



Einkauf 4.0 – Möglichkeiten und Herausforderungen der Digitalisierung im Einkauf

Einführung in die Digitalisierung in der Einkaufsfunktion und praktische Handlungsempfehlungen für Unternehmen

Johannes Blechmann

Prof. Dr. Monika Engelen

Februar 2020

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Vorwort

Das vorliegende Paper beschreibt die im Rahmen von Industrie 4.0 als Einkauf 4.0 bezeichnete Digitalisierung der Einkaufsfunktion. Neben einer grundlegenden Einführung zu Industrie 4.0 und den Haupttreiber stellt das Paper die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Einkauf vor.

Es werden generell die Möglichkeiten, Einkaufsfunktionen zu digitalisieren, eine Auswahl an Studien zu Kosteneinsparungen und der aktuelle Stand der Umsetzung bei Unternehmen dargestellt sowie die Erkenntnisse zum Einsatz von Digitalisierung im Einkauf zusammengefasst.

Das Praxis Paper basiert auf der Bachelorarbeit von Johannes Blechmann, die von November 2019 bis Februar 2020 von Prof. Dr. Monika Engelen (TH Köln) und Sven Düster (VOSS Automotive GmbH) betreut wurde.

Inhalt

Vorwort	1
Inhalt	2
1 Einführung	3
2 Was versteht man unter Industrie 4.0?	3
2.1 Internet der Dinge	5
2.2 Cyber-Physical Systems (CPS)	6
2.3 Big Data Analytics	7
3 Was ist und kann Einkauf 4.0?	8
3.1 Anwendungsmöglichkeiten Einkauf 4.0	8
3.2 Voraussetzungen auf dem Weg zum Einkauf 4.0	9
3.3 Schnittstelle mit Industrie 4.0	9
4 Wie kann man Einkauf 4.0 realisieren?	10
4.1 Grundlegende Möglichkeiten	10
4.2 Mögliche Einsparpotenziale	11
4.3 Konkrete Einkauf 4.0 Ansätze	12
4.4 Aktueller Stand von Einkauf 4.0 in der Wirtschaft	15
5 Fazit und Ausblick	17
Literatur	18
Bilder/Acknowledgement	23

1 Einführung

Momentan findet eine Revolution in der Industrie statt, welche als Industrie 4.0 bezeichnet wird. Durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien ist es möglich, Aufgaben, die bisher vom Menschen durchgeführt wurden, auf Informations- und Kommunikationssysteme zu übertragen und Prozesse virtuell zu steuern. Diese digitale Transformation führt zu einer Menge an Veränderungen, nicht nur in der Produktion, sondern auch im Einkauf.

Die hohe Komplexität heutiger Wertschöpfungsketten zeigt sich beispielhaft an den deutschen Automobilherstellern, die Zukaufteile global beschaffen und weltweit verteilte Produktionsstandorte zur Bedienung der weltweiten Nachfrage errichtet haben. So berichtet das Magazin WirtschaftsWoche, dass alleine für das Modell Golf rund 500 Lieferanten Einzelteile an VW liefern. Im Schnitt kommen rund 70 % der Teile bei Automobilherstellern von Zulieferern, schätzt Frank Schwope, Analyst der Nord/LB.¹

Um der wachsenden Globalisierung sowie Digitalisierung gerecht zu werden, müssen im Zeitalter von Industrie 4.0 auch Beschaffungsprozesse automatisiert und verbessert werden. In dieser Arbeit soll festgestellt werden, welche Auswirkungen Industrie 4.0 auf den Einkauf hat und wie sich der Beschaffungsprozess in diesem Zusammenhang verändern wird.

2 Was versteht man unter Industrie 4.0?

Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution. Die Versionsbezeichnung „4.0“ bezieht sich hauptsächlich auf die Geschichte der industriellen Produktion der vergangenen ca. 240 Jahre und die dort stattgefundenen drei revolutionären technologischen Entwicklungsphasen.

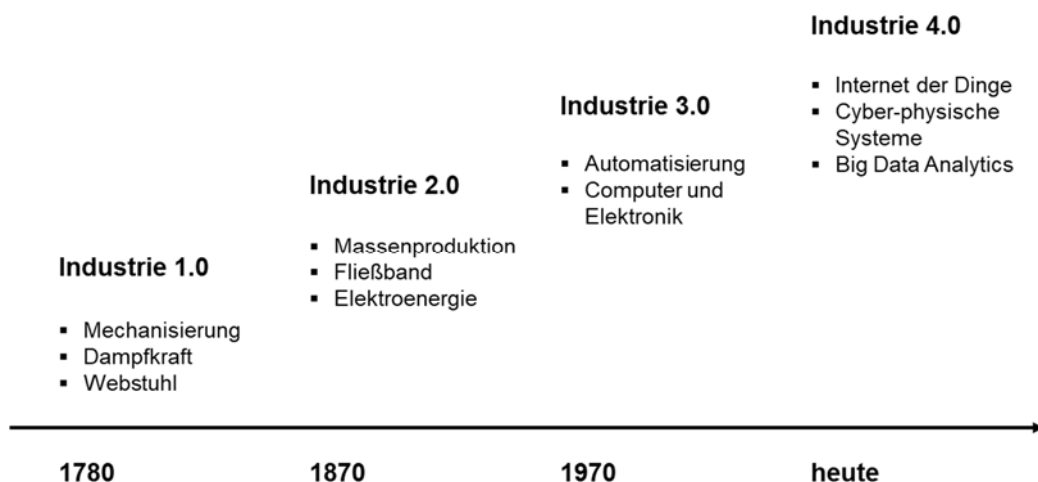


Abb. 1: Stufen der Entwicklung zur Industrie 4.0, eigene Darstellung in Anlehnung an IT4U, btelligent und MTS Consulting Partner

¹ Vgl. Reimann, Eisert & Schaal, 2016.

Als Beginn der vierten industriellen Revolution gilt das Ende des 20. Jahrhunderts. Ihr Merkmal ist die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mittels sogenannter **cyber-physischer Systeme** (engl. Cyber-Physical Systems, Kurzform: CPS) über das Internet.² Eine engere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine bzw. Roboter soll verbesserte Steuerung (virtuelle Realität, Gestensteuerung, Spracherkennung u. a.) ermöglichen. Zentralisierte und virtuelle Speicher (engl. Cloud Services) fördern diese Vernetzung aller Produkte und Dienste (**Internet der Dinge**). Teilweise selbst lernende Datenprognose- und Analyseinstrumente (**Big Data Analytics**, Künstliche Intelligenz) revolutionieren die Sammlung und Auswertung großer Datenmengen. Additive oder generative Fertigungsverfahren (3D-Druck) werden ebenfalls im Zusammenhang mit Industrie 4.0 als typische Technologien genannt. Teile der rasanten Entwicklung werden zukünftig zum Beispiel Hologramme (3D-Bildschirme) oder die Echtzeit-Sprachübersetzung sein.³

Definitionen des Begriffs „Industrie 4.0“ zeigen eine gewisse inhaltliche Unsicherheit und Unschärfe. Gleichzeitig werden die aktuellen Diskussionen der industriellen Praxis von diesem Begriff dominiert.⁴ Im deutschen Sprachraum steht der Begriff „Industrie 4.0“ für die digitale Vernetzung von autonomen, sich räumlich verteilten industriellen Produktionsressourcen (Maschinen, Anlagen, Produkten, Diensten etc.) inklusive deren datengetriebene Planungs- und Steuerungssystemen.⁵

Anstelle des Computers ist für Industrie 4.0 das Internet die zentrale Technologie. Die Digitalisierung gewinnt mit der weltweiten Vernetzung über Unternehmens- oder Ländergrenzen hinweg eine neue Qualität: Internet der Dinge, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und immer intelligenter werdende Produktionsstätten (engl. Smart Factory) läuten eine neue Epoche ein.⁶ Durch das Internet angetrieben führt Industrie 4.0 die reale und virtuelle Welt zusammen.

Die Verbindung von Milliarden von Menschen über Mobilgeräte mit einer noch nie da gewesenen Verarbeitungs- und Speicherkapazität ergibt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Diese werden potenziert durch sich abzeichnende technische Durchbrüche in Bereichen wie künstliche Intelligenz, Big Data Analytics oder Robotik, das Internet der Dinge und autonome Fahrzeuge oder auch 3D-Druck, Cloud Services, Energiespeicherung und Quantencomputing.⁷

Die Kosten vieler dieser Technologien sind in relativ kurzer Zeit extrem gesunken, was die Durchdringung der Revolution schnell voran treibt. Preise für 3D-Drucker zum Beispiel sanken von 2007 bis 2014 um den Faktor 400. Vom Industrieroboter (Kostensenkung um den Faktor 23 in 5 Jahren) über die vollständige menschliche DNA-Analyse (Faktor 10.000 in 7 Jahren) bis hin zum Preis von Drohnen (Faktor 142 in 6 Jahren) zeigt sich diese Entwicklung und kündigt eine rasante Zunahme der Kosten-Leistungsfähigkeit vieler Technologien an.⁸

Im Kern beschreibt der Begriff Industrie 4.0 die technische Integration von **Cyber-Physical Systems** unter Anwendung des **Internets der Dinge** und großzahlige Datenanalysen (**Big Data Analytics**) in industriellen Prozessen. Damit werden die sich daraus

² Vgl. Obermaier, 2016, S. 3.

³ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 5.

⁴ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 3.

⁵ Vgl. Bauernhansl, T., Hörcher & Seidelmann, 2013.

⁶ Vgl. o.V. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, 2019.

⁷ Vgl. Schwab, 2016.

⁸ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 6.

ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation mit eingeschlossen.⁹

2.1 Internet der Dinge

Der Begriff „Internet der Dinge“ (Internet of Things, Kurzform: IoT) beschreibt die Vernetzung von Ressourcen, Informationen, Objekten und Menschen über das Internet.¹⁰

Zudem kann das Internet der Dinge auch als Web 3.0 verstanden werden, wie in Abbildung 2 dargestellt. Seit circa 2015 definiert sich das Web 3.0 auf Basis des Internet der Dinge.¹¹

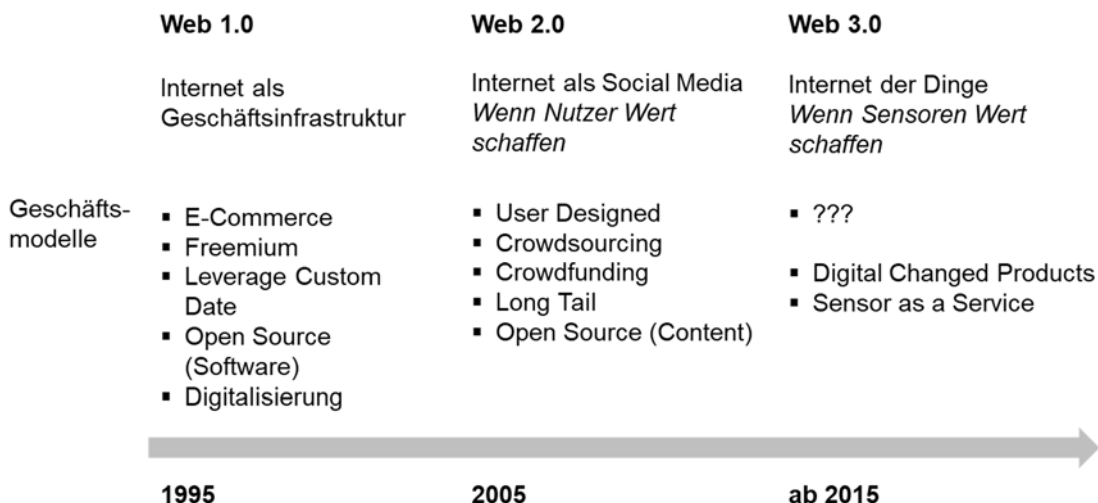


Abb. 2: Internet-Wellen und daraus neu entstandene digitale Geschäftsmodelle, eigene Darstellung in Anlehnung an Reinheimer, 2017, S. 3.

In der Industrie 4.0 wird dabei zwischen zwei Dingen unterschieden. Zum einen sind dies „intelligente Gegenstände“. Die per Internet bereits vernetzten Geräte (Laptops, Tablets, Smartphones) werden zunehmend durch „intelligente Gegenstände“ (RFID, Bluetooth, Barcode, etc.) erweitert bzw. ersetzt. Der zweite Faktor sind intelligente Fertigungsmaschinen, die schon heute wertvolle Datenquellen aufweisen. Produktionsmaschinen können durch das Internet der Dinge Informationen über Leistung, Produktionsqualität, aktuellen Standort und den Betriebszustand geben und in Echtzeit überwacht werden.¹²

Das Internet der Dinge wird im Jahr 2025 etwa 25 Milliarden Geräte vernetzen. Bereits heute konkurrieren aufgrund der großen Datenmenge zahlreiche vernetzte Geräte weltweit um die Datenpipelines in den Clouds („Big Data“-Problematik).¹³

Die physikalische und die virtuelle Welt (Cyber-Space) verschmelzen durch das Internet der Dinge zu sogenannten cyber-physischen Systemen.

⁹ Vgl. Bauernhansl, T. et al., 2013, S. 18.

¹⁰ Vgl. Bauernhansl, T. et al., 2013, S. 17.

¹¹ Vgl. St. Reinheimer, 2017, S. 3.

¹² Vgl. Schircks, Drenth & Schneider, 2017, S. 64.

¹³ Vgl. Luntovskyy & Gütter, 2018, S. 7.

2.2 Cyber-Physical Systems (CPS)

In Bezug auf die Verzahnung der Produktion mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik auf Basis des Internets nehmen cyber-physische Systeme (CPS) eine zentrale Stellung von großer Bedeutung ein. CPS werden als vernetzte, in physische Objekte und Prozesse eingebettete Systeme definiert, die die Fähigkeit haben, Informationen und Daten zu verarbeiten und mit der Umwelt über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze zu interagieren.

CPS kann jedes beliebige physikalische Objekt sein, das durch die Einbettung der Mikroelektronik intelligent wird.¹⁴ Als Objekte dieser Einbettung kommen Zulieferteile, Halbfertig- und Fertigprodukte, Transportboxen, Investitionsgüter, Fahrzeuge oder ganze Montagelinien und Gebäude in Frage. Spezifische Basistechnologien der realen und virtuellen Welt für industrielle Wertschöpfungsprozesse sind zum Beispiel Radio-Frequenz-Identifikation (engl. Radio-frequency identification, Kurzform: RFID), drahtlose Sensornetze und Ortungssysteme. Zum Beispiel ermöglichen RFID-Label an Behältern die durchgängige Kommunikation (zum Beispiel Standort, Inhalt, Füllgrad) in Produktion, Montage und Logistik. Dies kann anschließend im Einkauf des beschaffenden Unternehmens und somit entlang der gesamten Supply Chain genutzt werden.¹⁵

Cyber-Physische Systeme....



Abb. 3: Abbildung 3: Eigenschaften von cyber-physischen Systemen, eigene Darstellung in Anlehnung an Neugebauer, 2018, S. 190, Icon made by Eucalyp from www.flaticon.com

Abbildung 3 zeigt die Eigenschaften von CPS, wie Überwachen, Automatisieren und Steuern von Prozessen der physikalischen Welt über Sensoren, Mikroprozessoren und auch über Aktoren.¹⁶

Intelligente Stromzähler in einem Smart Home oder automatisiert ablaufende Logistiksysteme sind beispielsweise erste praktische Anwendungen. Zukünftig werden wahr-

¹⁴ Vgl. Neugebauer, 2018, S. 197–198.

¹⁵ Vgl. Klotzer, Weißenborn & Pflaum, 2017, S. 6.

¹⁶ Vgl. Klötzer & Pflaum, 2015, S. 190–205.

scheinlich auch autonome Fahrzeuge auf dieser Technologie beruhen. Augmented Reality oder Hologramme werden der Interaktion zwischen Mensch und Maschine auf Basis von Sprache oder Gestik dienen.¹⁷

2.3 Big Data Analytics

Durch die erwartete Vernetzung sämtlicher Produkte, Prozesse und Systeme (Internet der Dinge) wird die Menge an verfügbaren Daten exponentiell ansteigen (= Big Data). Big Data ist bei der Etablierung des Gesamtkonzepts von Industrie 4.0 bzw. Einkauf 4.0 ein Schlüsselwort. Eine Kernkompetenz des Einkaufs wird die Fähigkeit sein, auf Basis großer Datenmengen Bedarfe, Märkte und Lieferanten professionell analysieren und in der Folge besser steuern zu können. Diese historischen und zukunftsorientierten Daten auszuwerten, ist die Aufgabe von modernen, intelligenten und vernetzten Systemen (Big Data Analytics).¹⁸

Daten ohne jeglichen Zusammenhang gilt es, von dem Unternehmen zu strukturieren und anschließend zu bewerten, bis sie zu wertvollen und nutzenbringenden Informationen für das Unternehmen werden.¹⁹

Geläufige Charakteristika zur Definition von „Big Data Analytics“ sind dabei Volume (Datenmenge), Variety (Heterogenität), Velocity (Verarbeitungsgeschwindigkeit) und Veracity (Richtigkeit).²⁰

