

Effiziente Produktion und Wartung durch die Industrie 4.0 – Anwendung

Hashem Badra und Jivka Ovtcharova

1 Bedeutung und Nutzung der „Industrie 4.0“

Die „Industrie 4.0“ steht für eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Produktlebenszyklus, der sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen hinweg orientiert und von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen erstreckt. Hierfür ist die Basis die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten (Ovtcharova 2016).

Weiterhin lässt sich die Industrie 4.0 als durchgängige Vernetzung der Produktion und des gesamten Produktlebenszyklus mit Hilfe von Internettechnologien verstehen. Dabei sind Kunden- und Maschinendaten vernetzt (vgl. Abbildung 1).

Weiterhin tauschen die intelligenten Maschinen und Systeme Informationen untereinander in Echtzeit aus. Somit verschmilzt die Produktion mit der Informations- und Kommunikationstechnik und wird von Werkstücken sowie Maschinen selbstständig, flexibel, effizient und ressourcenschonend gesteuert. Weiterhin werden die ausgetauschten Informationen und entstandenen Daten ständig geprüft, sodass es zu keiner Zeit zu einem Stillstand oder Engpass in der Produktion kommen kann. Durch die Anwendung von Industrie

4.0 entsteht ein großer Nutzen, der das Unternehmen im globalen Wettbewerb stark macht. Dieser potenzielle Nutzen spiegelt sich u. a. in den folgenden Merkmalen wieder: (N. N. 2019a)

- Mehr Qualität, größere Flexibilität.
- Höhere Produktivität, Standardisierung der Entwicklung.
- Schnelle Produkteinführung auf den Markt.



Abbildung 1: Vernetzung der Produktion in der Industrie 4.0 (N. N. 2016)

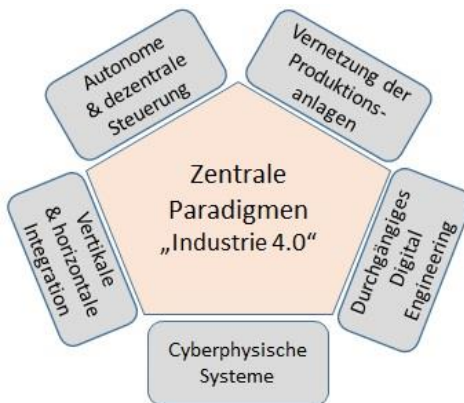


Abbildung 2: Fünf zentralen Paradigmen der Industrie 4.0 (in Anlehnung an Lanza 2018, Merz 2015)

2 Zentrale Paradigmen der Industrie 4.0

Die in der folgenden Abbildung dargestellten fünf zentralen Paradigmen sind der Kern der Industrie 4.0 und ganz besonders die cyberphysischen Systeme, die näher in folgendem betrachtet wird.

2.1 Cyberphysische Systeme

Die cyberphysischen Systeme (CPS) bestehen aus mechanischen Komponenten, Software und moderner Informationstechnik, die sich mittels modernster Internettechnologie als intelligente Objekte bezeichnen und allesamt untereinander als vernetzt eingebettete Systeme agieren (vgl. Abbildung 3). Diese Systeme besitzen die Fähigkeit autonome Anpassungen und Entscheidungen aufgrund der gegebenen Umwelt in Echtzeit zu treffen. Deshalb übernehmen die cyberphysischen Systeme eine zentrale Rolle für die Industrie 4.0 (N. N. 2018, Litzel 2017, Ovtcharova 2016).

Weiterhin spricht man von einem cyberphysischen Produktionssystem (CPPS), wenn mehrere cyberphysische Systeme zu einer Gesamtheit zusammentreffen, da alle Produktionsanlagen, Komponenten und Produkte intelligent miteinander kommunizieren. Sowohl mobile Einrichtungen als auch stationäre Maschinen, Anlagen und Roboter gehören zu den Bestandteilen der cyberphysischen Systeme. Das Funktionsprinzip der CPS basiert auf Sensoren, Aktoren und vernetzter Software. Aus der physischen Welt liefern Sensoren Messdaten und melden sie über Netzwerke an eine Software weiter, die sie verarbeitet (N.N. 2018, Ovtcharova 2016).

