Predictive Maintenance: Predictive Maintenance (deutsch: vorausschauende Instandhaltung) zielt darauf ab, den Lagerbetrieb aufrecht zu erhalten, indem

Vorhersagen über die Restdauer von Maschinen oder mögliche Ausfälle getroffen werden. ML kann dabei unterstützen, historische Maschinendaten auszuwerten und auf diese Weise bestimmen, wann eine Instandhaltung nötig ist (Carvalho et al. 2019, S. 2).

Produktionsplanung: Bei der Produktionsplanung soll die Herstellung von Gütern so organisiert werden, dass Ressourcen effizient verwendet werden. Dabei können KI-gestützte Optimierungsalgorithmen unterstützen. Die berücksichtigen historische Daten sowie aktuelle Gegebenheiten und Einflüsse und können so zu einem optimalen Plan beitragen (Schlenkrich und Parragh 2023, S. 1029–1035).

Qualitätskontrolle: Die Qualitätskontrolle stellt sicher, dass Produktqualität eingehalten wird. Besonders in der Fertigungsindustrie ist dies wichtig. Um diese sicherzustellen, kann man auch Computer Vision nutzen. Computer Vision ist in der Lage, Bilder erfassen, aber auch Objekte erkennen oder verfolgen. Dadurch können Abweichungen bezüglich bestimmter Eigen-

²⁹ Quelle: Eigene Darstellung; $81 \leq n \leq 90$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.

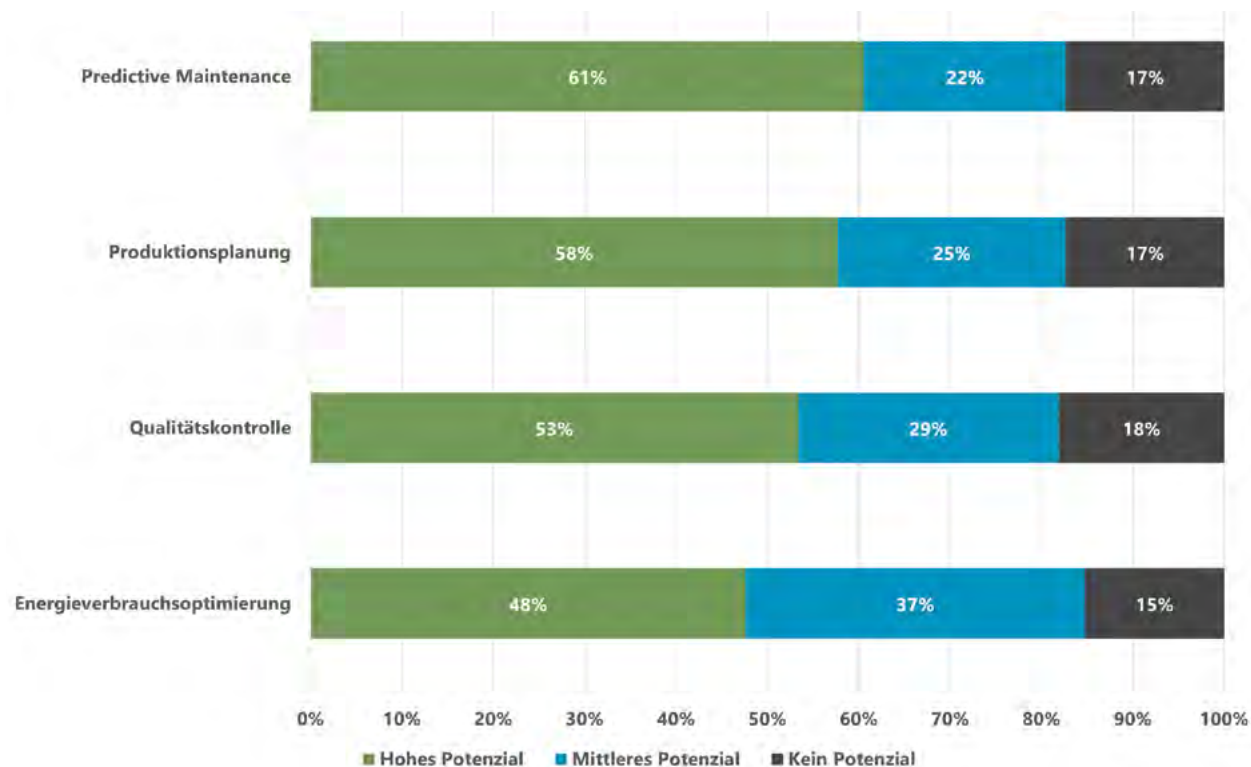


Abbildung 20: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Make“³⁰

schaften wie Farbe, Abmessungen oder Kratzer innerhalb kürzester Zeit erkannt werden (Mijailović et al. 2023, S. 161–162).

Energieverbrauchsoptimierung: Der Energieverbrauch ist ein großer Kostenfaktor in der Fertigung. Durch den Einsatz von ML können die Verbrauchsdaten ausgewertet werden. Auf diese Weise kann der Energiebedarf besser eingeschätzt werden und Einsparpotenziale im Energieverbrauch können identifiziert werden.

Das Potenzial der spezifischen Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Make“ wird allgemein gesehen (Abbildung 20): Rund die Hälfte oder mehr der Teilnehmenden sieht ein hohes Potenzial. Besonders geeignet erscheinen Predictive Maintenance sowie Produktionsplanung.

Abbildung 21 zeigt, dass jeweils drei von zehn Unternehmen KI für Predictive Maintenance, Qualitätskontrollen sowie Produktionsplanung entweder bereits im Regelbetrieb einsetzen oder testen. Weitere drei von

zehn Unternehmen planen einen Einsatz oder einen Test. Der Einsatz von KI für die Energieverbrauchsoptimierung ist dagegen auf einem niedrigeren Niveau.

5.2.5 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Deliver“

Im SCOR-Prozess „Deliver“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Routenoptimierung,
- Dynamisches Fulfillment,
- Sendungsverfolgung und Zustellprognosen,
- Kundenkommunikation.

Routenoptimierung: Bei einer Lieferung möchte man versuchen, die effizienteste Route zu bestimmen. Dies ist aber nicht immer der kürzeste Weg. Es gibt weitere Faktoren wie beispielsweise der Verkehr oder die Wetterbedingungen. ML und Optimierungsalgorithmen

³⁰ Quelle: Eigene Darstellung; $104 \leq n \leq 105$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

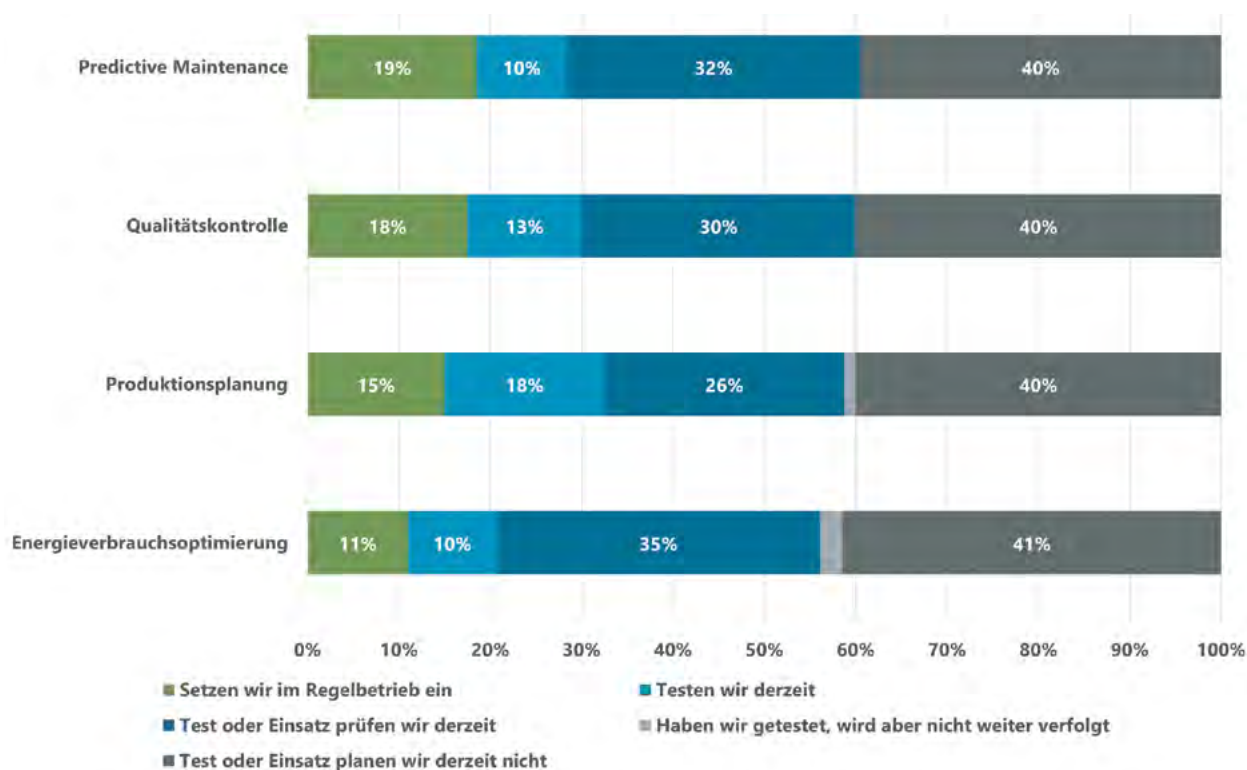


Abbildung 21: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Make“³¹

men können hier genutzt werden, um die beste Route zu bestimmen. Anhand der Analyse von historischen und Echtzeitdaten kann die Route optimiert werden (Pflaum et al. 2017, S. 31–32).

Dynamisches Fulfillment: Fulfillment bezieht sich auf den gesamten Prozess der Auftragsabwicklung. Dynamisch wird es dann, wenn das System in der Lage ist, sich je nach Gegebenheit anzupassen. Dies kann beispielsweise durch ML geschehen. ML kann Daten nutzen, um die Fulfillment-Strategie zu optimieren, sodass Entscheidungen in Echtzeit getroffen werden können (Queng 2022, S. 68–69).

Sendungsverfolgung und Zustellprognosen: Durch die Sendungsverfolgung kann man transparent den Lieferprozess verfolgen. Die Zustellprognose kann dem Kunden darüber Auskunft geben, wann die Lieferung bei ihm ankommt. Für diese Informationen kann ML insbesondere die Zeitreihenanalyse genutzt werden. Auf Grundlage von historischen und Echtzeitdaten kann eine Zustellprognose gegeben werden.

Kundenkommunikation: Der Kontakt zum Kunden ist wichtig. Darüber werden Bestellungen oder sonstige Fragen beantwortet. Dafür kann ein Chatbot oder ein Virtueller Assistent, die mithilfe von NLP trainiert wurden, Kundenanfragen verstehen und mit Kunden selbstständig virtuell kommunizieren. Durch die schnelle Reaktion kann die Kundenzufriedenheit gesteigert werden (Peukert 2025, S. 45–47).

Im SCOR-Prozess „Deliver“ wird das größte Potenzial für den KI-Einsatz bei der Routenoptimierung gesehen (siehe dazu Abbildung 22). Auch bei den anderen drei Anwendungsfällen sieht rund die Hälfte der Teilnehmenden ein hohes Potenzial.³²

Für den Anwendungsfall der Routenoptimierung, bei dem die meisten Teilnehmenden ein hohes Potenzial für den Einsatz von KI sehen, wird derzeit von mehr als jedem fünften Unternehmen KI eingesetzt; ein weiteres Fünftel der Unternehmen testet den KI-Einsatz (siehe dazu Abbildung 23). Bei Sendungsverfolgung und Zustellprognosen sowie Kundenkommunikation

³¹ Quelle: Eigene Darstellung; $80 \leq n \leq 82$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.

³² Das grundsätzlich hohe Potenzial kann auch mit dem hohen Anteil an Teilnehmenden von Logistikdienstleistern zusammenhängen (siehe Abschnitt 2.2).