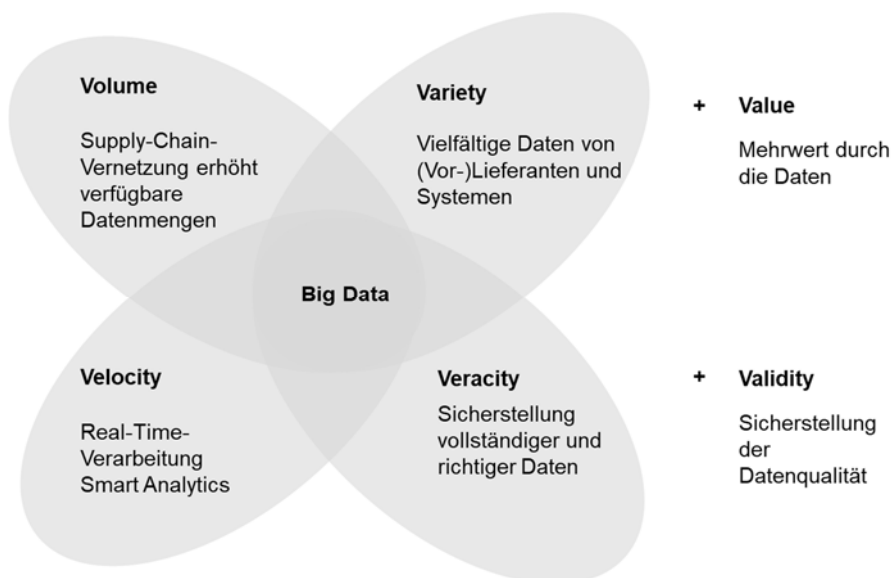


Abb. 4: Big Data im Einkauf 4.0, eigene Darstellung nach Kleemann & Glas, 2018, S. 30

Ergänzt werden diese Merkmale durch Value und Validity, welche für einen unternehmerischen Mehrwert und die Sicherstellung der Datenqualität stehen.²¹

¹⁷ Vgl. Neugebauer, 2018, S. 198.

¹⁸ Vgl. Kleemann & Glas, 2018, S. 30.

¹⁹ Vgl. Schröder & Wegner, 2019, S. 547.

²⁰ Vgl. Kleemann & Glas 2018, S. 30–31.

²¹ Vgl. Bachmann, Kemper & Gerzer, 2014, S. 23–25.

3 Was ist und kann Einkauf 4.0?

Der Einkauf ist ein zentraler Teilbereich der Beschaffung bzw. Materialwirtschaft. Etwas detaillierter zusammengefasst umfasst der Einkauf in Industrieunternehmen die Bereitstellung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, von unfertigen Erzeugnissen und Fertigteilen, von Energie, von Dienstleistungen sowie von Fertigprodukten nach vorgegebenen Qualitätsvorschriften zum richtigen Zeitpunkt und zu vorteilhaften Bedingungen.²² Im Rahmen dieses Praxis Papers werden die beiden Begriffe Einkauf und Beschaffung synonym verwendet.

3.1 Anwendungsmöglichkeiten Einkauf 4.0

In der Vergangenheit nahm der Einkauf die Rolle des Erfüllungsgehilfen von Produktion und Vertrieb ein. Das Hauptaugenmerk des Einkaufs lag auf der Koordination der Bedarfsmengen und der Aushandlung von Bezugspreisen. Schon die Entwicklungen auf den Märkten und in der Wirtschaft wie „Just-in-time“-Lieferung, Global Sourcing oder Outsourcing zeigen, dass diese Definition des Einkaufs als Erfüllungsgehilfe von Produktion und Vertrieb nicht mehr zeitgemäß ist.

So verstehen Hornikel und Thelen (2017) den Einkauf 4.0 als Digitalisierung des Einkaufs und der Supply Chain und erläutern: „Das Neue an Einkauf 4.0 ist die Vernetzung zwischen Abteilungen und gegebenenfalls mehreren Unternehmen“.²³ Nach Darr (2017) lautet die Definition von Einkauf 4.0 folgendermaßen: „Einkauf 4.0 ist eine spezifische Organisationsform des Auftragszyklus, in der umfangreiche(re) Daten der Wertschöpfung als zusätzliche Informationen zur flexibleren, zeitnahen und autonomen Steuerung und Ausgestaltung der Einkaufsprozesse herangezogen werden können“.²⁴ Die Zukunft des Einkaufs steht somit in engem Zusammenhang mit der allgemeinen Entwicklung der Industrie. Die Möglichkeiten der Digitalisierung, wie Kommunikation in Echtzeit, digitale Vernetzung und intelligente Systeme, bilden die Basis von Einkauf 4.0.²⁵ Abbildung 5 liefert einen Überblick über die technologischen Ebenen, die Einkauf 4.0 im Rahmen der Digitalisierung umfassen kann.

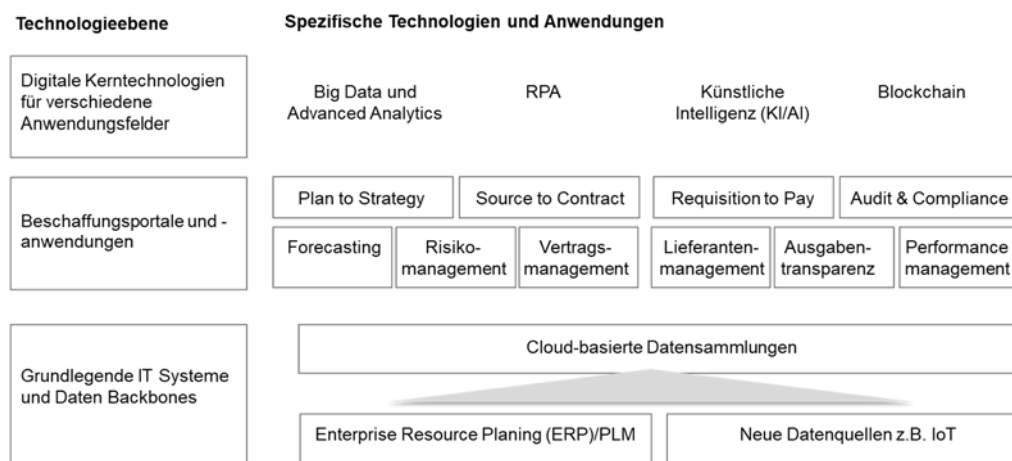


Abb. 5: Ebenen digitaler Technologien im Einkauf, eigene Darstellung in Anlehnung an Högel, Schnellbacher, Tevelson & Weise, 2018a, S. 3

²² Vgl. Weber, Kabst & Baum, 2018, S. 166–167.

²³ Lucks, 2017, S. 566 f.

²⁴ Darr, 2017, S. 36.

²⁵ Vgl. Nicoletti, 2018a, S. 189 f.

3.2 Voraussetzungen auf dem Weg zum Einkauf 4.0

Die Voraussetzungen lassen sich laut Pellegahr (2016) in den vier Dimensionen Technologien und Systeme, Organisation und Prozesse, Management und Mensch sowie Geschäftsmodelle darstellen.

Als wichtigste Voraussetzungen im Bereich der Technologien und Systeme gelten ausreichender Datenschutz und IT-Sicherheit. Des Weiteren sind Investitionen in ausgereifte Systeme notwendig, die mit möglichst vielen Schnittstellen zu bestehenden Systemen vernetzt werden können.

In der Dimension der Organisation und Prozesse müssen sich Unternehmen von klassischen Organisationsmodellen hin zu einer ganzheitlichen Prozessbetrachtung entwickeln, damit nicht nur Teilprozesse digitalisiert werden.

Als Voraussetzung für den Kulturwandel im Bereich Management und Mensch muss das Management eine Vision 4.0 und die Verankerung von Industrie 4.0 in der Unternehmensstrategie als Initiator vorantreiben. Außerdem müssen Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, die das Thema im Unternehmen vorantreiben. Unter Umständen ist es sinnvoll, neue Stellen für entsprechend qualifiziertes Personal zu schaffen. Bestehendes Personal muss – auch mit externer Unterstützung – rechtzeitig mit Qualifikations- und Weiterbildungsmaßnahmen geschult werden.

In Bezug auf Geschäftsmodelle ist eine konsequente Hinterfragung der traditionellen Geschäftsmodelle zum Aufbau neuer Geschäftsmodelle erforderlich. Für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle sind ferner die interne und externe Vernetzung sowie eine stärkere Integration von Lieferanten in das Wertschöpfungsnetzwerk unerlässlich.²⁶

3.3 Schnittstelle mit Industrie 4.0

Als Folge der immer stärker von Kunden geforderten Variantenvielfalt, Individuallösungen sowie kürzerer Lieferzeiten werden mehr IT-gestützte und ggf. automatisierte Prozesse im Einkauf benötigt.²⁷

Schon die Beschaffungsobjekte werden sich ändern durch Industrie 4.0 und damit einhergehend die Bedarfsermittlung im Einkauf. Die Produkte und Dienste sollen Teil der Vernetzung sein und werden dadurch neue Objekt- bzw. Warengruppen nötig machen. Darauf folgt die Beschaffungsmarktforschung, die mit Hilfe von Big Data Analytics zukünftig weit mehr (Echtzeit-)Daten zur Verfügung haben wird. Dieser Prozess wird durch intelligente Systeme übernommen, die Prognosen und Entscheidungshilfen bereitstellen oder sogar die Entscheidungen selbst treffen. Mittels dieser Analysetechnik werden zukünftig ebenfalls Make-or-Buy-Entscheidungen unterstützt. Intelligente Systeme schließen bereits heute autonom und in Sekundenbruchteilen Aktiengeschäfte ab.

