

Inga Pollmeier/Sonja Schade

Logistik 4.0

Eine Analyse
aus betriebswirtschaftlicher Sicht

Kohlhammer

Kohlhammer

Moderne Produktion
herausgegeben von Marion Steven

Inga Pollmeier/Sonja Schade

Logistik 4.0

Eine Analyse aus
betriebswirtschaftlicher Sicht

Verlag W. Kohlhammer

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

1. Auflage 2022

Alle Rechte vorbehalten

© W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Gesamtherstellung: W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Print:

ISBN 978-3-17-034594-2

E-Book-Formate:

pdf: ISBN 978-3-17-034595-9

epub: ISBN 978-3-17-034596-6

Für den Inhalt abgedruckter oder verlinkter Websites ist ausschließlich der jeweilige Betreiber verantwortlich. Die W. Kohlhammer GmbH hat keinen Einfluss auf die verknüpften Seiten und übernimmt hierfür keinerlei Haftung.

Vorwort

Der Begriff Industrie 4.0 steht seit nunmehr einem Jahrzehnt für die Anwendung der Digitalisierungstechnologien in der Fertigungsindustrie, die grundlegende Veränderungen der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsaktivitäten und damit den Übergang in ein neues Zeitalter der Industrialisierung begründen. Auf der Grundlage einer durchgängigen Digitalisierung und informationstechnischen Vernetzung sämtlicher Produktions- und Wertschöpfungsprozesse wird angestrebt, die Fertigungsabläufe weitestgehend autonom, dezentral und in Echtzeit zu steuern. Dies erfordert den Einsatz intelligenter Objekte, Maschinen und Werkzeuge, die mit Hilfe des Internets der Dinge und Dienste untereinander und mit den Menschen kommunizieren.

Da viele Digitalisierungstechnologien auf die Bereitstellung und den Transport von Einsatzmaterialien zur Unterstützung und Optimierung der Produktion abzielen, kommt der Logistik 4.0 innerhalb der Industrie 4.0 eine große Bedeutung zu. Der Begriff Logistik 4.0 fasst die auf der Digitalisierung aufbauenden Methoden zusammen, die sich zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Überwachung von Objekt- und Informationsflüssen in inner- und zwischenbetrieblichen Produktionsnetzwerken nutzen lassen. In Industrie und Forschung findet das Thema Logistik 4.0 immer mehr Beachtung, da der Einsatz der im Rahmen von Industrie 4.0 entwickelten Technologien und Konzepte in der Logistik zahlreiche Potentiale zur Steigerung der Effektivität und Effizienz der logistischen Prozesse verspricht. Logistische Prozesse, Objekte und Akteure können so besser vernetzt, intelligente, sich selbst steuernde und lernfähige logistische Prozesse und Systeme erzeugt sowie Entscheidungsprozesse durch digital verfügbare und ausgetauschte Informationen beschleunigt und verbessert werden. Infolgedessen lassen sich die Logistikkosten senken und die Wettbewerbsfähigkeit am Produktionsstandort Deutschland sichern.

Ziel dieses Buches ist es, die Potentiale der Logistik 4.0 aus betriebswirtschaftlicher Sicht darzustellen und zu bewerten. Dazu wird dem Leser zum einen ein umfassender Einblick in die Anwendung der verschiedenen Methoden und Instrumente sowie die damit einhergehenden Veränderungen der logistischen Prozesse in der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik gegeben. Mit dem Logistik 4.0-Reifegrad wird dem Leser zum anderen ein Konzept zur Beurteilung der digitalen Reife der logistischen Prozesse von Unternehmen vorgestellt.

Das Buch gliedert sich in insgesamt sechs Kapitel. Einleitend zeigt das erste Kapitel das Spannungsfeld der Logistik 4.0 auf. Das zweite Kapitel ordnet die Logistik 4.0 zunächst in den Kontext der Industrie 4.0 ein, wozu grundlegende Begriffe und deren

Zusammenhänge erläutert werden. Anschließend werden cyberphysische Systeme, das Internet der Dinge und Dienste, Big Data und das Cloud Computing als Basistechnologien einer Logistik 4.0 vorgestellt. Künstliche Intelligenz, die Blockchain-Technologie sowie Virtual und Augmented Reality werden darüber hinaus als weitere bedeutende Technologien einer Logistik 4.0 eingeführt. Im dritten Kapitel werden die Ansatzpunkte der Digitalisierung und ihre Auswirkungen auf die Beschaffungsprozesse herausgearbeitet. Auf die Gestaltung der Lieferantenbeziehungen, die Auswahl der Beschaffungsgüter, die Identifikation und Lokalisation der Materialien sowie die Kostenwirkungen einer digitalisierten Beschaffungslogistik wird dabei konkret eingegangen. Im vierten Kapitel schließt sich die Betrachtung der Produktionslogistik 4.0 an. Die durch digitale Fertigungskonzepte wie z. B. cyberphysische Systeme hervorgerufenen Veränderungen der innerbetrieblichen Transformationsprozesse werden konkret im Bereich der Layout- und Fabrikplanung, der additiven Fertigung, der Digitalisierung der Lagertechnik und dem Einsatz von intelligenten innerbetrieblichen Transportsystemen aufgezeigt. Weiterhin werden die Potentiale einer digitalen Wertschöpfung, wie sie das Konzept Manufacturing as a Service ermöglicht, für produzierende Unternehmen untersucht. Mit der Distributionslogistik 4.0 stehen im fünften Kapitel sämtliche mit der Auslieferung der Produkte an den Kunden verbundenen Vorgänge im Mittelpunkt. Die Potentiale der Digitalisierung und Vernetzung werden konkret im Bereich der Kommissionierung sowie der Automatisierung aller logistischen Verkehrsträger auf der Straße, auf der Schiene sowie im Wasser und in der Luft betrachtet. Zudem werden die Transport- und Auslieferungsvorgänge an den Endkunden auf der letzten Meile sowie die Rolle der Logistik in einer Smart City, einer intelligenten Stadt der Zukunft, thematisiert. Das sechste Kapitel befasst sich abschließend mit dem Logistik 4.0-Reifegrad, der nicht nur eine Selbsteinschätzung von Unternehmen im Hinblick auf die digitale Reife ihrer Logistikprozesse erlaubt, sondern auch ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Auswahl von Partnern in der Supply Chain darstellt.

Die Zielgruppe dieses Buches sind Praktiker aus Industrie und Beratung, aber auch Studierende der Betriebswirtschaftslehre oder des Wirtschaftsingenieurwesens sowie Dozenten und Lehrende dieser Fächer.

Für die Aufnahme in die Reihe »Moderne Produktion«, die rege Unterstützung bei diesem Buchprojekt und den fachlich jederzeit sehr konstruktiven Austausch bedanken wir uns ganz herzlich bei Frau Prof. Dr. Marion Steven. Dem Kohlhammer Verlag, insbesondere Herrn Dr. Uwe Fliegau, danken wir für die gute Zusammenarbeit und die Herausgabe dieses Buchs.

Dortmund und Hattingen, im April 2022

Inga Pollmeier und Sonja Schade

Inhalt

Vorwort	5
1 Einführung	9
2 Grundlagen einer Logistik 4.0	19
2.1 Einordnung von Logistik 4.0 in Industrie 4.0	19
2.1.1 Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung der Industrie 4.0	19
2.1.2 Logistikbegriff und Bausteine einer Logistik 4.0	26
2.2 Digitalisierung und Vernetzung als Basistechnologien einer Logistik 4.0	34
2.2.1 Cyberphysische Systeme	35
2.2.2 Internet der Dinge und Dienste	37
2.2.3 Big Data	40
2.2.4 Cloud Computing	44
2.3 Weitere Technologien einer Logistik 4.0	50
2.3.1 Künstliche Intelligenz	51
2.3.2 Blockchain-Technologie	60
2.3.3 Virtual und Augmented Reality	69
3 Beschaffungslogistik 4.0	80
3.1 Ziele und Aufgaben der Beschaffungslogistik	80
3.2 Ansatzpunkte der Digitalisierung in der Beschaffungslogistik	84
3.3 Instrumente der Beschaffungslogistik 4.0	88
3.3.1 Digitale Unterstützung der Lieferantenbeziehungen ...	88
3.3.2 Digitale Unterstützung der Beschaffungsgüterauswahl	97
3.3.3 Identifikation und Lokalisation in der Materialwirtschaft	105
3.3.4 Weitere Ansatzpunkte für eine Digitalisierung der Beschaffung	114
3.4 Kostenwirkungen der Digitalisierung in der Beschaffungslogistik	118

