Fraunhofer
IML

WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

DER WEG ZUR SMART FACTORY

■ WHITEPAPER

DER WEG ZUR SMART FACTORY

In dieser Ausgabe der Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« werden fünf Schritte zur Einführung einer Smart Factory vorgestellt. Beginnend bei der Aufnahme der aktuellen Situation über die Strategiefindung bis zum Masterplan der Implementierung bieten diese Schritte den Unternehmen Orientierung und Unterstützung bei der Ableitung der idealen individuellen Vorgehensweise. Wesentlich ist hierbei nicht nur die Definition der Startsituation und des Ziels, sondern besonders die Bestimmung des Weges.

FUTURE CHALLENGES IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien und Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

AUTOREN

Lukas Nikelowski, Fraunhofer IML
Michael Wolny, Fraunhofer IML

INTERNET

Das Whitepaper steht Ihnen auch im Internet unter www.digitalhublogistics.de zur Verfügung.

DOI

10.24406/IML-N-589139

http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-589139.html

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund

schriftenreihe@iml.fraunhofer.de

Ausgabe 15 • 6. Mai 2020

WHITEPAPER

DER WEG ZUR SMART FACTORY

Smart Factory 2
- Smart Production 3
- Smart Maintenance 5

Fünf Schritte zur Smart Factory 8
- Schritt 1: Aufnahme des Status Quo 10
- Schritt 2: Ableitung des Digitalisierungslevels 12
- Schritt 3: Durchführung des Leuchttumprojektes 13
- Schritt 4: Entwicklung der Digitalisierungsstrategie 13
- Schritt 5: Entwicklung des Masterplans zur Implementierung 14

Schlussbetrachtung 15
- Zusammenfassung 15
- Smart Factory – Ausblick und Vision 15

Literaturverzeichnis 16

DER WEG ZUR SMART FACTORY

Die Smart Factory als Erfolgsfaktor

Als Industriestandort und neunfacher Exportweltmeister [1] ist Deutschland als Teilnehmer in der globalen Wirtschaft bedeutend. Allein das verarbeitende Gewerbe ist mit 2.170 Mrd. € für etwa 33 % des Umsatzes deutscher Unternehmen verantwortlich (Stand 2017) [2]. Im Jahr 2014 wurde Deutschland als Vorreiter im Bereich der Industrie 4.0 eingestuft [3]. Die durch Technologie und Vernetzung geprägte vierte industrielle Revolution ist für heutige Organisationen der Schlüsselfaktor, um konkurrenzfähig und erfolgreich zu bleiben. Laut Experten des VDE liegt Deutschland jedoch bereits heute hinter China und den USA zurück [4]. Um nicht den Anschluss an die Weltspitze zu verlieren, besteht daher großer Handlungsbedarf. Doch wie können Unternehmen diesem Bedarf gerecht werden? Vision und Ziel des produzierenden Gewerbes ist die Einführung einer sog. Smart Factory. Diese zukunftsfähige Fabrik ist geprägt von der digitalen Vernetzung aller Elemente der Wertschöpfungskette und die Basis für selbststeuernde und autonome Unternehmensprozesse. Als Teile der intelligenten Fabrik sind eine smarte Produktion und Instandhaltung neben einer smarten Logistik maßgeblich für den Erfolg mitverantwortlich.

Eine Smart Production zeichnet sich durch die selbstständige Steuerung der Produktionsprozesse aus. Dezentral gesteuerte Maschinen, Anlagen sowie Logistiksysteme tauschen dafür kontinuierlich Echtzeitinformationen aus, um einen effizienten Produktionsprozess zu garantieren [5]. Durch die steigende Vernetzung werden die Systeme aber auch störanfälliger. So können kleinste Störungen oder Ausfälle gravierende Auswirkungen auf den Gesamtprozess haben. Diese Komplexität der smarten Produktion erfordert daher eine ebenso smarte Instandhaltung. Diese zeichnet sich vor allem durch den Wandel von einer reaktiven hin zu einer vorausschauenden Instandhaltung aus. Um also den zusätzlichen Anforderungen der vernetzten Systeme gerecht zu werden, muss im Rahmen der Smart Factory, neben einer Transformation zur Smart Production in gleichem Maße eine Wandlung der Instandhaltung hin zu einer sog. Smart Maintenance erfolgen.

In dieser Ausgabe der Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« werden neben der Beschreibung der Vision einer Smart Factory, fünf Schritte zur Einführung einer Smart Factory vorgestellt. Beginnend bei der Aufnahme der aktuellen Situation über die Strategiefindung bis zum Masterplan der Implementierung bietet die dargestellte Vorgehensweise den Unternehmen Orientierung und Unterstützung.

Smart Factory

Um auf die neuen Rahmenbedingungen der vierten industriellen Revolution einzugehen, wird das System einer intelligenten Fabrik **Smart Factory** verfolgt. Eine Smart Factory ist durch die systematische Verknüpfung der Informationssysteme mit den internen Betriebsanlagen, externen Komponenten und der äußeren Umwelt gekennzeichnet [6]. Diese Verknüpfung wird im gesamten Betrieb umgesetzt, das heißt Produktion, Instandhaltung und Logistik nehmen als intelligente Bestandteile an diesem System teil. Ziel ist die Optimierung der Produktionsumgebung durch eine verbesserte und beschleunigte Kommunikation der Objekte. Alle Objekte besitzen individuelle Objekteigenschaften, worunter das Wissen über ihren Zustand oder ihren Ort verstanden werden kann [7]. Sie sind in der Lage, diese Informationen zu speichern und mit anderen Objekten als **Echtzeitinformationen** zu teilen [8]. Dabei entstehen Daten, die hinsichtlich der Häufigkeit, Menge und benötigter Verarbeitungsgeschwindigkeit den bekannten Umfang überschreiten. In diesem Zusammenhang ist auch von **Big Data** die Rede [9]. Big Data schließt neben der Erfassung der Daten auch die parallele Verarbeitung und die Analysemethoden der Daten ein, wodurch Big Data unverzichtbar für eine Smart Factory ist. Darüber hinaus bietet **Data Analytics** eine Informationsgewinnung aus den Daten für andere Zwecke (deskriptive Analyse), das Treffen von Vorhersagen durch vergangene Daten (prädikative Analyse) sowie die Empfehlung von Maßnahmen anhand der gewonnen Daten (präskriptive Analyse) [10].