Vor allem die Bestellabwicklung wird sich durch digitale Technologien massiv verändern. Entsteht ein Bedarf, kann in „Echtzeit“ die Übermittlung einer Nachbestellung erfolgen. Daneben werden Einkaufssysteme Bedarfsverläufe selbstständig analysieren und darauf basierend den Bestellimpuls auslösen. Somit verändert sich der Grad der

²⁶ Vgl. Pellengahr et al., 2016, S. 21–25.

²⁷ Vgl. Lederer, Knapp & Schott, 2017, S. 22–26.

Automatisierung von einer Prozessunterstützung (E-Procurement) zu einer echten „End-to-end“-Prozessabwicklung (Einkauf 4.0) durch IT-Systeme.²⁸

Laut einer Umfrage des BME (Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V.) kommt dem Einkauf bei der Umsetzung von Industrie 4.0 überwiegend die Rolle des „aktiven Gestalters“ und „Wegbereiters“ zu. In dieser Rolle sehen über 70 % der Befragten den Einkauf, und zwar im Rahmen seiner natürlichen vorteilhaften Position, als Schnittstelle zu allen internen und externen Partnern der Supply Chain. Keiner der Befragten sieht den Einkauf in der Rolle des Mitläufers. Vielmehr sehen 28 % der Befragten ihn in der Rolle des Vorreiters und Treibers bei der Umsetzung von Industrie 4.0.²⁹

4 Wie kann man Einkauf 4.0 realisieren?

4.1 Grundlegende Möglichkeiten

Vom Wandel im Einkauf durch Industrie 4.0 betroffen sind neben Strategien, Organisation und Prozessen, das Personal, die Systeme und das Lieferantenmanagement.³⁰ Die Folge ist ein Bedarf an angepassten Ressourcen. Es können neue IT-Systeme, zusätzliches Personal oder veränderte organisatorische Rahmenbedingungen erforderlich sein. In Bezug auf die Organisation der Umsetzung der Digitalisierung müssen funktionsübergreifende Teams gegründet werden, um eine gemeinsame Linie verschiedener Abteilungen oder Geschäftsbereiche zu erreichen. Diese müssen vor allem sicherstellen, dass interne Einheitlichkeit bzw. Standards zum Beispiel bei Daten und Systemen bestehen, bevor diese zur externen Lieferantenanbindung genutzt werden. Die Position als Schnittstelle zu den Lieferanten dürfte ein Schlüsselargument für die Aufwertung des Einkaufs im Rahmen der Digitalisierung sein.³¹

Durch die fortschreitende Digitalisierung kann der operative Einkauf weitgehend automatisiert werden. Überwacht und gesteuert wird dieser Prozess durch den strategischen Einkauf. Der Trend zu kundenindividueller Fertigung kleinerer Stückzahlen auf Abruf steigert die Komplexität für den strategischen Einkauf signifikant. Für diese Art von Flexibilität im Produktionsprozess, ohne eine eigene umfassende Lagerhaltung aufbauen zu müssen, ist eine enge Vernetzung mit den Lieferanten erforderlich. Daher besteht die Hauptaufgabe des strategischen Einkaufs in der Einbindung der passenden Lieferanten in das integrierte Produktionssystem des Unternehmens. Somit werden die einzelnen Bestellvorgänge weitestgehend automatisch durch das System ausgeführt und bei kurzfristigen Produktänderungen oder Mengenänderungen übermittelt das System automatisch die Bestelländerungen.³²

Operative Einkaufsprozesse können durch künstliche Intelligenz und integrierte IT-Lösungen nahezu komplett digitalisiert werden bis hin zur Automatisierung.³³ Entsprechend wird sich die Mitarbeiterinnen- und Mitarbeiterzahl sowohl im operativen als zum Teil auch im strategischen Einkauf künftig reduzieren³⁴, wobei sich die Tätigkeiten der

²⁸ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 10–11.

²⁹ Abb. Pellengahr et al., 2016, S. 25.

³⁰ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 13 f.

³¹ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 16 f.

³² Vgl. Weber et al., 2018, S. 193.

³³ Vgl. Pellengahr et al., 2016, S. 8.

³⁴ Vgl. Pellengahr et al., 2016, S. 21.

EinkäuferInnen mittel- bis langfristig zu strategischen Aufgaben verschieben.³⁵ Auch in Zukunft wird der strategische Einkauf weiterhin nicht ohne Menschen auskommen, da persönliche Beziehungen nicht einfach ersetzt werden können.³⁶ Mit zunehmender Digitalisierung müssen EinkäuferInnen als interne und externe SchnittstellenmanagerInnen ein höheres Qualifikationsniveau aufweisen und speziell über hohes technisches Verständnis verfügen.³⁷

4.2 Mögliche Einsparpotenziale

Trotz des hohen Aufwands, Prozesse im Einkauf initial zu digitalisieren, sprechen auch Einsparungspotenziale für eine Einführung von Einkauf 4.0. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl von publizierten Optimierungspotenzialen durch die Einführung von Einkauf 4.0 Maßnahmen.

Abschätzung der Nutzenpotenziale von Einkauf 4.0 Maßnahmen – Auswahl

Genannte Potenziale der Einführung von Einkauf 4.0	Quelle
Durch „innovative Analytics-Konzepte“ und Nutzung von „Big Data“: Einsparungen von bis zu 15 %	Lucks, 2017, S. 557–567 ³⁸
Durch die Digitalisierung im Einkauf können Materialkostensparnisse von 5 – 10 % und Produktivitätssteigerungen von 30 – 50 % erreicht werden.	Högel, M. et al., 2018a, S. 1 ³⁹
Studie mit Einkaufsmanagern: Diese schätzten die Einsparungen und Effizienzsteigerung im Einkauf im Mittel auf 21,25 %, der Maximalwert lag bei 40 % und der Minimalwert bei 7,5 %.	Kleemann & Glas, 2017, S. 32 ⁴⁰
Kostenvorteile eines digitalen Beschaffungsprozesses gegenüber einem manuellen Einkaufsprozess: Reduktion der Prozesskosten des Einkaufs um bis zu 40 %: <ul style="list-style-type: none"> ○ 48 % Ersparnis bei einem digitalen Bedarfsanforderungsprozess ○ 32 % Ersparnis durch die elektronische Lieferantenauswahl ○ 68 % Ersparnis beim elektronischen Bestellprozess 	Blatecki, 2018, S. 46 – 47 ⁴¹ ; Müller, H. & Bollini, E., 2017, S. 20 ⁴²

Die genannten Größenordnungen für die Potenziale zeigen, dass eine Auseinandersetzung mit Einkauf 4.0 für Unternehmen lohnenswert sein kann.

³⁵ Vgl. Högel, Schnellbacher, Tevelson & Weise, 2018b, S. 5.

³⁶ Vgl. Blatecki, 2018, S. 49.

³⁷ Vgl. Blatecki, 2018, S. 33., Pellengahr et al., 2016, S. 33.

³⁸ Vgl. Lucks, 2017, S. 557–567.

³⁹ Vgl. Högel et al., 2018b, S. 1.

⁴⁰ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 32.

⁴¹ Vgl. Blatecki, 2018, S. 46–47.

⁴² Vgl. Müller, H. & Bollini, E., 2017, S. 20.

4.3 Konkrete Einkauf 4.0 Ansätze

Intern - Automatisierter Beschaffungsprozess

Aus dem Anspruch der „Echtzeit-Kommunikation“ und „Vernetzung“ der Industrie 4.0 folgen deutliche Auswirkungen für den Beschaffungsprozess. Durch die Vernetzung der Produktionsmaschinen, Materialien und Lager ohne Zeitverzug entfällt der Bestandsabgleich. Fügt man nun noch die „künstliche Intelligenz“ hinzu, lässt sich der auf einen Materialbedarf folgenden Bestellprozess vollständig automatisieren.

Zu Beginn des Beschaffungsprozesses stellt das System den Bestand fest. Der zukünftige Bedarf wird nun aufgrund umfangreicher Vergangenheitswerte, die selbstständig analysiert werden (= Big Data Analytics), prognostiziert. Auf dem Ergebnis basierend löst das System die Bestellung mit einem errechneten Liefertermin aus.

