Industrie 4.0

Der Weg zu einem digitalisierten Produktionsunternehmen

Jürgen Köbler, Hochschule Offenburg, Tobias Fischer, TF Unternehmungsberatung, Benjamin Klerch und Michael Schlecht, Hochschule Offenburg

Das Zeitalter der Digitalisierung ist geprägt durch einen erhöhten Wettbewerb. Eine Chance bei steigendem Wettbewerb erfolgreich zu bestehen, liegt daher nur in der durchgängigen Digitalisierung von Produktionsunternehmen. Dieser Beitrag widmet sich der Gestaltung einer dreistufigen generischen Unternehmensmodellplattform Industrie 4.0, die die Durchgängigkeit von Prozessen vom Kunden bis zum Lieferanten auf allen Unternehmensebenen in den Mittelpunkt stellt. Es folgt eine Übersicht der Transformationsschritte zur Bewertung und Gestaltung des Fortschritts auf dem Weg zum digitalisierten Produktionsunternehmen.

Industry 4.0 – The Way to a Digitised Production Company

The age of globalisation is characterised by increased competition. An opportunity to succeed in the face of increasing competition lies in the digitisation of production companies. This article is dedicated to the design of a three-stage model platform of Industry 4.0, which focuses on the consistency of processes from the customer to the supplier at all company levels. The model platform is followed by an overview of the transformation steps for evaluating and shaping progress on the way to become a digitised production company.

Keywords:
industry 4.0, digitisation, production, transformation, platform, network, IoT

Über die Anforderungen der vierten industriellen Revolution gibt es zahlreiche Definitionen, doch lassen sich diese für ein Produktionsunternehmen und eine nach innen gerichtete Sichtweise auf insgesamt vier Grundanforderungen grob zusammenfassen. Die Realisierung von flexiblen und rekonfigurierbaren Produktionssystemen sowie deren vertikaler Integration stellt die erste Anforderung dar. Die vertikale Integration steht dabei für eine durchgängige Vernetzung vom Kunden bis zur Sensorebene von Produktionsanlagen [1]. Der Aufbau von unternehmensübergreifenden, durchgängigen Wertschöpfungsnetzwerken auf Basis einer horizontalen Integration stellt eine weitere Anforderung dar [2].

Ein digital durchgängiges Engineering über die gesamte Wertschöpfung dient als dritte Anforderung der Industrie 4.0. Dies wird benötigt, um kundenindividuelle Wünsche möglichst schnell und innovativ in neue Produkte und diese wiederum innerhalb kurzer Zeit in einen schnellen und wirtschaftlichen Fertigungsprozess umzusetzen. Zuletzt müssen die dabei entstehenden Daten als ein Rohstoff der Zukunft angesehen werden, mit dem neue Wettbewerbsvorteile zu erzielen sind.

Generische Unternehmensplattform

Werden diese aufgeführten Anforderungen verdichtet, so lässt sich daraus eine generische Modellplattform Industrie 4.0 für Produktionsunternehmen gestalten. Bild 1 zeigt diese Modellplattform mit ihren Ebenen und den dazugehörigen Komponenten.

1. Ebene: Marktplatzportale / Dienste-Broker

Die erste Ebene soll die zahlreichen Consumer- bzw. Marktplatzportale und Dienste-Broker darstellen. Denn diese Plattformen stellen das zukünftige dominante Geschäftsmodell der digitalen Ökonomie dar. Um an diese Plattformen bzw. den „digitalisierten Kunden" anknüpfen zu können, muss direkt eine digitale Unternehmensplattform als zweite Ebene angebunden werden.