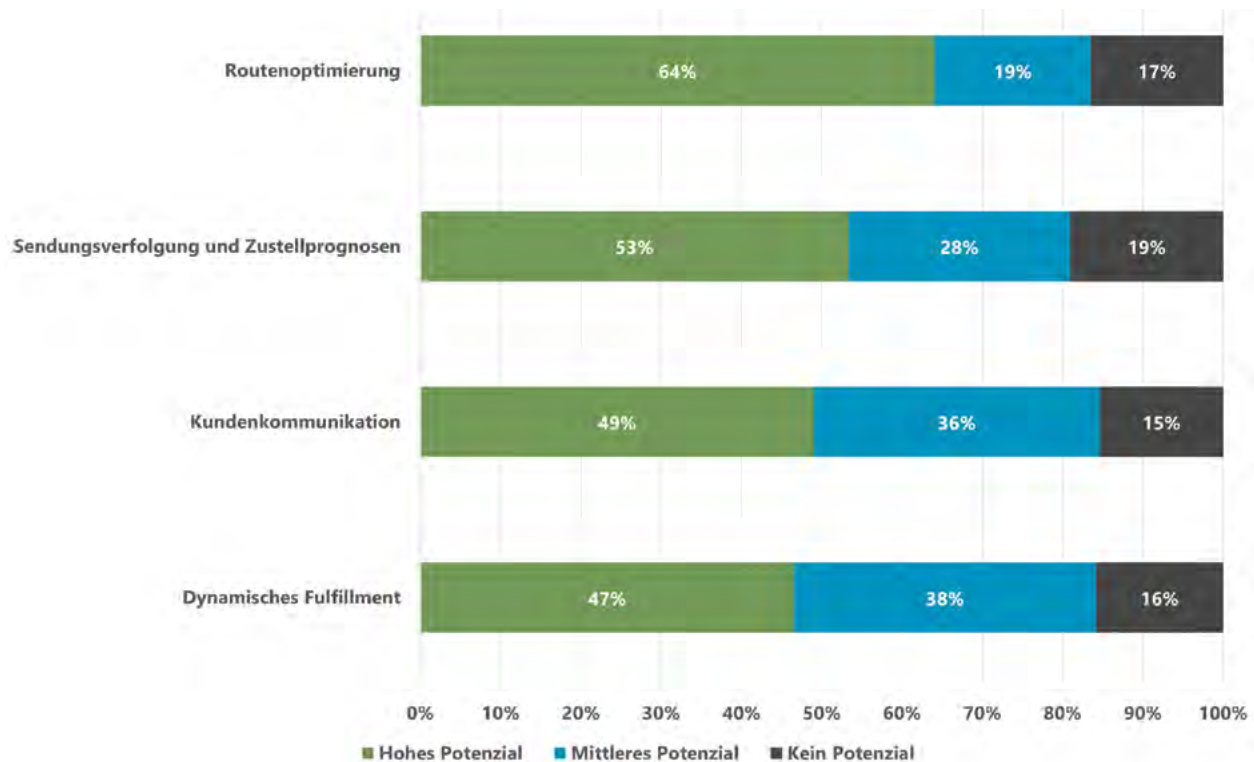


Abbildung 22: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Deliver“³³

wird derzeit von etwa jedem sechsten Unternehmen KI im Regelbetrieb eingesetzt. Bei der Kundenkommunikation testet ein Viertel der Unternehmen den KI-Einsatz.

5.2.6 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Return“

Im SCOR-Prozess „Return“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Retourenprognose,
- Automatische Identifikation & Sortierung,
- Entscheidungslogik für Weiterverwendung,
- Betrugserkennung bei Rückgaben.

Retourenprognose: Mit der Retourenprognose soll vorhergesagt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit einer Rücksendung ist und auch der Grund für die Retoure. Um die Rückläuferquoten zu minimieren kann man Zeitreihenanalysen nutzen. Anhand von

historischen Daten können Muster erkannt werden. Mit der Prognose können Strategien und Maßnahmen abgeleitet werden (Cui et al. 2020, S. 612–613).

Automatische Identifikation & Sortierung: Bei der Bearbeitung von Rücksendungen kann Computer Vision dazu beitragen, dass Rücksendungen automatisch erkannt und richtig sortiert werden. Es kann nicht die Verpackung und den Produkttyp erkennen, sondern auch der Zustand. So können sie dem richtigen Prozess zugeordnet werden, wie beispielsweise dem Wiederverkauf oder Reparatur (Schlüter et al. 2021, S. 301–302).

Entscheidungslogik für Weiterverwendung: Bei Retouren steht man vor der Frage, ob das Produkt weiterverwendet werden kann. Bei dieser Entscheidung können Entscheidungsalgorithmen helfen. Je nach Zustand und Nachfrage nach dem Produkt werden Empfehlungen zur Weiterverwendung des Produktes gegeben (Schlüter et al. 2021, S. 302).

Betrugserkennung bei Rückgaben: Auch bei Retouren kann es zu Betrug kommen. Durch Anomalieerken-

³³ Quelle: Eigene Darstellung; $101 \leq n \leq 105$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

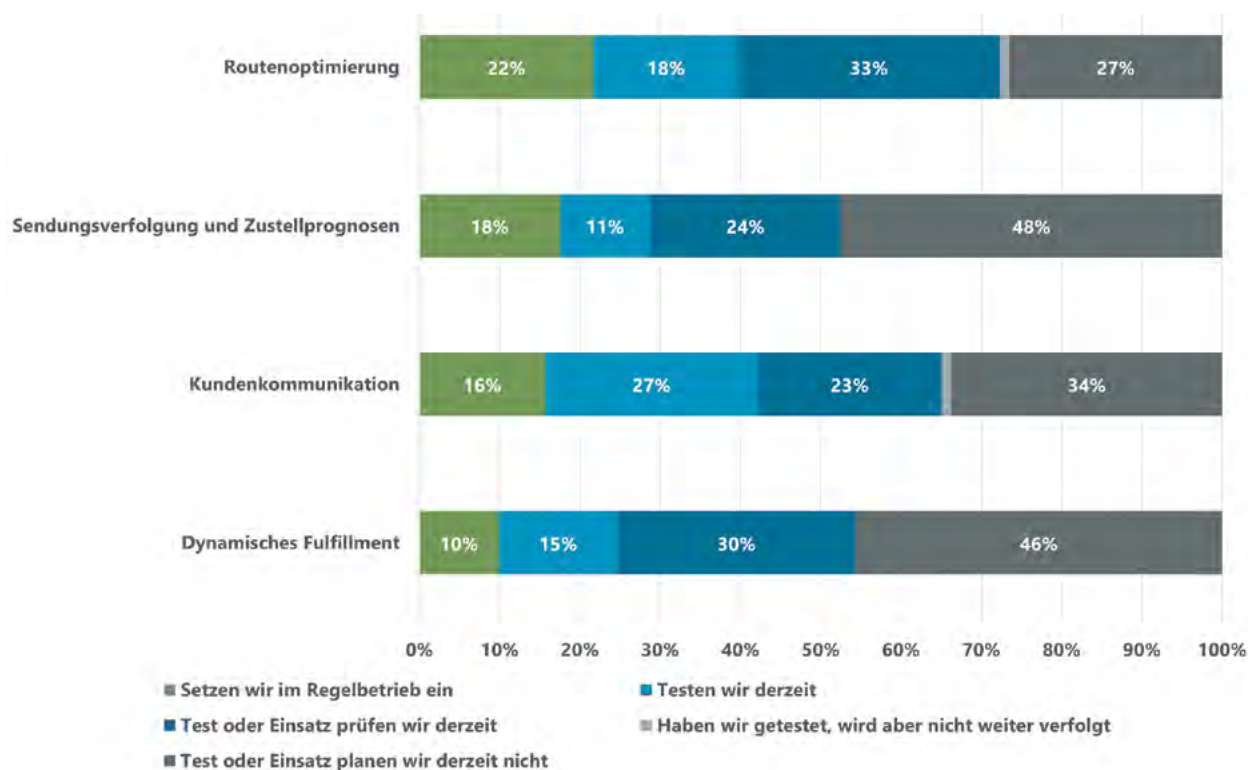


Abbildung 23: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Deliver“³⁴

nung kann ein solches Verhalten aufgedeckt werden. Mithilfe von ML können historische Rückgabedaten analysiert und ungewöhnliche Muster aufgedeckt werden, die auf einen Betrug hinweisen (vgl. mit Fokus auf E-Commerce die Aussagen von Mutemi und Bacao 2024, S. 420–421).

Der KI-Einsatz für ausgewählte Anwendungsfälle erscheint im Vergleich zu anderen Prozessen für den SCOR-Prozess „Return“ weniger Potenzial aufzuweisen (siehe Abbildung 24). Den KI-Einsatz bei einer automatischen Identifikation und Sortierung bewerten immerhin rund 40% der Teilnehmenden mit einem hohen Potenzial. Die anderen Anwendungsfälle werden von einem deutlich geringeren Anteil der Unternehmen als bedeutsam eingeschätzt.

Das insgesamt geringer eingeschätzte Potenzial zeigt sich auch in der Umsetzung von KI-Ansätzen für die ausgewählten Anwendungsfälle, wie Abbildung 25 zeigt. Jedes neunte Unternehmen hat KI für eine automatische Identifikation und Sortierung im Einsatz, jedes 14. Unternehmen für die Retourenprognose. An-

dere Anwendungsfälle sind bisher kaum umgesetzt. Auch der Anteil der Unternehmen, die KI derzeit in einem der Anwendungsfälle testen, ist deutlich niedriger.

Die anscheinend geringe Bedeutung und der aufgrund der Antworten niedrige Umsetzungsgrad können auch damit zu tun haben, dass der SCOR-Prozess „Return“ nicht zu den Aufgaben eines Großteils der Teilnehmenden gehört. Insbesondere dann, wenn Teilnehmende aus dem Bereich Einkauf oder Beschaffung stammen, werden Themen wie Retouren nicht im Tätigkeitsbereich vorkommen. Möglicherweise ist der „Return“-Prozess ausgelagert, so dass auch durch die Fremdvergabe der Überblick über diesen Prozess eingeschränkt ist.

5.2.7 Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Enable“

Im SCOR-Prozess „Enable“ wurden folgende Anwendungsfälle analysiert, die nachfolgend erläutert werden:

- Prozess-Mining & Anomalieerkennung,

³⁴ Quelle: Eigene Darstellung; $80 \leq n \leq 83$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.