Auch taktische Einkaufsprozesse, wie Angebotsvergleiche, lassen sich mittels intelligenter Systeme weiter automatisieren. Beispiel hierfür sind die schon heute existierenden elektronischen Ausschreibplattformen, wodurch sich mit voreingestellten Rahmenparametern bereits Auswertungen samt Vergabeempfehlung automatisieren lassen. In Zukunft werden diese Systeme noch deutlich fundierter und effizienter, da Entscheidungen zusätzlich auf historischen Werten von intelligenten Systemen beruhen. Genauso können strategische Aufgaben des Einkaufs von datengestützten, intelligenten Programmen übernommen werden. Das Risikomanagement beispielsweise findet oft noch „aus dem Bauch heraus“ statt bzw. stellt in Form einer Kreditauskunft lediglich eine Momentaufnahme dar. Intelligente Systeme können auch hier zukünftig helfen, lieferantenspezifische Risiken zu reduzieren, indem sie bisher ungeahnte Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufzeigen.⁴³

Extern - Lieferketten- und Lieferantenmanagement

Das Lieferkettenmanagement (engl. Supply Chain Management) wird infolge der Digitalisierung und durch die Möglichkeit des Abrufens von Daten in Echtzeit bzgl. Kunden, Lieferanten, Lagerbestand, Lieferzeit etc. verbessert, um somit eine Reduzierung von Vorlaufzeiten sowie Fracht- und Lagerkosten realisieren zu können.⁴⁴

Eigenschaften der digitalen Supply Chain sind Informationen für Entscheidungsfindungen in Echtzeit, unternehmensintern und -übergreifend vernetzte Systeme, moderne Informations- und Kommunikations-Technologien sowie neue horizontale und vertikale Wertschöpfungsketten. Die Digitalisierung der horizontalen Supply Chain führt zu einer Integration und Optimierung des Informations- und Warenflusses von Lieferanten bis zu den Kunden. Dementsprechend sorgt die Digitalisierung der vertikalen Supply Chain für eine kontinuierliche Informationsversorgung innerhalb eines Unternehmens zwischen den einzelnen Funktionsbereichen.⁴⁵ Ein typisches Beispiel von horizontaler Integration sind die Automobilhersteller, die bereits heute die Serienaufträge, die damit belegten Maschinen und die verwendeten Werkzeuge bei ihren Zulieferern überwachen möchten. Der Weg zur digitalen, vertikalen Supply Chain führt über die Verwirklichung der digitalisierten Produktion, in der Maschinen und Werkstücke miteinander kommunizieren und mit den kaufmännischen ERP-Systemen verknüpft sind (Automatisierungspyramide siehe Abbildung 7).

⁴³ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 18–19.

⁴⁴ Vgl. Weissbarth, Geissbauer & Wetzstein, 2016, S. 8.

⁴⁵ Vgl. Koch, Kuge, Geissbauer & Schrauf, 2014, S. 20.

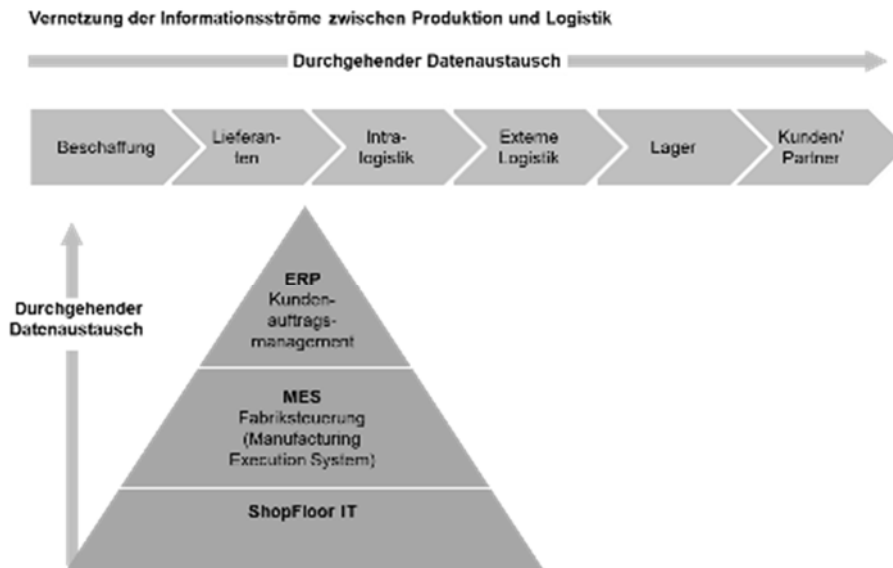


Abb. 6: Automatisierungspyramide für die Vernetzung zwischen Produktion und Logistik, eigene Darstellung nach Zillmann & Appel, 2016, S. 14

Ebenso wird die Vernetzung und Datensammlung auch das Lieferantenmanagement erheblich verändern. Als ein Beispiel von vielen ist das Lieferanten-Risikomanagement zu nennen. Unternehmen werden in der Lage sein, Veränderungen der Risikoeinstufung vorherzusagen, indem sie unter Nutzung von Big Data Analytics riesige Mengen an Kunden-, Finanz- und externen Daten - vom Wetter bis hin zur Bonität - analysieren. Wo heute noch manuell Kreditauskünfte eingeholt werden müssen, werden in Zukunft Bonitätsänderungen automatisch in das Lieferanten-Risikomanagementsystem eingebracht werden können.⁴⁶

Lieferantenauswahl

Auch in Zeiten der Digitalisierung bleibt die Wahl geeigneter Lieferanten von sehr hoher Bedeutung in der Beschaffung.⁴⁷

In Bezug auf Einkauf 4.0 kommt die Betrachtung der Lieferanten unter dem Aspekt der digitalen Vernetzung hinzu, mit der das Abrufen von Daten in Echtzeit gewährleistet werden kann. Zu Anfang empfiehlt sich ein selektives Vorgehen bei der Auswahl von Lieferanten als digitale Partner. Die Entwicklung ist dann gemeinsam mit diesen voranzutreiben und später ggf. auf weitere Lieferanten auszuweiten.

Zur Bewertung der Lieferanten im Auswahlverfahren eignet sich eine Portfolio-Analyse. Hierbei sind die Kriterien zum einen die digitale Innovationsbedeutung sowie andererseits die Innovationsfähigkeit. Die „Fähigkeit“ ist ein Indikator dafür, inwieweit dem Lieferanten zugetraut wird, die Digitalisierung mitzugehen. Bei der „Bedeutung“ geht es hingegen um das Volumen und/oder die Risikobewertung der vom Lieferanten bezogenen Beschaffungsobjekte. Nach diesen Kriterien ist die Portfolio-Analyse in Abbildung 7 aufgebaut.

⁴⁶ Vgl. Weissbarth et al., 2016, S. 8.

⁴⁷ Vgl. Ehrmann, 2012, S. 331.

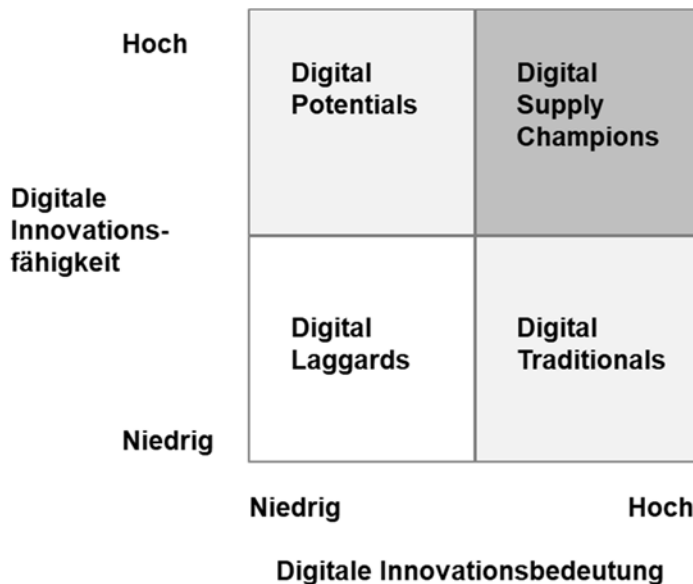


Abb. 7: Lieferantenportfolio für den Einkauf 4.0, eigene Darstellung in Anlehnung an Kleemann & Glas, 2017, S. 25

Demnach ergibt sich eine Priorität für Lieferanten mit einer hohen Bedeutung für die Digitalisierung sowie einer als hoch erachteten Fähigkeit, die Veränderungen der Industrie 4.0 anzunehmen und zu verwirklichen (Digital Supply Champions). Lieferanten aus dem Cluster Digital Traditionalists sind zwar für die Transformation wichtig, benötigen jedoch gezielte Steuerungsmaßnahmen. Weniger bedeutend für den digitalen Wandel sind die Lieferanten, denen man die Veränderung zutraut (Digital Potentials) oder nicht (Digital Laggards). Diese meist kleineren Lieferanten, die wenig zur digitalen Entwicklung beitragen, erhalten demnach eine niedrige Bewertung.⁴⁸

a) Umweltschonung durch Einkauf 4.0

Neben der Effizienzsteigerung verfolgt Einkauf 4.0 auch nachhaltige und umweltfreundliche Ziele. Eine effizientere Nutzung von Ressourcen ebenso wie eine Optimierung der Ladekapazitäten, Transportroutenoptimierung oder die Verringerung von Sonderfahrten sind hierbei die Hauptmerkmale.

