



Smart Operations

Whitepaper

Smart Operations

Whitepaper



Impressum

Autoren:

Dr.-Ing. Niklas Hering, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Wirt.-Ing. Ulrich Brandenburg, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dominik Frey, M.Sc. M.Sc., FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Ing. (BA) Manfred Ihne, M.Sc., FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Meißner, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Reschke, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Schenk, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Whitepaper: Smart Operations

© 2015, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Bereich Produktionsmanagement
Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen
Tel.: +49 241 47705-0
Fax: +49 241 47705-199
E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de
Internet: www.fir.rwth-aachen.de

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Korrektorat:

Simone Suchan M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dipl.-Gyml. Taissia Fernández de la Peña, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Satz und Layout:

Julia Quack van Wersch M. A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Bildnachweis:

Titelbild, S. 13, S. 22: © FIR e. V. an der RWTH Aachen
Bild: S. 6: © Mimi Potter - Fotolia
Grafiken: © FIR e. V. an der RWTH Aachen

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Produktionsumfeld 2030 | 7 |
| 1.1 | Vorwort | 7 |
| 1.2 | Das FIR | 7 |
| 1.3 | Umfeldveränderungen 2030 | 8 |
| 1.4 | Enterprise-Integration als Ordnungsrahmen für das Produktionsmanagement 2030 | 10 |
| 1.5 | Industrie 4.0 im Kontext des Produktionsmanagements | 11 |
| 2 | Produktionsmanagement 2030 | 15 |
| 2.1 | Supply-Chain-Management..... | 15 |
| 2.2 | Produktionsplanung | 16 |
| 2.3 | Produktionsregelung | 17 |
| 2.4 | Umsetzung von Industrie 4.0 in der Aachener Demonstrationsfabrik | 19 |
| | Literaturverzeichnis | 23 |



1 Produktionsumfeld 2030

1.1 Vorwort

Die zunehmende digitale Durchdringung der Geschäftsmodelle, -prozesse und -aktivitäten produzierender Unternehmen führt zu einer Transformation bestehender Wertschöpfungsketten und einem radikalen Strukturwandel in den unterschiedlichen Branchen. Dabei sind es insbesondere drei zentrale Handlungsfelder, „Data-Analytics“, „Vernetzung“ und „Automatisierung“, die etablierte Konzepte und Methoden des Produktionsmanagements in Frage stellen und Unternehmen dazu zwingen, ihre derzeitigen Produkte, Fähigkeiten und Wertschöpfungslogiken zu hinterfragen, um neue Potenziale durch die Digitalisierung erschließen und umsetzen zu können.

Durch die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung digitalisierter Massendaten im Sinne der Data-Analytics lässt sich mithilfe moderner Analysetechniken ein vollständiges digitales Abbild der Realität herstellen und damit die Aussagefähigkeit um ein Vielfaches verbessern sowie valide Vorhersagen und Entscheidungen in einer noch nie dagewesenen Qualität treffen. So sind Logistiker zunehmend in der Lage, auf Basis von Verkehrs- und Bedarfsdaten in Echtzeit die Routen ihrer Transportfahrzeuge anzupassen; Maschinenbauer können mithilfe von Algorithmen mögliche Ausfälle von Maschinen voraussagen. Zahlreiche Produktionsabläufe lassen sich im Sinne der Produktionsprognostik durch eine Vielzahl von Datenpunkten analysieren und optimieren. Zentrale Relevanz im Rahmen des Handlungsfeldes Data-Analytics haben dabei der Zugang zu Daten und deren Analysefähigkeit.

Die mobile bzw. leitungsgebundene Vernetzung der Wertschöpfungskette über hochbreitbandige Telekommunikation (Digitalisierung der Supply-Chains) ermöglicht inner- und überbetrieblich die Synchronisierung von Wertschöpfungsketten und den reibungslosen Informationsaustausch in Echtzeit. In diesem Kontext spielen Datenstandards und die Integration von IT-Systemen eine entscheidende, befähigende Rolle. Heutzutage sind für viele Partner in der Supply-Chain große Teile der Wertschöpfungskette vollkommen intransparent – ihre Produktionsplanung beruht somit häufig auf unternehmensinternen Annahmen über die zukünftigen Marktentwicklungen und die unternehmensübergreifende Bedarfskoordination kann nur zeitversetzt vorgenommen werden. Durch die zunehmende Vernetzung zuvor eigenständiger Produktions- und Logistiksysteme über entsprechende IT-Schnittstellen wird diese Intransparenz aufgebrochen, was zu umfangreichen Effizienzsteigerungen in den Prozessabläufen der Wertschöpfungsketten führt. Ebenso basiert die Smart Factory zu großen Teilen auf der Vernetzung von Produktionssystemen durch Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Voraussetzung hierfür ist in allen Fällen die Verwendung von interoperablen, universellen Kommunikationsstandards, deren Entwicklung und Durchsetzung sich bis dato oftmals aufgrund von

Widerständen der verschiedenen Marktteilnehmer sowie Systemanbieter und dem Festhalten an proprietären Systemen nicht durchgesetzt hat.

Durch die Kombination klassischer Technologien mit künstlicher Intelligenz entstehen zunehmend autonom arbeitende, sich selbst organisierende Systeme in Produktion und Logistik, welche die Wertschöpfungsgeschwindigkeiten erhöhen, die Fehlerquoten senken und gleichzeitig die Betriebskosten reduzieren. Im Rahmen der Automatisierung verändert und erweitert die digitale Veredelung bestehende Funktionen von Maschinen und Anlagen und ermöglicht durch die kombinierte Datenanalyse begleitende „Smart Services“, wie beispielsweise proaktive Instandhaltungsstrategien.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung der Digitalisierung im Rahmen des Produktions- und Supply-Chain-Managements prägt das FIR an der RWTH Aachen mit seinen Forschungsschwerpunkten den Begriff „Smart Operations“. Mit „Smart Operations“ sind derzeitige Bestrebungen eines digital veredelten Produktionsmanagements in einem Wort zusammengefasst. Durch den Einzug der Digitalisierung und die damit verbundene Datenverfügbarkeit im Produktions- und Logistikumfeld sind teilweise völlig neue Formen und Ansätze der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) sowie des Supply-Chain-Managements (SCM) realisierbar, auf deren Basis eine nie dagewesene Transparenz und Prognosefähigkeit der Wertschöpfungs-systeme realisiert werden kann. Zu diesem Zwecke sind die integrative Betrachtung der gesamten Wertschöpfungsaktivitäten, die Vernetzung von IT-Systemen und Supply-Chain-Partnern im Sinne der Supply-Chain-Collaboration sowie neue Koordinationsmechanismen der PPS erforderlich, die zunehmend weniger Planungsumfänge benötigen und unter Nutzung von Regelungsprinzipien eine informationsgestützte, teilautonome Koordination der Wertschöpfungsaktivitäten zulassen.

Das Ziel des vorliegenden Whitepapers ist es, dem Leser einen Einblick in das Themengebiet „Smart Operations“ am FIR an der RWTH Aachen zu geben. Es beschreibt die derzeitigen Umfeldveränderungen im Kontext produzierender Unternehmen und zeigt auf dieser Basis die Handlungsfelder eines zukunftsorientierten Produktionsmanagements im Umfeld der Digitalisierung auf.

1.2 Das FIR

Der *FIR e. V. an der RWTH Aachen*, 1953 gegründet, ist heute das leitende Institut des Clusters Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus, eines von neun Startclustern an der RWTH Aachen. In dieser neuen Form der Zusammenarbeit wird das interdisziplinäre Wirken zwischen Forschern und Industrieunternehmen und damit der Transfer zwischen Forschung und Industrie weiter intensiviert und die Forschungsinhalte im Cluster Smart Logistik werden

verstärkt an aktuellen Themen wie der vierten industriellen Revolution („Industrie 4.0“) und „Enterprise-Integration“ (s. u.) ausgerichtet.

Seit Gründung des Instituts steht anwendungsorientierte Forschung im Mittelpunkt des Wirkens am FIR. Bereits in den 1960er Jahren sind der wirtschaftliche Einsatz von EDV-Anlagen in Fertigungsbetrieben sowie die Anwendung mathematisch-analytischer Methoden für die Rationalisierung Gegenstand der FIR-Forschung. Neben den Themenkomplexen Produktionsmanagement/Logistik gewinnt in den 1990er Jahren das Thema *Industrielle Dienstleistungswirtschaft*, das immer stärker in der produzierenden Industrie zum Wettbewerbsfaktor wird, auch am FIR zunehmend an Bedeutung. Mit der Gründung des Bereichs Dienstleistungsorganisation wird diesem Umstand Rechnung getragen. Aus diesem Bereich geht 2000 eine Forschungsgruppe hervor, die sich dem Thema IT widmet: Diese Gruppe „E-Business-Engineering“ ist mittlerweile zu einem der vier etablierten Forschungsabteilungen des FIR, dem Bereich „Informationsmanagement“, angewachsen.

Die 2010 durch die Bundesregierung formulierte High-tech-Strategie bestimmt mit den fünf genannten Bedarfsfeldern Klima und Energie, Gesundheit und Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation die derzeitigen Forschungsschwerpunkte des FIR. So wird beispielsweise im Bedarfsfeld „Kommunikation“ das Thema „Industrie 4.0“ bearbeitet. Ein weiterer zentraler und vom FIR begleiteter Trend ist der Weg der Unternehmen von der reinen Produktentwicklung, -herstellung und dem -vertrieb hin zu dazugehörigen Dienstleistungsangeboten und darüber hinaus zum Angebot ganzer Systemwelten. Diesen Wandel kann das FIR nicht nur fachlich mit den Bereichen Produktions-, Dienstleistungs- und Informationsmanagement begleiten, sondern mit dem Bereich Business-Transformation auch die Herausforderungen dieser Transformationsprozesse mit ihren wandlungsimmanenten Anforderungen adressieren und so die Unternehmen effektiv und effizient auf ihrem Weg zur Industrie 4.0 begleiten.