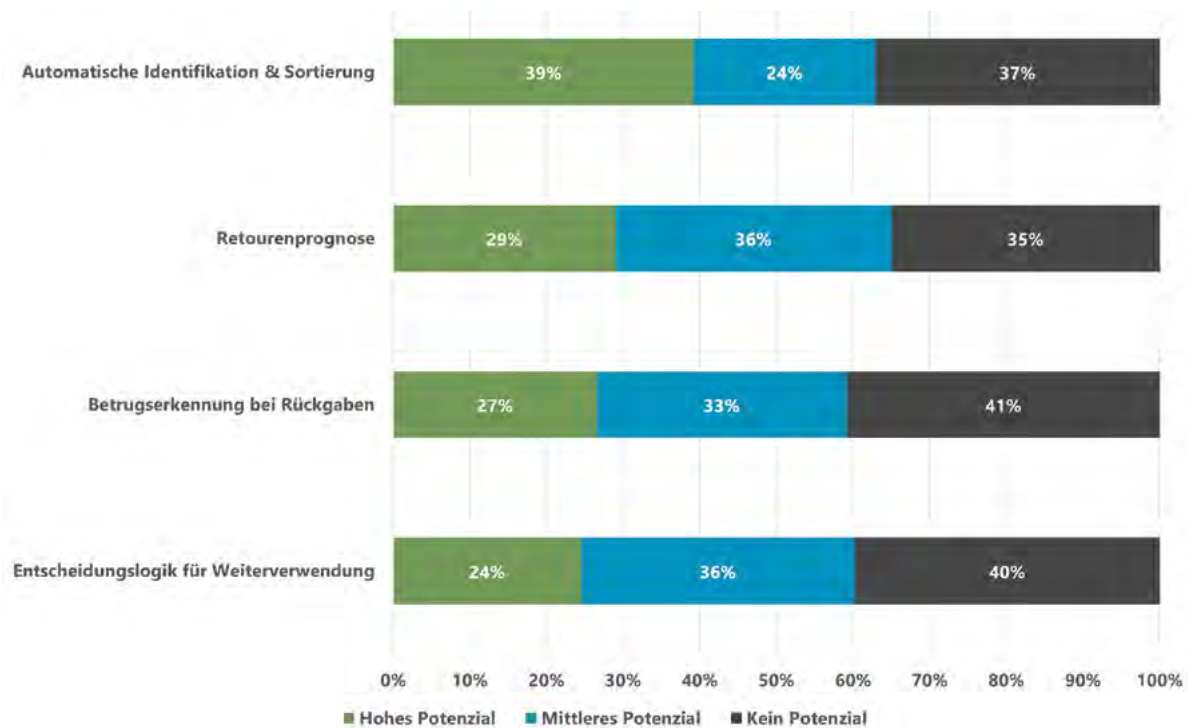


Abbildung 24: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Return“³⁵

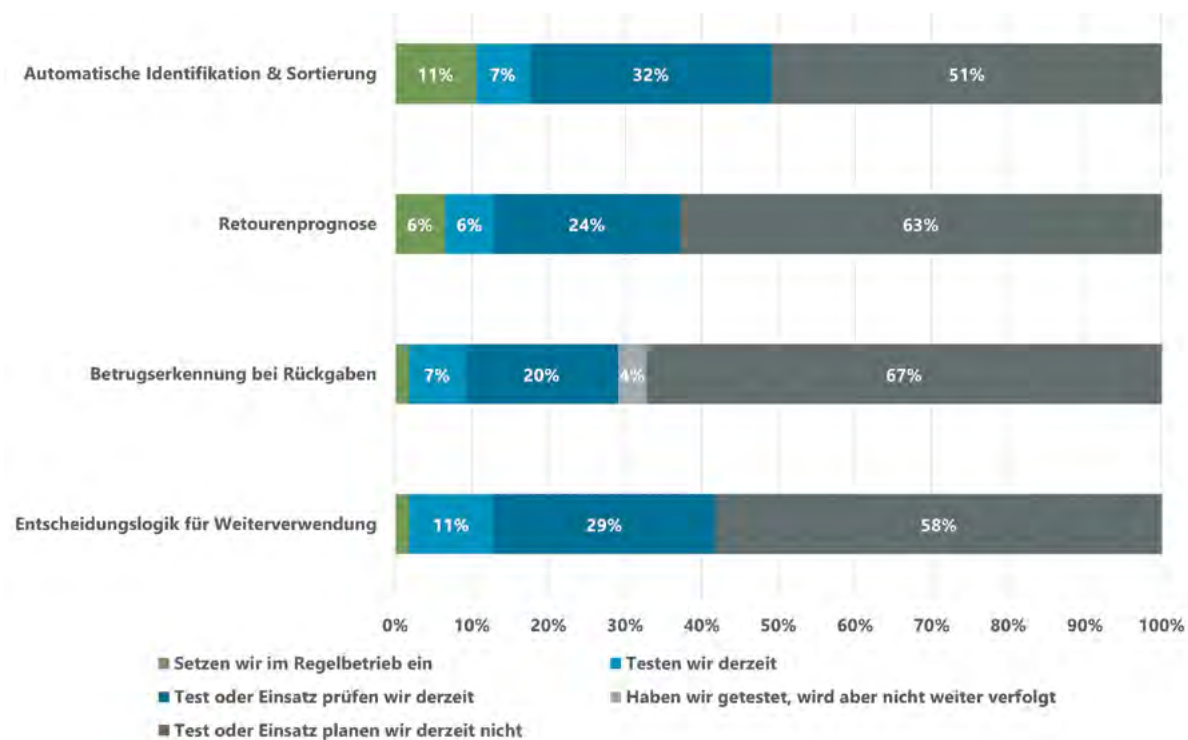


Abbildung 25: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Return“³⁶

³⁵ Quelle: Eigene Darstellung; $98 \leq n \leq 100$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

³⁶ Quelle: Eigene Darstellung; $55 \leq n \leq 62$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.



- Stammdatenmanagement,
- Compliance-Checks & Audit.
- Automatisiertes Reporting & KPIs.

Prozess-Mining & Anomalieerkennung: Beim Prozess-Mining Protokolldaten von Prozessdaten analysiert, um den Prozess optimieren zu können. Mithilfe von ML können Muster und Abweichungen erkannt werden. Dadurch können die Prozesse genau analysiert und Verbesserungspotenziale identifiziert werden (Bärmann et al. 2021, S. 28–29).

Stammdatenmanagement: Beim Stammdatenmanagement geht es um die Verwaltung und Pflege von grundlegenden Daten von Kunden, Lieferanten, Produkten, etc.. Diese sollten möglichst immer aktuell und vollständig sein. Um dies zu gewährleisten kann man NLP einsetzen: NLP ist in der Lage Daten auszulesen und in das Stammdatenmanagement zu integrieren (Hechler et al. 2023, S. 245–246). ML kann dabei helfen, Muster und Zusammenhänge in den Daten zu erkennen oder auch fehlerhafte Einträge zu identifizieren (Hechler et al. 2023, S. 248–252).

Compliance-Checks & Audit: Um zu kontrollieren, dass Geschäftsprozesse den gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen entsprechen, müssen Compliance-Checks und Audits durchgeführt werden (Hechler et al. 2023, S. 206–209). Auch hier können NLP und Entscheidungsalgorithmen für Risikobewertungen genutzt werden.

Automatisiertes Reporting & KPIs: Reportings und KPIs sind für die Überwachung von Geschäftsprozessen wichtig. Durch Anwendung von ML und Business Intelligence-Tools können die Kennzahlen automatisiert und in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden (Bharadiya 2023, S. 19–23).

Die in Abbildung 26 aufgeführten Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Enable“ werden von einem hohen Anteil der Teilnehmenden mit einem hohen Potenzial für den Einsatz von KI bewertet. Dreiviertel der Unternehmen sehen ein hohes Potenzial für den KI-Einsatz beim automatisierten Reporting und der Datenaggregation für KPI, zwei Drittel für die Unterstützung beim Stammdatenmanagement. Immerhin die Hälfte der Teilnehmenden bewertet den KI-

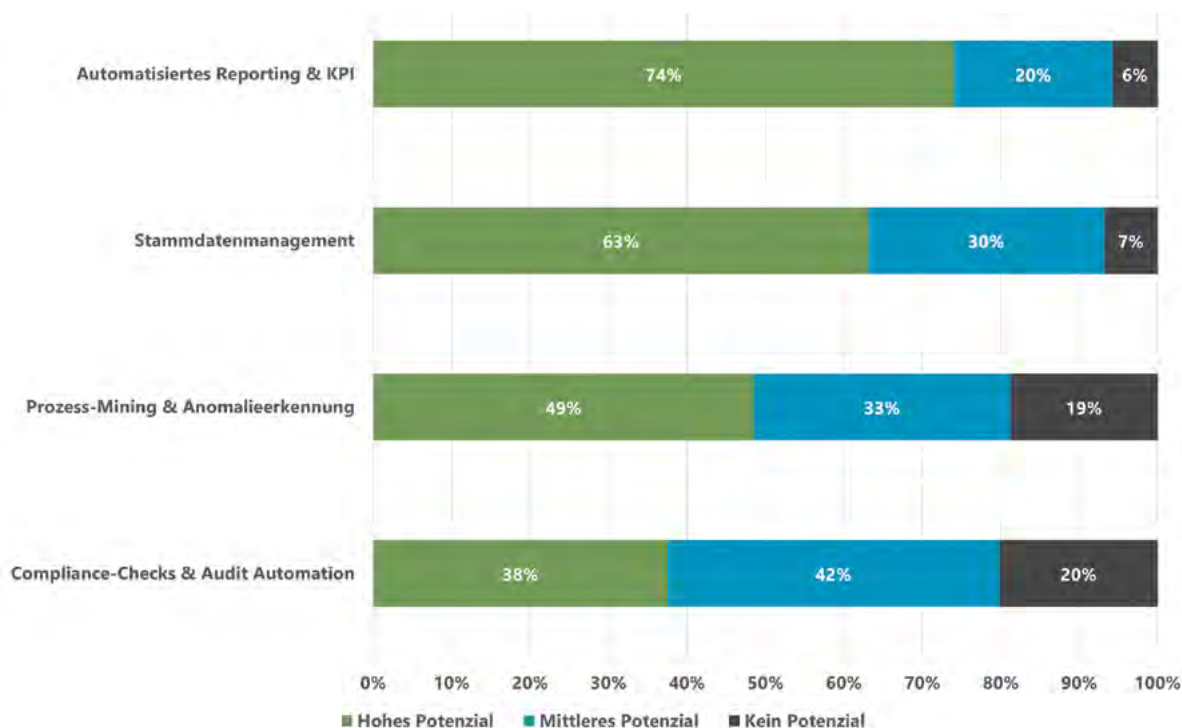


Abbildung 26: Potenzial ausgewählter Anwendungsfälle für KI im SCOR-Prozess „Enable“³⁷

³⁷ Quelle: Eigene Darstellung; 101 ≤ n ≤ 104. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100 % sein. Sortierung auf Basis von „Hohes Potenzial“.

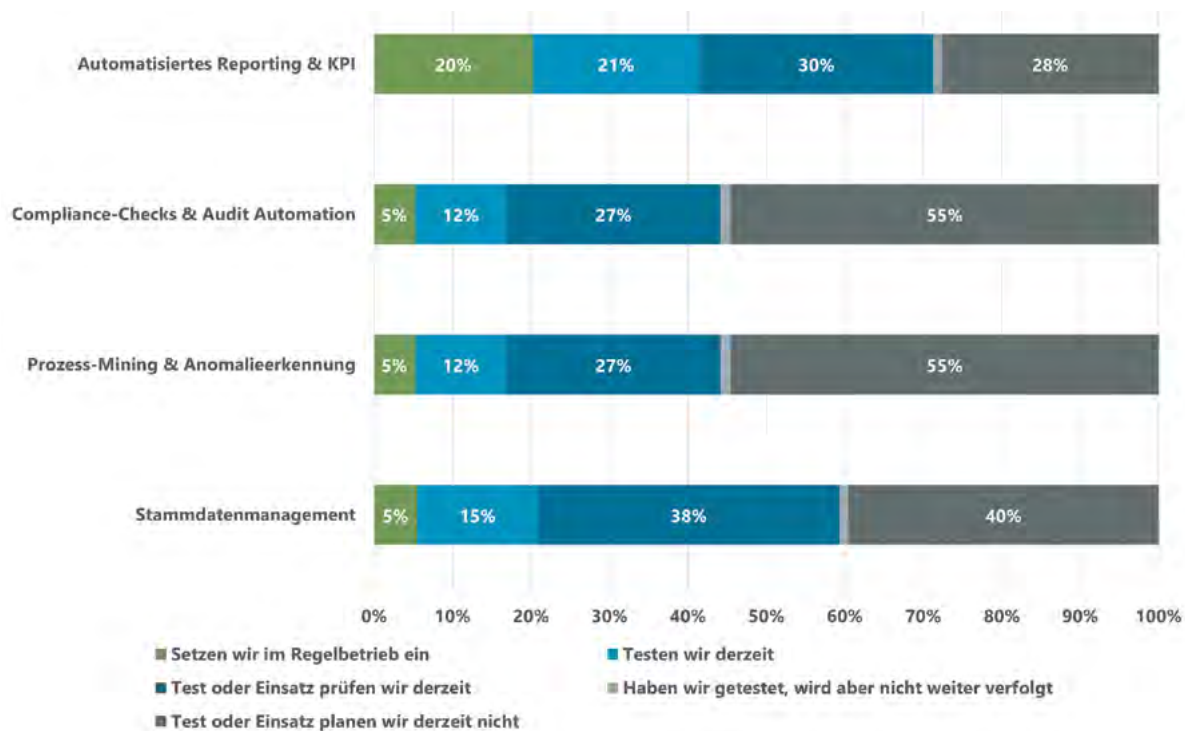


Abbildung 27: Einsatz für KI für ausgewählte Anwendungsfälle im SCOR-Prozess „Enable“³⁸

Einsatz beim Prozess-Mining und der Erkennung von Anomalien als nutzbringend.

Auch wenn das Potenzial für den KI-Einsatz in den spezifischen Anwendungsfällen als hoch eingeschätzt wird, ist nur der Anwendungsfall des automatisierten Reporting und der Datenaggregation für KPI von einem nennenswerten Anteil der Unternehmen umgesetzt (siehe Abbildung 27). Andere Anwendungsfälle werden derzeit getestet, wobei nur jedes fünfte Unternehmen in diesen Anwendungsfällen KI entweder bereits im Regelbetrieb einsetzt oder im Test laufen hat. KI-basierte Compliance-Checks und die Automatisie-

rung von Audits sowie Process-Mining und die Erkennung von Anomalien wird von mehr als der Hälfte der Unternehmen nicht verfolgt, auch wenn das Potenzial, wie oben dargestellt, von einem nicht unerheblichen Anteil der Teilnehmenden gesehen wird.