Einkauf 4.0 verfolgt beispielsweise das Ziel, Leerfahrten von LKW zu vermeiden oder zumindest zu vermindern. Durch weniger leere oder halbvolle LKW und Container soll die Umwelt nachhaltig weniger belastet und der Ausstoß von Schadstoffen verringert werden. Die sogenannte grüne Logistik (auch als Green Logistics bekannt) hat zum Ziel, die Ressourcen effizienter zu nutzen und vor allem in Ballungsräumen den Zulieferverkehr durch optimale Beladung zu reduzieren. So soll eine ökologische Nachhaltigkeit entstehen, die zugleich einen ökonomischen Nutzen für die Wirtschaft mitbringt.⁴⁹

Weitere Vorgaben zur Umweltschonung sind zum Beispiel die Einführung von Energieeffizienzklassen, die Nutzung weniger Geräte anstatt vieler Einzelgeräte, die Einsparung von Papier durch elektronische Tools oder die Einforderung von Umweltzertifikaten bei der Lieferantenauswahl und -überwachung.

⁴⁸ Vgl. Kleemann & Glas, 2017, S. 24–26.

⁴⁹ Vgl. Deckert, 2016, S. 8–9.

Um Verbesserungen in der eigenen Lieferkette in Bezug auf Nachhaltigkeit zu erreichen, müssen Unternehmen auch bei Ihren Lieferanten ansetzen und diese mit einbeziehen. Aus einer Studie, die EcoVadis gemeinsam mit der HEC Paris in 2017 veröffentlicht hat und für die 133 internationale Unternehmen befragt wurden, geht hervor, dass bereits 91 % dieser Unternehmen im Jahr 2013 Nachhaltigkeitskriterien in der Lieferantenauswahl integriert hatten.⁵⁰

Außerdem wurden in Deutschland 2016 die Regelungen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge so geändert, dass Nachhaltigkeitskriterien entscheidungsgebend sein können. Somit führen Investitionen im Bereich Nachhaltigkeit zu einem Wettbewerbsvorteil für Lieferanten und einem Image-Mehrwert als Zulieferer und Arbeitgeber. Vor allem in den Bereichen der Kosteneinsparung, der Risikominderung und der Möglichkeit der Wertschöpfung lässt sich die Rentabilität der Nachhaltigkeitsinvestitionen bei Lieferanten festmachen.⁵¹

4.4 Aktueller Stand von Einkauf 4.0 in der Wirtschaft

Die Vernetzung ist seit jeher eine Kernaufgabe der Beschaffung als Schnittstelle zwischen unternehmensinternen Abteilungen sowie den externen Lieferanten.⁵²

Eine ähnliche Rolle kommt der Digitalisierung zu, da diese unter Nutzung von IT-Systemen Prozesse und Aufgaben im Beschaffungsbereich wesentlich unterstützt. In diesem Zusammenhang sind Internet-basierte Systeme mit einer deutlichen Erweiterung gegenüber konventioneller ERP-Systeme von Bedeutung. Zusätzlich bedienen sich mittlerweile auch traditionelle ERP-Systeme bzw. deren Nachfolger der Internet-Technologie auf verschiedene Weise (Web-basierte User Interfaces u. a.) oder integrieren E-Procurement-Tools. Darüber hinaus hat die rasante Entwicklung dieser E-Procurement-Systeme maßgeblich zur starken Verbreitung des E-Commerce im Business-to-Business (B2B)-Bereich beigetragen, so dass dem Einkauf eindeutig die Rolle des Treibers einer grundlegenden Strukturveränderung zuerkannt werden kann. In folgende Kategorien lassen sich die aktuellen E-Procurement-Systeme bzw. Tools zur IT-seitigen Unterstützung von Beschaffungsaufgaben unterteilen:

- Plan-to-Strategy
- Source-to-Contract (S2C)
- Requisition-to-Pay (R2P) / Procure-to-Pay (P2P)
- Category-spezifische Tools
- Lieferantenmanagement (SRM)
- Qualitätsmanagement (QM)
- Spend Analysis / Controlling

Zusätzlich gibt es viele weitere Systeme, auf die aus Gründen des Umfangs hier nicht eingegangen werden soll. Näheres zu diesen Systemen kann in der seit 2006 jährlichen Erhebung „Elektronische Beschaffung“ von R. Bogaschewsky und H. Müller zum Stand der Nutzung von Anwendungen im Bereich der IT-gestützten Beschaffung nachgelesen werden.

⁵⁰ Vgl. Bruel, O., Menuet, O., Thaler, P.-F., 2017.

⁵¹ Vgl. Richard, 2017, S. 45–46.

⁵² Vgl. Lasch, 2019, S. 2–3.

Vor allem für KMU bieten sich zum Start in Richtung E-Procurement die Lösungen bzw. Anwendungsmöglichkeiten in Abbildung 11 an. Danach ist es nicht zielführend, wahllos mit einem System zu beginnen, denn je nach Standardisierungsgrad und strategischer Bedeutung der verschiedenen Warengruppen eignen sich unterschiedliche Lösungen.

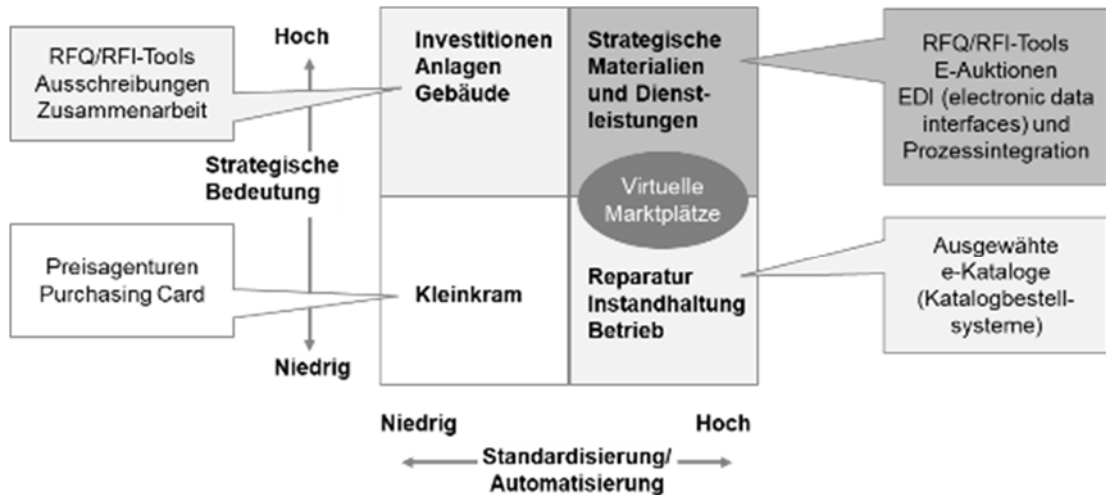


Abb. 8: Mögliche E-Procurement-Lösungen nach Warengruppen, eigene Darstellung nach Büsch, 2019, S. 308.

Die meisten bestehenden Anwendungen sind eher im operativen Beschaffungsprozess zu finden, da E-Procurement-Lösungen insbesondere dabei helfen, Prozesse durch IT nachhaltig zu verbessern und zu vereinfachen und so die Transaktionskosten zu reduzieren. Die Abbildung 9 zeigt mögliche E-Procurement-Ansätze und ordnet diese dem strategischen/operativen Beschaffungsprozess und Controlling zu.