Der Datenaustausch der Objekte ermöglicht einen hohen Grad an **Selbstorganisation und Dezentralität**. Gerade bei der Herstellung von Kleinserien und kundenspezifischen Produkten kann von dieser Fähigkeit profitiert werden. Beispielsweise durchläuft jede Variante einen individuellen Weg durch die Produktion. Daher müssen die Produkte ihr Wissen über bereits durchlaufene und unvollständige Produktions- und Logistikschritte mit den Maschinen austauschen. Diese, zum Informationsaustausch fähigen Produkte, werden auch **Smart Products** genannt. Die untereinander kommunizierenden Objekte entscheiden selbstständig, welches Produkt welche Station als nächstes durchlaufen muss, um eine effiziente Produktion garantieren zu können. Die Produktionsplanung und -steuerung kann aufgrund dieses Austauschs ohne maßgebliches Eingreifen durch den Menschen ablaufen [11].

Durch Software und Informationstechnik können sich mechanische und physische Komponenten wie Maschinen und Produkte miteinander verbinden. Diese Vernetzung wird durch **Cyber Physical Systems (CPS)** ermöglicht. CPS sind Kleinstcomputer, die mit Sensoren und Aktoren ausgestattet sind und darüber befähigt werden, ihre Umwelt zu erfassen und aktiv darauf einzuwirken. In Form eingebetteter

Systeme (engl. Embedded Systems) können diese in Geräten, Maschinenteilen, Materialien aber auch in Gebäuden und Verkehrsmitteln integriert werden [8]. Da in der Smart Factory neben Menschen auch Produkte, Maschinen oder Materialien miteinander kommunizieren können, wird ein dynamisches Netzwerk benötigt, das alle physischen und virtuellen Objekte miteinander verbindet. Dieses Netzwerk wird als **Industrial Internet of Things (IIoT)** bezeichnet und bildet den zentralen Ausgangspunkt für eine smarte Fabrik [12].

Grundsätzlich kann die Smart Factory in verschiedene Bereiche eingeteilt werden. Ein Bereich ist hierbei die Smart Production, die mit ihren Wertschöpfungsprozessen das Herzstück der Smart Factory bildet. Ein weiterer, immer relevanter werdender Bereich, ist die Smart Maintenance. Diese sorgt für einen möglichst störungsfreien Ablauf der Produktion, um die höchstmögliche Produktivität zu gewährleisten. Auch Smart Logistics ist ein wichtiger Bereich der Smart Factory. Intelligente Lieferketten und Logistiksysteme ermöglichen eine Selbststeuerung des Logistiknetzwerkes. Im Folgenden wird jedoch insbesondere auf das Zusammenspiel zwischen Smart Production und Smart Maintenance Bezug genommen. Smart Logistics kann an dieser Stelle u.a. als integrierter Teil der Beiden verstanden werden. Abbildung 1 verdeutlicht die Zusammenhänge und den Aufbau der Smart Factory.

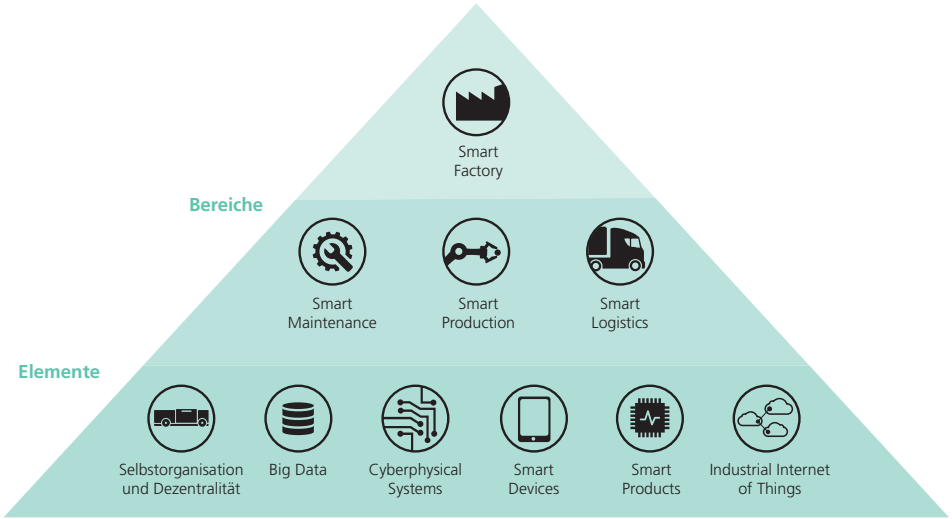


Abbildung 1
Bereiche und Elemente einer Smart Factory

SMART PRODUCTION

Damit eine Smart Production ein Unternehmen zum Erfolg führen kann, müssen zunächst einige Rahmenbedingungen erfüllt werden. Laut einer Studie der Staufen AG verfolgen chinesische sowie deutsche Unternehmen dafür das Leitbild »erst lean, dann smart« [13]. Teil einer schlanken Produktion ist die Implementierung

eines **ganzheitlichen Produktionssystems mit standardisierten Prozessen und Abläufen**. Eine **kontinuierliche Optimierung des Produktionsprozesses** führt dabei zur Erhöhung der Effizienz, der Qualität und der Termintreue sowie zu einer Kostensenkung [14]. Der Mensch behält die Schlüsselfunktion in der Produktion und soll mithilfe innovativer Technologien unterstützt werden. Er übernimmt dabei eine übergeordnete Rolle, das heißt er gibt die Produktionsstrategie vor und überwacht diese [15].

Im Produktionsprozess selbst werden **innovative Maschinen und Fertigungssysteme** eingesetzt, die sich durch die im folgenden erläuterten Eigenschaften auszeichnen. Die **Vernetzung** dieser Elemente ist von hoher Bedeutung, da nur so eine interaktive Teilnahme an den Produktionsprozessen möglich ist. Notwendig hierfür ist die Einführung eines **IIoT**, welches den Informationsfluss zwischen den Maschinen und dem Menschen sicherstellen kann [12]. Verwendet werden hierfür **Echtzeitdaten**, die von Sensoren an den Maschinen und Produkten gesammelt werden. Außerdem wird durch den rein digitalen Informationsfluss weitestgehend auf Papier verzichtet [16].

Eine Smart Production zeichnen sich durch einen hohen Grad an Selbststeuerung aus. Um neben der reinen **Kommunikation** untereinander auch diesen Aspekt zu ermöglichen, werden die Smart Products mit **Informationsträgern** ausgestattet, um eine exakte **Identifikation** jedes einzelnen Objektes sicherzustellen. Das Produkt »weiß« so zu jeder Zeit, welche Eigenschaften es bereits besitzt, welche es noch erhalten soll und an welcher Stelle es sich im Prozess befindet [12]. Neben den Produkten besitzen auch die Maschinen ein Wissen über ihren Zustand. Wenn an einer Maschine beispielsweise das Arbeitsmaterial ausgeht, kann diese selbstständig Nachschub anfordern ohne dass der Mensch eingreifen muss [16].