Dem „Product-Lifecycle“-Gedanken folgend, bearbeitet der Bereich Dienstleistungsmanagement die relevanten Gestaltungsfelder des Dienstleistungsmanagements. Dazu gehören die Entwicklung innovativer Dienstleistungen (Service-Engineering), die Industrialisierung von Dienstleistungen (Lean Services) und der Aufbau von Dienstleistungserbringungsstrukturen (Community-Management).

Einen wichtigen Kompetenzträger im Themenfeld Industrie 4.0 stellt der Bereich Informationsmanagement am FIR dar. IT darf nicht mehr als losgelöste Technologie verstanden werden, sondern muss vielmehr als Schlüssel für die Umsetzung innovativer Dienstleistungen und neuer Ansätze im Produktionsmanagement verstanden werden. Daher werden im FIR-Bereich Informationsmanagement Konzepte und Lösungen entwickelt, die eine bestmögliche Nutzung der Ressource Information in Unternehmen erlauben. Schwerpunkte der Arbeit liegen im Bereich Analyse, Umsetzung und Optimierung von Informationsstruk-

turen, -flüssen und -qualität sowie in der effizienten Gestaltung der Unternehmens-IT und deren Strategie.

Da das Produktionsmanagement sämtliche Aktivitäten zur Organisation, Planung, Durchführung und Kontrolle der industriellen Wertschöpfungs- und Leistungserstellungsprozesse beinhaltet, liegt die Kernherausforderung in dieser Disziplin heute verstärkt im Umgang mit der systemimmanenten Komplexität, die sich u. a. durch die Dynamik der Umfeldparameter ergibt. Aus diesem Grund liegt die Kernaufgabe im FIR-Bereich Produktionsmanagement in der Beherrschung logistischer Komplexität. Im Rahmen der Forschungsaktivitäten (Konsortialforschung, Auftragsforschung etc.) werden im Bereich Produktionsmanagement daher gemeinsam mit Industriepartnern innovative Ansätze zur Komplexitätsbeherrschung entwickelt. Diese sollen Entscheider in Unternehmen dazu befähigen, den Überblick in komplexen Situationen zu behalten und auf Grundlage bereitgestellter Informationen bestmögliche logistische Entscheidungen zu treffen. Gerade in diesem Themenbereich eröffnen sich mit dem unter der Bezeichnung Industrie 4.0 zusammengefassten Trend der fortschreitenden Digitalisierung völlig neue Lösungsmöglichkeiten, die erhebliche Leistungssteigerungen des Produktionsmanagements zulassen.

In allen Bereichen des FIR werden Konzepte und Lösungen entwickelt, die eine Veränderung des Unternehmens implizieren. Zunehmend werden die Umsetzungsgeschwindigkeit und der Umsetzungserfolg, mit denen Unternehmen Innovationen hervorbringen, eigene Angebote, Geschäftsmodelle und Organisationsformen fortlaufend hinterfragen und sich immer wieder und in kürzester Zeit an neue Gegebenheiten anpassen, zum entscheidenden Erfolgsfaktor. Dazu müssen häufig Prozesse, Strukturen und das Verhalten der Organisation und jedes einzelnen Mitarbeiters grundlegend verändert werden. Dazu werden im Bereich Business-Transformation Konzepte und Methoden entwickelt, die Unternehmen erlauben, Transformationsvorhaben erfolgreich und systematisch zu gestalten und umzusetzen. Darüber hinaus beschäftigt sich der Bereich mit der Entwicklung von strategischen Veränderungsmustern und konzipiert in diesem Kontext geeignete Modelle bzw. Instrumente zur Anpassung des Verhaltens der Mitarbeiter innerhalb eines Transformationsprozesses sowie zum Controlling des Veränderungsfortschritts und Veränderungserfolgs.

1.3 Umfeldveränderungen 2030

Das Produktionsumfeld wird sich, bedingt durch globale Veränderungen, über die in der wissenschaftlichen Diskussion weitestgehend Einigkeit herrscht, innerhalb der nächsten 15 Jahre gravierend wandeln. Zu den Megatrends zählen u. a. die Globalisierung, Urbanisierung, der demografische Wandel und die Verknappung der wesentlichen Ressourcen, wie z. B. Rohstoffe, Energieträger bzw. Fachkräfte. Der seit den 1960er Jahren diskutierte Megatrend Globalisierung fasst die fortschreitende internationale Verflechtung zwischen Staaten, Institutionen, Unternehmen, Individuen in unterschiedlichen Bereichen, wie z. B.

der Wirtschaft, Politik, Kommunikation etc. zusammen. Dieser Trend fußt primär auf den technologischen Fortschritten in den Bereichen Mobilität und Kommunikation. In der wissenschaftlichen Diskussion werden diese beiden Befähiger ebenfalls zu den Megatrends gezählt. Diese wiederum bilden die Basis für einen weiteren, von Frithjof Bergmann formulierten Wandel hin zu einem neuen Konzept – dem „New-Work“-Megatrend. So wird die klassische, häufig industrielle Lohnarbeit zunehmend durch eine stärker verteilte, aber vernetzte Form der Leistungserbringung substituiert. Einhergehend werden die Arbeitsorganisation sowie die sozialen Gefüge einem starken Wandel unterliegen und sich begleitend z. B. die Gesellschaft hin zu einer Wissensgesellschaft entwickeln. Für den Kontext des Produktionsmanagements sind als weitere Megatrends die Individualisierung von Leistungen und die Digitalisierung von größter Bedeutung. Der Trend der Individualisierung basiert auf den neuen Freiheiten und Optionen, bedingt durch den allgemeinen Zuwachs des Wohlstands, insbesondere in den Industrienationen. So unterliegen Entscheidungen im Kontext der privaten Lebensführung, der Nutzung von Medien oder des Konsums weniger gesellschaftlichen Zwängen oder Vorgaben, sondern werden individuell und eigenständig getroffen. Dies führt in der Folge zu einem deutlichen Anstieg der Nachfrage individueller Produkte, Leistungen und Geschäftsmodelle, die insbesondere das Produktionsmanagement vor Herausforderungen stellen werden. Mit rasanter Geschwindigkeit hat die weltweit verfügbare Bruttospeicherkapazität bereits 2013 2.569 Exabyte erreicht und wird sich Prognosen zufolge bis 2017 nahezu verdreifachen. Zunehmend werden durch den fortschreitenden Einsatz von Sensorik in Geschäfts- und Produktionsprozessen digitale Daten generiert und diese in Echtzeit verarbeitet und für die Steigerung der Effizienz bzw. Bewältigung der Anforderungen an die Prozesse genutzt. Der gleiche Trend auf Seite der Konsumenten wird als „ubiquitous computing“ (Rechnerallgegenwart) bezeichnet und als die Verschmelzung von Sensorik, „Intelligenz“ und Gebrauchsgegenständen verstanden. So entstehen die sog. „Smart Products“. Bereits heute existieren erste Zielbilder der „Smart Factory“, in der Produktionsstrukturen nicht fest definiert, sondern dynamisch und selbstoptimierend aufgebaut sind. Das Rückgrat dieser Konzepte sind cyberphysische Produktionssysteme (CPPS), in denen die Entscheidungskompetenz dezentral verteilt ist und Entscheidungen damit autonom getroffen werden können.

Neben den aufgezeigten Megatrends hat sich die wirtschaftliche Lage zum einen global, aber zum anderen auch spezifisch für einen Hochlohnstandort wie Deutschland gravierend verändert. Bereits heute ist global eine hohe Volatilität der Wirtschaftszyklen zu beobachten. Innerhalb kürzester Zeit verlieren gesamte Regionen die politische Stabilität. An einem Hochlohnstandort wie Deutschland sind wirtschaftlich insbesondere zwei Trends zu beobachten: Zum einen ist festzustellen, dass, vorrangig durch das Internet getrieben, die reale und die virtuelle Welt immer weiter zu einem Internet der Dinge zusammenwachsen. Aufgrund stärkerer Kundenausrichtung steigt die Notwendigkeit starker Individualisierung

in der Industriegüterproduktion. Aufgrund des zeitgleich gestiegenen wirtschaftlichen Drucks wird die Industriegüterproduktion zukünftig unter den Bedingungen einer hochflexibilisierten (Großserien-)Produktion stattfinden müssen, die weitgehend Kunden und Geschäftspartner in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse integriert. Als zweiter Trend fällt auf, dass die Produkte verstärkt mit hochwertigen Dienstleistungen zu sogenannten hybriden Produkten gekoppelt werden. Zeitgleich ist bereits zu beobachten, dass sich der Besitz von Gütern zunehmend zu einem Zugang zu Leistungen verschiebt. Erfolgreiche Unternehmen bieten bereits heute komplexe Systemlösungen an und schaffen es damit, ein erhebliches Wertschöpfungspotenzial zu heben.

Das FIR hat, basierend auf diesen Veränderungstrends, sechs Thesen für eine Vision der Zukunft definiert, die im Rahmen des vorliegenden Whitepapers als Beschreibung der Umwelt und Anforderungen an ein Produktionsmanagement 2030 dienen:

These 1:
Alle Produkte und Leistungen sind für den Kunden ad hoc verfügbar.

These 2:
Die Grenzen von Raum und Zeit verschwinden.

These 3:
Die Information verschmilzt mit der physischen Welt.

These 4:
Die Wertschöpfung erfolgt durch Wissen.

These 5:
Der Zugang zu Leistung und Nutzung ersetzt das Produkt.

These 6:
Die Verschwendung in Prozessen und Nutzung wird vollständig eliminiert.