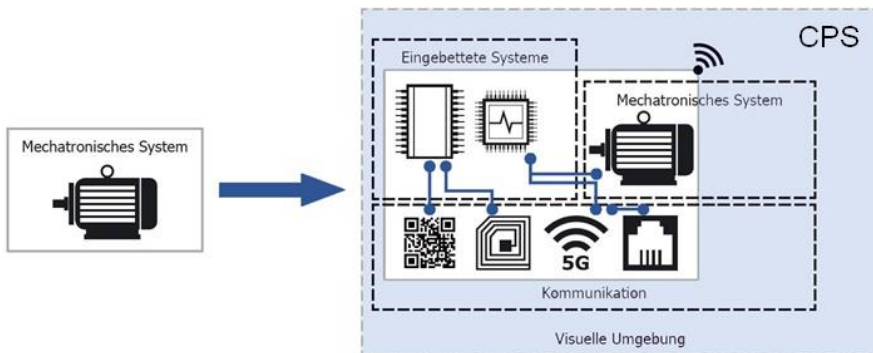


Abbildung 3: Mechatronisches und Cyberphysisches System (Bauernhansl 2016)

Daraus ergeben sich die Steuerdaten, die die Software über das Netz an Aktoren weitergibt. Somit kommen die CPS aufgrund ihrer hohen Komplexität für die Realisierung intelligenter Stromnetze, moderner Produktionsanlagen oder in der Medizintechnik zum Einsatz. Menschen können auch auf diese CPS einwirken, indem sie über Benutzeroberflächen Abläufe konfigurieren, steuern, kontrollieren oder Informationen abrufen (Litzel 2017).

Vor- und Nachteile Cyber-physischer Systeme

Da die cyberphysischen Systeme extrem anpassungs- und wandlungsfähig sind und zur Effizienzsteigerung beitragen, ergeben sich viele Vorteile bei der Steuerung und im Betrieb komplexer Systeme. Hierbei laufen Prozesse weitgehend autonom und automatisiert ohne den Bedarf des menschlichen Eingriffs ab. Die Menschen übernehmen oft nur Kontroll- und Steuerungsfunktionen. Außerdem sorgen die CPS für die Steigerung der Arbeitssicherheit und die Geschwindigkeit von Abläufen. Aufgrund der Technikkomplexität der CPS ergeben sich einige Nachteile u. a. das Lahmlegen der Gesamtprozesse beim Ausfall einzelner Komponenten. Da diese Systeme überwiegend autonom arbeiten, könnten Schäden an Maschinen oder Menschen aufgrund falsch getroffene Entscheidungen erfolgen. Weiterer Nachteil entsteht bei der durch Hacker oder Angreifer bewussten Manipulation von cyberphysischen Systemen. Deshalb empfiehlt sich wegen der vernetzten Strukturen die CPS gegen Angriffe oder feindliche Übernahmen besonders zu schützen (Litzel 2017).

3.2 Durchgängiges Digital Engineering

Mit Hilfe des Digital Engineering können die digitalen Konstruktionsdaten eines Produkts auf allen Stufen des Entwicklungs- und Produktionsprozesses genutzt werden. Dies führt zu sicheren Produkten, einer Beschleunigung der Abläufe, der Schonung von Ressourcen und nachhaltigen Kostensenkungen (N. N. 2019b).