Weitere Anwendungsfälle für KI, die von Teilnehmenden genannt wurden, sind: Wissensmanagement, Formulierung von Texten/Unterstützung bei der Texterstellung, Rechnungsdigitalisierung, Unterstützung des technischen Personals bei der Fehleranalyse und der Fehlerbehebung durch KI-unterstützte/-erzeugte Hilfestellungen.

5.3 Erfahrungen bei der Einführung und bei der Nutzung von KI

5.3.1 Erfahrungen bei der Einführung von KI

Im Rahmen der durchgeführten Umfrage wurden die Teilnehmenden gezielt nach positiven und negativen Erfahrungen bei der Einführung von KI-Technologien

in Supply Chains befragt. Die Auswertung der Rückmeldungen zeigt ein differenziertes Bild: Während zahlreiche Unternehmen von Effizienzgewinnen und

³⁸ Quelle: Eigene Darstellung; $77 \leq n \leq 94$. Die Summe der Prozentwerte kann aufgrund von Rundungen ungleich 100% sein. Sortierung auf Basis von „Setzen wir im Regelbetrieb ein“.



einer verbesserten Benutzerfreundlichkeit berichtet, wurden gleichzeitig Herausforderungen in Bezug auf Implementierungsaufwand, Datenschutz und Akzeptanz genannt.

Zahlreiche Organisationen betonten zunächst die Vorteile, die sich bereits im Einführungsprozess bemerkbar machten. Besonders hervorgehoben wurde die Möglichkeit, durch den Einsatz von KI Effizienz- und Produktivitätsgewinne zu realisieren.

Der jetzige Treiber ist die Kostenoptimierung. Business Cases rechnen sich sehr schnell. Es wird dann ein Modell gebaut und implementiert.
Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

Ein Treiber für Digitalisierung ist, dass Prozesskosten minimiert werden. Prozesskosten führen aber auch zu Personalkosten, vor allem bei fehlenden Fachkräften. Es können aber auch Assets eingespart werden.
Christian Winkelmann, Teilprojektleiter Material & Logistics, Siemens Mobility GmbH

Unternehmen berichteten von einer Reduzierung manueller Tätigkeiten, der Automatisierung von Routineaufgaben sowie einer schnellen Verarbeitung großer Datenmengen, was zu einer spürbaren Zeit- und Kostenersparnis führte. Diese Vorteile wirkten sich vor allem in der Logistikplanung positiv aus.

Der Einsatz von KI soll zur Unterstützung dienen und dabei vor allem zu mehr Effizienz und Zeiterparnis führen.
A. Kramer, Einkauf

Darüber hinaus erwies sich die Benutzerfreundlichkeit der Systeme als förderlicher Faktor für eine erfolgreiche Einführung. Mehrere Unternehmen schilderten ein unkompliziertes Onboarding sowie eine intuitive Bedienbarkeit, die eine zügige Integration erleichterten. Ergänzend dazu wurde die Zusammenarbeit mit externen Partnern mehrfach als Vorteil genannt, da deren Fachwissen den Implementierungsprozess unterstützte.

Trotz dieser positiven Erfahrungen traten bei der Einführung von KI auch deutliche Schwierigkeiten auf. Ein wiederholt genannter Aspekt war der hohe Aufwand und die Komplexität der Implementierung. Unternehmen verwiesen auf einen erheblichen Ressourceneinsatz, einen umfangreichen Abstimmungsbedarf

zwischen Stakeholdern (IT, Datenschutz, Betriebsrat, Management) sowie die Notwendigkeit, Anwendungsfälle präzise zu definieren, um Verzögerungen zu vermeiden.

Größte Hemmnisse bei der KI ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Weiterhin ist entscheidungsrelevant, dass keine unternehmensinternen wettbewerbskritischen Informationen nach außen gelangen.
Christian Winkelmann, Teilprojektleiter Material & Logistics, Siemens Mobility GmbH

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist noch nicht ausgewogen. Es sind hohe Investitionen und ein großer Zeitaufwand erforderlich. Es dauert daher lange, bis sich das auszahlt.
A. Kramer, Einkauf

Darüber hinaus wurden Datenschutz- und Compliance-Fragen als zentrale Herausforderung identifiziert. Die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben und der Schutz sensibler Daten führten in vielen Fällen zu zusätzlichen Abstimmungen und einem erhöhten organisatorischen Aufwand.

Auch die menschliche Dimension spielt eine Rolle. Einige Rückmeldungen verdeutlichen Vorbehalte und Skepsis seitens der Belegschaft, die sich unter anderem in Sorgen um den Arbeitsplatz oder genereller Zurückhaltung gegenüber KI-Technologien äußerten.

Unsere Altersstruktur ist gemischt. Ältere Kollegen nutzen ChatGPT kaum, während in der F&E hauptsächlich junge Leute arbeiten, die gerne Neues entdecken wollen – sie sind daher besonders technikaffin.
Christian Winkelmann, Teilprojektleiter Material & Logistics, Siemens Mobility GmbH

Schließlich wurden Qualitäts- und Zuverlässigkeitsprobleme benannt. Kritisiert wurden unter anderem fehlerhafte Ergebnisse sowie ungenau definierte Anwendungsfälle, die das Vertrauen in die Systeme beeinträchtigten und zusätzlichen Kontrollaufwand erforderten.

Letztlich stellt sich die Frage, ob für die Bearbeitung bestimmter Aufgaben unbedingt KI eingesetzt werden sollte. Durch ChatGPT und andere GenAI-Anwendungen scheint KI die Lösung für alles zu sein. Es gibt aber ausreichend viele Fragestellungen, in denen andere Lösungen einen größeren Mehrwert bieten.



Die Fachabteilungen wollen KI. Wenn man sich aber die Probleme anhört, kommt man oft zu dem Schluss, dass KI keine Lösung dafür ist. Dafür können andere Methoden genutzt werden, die nicht auf KI basieren.

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

5.3.2 Erfahrungen bei der Nutzung von KI

Neben der Einführung wurden die Teilnehmenden in der Umfrage auch gezielt nach positiven und negativen Erfahrungen bei der praktischen Nutzung von KI-Technologien gefragt. Die Rückmeldungen verdeutlichen, dass die Unternehmen sowohl deutliche Vorteile als auch spezifische Herausforderungen im täglichen Einsatz identifizieren konnten.

Besonders positiv bewerteten die Befragten die Unterstützung bei der Analyse großer Datenmengen sowie die Beschleunigung von Entscheidungsprozessen. KI-Systeme dienten in vielen Fällen als wertvoller Ausgangspunkt für Recherchen, erleichterten die Dokumentenanalyse und ermöglichten eine effizientere Informationsverarbeitung. Diese Funktionen trugen insgesamt zu einer spürbaren Steigerung der Effizienz in operativen Abläufen bei.

*KI ist Key, da unterschiedlichste Daten, wie Labor-
daten, demografische Daten, Daten aus Fragebö-
gen etc. in eine Gesamtanalyse einfließen. Dies ist
sehr komplex. Ein Mensch könnte diese Beziehun-
gen nicht herstellen.*

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

Der Vorteil von KI-Agenten gegenüber Menschen ist, dass sie nicht krank werden, sie beschwerten sich nicht, sie lernen schnell.

Mike Vetter, Bereichsleiter Logistikplanung und Tendermanagement, ZUFALL logistics group

Neben der Analyseunterstützung spielte auch die Prozessautomatisierung eine wichtige Rolle. Unternehmen berichteten von Zeitgewinnen und einer deutlichen Entlastung der Mitarbeiter, da wiederkehrende Aufgaben zunehmend automatisiert erledigt werden konnten. Ergänzend wurde hervorgehoben, dass KI-Systeme einen Beitrag zur Ideenfindung und Innovationsförderung leisten, indem sie den kreativen Prozess unterstützen und neue Perspektiven eröffnen.

Nicht explizit genannt wurde die demografische Entwicklung. In den Experteninterviews wurde dieses Thema allerdings aufgegriffen.

Wir sind stark vom demografischen Wandel betroffen. In den nächsten 10 Jahren gehen zwei Drittel unserer Techniker und somit Knowhow-Träger in Rente. Dieses Wissen geht verloren. Das könnte KI abfedern. Dafür braucht man aber Sensorik in den Netzen. Die Branche steht hier noch sehr am Anfang.

Dr. Mark Jacquemin, Head of Logistics, Mainova AG, Frankfurt am Main

Der Fachkräftemangel könnte den Einsatz von Digitalisierung und KI beschleunigen. Denn was ich nicht habe, muss ich anders lösen.

Thomas Möllers, Leiter Logistik, Zoll und Exportkontrolle

Trotz dieser Vorteile nannten die Befragten auch Herausforderungen im praktischen Einsatz. An erster Stelle wurde die Zuverlässigkeit der Ergebnisse kritisch hinterfragt. In mehreren Fällen wurden ungenau dargestellte Fakten, unklare Quellen oder sogar halluzinierte Inhalte genannt, die eine zusätzliche Überprüfung erforderlich machten. Damit ändern sich beim Einsatz von KI auch Anforderungen an das Personal. In den Experteninterviews wurden vor allem das notwendige Grundlagenwissen angesprochen, um die Ergebnisse und den Output der KI bewerten oder zumindest einschätzen zu können.

Die Fragestellung muss richtig sein und der User muss die Grundkenntnisse trotzdem haben. Sonst wird die Folgerung dadurch falsch.

Mike Vetter, Bereichsleiter Logistikplanung und Tendermanagement, ZUFALL logistics group

Darüber hinaus zeigte sich ein erheblicher Schulungs- und Anpassungsbedarf. Unternehmen betonten, dass der produktive Einsatz von KI spezifische Kenntnisse erfordert, die nicht in allen Organisationen vorhanden waren. Fehlende Schulungen führten teilweise dazu, dass sich Mitarbeiter überfordert fühlten und die Potenziale der Systeme nicht vollständig nutzten.

Ein weiteres Thema war die Abhängigkeit von der Technologie, die als potenzielles Risiko eingestuft wurde. Mehrere Unternehmen wiesen darauf hin, dass ein Systemausfall erhebliche Störungen der Geschäftsprozesse verursachen könnte, was die Notwendigkeit von Backup-Lösungen und Notfallplänen unterstreicht.

6 Fazit und Handlungsempfehlungen

6.1 Fazit

Das wesentliche Fazit der BME-Logistikstudie 2025: Digitalisierungstechnologien sind oftmals bekannt, der Umsetzungsgrad hinkt allerdings (noch) hinterher. Diese Erkenntnis ist nicht neu; ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei den BME-Logistikstudien 2019 und 2022. Auch in der aktuellen Studie zeigt sich, dass das Wissen über Digitalisierungstechnologien in hohem Maße vorhanden ist: Mehr als die Hälfte der Teilnehmenden kennt mindestens acht Digitalisierungstechnologien so gut, dass sie dazu Entscheidungen über ihren Einsatz treffen können. Lediglich Technologien, deren Einsatz spezifisch ist (beispielsweise in bestimmten Branchen oder für ausgewählte Prozesse) oder deren Begriff weniger geläufig ist, werden nur von einem geringen Anteil der Teilnehmenden als gut bekannt angesehen. Der Kenntnisstand scheint jedoch tendenziell von der Unternehmensgröße abzuhängen: Teilnehmende großer Unternehmen kennen durchschnittlich mehr Technologien gut als Teilnehmende von kleinen Unternehmen. Das kann Auswirkungen auf die Entscheidungen zum Einsatz von Digitalisierungstechnologien haben: Wenn mehr Technologien bekannt sind, können Digitalisierungstechnologien mutmaßlich gezielter ausgewählt und eingesetzt werden.

Beim Einsatz von Digitalisierungstechnologien gibt es bei den Top-2-Technologien keine wesentliche Veränderung: Cloud Computing und API werden von einem Großteil der Unternehmen im Regelbetrieb eingesetzt. Auch Robotik und Automatisierung sind etablierte Technologien. Einen erheblichen Schwung erhalten KI und Big Data Analytics. Diese beiden Technologien werden zwar von weniger als der Hälfte der teilnehmenden Unternehmen im Regelbetrieb eingesetzt; allerdings holen sie insofern stark auf, als dass sie von vielen Teilnehmenden derzeit getestet werden oder der Einsatz geplant wird. Ähnliches gilt für Advanced Analytics und Digitale Zwillinge, bei denen jeweils mehr als 40 % der Teilnehmenden angaben, diese Technologien zu testen oder den Einsatz vorzusehen. Diese Entwicklung zeigt sich auch beim Blick in die Zukunft: Ein Großteil der Teilnehmenden sieht die Einführung vieler der untersuchten Digitalisierungstechnologien in den kommenden zwei, spätestens in den kommenden fünf Jahren. Führend sind dabei KI, Advanced Analytics und Digitale Zwillinge. Einige der Technologien fristen der-

zeit (noch) ein Nischendasein: Insbesondere bei Quantencomputing scheinen zu viele Argumente gegen einen zukünftigen Einsatz zu sprechen. Möglicherweise befindet sich diese Technologie auch in einer so frühen Phase des Lebenszyklus, als dass Unternehmen einen Einsatz als lohnenswert wahrnehmen.