4	Produktionslogistik 4.0	124
4.1	Ziele und Aufgaben der Produktionslogistik	124
4.2	Entwicklung der Digitalisierung in der Fertigung	128
4.3	Instrumente der Produktionslogistik 4.0	136
4.3.1	Digitale Layout- und Fabrikplanung	137
4.3.2	Additive Fertigung	145
4.3.3	Digitale Lagertechnik	157
4.3.4	Intelligente innerbetriebliche Transportsysteme	164
4.4	Manufacturing as a Service	171
4.4.1	Organisatorische Anforderungen an die Umsetzung eines MaaS-Konzepts	173
4.4.2	Technische Anforderungen an die Umsetzung eines MaaS-Konzepts	181
5	Distributionslogistik 4.0	190
5.1	Ziele und Aufgaben der Distributionslogistik	190
5.2	Digitalisierungspotentiale in der Distributionslogistik	193
5.3	Instrumente der Distributionslogistik 4.0	201
5.3.1	Intelligente Kommissionier-Strategien	201
5.3.2	Intelligente außerbetriebliche Transportsysteme – Straße und Schiene	209
5.3.3	Intelligente außerbetriebliche Transportsysteme – Wasser und Luft	221
5.3.4	Herausforderungen auf der letzten Meile	229
5.4	Die Weiterentwicklung der City Logistik hin zu einer Smart City	243
6	Logistik 4.0-Reifegrad	250
6.1	Grundlagen Reifegradmodelle	250
6.1.1	Aufbau und Vorgehensweise von Reifegradmodellen ...	250
6.1.2	Reifegradmodelle für Industrie 4.0	252
6.2	Konzeption eines Logistik 4.0-Reifegradmodells	256
6.2.1	Auswahl der Technologien und Ziele	257
6.2.2	Definition der Reifegradstufen	259
6.2.3	Wirkungsmatrix	260
6.2.4	Visualisierung	261
6.2.5	Aggregation zum Logistik 4.0-Reifegrad	263
6.3	Möglichkeiten und Grenzen des Logistik 4.0- Reifegradmodells	264
	Literatur	267

1 Einführung

Digitalisierung und Automatisierung sind wie der Begriff der **Industrie 4.0** in den vergangenen Jahren im industriellen wie auch im wissenschaftlichen Bereich in aller Munde. Fortschreitende technologische Entwicklungen auf der einen Seite und der Wettbewerbsdruck, diese Entwicklungen auch erfolgreich in den Alltag umzusetzen, auf der anderen Seite führen dazu, dass sich die Gesellschaft zunehmend mit den verschiedensten 4.0-Anwendungen beschäftigen muss. Im Gesamtkomplex der Industrie 4.0 spielt dabei insbesondere die Logistik 4.0 eine große Rolle. Viele Digitalisierungstechnologien zielen auf die Bereitstellung und den Transport von Einsatzmaterialien zur Unterstützung und Optimierung der Produktion ab und bilden somit den Kern der digitalisierten Logistik (vgl. Werner 2017, S. 29 ff.).

Der **Ursprung der Logistik** geht dabei zum einen zurück auf die Verkehrsverkehrslehre, die sich mit der Gestaltung von Abläufen in Transportunternehmen beschäftigt, und zum anderen auf die Materialwirtschaft, deren Fokus auf der innerbetrieblichen Materialversorgung liegt. Bei der Logistik steht die möglichst effiziente und kostengünstige Abwicklung von Transport, Umschlag und Lagerung (TUL) im Vordergrund, die als logistische Kernprozesse gelten und auch als TUL-Prozesse bezeichnet werden. Seit den 1980er Jahren bekommt im Zuge des Supply Chain Managements die unternehmensübergreifende Koordination von Materialflüssen in der Wertschöpfungskette eine immer größere Bedeutung (vgl. Göpfert 2013, S. 24 ff.). Dabei profitiert die Logistikbranche zunehmend von der verbesserten Informationsvernetzung, denn erst durch die Echtzeit-Verfügbarkeit von Informationen auf den unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfung lässt sich der Vernetzungsgedanke des Supply Chain Managements in die Realität umsetzen

In einer **flussorientierten Sichtweise** versteht man unter der Logistik die integrierte Planung, Gestaltung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten physischen Materialflusses und der zugehörigen Informationsflüsse von den Zulieferern in das Unternehmen hinein, innerhalb des Unternehmens und vom Unternehmen zu seinen Abnehmern. Der Fokus liegt somit auf der Durchführung von raum-zeitlichen Gütertransformationen sowie den zugehörigen unterstützenden Prozessen und Dienstleistungen (vgl. Weber/Kummer 1998, S. 9 ff.; Pfohl 2018; Steven 2015, S. 2 f.).

Um die dabei auftretenden Datenmengen zu bewältigen, wurde in fast allen Teilbereichen der Logistik schon früh auf **IT-Unterstützung** zurückgegriffen. Insbesondere die Möglichkeit, anfallende Material- und Informationsflüsse in Echtzeit aufeinander abzustimmen, führt zu einer Neugestaltung von Logistikprozessen. Analog zu den Digitalisierungsbestrebungen in anderen Funktionsbereichen der Industrie wie

beispielsweise in der Beschaffung 4.0, im Personal 4.0 in der Instandhaltung 4.0 oder auch im Marketing 4.0 wandelt sich die Logistik zu einer Logistik 4.0 (vgl. Dörseln 2020; Hirsch-Kreinsen 2020; Steven/Grandjean 2020).

Dabei bilden verschiedene Digitalisierungstechnologien das Grundgerüst, welches sowohl die Produktionsprozesse in der Industrie 4.0 als auch die Bereitstellungsfunktionen in der Logistik 4.0 unterstützen (► Abb. 1.1):

- **Smarte Objekte kommunizieren** autonom Informationen über ihre Identität und ihre Zustände.
- Die autonom erfassten Daten werden über das **Internet der Dinge** dezentral an verschiedenen Orten in Echtzeit verfügbar gemacht.
- Im **Cloud Computing** werden Daten dezentral verwaltet und gespeichert, sodass an verschiedenen Standorten auf diese Daten und Services über das Internet zurückgegriffen werden kann.
- Eine hohe Datenverfügbarkeit erweitert zudem die Möglichkeiten der Datenanalyse in **Big Data** und bietet die Grundlage einer fundierten Entscheidungsunterstützung.
- Die Verfügbarkeit von großen Datenmengen bildet wiederum die Basis der **künstlichen Intelligenz**, mithilfe derer Maschinen lernen, intelligente Entscheidungen auf Basis von umfassenden Vergleichsanalysen mit zuvor eingegebenen Vergleichsmustern zu treffen.

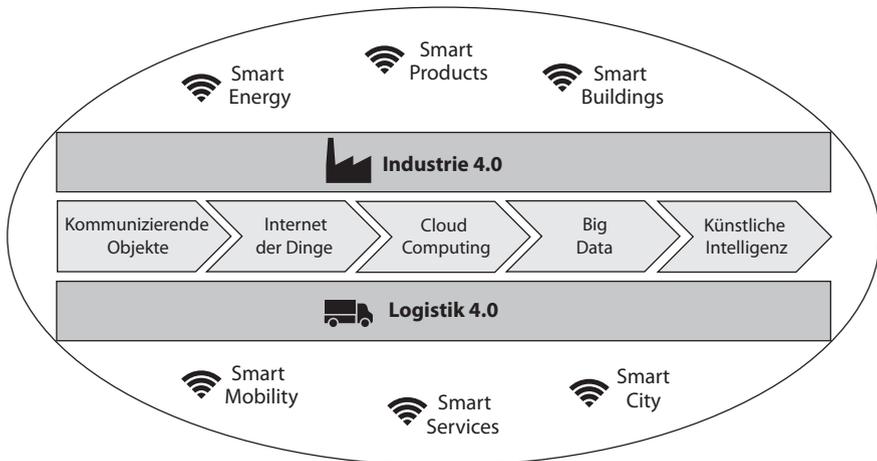


Abb. 1.1: Spannungsfeld der Logistik 4.0

Die genannten Technologien unterstützen gleichermaßen die Digitalisierung von Produktion und Logistik und finden ihren Einsatz in verschiedensten smarten Anwendungen. Angefangen bei smarten Produkten wie z. B. Werkzeugen, die ihren Abnutzungsgrad anzeigen, über smarte Gebäude, die ihre Haustechnik oder Zugangs-

berechtigungen digital steuern, bis hin zur digitalen Regelung der Energieversorgung zeigt sich die Vielseitigkeit der Einsatzmöglichkeiten. Im Bereich der Logistik finden sich von smarten Services wie dem Auftragstracking über smarte Mobilitätsalternativen wie autonome Fahrzeuge oder Drohnen bis hin zu komplexen Smart City-Konzepten unterschiedlichste Beispiele für das Potential der Digitalisierung. Die Vielseitigkeit und Verschiedenheit der Konzepte, Methoden und Instrumente, die eine digitalisierte Logistik ausmachen und damit weit über die klassische Logistik hinausgehen, lassen sich in einer **Arbeitsdefinition Logistik 4.0** zusammenfassen:

Unter dem Begriff **Logistik 4.0** werden sämtliche, auf der Digitalisierung aufbauenden Methoden zusammengefasst, die zur Entwicklung, Gestaltung, Steuerung und Kontrolle von Material- und Informationsflüssen in inner- und zwischenbetrieblichen Wertschöpfungsnetzwerken eingesetzt werden. Logistik 4.0 umfasst den Einsatz der Technologien und Konzepte von Industrie 4.0 in der Logistik. Dadurch können logistische Prozesse, Objekte und Akteure besser vernetzt werden, intelligente, sich selbst steuernde und lernfähige logistische Prozesse und Systeme erzeugt werden und Entscheidungsprozesse durch digital verfügbare und ausgetauschte Informationen beschleunigt und verbessert werden.

Die starke Fokussierung auf effiziente Prozesse wirkt sich auf die Kostensituation in der Logistik aus, wobei der Anteil der Logistikkosten an den Gesamtkosten je nach Branche auf 5-8 % geschätzt wird (vgl. Schulte 2017, S. 14). Somit besteht gerade in der Logistik ein großes Potential, durch den Einsatz von digitalen Technologien die Wertschöpfungsprozesse effektiver und effizienter zu gestalten. In einer Bitkom-Studie aus dem Jahr 2017 bei 508 Unternehmen der Logistikbranche wurde hinterfragt, welche Vorteile diese durch den **Einsatz von digitalen Technologien** im Logistikbereich erwarten (► Abb. 1.2). Dabei zeigte sich, dass fast alle befragten Unternehmen mit einer Senkung der Logistikkosten und einer Beschleunigung der Prozesse innerhalb der Transportkette rechnen. Ein etwas kleinerer Anteil der Befragten geht davon aus, dass die Transportketten weniger fehleranfällig werden, und gut die Hälfte erwartet eine Reduktion der Umweltbelastungen durch die Transportprozesse (vgl. Bitkom 2017). Somit leistet die Digitalisierung der Logistik einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der elementaren unternehmerischen Ziele.

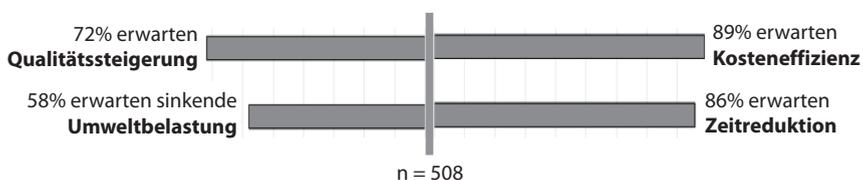


Abb. 1.2: Erwartungen an die Logistik 4.0 (vgl. Bitkom 2017)

Weitere Bitkom Recherchen ergaben bereits zwei Jahre später ein deutlich differenzierteres Bild der unternehmerischen Erwartungshaltung hinsichtlich einer digitalisierten Logistik (vgl. Bitkom 2019). Neben Zeit- und Kostenersparnis sowie sinkender Fehleranfälligkeit und Umweltbelastung, die auch 2017 bereits antizipiert wurden, sehen die befragten Unternehmen zudem Digitalisierungschancen bezüglich der Arbeitsplatzgestaltung sowie der Möglichkeiten, mehr Kundenservice anzubieten (► Abb. 1.3). Während sie zum einen von geringeren körperlichen Belastungen für die Mitarbeiter ausgehen (35 %), erwarten sie zum anderen attraktivere Arbeitsplätze (9 %). Durch die Annahme, dass der Arbeitskräftebedarf aufgrund der Digitalisierung sinken werde (21 %), erhoffen die Unternehmen, den Trend des schrumpfenden Arbeitskräfteangebots in der Logistik kompensieren zu können. Ein steigender Kundenservicegrad (33 %), nicht zuletzt durch eine bessere Informationsversorgung der Kunden, geht einher mit einer besseren Nahversorgung im ländlichen Raum (7 %) sowie attraktiveren Innenstädten (6 %). Digitale Transportalternativen und Verbesserungen der Routenplanung dürften diese Hoffnungen nähren.

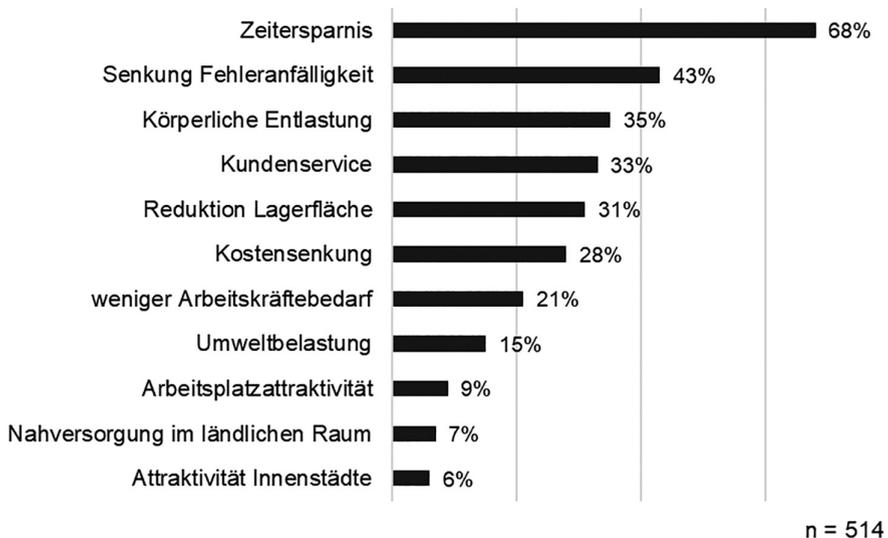


Abb. 1.3: Bewertung der Digitalisierungschancen für die Logistik (vgl. Bitkom 2019)

Neben der Bitkom zeigen auch andere Studien die großen Erwartungen an die positiven Auswirkungen der Digitalisierung auf die Entwicklungspotentiale der Logistik (► Abb. 1.4). So sehen laut einer Umfrage über 90 % der befragten Unternehmen hohe Chancen, die Transparenz innerhalb der gesamten Supply Chain mittels Digitalisierung zu verbessern (vgl. Pflaum et al. 2017, S. 39). Weitere Hoffnungen setzen die befragten Logistikunternehmen insbesondere auf eine verbesserte **Prozesssteuerung**, die nicht zuletzt auch im Zusammenhang steht mit mehr Vernetzung und Automatisierung der einzelnen Prozesse.

Mittels Echtzeitinformation steigen die Erwartungen in eine hohe Datenverfügbarkeit sowie in die schnelle Reaktionsfähigkeit. Mehr Informationen und mehr Möglichkeiten, diese auch mit adäquatem Aufwand zu verarbeiten, verbessern die **Entscheidungskompetenz** und helfen somit, komplexe Entscheidungen zu vereinfachen und insbesondere im Hinblick auf individuelle Anforderungen der Kunden auszurichten. Abbildung 1.4 zeigt, dass die Unternehmen sich hinsichtlich sämtlicher Kriterien mit mehr als 50 % große bzw. gute Chancen ausrechnen, das eigene Logistik-Geschäftsmodell positiv zu beeinflussen.