Die Gültigkeit dieser Thesen zeigt sich zum einen in aktuellen Entwicklungen bzw. Megatrends und zum anderen in der jüngst veröffentlichten Hightech-Strategie der Bundesregierung. Im Hinblick auf diese Umweltveränderung wird sich das Produktionsmanagement bis 2030 einem gravierenden Wandel unterziehen müssen. So gilt es, insbesondere das Potenzial der Digitalisierung (2. und 3. These) zu nutzen, um den kundenseitigen Anforderungen hinsichtlich Individualität und drastisch verkürzter Lieferzeiten (1. These) gerecht zu werden. Die Radikalität des Umbruchs im Produktionsmanagement wird insbesondere durch den in der sechsten These formulierten allumfassenden Anspruch an Verschwendungsfreiheit hervorgehoben. Thesen 4 und 5 beziehen sich zum einen auf ein Entstehen neuer Wertschöpfungsmöglichkeiten und zum anderen auf veränderte Kundennachfrage, sodass z. B. das physische Produkt um Dienstleistungen zu einem hybriden Produkt aufgewertet bzw. der Besitz eines Produkts kundenseitig durch die Nutzung dieses substituiert wird. Keine dieser Thesen hebt die

Existenz der Produktion an einem Hochlohnstandort bis 2030 auf. Stattdessen muss in den nächsten Jahren das Produktionsmanagement fundamental weiterentwickelt werden, um zum einen den veränderten Kundenanforderungen gerecht zu werden und zum anderen die Potenziale der Digitalisierung zu nutzen.

1.4 Enterprise-Integration als Ordnungsrahmen für das Produktionsmanagement 2030

Um im zweiten Teil des vorliegenden Whitepapers Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung des Produktionsmanagements 2030 auszusprechen, wird zunächst das Produktionsmanagement in den am FIR entwickelten Bezugsrahmen für die Ausrichtung von Unternehmen eingeordnet und der Handlungsbedarf detailliert. Diesem Bezugsrahmen liegt die Vision zugrunde, dass die Veränderung des Unternehmensumfeldes (siehe die zuvor genannten Thesen) nur durch den „Wandel von der eindimensionalen Perspektive der Gestaltung von Wertschöpfungssystemen hin zu einer vollständig integrativen Systemgestaltung“ unternehmensseitig begegnet werden kann [1, S. 7]. Der in Bild 1 dargestellte Bezugsrahmen fasst die drei zentralen Entwicklungspfade zusammen. Dazu zählen:

1. ... Dienstleistungen, die zukünftig integraler Bestandteil der Wertschöpfungssysteme sein werden.
2. ... die zunehmende Durchdringung ubiquitärer Technologien und Systeme.
3. ... Planungs- und Steuerungsphilosophien, die auf einem kybernetisch geprägten Verständnis von Zusammenhängen und verteilten sowie autonomen Mechanismen der Selbststeuerung basieren.

Die Hauptanforderungen an das Produktionsmanagement 2030 sind damit die Integration der allgegenwä-

tigen Datenverarbeitung (ubiquitärer Technologien) und die datenbasierte Entwicklung kybernetischer Planungs- und Steuerungssysteme. Um diese Kernaufgabe, insbesondere auch im Kontext des Zukunftsprojekts „Industrie 4.0“, zielgerichtet zu adressieren, organisiert sich der Bereich Produktionsmanagement am FIR seit 2014, angelehnt an den Aufbau moderner IT-Unterstützungssysteme, in drei Forschungsschwerpunkten: Supply-Chain-Management, Produktionsplanung sowie Produktionsregelung (siehe Bild 2, S. 11).

Die Fachgruppe „Supply-Chain-Management“ entwickelt Lösungsansätze zur strategiekonformen Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken unter Berücksichtigung von Digitalisierungsaspekten. Ferner bearbeitet die Fachgruppe intensiv das Themenfeld Supply-Chain-Collaboration und entwickelt in diesem Kontext effektive Werkzeuge zur unternehmensübergreifenden Koordination im Sinne der kollaborativen Planung sowie des Störungs- und Risikomanagements.

Die logistischen Herausforderungen produzierender Unternehmen im innerbetrieblichen Aufgabenkontext werden durch die Fachgruppen Produktionsplanung und Produktionsregelung adressiert. Die Fachgruppe „Produktionsplanung“ beleuchtet die taktische Auslegung des Produktionsmanagementsystems und entwickelt neue Ansätze des Operations-Managements mit den Schwerpunkten *Geschäfts- und Auftragsabwicklungsprozesse, Sales- and Operations-Planning* sowie *Dispositionsstrategien*.

Die Fachgruppe Produktionsregelung ergänzt, anknüpfend an die Produktionsplanung auf der operativen Ebene, die Aufgabeninhalte des Produktionsmanagements um regelungstechnische Methoden, die auf den Prinzipien des Wertstrommanagements basieren. Vor diesem Hintergrund werden in dieser Fachgruppe innovative, echtzeit-

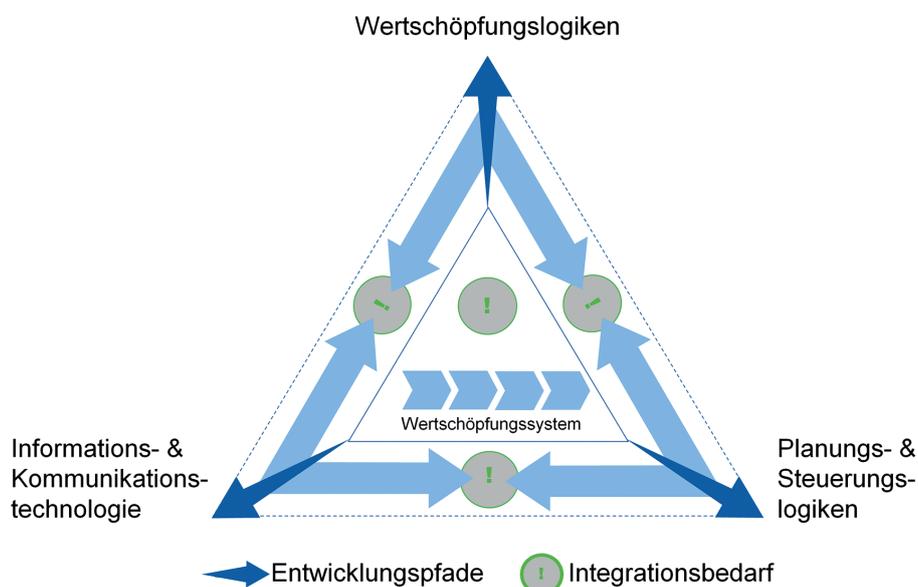


Bild 1: Ordnungsrahmen Enterprise-Integration

fähige Regelungssysteme entwickelt, die eine Abkehr von der klassischen (häufig ineffizienten) mittelwertbasierten Planung ermöglichen.

1.5 Industrie 4.0 im Kontext des Produktionsmanagements

Aufbauend auf der von der Bundesregierung formulierten Hightech-Strategie, die mit den beiden Zukunftsprojekten „Industrie 4.0“ und „Smart-Service-Welt“ zwei

Handlungsaufforderungen initiiert, die Wissenschaft und Praxis in besonderer Weise in die Pflicht nehmen, „Innovationen für die Produktion und Dienstleistung und Arbeit von morgen“ entscheidend voranzutreiben, wird nachfolgend das Themenfeld Industrie 4.0 im Kontext des Produktionsmanagements erläutert.

In Bild 3 sind diesen beiden Zukunftsprojekten, die sich beide auf den globalen Digitalisierungstrend stützen, die wesentlichen Handlungsfelder zugeordnet. Dabei