2. Ebene: Digital Engineering

Die zweite Ebene der Modellplattform besteht aus digital verknüpften Ablaufprozessen und innovativen, durchgängig vernetzten Softwarelösungen. Dadurch kann eine integrierte Produkt- und Prozessplanung erfolgen. Trotz immer leistungsfähigeren Softwarelösungen haben insbesondere Planungswerkzeuge nach wie vor hohe Defizite bei der Interoperabilität, z. B. in Form von Schnittstellen und der anwendungsfreundlichen Nutzung. Für das digitale Engineering, in dem beispielsweise die Konstruktion, Werkzeuge, Maschinen und Belastungsverhalten von Produkten simuliert werden kann, ist ebenfalls ein schnittstellenfreier Austausch zwischen den Softwarekomponenten durch eine einheitliche Datenstruktur essenziell. Besonders zwischen ERP- und MES-Systemen sind Insellösungen zwingend zu vermeiden. Über echtzeitfähige Schnittstellen kann eine bessere Feinplanung bis auf Shopfloor-Ebene sowie ein effektiveres Pro-

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köbler ist Professor an der Fakultät für Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen und Leiter des Labors Virtual Engineering an der Hochschule Offenburg.

M. Eng. Tobias Fischer ist Inhaber und Berater der TF Unternehmensberatung.

M. Eng. Benjamin Klerch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Labor Virtual Engineering an der Hochschule Offenburg.

M. Eng. Michael Schlecht ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Labor Virtual Engineering an der Hochschule Offenburg.

juergen.koebler@hs-offenburg.de
t.fischer@tf-beratung.de
www.hs-offenburg.de

https://doi.org/10.30844/I40M_20-3_S57-60

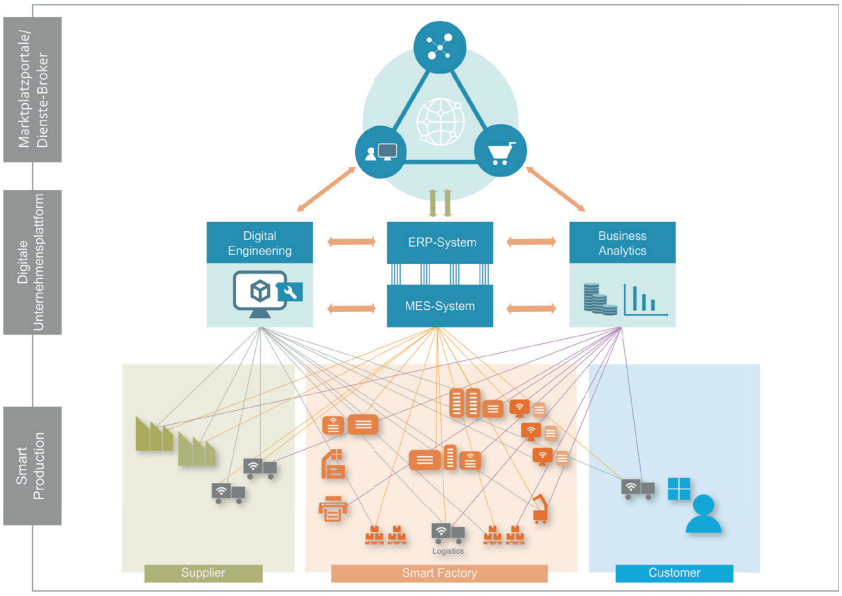

Bild 1: Übersicht der Modellplattform zur Industrie 4.0 (eigene Darstellung).

duktivitätsmanagement erfolgen. Über die gesammelte Menge an Daten aus verschiedensten Quellen, die über entsprechende Schnittstellen erfasst, zentral und strukturiert abgelegt werden, können mit Business Analytics umfassende Analysen zu Produktivität, Maschinenauslastung, Prozessabläufe getätigt und Trends rechtzeitig erkannt werden. Darauf aufbauend, ist der Einsatz von KI-Tools möglich.

3. Ebene: Smart Production

Kernstück der Modellplattform ist die „Smart Production" der dritten Ebene. Diese beinhaltet eine durchgängig vernetzte Produktion, die aus modularen Systemstrukturen besteht und somit die Möglichkeit einer schnellen (Re-) Konfiguration zu flexiblen Produktionskonzepten bietet („Plug and Produce"). Hierbei müssen firmenindividuelle Lösungen erarbeitet und je nach Anwendungsfall konfiguriert werden, denn ein Patentrezept für die Gestaltung einer Smart Factory gibt es nicht. Doch aus welchen weiteren Elementen besteht die o. g. Modellplattform in ihrer dritten Ebene, also jener Ebene, in der die Wertschöpfung erbracht werden muss? Im Folgenden sollen bespielhaft die Bestandteile additive Fertigungsverfahren, Mensch-Roboter-Kollaboration, Montage-Assistenz-Systeme, Cyber-Physische Systeme sowie Digitale Zwillinge definiert und deren Einfluss auf die Modellplattform erläutert werden.