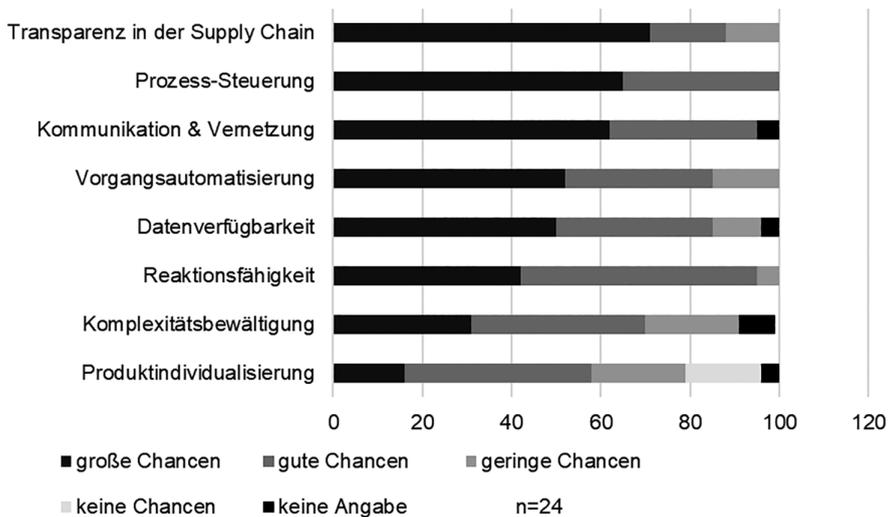
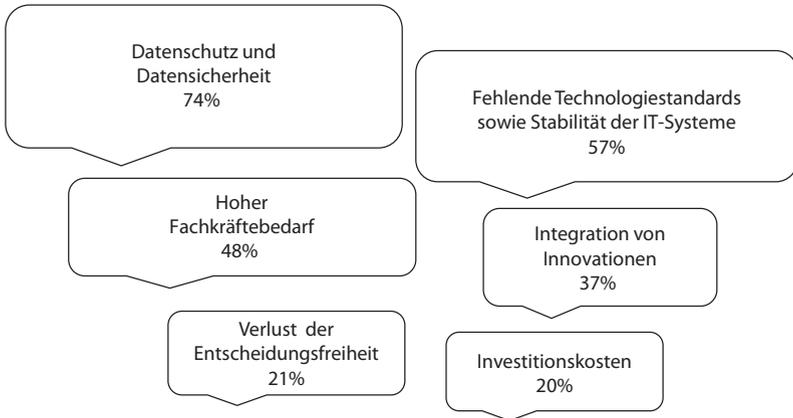


Abb. 1.4: Chancen durch Digitalisierung im Geschäftsmodell (vgl. Pflaum et al. 2017, S. 39)

Allerdings werden in einigen Studien auch **Nachteile** einer Logistik 4.0 ersichtlich (► Abb. 1.5). Diese beziehen sich auf die hohen Investitionskosten und den Verlust der Entscheidungsfreiheit durch die Dezentralisierung der Entscheidungen. Der gesteigerte Fachkräftebedarf für die Implementierung und Nutzung der Technologien erweist sich für viele Unternehmen als weitere Herausforderung, zumal für die Integration der Innovationen in die alltäglichen Prozesse ausgebildetes Fachpersonal benötigt wird.

Die Gefahr der Spionage von Betriebsdaten sowie der Aufwand, der für Datenschutz und Datensicherheit aufzubringen ist, bilden die größten Blockaden, die von der Nutzung digitaler Anwendungen in der Logistik abhalten. Weitere Probleme wie fehlende Prozessabsprache bei der unternehmensübergreifenden Technologiennutzung, Skepsis gegenüber der Stabilität der IT-Systeme oder die Sorge vor Abhängigkeiten von den IT-Dienstleistern lassen sich nur bewältigen, wenn einheitliche Technologiestandards gesetzt und Innovationen darauf aufbauend systematisch und umfassend in die Prozesse integriert werden (vgl. Bitkom 2019).



Hürden für den Einsatz von Digitalisierungstechnologien in der Logistik in 2019, n = 606 Unternehmen

Abb. 1.5: Erwartete Blockaden bei der Digitalisierung der Logistik (in Anlehnung an Bitkom 2019)

Trotz aller Bedenken ist die Erwartungshaltung gegenüber einzelnen Technologien und Konzepten in der digitalisierten Logistik ungebremst. Pflaum et al. kategorisieren die einzelnen Konzepte in unterschiedliche Digitalisierungswellen, wobei die ersten beiden Wellen mittlerweile als abgeschlossen gelten (► Abb. 1.6).

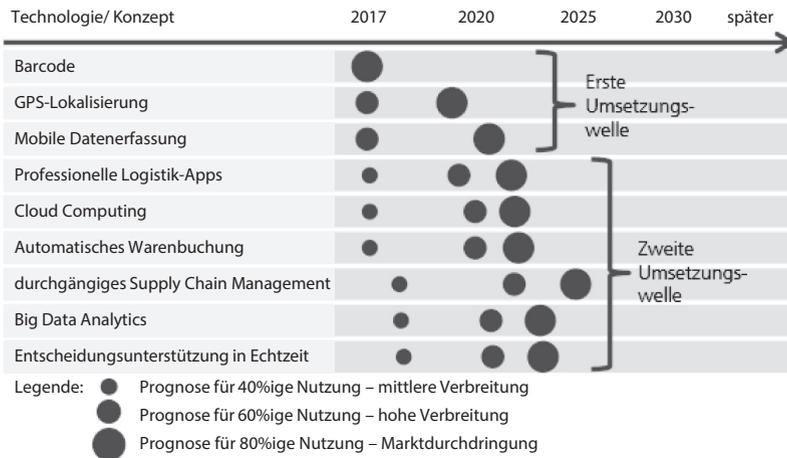


Abb. 1.6: Technologiepotentiale (in Anlehnung an Pflaum et al. 2017, S. 42)

Technologien wie die Identifikation mittels Barcode, die GPS-Lokalisierung oder die mobile Datenerfassung sind bereits seit Jahren etabliert, sodass wesentliche Anteile

der Logistikunternehmen in Deutschland diese inzwischen standardmäßig einsetzen. Mit der hohen **Verbreitung von Technologien** wie der automatischen Warenverbuchung via RFID oder der Nutzung von Logistik-Apps zur Prozesssteuerung ist gemäß der Studie ebenfalls ab Beginn der 2020er Jahre zu rechnen. Umfassende Planungstools zur Entscheidungsunterstützung im gesamten Supply Chain Management werden den Logistikalltag jedoch erst ab Mitte des Jahrzehnts prägen können. Die aktuellen Entwicklungen bestätigen die 2017 getroffenen Vermutungen und lassen auf eine weitere Intensivierung der Umsetzung schließen (vgl. Pflaum et al. 2017, S. 42 ff.).

Wenn man die Vielzahl der digitalen Technologien, auf die Logistikunternehmen bereits setzen nach ihren **Verwendungsbereichen** gruppiert (► Abb. 1.7), so lassen sich insbesondere für die innerbetriebliche Lagerlogistik Potentiale ausmachen (vgl. Bitkom 2019). Während in der überbetrieblichen Logistik die Hoffnungen in autonome Fahrzeuge und Drohnen noch begrenzt sind, planen in der innerbetrieblichen Logistik bereits die Hälfte der Unternehmen mit fahrerlosen Transportsystemen, mit Lagerrobotern immerhin ein Viertel der Logistiker. Auffällig ist, dass auch der Einsatz von künstlicher Intelligenz oder allgemein die Verwendung von Tools wie intelligenten Paletten und Regalen bereits angedacht sind und diese teilweise auch eingesetzt werden. Dies bestätigt die Innovationsfähigkeit der Logistikbranche, die aufgrund des hohen Kostendrucks an stetiger Prozessverbesserung orientiert ist.

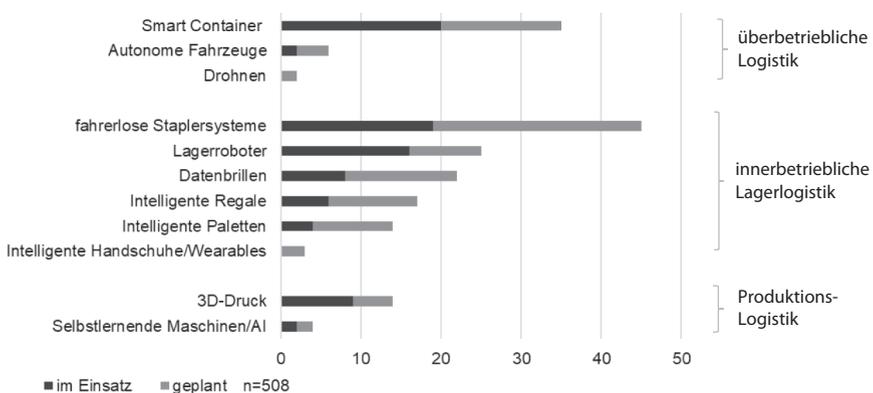


Abb. 1.7: Instrumenteneinsatz in verschiedenen Logistikaufgaben (nach Bitkom 2019)

Bei genauerer Betrachtung der **Digitalisierungsauswirkungen auf die einzelnen Logistikprozesse** werden unterschiedliche Zustandstransformationen an den Logistikobjekten deutlich. In Tabelle 1.1 wird anhand einiger charakteristischer Beispiele gezeigt, welche Auswirkungen die Einführung von Logistik 4.0 auf die verschiedenen innerbetrieblichen Logistikprozesse Lagerung, Transport, Kommissionieren und Verpacken sowie auf die zugehörigen logistischen Zustandstransformationen hat.