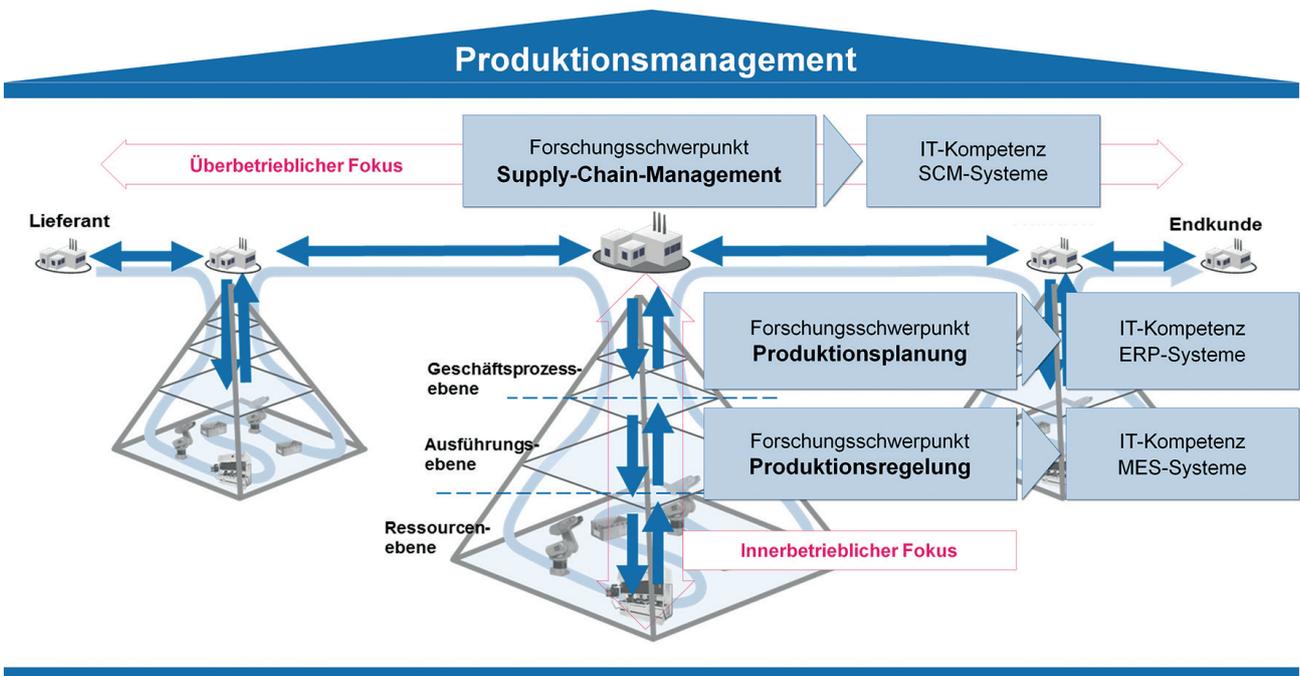


Bild 2: Aufbau und Expertise des Bereichs Produktionsmanagement am FIR

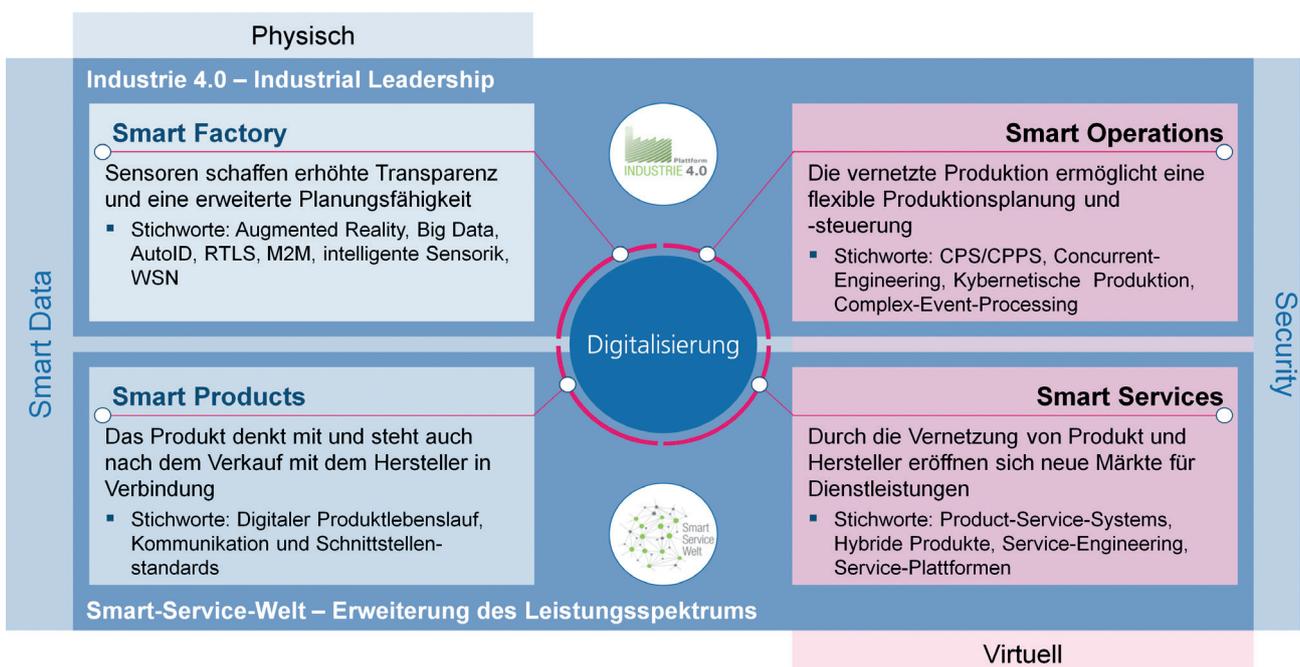


Bild 3: Digitalisierung wird Unternehmen aller Branchen tiefgreifend verändern

handelt es sich zum einen im Zukunftsprojekt Industrie 4.0 um „Smart Factory“ und „Smart Operations“, zum anderen im Zukunftsprojekt „Smart-Service-Welt“ um „Smart Products“ und „Smart Service“.

Das Themenfeld „Smart-Service-Welt“ stellt die Verschmelzung internetbasierter und physischer Dienstleistungen in den Fokus der Betrachtung. Durch diese Synthese wird die Möglichkeit geschaffen, dem einzelnen Konsumenten bedarfsgerecht individualisierte Dienstleistungen zur Verfügung zu stellen. Zielsetzung des Zukunftsprojekts zum Aufbau einer Smart-Service-Welt ist damit die Entwicklung digitaler Infrastrukturen sowie darauf aufbauender Dienste, welche in verschiedensten Variationen zu neuen Wertschöpfungsketten und -netzwerken konfiguriert werden können. Dabei wird die Smart-Service-Welt als ein von der Industrie-4.0-Welt unabhängiger Entwicklungstrend verstanden, der jedoch ebenso auf der Grundlage der Digitalisierung der Gesellschaft basiert.

„Industrie 4.0“ zielt im Kern gemäß allen vergangenen industriellen Revolutionen auf die Steigerung der Produktivität des Wertschöpfungssystems. Während die bisherigen industriellen Revolutionen – die Mechanisierung, die arbeitsteilige Massenproduktion und die Automatisierung der Produktion – vorrangig die Produktivitätssteigerungen des Leistungssystems in den Mittelpunkt gestellt haben, steht jetzt eine integrative Produktivitätssteigerung von Management- und Leistungssystem und dadurch eine

erhebliche Senkung der indirekten Aufwände in den Wertschöpfungssystemen deutlich im Vordergrund.

Die beiden zugehörigen Themenfelder „Smart Factory“ und „Smart Operations“ umfassen alle potenziellen Handlungsfelder auf dem Weg nach dem Paradigma des „Operational-Excellence“-Ansatzes erfolgreicher Unternehmen. „Smart Operations“ inkludieren dabei alle Tools, Systematiken und Prinzipien, um die Leistung und die Führung eines Unternehmens nachhaltig zu verbessern. Durch die Nutzung umfangreicher Daten im Umfeld der Produktionssysteme werden die Geschäftsprozesse digital veredelt geplant und gesteuert und dadurch zu „Smart Operations“ aufgewertet, die eine effizientere und qualitativ höherwertige Auftragsabwicklung realisieren.

Die digitale Veredelung erfolgt anhand der Nutzung umfangreicher Informationstechnologien, die eine effiziente Datengenerierung und -verarbeitung erlauben. Zukünftig werden eine Hochautomatisierung der Produktionsanlagen und eine effiziente Shopfloor-Organisation nicht mehr alleinige Erfolgsfaktoren zur Produktivitätssteigerung sein – vielmehr werden es zukünftig die betrieblichen Daten und deren intelligente Nutzung sein, die den entscheidenden Wettbewerbsvorteil in den Leistungs- und Kostenstrukturen ausmachen. Dies wird im Kontext von „Industrie 4.0“ vor allem durch die Nutzung cyberphysischer Systeme (CPS) zum Ausdruck gebracht, die die virtuelle Datenwelt der „Smart Factory“

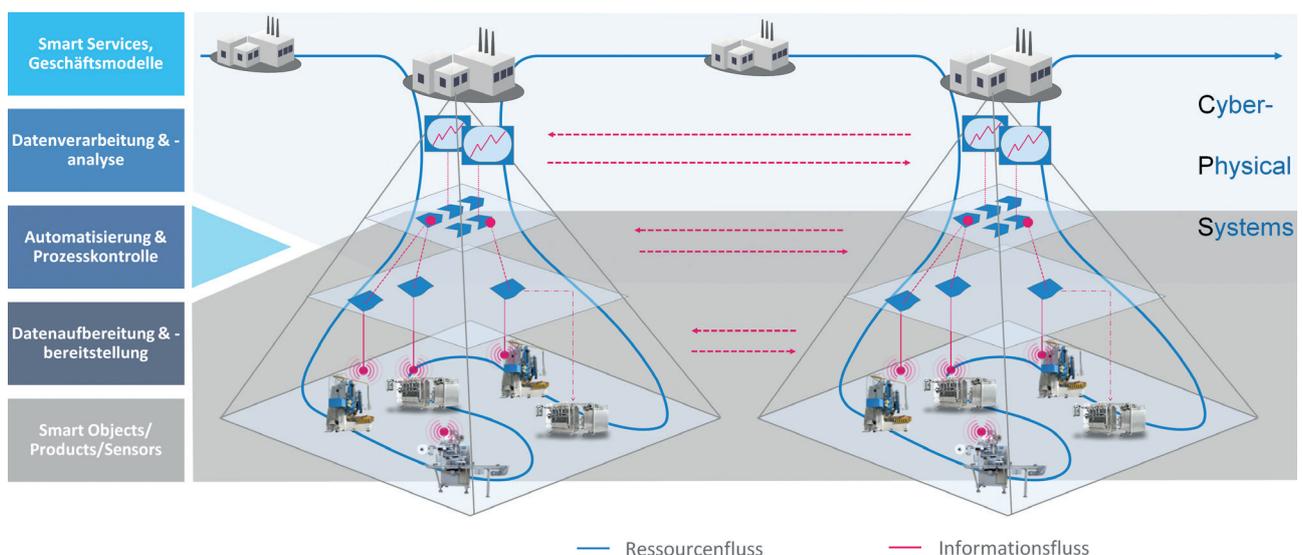


Bild 4: Vernetzung der physischen und virtuellen Unternehmenswelt entlang der vertikalen und horizontalen Unternehmensachse zu cyberphysischen Systemen

mit physischen Objekten verknüpfen und durch die gegenseitige Vernetzung in der Lage sind, Informationen untereinander auszutauschen und auf dieser Basis Entscheidungen dezentral im Sinne teilautonomer Systeme selbst zu treffen (siehe Bild 4, S. 12).

Dieser Integrationsgedanke inner- und überbetrieblicher Daten- und Informationsflüsse zeigt sich insbesondere an den verschiedenen Interoperabilitätsebenen betrieblicher Wertschöpfung in unten abgebildeter Darstellung (siehe Bild 5). Die Nutzenpotenziale von Industrie 4.0 werden überwiegend auf der Funktions-, der Geschäftsprozess- und der Geschäftsmodellebene von Unternehmen realisiert.

Um die eingangs in Aussicht gestellte signifikante Verbesserung der Produktivität zu erzielen, muss eine ganzheitliche Perspektive auf die Organisation und deren Lenkung eingenommen werden. Der volle Nutzen tritt erst ein, wenn die Aufbau- und Ablaufstrukturen (Auftragsabwicklungsprozesse, Produktionsplanung und -steuerung, direkte Wertschöpfungsprozesse) vollständig synchronisiert, die unterstüt-

zenden IT-Systeme bestmöglich integriert und der jeweilig zielführende Autonomiegrad der Entscheidungssysteme gewählt worden ist.