Dabei werden die physischen Schritte des kompletten Produktlebenszyklus oder auch einer Produktion lückenlos als virtuelles Gesamtbild abgebildet und somit entsteht ein durchgängiges Produkt- und Produktionsdesign über den Lebenszyklus von Produkten und Herstellungsmaschinen. Dies umfasst 3D-Geometrie der physischen Umgebung in Verbindung mit physikalischen

Eigenschaften. Deshalb lassen sich hierbei Medienbrüche und daraus entstehende Kosten vermeiden. Außerdem wird die Produktion gleichzeitig deutlich flexibler (Ovtcharova 2016, Merz 2015).

Der Praxis kommt das durchgängige Digital Engineering zum Einsatz bspw. zur Optimierung der Produktionsdurchlaufzeit und -rüstzeit sowie der Wartungs- und Serviceprozesse. Beispielsweise setzt ein Gehäusehersteller die RFID-Technik bei den Rohlingen ein, so dass der Rohling ein flexibles Werkzeug-Management für die Fertigungsroboter erhält. Die Fertigungsroboter erkennen anhand der Chipinformationen auf dem Gehäuserohling in dem Fall, welches ihrer Werkzeuge für die jeweilige Gehäuseart zu verwenden und wie hoch dessen aktueller Abnutzungsgrad ist. Somit erhält der Produktionsleiter zu bestimmten Zeitpunkten Wartungsanalysen. Dabei wird vom zuständigen Personal entschieden, wann ein bestimmtes Werkzeug ausgetauscht werden muss. Daten zur Nutzung des Roboters werden gleichzeitig gesammelt, um die Produktions- und Produktplanungsprozesse insgesamt verbessern zu lassen. Außerdem werden die vorgeplanten Wartungsarbeiten so gebündelt und zu nichtproduktiven Zeiten vorgenommen (Merz 2015).

3.3 Autonome und dezentrale Steuerung

Sobald die einzelnen logistischen Objekte wie das Transportgut und die Transportsysteme eigenständig in den Produktionssysteme Steuerungsentscheidungen treffen, spricht man von Selbststeuerung oder autonome Steuerung. Hierbei sind die Bauteile fähig z. B. in der Fertigung und Montage, sich durch Selbststeuerung der aktuellen Produktionssituation anzupassen und auf Störungen im Prozess autonom reagieren zu können. Mit Hilfe neuer Informations- und Kommunikationstechnologien wie RFID-Technik Sensornetzwerken oder drahtloser Kommunikation bekommt das einzelne Transportgut, z.B. Bauteile, Werkstücke oder auch die Rohmaterialien eine gewisse Intelligenz, sich dezentral sowie auch autonom zu steuern und sich der aktuellen Situation anzupassen sowie auch sich eigenständig zum nächsten Bearbeitungsschritt zu lenken. Diese mit Chipinformationen ausgestatteten Objekte sind in der Lage, ihre Wege durch ein logistisches Netzwerk zu finden und sich den entsprechenden Maschinen und Arbeitsgängen selbst je nach auf dem Chip hinterlegten Informationen und Daten z.B. NC-Programm zuzuordnen. (Merz 2015, Pille 2010).

3.4 Vertikale und horizontale Integration

Im Sinne der Industrie 4.0 ist die vertikale Integration in der Vernetzung innerhalb des Unternehmens von der Produktionsebene ERP und MES bis hin zur Feldebene (Sensoren und Aktoren) zu verstehen (vgl. Abbildung 4). Die sämtlichen unternehmensinternen Systeme müssen für einen reibungslosen Datenaustausch über die Hierarchieebenen hinweg mit standardisierten Schnittstellen verknüpft sein. Somit können die CPS die Informationen in Echtzeit entlang in Richtung der Hierarchie weiterleiten (Badra 2012, Müller 2017).

Hingegen verspricht die horizontale Integration den Einsatz eines unternehmensübergreifenden Netzwerks über die komplette Wertschöpfungskette hinweg. Dies bedeutet, dass alle Systeme von Lieferanten, Kunden und verschiedenen Unternehmensstandorten, zwischen denen ein Datenaustausch notwendig ist, in die bereits beschriebene vertikale Systemhierarchie eingepflegt werden (Roth 2016).