Tab. 1.1: Logistische Transformationen und Logistik 4.0

Logistische Transformation	Lagerung	Transport	Kommissionieren	Verpacken	Auswirkungen von Logistik 4.0
Zeitänderung	X				RFID-Identifikation Lagerplatzverwaltung
Raumänderung		X			Automatischer Transport Tracking and Tracing
Mengenänderung			X		Automatische Kommissionierung Mengensensorik
Sortenänderung			X		Palettierroboter Verräumautomatismen
Änderung der Umschlageigenschaften				X	Verpackungsroboter Verpackungskontrolle

Die **Lagerung** bewirkt eine Veränderung der zeitlichen Verfügbarkeit von Logistikobjekten. Durch die RFID-gestützte Identifikation der ein- und auszulagernden Materialien und eine automatische Lagerplatzverwaltung, die jedem Logistikobjekt ein zu seinen Anforderungen passendes Lagerfach zuweist, lässt sich die Effizienz der Lagerung erheblich steigern.

Durch **Transportprozesse** verändert sich die räumliche Verfügbarkeit der Logistikobjekte. In der innerbetrieblichen Logistik kommt dem Einsatz von automatisierten, autonomen, dezentral gesteuerten Transportsystemen eine große Bedeutung zu. Diese sorgen dafür, dass Aufträge und Werkstücke zeitnah zu ihrer – durch die Produktionssteuerung erst kurzfristig zugewiesenen – nächsten Bearbeitungsstation gebracht werden. Auf der Distributionsseite wird durch die als Tracking und Tracing bezeichnete Möglichkeit zur Sendungsverfolgung der Kundenservice vor allem im E-Commerce deutlich verbessert.

Bei der **Kommissionierung** wird zum eine Mengenänderung an den Logistikobjekten vorgenommen. Hier findet im Rahmen von Logistik 4.0 ein Übergang zur weitgehend automatisierten Kommissionierung statt. Fortgeschrittene Systeme der Mengensensorik, wie sie z.B. bei dem Behältersystem iBin eingesetzt werden, unterstützen die rechtzeitige Nachbestellung von verbrauchten Materialien.

Weiter findet durch die **Kommissionierung** eine Sortenänderung der Logistikobjekte statt. Palettierroboter stellen auf die Kundenwünsche abgestimmte Sendungen zusammen und aktuell nicht benötigte Ware wird automatisch ins Lager zurückgebracht.

Das **Verpacken** führt zu einer Änderung der Umschlageigenschaften von Logistikobjekten. Hier kommen im Rahmen von Logistik 4.0 unter anderem Verpackungsroboter und eine automatisierte Verpackungskontrolle zum Einsatz.

Um einen umfassenden Einblick in die Anwendungsfelder und Potentiale der verschiedenen Methoden und Instrumente zu ermöglichen, werden im zweiten Kapitel zunächst die wesentlichen **Grundlagen** und **Technologien** einer Logistik 4.0 erarbeitet. Dazu zählen zum einen cyberphysische Systeme, das Internet der Dinge und Dienste, Big Data und Cloud Computing als wesentliche Treiber der Digitalisierung der Logistik und zum anderen die künstliche Intelligenz, die Blockchain-Technologie und Virtual bzw. Augmented Reality als Enabler-Technologien. Aufbauend auf dieser technologischen Basis wird in den folgenden Kapiteln das Erkenntnisobjekt Logistik 4.0 systematisch untersucht. Diese Untersuchung orientiert sich an den betrieblichen Funktionen Beschaffung, Produktion und Distribution, d. h. an den verschiedenen Stufen des betrieblichen Wertschöpfungsprozesses (► Abb. 1.8). Da einzelne der behandelten Technologien in mehreren Logistikbereichen zum Einsatz kommen, lassen sich dabei Redundanzen nicht vollständig vermeiden.

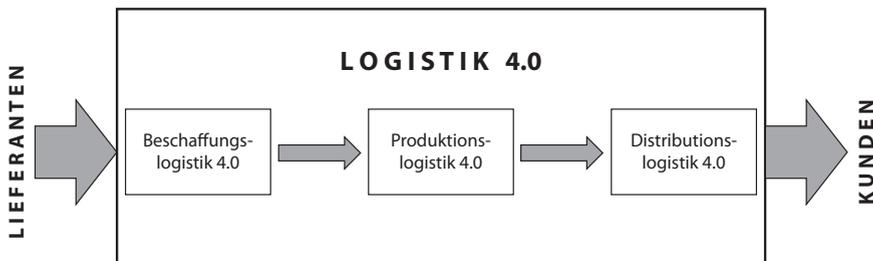


Abb. 1.8: Aufgabenbereiche der Logistik 4.0

Die Versorgung des Unternehmens mit sämtlichen nicht selbst erzeugten Einsatzmaterialien und Vorprodukten ist die Aufgabe der Beschaffung. Im Rahmen der **Beschaffungslogistik 4.0** werden im dritten Kapitel die Ansatzpunkte der Digitalisierung und ihre Auswirkungen auf die Beschaffungsprozesse herausgearbeitet. Weiter werden die wichtigsten Instrumente der Beschaffungslogistik im Hinblick auf ihre Veränderungen durch Industrie 4.0 untersucht. Schließlich erfolgt eine Analyse der Kostenwirkungen, die durch die Digitalisierung in der Beschaffungslogistik ausgelöst werden.

Im Mittelpunkt der **Produktionslogistik 4.0** steht im vierten Kapitel die Veränderung der innerbetrieblichen Transformationsprozesse, die vor allem durch digitale Fertigungskonzepte wie z. B. cyberphysische Systeme beeinflusst werden. Neue Herausforderungen für die Logistik ergeben sich hier vor allem in den Bereichen der Layout- und Fabrikplanung, der additiven Fertigung, der Digitalisierung der Lagertechnik und dem Einsatz von intelligenten innerbetrieblichen Transportsystemen. Eine tiefgreifende Veränderung der betrieblichen Wertschöpfungsstrukturen ergibt sich durch das innovative Konzept Manufacturing as a Service (MaaS), das zum Abschluss des Kapitels dargestellt wird.

Die Aufgabe der Distribution besteht darin, die Erzeugnisse eines Unternehmens über verschiedene Vertriebskanäle zu den Kunden zu bringen. Die **Distributionslo-**

gistik 4.0, die im fünften Kapitel untersucht wird, wird durch die Entwicklung autonomer Fahrzeuge stark beeinflusst. In der Kommissionierung kommen verstärkt Technologien wie Virtual bzw. Augmented Reality zum Einsatz. Neue Plattformen wie Portale und Frachtbörsen bringen Nachfrager und Anbieter von Logistikdienstleistungen zusammen und sorgen für eine Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz. Dies wird durch Telematik-Anwendungen unterstützt und wirkt sich über die einzelne Anbieter-Nachfrager-Beziehung hinaus auf die gesamte Supply Chain aus. Weitere wichtige Aspekte der Distributionslogistik sind die Abwicklung der Prozesse auf der letzten Meile der Auslieferung und die Rolle der Logistik in einer Smart City.

Das sechste Kapitel befasst sich abschließend mit dem **Logistik 4.0-Reifegrad**, der nicht nur eine Selbsteinschätzung von Unternehmen im Hinblick auf die digitale Reife ihrer Logistikprozesse erlaubt, sondern auch ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Auswahl von Partnern in der Supply Chain darstellt.

2 Grundlagen einer Logistik 4.0

In diesem grundlegenden Kapitel wird zunächst der Begriff Industrie 4.0 erläutert, um damit den Rahmen für die hier zu behandelnden Fragestellungen aufzuzeigen. Darin eingebettet wird eine erste inhaltliche Konkretisierung der Logistik 4.0 erfolgen, sodass sowohl die Einflussfaktoren als auch die Aufgabenbereiche dieses Wertschöpfungskonzepts dargestellt werden. Insbesondere dem Begriff der **Digitalisierung** kommt hierbei eine zentrale Rolle zu, die hier von der dezentralen Erfassung der Informationen mittels cyberphysischer Systeme über die unterschiedlichen Möglichkeiten der Datenübertragung bis hin zur Verarbeitung der Informationen in »Big Data« beschrieben wird. Abschließend werden in Abschnitt 2.3 weitere Technologien der Logistik 4.0 insbesondere daraufhin untersucht, wie sie als technologische Grundlagen den Entwicklungsprozess der Logistik ergänzen.