Damit ergibt sich für die Fabrik 2030 die Vision eines lernenden Unternehmens, welches in der Lage ist, vielfältige Daten und einzelne Informationen über die unterschiedlichen Systemebenen und Produktionsressourcen zu erfassen und zusammenzuführen. Es erkennt und analysiert Zusammenhänge und ist in der Lage, zukünftige Ereignisse unter Wahrscheinlichkeiten zu antizipieren. Auftragsabläufe werden durch einen sogenannten „digitalen Schatten“ auf Basis deskriptiver und diagnostischer Analysen antizipierbar. Insbesondere die Externalisierung des impliziten und prozeduralen Wissens des Faktors Mensch führt zu Lerneffekten und zur Anreicherung bereits vorhandener Daten- und Wissens Elemente. Das lernende Unternehmen wird sich durch eine schnellere Reaktionsfähigkeit bei geringeren Planungskapazitäten und einer dynamischen Parametrisierung von Stell- und Führungsgrößen sowie mit dem Ziel einer permanenten Produktivitätssteigerung auszeichnen.

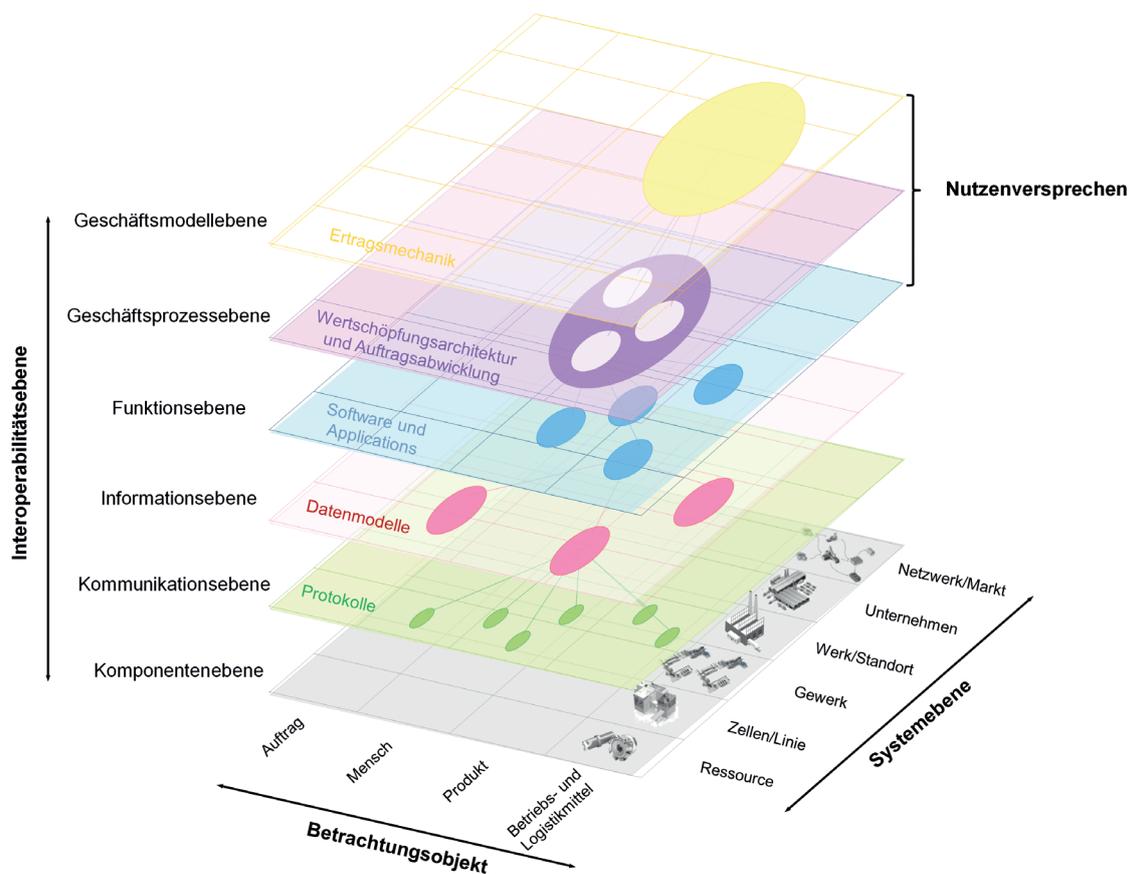


Bild 5: Vernetzung der physischen und virtuellen Unternehmenswelt entlang der vertikalen und horizontalen Unternehmensachse zu cyberphysischen Systemen [1]

2 Produktionsmanagement 2030

2.1 Supply-Chain-Management

Die fortschreitende Digitalisierung in Form der Vernetzung aller Unternehmen durch mobile bzw. leitungsgebundene Telekommunikation schafft für die Weiterentwicklung des Supply-Chain-Managements einen völlig neuen Lösungsraum. So ermöglicht die Digitalisierung einen überbetrieblichen Informationsaustausch zwischen den Wertschöpfungspartnern in Echtzeit. Während heute für die meisten Unternehmen einer Supply-Chain große Teile der Wertschöpfungskette vollkommen intransparent sind und damit ihre eigene Produktionsplanung unter einer hohen Unsicherheit stattfindet, wird 2030 die Vernetzung der Wertschöpfungspartner es zulassen, Nachfrageveränderungen in Echtzeit zu berücksichtigen und unmittelbar Bedarfe mit den Lieferanten zu synchronisieren. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass einhergehend mit der fortschreitenden Digitalisierung Unternehmen in klassischen Branchen im Bereich der Distribution bzw. der Ersatzteilversorgung bestehende Konzepte, die vielfach im Bereich des Onlinehandels bzw. der E-Commerce bereits gängige Praxis sind, auf ihre Unternehmen übertragen können (z. B. Webshops in der Stahldistribution). Dazu stellen die beiden Befähiger *Datenstandards* und *Integration der IT-Systeme* die entscheidenden Erfolgsfaktoren dar. Das Whitepaper geht in der nachfolgenden Beschreibung des SCMs der Zukunft davon aus, dass diese Erfolgsfaktoren vorliegen werden und skizziert ein Zielbild für das Supply-Chain-Management 2030.

Getrieben einerseits durch diese neuen, durch die Digitalisierung entstehenden Potenziale und andererseits durch die eingangs in Abschnitt 1.3 beschriebenen Umfeldveränderungen wird das klassische Supply-Chain-Management (SCM) den zuvor thematisierten Anforderungen und resultierenden Herausforderungen zunehmend weniger gerecht. Die fortschreitende Dezentralisierung, bedingt durch eine steigende Spezialisierung, führt zunehmend zu gleichberechtigten Partnerschaften zwischen den einzelnen Unternehmen innerhalb einer Supply-Chain. Infolgedessen fehlen diesen Supply-Chains dominierende Entitäten, die die Koordination dieser aufgrund der Machtverhältnisse übernehmen. Aus diesem Grund wird ein zukünftiges Konzept der überbetrieblichen Koordination der Supply-Chain auf freiwilliger statt auf erzwungener Kooperation basieren müssen. Dieser Argumentation folgend, streben aktuelle Konzepte, wie das Supply-Chain-Collaboration(SCC)-Konzept, langfristige Kooperationen zwischen gleichberechtigten Partnern an. Aufgrund der Betrachtung von Schnittstellen ausschließlich zwischen zwei Unternehmen wird das SCC-Konzept einer erforderlichen ganzheitlichen Sichtweise auf die Supply-Chain nicht gerecht und eignet sich damit nicht für die gesamtheitliche Steuerung einer Supply-Chain. Ursächlich ist, dass man sich mit steigender Dezentralisierung respektive steigender Anzahl von Partnern in einer Supply-Chain, welche ausschließlich lokale Optima in bilateralen Beziehungen verfolgen, zunehmend vom Gesamtoptimum entfernt. Für die zukünftige Koordination der Supply-Chain

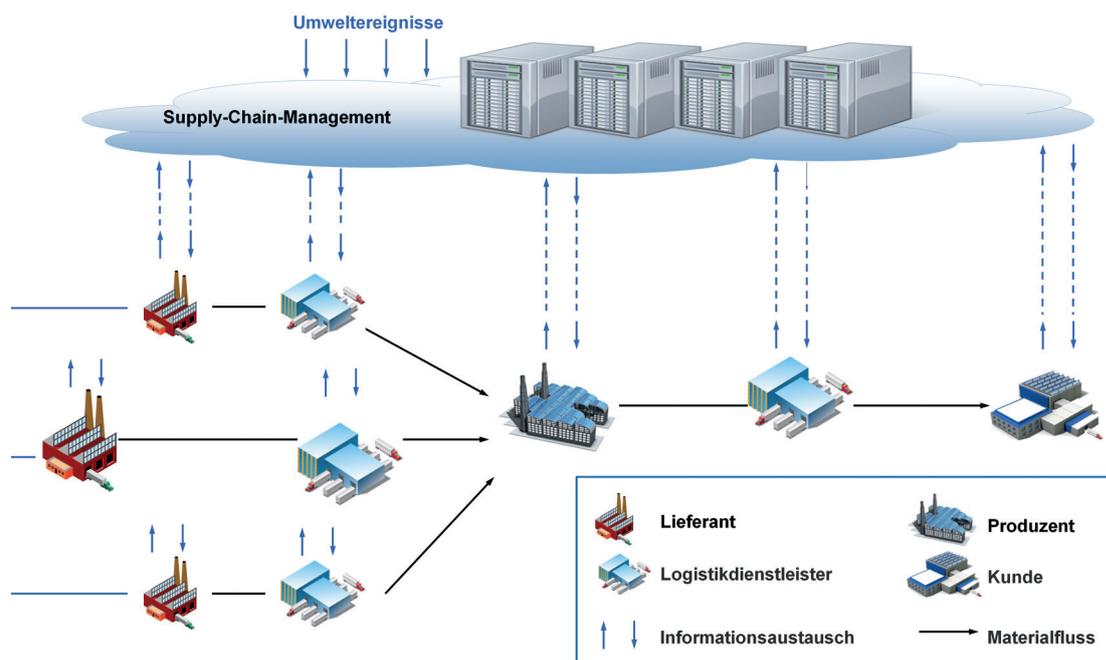


Bild 6: SCM as a Service

muss ein Konzept entwickelt werden, das zum einen die Berücksichtigung von Gesamtoptima in einer Supply-Chain und zum anderen die Eigenständigkeit der einzelnen Partner sicherstellt. Somit werden die unternehmerischen Interessen des Einzelnen gewahrt und gleichzeitig der Austausch relevanter Informationen gewährleistet. Aus den dargelegten Gründen muss in dem Zukunftskonzept für ein SCM eine neutrale Instanz geschaffen werden, welche das Gesamtoptimum für die Supply-Chain ermittelt und darauf basierend Führungsgrößen für die jeweiligen Entitäten, sowohl Produzenten als auch logistische Funktionen, bestimmt und empfiehlt (siehe Bild 6, S. 15).