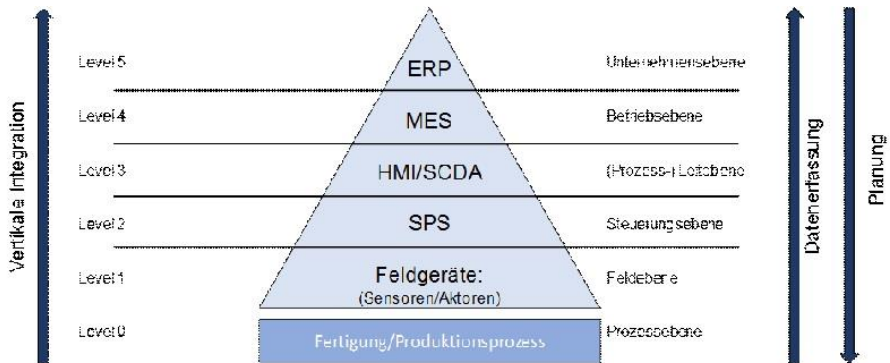


Abbildung 4: Vertikale Integration (in Anlehnung an Badra 2012, Lanza 2018)

3.5 Vernetzung der Produktionsanlagen

Durch das Internet der Daten, Dienste und Dinge werden die Produktionsanlagen vernetzt. Hierbei ermöglicht die Nutzung und Integration des Internets, vor allem des Cloud Computings, eine Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Kommen die RFID-Chips (Radio Frequency Identification) zum Einsatz, wissen die Produktionsteile der Smart Factory jederzeit, wo sie sind

und kennen ihre Historie. Außerdem kennen diese Teile ihren aktuellen Zustand und die Produktionsschritte, die ihnen noch zum fertigen Produkt fehlen (Merz 2015, Ovtcharova 2016).

4 Industrie 4.0 – Anwendungen

Durch die Industrie 4.0, also die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie, entsteht eine Vielzahl an neuen Produktionsverfahren, Geschäftsmodellen und Produkten. Dabei ergeben sich viele Möglichkeiten eine intelligente Vernetzung in einem Industrieunternehmen u. a. in der Produktion und Wartung von Maschinen und Produktionslinien zu nutzen, die in folgendem erläutert werden.

4.1 Anwendungen in der Produktion

In der Produktion lagern selbstständig fahrende Gabelstapler Waren in Hochregale ein, intelligente Maschinen koordinieren selbstständig Fertigungsprozesse und Bauteile, Werkstücke oder auch die Rohmaterialien können sich eigenständig zum nächsten Bearbeitungsschritt lenken und ihre Wege durch ein logistisches Netzwerk finden.