Aus diesem Grundwissen können einige Erfolgsfaktoren abgeleitet werden. In einer smarten Produktion herrscht eine vollständige **Transparenz** über alle Abläufe, Bestände und Zustände. Je mehr unternehmensinterne und -externe **Lieferanten und Kunden** in die Prozesse einbezogen werden, desto mehr Abläufe können ohne menschliches Eingreifen erfolgen [17]. Durch die Vernetzung aller Objekte fallen hohe Datenmengen **(Big Data)** an. Spezielle Analyseverfahren sind für die Auswertung erforderlich und können zur Generierung neuen Wissens genutzt werden [18]. Automatisierte Unternehmensprozesse, die sich durch eine starre Produktionsstruktur auszeichnen, werden durch **digitale, flexible** und **effiziente** Produktionsstrukturen ersetzt. Unnötige Wege und Arbeiten werden vermieden, um jegliche Art der Verschwendung zu eliminieren. Dazu trägt in großem Maße eine optimierte Infrastruktur bei [17]. Durch neue Technologien werden auch neue Datenschutz- und Sicherheitsrichtlinien benötigt [19].

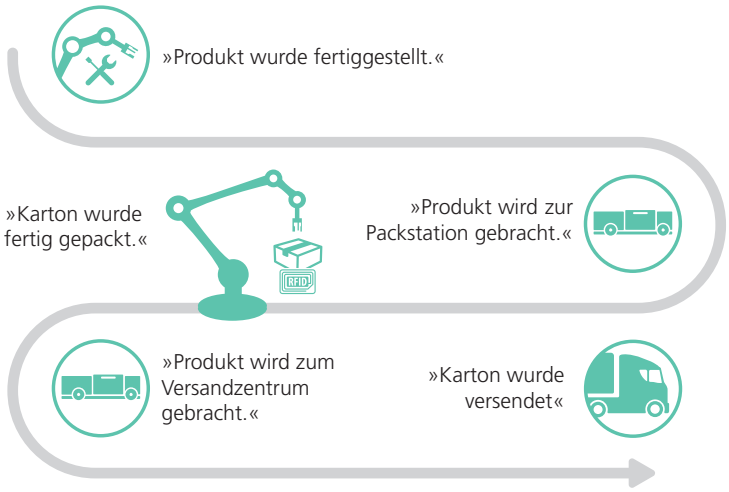


Abbildung 2
Austausch von Echtzeit-Informationen in einer Smart Production

Im Folgenden kann ein Beispiel aus der Industrie genannt werden, bei dem bereits eine smarte Produktion gelebt wird. Hierbei handelt es sich um die Fertigung bestimmter Audi Modelle wie des R8. Durch ein flexibles fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) werden die starren Strukturen in der Fördertechnik der Endmontage aufgegeben. Es ist möglich, schnell auf Veränderungen zu reagieren und sich optimal an die aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Eine flexible Gestaltung des Layouts lässt eine nachträgliche Veränderung der Produktionsstationen zu. Der Nachfrage entsprechend können Arbeitsschritte hinzugefügt oder entfernt werden, um den Produktionsprozess effizienter zu gestalten. Die Fahrzeuge sind in der Lage, auf diese Veränderungen zu reagieren, da sie sich selbst autonom durch die Produktion steuern. Da jedes Fahrzeug die Fähigkeit besitzt in alle Richtungen zu fahren, sind große Platzeinsparungen möglich. Ebenso verfügen sie über einen integrierten Hubtisch, womit die Arbeitshöhe individuell an die Mitarbeiter angepasst werden kann und eine Unterflurmontage möglich ist. Durch die Boostcap-Technologie[1] kann das FTF während des Betriebs geladen und durchgängig betrieben werden. Darüber hinaus sind die FTF mit Personenerkennungssystemen ausgestattet, die eine gemeinsame und sichere Nutzung der Fahrwege sicherstellen. [20]

SMART MAINTENANCE

Die Planung, Organisation, Durchführung und Überwachung der technischen und administrativen Abläufe zur Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung der Produktionsanlagen fallen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in den Zuständigkeitsbereich der Instandhaltung. Die deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) kam zu dem Schluss, dass »durch eine unvorbereitete

1 Die Boostcap-Technologie zeichnet sich durch einen zur Taktzeit parallelen Ladevorgang der FTF aus. Die FTF besitzen einen Doppelschichtkondensator, welcher die benötigte Spannung durch eine im Boden vorhandene Ladestation erhält. Die Vorteile sind eine hohe Lebensdauer, kurze Ladezeit, berührungslose Lademöglichkeit und ein geringes Gewicht [22].

Instandhaltung […] die Vision Industrie 4.0 langfristig zum Scheitern verurteilt [ist].« [21] Das bedeutet, die Zukunftsvision Smart Factory kann nur realisiert werden, wenn auch die Instandhaltung dieser Vision gerecht wird und sich zur intelligenten, zukunftsfähigen Smart Maintenance weiterentwickelt. Durch Überwachung und Datenauswertung der Produktionsanlagen wird es zukünftig Aufgabe der **Smart Maintenance** sein, Störfaktoren und Ausfälle vorherzusagen, vorausschauend Wartungen zur Vermeidung von Maschinenausfällen festzulegen und so die Funktions- und Leistungsfähigkeit der Anlagen zu schützen.

In Zukunft müssen zur Anlagenunterhaltung mehr als die bestehenden Maßnahmen ergriffen werden, denn durch die Vernetzung erhöht sich die Störanfälligkeit der Systeme und auch vernetzte, intelligente Anlagen stehen still, wenn eine Instandhaltungsmaßnahme nicht rechtzeitig erkannt und durchgeführt wird. Die Einführung von CPS wird auch die Anzahl instand zuhaltender Elemente erhöhen und durch vernetzte Komponenten neue Anforderungen an das Personal stellen. Durch die Automatisierung und Vernetzung von Produktionskomponenten mit CPS ergibt sich ein Komplexitätsanstieg, der innerhalb der Smart Factory beherrscht werden muss. Das setzt Verständnis, Kontrolle und Pflege des Systems und der zugehörigen Technologien voraus und liegt damit auch im Verantwortungsbereich der Smart Maintenance und ihrer Mitarbeiter [23].