Der Einsatz von Digitalisierungstechnologien ist mit konkretem Nutzen verbunden: Vor allem die drei klassischen Ziele im SCM – geringere Kosten, höhere Qualität, kürzere Zeitdauern – können damit erreicht werden. Dabei hängen die Ziele, die erreicht werden können, allerdings stark von der einzelnen Technologie ab, so dass keine verallgemeinernden Aussagen möglich sind. Die BME-Logistikstudie stellt für eine solche individuelle Betrachtung und Bewertung die Grundlagendaten bereit. Das Thema der stärkeren Kundenbindung spielt keine wesentliche Rolle – entweder, weil die Technologien keinen ausreichenden Beitrag leisten oder weil möglicherweise die Teilnehmenden zu wenig direkten Kundenkontakt haben. Ebenfalls lässt sich durch den Einsatz der Technologien eine höhere Flexibilität im SCM erreichen; auch hier ist eine technologiespezifische Untersuchung sinnvoll.

Weiterhin zeigt sich, dass die ausgewählten Digitalisierungstechnologien einen teilweise hohen Beitrag zu aktuellen Herausforderungen im SCM leisten können. Das Thema Risikomanagement und Resilienz wird von vielen der Technologien unterstützt, indem mehr Transparenz erzeugt wird, die Identifikation von Risiken erleichtert wird oder unmittelbar Resilienz erzeugt werden kann. Wie auch bei dem Nutzen lässt sich keine pauschale Aussage treffen, welche Technologie „die beste“ ist; vielmehr sind die Technologien einzeln zu betrachten. Eine solche technologiespezifische Analyse kann auf den ausgewiesenen Ergebnissen erfolgen. Die Unterstützung für Herausforderungen im Bereich der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit werden als niedriger bewertet als der Beitrag zu Risiko- und Resilienzmanagement. Der Anteil der Teilnehmenden, die eine CO₂-Reduktion und die Unterstützung bei sozialer Nachhaltigkeit oder bei der Einhaltung des LkSG sehen, ist gering. Die Teilnehmenden erkennen aber durchaus das Potenzial der betrachteten Digitalisierungstechnologien, zu Innovationen im SCM beizutragen, seien es neue Geschäftsmodelle oder innovative Prozesse.

6

Wesentliche Treiber für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien sind der erkennbare Mehrwert, der sich in den oben beschriebenen Nutzenpotenzialen zeigt. Digitalisierungsstrategien, so sie existieren, oder Vorgaben des Managements treiben ebenfalls den Einsatz. Nicht zu vergessen sind Kunden, die Erwartungen an ihre Lieferanten oder Dienstleister haben, und auch Wettbewerber, von denen man sich absetzen möchte. Auf der anderen Seite gibt es drei wesentliche Gründe, die den Einsatz von Digitalisierungstechnologien hemmen. Der wichtigste Grund sind die oftmals fehlenden Personalressourcen. Es gibt keine bestimmte Person, die sich – mehr oder weniger explizit – mit Digitalisierungstechnologien im SCM beschäftigen kann. Die mit dem Technologieeinsatz verbundenen Investitionen werden häufig als (noch) zu hoch angesehen. Last but not least fehlen oftmals die für den effektiven Einsatz notwendigen Stammdaten, oder die Qualität der Stammdaten ist nicht ausreichend – ein Thema, das im Verantwortungsbereich jedes Unternehmens liegt, allerdings oftmals vernachlässigt wird.

Auch wenn KI die im Rahmen der aktuellen Studie am besten bekannte Digitalisierungstechnologie ist (87% kennen KI gut, 13% kennen KI vom Namen), sind die einzelnen Teilbereiche von KI deutlich weniger bekannt. Während maschinelles Lernen mehr als die Hälfte der Teilnehmenden gut kennen, sind es bei anderen Teilbereichen weniger als 30%. Ähnlich sieht das beim Einsatz der KI-Teilbereiche, aus: Mehr als die Hälfte der Unternehmen nutzt maschinelles Lernen im Regelbetrieb,

während andere Teilbereiche nur von jedem fünften Unternehmen im Regelbetrieb genutzt werden.

Differenziert ist das Bild, wenn es um Potenzial und Einsatz von konkreten KI-Anwendungsfällen geht. Zugrunde gelegt wurden dabei die Hauptprozesse des SCOR-Modells in der Version 12. Dabei wurden insgesamt 24 Anwendungsfälle untersucht. Grundsätzlich gilt: Das Potenzial vieler KI-Anwendungsfälle wird – bis auf die Anwendungsfälle im Prozess „Return“ – von mehr als 60% der Teilnehmenden als hoch angesehen. Der Einsatz im Regelbetrieb ist bei einem deutlich geringeren Anteil der Unternehmen zu konstatieren. (Das passt zum „Aufholpotenzial“ von KI, das bereits oben thematisiert wurde.) Das konkrete Potenzial der Anwendungsfälle ist differenziert zu betrachten und hängt von den betrieblichen Fragestellungen im Unternehmen ab. Die Unterschiede zwischen Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen sind erheblich; auch können die Anforderungen in einzelnen betrieblichen Funktionen sehr unterschiedlich sein, so dass der konkrete Anwendungsfall individuell zu prüfen ist.

Grundsätzlich lässt sich – vor allem in Bezug auf die durch die Teilnehmenden beschriebenen Nutzen und Einsatzmöglichkeiten für aktuelle Herausforderungen – konstatieren: Digitalisierungstechnologien können einen erheblichen Nutzen bieten, der zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit beiträgt. Die konkreten Technologien und Anwendungsfälle sind aber individuell zu prüfen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können dafür als sinnvolle Grundlageninformationen fungieren.

6.2 Handlungsempfehlungen

Aus den Erkenntnissen der diesjährigen Studie lassen sich Handlungsempfehlungen ableiten. Sie sollen dazu führen, sich intensiver mit dem Potenzial der Digitalisierungstechnologien auseinanderzusetzen und so die Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Unternehmens zu stärken.

Als Handlungsempfehlungen gelten:

- Sich mit Digitalisierungstechnologien befassen!
- Personalressourcen aufbauen und Verantwortlichkeiten für Digitalisierung festlegen!
- Digitalisierung gezielt bewerten, auswählen und einsetzen!
- Die Bandbreite von KI erkennen und nutzen!
- To Do: Stammdatenpflege!

Sich mit Digitalisierungstechnologien befassen!

Kernaussage: Viele der aktuellen Digitalisierungstechnologien sind gut bekannt. Das ist positiv. Diese beiden Sätze entsprechen wortwörtlich der Empfehlung der BME-Logistikstudie 2022. Aber: In den vergangenen drei Jahren hat sich, allein durch die inzwischen für alle zugänglichen Möglichkeiten und Tools generativer KI (GenAI), eine erhebliche Weiterentwicklung der Digitalisierungssituation ergeben. Diese Weiterentwicklung ist allerdings nicht auf GenAI beschränkt; sie gilt für alle diskutierten Digitalisierungstechnologien sowie auch für die sich in der Entwicklung befindlichen Technologien.

Schlussfolgerung: Um richtige Entscheidungen hinsichtlich der Digitalisierung von Supply Chains treffen

zu können, müssen Manager im SCM die relevanten Technologien kennen. Ansonsten besteht – insbesondere für KMU, bei denen ein geringeres Know-how zu Digitalisierungstechnologien vorhanden ist – die Gefahr, bei der digitalen Transformation abgehängt zu werden. Diese Lücke kann im Laufe der Zeit größer werden.

Es kommen ständig neue Technologien dazu, man hat immer mit neuen Menschen, neuen Prozessen und neuen Themen zu tun. Daher muss man für ein lebenslanges Lernen bereit sein.

*Christian Winkelmann, Teilprojektleiter
Material & Logistics, Siemens Mobility GmbH*

Empfehlung: Unternehmen müssen sich noch intensiver als bisher mit den Digitalisierungstechnologien auseinandersetzen. Dabei gilt es insbesondere, Technologien zu kennen, ihre Anwendungsmöglichkeiten und ihren Nutzen, aber genauso auch die Grenzen und technischen oder organisatorischen Voraussetzungen.

Technologien ändern sich so schnell. Man muss up-to-date bleiben.

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

Personalressourcen aufbauen und Verantwortlichkeiten für Digitalisierung festlegen!

Kernaussage: Fehlende Personalressourcen sind das an erster Stelle genannte Hemmnis für die Einführung und Nutzung von Digitalisierungstechnologien. Dieses Hemmnis hat zwei Facetten. Auf der einen Seite gibt es möglicherweise auf dem Arbeitsmarkt einen Engpass an Personen, die das entsprechende Know-how aufweisen. Das ist eine Herausforderung auf der Angebotsseite. Sie wird allerdings dadurch reduziert, dass vor allem in Zeiten verminderter volkswirtschaftlicher Dynamik Unternehmen bei den Einstellungen zurückhaltend sind und damit beispielsweise Absolvierende von Hochschulen verfügbar sind. Auf der anderen Seite ist es auch eine Frage, ob Unternehmen im eigenen Stamm an Mitarbeitenden klare Verantwortlichkeiten, verbunden mit den notwendigen Ressourcen (vor allem Zeit), übertragen.

Es braucht Mitarbeiter, die sich in das Business-Problem einarbeiten können.

Principal Data & AI Scientist, Globales Medtech Unternehmen

Schlussfolgerung: Wenn keine klaren Verantwortlichkeiten festgelegt sind, besteht die Gefahr, dass Digi-

talisierung neben dem Tagesgeschäft behandelt wird – falls noch Zeit bleibt. Damit wird Digitalisierung zur Nebensache.

Es scheitert häufig an der durch die Geschäftsführungen vorgegebenen Strategie. Es gibt niemanden, der festlegt: „Das wollen wir jetzt!“ Vielmehr hat man Angst vor KI und schreckt davor zurück.

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Empfehlung: Unternehmen sollten klare Verantwortlichkeiten festlegen. Das bedeutet, dass es Stellen gibt, die neben der Verantwortlichkeit vor allem Zeit eingeräumt bekommen, um sich mit Digitalisierungsthemen im SCM zu beschäftigen. Um das wesentliche Manko der Umsetzung, nämlich die fehlenden Personalressourcen, abzubauen, können gezielte Beziehungen zu Berufsschulen und Hochschulen aufgebaut werden, über die bereits frühzeitig Nachwuchsfach- und -führungskräfte gesichert werden können.

Es muss sich jemand im Unternehmen damit beschäftigen, für welche Bereiche oder Prozesse der Einsatz von KI Sinn macht und was damit erreicht wird. Die Entscheidung zur Auf- und Umsetzung muss auf GF-Ebene erfolgen.

Karen Klement, Director Sales Automotive & Industrial Services, pfenning Gruppe

Digitalisierung gezielt bewerten, auswählen und einsetzen!

Kernaussage: Digitalisierungstechnologien im SCM können dabei helfen, unternehmerische Ziele zu erreichen und aktuelle Herausforderungen im SCM zu meistern. Die Studie zeigt, welche Technologie bei den Teilnehmenden zu welchem Nutzen geführt und zum Bewältigen welcher Herausforderung beigetragen hat. Die erzielten Nutzen sind allerdings sehr unterschiedlich verteilt. Auch das Potenzial von KI-Anwendungsfällen im SCM wird als hoch eingeschätzt. Allerdings wird auch dieses Potenzial unterschiedlich hoch gesehen und hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab.

Schlussfolgerung: Im Sinne eines „one size fits all“ gibt es kein „one solution fits all“. Branchenspezifika, unternehmensbezogene Besonderheiten sowie Anforderungen von Funktionen und Prozessen führen dazu, dass eine individuelle Prüfung von Potenzialen und Grenzen erfolgen sollte.

6

Die Frage ist: Welchen Grad an Digitalisierung und Automatisierung braucht es, welche Investitionen sind notwendig und welcher ROI wird erwartet, was wird dafür gezahlt?