2.1 Einordnung von Logistik 4.0 in Industrie 4.0

2.1.1 Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung der Industrie 4.0

Der Begriff der **Industrie 4.0**, der auf der Hannover Messe 2011 erstmalig verwendet wurde, prägt die industrielle Entwicklung des letzten Jahrzehnts und ist Synonym für die stetig zunehmende Vernetzung innerhalb der Produktion geworden. Dabei wird der Begriff gleichermaßen im deutsch- wie auch im englischsprachigen Raum verwendet, insbesondere im amerikanischen wie auch im asiatischen Raum wird von »Industrial Internet of Things« oder »Smart Factory« gesprochen (vgl. Zezulka et al. 2016; Wang et al. 2017). Hierbei wird deutlich, dass einzelne Digitalisierungstechnologien Pate stehen für die Entwicklung und Veränderung einer ganzen Industrie. Smarte Produktionsanlagen, die nicht nur automatisiert, sondern selbstgesteuert agieren, werden mittels Internet der Dinge (► Kap. 2.2.2) miteinander verknüpft und geben mit ihrem virtuellen Abbild Auskunft sowohl über ihr allgemeines Leistungspotential als auch über ihren aktuellen Status.

Bevor auf diese Technologien näher eingegangen wird, ist vorab noch der 4.0-Aspekt zu erläutern. Die Bezeichnung Industrie 4.0 resultiert aus der Abgrenzung wesentlicher Entwicklungsschritte der industriellen Fertigung, die mit den verschiedenen Phasen der industriellen Revolution gleichgesetzt werden (vgl. Bauernhansl 2014, S. 6). Hierbei werden die richtungweisenden technologischen Veränderungen der Industrialisierung jeweils als einzelne Etappe bezeichnet, da mit ihnen jeweils

wesentliche Veränderungen der gesamten Produktionsbedingungen einhergehen. Einen Überblick gibt Abbildung 2.1.

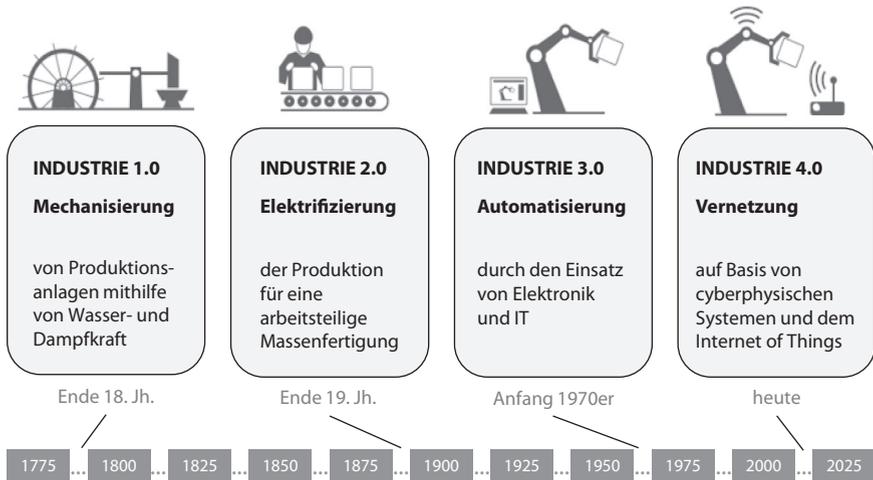


Abb. 2.1: Die vier Phasen der industriellen Entwicklung (vgl. Yokogawa 2018)

Die erste Stufe der Industrialisierung zur **Industrie 1.0** geschah im Rahmen der Mechanisierung Ende des 18. Jahrhunderts und wurde durch die Nutzbarmachung der Wasser- bzw. Dampfkraft, insbesondere für den Antrieb mechanischer Webstühle, vorangetrieben. Diese in den Geschichtsbüchern als eigentliche Industrielle Revolution bezeichnete Etappe beschreibt den Schritt von der individuellen Heimarbeit zur **mechanisch angetriebenen Fertigung** in eigens dafür vorgesehenen Fabriken (vgl. Steven 2007, S. 7). Grundlegende Veränderungen der Produktionsbedingungen haben sowohl erhebliche Produktivitätssteigerungen aus wirtschaftlicher Perspektive als auch grundlegende Veränderungen der sozioökonomischen Rahmenbedingungen innerhalb der gesamten Volkswirtschaft mit sich gebracht. Aus logistischer Sicht wurden hier Produktionsfaktoren an einer zentralen Produktionsstätte zusammengeführt, um von dort aus die Versorgung mit Produkten in größerem Umfang durchzuführen.

Eine zweite grundlegende Veränderung der Produktionsbedingungen zur **Industrie 2.0** ist auf die Einführung des Fließbands bei der Entwicklung der arbeitsteiligen Massenfertigung zurückzuführen. Hierbei wird häufig auf die Fließband-Fertigung in den Ford-Werken zur Produktion des ersten Ford T-Modells oder auf die innerbetriebliche Logistik auf den Schlachthöfen von Cincinnati verwiesen, die beide um 1900 zu substantiellen Veränderungen der Arbeitsbedingungen führten.

Zum einen ließ sich die **Produktivität** erheblich durch Rationalisierungseffekte aufgrund der Arbeitsteilung steigern. Die eingesetzten Arbeitskräfte konnten sich auf einzelne Arbeitsschritte konzentrieren, die im vorgegebenen Takt des Fließbands

wiederholt und demnach mit gesteigerter Produktivität ausgeführt wurden. Die logistische Optimierung der innerbetrieblichen Arbeitsanordnung kann somit als wesentliche Stellgröße für Leistungsoptimierungen betrachtet werden. Darüber hinaus ließen sich Kostendegressionseffekte aus der **Standardisierung** der Produktion gewinnen, da vereinheitlichte Massenprodukte die Investition in spezialisierte Produktionsanlagen ermöglichten. Das typische Beispiel dieser Einheitsproduktion ist der bereits erwähnte Ford T, der ausschließlich in einer standardisierten Ausstattung und unter anderem nur in der Farbe Schwarz am Markt angeboten wurde.

Unter **Industrie 3.0** wird die darauf aufbauende Phase der **Automatisierung** verstanden. Mit Beginn der 1970er Jahre haben Elektronik und IT weltweiten Einzug in die Produktion erhalten. Maschinen konnten nun einzelne Arbeitsschritte automatisiert durchführen und spezialisierte Computerprogramme übernahmen die Steuerung der Produktion (vgl. Hermann 2015, S. 5 ff.). Der Modicon 084 wurde hierbei als erste **speicherprogrammierbare Steuerung** in einer Fertigungsanlage verwendet und gilt demnach als weitere technologische Revolution. Während in den ersten beiden Phasen logistische Fragestellungen eher implizit im Hintergrund betrachtet wurden, gewann die Logistik in etwa zeitgleich mit der Industrie 3.0 sowohl für die Praxis als auch wissenschaftlich an Bedeutung. Aus dem Blickwinkel der Materialwirtschaft erhielt die Teileverfügbarkeit einen neuen Stellenwert, um den möglichst reibungslosen Einsatz der investitionsintensiven, automatisierten Maschinen sicherzustellen.

Letztlich liegen bereits hier die Ursprünge der Digitalisierung, denn durch den Einsatz von NC-Maschinen und Industrierobotern konnten signifikante Flexibilitätssteigerungen realisiert werden. Die Automatisierung des Materialflusses zwischen den Bearbeitungsstufen sowie die Einführung automatisierter Werkzeugwechsler begründen die Reduktion der Rüstzeiten und damit eine gestiegene Variantenzahl. Darüber hinaus lässt sich seitdem mittels **computerbasierter Planungsinstrumente** (insbesondere der CAD-Technologien) die gesamte Produktion planen und steuern, sodass vom **Computer Integrated Manufacturing** (CIM) gesprochen wird (vgl. Scheer 1987).

Ein weiterer Entwicklungsschritt, der dieser Phase zugeschrieben wird, ist von organisatorischer Natur und hängt mit der Strategie der **Lean Production** zusammen (vgl. Womack et al. 1992). Im Zentrum von Lean Production oder allgemeiner Lean Management steht dabei die **radikale Vermeidung jeglicher Verschwendung** im Produktionsprozess, indem der Ressourcenbedarf, die benötigte Zeit sowie die Lagerbestände hinsichtlich ihrer Vermeidbarkeit untersucht und auf ein Minimum beschränkt werden sollen (vgl. Steven 2014, S. 210 ff.). Bereits hier ist die Bedeutung der Logistik erkennbar, denn lediglich unter der Voraussetzung einer gut organisierten Logistik kann die Produktion sich einen Verzicht auf Zeitpuffer und Sicherheitsbestände erlauben.