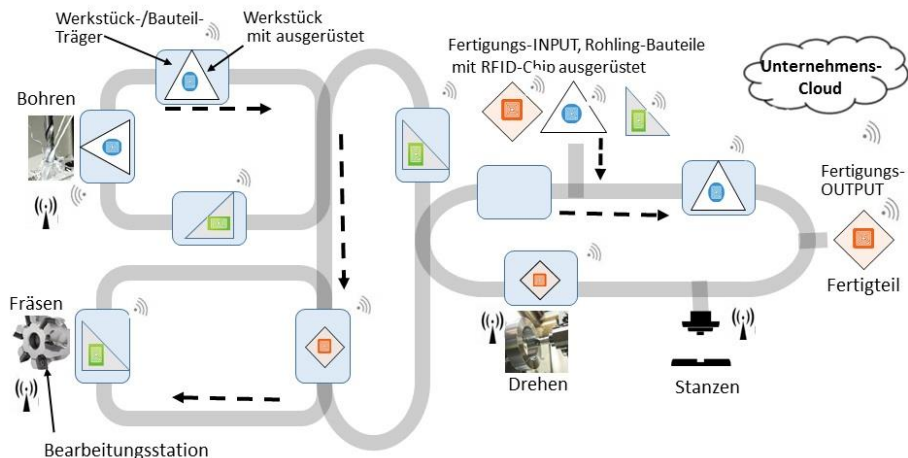


Abbildung 5: Effiziente Produktion durch Industrie 4.0 - Anwendung

Weiterhin können, Dank der RFID-Technologie, solche Bauteile, Werkstücke sich den entsprechenden Maschinen und Arbeitsgängen selbst zuordnen (vgl. Abbildung 4). Somit muss eine Produktionslinie nicht mehr auf ein Produkt festgelegt sein und deren Bearbeitungsstationen können sich flexibel an einen sich verändernden Produktmix anpassen, um die höchste, effiziente ressourcenschonende Produktivität und fehlerfrei zu erreichen sowie Kapazitäten optimal auszulasten. Darüber hinaus können die automatisierten Analyseverfahren auch Wartungsbedarfe und Ausfallrisiken aufzeigen.

Praxisbeispiel: Bei einem Maschinenbauzulieferer werden bspw. Fertigteile (nach Mengen und Eigenschaften usw.) online bestellt. Die Bestellungen werden von einer Produktionsplanungs-Software ausgewertet und so gruppiert, dass sich eine optimale Bearbeitungs-Reihenfolge ergibt. Nach der Bestellungenannahme wird jedem Bauteil oder Werkstück und Rohling ein passendes RFID-Chip zugeordnet, das mit allen relevanten Informationen zur Fertigung versehen und am Teil befestigt wird. Sobald das Teil sich in der Produktionslinie befindet, übernimmt es selbständig die Produktionssteuerung durch die Fertigungsstrecke. Mit den Produktionsanlagen tauscht das Teil kontinuierlich seinen Bearbeitungsstatus aus. Sind die auf dem RFID-Chip abgespeicherten bzw. empfangenen Aufträge schon bearbeitet, steht das Bauteil als Fertigteil zu weiteren Aufgaben zur Verfügung. Dank dieser Methodik lassen sich mit derselben Produktionsanlage /-linie weit mehr Produktvarianten fertigen. Somit steigt die Gesamtproduktion und sinken die Stückkosten.

4.2 Anwendungen in der Wartung

Die effiziente und wirtschaftliche vorausschauende Wartung von Maschinen und Produktionslinien kann bestens mittels Industrie 4.0 erreicht werden. Hierfür existiert der aus der Industrie 4.0 stammende Begriff „Predictive Maintenance“ und ist sehr weit in der smarten Produktion der heutigen Zeit verbreitet. Dabei werden Messdaten aus Maschinen und Anlagen verwendet, um aus diesen Daten die Wartungsintervalle der einzelnen Bauteile und Maschinen bestimmen zu können.

Das Hauptziel dieser vorausschauenden Wartung ist die Maschinen bzw. Anlagen proaktiv und vorausschauend zu warten, sodass die Störungszeiten und die Wartungsaufwände auf ein Minimum reduziert werden können. Zur

Zielerreichung gilt es zunächst eine Datenbasis zu schaffen und die entsprechenden Sensoren an und in den Maschinen bzw. Anlagen zu realisieren. Die in vielen Maschinen und Anlagen verbauten Sensoren messen ständig Werte, die als relevante Daten über drahtloses Netzwerk zur zentralen Datenbank bzw. Unternehmens-Cloud erhoben und dort zur weiteren Verwendung verarbeitet und bereitgestellt werden. (vgl. Abbildung 5). Diese gemessenen Werte werden ebenfalls mit den Sollwerten des Lieferten verglichen. Bei kleinen Abweichung bekommen die zuständigen Stellen (Produktionsleiter, Wartungsabteilung usw.) dies übermittelt, um entsprechend zu reagieren. (Sonnenberg 2018)