Karen Klement, Director Sales Automotive & Industrial Services, pfenning Gruppe

Empfehlung: Die Digitalisierungstechnologien sind gezielt auf ihre Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen zu analysieren. Die Vielfalt der technischen Möglichkeiten, aber auch die Dynamik bei der Entwicklung neuer Technologien und Anwendungsfälle macht das Untersuchen nicht einfacher. Das Beispiel KI-basierter Chatbots verdeutlicht die Dynamik technischer Entwicklungen. Hilfestellungen können – neben den Ergebnissen dieser Studie – auch Austauschmöglichkeiten von Verbänden wie dem BME e.V. bieten, aber beispielsweise auch die gezielte Bewertung der Einsatzpotenziale im Rahmen einer Abschlussarbeit an einer Hochschule.

Die Bandbreite von KI erkennen und nutzen!

Kernaussage: Durch die Einführung von ChatGPT und anderen GenAI-Tools wurde KI in kürzester Zeit für jeden konkret (er-) fassbar. GenAI bietet viele Möglichkeiten, im privaten wie auch im geschäftlichen Umfeld. Aber: GenAI ist nicht alles. Es gibt weitere Teilbereiche Künstlicher Intelligenz, die zusätzliche und andere Möglichkeiten bieten. Die vorliegende Studie beispielsweise zeigt 24 Anwendungsmöglichkeiten von KI im SCM auf.

Es gäbe deutliche Potenziale, die zur Einsparung von Manpower führen und die Qualität insgesamt verbessern. Es können Fehler in der Auftragsannahme, Auftragsausführung und Lieferung vermieden werden. Es wird viel mit Manpower gemacht, obwohl man es problemlos an KI übergeben könnte. Aus 10 Mitarbeitern könnte man 1 machen, der dann eingreift, wenn die KI Ausreißer entdeckt.

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Schlussfolgerung: Eine Fokussierung auf GenAI-Anwendungen greift zu kurz. GenAI bietet viele Möglichkeiten, aber vor allem im SCM gibt es weitere Teilbereiche und eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle für KI, die – in Abhängigkeit der Anforderungen eines Unternehmens, einer Funktion oder eines Prozesses – konkreten Nutzen bieten.

KI bietet viel Potenzial in der Logistik, im Vertrieb und im Einkauf. So ziemlich jeder Prozess kann digitalisiert werden.

A. Kramer, Einkauf

Empfehlung: Die 24 in dieser Studie genannten Anwendungsfälle für KI im SCM können einen ersten Anstoß bieten – aber sie zeigen bereits die Vielfalt von KI-Anwendungen und deren jeweilige eingeschätzte Potenziale auf. Wichtig ist jedoch, die gesamte Bandbreite von KI-Ansätzen zu kennen, um dann gezielt bewerten, auswählen und einsetzen zu können. Dazu sind die vorherigen drei Handlungsempfehlungen zu berücksichtigen.

Man braucht Ideen, die von außen hineinkommen. Selbst wenn 9 von 10 Ideen nicht umsetzbar sind, könnte die eine Idee viel erreichen.

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

To Do: Stammdatenpflege!

Kernaussage: Ein wesentliches Hemmnis für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien sind nicht vorhandene Stammdaten oder eine schlechte Qualität der Stammdaten. Stammdatenpflege ist das ungeliebte Kind, weil Stammdatenpflege keinen Umsatz bringt, sondern Ressourcen bindet. Sie ist aber essenziell, weil nur mit „sauberen“ Stammdaten Prozesse gestaltet sowie darauf aufbauend entsprechende Digitalisierungstechnologien eingesetzt werden können.

Mit der Validierung von Stammdaten steht und fällt alles. Ohne vernünftige Stammdaten kann KI nicht arbeiten. Aber: KI kann auch verwendet werden, um Stammdaten zu validieren und damit den Weg für KI zu ebnen.

*Thomas Möllers, Leiter Logistik,
Zoll und Exportkontrolle*

Schlussfolgerung: Ohne „saubere“ Stammdaten kein sinnvoller Einsatz von Digitalisierungstechnologien. Stammdatenpflege ist also unerlässlich.

Empfehlung: Unternehmen sollten als Hausaufgabe die Stammdaten so pflegen, dass der Einsatz von Digitalisierungstechnologien machbar und effektiv ist. Dies bedeutet, in Stammdatenpflege zu investieren, also Personal und Zeit zur Verfügung zu stellen, um die Qualität der Stammdaten auf ein gutes Niveau zu bringen.



7 Quellenverzeichnis

- Andelfinger, Volker P.; Hänisch, Till (2015): Internet der Dinge. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- APICS (2017): Supply Chain Operations Reference Model. SCOR Version 12.0. Hg. v. APICS, zuletzt geprüft am 28.09.2021.
- Association for Supply Chain Management (2025): The SCOR Digital Standard (SCOR DS). Online verfügbar unter <https://www.ascm.org/corporate-solutions/standards-tools/scor-ds/>, zuletzt geprüft am 18.08.2025.
- Baars, Henning; Kemper, Hans-Georg (2021): Business Intelligence & Analytics. Grundlagen und praktische Anwendungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Babel, Wolfgang (2024): Internet of Things – IoT. In: Wolfgang Babel (Hg.): Systemintegration in Industrie 4.0 und IoT. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 95–123.
- Bahashwan, Abdullah Ahmed; Anbar, Mohammed; Abdullah, Nibras; Al-Hadhrami, Tawfik; Hanshi, Sabri M. (2021): Review on Common IoT Communication Technologies for Both Long-Range Network (LPWAN) and Short-Range Network. In: Faisal Saeed, Tawfik Al-Hadhrami, Fathey Mohammed und Errais Mohammed (Hg.): Advances on Smart and Soft Computing, Bd. 1188. Singapore: Springer Singapore (Advances in Intelligent Systems and Computing), S. 341–353.
- Bärmann, Andreas; Mehringer, Julius; Menden, Christian; Neumann, Ursula; Schemm, Julia; Schneider, Oskar et al. (2021): Data Analytics in der Supply Chain. Fraunhofer IIS. Erlangen.
- Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Baumbach, Lukas; Ketterer, Norbert (2017): Anwendung von Cognitive Computing zur Optimierung betrieblicher Geschäftsprozesse am Beispiel der IBM Watson Services. In: *AKWI* (5), S. 41–50. DOI: 10.26034/lu.akwi.2017.3172.
- Becker, Torsten (2018): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. 3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Beierle, Christoph; Kern-Isberner, Gabriele (2019): Methoden wissensbasierter Systeme. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Berndt, D.; Gohla, M.; Seidel, H.; Seiffert, U. (2015): Produktionssysteme. In: Michael Schenk (Hg.): Produktion und Logistik mit Zukunft - Digital Engineering and Operation, 151–244. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bharadiya, Jasmin Praful (2023): The role of machine learning in transforming business intelligence. In: *Int. J. Comput. Artif. Intell.* 4 (1), S. 16–24. DOI: 10.33545/27076571.2023.v4.i1a.60.
- Bodkhe, Umesh; Tanwar, Sudeep; Parekh, Karan; Khanpara, Pimal; Tyagi, Sudhanshu; Kumar, Neeraj; Alazab, Mamoun (2020): Blockchain for Industry 4.0: A Comprehensive Review. In: *IEEE Access* 8, S. 79764–79800. DOI: 10.1109/access.2020.2988579.
- Bolstorff, Peter A.; Rosenbaum, Robert G.; Poluha, Rolf G. (2007): Spitzenleistungen im Supply Chain Management. Ein Praxishandbuch zur Optimierung mit SCOR. 1. Aufl. s.l.: Springer-Verlag. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10187366>
- Brabra, Hayet; Mtibaa, Achraf; Petrillo, Fabio; Merle, Philippe; Sliman, Layth; Moha, Naouel et al. (2019): On semantic detection of cloud API (anti)patterns. In: *Information and Software Technology* 107, S. 65–82. DOI: 10.1016/j.infsof.2018.10.012.
- Bracht, Uwe; Geckler, Dieter; Wenzel, Sigrid (2018): Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- Buchholz, Wolfgang; Delke, Vincent (2022): Robotic Process Automation im Einkauf. In: Carsten Feldmann (Hg.): Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 317–330.
- Büyükoçkan, Gülçin; Göçer, Fethullah (2018): Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. In: *Computers in Industry* 97, S. 157–177. DOI: 10.1016/j.compind.2018.02.010.



- Carvalho, Thyago P.; Soares, Fabrizzio A. A. M. N.; Vita, Roberto; Da Francisco, Roberto P.; Basto, João P.; Alcalá, Symone G. S. (2019): A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. In: *Computers & Industrial Engineering* 137, Artikel 106024. DOI: 10.1016/j.cie.2019.106024.
- Choi, Tsan-Ming; Wallace, Stein W.; Wang, Yulan (2018): Big Data Analytics in Operations Management. In: *Production and Operations Management* 27 (10), S. 1868–1883. DOI: 10.1111/poms.12838.
- Cui, Hailong; Rajagopalan, Sampath; Ward, Amy R. (2020): Predicting product return volume using machine learning methods. In: *European Journal of Operational Research* 281 (3), S. 612–627. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.05.046.
- DHL Customer Solutions & Innovation (2022): The Logistics Trend Radar 6.0. Delivering insight today, creating value tomorrow. Online verfügbar unter <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/csi/documents/pdf/csi-logistics-trend-radar-6-dhl.pdf>, zuletzt geprüft am 01.10.2025.
- DHL Group (2025a): Smart Printables. Online verfügbar unter <https://www.dhl.com/de-en/home/innovation-in-logistics/logistics-trend-radar/smart-printables.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2025.
- DHL Group (2025b): Smart Printables. Die Zukunft der Smart Labels und ihre Bedeutung für die Logistik. Online verfügbar unter <https://www.dhl.com/de-de/microsites/core/zugestellt/innovation/smart-printables.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2025.
- Dohrmann, Klaus; Pitcher, Emily; Selders, Julian; Lauer, Susanne (2024): Logistics Trend Radar 7.0. DHL Group. Online verfügbar unter <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/csi/documents/pdf/glo-csi-logistics-trend-radar-7-0.pdf>, zuletzt geprüft am 30.04.2025.
- Domingos, Pedro (2017): The Master Algorithm. How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. s.l.: Penguin Books Ltd.
- European Commission (Hg.): A definition of AI. Main capabilities and scientific disciplines. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341, zuletzt geprüft am 25.08.2025.
- European Commission (2023): Commission launches European Regulatory Sandbox for Blockchain. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-launches-european-regulatory-sandbox-blockchain>, zuletzt aktualisiert am 25.08.2023, zuletzt geprüft am 31.08.2025.
- European Union (2024): Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council, vom 13.06.2024. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689>, zuletzt geprüft am 01.09.2025.
- Fastermann, Petra (2012): 3D-Druck/Rapid Prototyping. Eine Zukunftstechnologie - kompakt erklärt. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Fläming, H. (2015): Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransports. In: Markus Maurer (Hg.): *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Technische, Rechtliche und Gesellschaftliche Aspekte. Unter Mitarbeit von J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg, S. 377–398.
- Flossbach von Storch AG (2018): Blockchain: So entsteht ein Block - Flossbach von Storch. Online verfügbar unter <https://www.flossbachvonstorch.de/de/news/blockchain-so-entsteht-ein-block/>, zuletzt aktualisiert am 17.01.2018, zuletzt geprüft am 29.08.2022.
- Fritz, Alfred Herbert; Schmütz, Jörg; Wieneke-Toutaoui, Burghilde (2018): Urformen. In: Alfred Herbert Fritz (Hg.): *Fertigungstechnik*. 12. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), S. 7–132.
- Glamann, Lennart (2025): Digitalisierung der Wirtschaft. Hg. v. Bitkom e.V. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2025-03/2025-bitkom-studienbericht-digitalisierung-der-wirtschaft.pdf>, zuletzt geprüft am 30.08.2025.
- Gliem, D.; Wittine, N.; Wenzel, S. (2025): Digitale Zwillinge für Produktions- und Logistiksysteme. Herausforderungen und Handlungsfelder bei der Implementierung und Nutzung. In: *Industry 4.0 Science* 41 (3), S. 44–49. DOI: 10.30844/I4SD.25.3.42.