Da sich neben den technischen Anforderungen an die Mitarbeiter auch die strategische Ausrichtung der Produktion hinzu einer Smart Production ändert, muss sich diese Ausrichtung auch in der Smart Maintenance widerspiegeln. Wie in der Smart Production werden darum die erhobenen Echtzeitdaten, welche durch die ganzheitliche Vernetzung verfügbar sind, als Grundlage der Planung genutzt. Ziel ist es, mittels **Risikoanalysen** und/oder Programmen auf Basis von **künstlicher Intelligenz / maschinellem Lernen** im Vorhinein Ausfälle und Veränderungen an den Anlagen vorherzusagen und dementsprechend vorausschauend Wartungen und Instandsetzungen zu planen [24]. Diese Strategie der vorausschauenden Instandhaltung nennt sich **Predictive Maintenance** und ist ein elementarer Bestandteil der Smart Maintenance.

Einzig eine vorausschauende Ausrichtung der Instandhaltung ist jedoch nicht das grundlegende Ziel. Vielmehr sollen reaktive, präventive und prädiktive Maßnahmen kombiniert werden, um eine verfügbarkeitsorientierte Instandhaltungsplanung zu erreichen. **Verfügbarkeitsorientierung** bedeutet dabei, die Verfügbarkeit der Anlagen auf die Bedürfnisse der Produktion im Hinblick auf deren Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Vorhersagen der Zustände von Maschinen und Anlagenteilen sowie möglicher Produktionsszenarien ermöglichen Entscheidungen für oder auch gegen Instandhaltungsmaßnahmen, die ein hohes Maß an Flexibilität und nötiger Verfügbarkeit der Anlagen sicherstellen ohne ungerechtfertigte Kosten zu

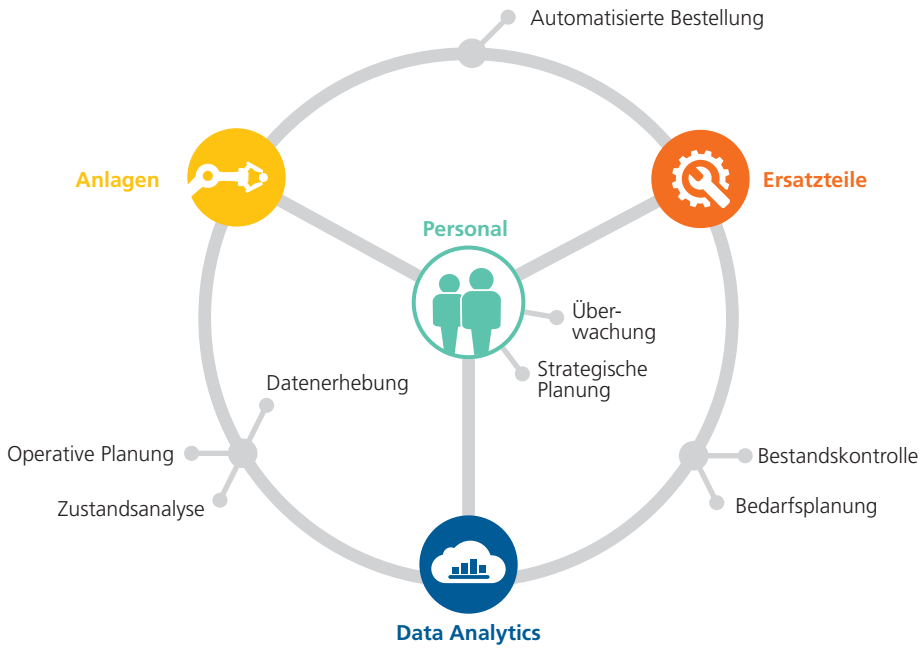


Abbildung 3
Das Netzwerk einer smarten Instandhaltung

verursachen. Diese strategische Ausrichtung wird auch wertorientierte Instandhaltung genannt [25]. Diese Wertorientierung ergibt sich bereits aus den Anforderungen der Smart Production.

Solche strategischen Ausrichtungen bringen noch eine weitere Veränderung mit sich. Bereits 2003 von der Hans-Böckler-Stiftung gefordert, wird es in Zukunft ein Umdenken bei der Priorisierung der Produktion gegenüber der Instandhaltung geben [26]. Insbesondere die Einführung von CPS und die geänderten Anforderungen an die Produktion wie beispielsweise höhere Variantenvielfalt und abnehmende Produktlebenszyklen erfordern eine **Integration von Produktion und Instandhaltung** [27]. Damit ist ein bereichsübergreifendes Planen und Handeln gemeint, welches zukünftig sämtliche Unternehmensbereiche und weitere Beteiligte an der Supply Chain umfasst. So kann das nötige Maß an Flexibilität in allen Bereichen erreicht werden, um die Dynamik im Produktionssektor zu beherrschen und gleichzeitig Maßnahmen nach den gleichen strategischen Zielen zu bewerten, sodass Produktion und Instandhaltung nicht mehr in Konkurrenz zueinanderstehen. Ein weiterer positiver Effekt sind die dadurch entstehenden »vereinheitlichte [n] IT-Lösungen, standardisierte [n] Workflows oder durchgängige Dateiformate« [28]. Neben dem Erhalt der Produktionsfähigkeit bietet die Smart Maintenance auch Chancen zur industriellen Weiterentwicklung: »Hinter dem Attribut **»Provided / Maintained in Germany«** entsteht ein Servicemarkt, auf dem sich die deutsche Industrie einen internationalen Wettbewerbsvorteil verschaffen kann.« [21] Aufgrund der aktuell hohen Quote der Instandhaltung in Eigenleistung besteht in der deutschen Wirtschaft ein Wettbewerbsvorteil im Dienstleistungssektor der Instandhaltung.

Fünf Schritte zur Smart Factory

Die Ausgangslage in vielen Unternehmen zeichnet sich häufig durch eine getrennte Planung von Produktion und Instandhaltung, ein unstrukturiertes Daten- und Ersatzteilmanagement sowie ein geringes Digitalisierungslevel aus. Das Ziel der Smart Factory ist hingegen geprägt durch Vernetzung, Intelligenz und Selbstorganisation. Dabei ist die Smart Factory kein Selbstzweck. Vielmehr geht es darum, sich im Zuge der Planung Ihrer Umsetzung an gängigen Standards in der Praxis und an erfolgreichen Best-Practices in der Industrie zu orientieren. Sie bieten Orientierung und bringen Ideen für die Umsetzung des Wandels zur Smart Factory. Ein Beispiel für die Nutzung von Standards ist die Verwendung gängiger und erprobter Software zum Management der Instandhaltung und Produktion. Aktuell wird immer noch viel zu häufig mit Insellösungen und Datensilos gearbeitet, die eine effiziente Verknüpfung der einzelnen Daten und Informationsquellen nicht zulassen. Moderne Instandhaltungs- & Produktionssoftware ermöglicht es zudem, die Arbeitsabläufe mobil und papierlos zu erfassen und optimiert somit den Gesamtprozess. Der Markt bietet eine Vielzahl unterschiedlichster Software für die Instandhaltung und die Produktion. Ein häufiger Stolperstein besteht jedoch oftmals darin, dass in eine Software investiert wurde, ohne vorher sicherzustellen, dass die eigene Datenlage dafür vorbereitet wurde.