Beispielsweise können verbaute Sensoren Vibrationen Temperaturen und auch Geräusche einer Maschine dauerhaft überwachen. Somit werden selbst bereits kleinste Abweichungen, die frühzeitig auf das Versagen eines Lagers hinweisen, erkannt und deren Daten an die zentrale Datenbank bzw. Unternehmens-Cloud übertragen. Innerhalb der zentralen Datenbank werden diese erhobenen Daten mit den abgespeicherten Sollprodukt-daten verglichen und das Ergebnis an die entsprechenden Abteilungen weitergeleitet. In einem solchen Fall soll das Lager rechtzeitig ausgetauscht werden, ohne dass es aus diesem Grund zu weiteren Verzögerungen käme.

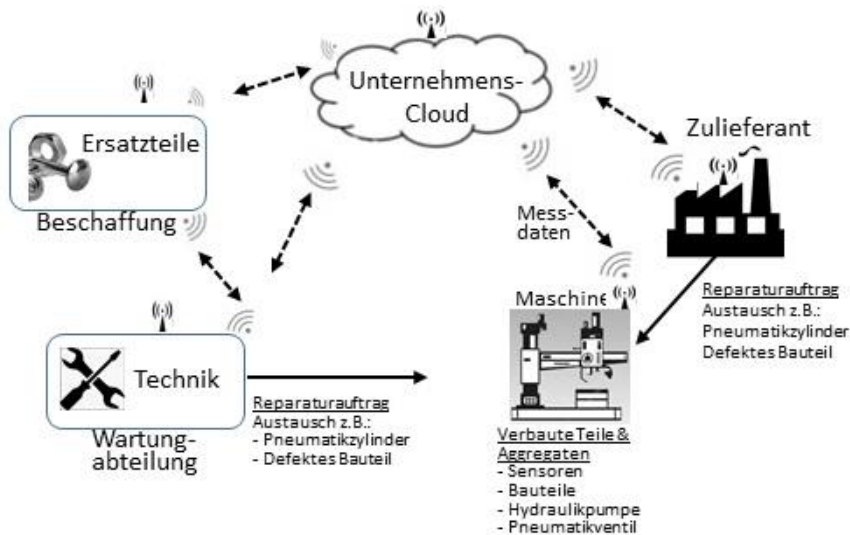


Abbildung 6: Effiziente Wartung von Maschinen bzw. Anlagen durch Industrie 4.0 -Anwendung

Ein weiteres Beispiel ist die Druckluft in einer Abfüllanlage, welche ständig durch in der Anlage verbaute Sensoren gemessen wird, um anschließend die entsprechenden Sensorwerte an die zentrale Datenbank weiterzuleiten.

Weichen die gemessenen Druckluftwerte beim Prozess von den vom Hersteller vorgeschriebenen Sollwerten ab, weist dies auf ein defektes Bauteil bzw. eine Erkennung von Leckage in der Anlage hin. Die analysierten Daten und Ergebnisse werden ebenfalls über drahtlose Netzverbindung entsprechend betriebsinternen Abteilungen oder auch den Herstellern weitergeleitet. Die defekten Teile sollen rechtzeitig ausgetauscht werden, bevor es zu einer großen Reparatur käme.

5 Zusammenfassung

Unter der Industrie 4.0 versteht man die durchgängige Vernetzung der Produktion und des gesamten Produktlebenszyklus mit Hilfe von Internettechnologie. Die Industrie 4.0 steht auch für eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten, der sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen orientiert.

Die Industrie 4.0 weist fünf zentrale Paradigmen auf, wobei die cyberphysischen Systeme (CPS) eine zentrale Rolle übernehmen. Die CPS bestehen aus mechanischen Komponenten, Software und moderner Informationstechnik und bezeichnen sich mittels modernster Internettechnologie als intelligente Objekte, die allesamt untereinander als vernetzt eingebettete Systeme agieren. Diese Systeme besitzen die Fähigkeit autonome Anpassungen und Entscheidungen aufgrund der gegebenen Umwelt in Echtzeit zu treffen.