Um die Neutralität dieser Instanz sicherzustellen, muss es sich um einen Dienstleister handeln, der als objektive Instanz fungiert und das Supply-Chain-Management als Service für die verschiedenen Unternehmen übernimmt. Dessen Serviceangebot umfasst in Konsequenz folgende Aufgaben:

- Bereitstellung von Vorschlägen für Führungsgrößen der Fachdisziplinen aller SC-Teilnehmer, d. h. Vertrieb, Produktionsplanung, Fertigung, Einkauf sowie Transportlogistik.
- Erfassung der Unternehmens- und Umweltdaten zu Prognosezwecken, Ableitung des Handlungsbedarfs und Anpassung der Führungsgrößen.
- Unternehmensübergreifende Langfrist- und selektive Feinplanung zum Kapazitäts- bzw. Auslastungsausgleich mit dem Ziel der Vermeidung von Engpässen.
- Angebot von Reporting- bzw. Controlling-Funktionalitäten.

Entscheidend für die Akzeptanz eines solchen Geschäftsmodells ist die anonymisierte Rückkopplung des Informationsflusses, welche Rückschlüsse auf die wirtschaftliche Situation der einzelnen Partner ausschließt. Selbstverständlich stellen Datensicherheit sowie verschlüsselte Datenübertragung ebenfalls notwendige Voraussetzungen dar. Es wird derzeit davon ausgegangen, dass entsprechende Konzepte bis zum Erreichen des skizzierten Szenarios hinreichend etabliert sein werden.

Das Leistungsangebot des Serviceproviders umfasst neben der Dienstleistung „SCM as a Service“ selbst, welches über eine cloudbasierte Plattform abgebildet werden könnte, auch einen Marktplatz, auf welchem u. a. Transport- sowie auch Produktionskapazitäten, kurzfristige Aufträge oder Outsourcing-Dienstleistungen angeboten und eingekauft werden können. Gleichzeitig wird die notwendige technische Infrastruktur in Form von Schnittstellen und Standards zur flexiblen und schnellen Anbindung weiterer Partner bereitgestellt.

Mit diesem „SCM-as-a-Service“-Ansatz wird eine integrierte Planung und Steuerung der Informations- und Materialflüsse über die gesamte Supply-Chain auch in dezentralen Netzwerken ohne Einschränkung der Eigenständigkeit wirtschaftlich autarker Entitäten möglich. Die skizzierten Herausforderungen können mittels des aufgezeigten integrierten Lösungskonzepts mittel- bis langfristig gelöst werden.

2.2 Produktionsplanung

In 2020 werden ERP-Systemlandschaften¹ als frei skalierbare Anwendungen in der Cloud verfügbar sein und eine hohe Agilität aufweisen. Damit werden Unternehmen in die Lage versetzt, ihre Geschäftsprozesse schnell, flexibel und fehlerfrei an veränderte Marktbedingungen anzupassen und so Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Als Beispiel sei die Anpassung der Beschaffungsstrategie von Fremd- zu Eigenfertigung genannt. Hier wird die Bestellung von Halbzeugen durch die Bestellung von Rohmaterial ersetzt sowie ein Arbeitsplan mit entsprechenden Rückmeldepunkten definiert. Im Extremfall wird hierfür eine spezialisierte PPS-Anwendung aus der Cloud hinzugebucht und nahtlos in die bestehende ERP-Systemlandschaft integriert. Durch universelle Schnittstellen (ungleich proprietäre Schnittstellen) wird es möglich sein, speziell auf einen bestimmten Anwendungsfall hin programmierte Applikationen (Anwendungen oder Apps) beliebig miteinander zu kombinieren (Plug&Produce). Zugleich erlauben die Speichermöglichkeiten der Cloud die Verarbeitung riesiger Datenmengen (Big Data), welche mittels hochperformanter Analyseverfahren kombiniert, aggregiert und ausgewertet werden können (Smart Data). Aufgrund der Vielzahl an datengenerierenden Objekten (Smart Objects) in Zusammenspiel mit dem Internetprotokoll der 6. Generation (IPv6) wird es so möglich sein, (Produktions-)Systemzustände in Echtzeit zu erzeugen und zu überwachen.

Für ERP-Systeme ergeben sich darüber zusätzliche Möglichkeiten im Bereich der Prognose und des Forecasts. So können durch den Aufbau der Fähigkeit der Produktionsprognostik diverse Prognosen im Umfeld der Produktionsplanung und -steuerung von bisher unbekannter Genauigkeit erstellt und die Umsetzung von Produktionsplänen in Echtzeit überwacht werden. ERP-Systeme werden dann in der Lage sein, bereits frühzeitig mögliche Planabweichungen zu antizipieren, selbständig zu korrigieren oder dem Anwender eine Warnmeldung inklusive Handlungsalternativen zu generieren. Erweitert werden die Prognosemöglichkeiten durch die Integration von Verfahren der Datenassimilation² in betrieblichen Anwendungssystemen. Dies verschafft dem Produktionsplaner einen erweiterten Handlungsspielraum, in dem er aus ge-

¹ ERP-Systeme werden hier als Synonym für Unternehmenssoftware verwendet.

² Unter Datenassimilation werden mathematische Verfahren verstanden, die es selbst bei unvollständiger oder fehlerhafter Datenlage ermöglichen, Zustände von Systemen zu beschreiben.

messenen Vergangenheitswerten auch Rückschlüsse auf aktuelle Zustände nicht direkt messbarer, jedoch durch messbare Felder beeinflusste Bereiche ziehen kann. Derart entstehende Prognosemodelle beinhalten, analog zu Wettermodellen, ebenfalls die Eintrittswahrscheinlichkeit der Prognose. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann der Planer nun Entscheidungen treffen, während das Planungssystem im Zeitverlauf das Eintreten der Prognose überwacht. Droht eine Abweichung zur Prognose, kann das Planungssystem selbständig Korrekturen durchführen oder dem Planer einen Hinweis anzeigen. Durch Anwendung eines solchen Verfahrens werden ebenfalls bereits messbare, aber bisher in der Produktionsplanung nicht berücksichtigte Daten integriert werden können. Berücksichtigt werden neben direkten Marktdaten, durch die beispielsweise der Bullwhip-Effekt auf ein Minimum reduziert werden kann, auch die Belegungspläne nachgelagerter Produktionsstufen. Darüber hinaus werden sich über Zustandsraummodellierungen Änderungen des Marktes etwa durch politische Einflüsse exakter berücksichtigen lassen können. Will beispielsweise der Produktionsplaner die mittelfristige Planung für das nächste Quartal tätigen, so wählt er in seinem Planungssystem die gewünschte Planungsperiode aus, während im Hintergrund die aktuelle Prognose des Vertriebs genaue Planwerte (Absatzmengen, Bedarfe an Halbfabrikaten etc.) für die entsprechenden Planungsobjekte liefert (Ressourcen, Kapazitäten etc.). Berücksichtigt werden nicht nur prognostizierte Absatzzahlen, sondern ebenso die Fertigungsauslastung der nachgelagerten Stufe. Liegt beispielsweise eine der Produktionsstätten eines direkten Kunden in einem Land mit angespannter politischer Lage, werden bei der Planung direkt Verzögerungen durch Nutzung eines neuen Distributionsnetzes zu einer alternativen Fertigungsstätte berücksichtigt.

Diesem Trend der mitlaufenden Prognostik etwa werden Planungssysteme Rechnung tragen müssen und anhand von Prozessbausteinen flexibel die Abbildung sich ändernder Produktionssituationen ermöglichen. Voraussetzung hierfür ist, dass neben beschriebenen Prognosedaten auch Informationen aus dem Produktentstehungsprozess (PEP) noch effizienter mit den Planungssystemen verknüpft werden. So müssen bereits aus den Engineering-Stücklisten Produktionsprozesse inklusive Arbeitsplänen, Ressourcenauswahl (z. B. Produktionsmaschinen, Roboter etc.) und Fertigungsstücklisten automatisch abgeleitet und in Systemen abgebildet werden können. Aufgrund zunehmender Modularisierung von Systemen werden ebenfalls die Grenzen der unterschiedlichen Planungsebenen und -systeme wie etwa ERP, MES und PLM weiter verschwimmen. Unternehmen werden aufgrund der steigenden Modularisierung bedarfsweise ein Modul der am besten geeigneten Lösung auswählen und dieses flexibel in vorhandene Bausteine integrieren können. Möglich werden kann dies durch eine flexiblere Architektur der Systeme, welche zu jeder Zeit klar zwischen datennutzenden und datenerzeugenden Prozessen

unterscheidet. Somit ist ein weiterer wichtiger Enabler für agile Planungssysteme der Aufbau der IT-Architekturen, welche erst die flexible Kombination von Anwendungen ermöglichen. In 2020 werden technologische Architekturen (Plattformen, Netzwerke etc.), Informationsarchitekturen (Geschäftsobjekte, Daten), Anwendungsarchitekturen (IT, Services, Applikation, Schnittstellen) so flexibel sein, dass praktisch eine universelle Verbindung mit der Geschäftsarchitektur möglich wird (Geschäftsprozesse). Der entsprechende konzeptionelle und organisatorische Rahmen ist bereits heute mit dem Enterprise-Architecture-Management (EAM) verfügbar, welcher ein gemeinsames Vorgehen von Geschäfts- und IT-Management ermöglicht.