Bei den additiven Verfahren ist es möglich, mittels eines schichtweisen Werkstückaufbaus individuelle Einzelteile, ganze Baugruppen oder sogar fertige Produkte herzustellen [3]. Es können Geometrien realisiert werden, die durch konventionelle Verfahren nur mit hohem Aufwand oder gar nicht umsetzbar wären [4]. Dadurch entstehen teilweise große Vorteile, wie eine höhere Designfreiheit, allerdings auch einige Nachteile wie längere Fertigungszeiten. Durch eine produktspezifische Abwägung dieser ist die Implementierung solcher Fertigungsverfahren sowohl in der Einzelfertigung als auch unter Umständen in der Serienfertigung möglich.

Mit der Mensch-Roboter-Kollaboration (kurz MRK) wird eine flexible Aufgabenteilung durch Nutzen der jeweiligen Stärken der beiden Akteure – Mensch und Roboter – definiert. Vor allem durch das Wegfallen der bis dato zwingenden Trennung der Akteure durch Schutzzäune entstehen diverse neue Einsatzmöglichkeiten [5]. Die Abarbeitung von Produktionsspitzen, die Automatisierung von Teilprozessen, die Sicherstellung einer konstanten Qualität oder die Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte am Arbeitsplatz, indem schwere oder aufwändige Teile bzw. Tätigkeiten übernommen werden. Dies sind nur einige Vorteile der MRK. Neue Robotergenerationen erlauben zudem ein intuitives und einfaches Einlernen durch Vormachen bzw. Führen (Fachbegriff: „Teachen") der gewünschten Bewegungen. Aufwändiges Programmieren der Bewegungen kann entfallen, notwendige CAD-Daten der zu bewegenden bzw. herzustellenden Produkte werden aus der zweiten Ebene der Modellplattform zur Verfügung gestellt, die Smart Factory wird so noch effizienter.

Auch Montage-Assistenz-Systeme unterstützen auf Ebene der smarten Produktion. Hierbei steht aber nicht die Ausführung der entsprechenden Arbeit selbst, sondern die Bereitstellung aller Arten von für die Tätigkeit relevanten Informationen im Fokus. Durch immer variantenreichere Produkte sowie komplexere und sich stetig wandelnde Montageinhalte steigen Anlernzeiten und Fehlerquoten stark und führen zu Produktivitätsverlusten. Unterstützen intelligente Systeme z. B. bei der Montagereihenfolge oder Einblendung von Montageparametern wie Drehmoment oder Druck mithilfe bereits heute marktreifer Virtual-Reality-Systeme, so ergibt sich ein weiteres wichtiges Element einer effizienten dritten Ebene der Modellplattform, insbesondere vor dem Hintergrund immer weniger verfügbarer Fachkräfte [6].

Mit sogenannten Cyber-Physischen Systemen (CPS) entstehen Netze aus realen und informationsverarbeitenden Objekten und Prozessen [7]. In der Praxis handelt es sich dabei um technische Systeme mit eingebetteter Soft-

ware. Diese besitzen Sensoren sowie Aktoren und erfassen, speichern und werten Daten aus. Zudem verfügen sie über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle und bedienen sich global verfügbarer Daten und Dienste [8]. Durch die Vernetzung Cyber-Physischer Systeme entstehen sogenannte Cyber-Physische Produktionssysteme. Dabei kann sich der Begriff auf umfassende Produktionsanlagen, aber auch nur auf eigenständige Maschinenmodule oder Automatisierungskomponenten beziehen [9]. Erst durch sie wird die physische Welt mit der virtuellen Welt zum „Internet der Dinge" verschmolzen.