Für die Anwendung derartiger Software ist es jedoch erforderlich, die eigene Datenlage aufzuarbeiten und bereitzustellen. Ein Beispiel hierfür ist im Bereich Instandhaltung das Ersatzteilmanagement. In vielen Unternehmen fehlt es an den erforderlichen Daten zu Bestandshöhen oder technischen Spezifikationen. Zudem werden Materialien häufig uneinheitlich beschrieben, so dass ein Material unter mehreren Bezeichnungen geführt wird. Dies ist unwirtschaftlich, führt zu Mehrbeständen und erschwert im Bedarfsfall das Auffinden der Materialien. Auch hier bietet sich die Orientierung an bestehenden Standards an. Für die Stammdaten von Ersatzteilen ist als Beispiel der Klassifizierungsstandard e-cl@ss[2] zu nennen. Dabei handelt es sich um einen anerkannten Industriestandard, der eine Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen ermöglicht. Dies unterstützt gleichzeitig auch eine optimierte Produktionsplanung, da auch dort Herstellungsprozesse besser geplant werden können je valider die Daten zur Materialverfügbarkeit sind. Die Nutzung eines solchen Standards ermöglicht die Schaffung einer bereinigten Datenlage, die dann von einer Instandhaltungssoftware genutzt werden kann, was durchaus Einfluss auf die Produktivität in der Produktion haben kann.

2 www.eclass.eu

Bei der Suche nach passenden Best-Practices kann auch die acatech-Studie »Smart-Maintenance – Vom Status quo zur Zielvision« verwiesen werden. Dort findet sich unter anderem ein Anwendungsfall zu digitalen Typenschildern für Produktionsanlagen der Evonik AG, ein Tool zur Digitalisierung analoger Anlageninformationen der Bilfinger Digital Next GmbH und ein Beispiel zur Datenanalyse mit Hilfe digitalisierter Prozess der Trumpf GmbH & Co. KG.

Wie schafft es nun ein Unternehmen diesen Wandel erfolgreich und effektiv durchzuführen? Voraussetzung ist die Digitalisierung der Unternehmensprozesse. Für einen effektiven Digitalisierungsprozess muss definiert werden, welche Prozessschritte in welcher Abfolge den Wandlungsprozess durchlaufen. Zur Identifikation dieser Schritte ist es notwendig, die Startsituation, das Ziel sowie den Weg dahin klar zu formulieren. Wichtig ist, dass die gegebenen Prozesse für die Strategie genau analysiert werden damit ein realistischer Handlungsansatz festgelegt werden kann. Außerdem soll eine schrittweise Umsetzung einzelner Teilprojekte erfolgen, aus deren Fehlern gelernt werden kann. Der Einbezug von Mitarbeitern und die Kommunikation untereinander ist notwendig, um die Unterstützung und das Wohlbefinden aller zu gewährleisten.

Diese Arbeitsweisen bestreben typische Hürden bei der Einführung zu umgehen. Unternehmen, die ohne ein klares Vorgehen einen digitalen Wandel anstreben, unterliegen einem hohen Risiko. Die planlose Investition in Innovationen kann zu Überinvestitionen führen, die das Unternehmen nachhaltig schwächen. Vorbereitung einer digitalen Transformation ist daher das wichtigste Detail im gesamten Prozess. Besonders für eine realistische Budgeteinschätzung ist das konkrete Vorgehen eine notwendige Voraussetzung. Ein weiteres Hindernis bei der Einführung einer Smart Factory ist der Ansatz, dies allein mit einem Großprojekt bewältigen zu wollen. Auswirkungen der Transformation und deren Ursachen können schlecht verbunden werden und führen zu einem riskanten Vorgehen. Auch die Festlegung auf einen einzigen Standard kann negative Folgen haben. Bei der Einführung einer Smart Factory spielt Flexibilität eine sehr große Rolle.

Das in Abbildung 4 dargestellte Modell zur Einführung einer Smart Factory besteht aus fünf Schritten, die bei einer erfolgreichen Strategiefindung und -implementierung helfen. Diese Schritte werden im Folgenden näher vorgestellt und erläutert.

Abbildung 4
Modell zur Einführung einer Smart Factory

SCHRITT 1: AUFNAHME DES STATUS QUO

Im ersten Schritt erfolgt die **Aufnahme des Status** Quo im Unternehmen. Dazu gehören die vorhandene Ablauf- und Aufbauorganisation sowie die eingesetzten Technologien und Mitarbeiter. Um valide Ergebnisse zu erhalten, müssen im Vorfeld individuelle Kriterien festgelegt werden. Anhand dieser wird dann die eigene Situation möglichst objektiv bewertet. Als Kriterien hierfür bieten sich die sechs Handlungsfelder an, die im Rahmen der acatech-Studie »Smart Maintenance – Vom Status quo zur Zielvision« definiert und hier weiterentwickelt wurden [29]. Anhand dieser Handlungsfelder kann eine erste Bestandsaufnahme erfolgen. Selbstverständlich ist es auch möglich diese Handlungsfelder anzupassen und/oder zu erweitern, falls betriebsspezifische Besonderheiten dieses erfordern.

Für die Durchführung eignet sich besonders das Format eines Workshops. Dazu werden Mitarbeiter unterschiedlicher für das Thema relevanter Abteilungen eingeladen. Dazu gehören typischerweise Vertreter aus Produktion, Instandhaltung und Logistik. Aber auch die Teilnahme von Mitarbeitern der IT, des Controllings, des Einkaufs oder des Vertriebs ist hier denkbar. Diese Entscheidung ist unternehmensindividuell zu treffen.

Nach einer Präsentation der sechs Handlungsfelder (Abbildung 5) können Arbeitsgruppen den jeweiligen Status quo skizzieren, um ihn anschließend den übrigen Workshop-Teilnehmern zu präsentieren.

Abbildung 5:
Aufnahme der aktuellen Situation im ersten Schritt

Eine Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse schließen den Workshop ab. Alternativ ist es auch möglich, die Handlungsfelder in Form einer Umfrage oder Befragung zu erfassen. Aufgrund der Möglichkeiten zu Diskussion und Austausch ist das Format eines Workshops jedoch deutlich vorteilhafter.