- Göpfert, Ingrid (2022a): Ein Zukunftsmodell für die Handelslogistik im Jahr 2036. In: Ingrid Göpfert (Hg.): Logistik der Zukunft – Logistics for the Future. 9. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 247–265.
- Göpfert, Ingrid (2022b): Innovative Startups in der Logistikbranche – Betrachtung der aktuellen Marktentwicklungen und Querschnittsanalyse der Logistik-Startup-Landschaft. In: Ingrid Göpfert (Hg.): Logistik der Zukunft – Logistics for the Future. 9. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 283–308.
- Goudz, Alexander; Erdogan, Sibel (2024): Künstliche Intelligenz im Supply Chain Management – Potenziale und Grenzen der KI. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Grigoleit, Sonja (2019): Natural language processing.
- Günther, Jochen; Praeg, Claus-Peter (2023): Bedeutung und Management von Cloud Computing, Multi-Cloud und Cloud Brokerage in Unternehmen. In: *HMD* 60 (5), S. 959–974. DOI: 10.1365/s40702-023-00991-z.
- Günthner, W. A.; Chisu, R.; Kuzmany, F. (2010): Die Vision vom Internet der Dinge. In: Willibald Günthner und M. ten Hompel (Hg.): Internet der Dinge in der Intralogistik. Unter Mitarbeit von Michael Hompel. Dordrecht: Springer (VDI-Buch), S. 43–46.
- Haberl, Anton; Esch, Martin (2017): Advanced Analytics als Accelerator für eine erfolgreiche digitale Transformation. In: Ronald Gleich, Kai Grönke, Markus Kirchmann und Jörg Leyk (Hg.): Strategische Unternehmensführung mit Advanced Analytics: Haufe Lexware, S. 43–61.
- Halper, Fern (2014): Predictive Analytics for Business Advantage. TDWI Research. Renton. Online verfügbar unter <https://www.tableau.com/sites/default/files/media/tdwi-predictive-analytics.pdf>, zuletzt geprüft am 06.09.2025.
- Hartmann, Ernst; Wischmann, Steffen (2018): Technologie, Organisation, Qualifikation. In: Steffen Wischmann und Ernst Andreas Hartmann (Hg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 233–246.
- Hechler, Eberhard; Oberhofer, Martin; Schaeck, Thomas (2023): Einsatz von KI im Unternehmen. Berkeley, CA: Apress.
- Heinrich, Christian; Stühler, Gregor (2018): Die Digitale Wertschöpfungskette: Künstliche Intelligenz im Einkauf und Supply Chain Management. In: Christian Gärtner und Christian Heinrich (Hg.): Fallstudien zur Digitalen Transformation. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 77–88.
- Henrich, Jan; Li, Jason D.; Mazuera, Carolina; Perez, Fernando (2022): Future-proofing the supply chain. McKinsey & Company. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/future%20proofing%20the%20supply%20chain/future-proofing-the-supply-chain.pdf?shouldIndex=false>, zuletzt geprüft am 22.08.2025.
- Hofmann, Erik; Rüscher, Marco (2017): Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. In: *Computers in Industry* 89, S. 23–34. DOI: 10.1016/j.compind.2017.04.002.
- Hompel, M. ten; Wolf, O.; Daniluk, D.; Rahn, J. (2012): Logistics Mall – Software aus der Steckdose. In: Wolfgang Stölzle und Thomas C. Lieb (Hg.): Business Innovation in der Logistik. Chancen und Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis. Unter Mitarbeit von Kerstin Lampe. Wiesbaden: Springer Gabler (Business Innovation Universität St. Gallen : Profildbereich Business Innovation), S. 127–146.
- Huber, Marco; Nagel, Tobias; Lamprecht, Raphael; Eiling, Florian (2021): Potenziale von Reinforcement Learning für die Produktion. In: *I40M* 2021 (2), S. 25–29. DOI: 10.30844/I40M_21-2_S25-29.
- Huber, Walter (2018): Industrie 4.0 kompakt. Wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändern. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Hughes, Ciaran; Isaacson, Joshua; Perry, Anastasia; Sun, Ranbel F.; Turner, Jessica (2021): Quantum Computing for the Quantum Curious. Cham: Springer International Publishing.
- Huh, Jun-Ho; Seo, Yeong-Seok (2019): Understanding Edge Computing: Engineering Evolution With Artificial Intelligence. In: *IEEE Access* 7, S. 164229–164245. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2945338.



- Huth, Michael; Knauer, Carsten; Enders, Marius (2022): BME-Logistikstudie 2022. Digitalisierung in Supply Chains. Hg. v. Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME). Eschborn. Online verfügbar unter https://a.storyblok.com/f/104752/x/c2083e6c90/bme-logistikstudie-2022_digitalisierung_in_supply_chains.pdf, zuletzt geprüft am 22.08.2025.
- Huth, Michael; Knauer, Carsten; Ruf, Tobias (2019): BME-Logistikumfrage. Digitalisierung in Supply Chains. Hg. v. Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME). Eschborn. Online verfügbar unter https://a.storyblok.com/f/104752/x/7e064e82ff/bme-logistikumfrage-2019_digitalisierung_in_supplychains.pdf, zuletzt geprüft am 22.08.2025.
- IBM Deutschland GmbH (2025): Was ist Computer Vision? Online verfügbar unter <https://www.ibm.com/de-de/think/topics/computer-vision>, zuletzt geprüft am 01.09.2025.
- Ivanov, Dmitry (2018): Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management. Cham: Springer International Publishing (265).
- Ivanov, Dmitry; Tsipoulaidis, Alexander; Schönberger, Jörn (2021): Global Supply Chain and Operations Management. A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value. Unter Mitarbeit von Alexander Tsipoulaidis und Jörn Schönberger. Third Edition. Cham: Springer International Publishing (Springer Texts in Business and Economics). Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6809648>.
- Kabel, Peter (2020): Was sind NLP und NLG und wie funktionieren sie? In: Peter Kabel (Hg.): Dialog zwischen Mensch und Maschine. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 39–63.
- Kleemann, Florian C.; Gehrig, Johanna; Diermeier, Florian (2025): Digitalisierung im Einkauf: Status quo, Herausforderungen, Lösungsansätze und Perspektiven. In: Wanja Wellbrock und Daniela Ludin (Hg.): Management von Risiko, Nachhaltigkeit und KI in der Beschaffung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 635–663.
- Klüh, Ulrich; Hütten, Moritz; Kleinod, Sonja (2022): Blockchains und die Zukunft von Arbeit und Organisation: Technologische Mythen als Elemente eines umfassenden Wissensmanagements im digitalen Wandel. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Working Paper Forschungsförderung, 245). Online verfügbar unter <https://www.econstor.eu/handle/10419/260570>.
- Knörzer, Johannes; Emonts, Patrick (2025): Ein Quantum Zukunft – Quantenphysik und Quantentechnologien einfach erklärt. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kommadi, Bhagvan (2020): Quantum Computing Solutions. Berkeley, CA: Apress.
- Koziol, Michael (2022): What Is Wi-Fi 7? Great capacity, less latency – here's how IEEE 802.11be achieves both. Online verfügbar unter <https://spectrum.ieee.org/what-is-wifi-7>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2022, zuletzt geprüft am 01.09.2025.
- Kreutzer, Ralf T. (2023): Künstliche Intelligenz verstehen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kurt, Lidia; Kurt, Domenic (2022): Digitale Assets & Tokenisierung. Grundlagen umfassend verstehen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kurz, Constanze; Rehak, Rainer (2018): Nur eine Kette aus Blöcken. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 10.12.2018. Online verfügbar unter <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/aus-dem-maschinenraum/der-hype-um-blockchain-hat-deutlich-abgenommen-15932936.html>, zuletzt geprüft am 29.08.2022.
- Lamothe, Maxime; Guéhéneuc, Yann-Gaël; Shang, Weiyi (2021): A Systematic Review of API Evolution Literature. In: *ACM Comput. Surv.* 54 (8), S. 1–36. DOI: 10.1145/3470133.
- Lehmacher, Wolfgang (2017): The Global Supply Chain. Cham: Springer International Publishing.
- Leimeister, Jan Marco (2021): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 13. Aufl. Berlin, Germany: Springer Gabler (Lehrbuch).
- Li, Beibin; Mellou, Konstantina; Zhang, Bo; Pathuri, Jeevan; Menache, Ishai (2023): Large Language Models for Supply Chain Optimization.

- Liebetruth, Thomas (2024): Prozessmanagement in Einkauf und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Märkel, Christian; Stronzik, Marcus; Simons, Martin; Wissner, Matthias; Lundborg, Martin (2021): Einsatz von Blockchain in KMU: Chancen & Hemmnisse. Bad Honnef: WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK Diskussionsbeitrag, 477). Online verfügbar unter <https://www.econstor.eu/handle/10419/248433>.
- Mell, Peter M.; Grance, Timothy (2011): The NIST definition of cloud computing. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- Mertens, Peter; Buxmann, Peter; Hess, Thomas; Hinz, Oliver; Muntermann, Jan; Schumann, Matthias (2023a): Management von Daten. In: Peter Mertens, Peter Buxmann, Thomas Hess, Oliver Hinz, Jan Muntermann und Matthias Schumann (Hg.): Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 39–66.
- Mertens, Peter; Buxmann, Peter; Hess, Thomas; Hinz, Oliver; Muntermann, Jan; Schumann, Matthias (2023b): Technische Grundlagen. In: Peter Mertens, Peter Buxmann, Thomas Hess, Oliver Hinz, Jan Muntermann und Matthias Schumann (Hg.): Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 9–37.
- Mijailović, Đorđe; Stefanović, Miladin; Erić, Milan (2023): Quality Control in the Manufacturing Industry based on the Application of Computer Vision. In: *J. Innov. Bus. Ind.* 1 (4), S. 161–166. DOI: 10.61552/JIBI.2023.04.001.
- Min, Hokey (2010): Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. In: *International Journal of Logistics Research and Applications* 13 (1), S. 13–39. DOI: 10.1080/13675560902736537.
- Mitchell, Tom M. (1997): Machine learning. Boston, Mass.: WCB/McGraw-Hill (McGraw-Hill series in computer science).
- Mohammed Sadeeq, Mohammed; Abdulkareem, Nasiba M.; Zeebaree, Subhi R. M.; Mikaeel Ahmed, Dindar; Saifullah Sami, Ahmed; Zebari, Rizgar R. (2021): IoT and Cloud Computing Issues, Challenges and Opportunities: A Review. In: *QAJ* 1 (2), S. 1–7. DOI: 10.48161/qaj.v1n2a36.
- Murad, Sallar Salam; Badeel, Rozin; Abdal, Banan Badeel; Rahman, Tasmeea; Al-Quraishi, Tahsien (2024): Introduction to Wi-Fi 7: A Review of History, Applications, Challenges, Economical Impact and Research Development. In: *Mesopotamian Journal of Computer Science* 2024, S. 110–121. DOI: 10.58496/MJCSC/2024/009.
- Murrenhoff, Anike; Friedrich, Martin; Witthaut, Markus (2021): Künstliche Intelligenz in der Logistik. Hg. v. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. Dortmund (Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management).
- Mutemi, Abed; Bacao, Fernando (2024): E-Commerce Fraud Detection Based on Machine Learning Techniques: Systematic Literature Review. In: *Big Data Min. Anal.* 7 (2), S. 419–444. DOI: 10.26599/BDMA.2023.9020023.
- Nachtigall, Werner (2002): Bionik. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Nakamoto, Satoshi (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.3977007.
- Nowak, Sebastian (2025): Outdoor-FTF – Vorreiter des autonomen Fahrens. In: Thomas Korne und Klaus-Jürgen Schmidt (Hg.): Chancen und Risiken in der Automobilindustrie. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 209–219.
- Peukert, Martina (2025): KI-Mindset entwickeln. Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz erkennen und effizient nutzen. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Pflaum, Alexander; Schwemmer, Martin; Gundelfinger, Christine; Naumann, Victor (2017): Transportlogistik 4.0. Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS. Online verfügbar unter <https://www.scs.fraunhofer.de/content/dam/scs/de/dokumente/studien/Transportlogistik.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2025.
- Pfohl, Hans-Christian (2025): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 10. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pirke, Herbert (2021): Technologievorausschau in frühen Entwicklungsstadien. Unter Mitarbeit von Universitätsbibliothek der FU Berlin.