Besonders wird die Industrie 4.0 in der Produktion und Wartung von Maschinen und Produktionslinien verwendet, um effiziente und wirtschaftliche Ergebnisse zu erreichen, weshalb eine intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie existiert.

Literaturverzeichnis

- Badra, H. 2012: Konzeptionelle Entwicklung einer Methodik zur Navigation in der Fertigungssimulation im Rahmen der Fabrikplanung, Dissertation, Technische Universität Chemnitz, 2012.
- Bauernhansl, T. 2016: Wgp-Standpunkt Industrie 4.0
Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik Wgp e. v.
https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Presse/Presseinformationen/2016/Juni/WGP_Standpunkt_Industrie_40.pdf, 08.03.2019.
- Litzel, N. 2017: Was ist ein Cyber-physisches System (CPS)?
<https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-cyber-physisches-system-cps-a-668494/>, 08.03.2019.
- Lanza, G. 2018: Integrierte Produktionsplanung im Zeitalter von Industrie 4.0. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Produktionstechnik. Vorlesung, 2018.
- Merz, S. L. 2015: Die 4. industrielle Revolution kommt in der Wirklichkeit an.
<https://www.computerwoche.de/a/die-vierte-industrielle-revolution-kommt-in-der-wirklichkeit-an,3096002>, 08.03.2019.
- Müller, B. 2017: INDUSTRIE 4.0 - Chancen und Risiken, Herbstkongress 2017.
https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/bvs/bv_saar_dateien/Veranstaltungs-PDF/Industrie_4.0_DGQ_Vortrag_13.Maerz_2018.pdf, 08.03.2019.
- N. N., 2016: Mittelstand Digital
<https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/vernetzte-produktion-wir-haben-fernziele.html>, 08.03.2019.
- N.N., 2018: Plattform Industrie 4.0: FORTSCHRITTSBERICHT 2018:
Industrie 4.0 anwenden. Wegweisend. Praxisnah. Vernetzt. April 2018
https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/hm-2018-fortschrittsbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=5, 08.03.2019.
- N.N., 2019a: Plattform Industrie 4.0: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
<http://www.kmu-digital.eu/de/publikationen/tags/prozesse-strukturen/82-referenzarchitekturmodell-industrie-4-0-rami-4-0-eine-einfuehrung/file>, 08.03.2019.
- N. N., 2019b: Digital Engineering und Industrie 4.0
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg
<https://www.iff.fraunhofer.de/de/anwendungsfelder/digital-engineering-industrie40.html>, 08.03.2019.
- Ovtcharova, J. 2015: Virtuelles Abbild – neue Ingenieurmethoden für Industrie 4.0. In: 3.Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien in Anwendung und Forschung an der Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik. Technische Universität Chemnitz, 2015.

- Ovtcharova, J. 2016: PLM, Vorlesung WS 2015/16, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI) Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)
- Pille, C. 2010: Autonome Steuerung
Sonderforschungsbereich 637 (SFB 637), Universität Bremen
<http://www.sfb637.uni-bremen.de/pubdb/repository/SFB637-C1-10-001-III.pdf>,
07.03.2019
- Roth, A. 2016: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 :
Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis : Gabler, 2016
- Sonnenberg, V. 2018: Predictive Maintenance: Effizienz in der Industrie 4.0
<https://www.maschinenmarkt.vogel.de/predictive-maintenance-effizienz-in-der-industrie-40-a-730126/>; 07.03.2019

Kontakt

Dr.-Ing. Hashem Badra
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kriegsstraße 77,
76133 Karlsruhe
E-Mail: hashem.badra@kit.edu

Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jivka Ovtcharova
Institutsleiterin
Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kriegsstraße 77,
76133 Karlsruhe
E-Mail: jivka.ovtcharova@kit.edu