Ein wichtiges Handlungsfeld ist zum Beispiel das »Digitalisierungslevel von Prozessen und Maschinen« (siehe Abbildung 4). Bestandteil hiervon ist zum einen die Fähigkeit von Objekten, geortet zu werden und zum anderen die dezentrale Steuerung der Produktion. Das Digitalisierungslevel der einzelnen Kriterien kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Möglich ist, dass Maschinen und Prozesse miteinander vernetzt sind, jedoch zum aktuellen Zeitpunkt keine Kommunikation und Interaktion untereinander stattfindet. Je höher das Digitalisierungslevel des Unternehmens ist, desto höher sind auch die positiven Folgeeffekte. Dazu gehört die Steigerung der Transparenz sowie eine bessere Reaktionsfähigkeit. Auch können mit einer höheren Datenverfügbarkeit und einer besseren Datenübermittlung mehr Analysen zur Optimierung der Produktion durchgeführt und die Prozesssicherheit gesteigert werden. Dies eröffnet auch die Möglichkeit sich von einer kontrollgesteuerten hin zu einer lernfähigen Umgebung zu entwickeln.

Ziel des ersten Schrittes ist die Ermittlung der Ausgangslage des eigenen Unternehmens. Neben dem Erkenntnisgewinn über die eigene Ausgangslage, ermöglicht dieser Schritt auch eine Integration aller relevanten Mitarbeiter. Werden diese bei der Erhebung des Status quo beteiligt, schafft dies ein Verständnis für weitere Schritte und hilft dabei, Widerstände zu überwinden.

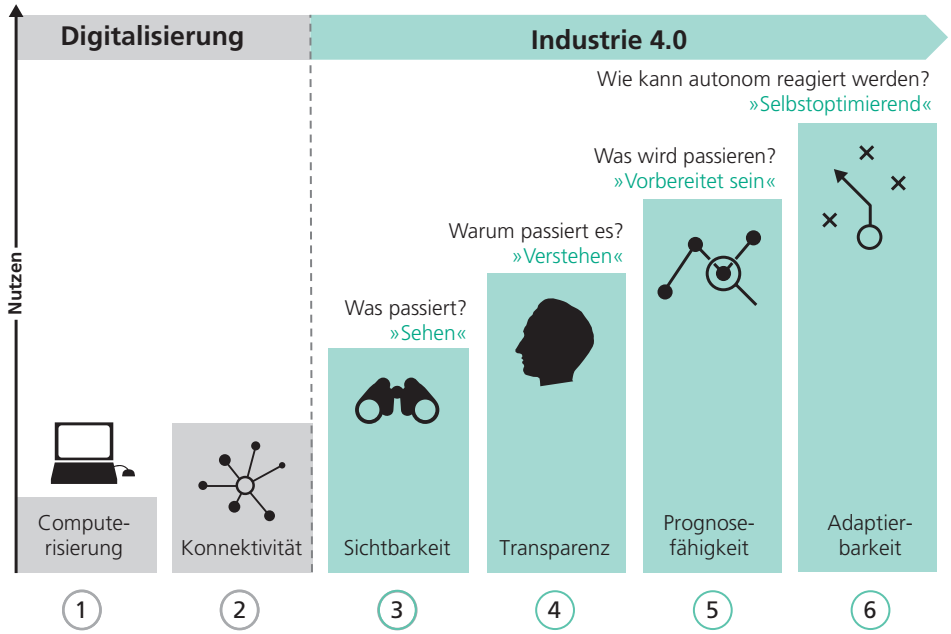
SCHRITT 2: ABLEITUNG DES DIGITALISIERUNGSLEVELS

Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen aus dem ersten Schritt wird im nächsten das **Digitalisierungslevel abgeleitet**. Zusätzlich ist der Reifegrad der Kunden und Lieferanten ein großer Einflussfaktor für die zukünftige Digitalisierungsstrategie, da in einer Smart Factory nicht nur die Elemente des eigenen Unternehmens miteinander kommunizieren, sondern auch mit Lieferanten, Kunden und Partnerunternehmen interagieren. Besonderer Fokus wird bei der Ableitung auf die aktuelle Strategie, Produktion oder Dienstleistungen, Mitarbeiter, Technologien sowie die Organisation gelegt.

Als Methode bietet sich eine Anwendung des Industrie-4.0-Maturity-Index an (siehe Abbildung 6). Dieser wurde von der acatech in Auftrag gegeben und von zahlreichen Forschungseinrichtungen entwickelt. Die dort dargestellte Beurteilungsmethodik ermöglicht es, die in Schritt 1 ermittelten Erkenntnisse objektiv abzubilden und somit Schritt 2 durchzuführen [30].

Durch die Ermittlung des Digitalisierungslevels können eigene Schlüsselfähigkeiten und Handlungsfelder herausgestellt werden. Außerdem ist durch Betrachtung des Reifegrades von Wettbewerbern sowie durch Erstellung eines Benchmarks die Entdeckung eigener Innovationsleistungen oder die Nutzung von Best Practices der Wettbewerber möglich. Um die Digitalisierungsstrategie möglichst effizient zu gestalten, ist die Priorisierung aller erfassten Handlungsbedarfe notwendig. Daher werden zusätzlich Nachteile ermittelt, die sich schon heute durch die fehlende Digitalisierung im Unternehmen ergeben. Eine Priorisierung hilft im folgenden Schritt den geeigneten Startpunkt zu finden.

Abbildung 6
Phasen des Industrie-4.0-Maturity-Index i.A.a Schuh et al. 2017 [30]



SCHRITT 3: DURCHFÜHRUNG DES LEUCHTTUMPROJEKTES

Die ersten beiden Schritte stellen die Grundlage für Schritt drei dar. Durch die Priorisierung und Bündelung aller Informationen und die darauffolgende erste pilothafte Durchführung eines Digitalisierungsprojektes (Leuchtturmprojekt) kann **der Grundstein zur Strategieentwicklung** gelegt werden. Als Ausgangslage und damit als Leuchtturmprojekt des digitalen Wandels wird das Handlungsfeld mit der größten Priorität ausgewählt.

Die Auswahl sollte gemeinsam durch alle beteiligten Mitarbeiter erfolgen. In Form eines Workshops können unterschiedliche Projektideen erarbeitet, durch die Mitarbeiter präsentiert und gemeinsam bewertet werden.