- Porter, Michael E.; Heppelmann, James E. (2015): How smart, connected products are transforming companies. In: *Harvard business review*. Online verfügbar unter <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies>.
- PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2018): Auswirkungen der Nutzung von künstlicher Intelligenz in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.forum-institut.de/de/media/B3/Content/PwC%20Deutschland_Auswirkungen%20der%20Nutzung%20von%20k%20c3%bcnstlicher%20Intelligenz%20in%20Deutschland.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2022.
- Pufahl, Mario; Dimmig, Florian (2025): Intelligenter Arbeitsplatz im Vertrieb. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Qiu, Tie; Chi, Jiancheng; Zhou, Xiaobo; Ning, Zhaolong; Atiquzzaman, Mohammed; Wu, Dapeng Oliver (2020): Edge Computing in Industrial Internet of Things: Architecture, Advances and Challenges. In: *IEEE Commun. Surv. Tutorials* 22 (4), S. 2462–2488. DOI: 10.1109/COMST.2020.3009103.
- Queng, Marcel (2022): KI als Werkzeug in der Problemzone Intralogistik. In: *Digitale Welt* 6 (4), S. 68–70. DOI: 10.1007/s42354-022-0559-1.
- Rashid, Aaqib; Chaturvedi, Amit (2019): Cloud Computing Characteristics and Services A Brief Review. In: *ijcse* 7 (2), S. 421–426. DOI: 10.26438/ijcse/v7i2.421426.
- Rhode, A.-K. (2016): Robotik in der Logistik – Einsatzpotenziale, Herausforderungen und Trends. In: Frank Molzow-Voit, Moritz Quandt, Michael Freitag und Georg Spöttl (Hg.): Robotik in der Logistik. Qualifizierung für Fachkräfte und Entscheider. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Springer eBook Collection), S. 23–42.
- Ritz, Johannes (2018): Mobilitätswende – autonome Autos erobern unsere Straßen. Ressourcenverbrauch, Ökonomie und Sicherheit. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2022): Artificial intelligence. A modern approach. Fourth edition, global edition. Harlow: Pearson Education Limited (Pearson series in artificial intelligence).
- Santoro, Mattia; Vaccari, Lorenzino; Mavridis, Dimitrios; Smith, Robin; Posada, Monica; Gattwinkel, Dietmar (2019): Web Application Programming Interfaces (APIs). General-purpose standards, terms and European Commission initiatives. Luxembourg: Publications Office of the European Union (EUR, 29984).
- Schacht, Sigurd; Lanquillon, Carsten (2019): Blockchain und maschinelles Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Scheuer, Dennis (2020): Akzeptanz von Künstlicher Intelligenz. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schlenkrich, Manuel; Parragh, Sophie N. (2023): Solving large scale industrial production scheduling problems with complex constraints: an overview of the state-of-the-art. In: *Procedia Computer Science* 217, S. 1028–1037. DOI: 10.1016/j.procs.2022.12.301.
- Schlüter, Marian; Lickert, Hannah; Schweitzer, Katharina; Bilge, Pinar; Briese, Clemens; Dietrich, Franz; Krüger, Jörg (2021): AI-enhanced Identification, Inspection and Sorting for Reverse Logistics in Remanufacturing. In: *Procedia CIRP* 98, S. 300–305. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.107.
- Schulte, Christof (2017): Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain. 7. Aufl.: Verlag Franz Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).
- See, Birgit von; Kersten, Wolfgang; Schwemmer, Martin; Ladewig, Lasse (2024): Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management 2023/2024. Triple Transformation: Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten. Hg. v. Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. Online verfügbar unter https://www.bvl-trends.de/wp-content/uploads/2024/08/TuS2324_Studienbericht.pdf, zuletzt geprüft am 22.08.2025.
- Sguanci, Cosimo; Spatafora, Roberto; Vergani, Andrea Mario (2021): Layer 2 Blockchain Scaling: a Survey.
- Sharda, Ramesh; Delen, Dursun; Turban, Efraim (2014): Business intelligence and analytics. Systems for decision support. 10. Aufl. Boston, Mass., Munich: Pearson (Always learning).

- Skoff, Katharina; Rutrecht, Bettina (2021): Edge Computing. Intelligente Datenverdichtung, Effizienz im Netzwerk. In: Hubert Biedermann, Wolfgang Posch und Stefan Vorbach (Hg.): Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel. Baden-Baden: Nomos (Nomos eLibrary Wirtschaft, Band 9), S. 121–134.
- Statista (2023): Verteilung der Unternehmen in Deutschland nach Unternehmensgröße im Jahr 2021. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/731901/umfrage/verteilung-unternehmen-in-deutschland-nach-unternehmensgroesse/>, zuletzt geprüft am 29.07.2024.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2024): In grenzüberschreitenden Warenaustausch eingebundene Unternehmen 2020. Globale Wertschöpfungsketten von Unternehmen in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Globale-Wertschoepfungsketten-von-Unternehmen-Deutschland/Tabellen/unternehmen-internationaler-warenaustausch.html>, zuletzt aktualisiert am 24.01.2023, zuletzt geprüft am 25.08.2025.
- Stölzle, Wolfgang; Schmidt, Thorsten; Kille, Christian; Schulze, Frank; Wildhaber, Victor (2018): Digitalisierungswerkzeuge in der Logistik: Einsatzpotenziale, Reifegrad und Wertbeitrag. Impulse für Investitionsentscheidungen in die Digitalisierung – Erfolgsgeschichten und aktuelle Herausforderungen: Cuvillier Verlag.
- Szozda, Natalia (2017): Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains. In: *Logforum* 13 (4), S. 401–414. DOI: 10.17270/J.LOG.2017.4.2.
- van Helden, Andreas; Buck-Emden, Rüdiger; Alda, Sascha (2018): Präskriptive Entscheidungsunterstützung für wissensintensive Geschäftsprozesse. In: *HMD* 55 (1), S. 197–222. DOI: 10.1365/s40702-017-0361-y.
- Voulodimos, Athanasios; Doulamis, Nikolaos; Doulamis, Anastasios; Protopapadakis, Eftychios (2018): Deep Learning for Computer Vision. A Brief Review. In: *Computational intelligence and neuroscience*, S. 7068349. DOI: 10.1155/2018/7068349.
- Wagner, Jens (2020): Legal tech und legal robots. Der Wandel im Rechtswesen durch neue Technologien und künstliche Intelligenz. 2. Aufl. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler.
- Wang, Hexu; Xie, Fei; Duan, Qun; Li, Jing (2022a): Federated Learning for Supply Chain Demand Forecasting. In: *Mathematical Problems in Engineering* 2022, S. 1–8. DOI: 10.1155/2022/4109070.
- Wang, Lu; Deng, Tianhu; Shen, Zuo-Jun Max; Hu, Hao; Qi, Yongzhi (2022b): Digital twin-driven smart supply chain. In: *Front. Eng. Manag.* 9 (1), S. 56–70. DOI: 10.1007/s42524-021-0186-9.
- Wannenwetsch, Helmut (2021): Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion. Supply Chain im Zeitalter der Digitalisierung. 6. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wasi, Azmine Toushik; Islam, M. ShafikulD; Akib, Adipto Raihan; Bappy, Mahathir Mohammad (2024): Graph Neural Networks in Supply Chain Analytics and Optimization: Concepts, Perspectives, Dataset and Benchmarks.
- Westkämper, Engelbert; Warnecke, Hans-Jürgen (2010): Einführung in die Fertigungstechnik. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Zijm, Henk; Heragu, Sunderesh; Klumpp, Matthias; Regattieri, Alberto (2019): Perspectives on Operations Management Developments and Research. In: Henk Zijm, Matthias Klumpp, Alberto Regattieri und Sunderesh Heragu (Hg.): Operations, Logistics and Supply Chain Management. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Logistics), S. 15–25.
- Zreikat, Aymen (2020): Performance Evaluation of 5G/WiFi-6 Coexistence. In: *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing* 14, S. 903–913. DOI: 10.46300/9106.2020.14.116.

Über uns

BME e.V.

Der 1954 gegründete Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME) ist ein führender Fachverband und Netzwerkpartner für Einkaufs-, Supply-Chain- und Logistikverantwortliche in Deutschland und Europa. Er zählt in 38 Verbandsregionen 10.000 Mitglieder (Stand: Juli 2024) – vom Einzelunternehmen über den Mittelstand bis zum Konzern – aus allen Branchen und Sektoren. Das Volumen der von den Verbandsmitgliedern beschafften Waren und Dienstleistungen beträgt jährlich rund 1,25 Billionen Euro. Das entspricht knapp einem Drittel des deutschen Bruttoinlandsprodukts.

Die Verbandsziele des BME sind der Know-how-Transfer durch Erfahrungsaustausch, die Aus- und Weiterbildung von qualifizierten Fach- und Führungskräften sowie die Förderung neuer Erkenntnisse, Verfahren und Techniken an der Schnittstelle von Wissenschaft und Praxis.

Als Impulsgeber und Agenda-Setter hilft der BME seinen Mitgliedsunternehmen bei der Erschließung neuer Beschaffungsmärkte und gestaltet wirtschaftliche Prozesse und politische Entwicklungen auf nationaler und europäischer Ebene aktiv mit. Mehr als 20 Fachgruppen und Expertenkreise erarbeiten zukunftsorientierte und praxiserprobte Konzepte, die der BME seinen Mitgliedern und der Fachöffentlichkeit zur Verfügung stellt, um so die Profession des Einkaufs, der Logistik und des Supply Chain Managements auch in der Öffentlichkeit voranzubringen.

Die 38 BME-Regionen mit ihren rund 300 ehrenamtlich engagierten Kolleg:innen schaffen bundesweit ein engmaschiges Netzwerk und organisieren jährlich rund 400 Präsenz- und Online-Veranstaltungen in Form von Vorträgen, Diskussionsrunden und Firmenbesichtigungen. Zusammen mit den Veranstaltungen des BME e.V. und seiner Tochtergesellschaften ergibt das 1.200 Fachveranstaltungen unterschiedlicher Ausrichtung und Größe, die jährlich unter dem Dach des BME im In- und Ausland stattfinden. Die Palette reicht von zertifizierten Lehrgängen, Seminaren und Managementforen bis hin zu großen Kongressen. Seit der Gründung konnte der BME in seinen Aus- und Weiterbildungsangeboten mehr als 500.000 Teilnehmende begrüßen

» **Mehr Infos**

BME Akademie GmbH

Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung, rund 1.000 Veranstaltungen jährlich und dem Netzwerk des BME e.V. im Hintergrund, bietet die BME Akademie GmbH ein spannendes Spektrum unterschiedlicher Veranstaltungsformate und passt ihr Portfolio kontinuierlich an aktuelle Bedürfnisse an, um den bestmöglichen Weiterbildungserfolg zu garantieren. Egal ob präsent, digital oder hybrid – die hohe Qualität des Angebots, praxisrelevantes Wissen und der persönliche Austausch stehen an erster Stelle!

» **Mehr Infos**

BME Marketing GmbH

Die BME Marketing GmbH ist für die Vermarktung von Veranstaltungen sowie Print- und Online-Produkten des BME verantwortlich. Dabei richtet sich die Ansprache an Beschaffungsdienstleister und Beratungsunternehmen.

Eine Einbindung in diese Produkte und Services kann dabei durch Präsenz vor Ort (Ausstellungsstand), durch klassische Branding-Leistungen (Sponsoring, Anzeigen und Banner) oder inhaltlich (Fachbeitrag) erfolgen.

» **Mehr Infos**

BMEnet GmbH

Die BMEnet ist ein praxisorientierter Dienstleister, der unseren Mitgliedern bei ihren operativen Herausforderungen behilflich ist. Zu den wichtigsten Angeboten zählen Benchmarks zur Kosten- und Prozessoptimierung sowie internationale Hilfestellungen bei der Erschließung fremder Märkte. Dienstleistungen zur Kundengewinnung wie die Verleihung von Gütesiegeln oder Eintragungen in Branchenverzeichnisse runden das Portfolio ab.

» **Mehr Infos**

Titel:

BME-Logistikstudie 2025: Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in Supply Chains

Herausgeber:

Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME)

Frankfurter Straße 27

65760 Eschborn

Telefon.: 06196 5828-0

E-Mail: info@bme.de

Ansprechpartner:

Michael Jungk

BME e.V.

Leiter Sektion Logistik und Supply Chain Management

E-Mail: michael.jungk@bme.de

Prof. Dr. Michael Huth

Hulocon GmbH

E-Mail: mhuth@hulocon.de

Gestaltung/Layout/Druck:

CitySatz GmbH

Erscheinungsdatum: November 2025

BME e.V.

Frankfurter Straße 27

65760 Eschborn

Telefon: 06196 5828-0

info@bme.de

www.bme.de



BME e.V.

Frankfurter Straße 27

65760 Eschborn

Telefon: 06196 5828-0

info@bme.de

www.bme.de



Bundesverband
Materialwirtschaft,
Einkauf und Logistik