Eine wesentliche Eigenschaft von CPS steht dabei für einen Paradigmenwechsel bisher gängiger Produktionssysteme. Cyber-Physische Systeme teilen aktiv Informationen und treffen dezentrale Entscheidungen. Dieser Paradigmenwechsel zeichnet sich erstens dadurch aus, dass das intelligente Produkt selbst seinen Weg durch die Wertschöpfungskette bestimmt und zweitens dadurch, dass ein Wandel zur dezentralen und autonomen Produktion stattfindet. Durch die Plug-and-Produce-Möglichkeiten verknüpfen sich alle an einer Wertschöpfung beteiligten Instanzen zu einem Produktionssystem, dessen Selbststeuerung bisher gängige hierarchische Planungs- und Steuerungssysteme ersetzt.

Neue Chancen liegen auch im Digitalen Zwilling, den Gartner als eine der zehn wichtigsten strategischen Technologien für die kommenden Jahre bestimmt [10]. Durch ein konsistentes Datenmodell aller Aspekte des Produktlebenszyklus kann der digitale Zwilling reale Prozesse simulieren. Voraussetzung ist eine ganzheitliche und automatisierte Datenakquise aus betrieblichen Informationssystemen und den CPS [11]. Mehrwert sind die Virtualisierung und Visualisierung komplexer Wertschöpfungsketten im digitalen Fabrikmodell. Diese können zum Finden von optimalen Lösungen in betrieblichen Use-Cases herangezogen werden. Gegenwärtig arbeiteten die Hochschule Offenburg, das Institut für Angewandte Wissenschaft Straßburg und die Universität Straßburg im Rahmen des trinationalen Forschungsprojekts VIRTFac an der Generierung digitaler Zwillinge.

Transformation zum digitalisierten Produktionsunternehmen

Es stellt sich nun die Frage, wie die Transformation zum oben beschriebenen digitalisierten Produktionsunternehmen im Sinne der Industrie 4.0 stattfinden kann. Einen Königsweg von der Modellplattform mit ihren drei Ebenen direkt hin zum digitalisierten Produktionsunternehmen gibt es dabei nicht. Stattdessen bedarf es einer digitalen Transformation, die über mehrere Schritte und auf verschiedenen Ebenen zum Ziel führt. Diese Transformationsschritte sollen im Folgenden erläutert werden. Bild 3 zeigt einen beispielhaften Transformationsweg zwischen den Achsen der Zeit sowie des Reifegrads, bezogen auf die Modellfabrik der Industrie 4.0. Damit können zahlreiche Fallen bei der Transformation von Unternehmen vermieden werden, wie etwa eine zu eindimensionale Betrachtung einzelner Komponenten der Industrie 4.0. So würde die reine Fokussierung auf eine moderne, echtzeitfähige Netzwerklandschaft keinen Nutzen bringen, wenn die vorhandenen Produktionsanlagen nicht fähig sind, daran angebunden zu werden. Deshalb ist eine ganzheitliche und firmenspezifische Betrachtung aller Komponenten für eine klare Ausrichtung, definierte Projekte und den erforderlichen Kompetenzaufbau wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Transformation. Bild 3 zeigt die genannten Transformationsschritte zum digitalisierten Unternehmen, die im Folgenden genauer erläutert werden.

Die schlanke Produktion (lean production) bezeichnet den effizienten Einsatz von Produktionsfaktoren unter dem Fokus der Vermeidung