2.3 Produktionsregelung

Die Produktionssteuerung der Zukunft wird nicht mehr zentralistisch aufgebaut sein, sondern aus vielen kleinen dezentralen und autonomen Einheiten bestehen, die zugleich in einem engen Austausch miteinander stehen. Diese Kommunikation wird durch allgemeingültige Kommunikationsstandards erlaubt. Einhergehend werden die klassischen Aufgaben der Produktionssteuerung, „Auftragsfreigabe“, „Kapazitätssteuerung“, „Reihenfolgebildung“ und „Auftragserzeugung“, in immer kürzeren Intervallen Abgleiche zwischen Soll- und Istzuständen durchführen müssen, um Abweichungen zu identifizieren und diese unverzüglich auszuregulieren. Ermöglicht wird dies durch hochauflösende, echtzeitnahe Daten (Smart Data). Bestehende Unterstützungssysteme werden 2030 so weiterentwickelt worden sein, dass relevante Daten und Informationen unter Rückgriff auf ein speziell im ERP-System vorgesehenes Data-Repository automatisch bedarfsgerecht aufbereitet und dem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Damit wird sichergestellt, dass die Anwender in der Produktionssteuerung nicht durch die zunehmende Informationsflut und -komplexität überfordert werden. Zur Gewährleistung des zuvor beschriebenen ständigen und echtzeitfähigen Zustandsabgleichs muss die Datengenerierung sowohl qualitativ als auch quantitativ verbessert werden. Dies wird durch die Nutzung von cyberphysischen Systemen, die kontinuierlich Informationen über das Internet austauschen, gewährleistet werden. Bild 7 (siehe S. 18) zeigt anschaulich, dass durch eine hochauflösende Datengenerierung nicht nur ein Weg zum Ziel möglich ist, sondern dass durch Sensorik situationsgerecht verschiedene Wege zur Zielerreichung genutzt werden können. Es gilt dabei immer abzuwägen, inwiefern die Kosten für den Einsatz neuer Technologien in einem optimalen Verhältnis zu den damit verbundenen Potenzialen (Bestand, DLZ, Auslastung etc.) stehen.

Alle oben genannten Aspekte bilden Bestandteile des als cyberphysisches System ausgeprägten Produktions-systems (CPPS) der Zukunft. Dieses unterstützt den Menschen dabei, in der Produktion seinen Fokus auf das Wesentliche zu legen. Viele weitere Prozesse werden sich im Gegensatz dazu

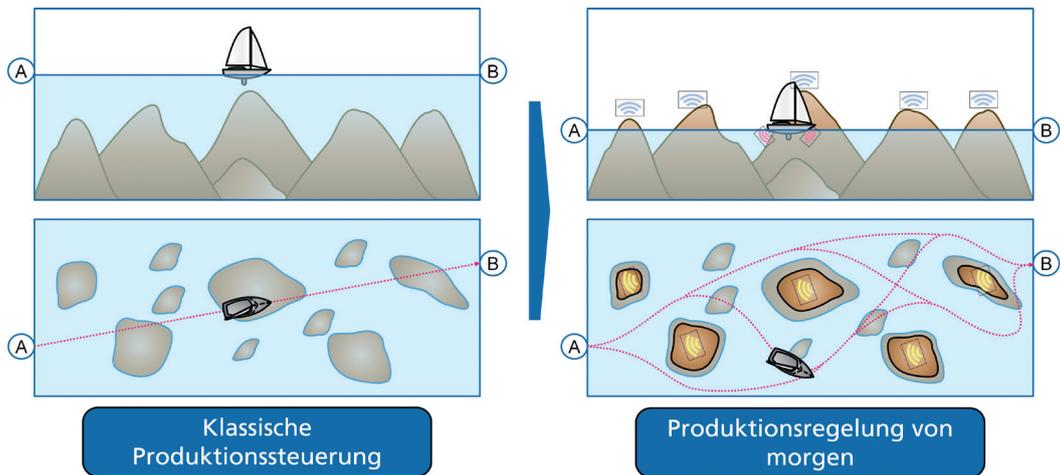


Bild 7: Produktionsregelung 2030 ermöglicht eine dynamische und situationsabhängige Produktionssteuerung

selbständig steuern. Der Einsatz von CPPS bietet aber neben der reinen Steuerungsunterstützung noch weitere Vorteile: Dadurch, dass Produkte bzw. Objekte in der Produktion Informationen (z. B. Geoposition, Zielort und Zustand) über sich selbst mit sich tragen, kann erheblich flexibler agiert werden. Produktionsanlagen müssen nicht mehr zentral angesteuert werden, sondern erhalten alle relevanten Informationen von dem vor der Anlage wartenden Produkt bzw. Objekt. Mithilfe von Produktinformationen, Sensorik und Schwarmintelligenz bzw. agentenbasierten Systemen kann des Weiteren auch vorhergesagt werden, wie die Situation in der Produktion in naher Zukunft aussieht. Dies ermöglicht zusätzliche Möglichkeiten zur präventiven Bewältigung von Störungssituationen wie z. B. die gezielte Erweiterung

von Kapazitäten bei Engpässen und die präventive Instandhaltung von Maschinen. Auf Basis eines cyberphysischen Produktionssystems wird somit nicht nur das Abbild der Ist-Situation, wie beispielsweise die Echtzeitabbildung der aktuellen Verkehrslage bei Google Maps, geschaffen, sondern es kann durch den Einsatz von intelligenten Objekten in der Produktion eine Vorausschau getroffen werden, die einen Einfluss auf die eigenen Entscheidungen hat (siehe Bild 8).

Cyberphysische Produktionssysteme beinhalten dabei i. d. R. die folgenden Aspekte: Sie setzen sich aus mehreren cyberphysischen Systemen zusammen und können auch mit anderen CPPS interagieren. Alle partizipierenden CPPS sind horizontal miteinander verbunden und ermöglichen eine M2M-Kommunikation, wobei

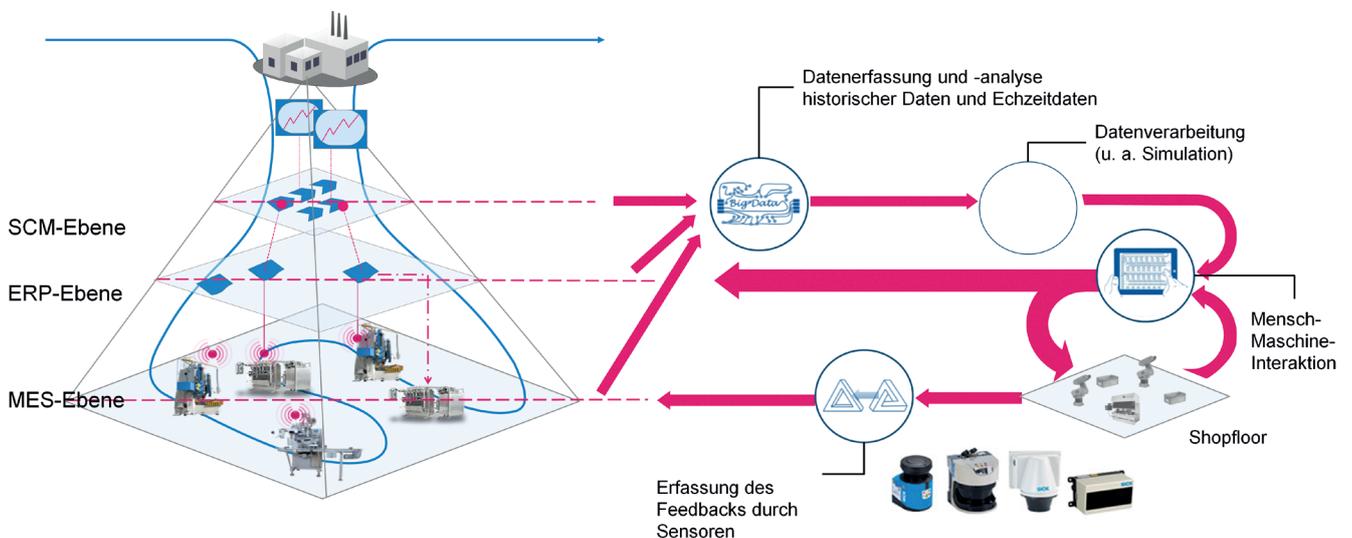


Bild 8: Intelligente Produktionsregelung durch cyberphysische Produktionssysteme

Maschinen nicht ausschließlich mit anderen Maschinen bzw. Mitarbeitern kommunizieren, sondern auch mit Produkten bzw. Objekten, die sie durchlaufen. Um alle Potenziale zu realisieren, müssen diese Produkte in der Produktion sogenannte intelligente Objekte sein, die anhand von sog. Schwarmintelligenz bzw. einem agentenbasierten System interagieren. In Kombination mit kybernetischen Strukturen bieten CPPS die Chance, Planungsprozesse adaptiv zu gestalten. Ein Nebeneffekt, der sich durch die Vielzahl an gewonnenen Informationen ergibt, ist die kontinuierliche Parameteroptimierung in betrieblichen Anwendungssystemen.

Damit cyberphysische Produktionssysteme optimal agieren und autonome Entscheidungen treffen können, ist das Vorhandensein sowie die Verwendung von Big Data eine notwendige Voraussetzung. Die Produktion muss folgerichtig hochauflösende Daten generieren, welche durch betriebliche Anwendungssysteme oder cyberphysische Systeme genutzt werden können. Bild 8 (siehe S. 18) verdeutlicht, welchen Mehrwert der Einsatz von CPPS in der Produktion in Kombina-

tion mit hochauflösenden Daten schafft. In Analogie zu Verkehrsüberwachungssystemen (bzw. Navigationssystemen) kann der aktuelle Zustand der Produktion detailliert abgebildet werden. Dies ist aber nur ein Vorteil, ein zweiter liegt in der kurzfristigen Sicht in die Zukunft. Durch intelligente Objekte, die Informationen über sich selbst mit sich tragen und gleichzeitig mit anderen interagieren, können je nach Wahrscheinlichkeit zukünftige Produktionszustände prognostiziert werden. Dies bietet die Möglichkeit, diese Situationen frühzeitig zu analysieren und dementsprechend adäquat zu reagieren. Der kurzfristige Steuerungsaufwand wird hierdurch weiter herabgesetzt, wodurch sich die Akteure in der Produktion auf die wesentlichen Dinge konzentrieren können.