Dieses Leuchtturmprojekt zeichnet sich idealerweise durch kleine Anpassungen und eine gute Darstellungsmöglichkeit aus. Im Idealfall wird es abseits vom Tagesgeschäft geleitet, sodass eine Störung des normalen Betriebsablaufes ausgeschlossen werden kann. Mit der Nutzung neuer Technologien wird die Richtung des Wandels vorgegeben. Außerdem soll das Leuchtturmprojekt als Vorbild für folgende Projekte, als Basis für kommende Entscheidungen und als Grundlage für die Digitalisierungsstrategie dienen. Fehler die in dieser Umgebung gemacht werden, können überdacht werden und somit in der Strategiefindung vermieden werden. Besonders durch einen hohen Bekanntheitsgrad und die große Strahlkraft des Projektes werden dem Unternehmen die Vorteile der Digitalisierung in Rahmen einer Smart Factory verdeutlicht, weshalb es auch als Leuchtturmprojekt bezeichnet werden kann. Auf diese Weise können auch andere Mitarbeiter inspiriert und motiviert werden, gemeinsam an der Smart Factory der Zukunft zu arbeiten.

SCHRITT 4: ENTWICKLUNG DER DIGITALISIERUNGSSTRATEGIE

Für eine strukturierte und sichere Transformation wird im nächsten Schritt die **Digitalisierungsstrategie** des Unternehmens entwickelt. Die Entwicklung dieser Strategie sollte auf Basis einer strukturierten und der jeweiligen gesamten Unternehmensstrategie angepassten Vorgehensweise erfolgen. Eine Grundlage für die Vorgehensweise hierfür bilden die definierten Handlungsfelder mit dem jeweiligen Digitalisierungslevel und dem definierten Leuchtturmprojekt. Dem definierten Leuchtturmprojekt wird dabei besondere Beachtung geschenkt, da es bei erfolgreicher Durchführung ausgeweitet werden kann. Außerdem werden die ermittelten Handlungsfelder und das Digitalisierungslevel betrachtet und als Grundlage für die Zielvision genutzt. Entscheidend ist, dass ein fließender Übergang zwischen der gewünschten und der aktuellen Situation entsteht, wozu sich besonders ein stufenweises Vorgehen empfiehlt. Dabei werden vorübergehend der digitale sowie der manuelle Prozess parallel betrieben. Erst wenn der digitale Prozess ausgereift

ist, löst er endgültig den manuellen Prozess ab, wodurch das Risiko eines Stillstandes minimiert wird. Bei der Strategieentwicklung werden Arbeitspakete definiert, die u. a. auch die Implementierung von konkreten Digitalisierungsmaßnahmen und den Einsatz von innovativen Technologien berücksichtigen. Neben der zeitlichen Planung und der Festlegung der Reihenfolge sollten auch alle angedachten Innovationen auf ihren tatsächlichen Kosten-/Nutzenwerte überprüft werden. Dies ist wichtig um das Risiko einer Fehlinvestition zu verringern. Die Strategie sollte auf der oberen Managementebene entwickelt werden in enger Absprache mit allen an den Veränderungen beteiligten Personen.

Um funktionsfähige Modelle zu entwickeln, ist der Einbezug von Mitarbeitern, Lieferanten und Kunden notwendig, da diese ein umfassendes Know-how der Prozesse besitzen. Außerdem darf der Faktor »Mitarbeiterakzeptanz« nicht unterschätzt werden. Durch die Kooperation der Mitarbeiter wird die Unterstützung und Akzeptanz der Transformation erhöht. Denn mit der Digitalisierung sind zunehmend Veränderungen in Organisationsstrukturen verbunden, sodass geeignete zusätzliche Change-Management-Verfahren berücksichtigt werden müssen. Ziel ist es, eine vollständige Verankerung der Strategie im Unternehmen zu erreichen. Dabei dürfen jedoch keine Konflikte mit vorhandenen Strategien im Unternehmen entstehen.

SCHRITT 5: ENTWICKLUNG DES MASTERPLANS ZUR IMPLEMENTIERUNG

Im fünften und letzten Schritt wird der **Masterplan zur Implementierung** der Strategie entworfen. Der Masterplan beinhaltet unter anderem die Definition der einzelnen Verantwortlichkeiten sowie die Bestimmung der Know-how-Träger. Möglich ist die Schaffung eines separaten Lenkungsausschusses, der sich allein auf Digitalisierungsprojekte konzentriert. Außerdem werden Mitarbeiter ausgewählt, die in ihren Bereichen eine wertvolle Unterstützung bei der Planung und Umsetzung der Teilprojekte bieten. Dabei können die gleichen Mitarbeiter wie im vierten Schritt oder Mitarbeiter mit anderen Fähigkeiten einbezogen werden. Zu der Erstellung eines Masterplans gehört ebenfalls die Schaffung eines Rahmenkonstrukts zur Umsetzung der Digitalisierungsstrategie, die u.a. die Einplanung der Ressourcen sowie die Budgetierung des Vorhabens und die Festlegung von Meilensteinen beinhaltet. Dazu werden die vorhandenen und benötigten Bedarfe ermittelt und gegebenenfalls die Einstellung neuer Mitarbeiter oder die Beauftragung einer Fremdfirma vorgenommen. Vor der Realisierung des Masterplans müssen alle beteiligten Bereiche im Unternehmen über die anstehenden Veränderungen informiert und Mitarbeiter sowie Führungskräfte durch Schulungen oder Workshops vorbereitet werden.

Schlussbetrachtung

ZUSAMMENFASSUNG

Das Prozessmodell gibt einen Überblick über die einzelnen Handlungsschritte, die bei einem digitalen Wandel beachtet werden müssen. Den Anfang stellt die **Aufnahme des Status Quo** im Unternehmen dar. Die Situation sowie das daraus abzuleitende **Digitalisierungslevel** sind individuell. Kriterien zur Aufnahme und Bewertung müssen daher für jedes Unternehmen spezifisch festgelegt werden. Unter Einbezug der Lieferanten und Kunden können der Handlungsrahmen für die Digitalisierungsstrategie ebenso wie dringliche Handlungsfelder erfasst werden. Außerdem werden Schlüsselfähigkeiten des Unternehmens herausgestellt und durch eine zusätzliche Betrachtung von Wettbewerbern können eigene Innovationsleistungen und Best Practices der Wettbewerber erkannt und genutzt werden. Durch die Priorisierung und Bündelung aller Informationen kann im dritten Schritt der **Startpunkt der Strategie** festgelegt werden. Das Handlungsfeld mit der höchsten Priorität dient im Unternehmen als Leuchtturmprojekt. Darauf aufbauend wird im nächsten Schritt die **Digitalisierungsstrategie** entwickelt. Sie dient der geplanten und sicheren Transformation der im zweiten Schritt ermittelten Handlungsfelder zur Zielvision. Der letzte Schritt ist der Entwurf des **Masterplans zur Implementierung**. Darunter fallen Definition der Verantwortlichkeiten, Beschreibung der Teilschritte zur Erreichung von Meilensteinen sowie deren zeitliche und monetäre Budgetierung.