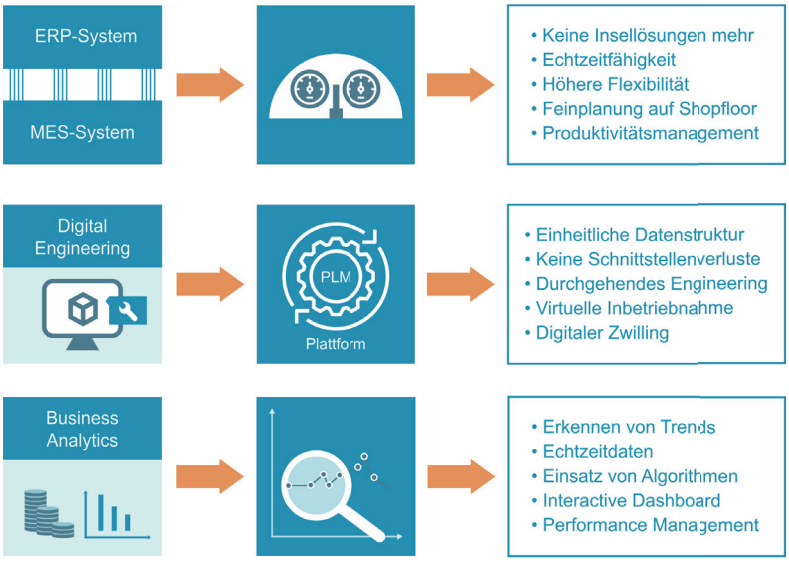

Bild 2: Detailgrafik der digitalen Unternehmensplattform als zweite Ebene der Modellplattform (eigene Darstellung).

Literatur

[1] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt 2013.
[2] Kaufmann, T.; Forstner, L.: Horizontale Integration der Wertschöpfungskette in der Halbleiterindustrie. In: Handbuch Industrie 4.0, hg. v. Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M., Berlin, Heidelberg 2016.
[3] VDI-Richtlinie 3405 Blatt 2.1: Additive Fertigung. Laser-Strahlschmelzen metallischer Bauteile Materialkenndatenblatt Aluminiumlegierung AlSi10Mg. 2017.
[4] Junk, S.; Klerch, B.; Hochberg, U.: Structural Optimization in Lightweight Design for Additive Manufacturing, Procedia CIRP 84 (2019), S. 277–282.
[5] Müller, R.; u. a.: Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration. München 2019.
[6] Bächler, A.; u. a.: Systeme zur Assistenz und Effizienzsteigerung in manuellen Produktionsprozessen der Industrie auf Basis von Projektion und Tiefendatenerkennung, in Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin Heidelberg 2017.

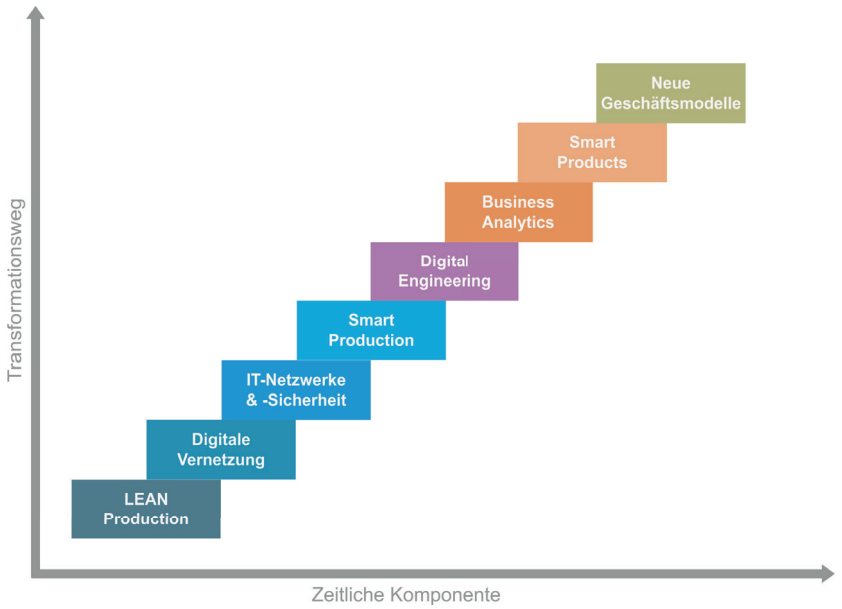

Bild 3: Transformationsschritte zum digitalisierten Unternehmen (eigene Darstellung).

jeglicher Verschwendung. Sie geht auf das durch Toyota in den fünfziger Jahren entwickelte Produktionssystem zurück und ist Grundlage einer smarten Produktion.

Verbinden sich Kunden, Lieferanten und alle an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen und Komponenten digital, so ergibt sich eine digitale Vernetzung, die über entsprechende Schnittstellen sowohl hardware- als auch softwaretechnisch hergestellt wird. Das so entstehende Netzwerk muss zudem alle Leistungs- sowie Sicherheitsanforderungen erfüllen können.