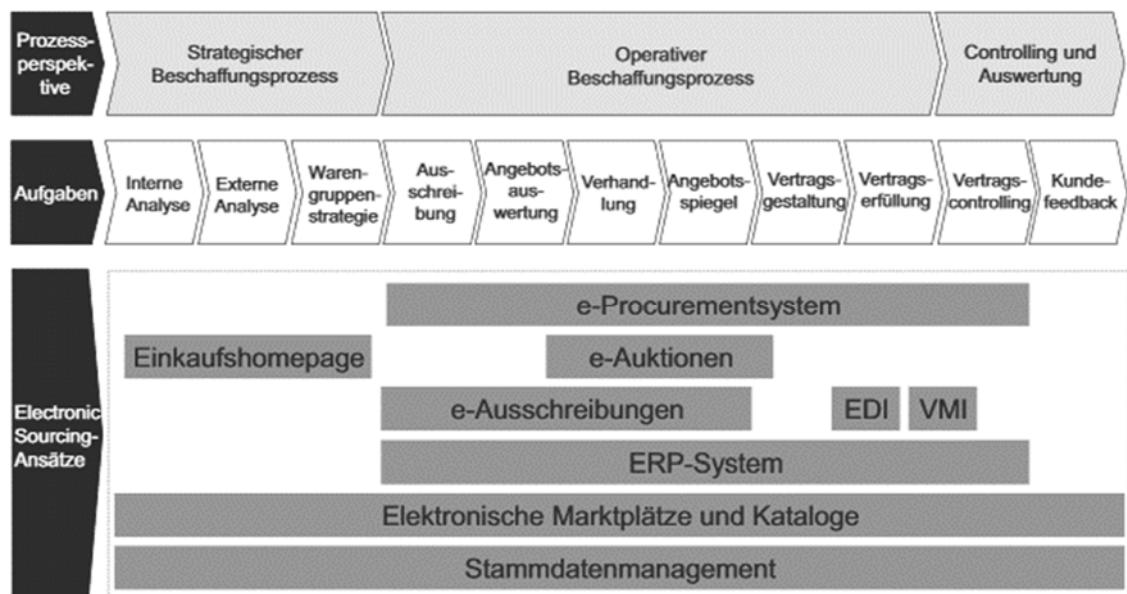


Abb. 9: Beschaffungsprozess und mögliche E-Procurement-Lösungen, nach Büsch, 2019, S. 309 f.

5 Fazit und Ausblick

Die vierte industrielle Revolution stellt eine völlig neue Art und Weise der Kommunikation dar und das beinhaltet nicht nur die Kommunikation zwischen Menschen, sondern auch zwischen Maschinen und Produkten, die auch vollkommen autonom untereinander kommunizieren und interagieren können.

Steigende Datenmengen, die mittels smarterer Technologien geschaffen werden, werden durch neue Systeme und Analysewerkzeuge in Echtzeit nutzbar gemacht. Zum Beispiel werden autonome Bestellabwicklungssysteme mit künstlicher Intelligenz auf Basis dieser Echtzeit-Daten in der Lage sein, eigenständig Bestellentscheidungen zu treffen und dabei stetig dazuzulernen. Hierdurch werden bestimmte operative Tätigkeiten automatisiert, sodass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eher strategische und organisatorische Aufgaben übernehmen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter müssen dahingehend geschult werden, bzw. es wird Fachpersonal mit IT-Know-how nötig sein.

Auch wenn Einkauf 4.0 zunächst organisatorischen Aufwand, Veränderungen und Investitionen verursacht, kann es notwendig und sinnvoll sein, Prozesse im Einkauf zu digitalisieren. In der Automobilindustrie sind digitale Schnittstellen zu den Abnehmern teilweise heute schon Standard und die Anforderungen, auch die eigenen Lieferketten elektronisch zu vernetzen, wächst.

Jedes Unternehmen muss für sich überlegen welche Aufgaben so standardisiert und automatisierbar sind, dass eine Digitalisierung und Automatisierung machbar und (auch finanziell) sinnvoll ist. Mit der Digitalisierung verwandeln sich allerdings auch die Aufgabenbereiche im Einkauf und eine (auch nur teilweise) Realisierung von Einkauf 4.0 muss auch immer mit einem Change Management Plan, der die Mitarbeiterin und Mitarbeiter mitnimmt, verbunden sein.

Literatur

- Bachmann, R., Kemper, G. & Gerzer, T. (2014). Big Data - Fluch oder Segen? (mit Professional). s.l.: Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm.
- Baltes, O., Lakomy, H., Spieß, P. & Wörmann-Wiese, E. (2017). SAP-Materialwirtschaft. Das Praxishandbuch (Rheinwerk Publishing, 1. Auflage). Bonn: Rheinwerk Verlag.
- Bauernhansl, T., Hörcher, G. & Seidelmann, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern; Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 1–116. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf
- Bauernhansl, T., Hompel, M. & Vogel-Heuser, B. (2014). Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Ben-Daya, M., Hassini, E. & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57 (15-16), 4719–4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
- Blatecki, H.-D. (2018). Industrie 4.0. Die digitale Zukunft im Einkauf (Stand: März 2018). Hamburg: Verlag Dashöfer GmbH.
- Bogaschewsky, R. & Müller, H. (2019). BME-Barometer "Elektronische Beschaffung 2019". Verfügbar unter https://www.bme.de/fileadmin/_horusdam/9530-BME-Barometer_2019.pdf
- Bruel, O., Menuet, O., Thaler, P.-F. (2017). Scaling Up Sustainable Procurement. A New Phase of Expansion Must Begin. White paper based on the 2017 HEC/EcoVadis.
- Büsch, M. (2019). Fahrplan zur Transformation des Einkaufs. So erreichen Sie Spitzenleistung in der Beschaffung (1st ed. 2019). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Springer Gabler.
- Blechmann, J. P. (2019). Digitalization Strategy Workshop bei der VOSS Automotive GmbH Interview mit S. Dannewitz. Wipperfürth.
- Darr, W. (2017). Digitale Transformation zum Einkauf 4.0. Nutzenbasierte Konzeptionen zum Smart Procurement. Hamburg: tredition.
- Deckert, C. (Hrsg.). (2016). CSR und Logistik. Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik (Management-Reihe Corporate Social Responsibility, 1. Aufl. 2016). Berlin: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46934-7>
- Drath, R. & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8 (2), 56–58. <https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079>
- Ehrmann, H. (2012). Logistik (Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft, 7., überarb. und aktualisierte Aufl.). Herne: Kiehl.
- Blechmann, J. P. (2020). Vernetzung von Lieferanten per EDI bei VOSS Automotive GmbH Interview mit J. Förster. Wipperfürth.
- Högel, M., Schnellbacher, W., Tevelson, R. & Weise, D. (2018a). Delivering on Digital Procurement's Promise. Boston Consulting Group Paper. Zugriff am 06.02.2020. Ver-

fürbar unter http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Delivering-on-Digital-Procurements-Promise-May-2018_tcm93-193785.pdf

Högel, M., Schnellbacher, W., Tevelson, R. & Weise, D. (2018b). Delivering on Digital Procurement's Promise. Boston Consulting Group Paper.

Janczura, S. (2019). Entwicklungen in der Industrie 4.0. Wie die Maschinensteuerung von morgen aussehen könnte. Verfügbar unter <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/ittk/wie-die-maschinensteuerung-von-morgen-aussehen-koennte/>

Kischporski, M. (2017). EDI - Digitalisierung und IT-Wertbeitrag konkret umgesetzt. Eine Einführung in Electronic Data Interchange und zur Digitalen Transformation (essentials). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19051-4>

Kleemann, F. C. & Glas, A. (2017). Einkauf 4.0. Digitale Transformation der Beschaffung (essentials). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17229-9>

Kleemann, F. C., Glas, H. (2018, 13. August). Einkauf 4.0. Big Data verstehen und Potenziale nutzen. *Industrieanzeiger*, 140 (21), 1–92. Verfügbar unter http://www.konradin-service.de/pdfarchiv7/share/ia_2018-021_96.pdf

Klotzer, C., Weißenborn, J. & Pflaum, A. (2017). The Evolution of Cyber-Physical Systems as a Driving Force Behind Digital Transformation. In P. Loucopoulos (Hrsg.), 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics. Proceedings : 24-27 July 2017, Thessaloniki, Greece (S. 5–14). Los Alamitos, California: Conference Publishing Services, IEEE Computer Society.

Clötzer, C. & Pflaum, A. (2015). Cyber-Physical Systems (CPS) in Supply Chain Management : A definitional approach. Molde, Norway: Nordic Logistics Research Network Publisher (S. 190–205). Verfügbar unter <http://www.himolde.no/english/conferences/nofoma-2015/Sider/index.aspx>

Knüpffer, G. (2015). Industrie 4.0 ist am Menschen vorbeientwickelt. Kritik am Ansatz Industrie 4.0, mi connect. Zugriff am 09.01.2020. Verfügbar unter <https://www.produktion.de/trends-innovationen/prof-syska-4-0-ist-am-menschen-vorbeientwickelt-128.html>

Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R. & Schrauf, S. (2014). Industrie 4.0. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Verfügbar unter <https://www.strategyand.pwc.com/de/de/studie/industrie-4-0.pdf>

Krieger, W., Wischermann, B., Sorge, G. (2018). Einkauf. Ausführliche Definition. Verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/einkauf-32285/version-255828>

Künstler, D. (2019). Industrie 4.0 und noch viel mehr. Hannover Messe 2019. Verfügbar unter <https://www.funkschau.de/markt-trends/industrie-4-0-und-noch-viel-mehr.163685.html>

Lasch, R. (2019). Strategisches und operatives Logistikmanagement: Beschaffung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27467-2>