Neben der dezidierten Analyse von Verschwendung in den eigenen Organisations- und Produktionsstrukturen fällt in diesen Zeitraum auch die Auseinandersetzung mit den jeweiligen Kernkompetenzen eines Unternehmens. Im Rahmen des **Outsourcings**

werden möglichst viele Prozessschritte, die nicht zum Kerngeschäft gehören und in denen das Unternehmen keine ausgesprochene Expertise besitzt, an spezialisierte Zulieferer ausgelagert. Auf der einen Seite profitiert die Industrie hierbei von den Spezialisierungseffekten, neben der Rüstzeitreduktion im Zuge der Verschlinkung bildet das Outsourcing die Kerngrundlage weiterer Individualisierungen innerhalb der Massenfertigung. Auf der anderen Seite erfordert diese Entwicklung eine Intensivierung der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit im Sinne der **Wertschöpfungsnetzwerke**.

Diese organisatorischen Entwicklungen bilden gleichzeitig den Nährboden für die Entwicklung zur **Industrie 4.0**. Die zunehmende Flexibilisierung der Fertigung ermöglicht ein weiteres Eingehen auf zunehmend individualisierte Kundenwünsche. Zuvor zentral gesteuerte Produktionsprozesse werden nun von **dezentralen, sich selbst steuernden Einheiten** abgelöst. Technologische Entwicklungen im Bereich der Datenübertragung und Vernetzung ermöglichen die engmaschige, echtzeitorientierte Überwachung der einzelnen Einheiten. Die zwei Fachbegriffe, die in diesem Zusammenhang immer wieder auftreten, sind zum einen die **cyberphysischen Systeme (CPS)**, eben jene sich selbst steuernden Einheiten, und zum anderen das **Internet of Things (IoT)**, über welches die Einheiten miteinander verbunden sind (vgl. Bousonville 2017, S. 4). Diese beiden Grundlagen der Digitalisierung bilden das Baugerüst der Industrie 4.0 und werden in den folgenden Abschnitten weiter erläutert.

An dieser Stelle ist noch zu erwähnen, dass die Veränderungen durch CPS und IoT nicht nur auf die innerbetrieblichen Strukturen, sondern insbesondere auch auf die unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsprozesse einwirken. Mittels Sensoren und Aktoren bilden einzelne Objekte des Wertschöpfungsprozesses ihre virtuellen Zustände ab und kommunizieren diese in die reale Welt. Durch Interaktion dieser Objekte im IoT können Aufgaben autonom zugewiesen, Ressourcen verteilt und Materialbestände überwacht und verteilt werden. Dieses geschieht nicht nur unternehmensintern, sondern auch unternehmensübergreifend, da **Informationen** an verschiedensten Standorten weltweit **in Echtzeit** verfügbar sind. Kundenwünsche können gleichermaßen einbezogen werden (z. B. über internetbasierte Produktkonfigurationen), wie Reaktionen auf Kapazitäts- und Leistungsschwankungen im laufenden Prozess automatisiert vorgenommen werden können.

Abbildung 2.2 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der **Verkettung von virtueller und realer Welt** mittels CPS und der daraus resultierenden verstärkten Verkettung der Wertschöpfungspartner. Neben den technischen Veränderungen durch Industrie 4.0 ergeben sich demnach auch neue Gestaltungspotentiale für die Organisation der Produktion. Verbesserte Möglichkeiten der Informationsversorgung erleichtern die überbetriebliche Zusammenarbeit und geben neue Impulse bei der Nutzung verteilt vorliegender Ressourcen. Die technischen wie organisatorischen Veränderungen bilden die kennzeichnenden Elemente der Industrie 4.0 und münden nun in einer ersten Begriffsbestimmung (vgl. Hermann 2015, S. 11, der sich sehr ausführlich mit der Literatur zur Begriffsbestimmung von Industrie 4.0 auseinandergesetzt hat).

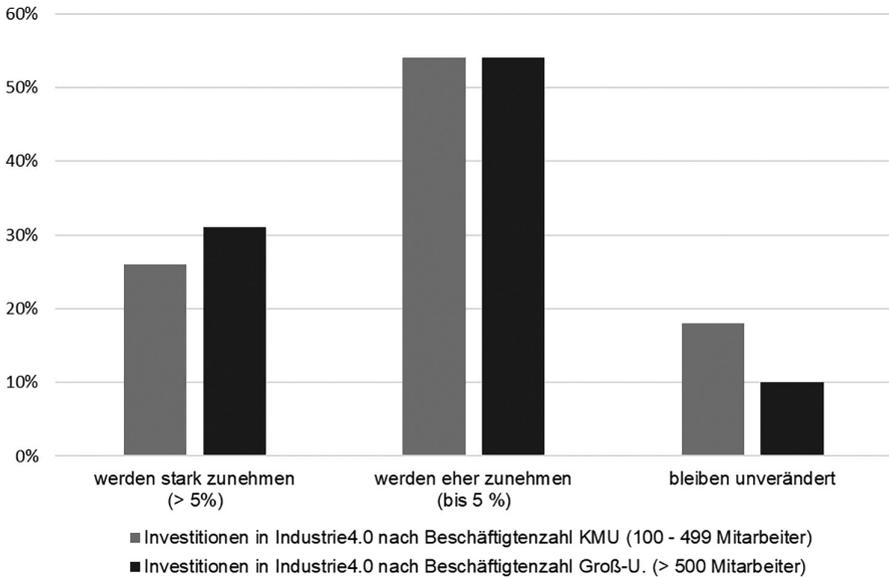


Abb. 2.3: Investitionen in Industrie 4.0 nach Beschäftigtenzahl (vgl. Statista 2018)

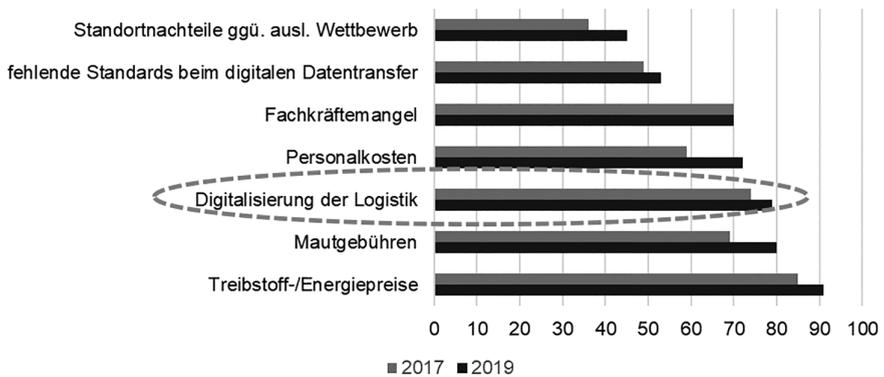


Abb. 2.4: Digitalisierung als zentrale Herausforderung in der Logistik (vgl. Rohleder 2019)

einzelnen Prozesse sowie durch eine verbesserte Auslastung der vorhandenen (Transport-)Kapazitäten. Auch mittels Senkung der Fehleranfälligkeit lassen sich der Ressourcenverbrauch reduzieren und damit neben der Kosteneinsparung auch die schädlichen Umweltauswirkungen insbesondere im Transportwesen verringern. In den folgenden Kapiteln wird im Einzelnen darauf einzugehen sein, inwieweit diese Anforderungen bereits umsetzbar sind. Abbildung 2.5 zeigt die verschiedenen Potentiale insbesondere aus der Sichtweise der überbetrieblichen Transportlogistik auf.

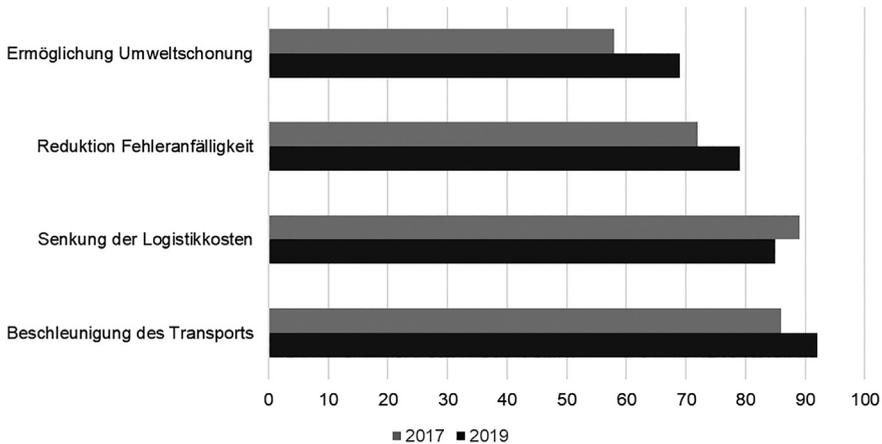


Abb. 2.5: Vorteile der Digitalisierung (vgl. Rohleder 2019)

Aber auch die anderen Aufgabenbereiche der Logistik bleiben von der voranschreitenden Digitalisierung nicht unberührt. In der Lagertechnologie setzen sich Industrie 4.0-Technologien zunehmend durch und führen zu einer mehr oder minder starken **Disruption** der Arbeitsumgebung. Diese reicht von einer Flexibilisierung der Lagertechnik bis hin zum Ersatz der Lagerhaltung insgesamt durch Nutzung additiver Fertigungsmethoden. Letztlich lassen sich mit der

- Effizienz der Ressourcennutzung,
- dem gezielten Einsatz des vorhandenen Logistikpersonals und
- der Bemessung der Umweltauswirkungen

drei entscheidende Faktoren für den Erfolg der Digitalisierung in der Logistik benennen. Die nähere Zukunft wird zeigen, welche Technologien geeignet sind, positiv auf die genannten Faktoren einzuwirken und damit die Zukunftsfähigkeit und das Erfolgspotential der Logistikbranche zu erhöhen.

Der größte Kritikpunkt, mit dem sich Digitalisierungsbefürworter aus volkswirtschaftlicher Perspektive auseinandersetzen haben, bezieht sich auf die **Verdrängung des Arbeitskräfteeinsatzes** durch Maschinen und Rechnerleistung. Auswirkungen auf die Beschäftigung und die zunehmende Gefahr der Polarisierung innerhalb einer Gesellschaft werden angeführt, um die Risiken der fortschreitenden Informationsvernetzung und Automatisierung darzulegen. Der Digitalverband Bitkom widmet sich dieser Fragestellung und versucht sich an einer ersten Einordnung, in der insbesondere auf die **Veränderung des Aufgabenspektrums innerhalb der Logistik** abgestellt wird (► Abb. 2.6). Dabei ist zu erkennen, dass der Bedarf an Fachkräften mit einer technologiefokussierten Logistikausbildung enorm steigen wird, wohingegen die Einsatzpotentiale für Mitarbeiter, die lediglich unterstützende Tätigkeiten ausüben, in der Tat dramatisch zurückgehen werden.

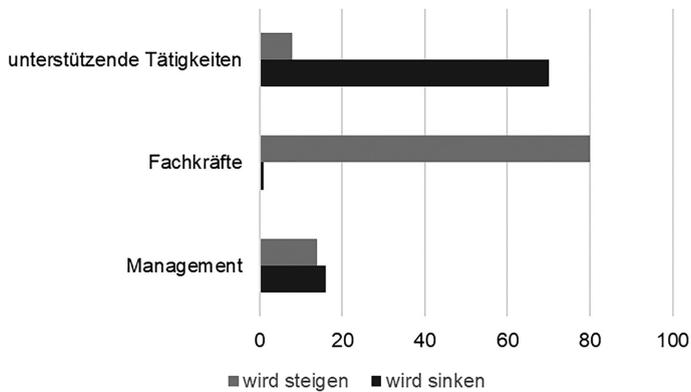


Abb. 2.6: Beschäftigungsentwicklung in der Logistik (vgl. Rohleder 2019)

Hieraus lässt sich ein Trend erkennen, der in der gesamten Industrie auftritt, in der Logistikbranche jedoch besonders drastisch ausfällt. Zu erklären ist diese Entwicklung durch die Aufgabenstellung der Logistik, deren Kern in der Versorgung der Produktion liegt. Unterstützende Tätigkeiten zur **Bereitstellung von Waren und Dienstleistungen** stellen dabei in der Regel neben der Belastung durch die permanente Wiederholung einzelner Handgriffe oder die Bewältigung großer Werkstücke, die es zu bewegen gilt, geringe geistige Anforderungen. Gerade deshalb bieten sich die 4.0-Technologien hier so gut an, um die Prozesse zu vereinfachen. Körperlich anstrengende oder monotone Aufgaben werden dort ersetzt, wo Algorithmen immer wieder repetitiv die gleichen Aufgaben erfüllen können. Im Folgenden werden diese Aufgabenbereiche im Einzelnen analysiert, um die Einsatzpotentiale dieser neuen Technologien aufzuzeigen. Letztlich geht es nicht um die Frage, ob die Digitalisierung einer Gesellschaft weiter voranschreiten soll, sondern darum, wie man sich in dieser Entwicklung so gut wie eben möglich für die Zukunft positionieren kann.

2.1.2 Logistikbegriff und Bausteine einer Logistik 4.0

Die Digitalisierung der Industrie wirkt sich sowohl auf die innerbetrieblichen als auch auf die unternehmensübergreifenden Aktivitäten der einzelnen Wertschöpfungspartner aus. Dabei kann der Fortschritt der Industrie immer nur so gut sein, wie auch die Entwicklung der unterstützenden und verbindenden Funktionen der Logistik gelingt. Somit kommt der Logistik im Rahmen der Industrie 4.0 ein besonderer Stellenwert zu, sodass an dieser Stelle eine weitere Begriffsdefinition folgt.

»**Logistik** umfasst die integrierte Planung, Gestaltung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten physischen Materialflusses und des dazugehörigen Informationsflusses von den Lieferanten in das Unternehmen hinein, innerhalb des Unter-

nehmens, vom Unternehmen zu seinen Kunden sowie der damit verbundenen Entsorgungsprozesse.« (Steven 2015, S. 3)

Die obige Definition zielt sowohl auf den unternehmensübergreifenden und damit unternehmensverbindenden Charakter der Logistik als auch auf die **notwendige Integration von Material- und Informationsflüssen** ab. Soll nun das Leistungsvermögen der Logistik im Hinblick auf die aktuellen technologischen Potentiale der Industrie 4.0 analysiert werden, so erscheint es sinnvoll, sich zunächst grundsätzlich mit der **strategischen Ausrichtung** der Logistik auseinanderzusetzen (vgl. Schulte 2017, S. 43 ff.). Aufgrund der übergreifenden Funktion der Logistik zur Zusammenarbeit innerhalb der Wertschöpfungskette spielt die Positionierung im **Zieldreieck aus Kosten, Zeit und Qualität** eine besondere Rolle (► Abb. 2.7).

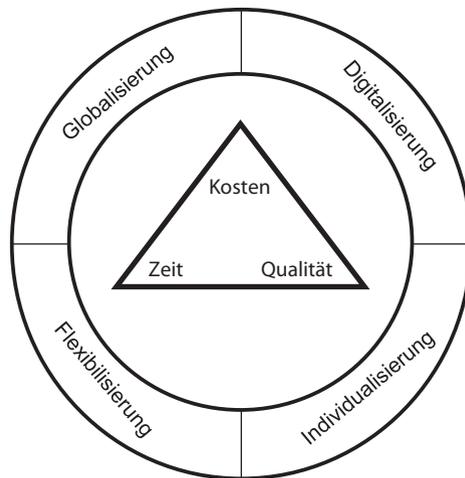


Abb. 2.7: Strategische Herausforderungen der Logistik

Insbesondere vor dem Hintergrund der **Globalisierung** auf der Beschaffungsseite und der immer weiter zunehmenden **Individualisierung** der Produkte auf der Absatzseite ist zukünftig von einem stark steigenden Logistikvolumen auszugehen. Mehr Produkte müssen über größere Strecken und mit deutlich höherer Präzision transportiert und möglichst termingerecht verfügbar gemacht werden. Dies geschieht in zunehmend engem Kontakt zwischen den einzelnen Wertschöpfungspartnern, sodass sich Kosten- und Terminüberschreitungen sowie ein Nichterreichen der Qualitätsziele nicht verheimlichen lassen (vgl. Schulte 2017, S. 59). Darüber hinaus erwachsen auch aus der fortschreitenden **Flexibilisierung** der Lieferanforderungen sowie der zunehmenden **Digitalisierung** der Logistikprozesse weitere strategische Herausforderungen. Einzelne Lieferungen müssen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an ver-