Eine intelligente Produktion, die „Smart Production", ist Kernelement der Industrie 4.0 und definiert eine Produktionsumgebung, die sich über alle Produktionsschritte mit den entsprechenden Fertigungsanlagen und Logistiksystemen selbst organisiert. Voraussetzung hierfür ist die Bereitstellung der notwendigen Konstruktions-/Produktinformationen. Mithilfe des Digital Engineerings werden digitale Konstruktionsdaten von Produkten und Prozessdaten über alle Stufen des Entwicklungs- und Produktionsprozesses nutzbar.

Als Business Analytics werden jene Methoden bezeichnet, die zur Erkennung sowie Auswertung von Mustern, Zusammenhängen und Bedeutung innerhalb Datenmengen eingesetzt werden. Hierbei ist ein maximaler Automatisierungsgrad wichtig, um die dafür benötigten Datenmengen überhaupt bewältigen zu können [12].

Im Kontext der Smart Production definieren sich Smart Products als intelligente Produkte und Komponenten, die in der Lage sind, sich gegenseitig zu vernetzen und zudem Daten ihrer Fertigungs- und Nutzungsdauer sammeln sowie kommunizieren können.

Aufgrund der Digitalisierung haben sich für Unternehmen gänzlich neue Möglichkeiten zur Wertschöpfung ergeben. Digitale Technologien, allen voran das Internet, wurden in etablierte Geschäftsmodelle integriert. Teilweise wurden sogar vollkommen neue Modelle geschaffen, die bestehende, alte Modelle verdrängen. Beispiele hierfür sind „E-Commerce", der elektronische Handel mit materiellen Gütern oder „Freemium", die kostenlose Bereitstellung von Basisprodukten in Kombination mit einem kostenpflichtigen Vollprodukt.

Generell sind sowohl die adäquate Reihenfolge der Transformationsschritte als auch die entsprechenden zeitlichen Komponenten zu berücksichtigen. Dabei ist die Reihenfolge der Transformationsschritte dem individuellen Reifegrad des entsprechenden Unternehmens anzupassen. So gibt es beispielsweise Unternehmen mit Stärken im Bereich Business Analytics bei gleichzeitigem schwachen Lean-Reifegrad. Deshalb ist die individuelle Definition der Reihenfolge der Transformationsschritte essenziell für den erfolgreichen Weg hin zum digitalisierten Unternehmen im Sinne der Industrie 4.0. Bei den zeitlichen Komponenten ist zu beachten, dass ein Transformationsschritt nicht zwingend final abgeschlossen sein muss, sondern auch parallel durchgeführt werden kann, bevor ein weiterer Schritt vollzogen wird. Insbesondere aufgrund der zahlreichen Verflechtungen zwischen den genannten Transformationsschritten ist die gemeinsame und abgestimmte Umsetzung dieser sogar zwingend notwendig.

Mit dieser generischen Unternehmensplattform erhalten Produktionsunternehmen die Möglichkeit, eine auf das Unternehmen abgeleitete und gezielt ausgerichtete Transformation hin zu einem digitalisierten Produktionsunternehmen durchzuführen und in Form einer strategischen Roadmap umzusetzen. Hierdurch können viele unkoordinierte Einzelaktivitäten gezielt gebündelt, klare Investitionsentscheidungen getroffen, notwendiger Kompetenzaufbau erfolgen und Veränderungsprozesse eingeleitet und umgesetzt werden.

Schlüsselwörter:
Industrie 4.0, Digitalisierung, Produktion, Transformation, Plattform, Vernetzung, IoT

[7] acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, München 2011.
[8] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: Cyper-Physical Systems. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Berlin 2013.
[9] Köhler-Schute, C.; Amberg, J.: Industrie 4.0. Ein praxisorientierter Ansatz. Berlin 2015.
[10] Qi, Q.; Tao, F.; Zuo, Y.; Zhao, D.: Digital Twin Service towards Smart Manufacturing. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems (2018), S. 237-242.
[11] Vieira, A. A. C.: Setting an Industry 4.0 Research and Development agenda for simulation – A literature Review (2018), S. 377–389.
[12] Kollmann, T.: E-Business. Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse in der digitalen Wirtschaft. 7., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg 2019.