Lederer, M., Knapp, J. & Schott, P. (2017). The digital future has many names—How business process management drives the digital transformation. In I. C. o. I. T. a. Management (Hrsg.), 2017 the 6th International Conference on Industrial Technology and

- Management (ICITM 2017). March 7-10, 2017, Clare College, Cambridge, UK (S. 22–26). Piscataway, NJ: IEEE.
- Lehmann, S. (LOGISTIK HEUTE, Hrsg.). (2016). Arbeit 4.0: Wo bleibt der Mensch? Was Industrie 4.0 und Logistik 4.0 für die Mitarbeiter bedeuten. Verfügbar unter <https://logistik-heute.de/news/arbeit-4-0-wo-bleibt-der-mensch-12953.html>
- Lucks, K. (2017). Praxishandbuch Industrie 4.0: Branchen - Unternehmen - M&A (1. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel. <https://doi.org/10.34156/9783791038520>
- Luntovskyy, A. & Gütter, D. (2018). Allgegenwärtige Vernetzung: Industrie 4.0, Internet der Dinge, Fog Computing uvm! BA Saxony Magazine Wissen im Markt, 2.
- Merz, M. (1999). Electronic commerce. Marktmodelle, Anwendungen und Technologien (1. Aufl.). Heidelberg: dpunkt.-verl.
- Müller, H. & Bollini, E. (2017). Indirekter Einkauf im Fokus: Zwischen Einsparpotenzial und Zukunftschancen.
- Neugebauer, R. (Hrsg.). (2018). Digitalisierung. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft (Fraunhofer-Forschungsfokus, 1. Auflage). Berlin: Springer Vieweg.
- Neuß, D., Pfister, S. & Winkelmann, A. (2018). Standardisierung und unternehmensspezifische Varianten - Wie groß sind die Unterschiede wirklich? HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 55 (1), 62–75. <https://doi.org/10.1365/s40702-017-0379-1>
- Nicoletti, B. (Ed.). (2018a). Agile Procurement. Volume II: Designing and Implementing a Digital Transformation. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61085-6>
- Nicoletti, B. (2018b). The Future: Procurement 4.0. In B. Nicoletti (Ed.), Agile Procurement. Volume II: Designing and Implementing a Digital Transformation (pp. 189–230). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61085-6_8
- O.V. (2017). Mensch-Maschine-Schnittstellen in der Industrie, DR. THOMAS + PARTNER GmbH & Co. KG. Verfügbar unter <https://logistikknowhow.com/informationssysteme/mensch-maschine-schnittstellen-in-der-industrie/>
- O.V. (o.J.) Industrielle Revolutionen der letzten 260 Jahre, Treiber und Veränderungen. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter <https://www.it4u.at/industrie-4-0/>
- O.V. (2019). Was ist Industrie 4.0? Menschen, Maschinen und Produkte sind direkt miteinander vernetzt: die vierte industrielle Revolution hat begonnen. Verfügbar unter <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>
- O.V. (o.J.) EDI-Nachrichten Standards – ein Überblick. EDI-Nachrichten Standards: branchenbezogene oder regionale oder globale Bedeutung, SEEBURGER AG. Zugriff am 06.02.2020. Verfügbar unter <https://www.seeburger.com/de/info/edi-nachrichten-standards-ein-ueberblick/>
- O.V. (o.J.) SDLC - Waterfall Model, Tutorials Point India Limited. Zugriff am 06.02.2020. Verfügbar unter https://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_waterfall_model.htm
- Obermaier, R. (Hrsg.). (2016). Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. Wiesbaden: Springer Gabler.

- Pellengahr, K., Schulte, A. T., Richard, J. & Berg, M. (2016). Einkauf 4.0. Digitalisierung des Einkaufs. Verfügbar unter https://www.bme.de/fileadmin/_horusdam/4190-Vorstudie_Einkauf_40.pdf
- Reichwald, R. (Hrsg.). (1992). Marktnahe Produktion. Lean Production - Leistungstiefe - Time to Market - Vernetzung - Qualifikation. Wiesbaden: Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83712-7>
- Reimann, A., Eisert, R. & Schaal, S. (2016). Läutet der Fall Volkswagen eine Zeitenwende ein? Für einzelne Teile gibt es nur einen Zulieferer. Wirtschafts-Woche. Zugriff am 05.02.2020. Verfügbar unter <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/autozulieferer-laetet-der-fall-volkswagen-eine-zeitenwende-ein/14452110-all.html>
- Richard, J. (2017). Strategisches Lieferantenmanagement. Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME). Leitfaden.
- Rogall-Grothe, C. & Lohmann, B. (2014). Leitfaden Elektronische Rechnung in der öffentlichen Verwaltung. Frankfurt am Main: Goethe-Univ. Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre insb. Wirtschaftsinformatik und Informationsmanagement.
- Sahu, S. (2019). Improving Business Efficiency with Electronic Data Interchange, Oodles Technologies. Zugriff am 06.02.2020. Verfügbar unter <https://erpsolutions.oodles.io/blog/electronic-data-interchange-business/>
- Scheife, K., Flug, M., Stiehler, A. & Dufft, N. (2010). E-Business-Standards in Deutschland. Bestandsaufnahme, Probleme, Perspektive, PROZEUS – Prozesse und Standards. 08/2010. Verfügbar unter https://www.prozeus.de/prozeus/daten/broschueren/standards/prozeus_doc05455.htm
- Schircks, A. D., Drenth, R. & Schneider, R. (2017). Strategie für Industrie 4.0. Praxiswissen für Mensch und Organisation in der digitalen Transformation. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schröder, C. (2016). Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand (Gute Gesellschaft - soziale Demokratie #2017plus). Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik.
- Schröder, M. & Wegner, K. (2019). Logistik im Wandel der Zeit – Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains. Festschrift für Wolfgang Kersten zum 60. Geburtstag.
- Schwab, K. (2016). Die Vierte Industrielle Revolution. Ob Roboter, selbstfahrende Autos oder 3-D-Drucker: Technische Innovationen werden die Industrie revolutionieren, meint der Chef des Weltwirtschaftsforums, Klaus Schwab. Für die Menschheit ändert sich alles. Verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/politik/international/davos-2016/davos-2016-die-vierte-industrielle-revolution/12836622.html?ticket=ST-16474887-33YXeIYFhSotBJa9KLpw-ap5>
- St. Bernius, Pfaff, D., St. Werres & König, W. (2013). Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des elektronischen Rechnungsaustauschs mit der öffentlichen Verwaltung. Abschlussbericht des Projekts eRechnung, Bundesministerium des Innern, Goethe-Universität Frankfurt am Main, in Kooperation mit E-DOCS und dem Forum elektronische Rechnung Deutschland. Verfügbar unter <https://www.ferd-net.de/upload/Handlungsempfehlungen-Rechnungsaustausch.pdf>
- St. Reinheimer (Hrsg.). (2017). Industrie 4.0. Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele (Edition HMD). Wiesbaden: Springer Vieweg.

Steffen, T. (2001). Modellierungsmethode zur Integration zwischenbetrieblicher Informationsflüsse. Dissertation, Universität-Gesamthochschule Paderborn. Paderborn. Verfügbar unter [http://gcc.uni-paderborn.de/www/wi/wi2/wi2_lit.nsf/663247270b635985c1256bc900519bef/e9f74b85337ea08cc1256b670042b4ff/\\$FILE/Diss%20Steffen.pdf](http://gcc.uni-paderborn.de/www/wi/wi2/wi2_lit.nsf/663247270b635985c1256bc900519bef/e9f74b85337ea08cc1256b670042b4ff/$FILE/Diss%20Steffen.pdf)

Tschandl, M., Schentler, P. & Bischof, C. (2016). Digitalisierung im Einkauf - Technologien und Anwendungsbeispiele. Verfügbar unter <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=585235c50e204&location=browse>

Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T. & Hompel, M. t. (2017). Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4: Allgemeine Grundlagen (Springer Reference Technik, 2. Auflage). Berlin: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6>

Weber, W., Kabst, R. & Baum, M. (2018). Einführung in die Betriebswirtschaftslehre (10., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18252-6>

Weissbarth, R., Geissbauer, R. & Wetzstein, J. (2016). Procurement 4.0. Are you ready for the digital revolution? Verfügbar unter <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/reports/procurement-4.pdf>

Zillmann, M. & Appel, B. (2016). Keine Industrie 4.0 ohne Digitalisierung der Supply Chain. Intelligente Logistikdienstleistungen für die Fertigungsindustrie. Lünendonk - Whitepaper.

Bilder/Acknowledgement

Bild auf der Titelseite von Kaboompics.com auf www.pexels.com

Icon in Abbildung 3 wurde geschaffen von Eucalyp auf www.flaticon.com



TH Köln

Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institute for Business Administration and Leadership (IBAL)

Steinmüllerallee 1
51643 Gummersbach
www.th-koeln.de