2.4 Umsetzung von Industrie 4.0 in der Aachener Demonstrationsfabrik

Das Cluster Smart Logistik hat sich zum Ziel gesetzt, mit der eigenen Demonstrationsfabrik auf dem Campusgelände in mehreren Schritten bis 2020 Industrie



Bild 9: Demonstrationsfabrik im Cluster Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus

4.0 in einer realen, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten produzierenden Fabrik umzusetzen.

In dieser Demonstrationsfabrik (siehe Bild 9) werden zum einen Prototypen und Vorserien gefertigt und zum anderen gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie relevante produktions-systematische Fragestellungen im Kontext der Umsetzung von Industrie 4.0 in einer realen Produktionsumgebung erforscht.

Daher verfügt die Fabrik über einen modernen Maschinenpark, der die komplette Prozesskette der Blechbearbeitung vom Zuschnitt bis zum Fügen durch Laserstrahl- bzw. Widerstandspunktschweißen abbildet. Ergänzt wird diese Vorfertigung durch einen Montagebereich, sodass Interessenten die Möglichkeit der Prototypen- und Vorserienfertigung vom Einzelteil bis zum Zusammenbau angeboten werden kann.

Durch die Verknüpfung der Demonstrationsfabrik mit den Innovation-Labs des Clusters Smart Logistik bietet sie darüber hinaus ein reales experimentelles Umfeld für Industrie 4.0. So besteht die einzigartige Möglichkeit, in einem realen Fabrikumfeld mit realen Prozessen von der Geschäftsprozessebene bis zum Shopfloor Ansätze und Lösungen in Konsortialforschungsprojekten mit Meinungsführern der Industrie 4.0 zu entwickeln, zu implementieren und im realen Betrieb zu erproben (siehe Bild 10).

Im Vordergrund des Konzepts der Demonstrationsfabrik steht es, den Nutzen und die Wirtschaftlichkeit aller Aktivitäten, die im Zusammenhang mit Industrie 4.0 stehen, aufzuzeigen. Bei dem Aufbau der Industrie-4.0-Referenzfabrik ist Data-Analytics ein maßgebliches Handlungsfeld für die Umsetzung von Industrie 4.0 und den damit verbundenen Aufbau von Prognose- und Entscheidungsunterstützungssystemen im Kontext des Produktionsmanagements. Das Vorgehen für die Implementierung ist mehrstufig, verdeutlicht auf Bild 11 (siehe S. 21).

Grundvoraussetzung für die Entwicklung in Richtung einer Industrie-4.0-Fabrik ist die Erfassung von Echtzeitdaten. Dazu zählen wesentliche Informationen aus den betrieblichen Prozessen, wie z. B. Übergangs-, Liege-, Vorgabe- und Wiederbeschaffungszeiten, Positionsdaten und Verfügbarkeiten. Diese betrieblichen Daten können zum einen direkt durch den Einsatz geeigneter Sensorik (z. B. RFID) erfasst und zum anderen durch die betriebliche Anwendungssoftware generiert werden.

Die erste Stufe innerhalb der Data-Analytics bildet die deskriptive Datenanalyse. In dieser werden die zuvor erfassten bzw. erzeugten strukturierten und unstrukturierten Daten durch Kontextgebung zu Informationen aufgewertet. Dazu kommen in den Anwendungssystemen Verfahren der deskriptiven Statistik sowie der Datenaggregation und -auswertung zum Einsatz mit dem Ziel, Rückschlüsse auf vergangene Ereignisse ziehen zu können. Hierdurch hat der Entscheider eine



Bild 10: Beispielhafte Experimente und Usecases in der Aachener Demonstrationsfabrik

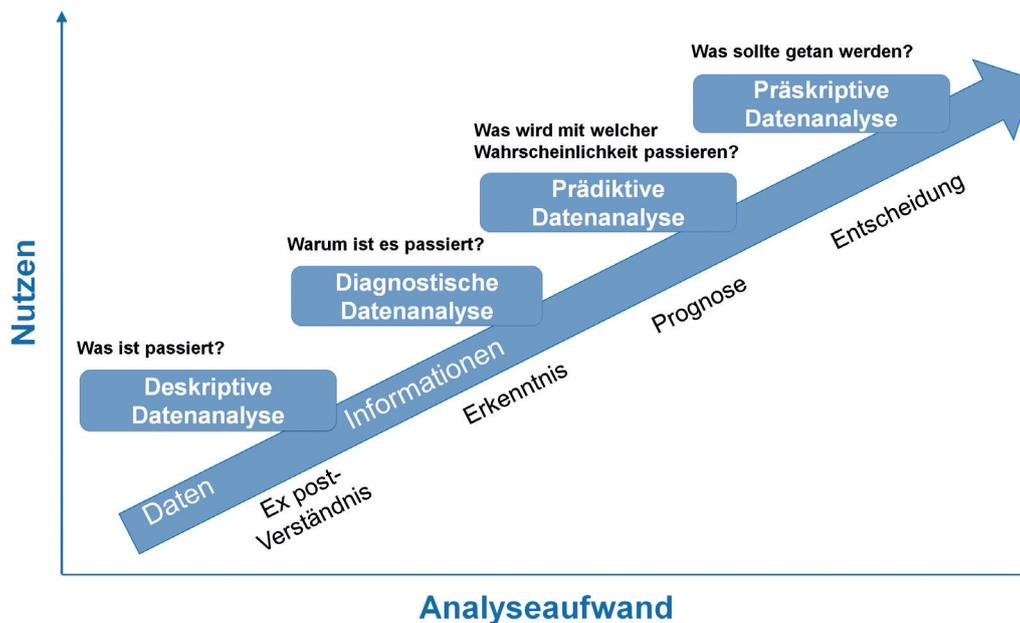


Bild 11: Mehrstufiges Vorgehen für die Implementierung von Data-Analytics im Kontext von Industrie 4.0 [2]

qualifizierte Rückmeldung bezüglich des vergangenen Zustands des Produktionssystems und auf dieser Basis mithilfe aktueller Informationen zugleich eine vollständige Transparenz über die aktuelle Prozesskette (Auftragsfortschritt, Materialverfügbarkeiten etc.).

Die diagnostische Datenanalyse stellt die zweite Stufe dar. Durch Datenexploration werden die Datensätze auf Korrelationen und Beziehungen hin untersucht und dadurch etwaige Ursache- und Wirkungszusammenhänge aufgedeckt. Damit kann die Frage des „Warum“ beantwortet und dem Entscheider die Möglichkeit gegeben werden, Nutzenaspekte und Auswirkungen von Handlungsalternativen hinsichtlich logistischer und betriebswirtschaftlicher Nutzenvorteile zu beurteilen.

In der dritten Stufe, der prädiktiven Datenanalyse, werden durch Einsatz statistischer Modelle und Methoden zukünftige Ereignisse u. a. durch Simulation unter Nutzung von Echtzeit-Ist-Daten prognostiziert. Damit wird die Entscheidungsfähigkeit durch eine bessere Planungsgüte und Potenzialabschätzung und einhergehend die Produktivität des Wertschöpfungssystems erheblich gesteigert.

Im letzten Schritt, der präskriptiven Datenanalyse, werden anhand von Optimierungsalgorithmen und Simulationsansätzen mögliche Handlungsempfehlungen automatisch generiert. Dies erlaubt eine weitere erhebliche Steigerung der Produktivität, da nun eine automatisierte Entscheidungsfindung im Managementsystem möglich wird. Diese systemgenerierten Handlungsalternativen umfassen ferner einen automatischen Ausgleich bzw. eine Korrektur von etwaigen Systemfehlern (selbstheilende Daten) und können selbständig Arbeits-

pläne aus den vergangenen Daten unter Rückgriff auf die Optimierungsalgorithmen erzeugen.

Da parallel beobachtet werden kann, dass die Fertigungstechniken zunehmend technologisch unabhängig von einer Losgröße sind, werden Unternehmen nach dem erfolgreichen Durchlaufen der Stufen der Data-Analytics zukünftig in der Industrie-4.0-Fabrik in der Lage sein, ohne wirtschaftliche Einbußen Losgröße 1 zu fertigen. Neben dem zuvor aufgezeigten wirtschaftlichen Nutzen verändert diese Entwicklung des Leistungssystems auch erheblich die Anforderungen an die Gestaltung der Produkte. Während heute häufig durch Produktmodularität Skaleneffekt in der Produktion angestrebt wird, wird die Modularisierung in Industrie-4.0-Fabriken langfristig eher als Innovationsbeschleuniger dienen, um schnelle Innovationszyklen in den Produktbaureihen realisieren zu können.

Haben Sie weitere Fragen und Anregungen, stehen Ihnen die Autoren dieses Whitepapers selbstverständlich zur Verfügung. Gerne diskutieren wir mit Ihnen Ihre Sichtweise auf das Produktionsmanagement der Zukunft und würden uns freuen, Sie bei dem Aufbau Ihrer Industrie-4.0-Fabrik zu begleiten.

*Dr.-Ing. Niklas Hering
Dipl.-Wirt.-Ing. Ulrich Brandenburg
Dominik Frey, M.Sc. M.Sc.
Dipl.-Ing. (BA) Manfred Ihne, M.Sc.
Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Meißner
Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Reschke
Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Schenk*



Engineering

Systems

Enterprise Content Management
Data Quality
Integration

Agility

IT-Management

Innovation

Software Usability
Governance

Literaturverzeichnis

- [1] Smart-Grid-Coordination-Group: Smart-Grid-Reference-Architecture. Tech. Rep. November, CEN-CENELEC-ETSI, 2012.
- [2] Gartner, A: Guidance Framework for Building Predictive Analytics Applications with Sentiment Analysis, Paper, 2013.
- [3] Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): 60 Jahre FIR – Wegbegleiter durch Industrielle Revolutionen. In: Enterprise-Integration. Auf dem Weg zum kollaborativen Unternehmen. Springer, Berlin [u.a.] 2014, S. 1 – 11.
- [4] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg): Zukunftsprojekt Industrie 4.0. www.bmbf.de/de/9072.php. Zuletzt geprüft: 28.05.2015.