SMART FACTORY – AUSBLICK UND VISION

Die Beschreibungen der Handlungsschritte beinhalten einen Auszug möglicher Vorgehensweisen und Handlungsoptionen. Jedes Unternehmen muss diese differenziert betrachten und auf seine jeweilige Situation anpassen. Um konkurrenz- und zukunftsfähig zu bleiben, ist es wichtig, eine feste Struktur bei der Einführung einer Smart Factory zu verfolgen und keine überstürzten Entscheidungen zu treffen. Werden diese Aspekte beachtet, bilden sie ein stabiles Fundament für die Errichtung einer Smart Factory.

Literaturverzeichnis

[01] ifo Institut (2019): Deutschlands Überschuss in der Leistungsbilanz ist abermals gefallen. https://www.ifo.de/node/42547, abgerufen am 12.11.2019.

[02] Statistisches Bundesamt (2018): Umsatz der Unternehmen* in Deutschland nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2017 (in Milliarden Euro) [Graph]. In Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/242084/umfrage/umsatz-der-unternehmen-in-deutschland-nach-wirtschaftszweigen/, abgerufen am 26.11.2019

[03] Adams N, Lefort L, King P, Prentice L, Taylor K and Kambouris P (2014): Equipping Australian Manufacturing for the Information Age iManufacturing – Is Australia Ready? CSIRO, Australia.

[04] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (2019): Zu wenig Investments und fehlende Experten bremsen Deutschland in KI aus. https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/deutschland-bei-ki-ausgebremst, abgerufen am 12.11.2019.

[05] Andelfinger, V. P. (2017): Einführung. In: Andelfinger, V. P.; Hänisch, T. (Hrsg.): Industrie 4.: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern (S. 1-8). Wiesbaden: Springer Vieweg.

[06] Bendel, O. (2017): Die Industrie 4.0 aus Sicht der Ethik. In: Reinheimer, S. (Hrsg.): Industrie 4.0. Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele; S. 161-172; 1. Auflage; Wiesbaden.

[07] Rojas, R.; Rauch, E.; Matt, D. (2018): Vernetzung in Cyber-Physischen Produktionssystemen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113, Heft 3, S. 165-169.

[08] Bauernhansl, H. (2014): Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (Hrsg): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien und Migration (S. 5-36). Wiesbaden: Springer Vieweg.

[09] Schöning, H.; Dorchain M. (2014): Data Mining und Analyse. In: Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (Hrsg): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien und Migration (pp. 543-554). Wiesbaden: Springer Vieweg.

[10] Cao, L. (2018): Data Science Thinking – The Next Scientific, Technological and Economic Revolution. Cham (Schweiz): Springer International Publishing AG.

[11] Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industry 4.0: an outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks, 12(1), 3159805.

[12] Pollmann, M. (2017): Sichere Produktion im IIoT. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 112, Heft 4, S. 257-260.

[13] Staufen AG (2015): China – Industrie 4.0 Index 2015. 1. Auflage, Köngen, 2015.

[14] Dahm, M. H.; Brückner, A. D. (2017): Lean Management im Unternehmensalltag. 1. Auflage, Wiesbaden, Springer Gabler.

[15] Gorecky, D, Schmitt, M; Loskyll, M (2014): Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (Hrsg): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien und Migration (S. 525-542). Wiesbaden: Springer Vieweg.

[16] Feifer, V. (2017): Industrie 4.0: Digitalisierung der Produktion. https://www.audimax.de/ingenieur/digitalisierung-industrie-40/industrie-40-digitalisierung-der-produktion/, abgerufen am 18.03.2019.

[17] Künzel, H. (2016): Vorwort. In Künzel H. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Lean Management 2.0 (S. V-VIII). 1. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Gabler.

[18] Kagermann, H. (2017): Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T., Ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4 (S. 235-246). 2. Auflage, Springer Vieweg.

[19] Heinemann, S. (2019): Stolperfalle Digitalisierung: IT-Sicherheit und Datenschutz. https://www.haufe-akademie.de/blog/themen/stolperfalle-digitalisierung-it-sicherheit-und-datenschutz/, abgerufen am 18.03.2019.

[20] Väth, V. (2015): Fahrerlose Transporttechnik ersetzt Fließband. https://blog.audi.de/fahrerlose-transporttechnik-ersetzt-fliessband/, abgerufen am 18.03.2019.

[21] acatech (2015): Smart Maintenance für Smart Factories – Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben (acatech POSITION), München.

[22] Ulrich, G. (2014): Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel – mit Praxisanwendungen – zur Technik – für die Planung. 2. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden.

[23] Hermann, T., Hirachle, S., Kowol, D., Rapp, J., Resch, U. und Rothmann, J. (2017): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Anforderungsprofil der Arbeitnehmer und die Folgen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In: Andelfinger V., Hänisch T. (Hsrg.) Industrie 4.0, Springer Gabler, Wiesbaden.

[24] Franzen, J., Kuhlenkötter, B.: Präskriptive Analyse im Kontext der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen, In: Fahrzeuge & Komponenten –+ Instandhaltung: Präskriptive Analyse, https://www.researchgate.net/publication/330292932_Praskriptive_Analyse_im_Kontext_der_Instandhaltung_von_Schienenfahrzeugen, abgerufen am 13.06.2019.

[25] Leidinger B. (2017): Strategie. In: Wertorientierte Instandhaltung. Springer Gabler, Wiesbaden.

[26] Hans-Böckler-Stiftung Mitbestimmungs-, Forschungs- und Studienförderungswerk des DGB (2003): Integration von Produktion und Instandhaltung, Düsseldorf.

[27] Hänel T., Felden C. (2016) Operational Business Intelligence im Zukunftsszenario der Industrie 4.0. In: Gluchowski P., Chamoni P. (eds) Analytische Informationssysteme. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.

[28] VDMA Forum Industrie 4.0 (2015): Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand, VDMA Verlag GmbH.

[29] Henke, M., Heller, T., Stich, V. (2019): Smart Maintenance – Der Weg vom Status quo zur Zielvision. (acatech STUDIE), München.

[30] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., Wahlster, W. (2017): Industrie 4.0 Maturity Index – Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE), München.

WHITEPAPER
DER WEG ZUR SMART FACTORY

DIGITAL.HUB LOGISTICS

LEISTUNGSZENTRUM LOGISTIK UND IT

GEFÖRDERT VOM
Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

INNOVATIONSLABOR
Hybride Dienstleistungen in der Logistik

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung