

# **Interaktive Prozessgestaltung im Kontext von Industrie 4.0 am Beispiel eines mittelständischen Unternehmens unter besonderer Berücksichtigung von Business Process Management**

---

Masterarbeit

**Martin König**

**Am Bauken 5**

**57368 Lennestadt**

Matrikelnummer: 836106

Studiengang: Wirtschaftsinformatik

Universität Siegen

Fakultät III Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht

Erstprüfer: Prof. Dr. Gunnar Stevens

Zweitprüfer: Prof. Dr. Volker Wulf

Betreuer: Dipl.-Wirt.Inform. Niko Schönau

Abgabedatum: 28.04.2016

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	1
2 Industrie 4.0 .....	7
2.1 Geschichte & Begrifflichkeit.....	7
2.2 Systeme der Industrie 4.0 .....	12
2.3 Allgemeine Chancen und Risiken.....	16
3 Der Mittelstand & Industrie 4.0.....	21
3.1 Status quo im Mittelstand .....	21
3.2 Aufgabenbereiche & Charakteristika .....	26
3.3 Chancen des Mittelstands .....	31
3.4 Funktionsbereiche .....	34
3.4.1 Datenerfassung und -verarbeitung.....	35
3.4.2 Assistenzsysteme .....	36
3.4.3 Vernetzung und Integration.....	37
3.4.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung .....	38
3.4.5 Selbstorganisation und Autonomie .....	39
4 Interaktive Prozessgestaltung.....	41
5 BPM und PM.....	43
5.1 BPM .....	43
5.2 PM.....	44
6 Methodisches Vorgehen .....	46
7 Analyse eines mittelständischen Unternehmens .....	49
7.1 Vorstellung des Unternehmens .....	49
7.2 Vorstellung Interviews .....	50
7.3 Ergebnisse Interviews .....	52
7.4 Beschreibung & Visualisierung vorhandener Istprozesse .....	62
7.4.1 Allgemeiner Prozessablauf .....	63

7.4.2 Fertigungsprozess Übergang AG 50-2" .....	66
7.4.3 Montage .....	78
7.4.4 Versand & Einlagerung .....	79
7.5 Auswertung & Potenziale der Istprozesse .....	82
7.6 Vorstellung möglicher Sollprozesse und Ansatzpunkte .....	86
7.6.1 Digitalisierung der Werkzeuganforderung .....	90
7.6.2 Bewertung des Sollprozesses .....	103
7.7 Mögliche Behinderungen bei der Umsetzung .....	104
8 Zusammenfassung und Fazit .....	107
Erklärung .....	113
Anhang .....	114
Anhang A - Interviewleitfaden .....	114
Anhang B - Datenträger .....	117
Literaturverzeichnis .....	118

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Mittelstand und Industrie 4.0 .....	2
Abbildung 2: Die industriellen Revolutione .....	7
Abbildung 3: Plattform Industrie 4.....	9
Abbildung 4: Zeitplan für einzelne Forschungsfelder zu Industrie 4.0 .....	11
Abbildung 5: Technologiefelder der Industrie 4.0 .....	12
Abbildung 6: Aufbau CPS.....	13
Abbildung 7: Beispiel einer Smart Factory.....	14
Abbildung 8: Rahmenfaktoren der Industrie 4.0 .....	17
Abbildung 9: Referenzarchitektur nach IBM .....	18
Abbildung 10: Unterschiede im Umgang mit Industrie 4.0/2014 .....	22
Abbildung 11: Unterschiede im Umgang mit Industrie 4.0/2015 .....	23
Abbildung 12: Hauptunterschiede in der Motivation .....	24
Abbildung 13: Hauptunterschiede in den Hemmnissen .....	25
Abbildung 14: Organisationszentrierte Gestaltung von CPPS.....	27
Abbildung 15: Horizontale Wertschöpfungskette .....	28
Abbildung 16: Vertikale Wertschöpfungskette .....	28
Abbildung 17: Klassische Wertschöpfungskette .....	29
Abbildung 18: Quantitativer Nutzen von Industrie 4.0.....	31
Abbildung 19: Qualitative Vorteile.....	33
Abbildung 20: Ableitung der Industrie 4.0 Funktionsbereiche.....	34
Abbildung 21: Kanäle interaktiver Prozessgestaltung.....	41
Abbildung 22: Prozessbeginn in der Verwaltung .....	63
Abbildung 23: Abteilungsübergreifender Fertigungsprozess .....	67
Abbildung 24: Materialflusskarte.....	68
Abbildung 25: Feinablauf CNC Dreherei.....	69
Abbildung 26: Index C200 .....	70
Abbildung 27: Werkzeuganordnungsblatt.....	71
Abbildung 28: FA Arbeitsschein 10/Komplett bearbeiten.....	73
Abbildung 29: Darstellung der MDE .....	74
Abbildung 30: Erfasste Daten der MDE .....	75
Abbildung 31: FA Arbeitsschein 20/Waschen.....	76
Abbildung 32: FA Arbeitsschein 30/Quantitative Kontrolle und Einlagerung.....	77
Abbildung 33: Prozessablauf der Montage .....	78

Abbildung 34: Prozessablauf im Versand .....	80
Abbildung 35: Procon Oberfläche der Webdemo .....	87
Abbildung 36: Beispiel eines Trinkwasserverteilers .....	89
Abbildung 37: Aktueller Werkzeuganforderungsprozess .....	91
Abbildung 38: Werkzeugkarte in Navision .....	91
Abbildung 39: Vorhandene Transaktionen im ERP .....	93
Abbildung 40: Digitalisierter Werkzeuganforderungsprozess .....	95

## **Abkürzungsverzeichnis**

KMU – Klein- und mittelständischen Unternehmen

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMWI – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

IoT – Internet of Things

IoS – Internet of Services

CPS – Cyber-Physical Systems/Cyber-Physisches System

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung

IuK-Technologien – Informations- und Kommunikationstechnologien

ES – Embedded Systems

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.

CPPS – Cyber-Physisches Produktionssystem

BPM – Business Process Management

PM – Process Mining

KPI – Key Performance Indikatoren

BPMS – Business Process Management System

ERP – Enterprise-Ressource-Planing

WMS – Workflow-Management-Systemen

BDE – Betriebs-Daten-Erfassung

FAL – Fachabteilungsleiter

LVS – Lagerverwaltungssysteme

OEM – Original Equipment Manufacturer

AP – Absatzplans

AVL – Auftragsvorratsliste

SCM – Supply-Chain-Management

PM – Produktionsmappe

WAB – Werkzeuganordnungsblatt

FA – Fertigungsauftrag

EDI – Electronic Data Interchange

MES – Manufacturing Execution System

RFID – Radio-Frequency-Identification

## 1 Einleitung

Unternehmen stehen heute vor sehr großen Herausforderungen und für deutsche Unternehmen wird es immer schwieriger ihren technologischen Vorsprung zu behaupten (Andersch AG & RWTH, 2015). Neben anspruchsvollen Rahmenbedingungen, wie volatilen Märkten und einem zunehmenden Druck, auf Grund der Globalisierung, werden die Prozesse innerhalb der Unternehmen immer diffiziler und kundenspezifische Produkte immer gefragter. Eine Studie zur Erwartungshaltung an die Produktionsarbeit der Zukunft, die im Jahr 2013 erstellt wurde, zeigt, dass Unternehmen unter anderem eine zunehmende Automatisierung, die auch kleine Serien berücksichtigt, erwarten und die Flexibilität als einen der zukünftigen Schlüsselfaktoren deklarieren. Als zentraler Aspekt wird trotz zunehmender Automatisierung und Digitalisierung weiterhin der Mensch gesehen (FraunhoferIAO, 2013).

Die vierte industrielle Revolution, auch unter dem Begriff Industrie 4.0 bekannt, beschäftigt sich genau mit diesen Herausforderungen. Sie soll Unternehmen dabei unterstützen diese Revolution aktiv mitzugestalten, Chancen hieraus abzuleiten und diese wahrzunehmen, um so den technologischen Vorsprung aufrechtzuerhalten oder auszubauen (Hightech-Strategie.de, 2016).

Unternehmen stehen hierbei vor der Aufgabe, die Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den kompletten Lebenszyklus eines Produktes hinweg neu zu überdenken. Um diese Herausforderung überwinden zu können, wachsen physische und virtuelle Welt stetig weiter zusammen. So werden zukünftig viele physische Objekte Sensoren oder Aktoren besitzen und untereinander vernetzt sein (vgl. Plattform Industrie 4.0, 2015). So gewinnt das Internet of Things (IoT), in dem beispielsweise Objekte oder Maschinen miteinander kommunizieren, immer mehr an Bedeutung und bietet ganz neue Möglichkeiten einer interaktiven und effizienteren Gestaltung von Prozessen oder Systemen (Gubbi et al., 2013). Des Weiteren können durch das Konzept des Internet of Services (IoS) neue Vertriebswege und Einnahmequellen erschlossen werden (Terzidis et al., 2012).

Zur Optimierung der Wertschöpfungskette hinsichtlich Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch, muss eine Bereitstellung und Weiterverarbeitung aller relevanten Informationen und Daten, möglichst in Echtzeit, erfolgen und die Verbindun-

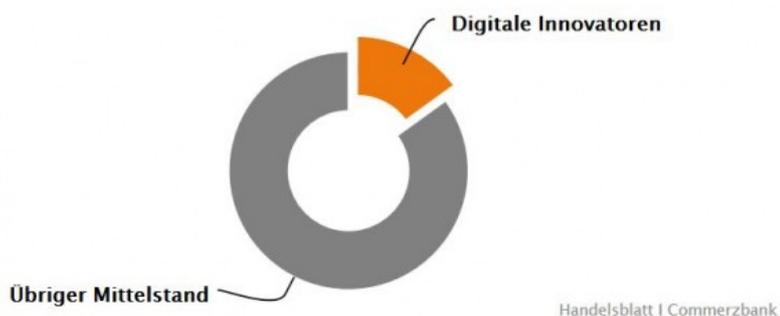
gen zwischen Menschen, Objekten und Systemen dahingehend auf- oder umgebaut werden. Um Unternehmen besser auf diese Aufgaben vorzubereiten wurden verschiedene Strategien entwickelt, die beispielsweise bei einer Standardisierung der Referenzarchitektur oder einer entsprechenden Aus- und Weiterbildung unterstützen sollen (vgl. Plattform Industrie 4.0, 2015).

Das Potenzial, welches diese digitalisierte Produktion mit sich bringt, scheint für deutsche Firmen immens zu sein. So wird beispielweise nur für den Maschinen- und Anlagenbau ein zusätzliches Wertschöpfungspotenzial von 23 Milliarden Euro erwartet. Notwendig sind hierfür jedoch neben intelligenten Maschinen auch gut ausgebildete Mitarbeiter (Handelsblatt, 2015).

Problematisch erscheint zurzeit die flächendeckende Umsetzung des Ansatzes. So nehmen viele mittelständische Unternehmen trotz steigendem Drucks, beispielsweise durch innovative Wettbewerber, nicht aktiv an der digitalen Revolution teil. Wie gering der Anteil an Unternehmen ist, die im Bereich Industrie 4.0 vorangehen und eine Einführung der verschiedenen Techniken vorantreiben zeigt Abbildung 1.

#### Anteil digitaler Innovatoren

Angaben in %



**Abbildung 1:** Der Mittelstand und Industrie 4.0 (Golem.de, 2015)

Es ist ersichtlich, dass eine große Anzahl der Unternehmen nicht zu den digitalen Innovatoren gehört. So geben viele der befragten Unternehmen an, dass sie die Chancen von Industrie 4.0 zwar erkannt haben, jedoch trotz schwieriger Märkte, in

denen ein Verdrängungswettbewerb stattfindet und immer kürzere Produktzyklen entstehen, eher abwartend agieren (Golem.de, 2015).

Laut VDI/VDE bietet unter anderem die Digitalisierung und eine funktional übergreifende Verknüpfung der Wertschöpfungskette ein hohes Verbesserungspotenzial im Bereich Industrie 4.0 und ist demnach von großer Bedeutung. So können beispielsweise Daten aus der Logistik in der Montage verwendet werden, um sich dort anhand der Auftragsbestände zu organisieren oder der Einkauf sieht in Echtzeit Bestandsdaten und den Standort von Zulieferteilen. Durch Verknüpfung der einzelnen Abteilungen und Bereiche entstehen Verbesserungspotenziale, die es jedoch auch notwendig machen den Lebenszyklus zusammen mit den enthaltenen Wertschöpfungsprozessen allgemein und umfassend zu betrachten. Somit sollte keine Isolation auf einzelnen Abteilungen oder Firmen stattfinden, sondern der Blick auf den gesamten Verbund unter anderem bestehenden aus Firmen, Partnern und Kunden gerichtet werden (VDI/VDE Statusreport, 2015).

Ein wichtiger Bestandteil des Industrie 4.0-Ansatzes ist demnach die entsprechende Gestaltung von Prozessen. Somit sind die Definition, Analyse, Anpassung und Verbesserung der Prozesse eines Unternehmens bereits heute als auch in der Zukunft von großer Bedeutung (Scheer, 2014). Wie in der Masterprojektarbeit aufgezeigt, stellen unter anderem Business Process Management und Process Mining Möglichkeiten hierzu dar. Business Process Management ist unter anderem in den Bereichen der Qualitätsverbesserung, Standardisierung von Arbeitsabläufen, Produktivitätssteigerung oder auch die Verbesserung der Kundenorientierung ein mögliches Instrument (Minonne et al., 2011).

Prozessmanagement ermöglicht in diesem Zusammenhang neben der Verringerung von Kosten oder der Beschleunigung von Durchlaufzeiten, das Aufdecken und Brechen von überflüssigen unternehmensinternen Grenzen beim Prozessablauf. Zudem kann das Unternehmen durch ein angemessenes Prozessmanagement sicherstellen, dass dies ihre Zusagen an Kunden einhält, Kapazitäten nicht überanspricht sondern möglichst optimal ausnutzt und zudem eine Rückmeldung erhält, sobald ein Prozess nicht länger die Kundenbedürfnisse erfüllt und ersetzt werden muss (vom Brocke & Rosemann, 2015a).

Im Bereich der Prozessanalyse und Prozessverbesserung bietet Process Mining zahlreiche Möglichkeiten (W. Van der Aalst, 2011). Im Kontext von Industrie 4.0 ist dies unter anderem nützlich, da Process Mining die Möglichkeit bietet, basierend auf Logs die konkreten Abläufe eines Prozesses festzustellen und zu visualisieren. Somit erleichtert es die Abläufe eines Prozesses besser zu verstehen und auf Basis dieser Erkenntnisse anzupassen und zu optimieren (Accorsi et al. , 2012).

Prozesse müssen im Kontext von Industrie 4.0 nicht nur entsprechend den neuen Anforderungen designt und etabliert, sondern zudem stetig überwacht werden, damit falls nötig unmittelbar Änderungen vorgenommen und die Auswirkungen der Änderungen festgestellt werden können. Dies wird durch interaktive Prozesse, das heißt Prozesse mit mehreren Kommunikationsrichtungen, ermöglicht. So werden die Prozesse zum einen entsprechend ihrem Umfeld definiert, kommuniziert und ausgeführt. Zum anderen findet eine Kommunikation zwischen dem ausübendem Umfeld des Prozesses und den Zuständigkeiten der Prozessgestaltung statt. Hierdurch werden Daten und Informationen bezüglich der Prozessausführung bereitgestellt und können für die Prozessoptimierung genutzt werden.

Durch Industrie 4.0 erhält die Digitalisierung sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Wertschöpfungskette Einzug und optimiert durch interaktive Prozesse bei der horizontalen Wertschöpfung unter anderem den Informations- und Warenfluss vom Lieferanten, über das eigene Unternehmen bis zum Kunden. Bei der vertikalen Digitalisierung lässt sich durch interaktive Prozesse ein durchgängiger Informations- und Datenfluss über die einzelnen Abteilungen, wie Vertrieb oder Produktion, hinweg realisieren (Koch et al., 2014).

Ziel der Arbeit ist es am Beispiel eines mittelständischen Unternehmens darzustellen, wie der Einsatz einer interaktiven Prozessgestaltung mit Hilfe von Business Process Management im Kontext von Industrie 4.0 aussehen könnte und dadurch folgende Fragestellung zu beantworten:

***Welche Aspekte und Bereiche von Industrie 4.0 sind für mittelständische Unternehmen interessant?***

Diese Fragestellung wird unter anderem auf Basis der Literatur bearbeitet und beinhaltet eine Vorstellung der Thematik Industrie 4.0. Diese Vorstellung beinhaltet die Frage warum der Ansatz Industrie 4.0 verfolgt werden sollte, für welche Bereiche dieser Ansatz welche Möglichkeiten bietet, welche Techniken zum Einsatz kommen können und erläutert zudem welche allgemeinen Chancen und Risiken dieser Ansatz bietet. Grundlage zur Beantwortung dieser Frage bilden die Kapitel 1 bis 3.

Zum anderen wird folgende Fragestellung analysiert:

***Welche Prozesse lassen sich durch den Einsatz von Industrie 4.0 im untersuchten Unternehmen optimieren? Inwieweit kann eine interaktive Prozessgestaltung hierbei helfen und was wird dafür benötigt?***

Um diese Fragestellung zu beantworten werden die Begrifflichkeiten der interaktiven Prozessgestaltung erläutert und die Abläufe in einem mittelständischen Unternehmen genauer untersucht. Hierzu werden teilstrukturierte Interviews durchgeführt und ausgewertet sowie die konkrete Vorgehensweise im Unternehmen im Rahmen einer Einstellung als Werkstudent genauer betrachtet. Des Weiteren wird der Prozessablauf von der Planung über die Fertigung bis hin zum Versand an Hand eines Referenzproduktes nachverfolgt und die aktuellen Prozesse, so wie sie im Unternehmen ausgeübt werden, abgebildet. Die Interviews werden einerseits den aktuellen Zustand des Unternehmens, bezogen auf Industrie 4.0, sowie die aktuelle Prozessgestaltung beinhalten und andererseits mögliche Szenarien in der Zukunft behandeln. Auf Basis der Auswertung der Interviews, vorhandener Dokumentationen sowie den Beobachtungen der Prozessabläufe vor Ort werden die bisherigen Prozesse im Unternehmen visualisiert und erläutert. Nach der Visualisierung der Prozesse werden diese auf ihr Potenzial bezüglich einer Optimierung und einer interaktiven Prozessgestaltung hin analysiert. Die Analyse baut auf dem soziotechnischen Ansatz auf, der in einem Arbeitssystem die Interaktion der sozialen sowie technischen Teilsysteme berücksichtigt und eine gegenseitige Beeinflussung dieser Teilsysteme beschreibt (Badke-Schaub et al., 2008). Im Mittelpunkt der Analyse stehen die drei Hauptaspekte Menschen, Prozesse und Daten und deren Beziehungen zueinander. Um diese Analyse durchzuführen, werden die Bestandteile der Prozesse, wie zum Beispiel die verschiedenen Systeme, benötigte Daten oder zuständige Mitarbeiter, erläutert und

die sich durch eine interaktive Prozessgestaltung ergebenden Änderungen im Prozessablauf erklärt und dargestellt.

Des Weiteren werden die in der Literatur auffindbaren Ansätze zur Umsetzung von Industrie 4.0 vorgestellt und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit geprüft. Hierdurch sollen sich Potenziale und Chancen aufzeigen lassen, die anschließend als Grundlage zur Beantwortung von Fragestellung 3 dienen. Zudem wird durch das Unternehmen die Bewertung einer möglichen zukünftigen Prozessgestaltung, die auf dem Industrie 4.0 Ansatz beruht, erfolgen. Ebenfalls wird geprüft, in welchen Bereichen eine solche Umsetzung möglichst zeitnah erfolgen kann und in wie weit eine entsprechende Umsetzung realistisch erscheint. Desweiteren wird auf mögliche Probleme oder Einschränkungen bei der Umsetzung eingegangen.

Mit Hilfe dieser beiden Fragestellungen soll im Anschluss folgende Frage beantwortet werden:

***Welche Potenziale bieten sich Klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) durch den Einsatz von Industrie 4.0 Techniken und einer interaktiven Prozessgestaltung? Welchen Problemen stehen KMUs hierbei gegenüber?***

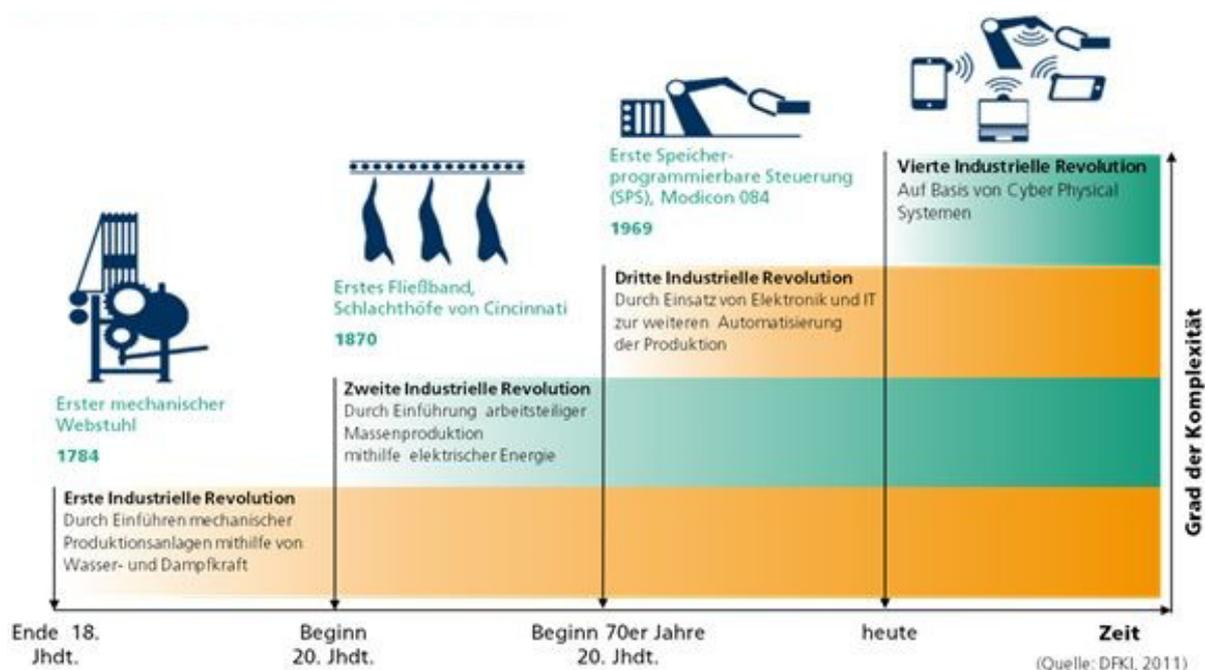
Wie die Fragestellungen bereits zeigen, wird an dieser Stelle nicht nur ein Aufzeigen möglicher Potenziale, sondern auch eine kritische Auseinandersetzung mit der Thematik und einer möglichen Umsetzung erfolgen. Die Beantwortung dieser Fragestellungen kann nicht als allgemeingültige Aussage für alle KMU angesehen werden, soll jedoch eine Möglichkeit darstellen um weitere KMU zu analysieren und anhand des untersuchten Unternehmens aufzeigen, welche Möglichkeiten Industrie 4.0 für mittelständische Unternehmen bietet und welchen Hindernisse diese dabei gegenüberstehen.

## 2 Industrie 4.0

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Begriff Industrie 4.0 genauer betrachtet. Hierzu wird die Geschichte und Entwicklung dargestellt sowie wichtige Begrifflichkeiten erläutert. Anschließend werden verschiedene Systeme die für den Mittelstand von Bedeutung sein können vorgestellt und abschließend die Chancen und Probleme des Industrie 4.0-Ansatzes beschrieben.

### 2.1 Geschichte & Begrifflichkeit

„Unter »Industrie 4.0« wird die beginnende vierte industrielle Revolution nach Mechanisierung, Industrialisierung und Automatisierung verstanden. Zentrales Element sind vernetzte Cyber-Physische Systeme (CPS).“ heißt es in einer Studie des Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (FraunhoferIAO, 2013).



**Abbildung 2:** Die industriellen Revolutionen (FraunhoferAustria, 2015)

Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Ablauf der bisherigen industriellen Revolutionen und verdeutlicht die steigende Komplexität. Die momentan voranschreitende vierte industrielle Revolution wird hierbei als die Komplexeste verstanden. Der Begriff der Industrie 4.0 ist heutzutage weit verbreitet, in vielen verschiedenen Bereichen anzutreffen und wird häufig synonym als vierte industrielle Revolution bezeichnet. In

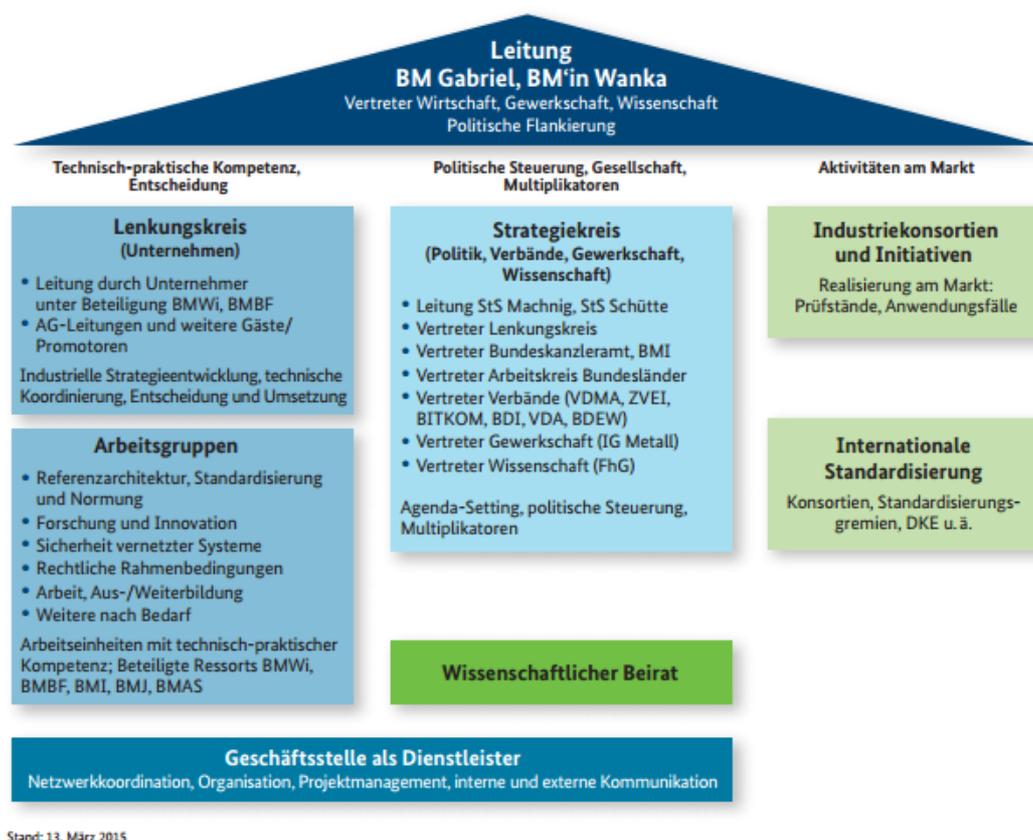
Deutschland wurde die Initiative Industrie 4.0 im Jahr 2011 als Zukunftsprojekt im Rahmen der Hightech-Strategie in die Öffentlichkeit gebracht und bisher unter anderem mit Fördermitteln in Höhe von über 120 Millionen Euro unterstützt (BMBF, 2015b). So wurde Industrie 4.0 ursprünglich am 25. Januar 2011 von der Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft als Zukunftsprojekt vorgeschlagen, auf der Hannover Messe 2011 der Öffentlichkeit vorgestellt und in der Zwischenzeit auf den Weg gebracht (VDI-Nachrichten, 2015).

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beschreibt Industrie 4.0 allgemein als das Zusammenwachsen von realer und virtueller Welt zu einem Internet der Dinge. Ziel des Projektes Industrie 4.0 ist es hierbei diesen Prozess zu unterstützen, die deutsche Industrie auf diesen Prozess vorzubereiten und diesen aktiv mitzugestalten. Die zukünftige Produktion wird laut BMBF eine starke Individualisierung der Produkte aufweisen und eine hoch flexible Produktion benötigen. Zudem werden zukünftig Kunden und Geschäftspartner direkt in die Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse mit einbezogen. Hochwertige Dienstleistungen werden den Produktionsprozess begleiten und durch intelligente Monitoring- und Entscheidungsprozesse Unternehmen oder Wertschöpfungsnetzwerke zeitnah betrachtet, gesteuert und angepasst werden (BMBF, 2015b).

Die Umsetzung des Projektes gestaltet sich jedoch bisher äußerst schwierig. Obwohl seit 2011 an dem Projekt gearbeitet und Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden, ist eine Umsetzung in der Realität noch eher selten anzutreffen. Neben der Statistik auf Seite 3 stützt eine Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom März 2015 diese Aussage. Als Grundlage für diese Studie wurden 65 Veröffentlichungen mit Bezug zur Industrie 4.0 gesichtet und zur Analyse des Potenzials 29 Studien bzw. deren 150 Indikatoren ausgewertet. Zudem wurde eine Umfrage mit 53 Industrieexperten aus betroffenen Bereichen durchgeführt. Ergebnisse dieser Studie waren unter anderem, dass lediglich 22% aller befragten Unternehmen einen hohen Digitalisierungsgrad ihrer Wertschöpfung, sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Wertschöpfung, aufweisen (BMWi, 2015b).

Um dies zu ändern und das Thema der digitalen Produktion von morgen auf eine breitere politische und gesellschaftliche Basis zu stellen, wurde auf Hannover Messe

2015 die „Plattform Industrie 4.0“ ins Leben gerufen, die neben der Bundesregierung aus Partnern der Industrie und Wissenschaft besteht (Bundesregierung, 2015).



**Abbildung 3:** Plattform Industrie 4.0 (BMDf.de, 2015)

Mit Hilfe dieser Plattform, deren Aufbau in Abbildung 3 dargestellt wird, sollen gemeinsame Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, die eine Basis für einheitliche und verlässliche Rahmenbedingungen darstellen. Die Abbildung stellt die verschiedenen Stakeholder und Personenkreise dar, die den Themenkomplex Industrie 4.0 mitgestalten und mitbestimmen. Es sollen hierdurch relevante Trends und Entwicklungen identifiziert werden und zusammengeführt ein einheitliches Gesamtverständnis von Industrie 4.0 ermöglichen. Die Plattform beschreibt Industrie 4.0 als Entwicklung hin zu intelligenten Fabriken (Smart Factories), die es auf Grundlage von intelligenten und vernetzten Systemen erlauben eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion durchzuführen. In dieser findet eine Kommunikation und Kooperation von Mensch, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkten statt, die eine effizientere und flexiblere Gestaltung der Produktion ermöglichen (BMW i & BMBF, 2015).

Somit beschreiben Smart Factories eine Produktionsumgebung, in der zwischen Fertigungsanlagen, Menschen und Ressourcen eine Kommunikation wie in sozialen Netzwerken stattfindet (Kagermann et al. , 2013). Durch diese elektronische Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen untereinander und mit der Umwelt, lassen sich komplett neue Produkte und Dienstleistungen entwickeln (Sandler et al., 2013).

Etwas anschaulicher als in den vorangegangenen allgemeinen Definitionen beschreibt Kaufmann (2015) Industrie 4.0. So stellt er sich die zukünftige Produktion wie folgt vor: *„In Industrie 4.0 suchen die Werkstücke in der Produktion selbstständig den schnellsten Weg durch die Werkhalle zur Maschine, rüsten sich die Maschinen automatisch durch Informationen des Werkstückes um, bestellen automatisch Ersatzteile. Wenn ein Fehler an der Maschine in der Zukunft prognostiziert wird, nimmt die Maschine eine Umplanung der Produktion vor, etc.“* (Kaufmann, 2015). Weiter beschreibt er die neuartige Verwendung von gewonnenen Informationen als große Besonderheit der Industrie 4.0. Wurden diese bisher lediglich aufgezeichnet, verarbeitet und an die nachgelagerten Prozesse weitergegeben, werden diese nun verwendet um Prozesse in der Gegenwart aktiv zu steuern und beeinflussen zu können (Kaufmann, 2015).

Durch den Industrie 4.0-Ansatz ergeben sich hinsichtlich der Prozessgestaltung ebenfalls Änderungen. So zielt Industrie 4.0 auf eine *„ganzheitliche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Optimierung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen mit den Konsequenzen einer grundlegenden Transformation der Geschäftsprozesse nicht nur von einzelnen Unternehmen, sondern auch von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten“* (Hirsch-Kreinsen & Weyer, 2014, S. 3) ab. Die Prozesse werden sich aufgrund der eingesetzten Techniken verändern und sich an den Möglichkeiten, die diese bieten, orientieren müssen. Diese prozesstechnischen Veränderungen stellen den Themenschwerpunkt dieser Ausarbeitung dar.

Festzuhalten bleibt, dass Industrie 4.0 zum einen bereits jetzt ein riesiges Projekt für Unternehmen darstellt und auf der anderen Seite noch als Forschungsprojekt angesehen werden kann, dessen endgültige Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist.



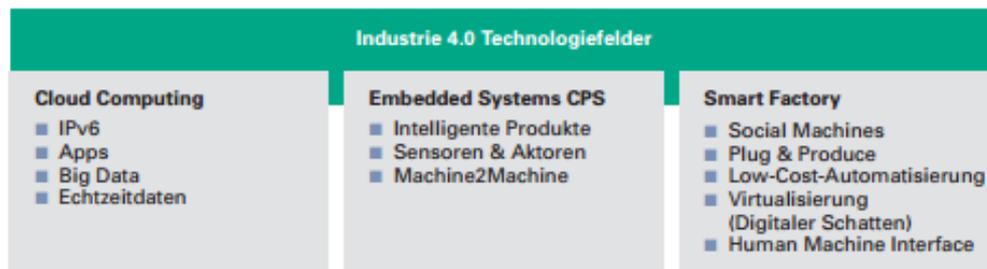
**Abbildung 4:** Zeitplan für einzelne Forschungsfelder zu Industrie 4.0 (Gillhuber, 2014)

Abbildung 4 zeigt eine zeitliche Einschätzung der Plattform Industrie 4.0 und verdeutlicht, dass Industrie 4.0 ein Projekt darstellt, welches zurzeit noch am Anfang steht und über die nächsten Jahre hinweg andauern wird. Sie verdeutlicht ebenfalls, dass viele verschiedene Bereiche von Veränderungen hin zur Industrie 4.0 betroffen sein werden.

In dieser Ausarbeitung wird Industrie 4.0 als Ansatz gesehen, bei dem versucht wird mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien) sowohl interne als auch unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozesse effektiver und effizienter zu gestalten. Die Umsetzung dieses Ansatzes kann durch den Einsatz verschiedener Techniken und Systeme erfolgen, welche nachfolgend noch genauer beschrieben werden. Im Mittelpunkt dieser Ausarbeitung stehen die Digitalisierung und Flexibilisierung der Unternehmensprozesse sowie eine optimale Nutzung aller im Unternehmen vorhandener Daten und Informationen.

## 2.2 Systeme der Industrie 4.0

Der Ansatz der Industrie 4.0 umfasst, wie bereits beschrieben, viele unterschiedliche Themen und somit auch verschiedene Technologiefelder mit unterschiedlichen Systemen. Einige diese Systeme werden nachfolgend genauer erläutert.

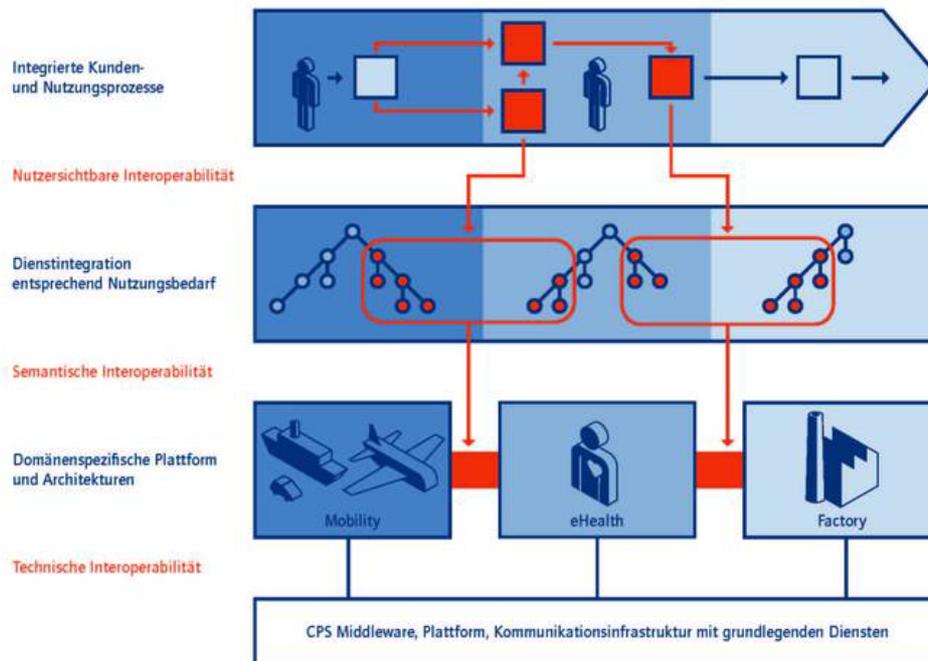


**Abbildung 5:** Technologiefelder der Industrie 4.0 (Emmrich et al., 2015)

Abbildung 5 zeigt eine Auswahl an verschiedenen bedeutenden Technologiefeldern der Industrie 4.0. Wie bereits in der ersten Definition beschrieben, spielen unter anderem **Cyber-Physical Systems** eine große Rolle, um die erwähnten Herausforderungen und die dementsprechenden Entwicklungen zu meistern. Laut Broy (2011) zielen CPS darauf ab „die Verbindung eingebetteter Systeme mit den Möglichkeiten weltweiter Netze“ zu kombinieren und dadurch „eine direkte Verbindung (und Rückkopplung) zwischen der physikalischen und der digitalen Welt“ entstehen zu lassen (S. 21). Durch solche Systeme werden völlig neue Systemfunktionen ermöglicht, welche unter anderem neben der Verbindung der physikalischen und digitalen Welt eine umfangreiche Interaktion, die Einbeziehung von Netzen aus Sensoren und Aktoren sowie eine starke Integration in die Handlungsläufe aufweisen (Broy, 2011).

Beetz (2010) beschreibt CPS als das „Zusammenspiel von lokaler Information, Informationsverarbeitung und großen Systemen, die diese Informationen bewerten und darauf aufbauend effizient, autark und autonom Aufgaben bearbeiten: Steuerung, Regelung, Überwachung, Kommunikation oder Signalverarbeitung“ (S.60). Diese Definitionen verdeutlichen, dass CPS eine Vielzahl von Aufgaben ausführen und hierzu unzählige Mengen an Daten verarbeiten. Grundsätzlich besteht die Besonderheit von CPS darin, dass diese Informationen selbstständig erfassen und auswerten können um anschließend geeignete Aktionen auszuführen. Hierzu unterstützen CPS einerseits Möglichkeiten der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und anderer-

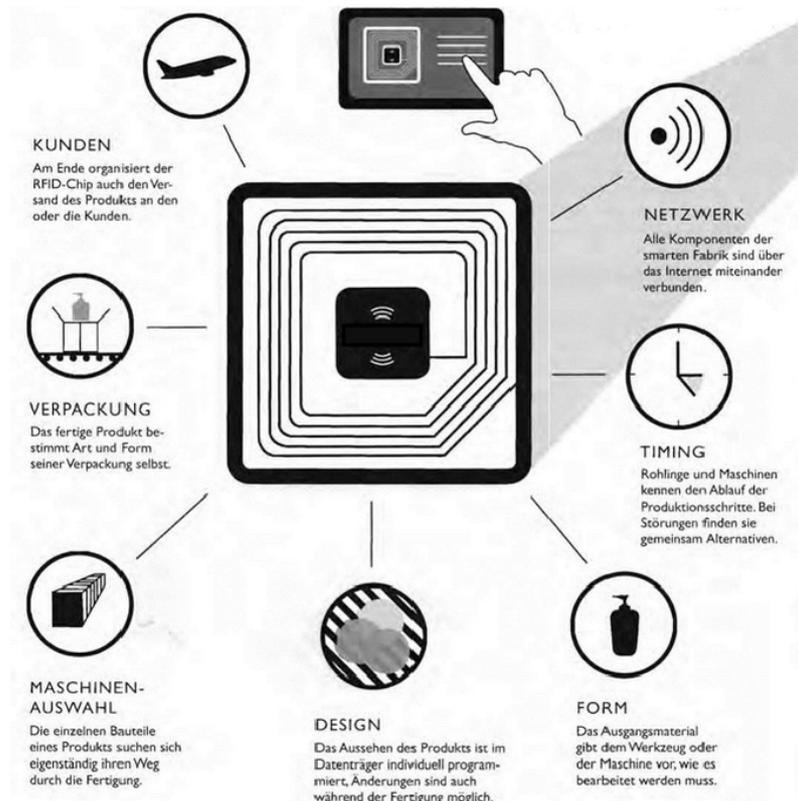
seits die Vernetzung von Produkten, Maschinen oder verschiedenen Betrieben durch Internetstrukturen (Wolff & Schulze, 2000).



**Abbildung 6:** Aufbau CPS (Acatech.de, 2015)

Abbildung 6 zeigt eine idealtypische Schichtenstruktur von CPS. Hierbei bildet eine Kommunikationsinfrastruktur die mit entsprechenden Diensten und einer geeigneten Middleware kombiniert wird, die Grundlage. Auf dieser können anwendungsspezifische Plattformen und Architekturen errichtet werden. Sind die Daten dieser Systeme semantisch interoperabel, so können diese über Schnittstellen untereinander kommunizieren, Daten austauschen und somit das Zusammenspiel verschiedener Anwendungen ermöglichen. Werden diese Vorgänge für Beteiligte angemessen aufbereitet und präsentiert, lassen sich somit integrierte Kunden- und Nutzungsprozesse erstellen (Acatech.de, 2015). Grundlage für CPS bilden sogenannte **Embedded Systems (ES)**. Hierrunter werden Systeme verstanden, die durch eingebettete Soft- und Hardware erweitert werden und somit beispielsweise für Applikationen oder Teile anderer Systeme nutzbar werden (Kamal, 2008).

Ebenfalls im Kontext von Industrie 4.0 häufig verwendet wird der bereits erwähnte Begriff der **Smart Factory (Intelligente Fabrik)**. Durch die Verknüpfung der Wertschöpfungsnetzwerke wird, neben der Effizienzsteigerung der Produktion, eine Robustheit gegenüber Störungen erreicht (Bauernhansel, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014).



**Abbildung 7:** Beispiel einer Smart Factory (WirtschaftsWoche, 2015)

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel einer intelligenten Fabrik aus der Studie „Industrie 4.0“ der Deutsche Bank Research und zeigt die verschiedenen Möglichkeiten auf, die eine solche Smart Factory bietet (WirtschaftsWoche, 2015). Neben der Verknüpfung aller Komponenten werden hierbei die Beziehungen der verschiedenen Bereiche oder Produkte deutlich. So bestimmt beispielsweise das Ausgangsmaterial selbstständig wie eine Maschine dieses zu bearbeiten hat und das fertige Produkt legt abschließend die angemessene Verpackung fest und organisiert den Versand. Teil einer solchen Smart Factory sind unter anderem **Smart Products (Intelligente Produkte)**. Solche intelligenten Produkte verfügen beispielsweise über Informationen bezüglich ihres Status, ihres Einsatzes oder ihrer Umgebung. Entsprechende Systeme sind einerseits in der Lage dieses Wissen zu interpretieren und dadurch den phy-

sikalischen Prozess der Produkte zu kontrollieren oder weiterzugeben. Andererseits ermöglicht die Kommunikation mit der Umgebung bestimmte Ereignisse festzuhalten oder auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen eigenständig Entscheidungen zu treffen und somit autonom zu arbeiten (Anderl et al., 2013).

Alle bisher vorgestellten Systeme beruhen unter anderem auf der Sammlung und Analyse von Daten. Diese Datenmengen wachsen immer mehr an. Die zentrale und bedarfsgerechte Bereitstellung dieser ist von großer Bedeutung und lässt sich unter anderem durch **Cloud Computing** realisieren. Cloud Computing umfasst aber nicht nur die Bereitstellung von Daten, sondern kann auch als Plattform zur Ausführung von kompletten Software-Diensten genutzt werden. Der Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI) schreibt hierzu: „Für die Vernetzung von Geschäfts- und Produktionsprozessen in Unternehmen und ihrer Umgebung – auch »Industrie 4.0« – sind Clouddienste Basis und Treiber“ (BDI, 2013, S. 7). Auf Grund der stetig steigenden Datenmengen gestaltet sich eine zentrale Informationsaufbewahrung jedoch zunehmend schwieriger. An dieser Stelle setzt **Fog Computing** an und erweitert den Ansatz des Cloud Computing. Hierbei wird eine dezentralere und kontextsensitive Ablage der Daten bevorzugt und eine Verknüpfung der „Datenwolken“ angestrebt. (Bonomi et al., 2012).

Beide beschriebenen Technologien dienen der Speicherung und Bereitstellung riesiger Datenmengen, die wiederum neue Analyse- und Bearbeitungsverfahren erfordern. Diese neuen Ansätze werden unter dem Begriff **Big Data** zusammengefasst, der sinnvolle und effiziente Techniken zur Verwaltung und Verwendung von riesigen Datenmengen beschreibt. Merkmale die hierbei eine große Rolle spielen sind vorwiegend Dateneigenschaften wie Masse, Vielfalt, Geschwindigkeit aber auch Wert und Vertrauenswürdigkeit (Emmrich et al., 2015). Dies spielt zum einen eine bedeutende Rolle, da die Menge der erfassten Daten stetig wächst, beispielsweise durch sensorgenerierte Daten, und zum anderen die gesammelten Daten aus vielen verschiedenen Bereichen und Systemen stammen und zudem unstrukturiert vorliegen können. Bedeutend ist es daher diese Mengen an Daten sinnvoll zusammenzuführen, zu analysieren und dann den betreffenden Personenkreisen in entsprechender Qualität vorlegen zu können, um so zum Beispiel Prognosen oder Schwachstellen ableiten zu können (Sauter et al., 2015).

Ebenfalls Teil des Industrie 4.0-Komplexes ist das **maschinelle Lernen (Machine Learning)**. Brandewinder (2015) beschreibt dies wie folgt: „*Machine Learning is writing programs that learn how to perform a task from experience, without being explicitly programmed to do so*“ (S. 2). Dieses maschinelle Lernen kann beispielsweise bei Diagnose-Assistenz-Systemen eingesetzt werden, die eine frühzeitige Erkennung von Verschleiß oder Problemen ermöglichen und bei der Fehleridentifikation unterstützen können. Gerade bei Prozessen die im Rahmen der Industrie 4.0 weitestgehend automatisiert ablaufen und der Mensch nur noch in Problemsituationen herangezogen wird, kann dies hilfreich sein (Jasperneite, 2012). Durch den Einsatz von **mobilen Informationssystemen** besteht zudem die Möglichkeit, die Mitarbeiter besser bei ihren Aufgaben zu unterstützen und diese somit effektiver und effizienter zu bearbeiten. Beispiele hierfür sind unter anderem Datenbrillen in Teilelagern, Tablets im Service Bereich oder Augmented Reality bei Wartungsarbeiten (Sauter et al., 2015).

### 2.3 Allgemeine Chancen und Risiken

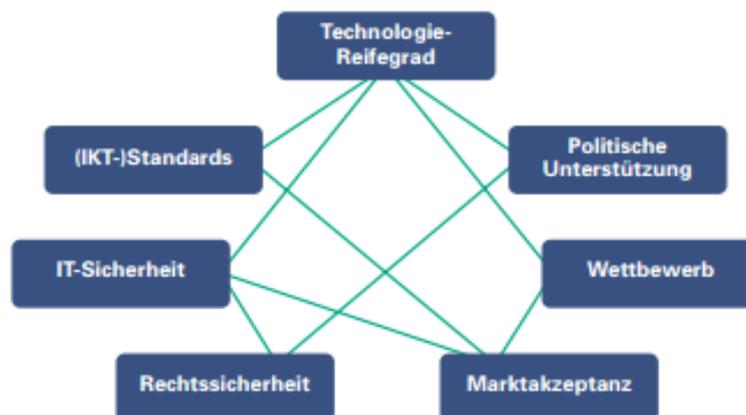
Die Chancen, die der Industrie 4.0 Ansatz bietet, resultieren aus den Herausforderungen denen Unternehmen in den nächsten Jahren gegenüberstehen. Neben den bereits beschriebenen Herausforderungen einer starken Individualisierung der Produkte und einer möglichst flexiblen Produktion, stehen Unternehmen ebenfalls einer weiter voranschreitenden Globalisierung, die einen wachsenden internationalen Wettbewerb mit sich bringt, gegenüber. Weitere Herausforderungen stellen Probleme wie der demografische Wandel, mit einer immer älter werdenden arbeitenden Bevölkerung sowie knappere Rohstoffe und steigende Energiepreise dar (BMBF, 2013).

Eine erfolgreiche Umsetzung der Industrie 4.0 Strategie soll Unternehmen in die Lage versetzen diese Herausforderungen zu lösen und hieraus Vorteile zu entwickeln. Durch eine individualisierte Produktion mit Hilfe der Industrie 4.0 sollen Unternehmen in der Lage sein bei geringeren Fehlerraten flexibler zu produzieren und somit eine hohe Auslastung und gesteigerte Effizienz vorweisen zu können. Umgesetzt wird diese beispielsweise durch eine dezentrale Produktionssteuerung oder flexible Maschinen. Eine weitere Chance bietet die Vernetzung von Unternehmen. Durch die horizontale Integration in die Wertschöpfungskette können Prozesse zwischen Unternehmen besser koordiniert werden. Somit kann auf Situationsänderungen schnell-

ler reagiert werden oder Anpassungen an Marktentwicklungen schneller vorgenommen werden. Dies bringt beispielsweise eine Minimierung von Unterbrechungen oder, durch effizientes Ressourcenmanagement, eine Einsparung von Lagerkosten mit sich. Gleiche Effekte lassen sich durch flexible Wertschöpfungsnetzwerke auch innerhalb eines Unternehmens erzielen, indem an Hand der gewonnenen Prozessdaten diese optimiert und effizienter gestaltet werden (BMBF, 2013).

Neben diesen allgemeinen Chancen bietet jede eingesetzte Technik diverse Vorteile. Werden CPS, eine der wichtigsten Techniken, in der Produktion eingeführt, ergeben sich beispielsweise Chancen wie eine automatische Optimierung von Systemen oder eine Selbstdiagnose von Komponenten oder Anlagen, die sinkende Wartungskosten mit sich bringt (Bettenhausen & Kowalewski, 2013). Für Unternehmen wird es daher wichtig sein, die Techniken auszuwählen, deren Nutzen für sie am größten ist. Dies gewinnt zudem an Bedeutung, da wie beschrieben eine Umsetzung des Industrie 4.0 Ansatzes nicht zu einem festen Zeitpunkt erfolgt, sondern über Jahre hinweg. Wollen Unternehmen möglichst frühzeitig die Entwicklung hin zur Industrie 4.0 vorantreiben, kann dies über einzelne Investitionen in kosteneffiziente Lösungen mit einem möglichst hohen Nutzen erfolgen (PWC, 2014).

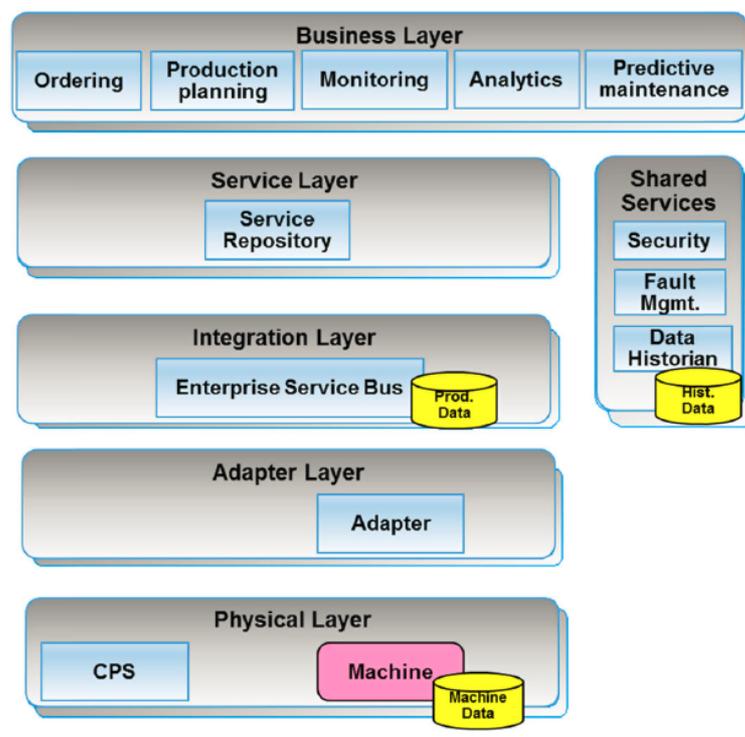
Den Chancen stehen jedoch Risiken und Zweifel gegenüber. Eine große Anzahl an Risiken ergibt sich aus den umfangreichen Rahmenfaktoren, von denen Industrie 4.0 abhängig ist.



**Abbildung 8:** Rahmenfaktoren der Industrie 4.0 (mit beispielhaften Wechselwirkungen)  
(Emmrich et al., 2015)

Abbildung 8 zeigt eine Darstellung dieser Rahmenbedingungen und deren Wechselwirkungen. Einer der zentralen Rahmenfaktoren ist hierbei der Technologie-Reifegrad. Dieser ist auf der einen Seite der wichtigste Treiber hin zur Industrie 4.0, da er diese durch die mögliche Vernetzung und Kommunikation ermöglicht. Auf der anderen Seite beeinflusst der Technologie-Reifegrad jedoch viele der anderen Rahmenfaktoren und wird von anderen beeinflusst. Daher stellt der Technologie-Reifegrad auch ein Risiko dar. Unternehmen müssen sich sicher sein, dass sie in die passende Technologie investieren, die auch in den nächsten Jahren einen ausreichenden Standard darstellt. Dies ist wiederum abhängig von den anderen Rahmenbedingungen wie der Marktakzeptanz oder Standards (Emmrich et al., 2015)

Um es für Unternehmen einfach zu gestalten, sich für bestimmte Techniken zu entscheiden und Industrie 4.0 umzusetzen, wird daran gearbeitet eine einheitliche Referenzarchitektur aufzubauen. Zur Schaffung eines einheitlichen und von den Partnern akzeptierten Standards, arbeitet das Unternehmen IBM, welches ein aktiver Bestandteil der vorgestellten Plattform Industrie 4.0 ist, an der Ausarbeitung einer Referenzarchitektur. Diese basiert auf den Service-oriented architecture (SOA)-Prinzipien, die der Lenkungsausschuss 2014 festgelegt hat (Wende & Kiradjiev, 2014).



**Abbildung 9:** Referenzarchitektur nach IBM (Wende & Kiradjiev, 2014)

Abbildung 9 zeigt den Aufbau dieser Referenzarchitektur. Die Maschinenebene wird als Physical Layer bezeichnet und beinhaltet sowohl die vorgestellten CPS als auch konventionelle Maschinen. Die Adapterschicht bietet die Möglichkeit auch konventionelle Maschinen mit anderen CPS oder IT-Systemen kommunizieren zu lassen. Im Integration Layer wird die universelle Integration zwischen Maschinen und weiteren IT-Systemen im Produktionsumfeld hergestellt. Im Service Layer werden die Services definiert, die anderen Systemen von den Maschinen zur Verfügung gestellt werden. Anwendungen, die die Produktionsprozesse planen, steuern und über die gesamte Wertschöpfungskette miteinander kommunizieren sind im Business Layer enthalten. Übergreifende logische Komponenten sind im Bereich der Shared Services zu finden (ebd.).

Es bleibt festzuhalten, dass Änderungen bei den beschriebenen Rahmenbedingungen direkte Auswirkungen auf die Entwicklung von Industrie 4.0 haben. Für Investitionen in diesem Bereich wird es daher für Unternehmen ausschlaggebend sein, dass die Rahmenbedingungen möglichst stabil sind. Stellen sich feste Standards ein, gegebenenfalls durch politische Unterstützung, können mit Hilfe des technologischen Reifegrads entsprechende Techniken entwickelt und auf den Markt gebracht werden. Entsteht hierdurch ein Wettbewerb, werden diese Techniken günstiger und die Marktakzeptanz wird erhöht. Investiert ein Unternehmen zu früh, beispielweise in eine Technik, die auf Grund neuer Sicherheitsbestimmungen oder bisher noch nicht bekannter Standards nicht mehr den Anforderungen entspricht, gehen diese das Risiko ein, eine Fehlinvestition zu tätigen. Die hohen Investitionskosten stellen ebenfalls ein hohes Risiko und eine Hemmschwelle dar. Es wird damit gerechnet, dass die deutsche Industrie bis 2020 jährlich um die 40 Milliarden Euro in Industrie 4.0 Anwendungen investieren wird, was in etwa der Hälfte der geplanten neuen Ausrüstungsinvestitionen entspricht (PWC, 2014).

Der Mittelstand, der im nachfolgenden Abschnitt genauer betrachtet wird, stellt für das BMBF eines von vier zentralen Problemfeldern dar. Dies beruht darauf, dass es bisher nur eine sehr geringe Anzahl an Produkten oder Umsetzungsleitfäden gibt, die bei der Investitionsentscheidung unterstützen. Auf Grund fehlender Standards ist nicht abzusehen welche Technik sich für Industrie 4.0 als zukunftsfähig darstellt. Um hier entgegenzuwirken wurden speziell auf den Mittelstand ausgerichtet Fördermaß-

nahmen aufgelegt. Hierbei werden unter anderem Werkzeuge zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entwickelt, Best Practices für den Mittelstand gefördert und Einführungsstrategien und Umsetzungsempfehlungen für den Umbau unterstützt (BMBF, 2015b).

### 3 Der Mittelstand & Industrie 4.0

Im nachfolgenden Abschnitt wird die Bedeutung des Industrie 4.0 Ansatzes für den Mittelstand in den Fokus gestellt. Hierbei wird erläutert, in welchen Bereichen gerade im Mittelstand Potenziale für Techniken der Industrie 4.0 vorhanden sind und wie diese ausgenutzt werden können. Zudem werden Eigenschaften des Mittelstands beschrieben, die einen Einfluss auf die Umsetzung von Industrie 4.0 aufweisen und daher als Besonderheiten des Mittelstands anzusehen sind. Die zuvor allgemein beschriebenen Chancen werden für Unternehmen des Mittelstands herunter gebrochen und genauer beschrieben. Abschließend erfolgt die Vorstellung von fünf verschiedenen Funktionsbereichen der Industrie 4.0, welche als Grundlage für die Untersuchung des mittelständischen Unternehmens unter 7 dienen.

Basis dieses Abschnittes ist eine Studie, die vom BMWi in Auftrag gegeben und von der agiplan GmbH zusammen mit dem Fraunhofer Institut IML und dem Beratungsunternehmen ZENIT durchgeführt wurde<sup>1</sup>. Das BMWi sah es hierbei als Aufgabe an darzustellen, durch den Einsatz welcher Industrie 4.0 Technologien mittelständischen Unternehmen zu mehr Wettbewerbsfähigkeit verholfen werden kann, um so erforderliche Unterstützungsmaßnahmen für die Industrie und vor allem den Mittelstand möglichst passend zu gestalten.

#### 3.1 Status quo im Mittelstand

Die beiden Fragen: "Ist Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen überhaupt präsent und wenn ja, wie groß ist die Präsenz des Themenbereiches?" und "Gibt es Unterschiede zu andere Unternehmensarten?" stellen den Mittelpunkt dieses Abschnittes dar und werden mit Hilfe verschiedener Grafiken veranschaulicht.

Laut einer Anwenderstudie mit 368 Entscheidern, die Experton<sup>2</sup> 2014 durchgeführt hat, haben sich bereits 70% mit dem Themenkomplex Industrie 4.0 beschäftigt. Hierbei geben jedoch 29% an, dass im Unternehmen keine Aktivität geplant sei und sich weitere 22% in der Informationsphase befinden. Zudem zeigt sich, dass sich in 52%

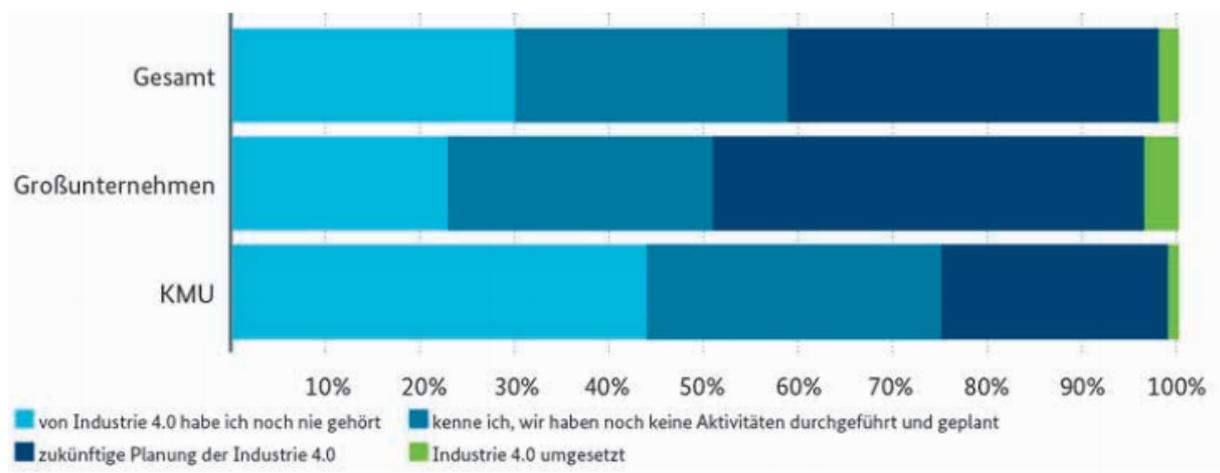
---

<sup>1</sup> [http://www.iml.fraunhofer.de/de/presse\\_medien/studie-industrie-4-0.html](http://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/studie-industrie-4-0.html) abgerufen am 16.11.2015

<sup>2</sup> <http://www.experton-group.de>

der Fälle die Produktion mit Industrie 4.0 beschäftigt, zu 45% die Geschäftsführung und lediglich zu 34% der IT-Chef (Computerwoche.de, 2014).

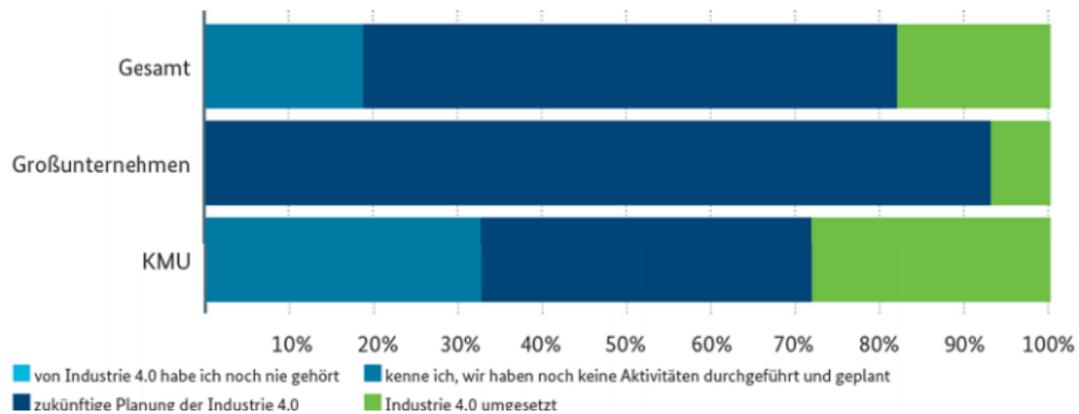
Eine Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom März 2015, in deren Rahmen 65 Veröffentlichungen mit Bezug zur Industrie 4.0 gesichtet und zur Analyse des Potenzials 29 Studien bzw. deren 150 Indikatoren ausgewertet wurden, zeigt die Entwicklung und einen relativ aktuellen Stand über die Durchdringung des Mittelstands mit dem Themenkomplex Industrie 4.0.<sup>3</sup>



**Abbildung 10:** Unterschiede im Umgang mit Industrie 4.0/2014 (BMWi, 2015a, S.35)

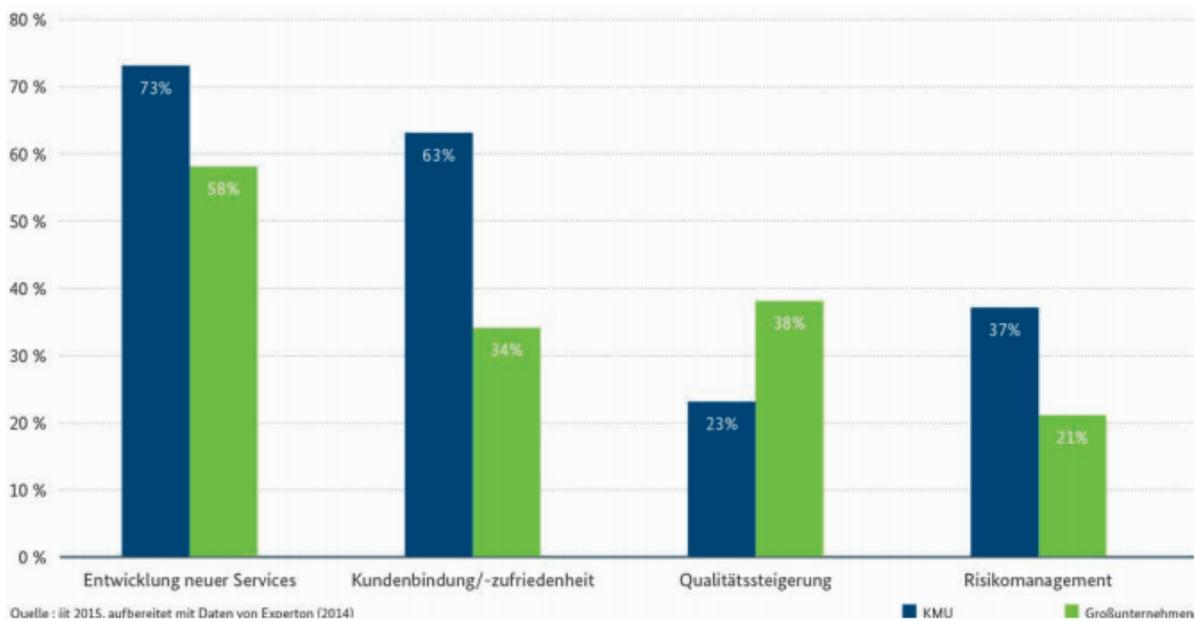
Abbildung 10 zeigt die vorherrschende Situation aus dem Jahr 2014. Hierbei zeigt sich, dass sich lediglich ca. 40 Prozent der Unternehmen bereits mit der Thematik auseinandergesetzt haben und nur ein sehr geringer Prozentsatz sich bereits in der Umsetzung befindet. Zudem wird in Abbildung 11 veranschaulicht, dass Industrie 4.0 in KMU eine geringere Rolle spielt als in Großunternehmen.

<sup>3</sup> [http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/industrie-4-0-volks-und\\_20betriebswirtschaftliche-faktoren-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf](http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/industrie-4-0-volks-und_20betriebswirtschaftliche-faktoren-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf) abgerufen am 17.11.2015



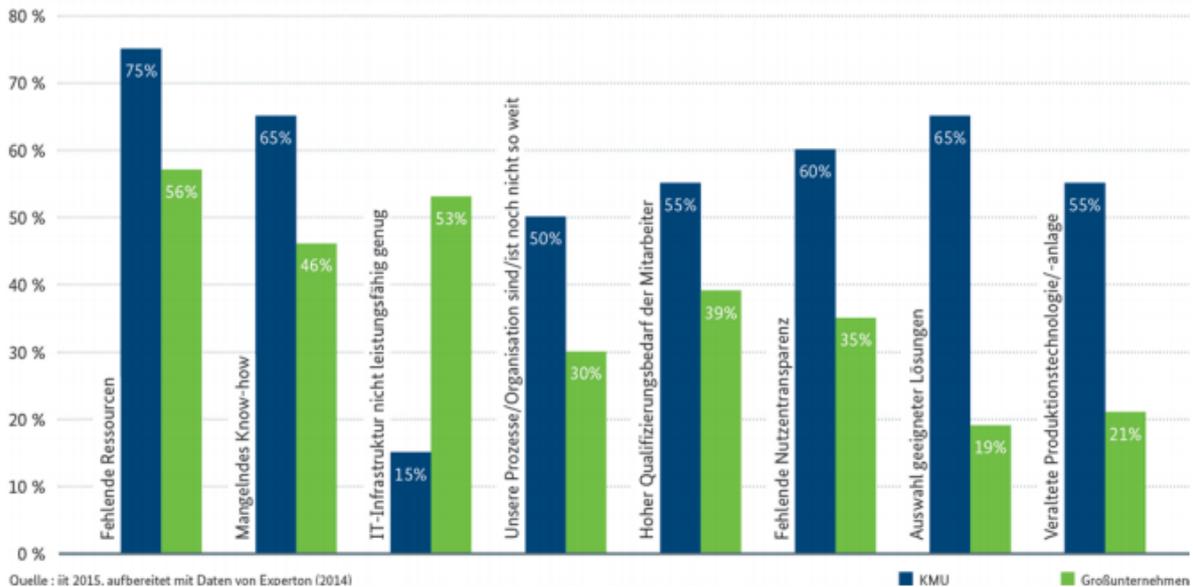
**Abbildung 11:** Unterschiede im Umgang mit Industrie 4.0/2015 (BMWi, 2015a, S.35)

2015 zeigt sich bereits eine positive Entwicklung, sowohl bei Großunternehmen als auch im Mittelstand, was die Durchdringung der Unternehmen mit dem Thema Industrie 4.0 betrifft. So haben sich fast alle Unternehmen zumindest schon einmal mit dem Thema beschäftigt und der Anteil der Unternehmen die Industrie 4.0 umgesetzt haben ist ebenfalls deutlich gestiegen. Die Statistik zeigt zudem zwei weitere wichtige Punkte. Zum einen zeigt sich, dass Großunternehmen dem Komplex Industrie 4.0 eine höhere Bedeutung zumessen, da hier fast alle Unternehmen bereits zukünftige Planungen anstoßen und im Mittelstand noch über 30% keine Planung vorantreiben. Allerdings zeigt sich auch, dass der Mittelstand bei der bisher erfolgten Umsetzung von Industrie 4.0 mehr als einen doppelt so großen Fortschritt aufweist als Großunternehmen.



**Abbildung 12:** Hauptunterschiede in der Motivation (BMW, 2015a, S. 36)

Abbildung 12 zeigt die Motivation für die Umsetzung von Industrie 4.0 und die unternehmensspezifischen Unterschiede hierbei. Für Großunternehmen ist diesbezüglich vor allem die Qualitätssteigerung deutlich wichtiger als für KMU. Genau entgegengesetzt stellt es sich beim Risikomanagement und der Kundenbindung dar, da diese Punkte für KMU von größerer Bedeutung sind als für Großunternehmen. Hauptmotivationsgrund ist jedoch für beide Unternehmensarten die Entwicklung neuer Services.



**Abbildung 13:** Hauptunterschiede in den Hemmnissen (BMW, 2015a, S.37)

Entsprechend der Unterschiede bei der Motivation wurden auch die Unterschiede in den Hemmnissen für die Umsetzung von Industrie 4.0 untersucht. Abbildung 13 stellt diese Ergebnisse dar. Es zeigt sich, dass sich KMU in fast allen Bereichen stärker mit Problemen konfrontiert sehen als Großunternehmen. Eine Ausnahme stellt hierbei die Leistungsfähigkeit der IT-Infrastruktur dar, die bei Großunternehmen neben fehlenden Ressourcen ein Haupthindernis darstellt. Deutliche Nachteile von KMU gegenüber Großunternehmen scheinen vor allem in der Auswahl geeigneter Lösungen sowie veralteten Produktionstechnologie zu liegen (BMW, 2015a).

Es lässt sich festhalten, dass der Mittelstand zu großen Teil bereits erste Kontaktpunkte mit dem Themenkomplex 4.0 hat, jedoch bei der Umsetzung auch einer Vielzahl von Problemen gegenüber steht, die eine konkrete Umsetzung erschweren. Entsprechend finden sich auch immer wieder Zeitungsartikel und Meldungen, in denen eine zu schleppende Entwicklung des Mittelstands im Bereich Industrie 4.0 angemahnt wird. So schreibt das Manager Magazin (2015) unter anderen:

*"Es ist in erster Linie der Mittelstand, der bei der digitalen Revolution zurückhängt."* und führt weiter aus, dass die Unternehmen zwar wissen, dass Änderungen stattfinden müssen, allerdings nicht wo genau und wie diese auszusehen haben (managermagazin.de, 2015). Ähnlich beschreibt es Welt.de (2015), die titelt: *"Die Angst der Firmen vor der vernetzten Fabrik/Vor allem der Mittelstand in Deutschland zögert"*

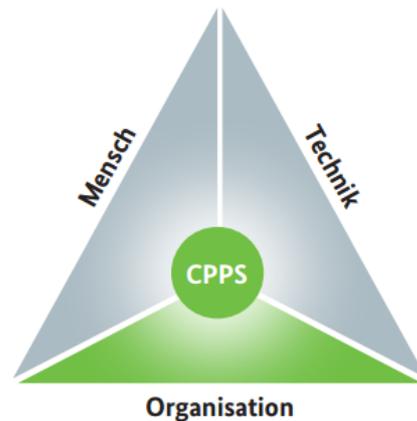
*beim großen Zukunftsthema Industrie 4.0. Die Unternehmen fürchten um die Sicherheit ihrer Daten – und damit ihre Wettbewerbsvorteile"* und auf eine Studie der DZ Bank verweist. Hier geben 42% der Unternehmen mit einem Umsatz zwischen 50 und 125 Millionen an, dass die Digitalisierung in ihrer Geschäftsstrategie, unter anderem auf Grund von Abhängigkeiten, den technischen Infrastrukturen oder mangelnder Datensicherheit, nicht von Bedeutung ist (Welt.de, 2015).

Es wird deutlich, dass sich in mittelständischen Unternehmen eine abweichende Entwicklung gegenüber anderen Unternehmensformen bezüglich Industrie 4.0 erkennen lässt. Hierbei ist ersichtlich, dass gerade die Herausforderungen und Hindernisse einer umfassenden Umsetzung den Mittelstand in einem höheren Maße beeinflussen. Daher wird nachfolgend genauer untersucht, worauf diese Problematik beruht und aufgezeigt in welchen Bereichen im Mittelstand Ansatzpunkte für eine vierte industrielle Revolution liegen.

### **3.2 Aufgabenbereiche & Charakteristika**

Die verschiedenen Herausforderungen und daraus abgeleitete Ziele, wie eine flexiblere Produktion von individuellen Produkten, sowie verschiedene Techniken, wie beispielweise CPS, wurden bereits im Laufe der Arbeit vorgestellt und gelten auch für den Mittelstand.

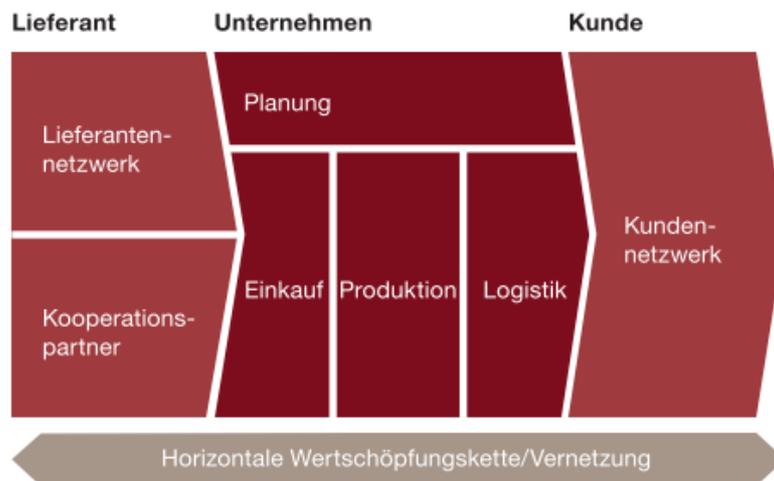
Um diese Techniken im Unternehmen erfolgreich einzuführen und umzusetzen sind verschiedene Aufgabenbereiche zu betrachten. Eine Gruppe von Mitarbeitern der Technischen Universität Dortmund sieht es für den Erfolg von Industrie 4.0 von großer Bedeutung an, ob diese nachhaltig in der Organisation verankert und zielgerichtet umgesetzt werden kann. Ihre Hypothese stützt sich dabei darauf, dass in der Vergangenheit vor allem organisatorisch zentrierte Ansätze, und nicht ausgeprägte technik- oder humanzentrierte Ansätze, zu Fortschritten in der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit geführt haben (Deuse et al., 2014).



**Abbildung 14:** Organisationszentrierte Gestaltung von CPPS (Deuse et al., 2014)

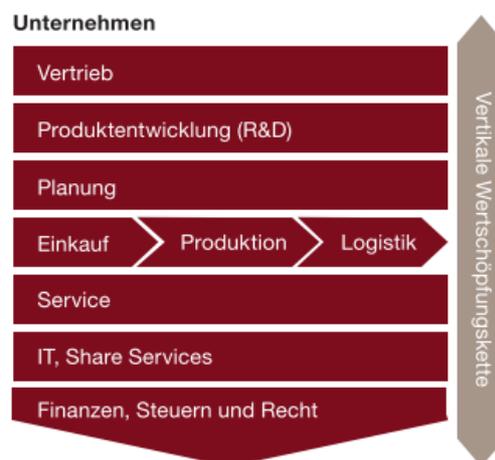
Zunächst bleibt festzuhalten, dass sowohl der gesamte Industrie 4.0 Komplex als auch die konkrete Entwicklung eines CPPS (Cyber-Physischer Produktionssystem) von den in Abbildung 14 ersichtlichen Bereichen und deren Zusammenspiel beeinflusst wird. Zu diesen verschiedenen Bereichen gehören Mensch, Technik und Organisation. Verfolgt man den Ansatz einer organisationszentrierten Gestaltung, so sind humane und technische Aspekte an die Strukturen und Prozesse des Unternehmens auszurichten. Die Arbeits- und Organisationsgestaltung ist jedoch nicht statisch, sondern auf Grundlage der dynamischen Veränderungen in den Bereichen Mensch und Technik in verschiedene Richtung lenkbar. So erfordert die Entwicklung eines CPPS Änderungen in Richtungen einer dezentralen Führungs- und Steuerungsform, kollaborative Formen der Arbeitsorganisation oder einen zusätzlichen Aufbau von benötigter Systemkompetenz (Deuse et al., 2014).

Die Wertschöpfung und die dazugehörigen wertschöpfenden Prozesse, die in einem Unternehmen ablaufen, lassen sich dem Bereich der Organisation zuordnen. Bezogen auf diese Wertschöpfung ergeben sich generell zwei verschiedene Hauptbereiche, in denen Handlungsmöglichkeiten entstehen. Hierbei wird zwischen vertikaler und horizontaler Integration unterschieden (BMW i, 2015a).



**Abbildung 15:** Horizontale Wertschöpfungskette (Koch et al., 2014)

Abbildung 15 zeigt die horizontale Wertschöpfung und die Digitalisierung, die entlang dieser Richtung verläuft. Diese horizontale Integration verbessert und integriert den Informations- sowie Warenfluss vom Lieferanten durch das eigenen Unternehmen bis hin zum Kunden. Ziel hierbei ist die Verknüpfung und optimierte Steuerung aller internen sowie externen Bereiche, die zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse nötig sind (Koch et al., 2014).



**Abbildung 16:** Vertikale Wertschöpfungskette (Koch et al., 2014)

Die zweite Art der Digitalisierung, die vertikale Integration, findet entlang der vertikalen Wertschöpfungskette statt. Diese ist an Abbildung 16 dargestellt. Diese Form der Digitalisierung umfasst die Vernetzung aller Abteilungen eines Unternehmens, wo-

durch ein durchgängiger Informations- und Datenfluss über die einzelnen Abteilungen des Unternehmens hinweg verfolgt wird. Mit Hilfe der Vernetzung von Produktionssystemen und der Vermeidung von Systembrüchen wird die Analysefähigkeit erhöht, die Flexibilität innerhalb des Unternehmens erhöht sowie Kosten gesenkt (Koch et al., 2014).



**Abbildung 17:** Klassische Wertschöpfungskette (BMW, 2015a)

Durch die beschriebene Digitalisierung der Wertschöpfungskette, sowohl vertikal als auch horizontal, ergeben sich Änderungen gegenüber der klassischen Wertschöpfungskette, die Abbildung 17 zeigt. Bei dieser sind alle Bereiche klar voneinander abgegrenzt. Die unterschiedlichen Farben definieren hierbei die unterschiedlichen Unternehmensbereiche: interne Bereiche, wie Vertrieb, Planung oder Produktion, sind dunkelblau dargestellt (Mitte) und die externen Bereiche, wie Lieferanten und Kunden, hellblau (links & rechts). Zudem sind die beiden Richtungen der vertikalen und horizontalen Vernetzung in der Abbildung ebenfalls ersichtlich. Mit Hilfe einer durchgehenden Digitalisierung wird der Dialog und Austausch von Daten zwischen einzelnen Unternehmensbereichen aber auch zu den externen Bereichen vereinfacht. Eine klare Abgrenzung der Bereiche untereinander ist nicht mehr gewünscht. Dies ermöglicht zum einen eine simplere Auslagerung von Geschäftsprozessen und öffnet zum anderen die Tür für neue Geschäftsfelder (BMW, 2015a).

Die VDI/VDE Gesellschaft beschreibt, dass sich aus dieser zu erwartenden Entwicklung hin zu einem unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerk, die Aufgabenstellung für die Automatisierungstechnik ergibt. Diese lautet die Integration der

Steuerung und Organisation von Wertschöpfungsnetzwerken in die Umgebung der industriellen Automation zu ermöglichen. Hierzu muss zum einen eine Integration von Wertschöpfungs-Managementfunktionen in industriellen Automationssysteme möglich sein und zum anderen die Funktionalitäten dieser Automationssysteme vom übergeordneten Managementsystem genutzt werden können (VDI/VDE-Gesellschaft, 2014).

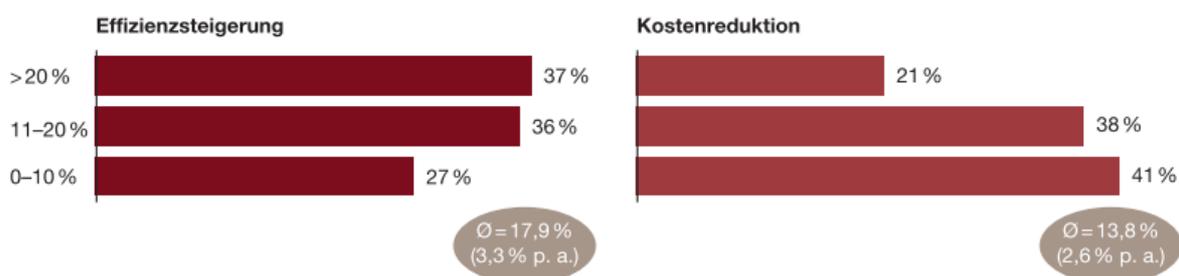
Die verschiedenen Aufgabenstellungen gilt es sowohl bei der Auswahl von entsprechenden Systemen als auch bei der Gestaltung der zukünftigen Prozesse zu berücksichtigen. Hierbei spielt, wie am Anfang des Abschnittes beschrieben, auch der bisherige Organisationsaufbau und eine Ausrichtung hieran eine bedeutende Rolle. Aus dem organisatorischen Aufbau, gerade von Firmen im Mittelstand, ergeben sich zudem verschiedene Auswirkungen, die ebenfalls zu betrachten sind. Diese resultieren vor allem aus den Voraussetzungen und Charakteristika, die mittelständische Unternehmen kennzeichnen. Das BMWi formulierte in diesem Kontext in der Studie "Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand" vom Juni 2015 verschiedene pauschale Aussagen, die nicht für jedes mittelständische Unternehmen treffend sein werden, jedoch eine gute Möglichkeit bieten, die Besonderheiten von Mittelständlern und deren Einfluss aufzuzeigen. Diese werden nachfolgend erläutert.

Durch einen hohen Anteil an eigentümergeführten Unternehmen besitzen mittelständische Unternehmen häufig technisch ausgebildete Geschäftsführungen, die einen kompetenten umfassenden Überblick über das gesamte Unternehmen haben und stark auf das operative Geschäft ausgerichtet sind. Durch diese Ausrichtung können Defizite bei einer gezielten und methodisch unterstützten strategischen Planung vorherrschen, die eine Einführung erschweren. Durch eine mit dem Führungsstil verbundene eher personenabhängige Struktur und einen damit einhergehenden Mangel an zeitlichen Ressourcen entsprechender Mitarbeiter muss eine Projektumsetzung, gerade für langfristige Projekte wie Industrie 4.0, sehr genau geplant und unter Berücksichtigung der Mitarbeiterressourcen erfolgen. Der fehlenden Kapazität an Mitarbeitern oder benötigten Qualifikationen stehen hierbei allerdings mögliche flache Hierarchien gegenüber, die die Einführung von Innovationen erleichtern. Auf Grund von der Positionierung in Marktnischen und der Produktion von geringen Stückzahlen

stellen sowohl die Reduzierung der Kosten als auch der steigende Wettbewerb zwei zentrale Probleme des Mittelstands dar. Der Aufwand, der mit der Finanzierung von neuen Investitionen verbunden ist, stellt Mittelständler ebenfalls oft vor Probleme. So sind die Aufwände, die beispielweise für die Anforderungen von Forschungsgeldern oder die Ermöglichung einer Finanzierung erbracht werden müssen, teilweise nicht zu stemmen. So werden Investitionen häufig nur aus eigenen Mitteln, welche oftmals als Puffer für Krisenzeiten dienen sollen, getätigt. Da Fehlinvestitionen für viele Mittelständler schwer abzufangen sind, ist die Investitionsbereitschaft oft limitiert. Der größte Vorteil für die Umsetzung von Industrie 4.0 liegt im Mittelstand in der Wandlungsfähigkeit. Durch flache Hierarchien, schnelle Entscheidungswege und eine hohe Flexibilität ist hier eine höhere Wandlungsfähigkeit als in großen Konzernen gegeben. Diese Wandlungsfähigkeit wird durch die enge Zusammenarbeit mit den Kunden zusätzlich gestützt (BMW, 2015a).

### 3.3 Chancen des Mittelstands

Chancen, die Industrie 4.0 Technologie dem Mittelstand bieten, sehen mittelständischen Unternehmen vor allem in zwei Bereichen: der Reduzierung von Produktionskosten sowie in der Erschließung von Umsatzpotenzialen. Während eine mögliche Kostenreduzierung den immer größer werdenden Druck, der mit Globalisierung einhergeht, reduziert, unterstützen neue Geschäftsfelder die Wettbewerbsfähigkeit (BMW, 2015a).



**Abbildung 18:** Quantitativer Nutzen von Industrie 4.0 (Koch et al., 2014)

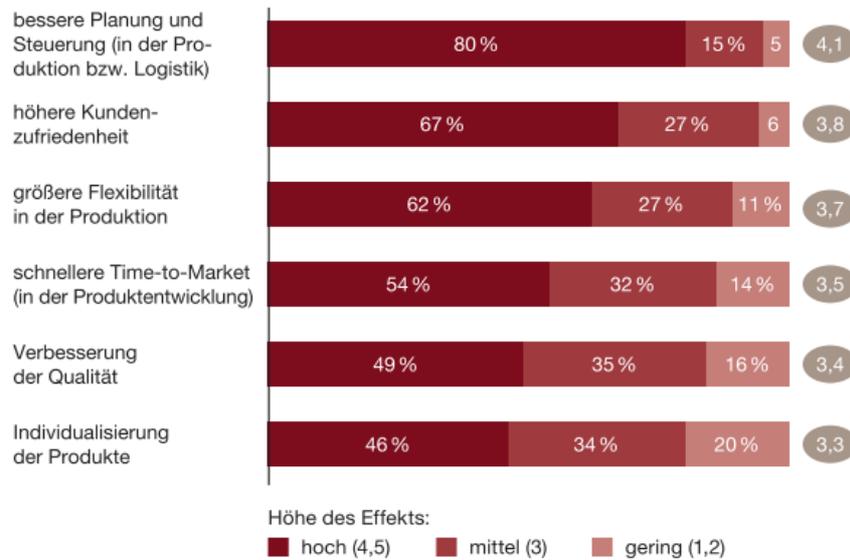
PWC (2014) unterteilt die Erwartungen, sowohl von Großunternehmen als auch von kleinen und mittelständischen Unternehmen, an den Nutzen von Industrie 4.0-Lösungen in quantitative sowie qualitative Nutzen auf. Abbildung 18 zeigt den erwarteten quantitativen Nutzen in Form von Effizienzsteigerung und Kostenreduktion

(Koch et al., 2014). Diese Abbildung zeigt die erwartete Effizienzsteigerung und Kostenreduktion, erreicht durch Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen, als kumulierten Effekt in 5 Jahren. So erwarten die befragten Unternehmen für diesen Zeitraum eine Effizienzsteigerung von durchschnittlich 3,3% pro Jahr und halten eine Kostenreduktion von durchschnittlich 13,8% pro Jahr für möglich.

Kosteneinsparungspotenziale sehen Mittelständler durch Einsparungen in verschiedenen Bereichen gegeben. Der Materialeinsatz kann durch Industrie 4.0 Techniken effizienter gesteuert werden. So kann eine genauere Erfassung von Ausschussquoten zu aussagekräftige Auswertungen und Einsparungen beitragen. Ebenfalls sehen Mittelständler im Bereich der Fertigungskosten Potenzial. Hier lässt sich durch optimierte Anlagenausnutzung, auf Basis von Nutzungszeitgewinnen durch die der dauerhaften Analyse des Anlagenzustands, die Gesamtanlageneffizienz verbessern. Eine Optimierung der Prozessabläufe in der Fertigung und eine gezieltere Steuerung der Produktion weisen ebenfalls Einsparpotenziale auf. Einsparungen durch eine automatisierte Logistik sowie die Senkung der Bestandskosten, auf Basis der Vernetzung von Produktions- und Bestandsdaten, helfen ebenfalls Kosten zu senken. Über den Bereich hinweg können mit Hilfe von Industrie 4.0 auch Kosten im Bereich des Managements und der Instandhaltung eingespart werden. Werden aufwändige Prozesse der Informationsbeschaffung vereinfacht oder Entscheidungsfindungen systemgestützt dezentralisiert oder standardisiert, hilft dies Kosten zu senken und es erfolgt, mit Hilfe von Industrie 4.0 Technologie, eine Reduzierung der Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten (BMW, 2015a).

Eine Umfrage im Auftrag des Digitalverbands Bitkom bestärkt diese Aussagen. In der Umfrage unter 400 Unternehmen ab 100 Mitarbeitern aus verschiedenen Branchen gehen 30% der Nutzer davon aus, dass die Kosten durch Industrie 4.0 leicht sinken, 15% gehen von sinkenden Kosten aus und 2% von einem starken Sinken der Kosten (bitkom, 2015).

Neben der Reduzierung der Kosten sehen mittelständische Unternehmen großes Potenzial in der Unterstützung der Wettbewerbsfähigkeit und einer entsprechender Erschließung von Umsatzpotenzialen.



**Abbildung 19:** Qualitative Vorteile (Koch et al., 2014)

In der Studie von PWC (2014) werden diese Nutzen als qualitative Vorteile von Industrie 4.0 Anwendungen beschrieben und umfassen beispielsweise eine bessere Planung und Steuerung oder die Verbesserung der Qualität (Koch et al., 2014). Abbildung 19 zeigt diese Vorteile absteigend sortiert nach der Bedeutung für die befragten Unternehmen.

Mittelständische Unternehmen sehen vor allem die Möglichkeit, mit Hilfe von Industrie 4.0 Techniken, Lieferzeiten zu reduzieren und somit eine schnellere Belieferung von Märkten zu erreichen. Ebenfalls von sehr großer Bedeutung ist die Flexibilisierung und Individualisierung der Produktion. Durch eine Ansteuerung der Produktion mit kundenauftragsspezifischen Daten, kann die individuelle Produktion und mit Hilfe von Industrie 4.0 Techniken das Produktionsmanagement optimiert werden. Eine Maximierung der Transparenz des Produktionsprozesses gegenüber dem Kunden und eine erhöhte Informationsverfügbarkeit stellen für Mittelständler ebenfalls Chancen dar. Eine Verbesserung der Produktqualität, eine Erweiterung des Produkt- und Serviceangebotes sowie eine verbesserte Marktbearbeitung helfen Unternehmen ebenfalls sich im Wettbewerb zu behaupten (BMW, 2015a).

### 3.4 Funktionsbereiche

Das BMWi hat in seiner Studie "Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand" fünf verschiedene Funktionsbereiche abgeleitet. Diese lauten Datenerfassung und -verarbeitung, Assistenzsysteme, Vernetzung und Integration, Dezentralisierung und Serviceorientierung, Selbstorganisation und Autonomie (BMWi, 2015a). Diese Studie stellt dementsprechend die Basis dieses Abschnittes dar.



**Abbildung 20:** Ableitung der Industrie 4.0 Funktionsbereiche (BMWi, 2015a)

Abbildung 20 zeigt eine Darstellung der fünf verschiedenen Funktionsbereiche unter Betrachtung der verschiedenen Forschungsfelder und der Anzahl von Projekten, die diesen Forschungsfeldern zugeordnet werden können.

Es findet eine Vorstellung und weitere Verwendung exakt dieser Funktionsbereiche statt, da diese Bereiche ein sehr breites Spektrum des Industrie 4.0-Komplexes abdecken und zudem logisch aufeinander aufbauen. Der Aufbau der einzelnen Funktionsbereiche aufeinander und deren Zusammenhang kann eine Empfehlung für eine mögliche Reihenfolge zur Umsetzung von konkreten Industrie 4.0 Projekten innerhalb eines Unternehmens darstellen. Zudem wurden die fünf Funktionsbereiche aus verschiedenen Forschungsfeldern und Projekten, die diesen Forschungsfeldern zugeordnet werden können, abgeleitet. Das bietet den weiteren Vorteil, dass für ein

Unternehmen, welches über Industrie 4.0 Projekte und deren Einführung und Umsetzung nachdenkt, konkrete weiterführende Ansatzpunkte und auch mögliche Förderungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Diese fünf Funktionsbereiche werden daher im Verlauf der Arbeit herangezogen, um das betrachtete Unternehmen auf den Status Quo und mögliche Potenziale in diesen Bereichen zu untersuchen.

### **3.4.1 Datenerfassung und -verarbeitung**

Informationen, Daten sowie Wissen bilden das Fundament für Industrie 4.0 und haben eine entsprechend große Bedeutung. Der Funktionsbereich der Datenerfassung und -verarbeitung beschäftigt sich mit der Erhebung und Analyse von verschiedenen Daten. Diese können unter anderem Daten zu Prozessen oder Produkten sein und erstrecken sich im Bereich von Industrie 4.0 über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes. Durch sinkende Kosten und eine stetige Verbesserung im Bereich der Datenermittlung steigt die Flut der Daten immer weiter an. Eine wichtige Hauptaufgabe besteht darin, diese Mengen an gesammelten Daten möglichst optimal auszuwerten und zu verarbeiten. Diese Auswertung kann einerseits automatisch und kontinuierlich erfolgen und anschließend entsprechende Maßnahmen auslösen oder manuell ausgeführt werden. Im Falle einer automatischen Reaktion zielt dies in Richtung Selbstorganisation und Autonomie ab und wird unter 3.4.5 weiter betrachtet. Eine umfassende Datenerfassung und Analyse bietet die Möglichkeit bisher genutzte Potenziale aufzudecken. Für die automatisierte Datenerfassung ist ein einheitliches Dateiformat mit vordefinierten Parametern sinnvoll, um hierdurch einen einheitlichen und konsistenten Datenstamm sicher zu stellen. Mit Hilfe der Datenerfassung und -verarbeitung lässt sich für die Produktion ein echtzeitnahes, virtuelles Abbild erstellen, welches die Unternehmensabläufe abbildet. Mit Hilfe dieser Informationen kann eine echtzeitnahe Planung und Steuerung umgesetzt und Erkenntnisse über Kapazitäts- und Ressourceneinsatz erlangt werden. Eine Nachvollziehbarkeit der Abläufe stärkt zudem das Verständnis für die Unternehmensprozesse. Hierüber ist ebenfalls eine ständige Prozessüberwachung und Prozessoptimierung möglich. Durch die steigenden Datenqualität sind zudem Liefertermine besser zu terminieren, Sicherheitsbestände und Zeiten für Instandhaltungen zu minimieren und den häufig hohen Aufwand der manuellen Erfassung von Daten ebenfalls zu senken (vgl. BMWi, 2015a).

Dem gegenüber stehen Risiken und Herausforderungen, die mit der Datenerfassung und Verarbeitung verbunden sind. Hier zu nennen sind unter anderem technische Herausforderungen, die an die IT-Infrastruktur gestellt werden, zum Beispiel eine ständige Erfassung zu garantieren oder die großen Mengen an Daten zu verarbeiten (Scheer, 2015). Rechtliche Bedenken, wie zum Beispiel die Daten gegenüber unbefugtem Zugriff zu schützen oder datenschutzrechtliche Regelungen einzuhalten, gilt es ebenfalls zu berücksichtigen. Von großer Bedeutung ist zudem die zwingend notwendige Festlegung, welche Daten in welchem Umfang erfasst werden müssen und welche vernachlässigt werden können sowie die Erfassung stetig zu überwachen, um diese auf ihre Konsistenz zu prüfen (BMW, 2015a).

### **3.4.2 Assistenzsysteme**

Der zweite Funktionsbereich umfasst Technologien, die unterstützende Funktionen bei der Ausführung der Arbeitstätigkeit abdecken und den Beschäftigten eine Fokussierung auf ihre Kernkompetenzen ermöglichen. Unter anderem sind dies Möglichkeiten der Informationsbereitstellung mit Hilfe verschiedener Technologien, wie Tablets oder Datenbrillen. Hierbei erstreckt sich die Art und Weise der Umsetzung von der simplen Anzeige von Arbeitsanweisungen bis hin zur kontextsensitiven Augmented Reality (BMW, 2015a).

Gründe für den Einsatz von Assistenzsystemen sind unter anderem der demografische Wandel, mit der Folge von älteren Arbeitnehmern sowie die zunehmende Digitalisierung. So werden einfache sich wiederholende Tätigkeiten automatisiert und das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter verschiebt sich hin zu Tätigkeiten der Überwachung sowie des regulierenden Eingreifens. So wird der Anteil an komplexen Tätigkeiten im Bereich der Mensch-Maschine Schnittstellen steigen. Probleme treten vor allem dann auf, wenn die automatisiert ablaufenden Prozesse von den Mitarbeitern nicht mehr nachvollzogen werden können. Das mangelnde Verständnis dieser Prozesse erschwert es den Mitarbeitern im Problemfall angemessene Maßnahmen zu ergreifen. Neue Lerntechnologien, wie Assistenzsysteme, können hierbei Abhilfe leisten (Senderek & Geisler, 2015).

Weitere Vorteile, die Assistenzsysteme bieten, sind unter anderem eine sinkende Fehlerhäufigkeit durch klare Handlungsanweisungen und eine steigende Prozess-

qualität durch Fehlervermeidung sowie eine höhere Produktqualität. Diese wird erreicht, indem mögliche Beschädigungen von Produkten durch Assistenzsysteme ausgeschlossen werden, beispielsweise durch sich automatisch einstellende Drehmomentschlüssel. Werden Informationen zeitnah und kontinuierlich übermittelt, lassen sich hierdurch nicht-wertschöpfende Tätigkeiten, wie die Zeit zur Beschaffung von benötigten Dokumenten, minimieren. Eine Einarbeitung von Mitarbeitern oder der Einsatz von Mitarbeitern an unterschiedlichen Arbeitsplätzen wird ebenfalls erleichtert und die Arbeitssicherheit, durch die Präsentation von prozess- oder produkt-spezifischen Sicherheitshinweisen erhöht (vgl. BMWi, 2015a).

Eine wichtige Rolle bei der Nutzung von Assistenzsystemen spielt der Benutzer. Dieser muss vom Informationsangebot überzeugt werden, dieses akzeptieren und einen Mehrwert darin sehen. Entsprechend sollte Wert auf eine hohe Nutzerfreundlichkeit gelegt werden (APPsist.de, 2016). Die Abhängigkeit von der IT-Infrastruktur ist ebenfalls zu bedenken und Alternativen für den Ausfall des entsprechenden Systems zu schaffen (BMWi, 2015a)

### **3.4.3 Vernetzung und Integration**

Die Vernetzung stellt eines der zentralen Elemente im Bereich der Industrie 4.0 dar und soll Insellösungen ablösen. Entsprechend gilt sowohl die Verknüpfung von Abteilungen oder Unternehmensbereichen als auch die Vernetzung von Maschinen, Anlagen oder Fabriken und die Schaffung eines durchgängigen Daten- und Informationsflusses als Hauptaufgabe. So können einerseits wichtige Daten wie Kennzahlen oder Produktionsdaten übergreifend ausgetauscht werden, aber auch das interne Wissensmanagement auf- und ausgebaut werden, indem Informationen, beispielsweise über Probleme und Lösungen oder Kundenwünsche, abteilungsübergreifend bereitgestellt werden (vgl. BMWi, 2015a).

Die Verbesserung der Zusammenarbeit und die Erhöhung der Transparenz entlang der Wertschöpfungskette gelten als die beiden großen Chancen, die die Vernetzung und Interaktion bieten. Wird hierfür ein einheitlicher Informationsaustausch und eine kontinuierliche Kommunikationsstruktur, auch über die Unternehmensgrenzen hinaus, aufgebaut, bieten sich die Möglichkeiten einer Harmonisierung der Produktionsmengen oder der effizienteren Kooperation mit anderen Unternehmen. So stehen

allen Prozessbeteiligten durch eine erfolgreiche Vernetzung deutlich mehr Informationen zur Verfügung und eine verbesserte Kooperation wird ermöglicht (Botthorf & Hartmann, 2015).

Durch eine Vernetzung mit dem Kunden werden kundengerechte Produkte entwickelt und Daten zur Qualitätsverbesserung gewonnen. Dies wiederum führt zu einer erhöhten Kundenbindung. Werden zudem Techniken wie Cloud Computing eingesetzt, müssen Daten nicht mehr redundant auf verschiedenen Systemen vorhanden sein und eine ort- und zeitunabhängige Arbeitsweise lässt sich einführen. Gerade vor dem Hintergrund noch fehlender Standards, ist bei der Vernetzung und Integration die Schnittstellenproblematik kritisch zu betrachten. Auch die Datensicherheit ist bei dem Einsatz entsprechender Technologien zu prüfen. Die Erhöhung der Transparenz kann nicht nur einerseits die Bindung zum Kunden erhöhen, sondern auch die eigenen Aktivitäten für Konkurrenten klarer erscheinen lassen und bringt daher die Gefahr mit sich, dass erfolgreiche Strukturen kopiert werden und somit der Wettbewerbs- und Kostendruck steigt. Ebenfalls erfolgt bei breiter Umsetzung eine unternehmensweite Durchdringung mit IT-Technologien, welche das Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte ebenfalls ansteigen lassen. Durch eine Vernetzung über die Unternehmensgrenzen hinweg besteht zudem die Gefahr von Abhängigkeiten. Durch die Verknüpfung und das damit verbundene Spezialwissen wird ein schneller Austausch des Partners erschwert. Nach dem Austausch ist zudem ungewiss, welche Teile des Spezialwissens der ehemalige Partner selber nutzt oder an kommende Partner weitergibt. Auch hier besteht die Gefahr einen erarbeiteten Vorsprung beim Know-how zu verlieren (vgl. BMWi, 2015a).

#### **3.4.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung**

Ein weiterer wichtiger Grundbaustein der Industrie 4.0 ist die Selbstorganisation der verschiedenen Unternehmensbereiche. Diese sollten sich selbst optimieren und hierzu lediglich Vorgaben des Managements erhalten. Ziel bei der Serviceorientierung ist es, die verschiedenen Leistungen des Unternehmens sowohl innerhalb des Unternehmens selbst als auch darüber hinaus an Partner oder Kunden anzubieten. Beispiel hierfür ist, dass die Tätigkeiten der Maschinen eines Unternehmens als Dienst angesehen werden können und sich die Produkte anschließend selbstständig die für sie passenden Dienste auswählen. Durch serviceorientierte Produkte lassen sich

zudem neue Geschäftsmodelle und Zusatzservices anbieten, die wiederum die Kundenbindung erhöhen und gegebenenfalls zudem wertvolle Daten für die Entwicklung und Qualitätssicherung mit sich bringen (vgl. BMWi, 2015a).

Mit Hilfe der Dezentralisierung wird eine hohe Wandlungsfähigkeit und Flexibilität des Unternehmens geschaffen, da der Komplexität einer zentralen Steuerung entgegen gewirkt und die Entscheidungsfreiheit einzelner Unternehmensbereiche gestärkt wird (DigitalManufacturing, 2015). Durch die Abgabe von Entscheidungen und Verantwortlichkeiten führt eine Dezentralisierung allerdings nicht nur zu besser beherrschbaren Strukturen, sondern auch zu einem Kontrollverlust. Zudem sind Zusammenhänge zwischen den einzelnen Services ebenfalls schwieriger zu durchschauen und durch dezentrale Datenmengen entsteht die Gefahr von Insellösungen. So birgt die Dezentralisierung die Gefahr, dass sich einzelne Unternehmensbereiche lokal optimieren und das globale Optimum nicht genügend berücksichtigt wird. Das Fachwissen ist ebenfalls über das Unternehmen verteilt und steht nicht zentral zur Verfügung. Zudem entsteht durch die Dezentralisierung eine Vielzahl an neuen Schnittstellen, die ein hohes Maß an Standardisierung erfordern. Die Eigenverantwortung der Mitarbeiter wird gefordert, da sie in der Lage sein müssen, die individuellen Aufgaben unter Anbetracht der Gesamtziele des Unternehmens zu lösen (vgl. BMWi, 2015a).

#### **3.4.5 Selbstorganisation und Autonomie**

Wie bereits in 3.4.1 erwähnt, wird unter Autonomie in diesem Themenbereich die automatische Datenauswertung und eine selbstständige Reaktion von Systemen verstanden. Mit Hilfe solcher Regelkreise lassen sich sowohl die Selbstkonfiguration und -optimierung von Systemen als auch eine vollständige Selbstorganisation umsetzen. Diese Selbstorganisation ist Bestandteil der bereits erläuterten CPS. Um eine solche Selbstorganisation in einem Unternehmen umzusetzen sind viele verschiedene Techniken aus den Bereichen anzuwenden, wie beispielsweise intelligente Behälter oder intelligente Werkstückträger, auf denen Informationen hinterlegt werden können. In einer sich selbstorganisierenden Produktion stehen alle Produktions- und Lagereinheiten untereinander in Verbindung und können so aktiv auf veränderte Umstände reagieren. Zu- und Ablieferungen können automatisch über ein entsprechendes System erfolgen, was Umlaufbestände und Transportwege erspart. Weitere

Ressourcen, wie Werkzeuge und Hilfseinrichtungen, werden bestmöglich eingesetzt. Zudem kann äußerst flexibel auf Störungen oder Änderungen reagiert werden, so dass die Auftragssteuerung deutlich vereinfacht wird. Ebenfalls lassen sich Kosten im Bereich des Energiemanagements einsparen, da eine Versorgung der Maschinen nur dann erfolgt, wenn diese benötigt werden (FraunhoferIAO, 2013).

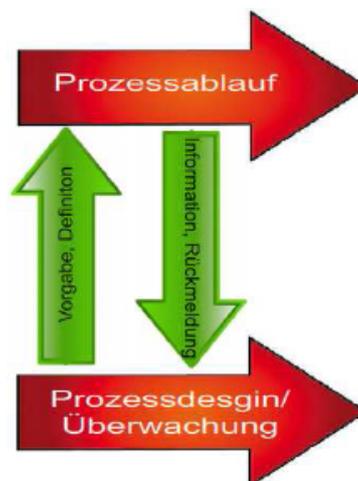
Ein Eingreifen des Menschen ist nur noch in Ausnahmefällen nötig, was wiederum eine Aufwandsminimierung mit sich bringt. Allerdings werden die Eingriffe des Menschen, die nur noch in Problemsituationen erfolgen, entsprechend komplexer. Die Qualitätsüberwachung wird durch autonome, echtzeitnahe Qualitätsregelkreise ebenfalls optimiert. Die größte Gefahr einer vollständigen Selbstorganisation und Autonomie ist die Sicherstellung der Betriebssicherheit, da die Mensch-Maschine-Schnittstelle heutzutage noch als sehr kritisch anzusehen ist. Zudem wird eine sehr große Abhängigkeit von technischen Systemen geschaffen. Kontrollierende Tätigkeiten entfallen, was zu einem Verlust der Kontrolle führt. Ein weiteres Hemmnis in diesem Bereich sind die hohen Investitionssummen, die mit Investitionen in diesem Bereich verbunden sind. Die Veränderung der Arbeitsabläufe ändert zudem die Rolle der Beschäftigten, mit der Erfordernis eines hohen Schulungsaufwands sowie überwachenden und analytischen Fähigkeiten (vgl. BMWi, 2015a).

## 4 Interaktive Prozessgestaltung

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Begriff der interaktiven Prozessgestaltung vorgestellt. Diese Vorstellung beruht auf der Ausarbeitung der vorangegangenen Masterprojektarbeit mit dem Titel „Business Process Management und Mining Techniken zur interaktiven Prozessgestaltung“ und stellt eine kurze Zusammenfassung dieser dar.

Unter Prozessen werden Abfolgen von Aktivitäten gesehen, die in einem logischen Zusammenhang stehen und deren Ergebnis ein Produkt oder eine Leistung ist. Diese Abfolgen sind funktionsübergreifend strukturiert und besitzen Anfang, Ende, Input sowie Output (Fließ, 2006). Prozesse unterliegen in den meisten Fällen einem Lebenszyklus, der aus verschiedenen Phasen besteht. Diese werden beispielsweise mit Design, Implementierung, Ausführung/Überwachung und Analyse bezeichnet (Faerber, 2010).

Die verschiedenen Phasen eines Prozesses werden mehr oder weniger regelmäßig durchlaufen und häufig von einem oder mehreren zuständigen Mitarbeitern ausgeführt. Eine interaktive Prozessgestaltung soll genau diese Vorgänge einfacher gestalten und diese somit effizienter und effektiver erfolgen lassen.



**Abbildung 21:** Kanäle interaktiver Prozessgestaltung

Abbildung 21 zeigt die zwei unterschiedlichen Kanäle einer interaktiven Prozessgestaltung. Über einen Kanal (in der Abbildung links) werden Vorgaben und Definitio-

nen vom Prozessdesign oder der Prozessüberwachung, beziehungsweise den hierfür zuständigen Stellen und Mitarbeitern, erstellt und an den Prozess weitergeben. Dieser Kanal findet sich normalerweise bei jedem Entstehen eines Prozesses, egal ob explizit geplant oder durch verschiedene Vorgehensweisen über eine gewisse Zeit gewachsen. Der zweite Kanal (rechts in der Abbildung) findet sich nicht bei allen Prozessen und Prozesslebenszyklen wieder und stellt somit den entscheidenden Punkt bei der interaktiven Prozessgestaltung dar. Über diesen Kanal werden Informationen oder Rückmeldungen vom Prozessablauf an die entsprechende Stelle des Prozessdesigns beziehungsweise der Prozessüberwachung mitgeteilt. Dies sollte möglichst zeitnah oder wenn möglich in Echtzeit erfolgen und bietet dadurch verschiedene Vorteile. Unter anderem kann der Prozess hierdurch exakt nachvollzogen werden, was eine Identifikation von Abweichungen bei verschiedenen Soll- und Istwerten, wie beispielsweise Durchlaufzeiten oder Stückzahlen, ermöglicht. Durch die gewonnenen Erkenntnisse kann anschließend schneller auf diese reagiert werden und Anpassungen am Prozessablauf stattfinden. Ein weiterer Vorteil liegt in der Nachvollziehbarkeit dieser Änderungen. Erfolgt eine Änderung am Prozessablauf, erhält die Prozessüberwachung direkt Informationen und Rückmeldungen über die Folgen dieser Änderung, was eine sehr schnelle Bewertung von verschiedenen Änderungen möglich macht.

## 5 BPM und PM

In diesem Abschnitt werden die Techniken des Business Process Management (BPM) und Process Mining (PM) vorgestellt und erläutert, da diese Techniken im Rahmen einer interaktiven Prozessgestaltung eingesetzt werden können. Dieser Abschnitt legt ebenfalls die Masterprojektarbeit zu Grunde und dient der kurzen Vorstellung der beiden Verfahren.

### 5.1 BPM

BPM beschreibt eine strukturierte Vorgehensweise zur Analyse und ständigen Verbesserung fundamentaler Unternehmensaktivitäten und deckt die Aspekte der Geschäftstätigkeit ab, in denen ein großer Beitrag zur Wertschöpfung erbracht wird (Zairi, 1997). So beschreiben Elzinga et al. (1995) BPM als *„a systematic, structured approach to analyze, improve, control, and manage processes with the aim of improving the quality of products and services“* (S.9). Van der Aalst (2013) beschreibt BPM als *„discipline that combines knowledge from information technology and knowledge from management sciences and applies this to operational business processes“* (S.1) und als Weiterentwicklung oder Erweiterung des Workflow Managements (van der Aalst, 2013).

Allgemein beschreibt BPM Verfahren, bei denen Geschäftsprozesse in den Mittelpunkt gestellt werden und versucht wird, die Struktur und die Effizienz dieser zu verbessern. Um dies erfolgreich durchführen zu können ist es notwendig, eine ganzheitliche Betrachtung der Geschäftsprozesse auf verschiedenen Ebenen durchzuführen. Diese sind unter anderem die operative, strategische und technische Ebene. Die Aktivitäten auf den verschiedenen Ebenen werden ausführlicher in der Masterprojektarbeit beschrieben. BPM umfasst unter anderem die Prozessanalyse, Prozessdefinition und -visualisierung. Bedeutend ist, dass klare Möglichkeiten zur Überprüfung von Zielen geschaffen werden. Hierzu dienen häufig Key Performance Indikatoren (KPI) die genau gemessen und verglichen werden können. Der Ablauf des BPM erfolgt in verschiedenen Phasen. Zunächst wird eine Ist-Analyse durchgeführt und ein wünschenswerter Sollzustand definiert. Anschließend erfolgt die Konzeption und Implementierung der Sollprozesse, ehe abschließend die Durchführung, Etablierung und Überprüfung stattfindet. Zur Umsetzung von BPM werden verschiedene Methoden,

wie die integrierte BPM-Projektmethodik oder die agile Projektmethodik, eingesetzt (Bosch Software Innovations, 2015). BPM kann mit Hilfe von BPMS (Business Process Management System) erfolgen, die je nach System in verschiedenen Bereichen unterstützen oder vollkommen automatische Prozessabläufe ermöglichen (vom Brocke & Rosemann, 2015b). Gerade in den letzten Jahren ist das Interesse an BPM stetig gewachsen und es wurde zu einer bedeutenden Disziplin, deren Einsatz viele verschiedenen Vorteile mit sich bringen kann (Recker & Mendling, 2015). Eine ausführliche Beschreibung dieser verschiedenen Methoden, deren Werkzeuge und verschiedener BPMS erfolgt ebenfalls in der Masterprojektarbeit.

## 5.2 PM

PM stellt eine von verschiedenen Mining Techniken dar und ist eine Abwandlung des Data Minings. Es wird von der IEEE Task Force on Process Mining (2011) wie folgt beschrieben:

*“Process mining techniques are able to extract knowledge from event logs commonly available in today's information systems. These techniques provide new means to discover, monitor, and improve processes in a variety of application domains. There are two main drivers for the growing interest in process mining. On the one hand, more and more events are being recorded, thus, providing detailed information about the history of processes. On the other hand, there is a need to improve and support business processes in competitive and rapidly changing environments.”* (S.1).

PM bietet demnach die Möglichkeit aus Datenbeständen zu lernen und dadurch Prozesse zu modellieren (Maruster, 2003). Hierzu werden aus Prozessdatenbeständen, sogenannten Logdaten, Istprozesse erzeugt und mit Hilfe dieser bisher „unbekanntes Wissen“ aufgedeckt. PM lässt sich in drei verschiedene Phasen unterteilen, welche als Pre-Processing, Processing/Mining und Post-Processing bezeichnet werden (Suh, 2012). Nach einer Selektion und Harmonisierung der Logdaten findet die Verarbeitung der Daten mit Hilfe von Algorithmen, beispielsweise mit dem  $\alpha$ -Algorithmus oder dem Genetic Miner Algorithmus, statt. Abschließend werden die Modelle um weitere Informationen, beispielsweise Häufigkeiten oder Wahrscheinlichkeiten, ergänzt und die grafische Präsentation aufgearbeitet (vgl. Thaler et al., 2013). Eine genaue Beschreibung der Abläufe ist in der Masterprojektarbeit zu finden.

Basisdaten für PM sind Daten die aus verschiedenen Systemen, wie Enterprise-Ressource-Planing (ERP), Workflow-Management-Systemen (WMS) oder Betriebs-Daten-Erfassung (BDE), stammen, können. Hieraus lassen sich durch Anwendung verschiedener Techniken Ablaufschemata in Form von Petri-Netzen oder ereignisgesteuerten Prozessketten entwickeln, die mit Hilfe von Kennzahlen eine Abweichungsanalyse von Ist- und Sollwerten ermöglichen (Grob et al., 2008). Im Allgemeinen lässt sich die Vorgehensweise beim PM in drei Phasen unterteilen. Diese lauten Pre-Processing (Vorbereitung), Processing (Verarbeitung) und Post-Processing (Nachbearbeitung) (Suh, 2012). Bei der Vorbereitung werden die benötigten Daten extrahiert und harmonisiert, bevor bei der Verarbeitung die Anwendung von verschiedenen Algorithmen erfolgt. Für eine genauere Beschreibung der einzelnen Phasen oder die Betrachtung der verwendeten Algorithmen sei auf die Projektarbeit verwiesen. In der abschließenden Phase werden die entstandenen Modelle entsprechend formatiert und, wenn gewünscht und möglich, mit weiteren Daten angereichert (Thaler et al., 2013). Der Prozess des PM kann unter anderem mit der Hilfe verschiedener Tools durchgeführt werden. Eine Auswahl dieser wurde ebenfalls in der Projektarbeit vorgestellt. PM stellt eine Möglichkeit dar, die im Unternehmen ablaufenden Prozesse besser darzustellen und zu verstehen. Berner et al. (2015) definieren die Möglichkeit Informationen über einen Prozess zu gewinnen als *Process Visibility*. Entscheidend hierbei ist die Qualität der Daten bezogen auf verschiedene Dimensionen wie beispielsweise Exaktheit, Flexibilität oder Integration (Berner et al., 2015).

## 6 Methodisches Vorgehen

Nachfolgend wird die Methodologie vorgestellt, die bei dieser Masterarbeit angewendet wird. Wie bereits beschrieben, ist es einerseits Ziel dieser Ausarbeitung einen Eindruck zu erhalten, welche Vorstellung verschiedene Personen eines Unternehmens von Industrie 4.0 haben und andererseits, auf Basis von bisherigen Prozessabläufen, Potenziale einer interaktiven Prozessgestaltung im Kontext von Industrie 4.0 aufzuzeigen. Um eine Grundlage hierfür zu erhalten, werden Leitfragen entwickelt und anschließend mit Hilfe des entstandenen Leitfadens teilstrukturierte Interviews durchgeführt. Hierfür werden Mitarbeiter aus unterschiedlichen Abteilungen ausgewählt, um so unterschiedliche Sichtweisen berücksichtigen zu können. Der Leitfaden für die teilstrukturierten Interviews besteht aus folgenden vier verschiedenen Bereichen:

- *Persönliche Angaben und Hintergrund*
- *Was wird unter Industrie 4.0 verstanden und welche Berührungspunkte gibt es?*
- *Wie sieht das aktuelle Prozessmanagement aus?*
- *Wie sehen typische Prozesse der Wertschöpfung im Unternehmen aus?*

Im ersten Bereich werden allgemeine Angaben zur Person und zum Aufgabenbereich erfasst, um so einen Eindruck über den entsprechenden Interviewpartner zu erhalten. Hierzu werden Informationen wie Alter, Berufsstand, der berufliche Werdegang sowie Aufgabenbereiche im Unternehmen erfasst.

Anschließend werden Fragen zum Themenkomplex Industrie 4.0 behandelt. Diese werden gestellt, um so einerseits einen Eindruck zu gewinnen, was sich die verschiedenen Mitarbeiter unter dem Begriff Industrie 4.0 überhaupt vorstellen und welche Berührungspunkte es bereits mit diesem Thema gab beziehungsweise gibt. Andererseits werden in diesem Bereich Vorstellungen über mögliche Chancen aber auch Befürchtungen abgehandelt.

Im Anschluss hieran werden Leitfragen zum Thema Geschäftsprozessmanagement behandelt. Ziel dieses Fragenabschnittes ist es, nachvollziehen zu können, wie das Thema Prozessmanagement im Unternehmen behandelt wird und zudem zu unter-

suchen, ob diese Behandlung auch von den Mitarbeitern entsprechend aufgefasst und behandelt wird. Zusätzlich wird in diesem Abschnitt nach einer technischen Unterstützung im Bereich Prozessmanagement sowie einer Behandlung des Themenbereiches Energieeffizienz gefragt.

Der abschließende Teil umfasst Fragen zum Thema Datenerfassung und Prozessablauf. Die hier behandelten Fragen variieren teilweise je nach Interviewpartner und werden auf dessen Beschäftigung ausgerichtet und entsprechend ausgewählt. So werden in diesem Abschnitt die verschiedenen Aufgabenbereiche, wie zum Beispiel Produktion, Controlling, Versand oder IT, genauer betrachtet und mögliche Systeme, wie Betriebsdaten- oder Maschinendatenerfassung, berücksichtigt. Die Fragen dieses Abschnittes dienen dazu, die verschiedenen Prozessabläufe im Unternehmen und deren Bestandteile, wie Systeme und verwendete Daten, besser zu verstehen und bilden die Grundlage der Modellierung.

Der komplette Leitfaden mit allen Leitfragen befindet sich in Anhang 1. Die geführten Interviews werden aufgezeichnet, transkribiert und anschließend analysiert. Hierfür werden die Interviews thematisch codiert. Hierbei wird sich an der Auswertungsmethodik von Hopf u. a. und den entsprechenden vier Phasen orientiert (Hopf et al., 1995). Zunächst werden in Phase eins die Auswertungskategorien entwickelt. Hierbei wird sich an den verschiedenen Bereichen des Leitfadens orientiert und anhand der Abläufe der Interviews weitere zusätzliche Kategorien gebildet. Anschließend werden im zweiten Schritt, mit Hilfe von MAXQDA, die transkribierten Interviews codiert. Im dritten Schritt werden zur besseren Transparenz Fallübersichten gebildet. Abschließend werden im vierten Schritt ausgewählte Fälle ausführlicher analysiert und im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt (vgl. Kuckartz, 2010). Dies bildet die Grundlage um Aussagen treffen zu können, wie die unterschiedlichen Personen Industrie 4.0, deren zukünftige Umsetzung, aber auch das Geschäftsprozessmanagement und die Abläufe im Unternehmen empfinden.

Für die Prozessanalyse stellen die Interviews lediglich einen ersten Schritt dar, um hierdurch einen Überblick der Abläufe im Unternehmen zu erlangen. Im Rahmen einer Einstellung als Werkstudent werden die Prozesse anschließend vor Ort, in Form einer Nachverfolgung der Abläufe, analysiert. Hierbei werden weitere Gespräche mit unterschiedlichen Personen, die an den Prozessen beteiligt sind, geführt,

deren Umfang und Inhalt über die durchgeführten Interviews hinausgeht. Diese Gespräche fließen direkt mit in die Prozessmodellierung und -beschreibung ein. Zur Prozessmodellierung wurde Business Process Model and Notation (BPMN) verwendet.

## **7 Analyse eines mittelständischen Unternehmens**

In den folgenden Abschnitten wird die Analyse des mittelständischen Unternehmens beschrieben und erläutert. Die Basis hierfür bilden einerseits die durchgeführten und ausgewerteten Interviews sowie die Erkenntnisse, die innerhalb der Tätigkeit als Werksstudent direkt vor Ort erlangt wurden. Nachdem zunächst das Unternehmen und anschließend die Ergebnisse der Interviews vorgestellt werden, folgt anschließend die Beschreibung von möglichen Handlungsbereichen mit Bezug zur Industrie 4.0 und zur interaktiven Prozessgestaltung innerhalb des Unternehmens. Hierfür werden die unter 3.4 beschriebenen Funktionsbereiche herangezogen und diesen konkrete Handlungsfelder zugeordnet. Die Probleme in den Handlungsfeldern werden beschrieben und visuell dargestellt, ehe anschließend Handlungsempfehlungen für Verbesserungen gegeben werden.

Zu den Bereichen Informationsweitergabe sowie automatisierte Kommission und Versandabwicklung im Bereich Selbstorganisation und Autonomie werden die vorhandenen Istprozesse ausführlich visualisiert und anschließend mögliche Sollprozesse vorgestellt. Diese stellen dar, wie die vorhandenen Prozesse beim Einsatz von Techniken des Industrie 4.0 Ansatzes aussehen könnten. Abschließend erfolgt eine Beschreibung einer Bewertung der entstandenen Sollprozesse durch die Geschäftsleitung sowie eine Betrachtung möglicher Hindernisse bei der Umsetzung.

### **7.1 Vorstellung des Unternehmens**

Das analysierte Unternehmen ist einer der führenden deutschen Hersteller von Verbindungstechniken im Bereich Sanitär, Heizung & Klima, beschäftigt ca. 200 Mitarbeiter und ist seit über 60 Jahren auf dem Markt der Buntmetallverarbeiter aktiv. Hierbei teilt sich die Tätigkeit auf zwei verschiedene Geschäftsbereiche auf. Zum einen wird ein eigenes Produktsortiment vertrieben und zum anderen in einem OEM-Bereich Sonderlösungen für Kunden entwickelt und gefertigt.

Das Produktportfolio umfasst eine große Anzahl verschiedener Produkte, zum Beispiel der Verbindungstechnik für Kunststoffrohre, der Trinkwasserprobenahme sowie Produkte für die mobile Trinkwasserversorgung. Zurzeit beträgt die Anzahl der im Produktportfolio angebotenen Artikel etwa 4500 Stück.

Das Unternehmen hat teilweise bereits auf die sich verändernden Strukturen und Einflüsse reagiert und verschiedene Maßnahmen eingeleitet. So wurde eine neue umfassende Unternehmensstrategie ausgearbeitet, unter der die Entwicklung des Unternehmens in den kommenden Jahren ablaufen soll. So soll eine Produktionsneuplanung, die unter anderem eine Kleinserienfertigung umfasst, vorangetrieben sowie die Internationalisierung verschiedener Unternehmensbereiche ausgebaut werden.

## 7.2 Vorstellung Interviews

Insgesamt wurden fünf Interviews mit sechs Personen geführt, deren Länge zwischen 26:16 und 52:27 Minuten variiert. Im Durchschnitt liegt die Länge bei circa 36:20 Minuten. Befragt wurden eine weibliche und fünf männliche Personen, deren Alter zwischen 27 und 48 Jahren liegt. Im Schnitt sind die Teilnehmer um die 41 Jahre alt.

- Person 1 ist 48 Jahre alt, männlich, seit 5 Jahren im Unternehmen und als alleiniger Geschäftsführer des Unternehmens tätig. Er hat ein betriebswirtschaftliches Studium absolviert und war anschließend zunächst im Bereich der IT tätig. Er wechselte jedoch auf Grund des Wunsches nach mehr Kontakt mit Menschen sein Tätigkeitsfeld in Richtung Betriebswirtschaft und Management.
- Person 2 ist 48 Jahre alt, ebenfalls männlich und seit Anfang 2014 als technischer Leiter im Unternehmen tätig. Es ist Diplom-Ingenieur für Produktionstechnik und sieht seinen Aufgabenschwerpunkt darin, dass Unternehmen weg von handwerklichen geprägten Strukturen hin zu einem modernen Industrieunternehmen zu führen.
- Person 3 ist ebenfalls männlich und 33 Jahre alt. Er arbeitet seit 2007 im Unternehmen und ist dort als Leiter der Montage tätig. Vorher war er bereits in den Bereichen Arbeitsvorbereitung, Fertigungssteuerung und als Unterstützung für den Werkleiter tätig. Sein Aufgabenschwerpunkt liegt in allen Vorgängen, die mit der Montage und der Personalplanung der Montage zusammenhängen. Zudem ist er für die Betreuung der Maschinen- und Betriebsdatenerfassung zuständig.
- Person 4 ist weiblich und 27 Jahre alt. Sie ist seit ihrer Ausbildung zur Industriekauffrau im Jahre 2006 im Unternehmen und erlangte nebenberuflich den

Bachelor of Science in Wirtschaftsinformatik. Zu ihren Aufgaben gehört die Betreuung und Koordination der IT Dienstleister, die Betreuung verschiedener IT-Systeme sowie die Durchführung verschiedener Projekte im IT-Bereich.

- Person 5 ist 49 Jahre alt und männlich. Er ist der Vorgesetzte von Person 4 und ebenfalls unter anderem für den Bereich IT verantwortlich. Zudem umfasst sein Aufgabengebiet die Auswertung verschiedener Kennzahlen. Um ergänzende Informationen beisteuern zu können, nahm Person 5 daher am Interview mit Person 4 teil. Seine Aussagen sind entsprechend in der Transkription und den Audiodateien von Interview 4 zu finden. Er ist gelernter Datenverarbeitungs-Kaufmann und seit 2007 im Unternehmen. Nachdem er zunächst als Assistent der Geschäftsführung, Vertriebsleiter Innendienst und SCM Leiter tätig war, ist er aktuell als Leiter SCM und Organisation/Geschäftsleitung tätig.
- Person 6 ist männlich, 42 Jahre alt und FAL (Fachabteilungsleiter) in den Bereichen CNC-Dreherei und Automatendreherei. Nach einer Ausbildung zum Dachdecker und gesundheitsbedingter Aufgabe seines Berufes, machte er auf dem zweiten Bildungsweg eine Ausbildung zum Konstrukteur. Im Unternehmen ist er seit 1997 und führte zunächst die Aufgabe als Konstrukteur in der Werkzeugkonstruktion aus. Als FAL gehört die Steuerung, Planung und Überwachung der Fertigung im oben genannten Bereich zu seinen täglichen Aufgaben.

Bei der Auswahl der Personen wurde darauf geachtet, dass diese in verschiedenen Abteilungen und Unternehmensbereichen tätig sind und zudem eine unterschiedliche IT-Affinität besitzen. Damit wird sichergestellt, einen möglichst umfassenden Blick auf die Abläufe im Unternehmen zu erhalten und bei der Einschätzung des Themenbereiches Industrie 4.0 unterschiedliche Eindrücke zu erhalten.

### 7.3 Ergebnisse Interviews

In diesem Abschnitt erfolgt die Analyse der geführten Interviews. Hierbei werden die Ergebnisse von relevanten Auswertungskategorien vorgestellt. Die Bezeichnungen der Kategorien werden zur besseren Übersicht als zusätzliche **Überschriften** dargestellt.

#### **Industrie 4.0**

Alle interviewten Personen kannten den Begriff Industrie 4.0, hatten eine Vorstellung hierzu und bezeichneten dieses Thema als sehr komplex und umfassend. Fast alle Personen nannten die Vernetzung und Kommunikation verschiedener Systeme als ein Hauptmerkmal der Industrie 4.0 (Person 3/1; 00:01:42-4, Person 6/1; 00:07:04-7)<sup>4</sup>. Person 3 nennt zudem die Flexibilisierung der Produktion als weiteres Merkmal: *„Kleine Serien oder halt auch Großserien möglichst flexibel für den Kunden zu fertigen. Lagerbestände demzufolge auch reduzieren und eigentlich bedarfsgenau zu fertigen“* (Person 3/1; 00:02:21-0). Person 1 erläutert zudem die verschiedenen Richtungen, horizontal und vertikal, der Vernetzung und gibt einen Einblick über seine zukünftige Vorstellung des Unternehmens, die durch eine durchgehende Vernetzung vom Kunden bis zum Lieferanten gekennzeichnet ist (Person 1/1; 00:07:31-1). Ebenfalls angesprochen werden die Bereiche Individualisierung (Person 6/2; 00:00:02-6) sowie Automatisierung und Digitalisierung von Prozessen (Person 1/3; 00:00:58-4). Person 4 fasst dies mit ihrer Definition sehr treffend zusammen: *„Eine Automatisierung der Fertigungsprozesse durch die Unterstützung der IT. Das ein ständiger Austausch von Informationen zwischen unterschiedlichen Komponenten, also seien es Maschinen oder Systeme, stattfindet. Und sowohl eine Großserienfertigung als auch die Fertigung kundenindividueller Teile“* (Person 4/1; 00:01:24-6).

Bisherige konkrete Berührungspunkte im Unternehmen hatten die Befragten bisher noch nicht (Person 2/2; 00:02:10-8). So beruhen die Kenntnisse auf der Teilnahme an Workshops (Person 1/1; 00:04:23-2) oder auf eigenständiger Auseinandersetzung mit der Thematik, wie dem Lesen von Artikeln (Person 3/1; 00:01:42-4, Person 6/1; 00:07:04-7). Person 4 sieht Berührungspunkte zwischen Industrie 4.0 und Projekten,

---

<sup>4</sup> Angaben in der Form (Person/Teil der Audiodatei; Zeitangabe ab)

die im Unternehmen zurzeit angedacht werden und sagt hierzu: *„Die Einführung eines Lagerverwaltungssystems. Also so als ersten Schritt in die Richtung Prozesse weiter zu automatisieren.“* (Person 4/1; 00:02:15-6).

Alle befragten Personen sind sich einig, dass eine umfassende Einführung von Industrie 4.0 im Unternehmen noch in weiter Ferne ist. So nennt Person 1 (Person 1/2; 00:01:10-2) beispielsweise einen Zeitraum von 10 Jahren, Person 4 (Person 4/2; 00:10:42-7) Minimum 5 Jahre und Person 5 (Person 5/3; 00:01:15-2) hält 5 Jahre für sehr kurz und denkt, dass dies noch deutlich länger dauern wird. So sagt Person 5 folgendes: *„Für mich ist 4.0 erst mal noch hier im Unternehmen in weiter Ferne. Weil wir sind gerade mal da, vielleicht auch auf Grund des veralteten technischen Standes, den wir hier nun mal haben. Ich sage mal, da mit 4.0 zur arbeiten ist denke ich auch ein bisschen utopisch.“* (Person 5/1; 00:09:31).

Uneinigkeit herrscht über die zukünftige Bedeutung von Industrie 4.0. Einige der Befragten sehen große Chancen im Bereich Industrie 4.0 (Person 1/1; 00:07:27-9, Person 3/1; 00:03:19-6). Person 1 sieht den Mittelstand auch bei der Umsetzung gegenüber großen Konzernen im Vorteil *„Ich glaube, dass der Mittelstand vielleicht sogar größere Chancen hat wie jetzt Großkonzerne. Weil man doch ein Stück flexibler ist, darauf zu reagieren“* (Person 1/1; 00:07:27-9). Person 5 hingegen sieht die Entwicklung eher noch skeptisch und macht die Notwendigkeit einer vierten industriellen Revolution abhängig von der Entwicklung der Technologien (Person 5/4; 00:10:48-0). Er hält es jedoch für wichtig, die Entwicklung genau zu beobachten, um den technologischen Vorsprung gegenüber internationalen Mitstreitern wahren zu können. Person 2 glaubt zudem, dass andere strukturelle Bereiche im Unternehmen von größerer Bedeutung sind als die Digitalisierung. So sagt er *„ich sehe halt in den anderen Bereichen, in den Prozessveränderungen ohne weitere Digitalisierung, sehe ich einfach die größeren Effekte und da werden wir auch die Schwerpunkte drauf legen“* (Person 2/3; 00:01:45-9).

Die Befragten sind sich jedoch einig, dass sich durch die geänderten Rahmenbedingungen die Notwendigkeit von Anpassungen ergibt. So wird immer wieder die Flexibilisierung von Abläufen und Prozessen genannt (Person 2/1; 00:04:02-3, Person 3/1; 00:01:42-4). Person 1 verweist auf die Bedeutung individueller Produkte und sagt: *„Ich glaube sowieso, dass die Massenfertigung in der gesamten Welt zukünftig*

*nicht mehr die Bedeutung hat, wie sie die heute hat. Also wir stellen ja bei uns schon fest, das wird immer individueller, je individueller umso besser umso schicker.“ (2; 00:00:01-3).*

Eine Reduzierung der Losgrößen wird ebenfalls angesprochen (Person 2/1; 00:04:02-3, Person 6/2; 00:02:40-1) und ein sehr hoher Rüstaufwand (Person 1/4; 00:04:42-2) beklagt. Person 3 sagt hierzu: *„Teilweise rüstet man für 20, 30 oder 50 Teile die Maschine ein. Dann kommt es noch dazu, dass die Maschine schon älteren Baujahrs ist, da dauert der Rüstvorgang sowieso was länger und die Laufzeit für 50 Stück, die ist so verschwindend gering, so schnell kriegt man dann gar nicht die Maschine nachher wieder gerüstet.“ (Person 3/2; 00:10:24-6).*

Ansatzpunkte für Industrie 4.0 sehen die Befragten in unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens. Ein genannter Bereich, indem sich das Unternehmen Verbesserungen, auch durch Industrie 4.0, wünscht, ist die Schaffung von Kennzahlen (Person 1/3; 00:10:19-2). Person 2 legt den Fokus auf die Optimierung der Rüstzeiten und sagt: *„Was die Planung und Steuerung betrifft, da müssen wir dahin kommen, dass wir Rüstzeitoptimiert eine Reihenfolgeplanung machen. Das wir auf Maschinenebene im Endeffekt auch irgendwo, ich sage mal, eine Matrix hinterlegen.“ (Person 2/1; 00:08:04-3).* Zudem werden Ansatzpunkte in einer verbesserten Zusammenarbeit der unterschiedlichen Bereiche (Person 2/1; 00:08:07-4) sowie im Bereich des Aufbaus einer bereits geplanten Kleinserienfertigung (Person 2/5; 00:00:49-9) gesehen. Person 1 sieht den 3D-Druck als eine der entscheidenden Technologien der Zukunft an und sagt: *„Der 3D-Druck nimmt da für mich auch eine wichtige Rolle ein und wird die Industriewelt verändern“ (2; 00:02:55-1).*

Hindernisse bei der Umsetzung sehen die Befragten vor allem in dem veralteten Maschinenpark. Person 1 beschreibt diesen als *„sehr anachronistisch“* und beschreibt, dass die Maschinen Technik von unterschiedlichen Herstellern verwendet, was eine Verknüpfung schwierig erscheinen lässt (3; 00:03:36-4). Ebenfalls so sehen es auch andere befragte Personen (Person 3/1; 00:03:19-6). Der hohe Investitionsaufwand, die personellen Anforderungen (Person 5/3; 00:01:15-2) sowie ein noch nicht vorhandenes einheitliches Verständnis der Thematik (Person 4/3; 00:00:48-8) werden ebenfalls als mögliche Hindernisse angesehen. Weitere Probleme werden bei der Datensicherheit (Person 1/2; 00:06:26-6) gesehen. Person 6 bestätigt diese Befürch-

tung und sagt: *„Es birgt ja auch gewisse Risiken/Gefahren. Das Know How verloren geht oder Know How, sage ich mal, auch gestohlen wird“* (Person 6/2; 00:01:01-2) Person 1 sieht zudem Probleme im Bereich der Bereitschaft der Mitarbeit der Lieferanten und sagt *„Da sind wir ja schon in der Neuzeit angekommen gegenüber unseren Lieferanten. Da ist eine sehr, sehr konservative Industrie und da ist glaub noch ganz, ganz viel zu tun“* (Person 1/4; 00:08:57-1).

Es zeigt sich, dass bereits alle befragten Mitarbeiter ein Grundverständnis für Industrie 4.0 haben und sich hierunter auch verschiedene Bestandteile der vorgestellten Bereiche von Industrie 4.0 vorstellen. Genaue Vorstellungen, welche Bereiche im Unternehmen hiervon am stärksten betroffen sind, wie man sich Industrie 4.0 in Zukunft im Unternehmen vorstellen kann und wie lange dies in etwa dauern wird, sind nur vage vorhanden. Konkrete Berührungspunkte mit Industrie 4.0 hatten die befragten Mitarbeiter im Unternehmen bisher kaum. Es wird deutlich, dass die typischen Probleme, wie sinkende Losgrößen und der Wunsch nach einer höheren Individualität von Produkten, auch das analysierte Unternehmen betrifft. Daher sehen alle Mitarbeiter die Notwendigkeit von Änderungen sowie erste Ansatzpunkte hierfür vor allem in ihren eigenen Aufgabenbereichen und glauben, dass Industrie 4.0 hier gute Möglichkeiten bietet. In verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise der Sicherheit oder Akzeptanz von neuen Techniken und Abläufen, werden jedoch mögliche Hindernisse auf dem Weg hin zu Industrie 4.0 gesehen.

### ***Prozessmanagement/Business Process Management***

Die Befragten sind sich einig, dass das Prozessmanagement, so wie es zurzeit im Unternehmen aus- und durchgeführt wird, mangelhaft ist. So sagt Person 5 zu der Dokumentation von Prozessen: *„Sie wurden dokumentiert. Es wird momentan nicht mehr so aktiv betrieben“* (1; 00:05:48-4) und führt weiter aus *„es ist dann irgendwie 2011, 2012 aus internen Gründen stecken geblieben. Und so ist der Status.“* (4; 00:07:19-3). Person 3 beschreibt den aktuellen Status wie folgt: *„Ich denke da sind wir noch nicht so gut aufgestellt. Also ich denke da haben wir noch viel Potenzial, da müssen wir noch einiges aufholen, was so die Prozesse, die Prozessabläufe angeht – in allen Bereichen denke ich“* (1; 00:05:28-7).

Die Dokumentation von Geschäftsprozessen erfolgt bisher lediglich im Rahmen des Qualitätsmanagements und werde kaum noch gepflegt (Person 2/2; 00:03:26-6, Person 4/1; 00:05:48-4). Somit sind zwar dokumentierte Prozesse vorhanden, werden jedoch nicht aktiv genutzt und sind daher auch nicht allen Mitarbeitern bekannt (Person 6/2; 00:05:31-4).

Hieraus ergeben sich verschiedene Defizite. Person 1 sagt hierzu: *„Also vor meiner Zeit hat man in Maschinen investiert. Das hilft dem Unternehmen nicht weiter. Das Geld hätte man erst mal zurückhalten müssen und hätte die Prozesse definieren müssen“* und sagt weiter *„Es ist kein klarer Prozess definiert. Das werden wir also in der Produktion vorfinden“* (Person 1/3; 00:03:36-4). Person 2 beschreibt die eine dadurch bedingte Schaffung von einer lokalen Optimierung, die den Gesamtprozess leiden lässt (Person 2/1; 00:08:03-4). Person 5 stellt klar, dass die Prozesse bis 2012 aktiv betrachtet und analysiert wurden, um so Schnittstellen genauer zu betrachten und Standards zu schaffen, dies allerdings dann 2011/2012 aus internen Gründe eingestellt wurde und dies, bis auf die Dokumentation für das Qualitätsmanagement, bis heute der Fall ist. Weiter sagt er hierzu: *„Und so ist der Status. Ich denke mal viele der Prozesse sind auch noch annähernd so, weil die sind schon teilweise statisch, aber das muss wieder aufgenommen werden.“* (Person 5/4; 00:07:19-3).

Neben der Einigkeit darüber, dass das Prozessmanagement zurzeit unzureichend ausgeführt wird, herrscht unter den Befragten auch Einigkeit darüber, dass ein umfassendes Geschäftsprozessmanagement wichtig und sinnvoll ist. Person 2 sieht die Möglichkeit hierdurch Abteilungsgrenzen transparenter zu machen und abstellen zu können (Person 2/2; 00:04:17-8). Person 3 sieht dies ebenfalls als notwendig an und sagt: *„Damit wir eine Basis haben, auf der man überhaupt beurteilen kann wie gut oder wie schlecht, wie effektiv oder wie ineffektiv arbeitet derjenige. Das man also wirklich konkret die Prozesse beschreibt, was zu tun ist, damit man da einfach eine Basis hat, um überhaupt irgendwo mal ansetzen zu können“* (Person 3/1; 00:06:02-8). Person 6 sieht ebenfalls den Bedarf, das veraltete Prozessmanagement zu überarbeiten und dies so anzupassen, dass die Mitarbeiter damit auch arbeiten können (Person 6/2; 00:06:36-2). Person 1 weist darauf hin, dass in den kommenden drei Jahren durch eine Werksneuplanung auch die Prozesse geändert werden und daher die alte Prozessplanung keine Rolle mehr spielen wird (Person 1/3; 00:03:22-3).

Konkrete Maßnahmen oder Planungen um das Geschäftsprozessmanagement zu verändern werden jedoch von keiner Person genannt.

Die Interviews verdeutlichen, dass ein BPM im Unternehmen zurzeit weder vorhanden ist, noch gelebt wird. Die Unternehmensprozesse werden lediglich für das Qualitätsmanagement verwendet, jedoch nicht auf ihre Aktualität oder Einhaltung hin analysiert und von den Mitarbeitern kaum genutzt. Kennzahlen, die eine Prozessanalyse ermöglichen, fehlen ebenfalls. Die befragten Personen sehen hier alle großen Handlungsbedarf und messen diesem Bereich für die Zukunft eine sehr große Bedeutung zu.

### ***Energiemanagement***

Ein Energiemanagement ist im Unternehmen zwar vorhanden, jedoch noch in einem sehr geringen Umfang. So sagt Person 2 zu dieser Thematik: *„Ja, da sind wir noch in den Kinderschuhen. Wir führen ja dieses Jahr ein, ich sage mal, strukturierteres Energiemanagement ein. Wir haben zwar schon Ansätze in den letzten beiden Jahren gemacht. Aber dieses Jahr werden wir da noch stärker einsteigen, indem wir erst mal die Energieströme messen, weil wir heute zu wenig Zähler haben“* (2; 00:09:23-8). Person 5 erläutert, dass in Zukunft eine Art Energiemanagementkonsole aufgebaut werden soll (1; 00:09:51-0) und dass dieses Thema von großer Bedeutung ist (1; 00:10:36-3). Wenn möglich sollen später die Energiekosten genauer auf die Kosten der einzelnen Produkte oder Produktgruppen umgelegt werden können (Person 5/2; 00:00:01-1).

Es zeigt sich, dass das Unternehmen bereits erste Schritte im Bereich des Energiemanagements unternommen hat und in den nächsten Jahren hier weitere Maßnahmen umsetzen wird. So sollen in Zukunft Energieströme genauer gemessen und somit sowohl Einsparpotenziale aufgezeigt als auch eine genauer Kostenrechnung umgesetzt werden.

### ***Produktionsablauf***

Den Hauptablauf der wertschöpfenden Produktion beschreiben alle befragten Personen sehr ähnlich. Person 4 beschreibt diesen wie folgt: *„Über die Absatzplanung werden die Bedarfe geplant und in Fertigungsaufträge beziehungsweise Bestellvor-*

*schläge umgewandelt. Die Bestellung wird dann wieder ausgelöst oder der Fertigungsauftrag wird in die Produktion übergeben. Der Fertigungsauftrag kann sowohl ein Auftrag für die Fertigung an einer Maschine sein oder ein Montageauftrag. Das Teil wird dann in einem oder mehreren Produktionsschritten gefertigt, gegebenenfalls montiert, verpackt und dann eingelagert beziehungsweise an den Kunden versendet." (2; 00:05:06-9). Ähnlich beschreiben es auch Person 1 (4; 00:05:28-8) und Person 6 (2; 00:09:11-9). Person 6 merkt zudem an, dass die Kommunikation im Bereich von Hauptprozessschritten und Satellit-Bereichen nur „sehr tragend, sehr schleppend“ funktioniert (3; 00:01:40-9). Bis auf Person 3, die kurz Arbeitsanweisungen anspricht (1; 00:06:02-8), geht keine der befragten Personen auf vorgegebene Abläufe oder ähnliches ein. Person 4 beschreibt die Art des Ablaufs wie folgt. „Ich denke, dass viel auf Basis vom Anlernen erfolgt. Also, dass man sich eher momentan miteinander so bespricht wie was zu erfolgen hat, anstatt sich strikt daran zu orientieren wie der Prozess aufgebaut ist“ (1; 00:06:32-0).*

Die Befragten schildern den Produktionsablauf alle sehr ähnlich. Dies lässt darauf schließen, dass es eine Art Referenzprozess gibt, an dem sich die Mitarbeiter orientieren. Es wird in den Beschreibungen deutlich, dass es innerhalb des Unternehmens verschiedene Bereiche gibt, die sehr eigenständig arbeiten und die Kommunikation unter den Bereichen eher schlecht funktioniert.

### ***Datenerfassung & Analyse***

Die Datenerfassung beschränkt sich im Unternehmen auf die Betriebsdatenerfassung sowie die Erfassung von Daten im ERP System (Person 5/4; 00:01:15-2). Diese Art und Weise der Datenerfassung halten die befragten Personen für zu wenig und sehen dort großen Handlungsbedarf. So sagt Person 1: „Ne, wir haben ganz, ganz viele Themen dort noch. Es passiert zwischen dem, wie die Ware hier rein geht und zwischen dem wie sie rausgeht, ist noch ein großes Vakuum“ (3; 00:00:58-4) und bemängelt, dass Outputdaten wie beispielsweise der Ausschuss fehlen (3; 00:02:26-6). Ähnlich beschreibt es Person 2 (3; 00:00:55-5).

Mit Hilfe von Navision werden die ERP-typischen Daten, wie Lieferanten- oder Artikel-daten, erfasst (Person 4/1; 00:08:09-7) und mit Hilfe von Lagerbestandsbuchungen Bestände geführt. Person 2 sagt hierzu: „Also Input und Output messen wir eini-

*germaßen genau. Oder sagen wir mal den Input messen wir eigentlich schon sehr genau, den Output messen wir auch relativ genau. Da sind wir vielleicht noch nicht ganz so scharf. Was bei uns noch so ein bisschen Black Box ist, wenn wir den Output betrachten - Ausschusszahlen. Da sind wir heute noch nicht so gut aufgestellt.“* (Person 2/2; 00:05:02-5). Ebenfalls können hierdurch Aussagen über Bestandsreichweiten oder durchschnittliche Abgänge getroffen werden (Person 5/2; 00:01:42-9). Die Bestandsumbuchungen erfolgen hierbei teilweise zeitversetzt, da diese auf den Daten der Betriebsdatenerfassung basieren, aber nochmal manuell geprüft werden (Person 2/2; 00:06:37-1). Person 2 beschreibt dies wie folgt: *„Gründe dafür sind, dass wir manuell nochmal die Buchungsdaten überprüfen, weil wir da vielleicht noch mit der automatischen Datenerfassung noch nicht gut genug sind. Deswegen muss da noch ein Mitarbeiter drüber schauen und quasi eine Plausibilitätsprüfung machen.“* (Person 2/2; 00:07:21-2).

Die Betriebsdatenerfassung wird ebenfalls als ausbaufähig beschrieben (Person 1/3; 00:02:26-6, Person 2/2; 00:05:02-5). Person 3 sagt hierzu: *„In der Fertigung hängen alle Maschinen an Hydra. Also der Werkzeugbau ist ausgenommen und die Gießerei. Sonst hängen alle Maschinen an Hydra.“* (Person 3/2; 00:04:45-0). Jedoch werden lediglich Stückzahlen, Maschinenlaufzeiten, Ausschuss bedingt sowie Stillstandzeiten und Störgründe erfasst (Person 3/2; 00:04:11-4, Person 5/2; 00:00:48-3). Person 6 bemängelt die Möglichkeiten der Auswertbarkeit der erfassten Daten, da das System nicht im Zusammenhang mit dem ERP-System arbeitet oder Daten fehlen (Person 6/3; 00:02:48-8).

Probleme ergeben sich durch diese Art der Datenerfassung in verschiedenen Bereichen. Person 2 bemängelt, dass in manuellen Prozessen Ausschuss nicht gebucht und Durchlaufzeiten eines Produktes zurzeit nicht erfasst werden können. Person 5 erklärt, dass die erfassten Daten für eine Prozesskostenrechnung nicht genau genug sind (Person 5/2; 00:05:02-5) und Person 6 erläutert, dass eine Kombination vorhandener Systeme beziehungsweise die Nutzung eines Systems wünschenswert wäre und sagt: *„Diese Kommunikation, das heißt BDE und ERP, wenn man da, am schönsten wäre natürlich, ein Komplettsystem hat.“* (Person 6/3; 00:02:48-8).

Die Befragung der Personen ergibt, dass diese vor allem in zwei Bereichen weitere Potenziale sehen. Einerseits wird gewünscht, dass die vorhandene Datenbasis bes-

ser genutzt wird, um daraus Kennzahlen abzuleiten (Person 2/3; 00:00:00-1). Andererseits wird erläutert, dass eine Erfassung der vorhandenen menschlichen Kapazitäten wünschenswert ist und eine flexiblere automatische Planung, die mehr Daten berücksichtigt, sinnvoll wäre (Person 3/2; 00:08:46-5, Person 6/3; 00:01:02-1). So führt Person 6 aus: *„Eine wirklich Vorausplanung die wünsche ich mir. Das würde uns richtig nach vorne bringen, effizient sogar“* (Person 6/3; 00:01:30-1).

Auf Basis der Interviews lässt sich festhalten, dass bereits verschiedene Daten erhoben und verwendet werden. Gerade im Bereich der Betriebsdatenerfassung ist positiv hervorzuheben, dass bereits alle Maschinen hieran angeschlossen sind. Es wird jedoch auch deutlich, dass bei der Datenerfassung und -analyse Probleme vorherrschen. Ein Problem stellt die Verknüpfung und Zusammenarbeit der beiden Systeme ERP und BDE dar. So werden Daten zwar erfasst, aber teilweise mit einer sehr großen Zeitdifferenz von einem System in das andere übertragen. Somit sind Analysen nur schwer oder zeitversetzt möglich. Man kann zusammenfassen, dass bereits eine gute Datenbasis vorhanden ist, diese jedoch nur in einem sehr kleinen Umfang zu Analysen und Auswertungen oder auch zur Automatisierung von Prozessabläufen genutzt wird. Fehlende Informationen in einigen Bereichen stellen einen weiteren Problembereich dar. So fehlen Kennzahlen und die Berücksichtigung von personellen Kapazitäten.

### ***Die Rolle des Menschen***

Diese Kategorie ergab sich aus den Interviews, in denen viele der befragten Personen von sich aus auf die Rolle des Menschen im Kontext von Industrie 4.0 eingingen. Die Befragten gehen davon aus, dass der Mensch auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielt, sich seine Aufgabenbereiche jedoch verschieben werden. So sagt Person 1: *"Es wird die komplette Welt ja dann auch verändert. Die Menschen die heute in der Produktion sind, werden zukünftig eine andere Aufgabe haben"* und führt aus, dass dann bisher vernachlässigte Themenbereiche, wie beispielsweise Gesundheit, eine Rolle spielen werden (2; 00:04:59-7). Person 2 und 5 sehen dies ähnlich und beschreiben, dass sich aus den bevorstehenden Änderungen auch andere Anforderungen an die Mitarbeiter ergeben. So wird in Zukunft eine höhere Mitarbeiterflexibilisierung nötig sein, was wiederum dazu führt, dass entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen notwendig sind. Somit sollen sowohl verschiedene Fähigkeiten geschult

werden, um Mitarbeiter dadurch flexibler im Unternehmen einzusetzen (Person 2/1; 00:08:03-4) als auch das Verständnis für die aktive Mitarbeit an Prozessen zu fördern (Person 5/4; 00:01:15-2). So sagt Person 2 hierzu: *„Mitarbeiterflexibilisierung gehört dann dazu. Auch da sind wir sehr stark, ich sage mal, in Richtung Spezialisten haben wir uns entwickelt. Also wir haben für die unterschiedlichen Aufgaben quasi Spezialisten, die dann auch nur diese eine Aufgabe können. Und da müssen wir auch über Qualifizierungsmaßnahmen die Mitarbeiter so weit in die Lage versetzen auch innerhalb des Unternehmens mehr Arbeitsplätze besetzen zu können.“* (Person 2/2; 00:00:01-0). Person 6 misst der Schulung der Mitarbeiter ebenfalls eine hohe Bedeutung zu und wünscht sich in diesem Bereich strukturelle Verbesserungen (3; 00:05:18-4). Person 1 gibt zudem zu bedenken, dass die Rolle des Personals auch bei der Einführung von neuen Techniken von großer Bedeutung ist und sagt, dass man lernen muss, mit neuen Techniken umzugehen (4; 00:03:01-0). Person 4 hält es im Kontext von Industrie 4.0 für wichtig, bei den Mitarbeitern zunächst einmal ein generelles Grundverständnis für diese Thematik zu schaffen (3; 00:08:45-0).

Es zeigt sich, dass den Menschen beziehungsweise den Mitarbeitern eine sehr große Bedeutung zugesprochen wird und dies trotz voranschreitender Digitalisierung und Automatisierung. So sehen alle Befragten die Notwendigkeit, das Personal auf zukünftige Aufgaben vorbereiten zu müssen, um dies einerseits auf neue Techniken und die Arbeit hiermit einzustimmen sowie andererseits eine höhere Flexibilität und Eigenverantwortung herbeizuführen.

Es lässt sich festhalten, dass sich in den Interviews viele der vorgestellten Thesen aus den verschiedenen Studien und Quellen bestätigen und die Aussagen der befragten Personen mit denen in der Literatur übereinstimmen. So ist das Unternehmen von genau den Problemen, wie einer steigenden Individualität bei Produkten oder einem erhöhten Druck durch Globalisierung, betroffen, die als Auslöser für den Start der Industrie 4.0 Kampagne aufgeführt werden. Ebenfalls bestätigen sich die typischen Hindernisse, die laut der Studie *„Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand“* (BMW, 2015a) gerade für Mittelständler Probleme darstellen. Hierzu zählen zum Beispiel die gewachsene Historie eines Mittelständlers, die Gestaltung des Maschinenparks oder personelle Schwachstellen. Eine Prozess-Sichtbarkeit (Process Visibility), die die Basis zur Analyse und Verbesserung

von Prozessen darstellt, ist im Unternehmen kaum oder nicht ausreichend vorhanden, da die Qualität der vorhandenen Daten als auch die der Prozessbeschreibung mangelhaft sind.

#### **7.4 Beschreibung & Visualisierung vorhandener Istprozesse**

Nachfolgend werden die zurzeit im Unternehmen vorhandenen Istprozesse beschrieben. Hierzu wurde ein Produkt ausgewählt, dessen Bearbeitungsschritte sich bei vielen anderen Produkten wiederholen. Der abgebildete Prozess, mit seinen verschiedenen Prozessabschnitten, beinhaltet zum einen die allgemeine Fertigungsplanung und -steuerung, die Fertigung an sich sowie die Einlagerung und den Versand. Der hier beschriebene Prozess, der teilweise den Ablauf der Fertigung genau eines bestimmten Artikels beschreibt, kann als Referenzprozess für die Fertigung und die Prozessabläufe für viele weitere Artikel gesehen werden, da sich die Prozessabläufe sehr ähnlich sind.

Zum Abbilden des Referenzprozesses wurde ein Produkt ausgewählt, welches auf einer CNC Maschine bearbeitet wird, da diese Maschinenart gute Voraussetzungen für eine spätere automatische Anbindung an mögliche Industrie 4.0 Technologien sowie eine automatische Datenverarbeitung bietet. Der ausgewählte Artikel repräsentiert die wichtigsten Standardabläufe der Wertschöpfung und wird zudem speziell für einen Kunden produziert, so dass dieser Prozess auch einen Bezug zur Individualfertigung besitzt. Dieser Kunde gehört zu den wichtigsten und größten Original Equipment Manufacturer (OEM) Kunden, so dass der Referenzprozess zum einen bereits heute eine große Bedeutung hat, da dieser immer wieder durchgeführt wird, und zum anderen auch in Zukunft weiterhin wichtig sein wird.

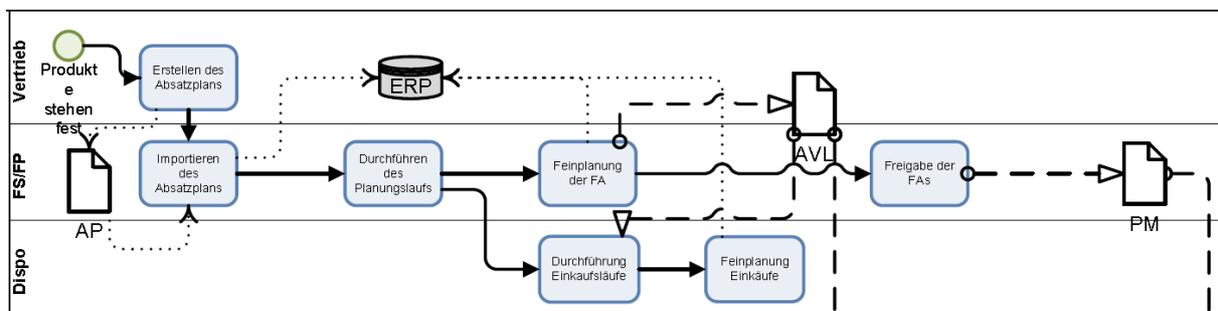
Zudem beinhaltet das Referenzprodukt zwei verschiedene Fertigungsabschnitte. Zunächst wird ein Bestandteil des Endproduktes in mehreren Produktionsschritten hergestellt und eingelagert. Ist ein konkreter Bedarf vorhanden, wird das zuvor produzierte Teil wieder ausgelagert und in Verbindung mit anderen zugekauften Artikeln zum Endprodukt montiert.

Die Darstellung der Prozesse erfolgt auf verschiedenen Detaillierungsebenen und wird im weiteren Verlauf immer genauer. Zunächst wird der allgemeine Fertigungs-

prozess beschrieben und anschließend der Herstellungsprozess des nachverfolgten Produktes. Hierbei werden die einzelnen Tätigkeiten wiederum verfeinert beschrieben und hierbei auf Besonderheiten in diesen Abläufen hingewiesen. Je nach unterschiedlicher Detaillierungsebene werden nicht alle Informationen, wie herangezogene Dokumente, in der Modellierung mit abgebildet, da dies die Übersichtlichkeit nicht zulassen würde. Zu Beginn einer jeden Detaillierungsebene wird deswegen auf die Besonderheiten und den Inhalt der jeweiligen Stufe hingewiesen. Auf Basis der Interviews und der erlangten Kenntnisse vor Ort ergaben sich die nachfolgenden Prozesse:

#### 7.4.1 Allgemeiner Prozessablauf

Abteilungen die am allgemeinen Prozess beteiligt sind, sind im Bereich der Verwaltung der Vertrieb, die Fertigungssteuerung/-planung sowie die Disposition, im Bereich der Fertigung die "Herstellung". Unter dem Begriff „Herstellung“ werden alle herstellenden Abteilungen wie der Werkzeugbau, die Waschanlage sowie die Montage zusammengefasst. Hinzu kommen die Bereiche Transport, Lager und Versand. Der Prozess wird nachfolgend anhand der verschiedenen Bereiche genauer beschrieben.



**Abbildung 22:** Prozessbeginn in der Verwaltung

Der Beginn des Prozessablaufs, dargestellt in Abbildung 22, liegt im Vertrieb und beginnt mit der Erstellung eines Absatzplans. Bei der Erstellung des Absatzplans (AP), der jedes Quartal neu erstellt wird, wird für jedes Produkt für das kommende Jahr eine AP vorgenommen und die geplanten Absatzmengen für die kommenden vier Quartale festgelegt. Diese wird wiederum auf Monatebene herunter gebrochen, so dass sich für jedes Produkt, wie auch für den nachverfolgten Artikel, geplante Mo-

natsabsatzzahlen ergeben. Diese Absatzplanung erfolgt per Excel und wird an die Fertigungssteuerung weitergegeben. In der Absatzplanung werden sowohl die Produkte aus dem Katalogprogramm als auch kundenindividuelle Produkte berücksichtigt.

Die Fertigungssteuerung importiert anschließend die Absatzplanung in das ERP-System (Microsoft Dynamics NAV). Mit Hilfe des ERP Systems erfolgt anschließend ein Planungslauf, der auf Basis der hinterlegten Stammdaten sowie den Absatzzahlen Vorschläge für die Fertigungsaufträge erstellt. Diese Vorschläge der Fertigungsaufträge, die das ERP generiert, werden auf Basis des hinterlegten Schichtmodells, der Verfügbarkeit einer Maschine, der Lagerbestände und der geplanten Dauer der Fertigung erstellt und jeweils ab oder zu einem bestimmtem Datum geplant. Da diese Daten jedoch nicht für eine automatisierte Fertigungsplanung ausreichen, werden vom jeweils zuständigen Mitarbeiter unter Berücksichtigung der zu erwartenden Maschinenauslastung, einzuhaltenden Lieferterminen oder der personellen Situation alle Vorschläge der Fertigungsaufträge manuell überprüft, fein terminiert und die entsprechenden Fertigungsaufträge fest eingeplant. Hierdurch erhält jede Maschine eine Auftragsvorratsliste (AVL) auf der die Aufträge der nächsten Wochen vorgemerkt werden. Der Ablauf der Feinplanung erfolgt manuell ohne weitere Unterstützung eines IT-Systems. Dieser Planungslauf wird je nach Bedarf in kurzen zeitlichen Abständen wiederholt, um Änderungen, wie neu erstellte Fertigungsaufträge, mit einzu beziehen.

Parallel zur Terminierung der Fertigungsaufträge erfolgt die Planung des Einkaufs. Hierzu werden ebenfalls wiederholt Planungsläufe, auf Basis des Absatzplans und der daraus resultierenden Fertigungsaufträge, im ERP durchgeführt und in mündlicher Abstimmung mit dem Supply-Chain-Management (SCM) anschließend die Bestimmungsvorschläge des ERP Systems ebenfalls manuell kontrolliert, passend terminiert und eine entsprechend Disposition durchgeführt.

Für eine gewisse Zeitspanne von circa 1-2 Wochen werden die anstehenden und terminierten Fertigungsaufträge, bei Verfügbarkeit der Materialien, freigegeben und hierbei für jeden Fertigungsauftrag eine Produktionsmappe (PM) erstellt. Diese beinhaltet eine Materialflusskarte, Fertigungsauftrags Arbeitsscheine sowie weitere Zusatzinformationen, zum Beispiel einen Ausdruck der Zeichnung oder wenn benötigt

ein Werkzeuganordnungsblatt (WAB), sowie Arbeitsplan und Stückliste. Abbildungen hiervon folgen im Verlauf der Prozessbeschreibung. Wird der Fertigungsauftrag freigegeben, erfolgt zudem die Übergabe der Daten vom ERP zum BDE. Hierbei werden die Auftragsnummer und die zugehörigen Angaben der Stückzahl und Solldurchlaufzeit weitergegeben.

Anhand der AVL und den zugehörigen PM findet täglich eine persönliche Feinabstimmung mit den Fachabteilungsleitern und den zuständigen Mitarbeitern der einzelnen Arbeitsbereiche statt, bei der die Reihenfolge der Abarbeitung der Fertigungsaufträge nochmals besprochen und abgestimmt wird. Dies ist notwendig um die Kapazitäten bei den Arbeitskräften mit zu berücksichtigen und auf mögliche Probleme in den Abteilungen reagieren zu können. Anschließend werden die Fertigungsaufträge anhand der PM in zuvor abgestimmter Reihenfolge abgearbeitet.

Der allgemeine Herstellungsprozess in der Fertigung besteht aus den verschiedenen einzelnen Schritten Herstellung, Wäsche und Montage, die in unterschiedlichen Abfolgen ablaufen. Der Werkzeugbau und innerbetriebliche Transport sind hier als unterstützende aber ebenfalls notwendige Tätigkeiten zu sehen.

Ist die beschriebene Feinabstimmung mit der Fertigungssteuerung erfolgt und ein neuer Fertigungsauftrag steht an, werden erforderliche Materialien und wenn nötig Werkzeuge auf Basis der Informationen in der Produktionsmappe angefordert. Nachdem vom innerbetrieblichen Transport das Material, vom Werkzeugbau die Werkzeuge und personelle Ressourcen zur Verfügung gestellt wurden, folgt die Herstellung bzw. die Bearbeitung an sich. Hierbei kann es sich um die unterschiedlichen Fertigungstechniken Drehen, Presse oder auch Gießen handeln. Ist die Bearbeitung abgeschlossen werden die Teile auf dafür vorgesehenen Flächen bereitgestellt. Diese werden vom innerbetrieblichen Transport abgeholt und entsprechend der Materialflusskarte zum nächsten Arbeitsgang transportiert. Dies ist entweder ein nachfolgender Herstellungsschritt, das Waschen, die Montage oder die Einlagerung beziehungsweise der direkte Versand.

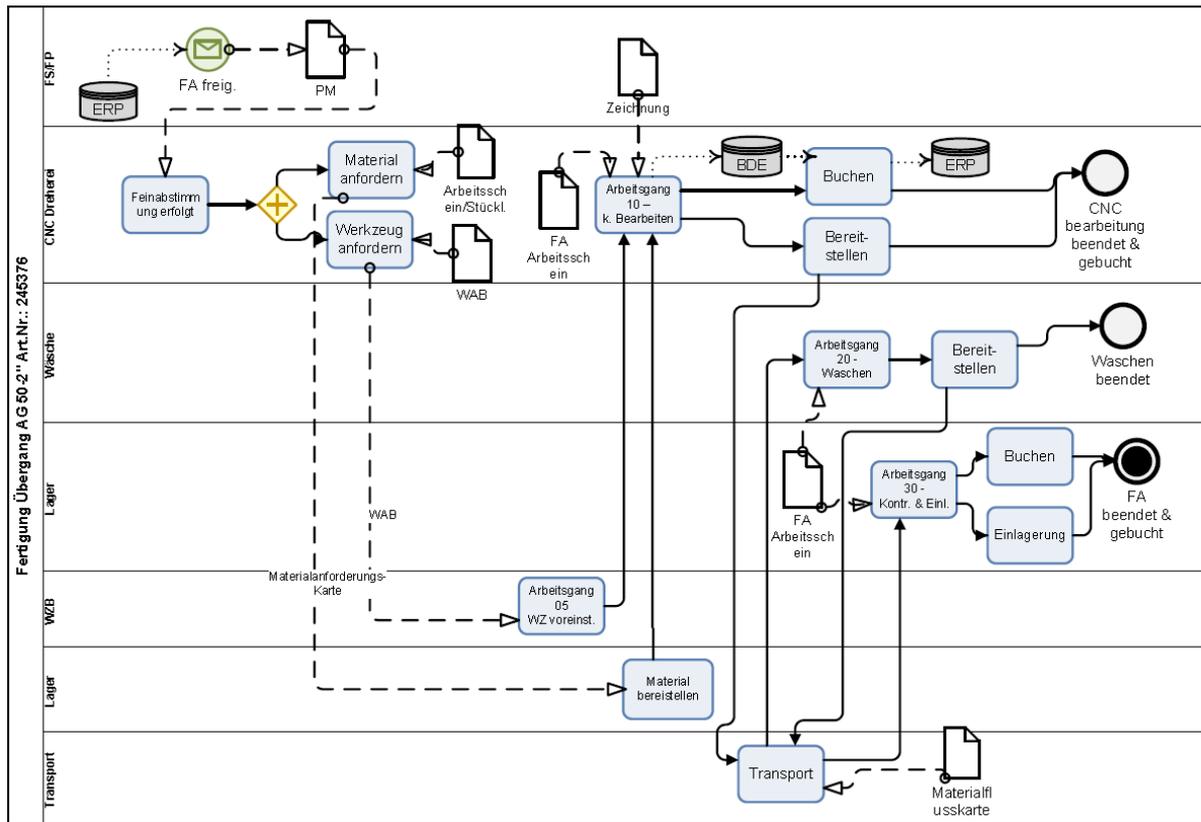
Ist der nächste Arbeitsgang ein weiterer Herstellungsschritt, erfolgt ein Ablauf kongruent zu dem des ersten Herstellungsschrittes. Erfolgt das Waschen werden die Teile zunächst gereinigt und anschließend weiter transportiert und verarbeitet. Ist der

nächste Arbeitsschritt die Montage, werden die Teile dort mit anderen Komponenten zusammen montiert, teilweise verpackt und anschließend abtransportiert. In der Montage tritt der Sonderfall auf, dass die Abteilung, neben der Abhandlung des Arbeitsschrittes der Montage, aus Bedarfen selbstständig neue Fertigungsaufträge, die die Montage von bereits gefertigten und eingelagerten Teilen umfassen, generiert.

Die Erfassung von Daten bei den unterschiedlichen Schritten erfolgt im Rahmen der BDE/MDE und im ERP, so dass hier teilweise entsprechende Rückmeldungen erfasst werden. Wie genau diese Erfassung abläuft, wird am konkreten Fertigungsprozess des nachverfolgten Produktes erläutert. Die abschließend komplett ausgefüllten Produktionsmappen werden von der Fertigungssteuerung gesammelt und in gewissen Abständen auf erfolgte Beendigung des Fertigungsauftrags geprüft. Hierbei werden gegebenenfalls noch ausstehende Buchungen durchgeführt.

#### **7.4.2 Fertigungsprozess eines Übergangs mit Außengewinde 50-2"**

Nachfolgend wird der Prozess der Fertigung anhand des nachverfolgten Produktes, eines Übergangs mit Außengewinde 50-2", dargestellt. Dieser Prozess kann als Referenzprozess für weitere Fertigungsprozesse angesehen werden. Die Vorstellung geschieht auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad, um so möglichst genau den Ablauf des Prozesses darstellen zu können und zeitgleich die Übersichtlichkeit zu wahren. So wird zunächst der abteilungsübergreifende Prozess im Allgemeinen beschrieben und anschließend die wichtigsten Abteilungen detailliert dargestellt und erläutert. In der nun folgenden Detailstufe wird auch die Verwendung der zuvor beschriebenen Dokumente der PM in der Modellierung berücksichtigt. In den vorherigen Darstellungen sind diese aus Gründen der Übersichtlichkeit nur vereinfacht dargestellt worden. Bei der Beschreibung der letzten Detailstufe, die die einzelnen Arbeitsschritte exakt erläutert, wird jeweils auf die Erfassung der Produktionsdaten eingegangen.



**Abbildung 23:** Abteilungsübergreifender Fertigungsprozess

Abbildung 23 zeigt eine abteilungsübergreifende Darstellung des Prozesses. Startereignis für die Fertigung eines Produktes ist immer das Vorliegen eines freigegebenen Fertigungsauftrags und der bei der Freigabe ausgedruckten Produktionsmappe. Diese umfasst im vorliegenden Fall acht Seiten und enthält die Materialflusskarte, den Fertigungsauftrags(FA)-Arbeitsplan/Stückliste, jeweils einen FA-Arbeitschein für vier verschiedene Fertigungsschritte sowie eine Zeichnung des Werkstücks und einen WAB.

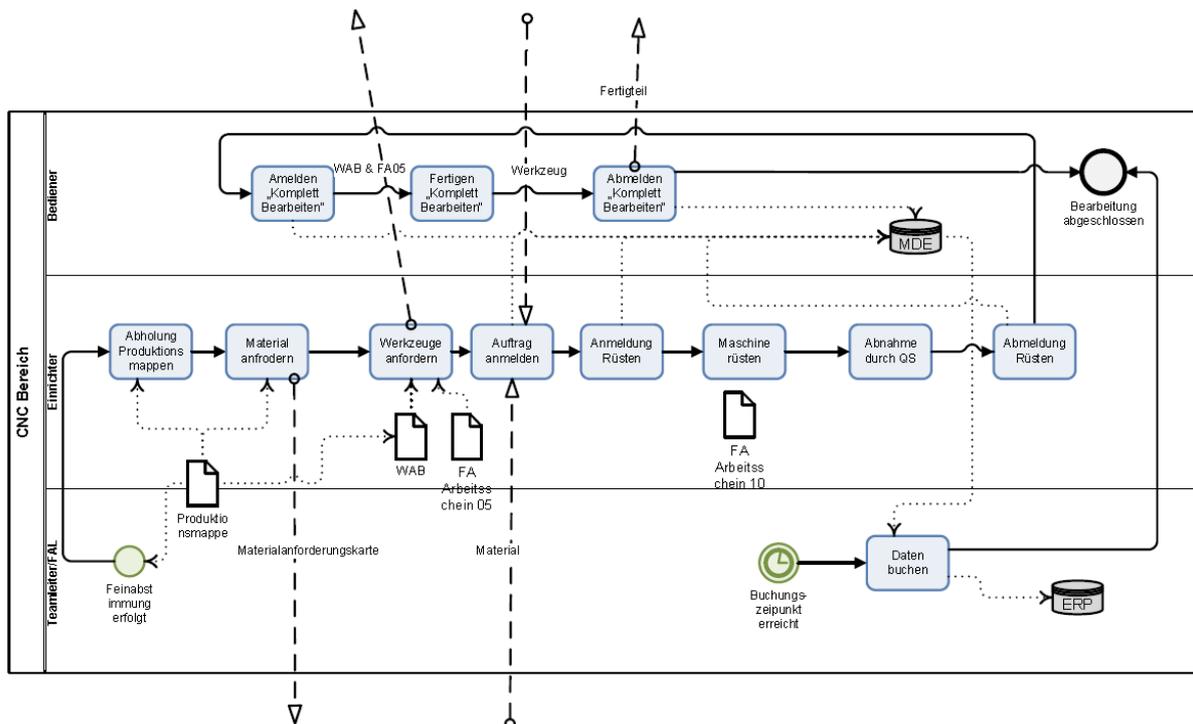
Der Fertigungsauftrag wird, in Form der Produktionsmappe, an die entsprechende Fachabteilung, hier die CNC Dreherei, übergeben und zum entsprechenden Zeitpunkt, der in der Feinabstimmung festgelegt wurde, bearbeitet. Bei dem betrachteten Artikel handelt es sich um ein Produkt, welches in der CNC Dreherei komplett bearbeitet und anschließend gewaschen wird. Abschließend erfolgt die Einlagerung. Der Materialfluss wird durch den innerbetrieblichen Transport erledigt. Der Prozessablauf der Fertigung des Übergangs AG 50-2", dargestellt in Abbildung 23, lässt sich im Allgemeinen wie folgt beschreiben:

Auf Basis der in den Produktionsmappen enthaltenen Dokumente erfolgt in der CNC Dreherei, nach Feinabstimmung mit der Fertigungssteuerung, die Anforderung von den benötigten Werkzeugen und dem benötigtem Material. Die Vorlaufzeit sollte wenn möglich 24 Stunden betragen, kann jedoch aufgrund von Änderungen in der Fertigungsabläufe auch kürzer sein. Der Werkzeugbau stellt die entsprechend des FA Arbeitsscheins zum Arbeitsgang 05 voreigenstellten Werkzeuge und die interne Logistik das benötigte Material bereit. Ist die Bereitstellung erfolgt und die Maschine frei sowie die personellen Kapazitäten verfügbar, folgt die Komplettbearbeitung auf der CNC Maschine entsprechend des FA Arbeitsscheins zum Arbeitsgang 10. Ist dies erfolgreich beendet, werden die produzierten Teile bereitgestellt, zur Waschanlage befördert und dort erfolgt die Säuberung der Teile von Schmiermitteln sowie Rückständen aus der Produktion. Dies wird im FA Arbeitsschein zum Arbeitsgang 20 beschrieben. Die sauberen Teile werden anschließend wiederum auf einer Bereitstellungsfläche abgestellt und von der Logistik zum Lager transportiert. Dort erfolgt der letzte Arbeitsschritt Nummer 30, die Kontrolle und Einlagerung.

Materialflusskarte		Beschreibung	Übergang AG	18. Januar 2016	
Nr.	F29		50-2"	Arbeitsplannr.	245376 PR20530
Artikel		Menge	3.100	Arbeitsplanversion	VERSION-A
				Fert.-Stücklistennr.	
				F.-Stüchl.-version	
Zeichnungsnummer	245376	Modell		Lagerplatz	
Zeichnungsindex	04	Legierung	CC499K-GC	03-A-05-02	
Filter: Fertigungsauftrag:Status: Freigegeben, Nr.: F29					
					
F29			Artikel		
lfd.-Nr.	Nr.	Beschreibung	Arbeitsplatzgruppe	Standardkatalogcode/-beschreibung	Datum / Name
10	PR20530	401432 Index C200		340	Komplett bearbeiten
		Abstechbreite: 1,5 mm In Körbe Typ 2 (Maschenweite 22x8) zweilagig ein stapeln			
20	PR20801	449946 Waschanlage		660	Waschen
		Körbe Impulsdrehen und in Behälter stapeln			
30	PR2021	Wareneingang		480	Quantitative Kontrolle und Einlagerung
					

Abbildung 24: Materialflusskarte

Abbildung 24 zeigt die Materialflusskarte mit den drei verschiedenen Arbeitsgängen. Abgeschlossene Arbeitsvorgänge werden auf der Materialflusskarte durch eine Unterschrift des entsprechenden Mitarbeiters gekennzeichnet und dienen dem innerbetrieblichen Transport. Die drei Vorgänge werden nachfolgend noch genauer beschrieben. Hierbei wird auch die Erfassung von Produktionsdaten berücksichtigt. Die komplette Bearbeitung findet in der CNC Dreherei statt.



**Abbildung 25:** Feinablauf CNC Dreherei

Abbildung 25 stellt den Prozess genauer dar. Wie bereits beschrieben, ist das Startereignis die Feinabstimmung mit der Fertigungssteuerung und die Übergabe der Produktionsmappen. Diese werden auf die entsprechenden Maschinen aufgeteilt, im Fall des Referenzproduktes auf eine Index C200 und entsprechend der Feinabstimmung geordnet.



**Abbildung 26:** Index C200

Abbildung 26 zeigt die für das Produkt genutzte CNC-Maschine. Ein Mitarbeiter entnimmt nun die Produktionsmappe eines anstehenden Fertigungsauftrags und fordert das hierfür benötigte Material an. Hierfür verwendet er eine Materialanforderungskarte und wirft diese in einen dafür vorgesehenen Briefkasten. Die benötigte Menge an Material erhält er hierbei von dem FA-Arbeitsschein (Abbildung 30), der Teil der Produktionsmappe ist, und ergänzt den gewünschten Bereitstellungszeitpunkt sowie den Ort. Parallel wird durch einen Einrichter die Anforderung der Werkzeuge durchgeführt.

	Revol- er Station	Benennung	W-Nummer	WZ - Datei			W-Typ
				X	Z	R	
X	1 / 1	Plandrehmeißel	W62150	110	49,2	0,4	
X	1 / 2	Flachformmeißel (Tülle D35,9)	W54930	92	34		
X	1 / 3	Flachformmeißel (Tülle D40,1)	W54932	92	31		
X	1 / 4	Beschriftungsstempel	W54940	116	44,5		
X	1 / 5						
X	1 / 6						
X	1 / 7	Fräser für SW	W64607	125			
X	1 / 8						
X	1 / 9	Abstechwerkzeug	W54123	128	54,9		
X	1 / 10	Werkstoffanschlag	W53427	92	32		
X	2 / 1	Plandrehmeißel	W62150	110	49,2	0,4	
X	2 / 2						
X	2 / 3	Flachformmeißel (Tülle D36,9)	W54931	92	31		
X	2 / 4	Flachformmeißel (Bund)	W54986	92	36		
X	2 / 5	Rändel (Tülle)	W54939	106	28		
X	2 / 6	Formbohrer	W54936	90	102		
X	2 / 7						
X	2 / 8						
X	2 / 9	Fräser für SW	W64607	125			
X	2 / 10						
X	3 / 1	-	-	-	-	-	-
X	3 / 2	Plandrehmeißel	W53416	110	48	0,4	
X	3 / 3	Außengewindestrehler	W59174	92	40,7		
X	3 / 4						
X	3 / 5	Rändel (Gewinde)	W53448	100	100		
X	3 / 6						
X	3 / 7	Bohrer D45 (vorbohren)	W54980	90	90		
X	3 / 8			74,27			
X	3 / 9	Bohrstange	W53614	73	122		
X	3 / 10						
X = Angetriebene Stationen							
Hauptspindel		Gegenspindel					
Spanntopf:		Spanntopf: W54607		Führungshülse: W58525			
Spannkopf: W53719		Spannfutter:		Stopfen:			
Spanndruck:		Spannbacke:		Greiferbacke Reststück: W53820			
		Spanndorn:		Greiferbacke Fertigteil: W53950			
		Spanndruck:		Bearbeitung mit Kühlemulsion			
WAB für		Bemerkung:					
C200							
Maschinen Nr.:		Arbg.- Beschreibung: komplett bearbeiten					
401432		Datum		Name		Übergang mit AG 50-2	
		Erstellt 23.11.15		[Redacted]		WAB Nr.: W54988-02	
		Änder.				Artikel. Nr. [Redacted]	

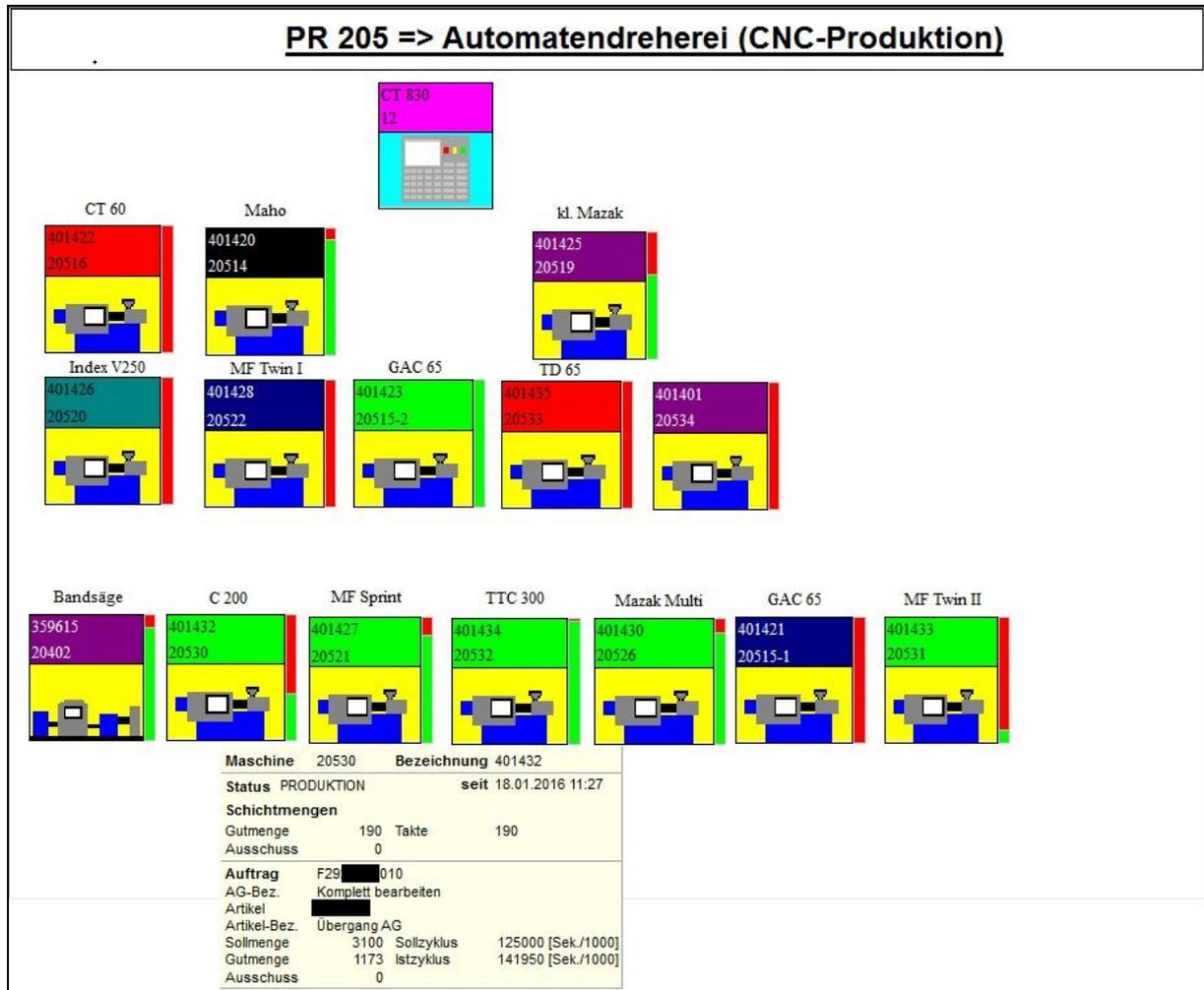
**Abbildung 27:** Werkzeuganordnungsblatt

Der Einrichter überprüft an der Maschine mit Hilfe des WAB, siehe Abbildung 27, welche Werkzeuge er benötigt, markiert diese auf dem Zettel oder kennzeichnet die Werkzeuge, die bereits vor Ort sind und übergibt anschließend den WAB an den Werkzeugbau. Diese beiden Punkte geschehen mit einer gewissen Vorlaufzeit zum eigentlichen Start der Fertigung. Ist die Maschine durch keinen anderen Fertigungs-

auftrag belegt, wird der anstehende Fertigungsauftrag an einem zentralen PC zur BDE angestoßen. Die Daten hierzu wie Auftragsnummer, Stückzahl und Durchlaufzeit wurden bei der Freigabe des Fertigungsauftrags vom ERP an die BDE übergeben. Die Einrichter überprüfen im Werkzeugbau stetig, ob die angeforderten Werkzeuge bereit stehen. Ist dies der Fall, werden diese abgeholt und zur Maschine gebracht. Die abgeholtten Werkzeuge werden entweder im ERP oder auf einer Werkzeug-Leihkarte vermerkt. Stehen Werkzeuge und Material bereit, beginnt der Einrichter mit dem Rüsten der Maschine. Dieser Vorgang wird am MDE Terminal, direkt an der Maschine selbst, angemeldet. Nach dem Rüsten der Maschine erfolgt eine Abnahme durch die QS und der Rüstvorgang wird am MDE Terminal abgemeldet. Zusätzlich wird jeder Arbeitsschritt auf dem FA-Arbeitsschein, wenn möglich unter Angabe der Zeiten/Stückzahlen, sowie der Abschluss eines kompletten Arbeitsgangs auf der Materialflussskarte vermerkt. Nach Anmeldung der Fertigung an der MDE erfolgt die komplette Bearbeitung der Teile. Im Normalfall geschieht diese durch einen Bediener, kann aber in Ausnahmesituationen auch durch einen anderen Mitarbeiter erfolgen. Ausschussmengen die bei der Fertigung entstehen und direkt auffallen, werden manuell am MDE Terminal der Maschine erfasst.



sich im unteren Teil des Dokuments Bemerkungen zum Arbeitsgang, hier Abstechbreite, und Anweisungen zur Lagerung. Nach erfolgter Bearbeitung wird der Vorgang sowohl am Terminal abgemeldet sowie der Auftrag am zentralen PC der MDE beendet. Die fertigen Teile werden abschließend bereitgestellt.



**Abbildung 29:** Darstellung der MDE

Abbildung 29 zeigt die Oberfläche in Hydra<sup>5</sup>, der eingesetzten Software zur MDE. Im grafischen Maschinenpark werden dort alle Maschinen einer Abteilung und Informationen zu den aktuellen Fertigungsaufträgen angezeigt. Ein Teil der von der MDE mitgeloggtten Daten, die in Abbildung 30 dargestellt sind, werden, wie bereits beschrieben, am kommenden Morgen per Buchungslauf manuell in das ERP übertragen und dabei auf Richtigkeit geprüft.

<sup>5</sup> <http://www.mpdv.com/de/produkte-loesungen/standardloesung-hydra-mes>

Soll-Ist-Vergleich			
	Soll	Ist	Diff.
Gutmenge	3100	1175	1925
Ausschuss	0	0	0
Dauer		68:11	
Rüstzeit	4:20	4:45	-0:25
Produktion	107:38	49:49	57:49
Stillstände		13:36	
Zykluszeit	125000	151343	-26343
Teiligkeit	1	1	
Stückzeit	125,00	151,34	-26,34
Personaleinsatz	0:00	0:46	-0:46
	Soll	Ist Netto	Ist Brutto
Leistung	28,80	23,59	17,23
Laufzeit	107:38	49:49	68:11
Restlaufzeit	39:27	81:36	111:42

**Abbildung 30:** Erfasste Daten der MDE

Somit ist der Prozess der Bearbeitung in der CNC Dreherei komplett beendet. Auf Basis der MDE Daten werden durch den FAL noch verschiedene Auswertungen in Excel erstellt, wie beispielsweise die Häufigkeit des Auftretens verschiedener Stillstandsgründe, wie Einrichtermangel oder ähnliches. Diese Daten werden in regelmäßig stattfindenden Meetings besprochen und nicht weiter verwendet.

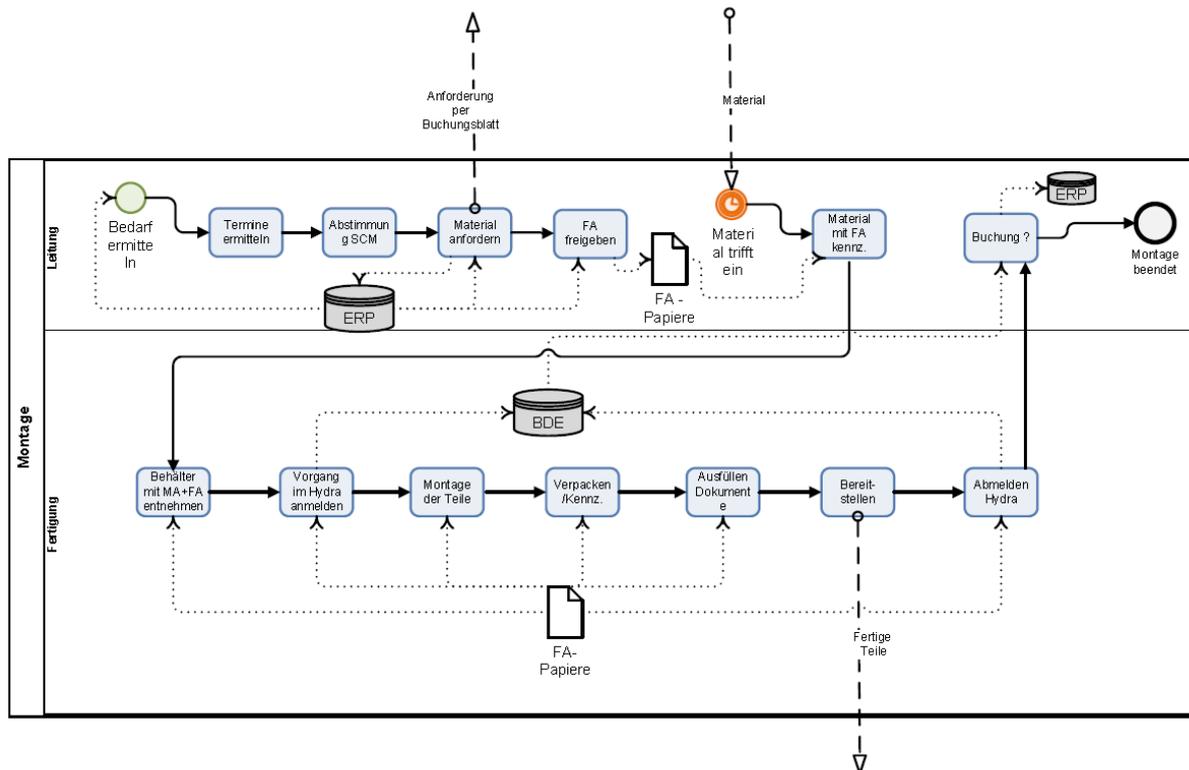
Im Fall des Referenzproduktes erfolgt nach abgeschlossener Bearbeitung ein weiterer Arbeitsgang, das Waschen. Die in der CNC-Abteilung bereit gestellten Teile werden auf Basis der Materialflusskarten durch die interne Logistik oder teilweise direkt durch den Bediener auf die entsprechenden Bereitstellungsflächen der Waschanlage gebracht. Dort erfolgt im Normalfall die Säuberung der Teile in der Reihenfolge, in der sie dort eintreffen, wobei es gegebenenfalls zu Änderungen in der Reihenfolge kommen kann.





### 7.4.3 Montage

Wie bereits kurz erläutert, erfolgt bei dem betrachteten Referenzprodukt eine Montage. Das zuvor produzierte Teil wird wieder ausgelagert und mit anderen weiteren Zukaufteilen montiert, bis so abschließend das Endprodukt entsteht.



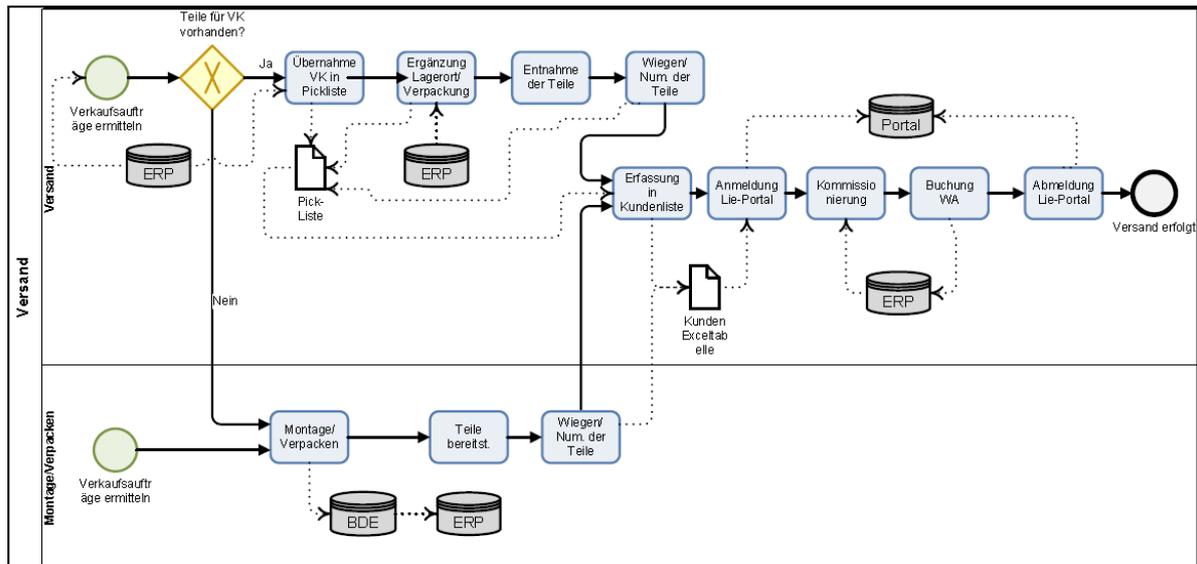
**Abbildung 33:** Prozessablauf der Montage

Abbildung 33 zeigt diesen Prozess, dessen Ablauf nachfolgend genauer beschrieben wird. Die Montage beginnt damit, dass die Leitung dieses Bereiches im ERP System in einem Leitstand ermittelt, ob und welche Bedarfe vorhanden sind. Ist ein Bedarf vorhanden wird der nächstmögliche Termin für die Montage ermittelt und mit der Fertigungssteuerung abgestimmt. Ist dies erfolgt, wird mit Hilfe des ERPs der entsprechende Fertigungsauftrag freigegeben und unter Heranziehung eines Buchungsblattes die entsprechenden Materialien angefordert. Bei der Erstellung des Fertigungsauftrags entstehen auch hier wieder die für die weiteren Schritte benötigten Dokumente. Durch die Anforderungen des Materials per Buchungsblatt erscheint diese Anforderung nun auch in der internen Logistik. Diese lagert das angeforderte Material bzw. die angeforderten Materialien aus und befördert diese in die Montage.

Ist das Material in der Montage eingetroffen, wird dieses mit den Dokumenten des Fertigungsauftrags gekennzeichnet. Ein Mitarbeiter der Montage entnimmt anschließend den Behälter mit dem zugehörigen Fertigungsauftrag von der Bereitstellungsfläche und bringt diesen zu seinem Arbeitsplatz. Anschließend erfolgt die Anmeldung des Montagevorgangs in der BDE. Die Teile werden nun montiert und anschließend gemäß der Beschreibung in den FA-Papieren verpackt und gekennzeichnet. Die geschieht teilautomatisiert durch einen weiteren Mitarbeiter. Die Teile werden in bestimmten Stückzahlen abgezählt und in diesen Einheiten auf ein Fließband gelegt. Anschließend werden diese automatisch in Plastikbeutel gefüllt, die Beutel verschweißt und mit einem zuvor ausgewählten Etikett bedruckt. Danach werden die Beutel weiter transportiert und anschließend manuell vom Mitarbeiter in Kartons verpackt. Nach der Kontrolle der Menge mit Hilfe einer Waage wird der Karton automatisch verschlossen, verklebt und ebenfalls mit einem Etikett versehen. Abschließend werden die Kartons manuell auf einer Palette gestapelt. Die Verpackungsvorschriften, wie viele Teile pro Beutel, wie viele Beutel pro Karton und wie viele Kartons pro Palette, sind teilweise auf den FA-Papieren beschrieben und liegen zudem in zusammengefasster und ausgedruckter Form am Arbeitsplatz aus. Die FA-Papiere werden abgezeichnet, die fertig montierten und verpackten Teile bereitgestellt und abschließend der Vorgang der Montage im BDE abgemeldet. Eine Buchung der Stückzahlen und Zeiten findet hier, kongruent zur CNC-Dreherei, durch die Leitung der Abteilung zu einem festgelegten Zeitpunkt, meistens einmal pro Schicht, statt. Die fertig verpackten Teile werden auf einer dafür vorgesehenen Bereitstellungsfläche abgestellt.

#### **7.4.4 Versand & Einlagerung**

Für die montierten und verpackten Teile, die auf den Bereitstellungsflächen stehen, wird geprüft, ob diese direkt versandt oder zunächst eingelagert werden. Dies ist der letzte Schritt des Fertigungsprozesses. Hierzu ist im ERP ein Versandleitstand eingerichtet, indem der Mitarbeiter sich alle benötigten Lieferungen für einen bestimmten Zeitraum anzeigen lassen kann. Beim betrachteten Produkt erfolgt der Versand der Teile je nach Bedarf montags und mittwochs und wird mit entsprechender Vorlaufzeit vorbereitet.



**Abbildung 34:** Prozessablauf im Versand

Abbildung 34 zeigt den Prozessablauf im Versand. Der Mitarbeiter lässt sich nun alle offenen Verkaufsaufträge zu einem Liefertermin anzeigen und erhält durch eine farbliche Kennzeichnung sowie einem Hinweis die Information, ob die Teile der einzelnen Aufträge bereits in der angeforderten Menge auf Lager sind oder noch produziert werden müssen.

Alle Verkaufsaufträge mit bereits in ausreichender Menge vorhandenen Teilen werden markiert und in den Warenausgang überführt und sind somit reserviert. Da dies aber nicht alle Teile des Warenausgangs zu einem bestimmten Termin sind, sondern nur die bereits gefertigten, erfolgt noch keine Kommissionierung oder Buchung. Daher ist es nötig, einen Teil der Daten, Verkaufsauftragsnummer, Artikelnummer und Menge in eine Excel Tabelle zu überführen. Diese Tabelle wird anschließend in ausgedruckter Form als Pickliste verwendet, um die Sendung entsprechend zusammenzustellen. Hierfür muss jedoch zunächst für jeden einzelnen Artikel im ERP nachgeschaut werden, auf welchem Lagerort die fertig verpackten Teile bereitstehen und dieser auf der Liste vermerkt werden. Zusätzlich wird je nach Artikel noch eine Bemerkung über die Verpackungsart gemacht. So werden Artikel, die bereits in Kartons verpackt wurden, teilweise in verschiedene Plastikbehälter gestapelt.

Ist der Lagerort außerhalb des Versands, wird per ERP eine entsprechende Umlagerung veranlasst und die Teile bereitgestellt. Sind die Teile direkt im Lager vorhanden

oder werden dort bereitgestellt, werden diese von ihrem Lagerplatz geholt, gewogen, das Gewicht handschriftlich auf der Pickliste erfasst und die Packstücke durchgehend nummeriert. Ist dies für alle Artikel der Packliste erfolgt, werden diese auf einer zweiten Excelliste, die der Kunde wünscht, erfasst. Hier werden unter anderem Packstücknummer, VK-Auftragsnummer, Mengen, Gewicht und Verpackungseinheiten erfasst und mit Hilfe dieser Tabelle das Gesamtgewicht der Sendung ermittelt.

Teile die noch nicht in ausreichender Menge bereit stehen werden entsprechend zum Liefertermin gefertigt, montiert und verpackt. Ist die Rückmeldung hierrüber erfolgt, wird der Verkaufsauftrag der entsprechenden Teile als "kommissionierbar" angezeigt und per VK-Auftragsnummer dem bereits erstellen Warenausgang hinzugefügt. Da diese Teile unmittelbar in der benötigten Menge vor Ort bereitstehen entfällt hier der Schritt mit der Pickliste. Die Teile dieser VK-Aufträge werden noch gewogen, die Packstücke nummeriert und dann direkt in die Excelliste für den Kunden eingetragen. Dies wiederholt sich solange, bis alle Verkaufsaufträge einer Lieferung abgearbeitet sind. Ist dies der Fall, wird auf Basis des Gesamtgewichts und der Anzahl der Packstücke, die mit Hilfe der Kunden-Excelliste berechnet werden, eine Avisierung der Lieferung in einem Lieferantenportal durchgeführt und der Kunden somit über die anstehende Lieferung informiert. Dies geschieht meistens einen Tag vor Abholung. Zudem erfolgt anschließend die Kommissionierung im ERP System unter Angabe der Lagerorte etc. und die abschließende Buchung des Warenausgangs und der Druck der Dokumente. Nach erfolgter Abholung der Lieferung wird diese zudem im Lieferantenportal des Kunden abgemeldet.

## 7.5 Auswertung & Potenziale der Istprozesse

Im folgenden Abschnitt werden die beschriebenen Istprozesse, unter anderem auf Basis der fünf Funktionsbereiche, analysiert. Allgemein lässt sich feststellen, dass bei den Prozessen im betrachteten Unternehmen häufige Strukturbrüche auftreten und die persönliche Abstimmung verschiedener Personen und Abteilungen von großer Bedeutung ist. Geschuldet ist dies unter anderem der sehr großen Vielzahl an Produkten und einer damit verbundenen variablen Fertigung. So stellt die Fertigungssteuerung einen der bedeutenden Punkte innerhalb des Unternehmens dar, da hier auf Grund von Terminänderungen, neuen Aufträgen oder technischen Problemen eine stetige Überwachung aber auch Änderung der Planung erfolgen muss. Strukturbrüche sind unter anderem bei der Übergabe der Fertigungsaufträge in ausgedruckter Form an die Fertigung oder der Übernahme von Daten der Betriebsdatenerfassung in das ERP System zu erkennen. Viele Prozesse innerhalb des Unternehmens, wie zum Beispiel die Anforderung von Materialien oder Werkzeugen, laufen manuell ohne jegliche Unterstützung von IT-Systemen ab, was das Zusammenspiel zwischen den Abteilungen erschwert. Ebenfalls auffällig ist, dass personelle Kapazitäten lediglich in Form eines Schichtmodells erfasst werden und auch an dieser Stelle keine Unterstützung eines IT-Systems stattfindet.

Hinzuweisen ist an dieser Stelle, wie bereits bei der Auswertung der Interviews erläutert, dass im Unternehmen kein aktives Prozessmanagement stattfindet. So arbeitet die Fertigung zwar in Großteilen nach den wiederkehrenden Prozessen, die vor Jahren einmal festgehalten wurden, ohne diese jedoch auf Einhaltung zu kontrollieren und entsprechend zu optimieren. Da Industrie 4.0 jedoch auf klar definierte Prozesse, die zudem messbar und vergleichbar gestaltet sein sollten, aufbaut, ist dies ein großes Hindernis bei der zukünftigen Umsetzung von Industrie 4.0.

Was die fünf Funktionsbereiche der Datenerfassung und -verarbeitung, Assistenzsysteme, Vernetzung und Integration, Dezentralisierung und Serviceorientierung sowie Selbstorganisation und Autonomie betrifft, finden sich in den Prozessen lediglich minimale Ansätze, die bereits zum jetzigen Zeitpunkt diesen Bereichen der Industrie 4.0 zugeordnet werden können. So werden im Bereich der Datenerfassung und -verarbeitung bereits Maschinendaten erfasst und dies bei der Vielzahl der vorhandenen Maschinen. Die Erfassung dieser Daten beschränkt sich auf die produzierten

Stückzahlen, Rüst- und Durchlaufzeiten, entsprechende Zykluszeiten und die Erfassung von Stillstandsgründen. Eine Auswertung der Daten erfolgt, wenn überhaupt in geringem Umfang, durch die entsprechenden Abteilungsleiter. Ansonsten werden die Daten verwendet, um die Stückzahlen sowie Laufzeiten in das ERP System zu übertragen. Die Übertragung der Daten in das ERP, das für viele andere Bereiche der Verwaltung das Hauptsystem darstellt, geschieht jedoch mit einer, im Gegensatz zur Echtzeiterfassung, großen Zeitdifferenz von mehreren Stunden. Diese ermöglicht keine echtzeitnahen Analysen und entsprechend auch keine zügige Reaktion auf Veränderungen im Produktionsablauf. Somit sind in diesem Bereich ebenfalls zunächst weitere Anpassungen nötig, um die Einführung von Industrie 4.0 Techniken weiter voran zu treiben.

Aktive Assistenzsysteme sind zurzeit kaum zu finden. In verschiedenen Bereichen stehen Arbeitsanweisungen oder Bemerkungen zur Erledigung von Fertigungsprozessen bereit, welche jedoch lediglich in gedruckter Form zur Verfügung gestellt werden. Ein System, welches als Assistenzsystem angesehen werden kann, ist das CAQ System (CASQ-it), das Mitarbeiter zum Beispiel bei der Prüfung von Produktionsteilen unterstützt, indem es Prüfpunkte und das zu verwendende Messmittel anzeigt.

Die Vernetzung und Integration ist bisher, bis auf die Anbindung der Maschinen an eine zentrale Maschinendatenerfassung, nicht umgesetzt. Probleme liegen hier sicherlich vor allem in der Beschaffenheit des Maschinenparks, der aus unterschiedlichen Maschinen mit unterschiedlichem Alter besteht. Hier ist der Einsatz von Middleware zwingend erforderlich, um die Vernetzung in diesem Bereich weiter voran zu treiben. Weitere Schritte in diesem Bereich hat das Unternehmen jedoch bereits durchgeführt und wird im Laufe des Jahres ein neues Lagerverwaltungssystem einführen. Hiermit soll die Buchung jedes einzelnen Arbeitsschrittes verbunden sein, was die Transparenz des wertschöpfenden Prozesses sicherlich erhöhen wird. Auf Grund der vielen Strukturbrüche und Zeitdifferenzen bei der Weitergabe von Daten erfolgt zurzeit kein problemloser Informationsfluss und Informationen verbleiben des Öfteren innerhalb einer Abteilung. Der Vernetzung von Abteilungen in Form eines Wissensmanagements ist nicht vorhanden. Die Integration von Kunden und Lieferanten ist ebenfalls kaum vorhanden, da in diesem Bereich lediglich Lieferavise per

Electronic Data Interchange (EDI) versendet werden. Allerdings investiert das Unternehmen auch in diesem Bereich und befindet sich im Aufbau einer neuen Website. Mit der Einführung verschiedener Angebote sollen Kunden besser in die verschiedenen Prozesse einbezogen werden. So ist unter anderem ein Kundenportal in Planung. Gerade was die Vernetzung, bezogen auf den Informationsfluss innerhalb des Unternehmens, betrifft ist auch in diesem Bereich Verbesserungspotenzial vorhanden.

Was die Dezentralisierung und Serviceorientierung betrifft, ist diese im Unternehmen bereits teilweise vorhanden. So arbeiten die verschiedenen Abteilungen häufig unter einer gewissen Eigenverantwortung und können auch getrennt voneinander geplant werden. So hat in den verschiedenen Bereichen eine immer weiter voranschreitende Selbstoptimierung stattgefunden, die jedoch teilweise nicht unter dem Gesichtspunkt des Gesamtprozesses erfolgt ist, und somit nun zu Problemen im Gesamtablauf führt. Techniken oder Abläufe im Bereich der Selbstorganisation und Autonomie existieren zurzeit nicht.

Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass das Unternehmen noch weit von einer ganzheitlichen Umsetzung von Industrie 4.0 entfernt ist. Gerade die Basisstrukturen wie ein umfassendes, sinnvolles Prozessmanagement über den gesamten Zyklus hinweg und eine einheitliche Datenerfassung und -verarbeitung sind noch deutlich zu verbessern. Auf Grund der bereits beschriebenen Unternehmensbeschaffenheit bieten sich dem Unternehmen jedoch auch mit den vorhandenen Prozessen enormes Potential für einzelne Industrie 4.0 Techniken. So sind gerade der große Planungs- und Steuerungsaufwand der Produktion und die nötige Flexibilität in der Fertigung zwei Bereiche, in denen Industrie 4.0 Techniken große Verbesserungen herbeiführen können. Die vielen Strukturbrüche innerhalb der Prozesse lassen den Bereich der Digitalisierung ebenfalls als sehr bedeutend erscheinen.

Das Unternehmen hat, wie bereits beschrieben, in verschiedenen Bereichen bereits erste Maßnahmen ergriffen um auf die sich verändernden Anforderungen zu reagieren, zum Beispiel mit der Einführung eines neuen LVS oder einer neuen Website. Zudem wird im Laufe der nächsten zwei Jahre eine Werksneustrukturierung durchgeführt, die ebenfalls Änderungen im Prozessablauf mit sich bringen wird. In Bezug zu Industrie 4.0 wurde zudem eine Kleinserienfertigung geplant. Mit dem Aufbau des

Bereiches soll die effektive und effiziente Herstellung von Produkten in kleinen Losgrößen sichergestellt werden. Dieser Ansatz kann dem Bereich der Serviceorientierung zugeordnet werden. In diesem Bereich wurde ebenfalls in den letzten Jahren ein Service Konzept entwickelt, das Kunden die Möglichkeit bietet die Wartung von hauseigenen Produkten direkt durch das Unternehmen durchführen zu lassen. So beinhaltet das Konzept die Prüfung, Wartung und wenn nötig direkte Reparatur der entsprechenden Produkte.

Die beobachteten Prozesse bestätigen die Erkenntnisse aus den Interviews, dass die Prozesse im Unternehmen eher nach gelebten Abläufen und nicht auf Basis einer überprüf- und messbaren Prozessdefinition stattfinden. Da das Prozessmanagement im untersuchten Unternehmen lediglich zu Zertifizierungszwecken ausgeübt wird und dementsprechend in den letzten Jahren nicht in einem so umfassenden Rahmen ausgeführt wird, wie es im Rahmen eines BPM notwendig ist, ist eine Umsetzung einer interaktiven Prozessgestaltung im Unternehmen zurzeit nicht möglich. Hierfür sind zum einen die vorhandenen, teilweise veralteten Prozessbeschreibungen, nicht aussagekräftig genug. So fehlen in fast allen Bereichen der Prozessbeschreibung Kennzahlen, um mit Hilfe dieser die Prozesseffektivität festzuhalten und die Ergebnisse von Änderungen im Prozessablauf auswerten zu können. Zum anderen fehlen zurzeit die personellen Kapazitäten um ein dauerhaftes und interaktives Prozessmanagement einführen und beibehalten zu können. Da die Umsetzung einer interaktiven Prozessgestaltung auf der beschriebenen Basis nicht möglich ist, wird nach anderen Wegen gesucht, mit Hilfe des Einsatzes von Techniken der Industrie 4.0, erste Ansatzpunkte mit diesem Themenkomplex zu schaffen und so Potenziale zu generieren.

So bieten vor allem die Bereiche der Informationsgewinnung und -präsentation sowie die Digitalisierung von verschiedenen Prozessen gute Ansatzpunkte, um im analysierten Unternehmen Techniken der Industrie 4.0 einzuführen oder umzusetzen. Eine Digitalisierung von Prozessen wird zudem die zukünftige Einführung eines interaktiven Prozessmanagements erleichtern, da sowohl der Prozessablauf als auch die Effektivität leichter ermittelt werden können. Wie die Digitalisierung verschiedener Prozesse aussehen kann, welche Vorteile diese bietet und welche sonstigen Ansatz-

punkte es im Unternehmen bezogen auf Industrie 4.0 gibt wird im nachfolgendem Kapitel erläutert.

## **7.6 Vorstellung möglicher Sollprozesse und Ansatzpunkte**

In diesem Abschnitt findet die Vorstellung möglicher Sollprozesse und weiterer Ansatzpunkte im Bereich Industrie 4.0 statt. Diese sind das Ergebnis der Analyse der Istprozesse, kombiniert mit der vorangegangenen Auswertung der Interviews. Diese Ergebnisse wurden im Unternehmen vorgestellt und in Abstimmung eine mögliche Umsetzung zur genaueren Betrachtung ausgewählt.

Auf Grund der Strukturbrüche in den jeweiligen Bereichen bieten sich vor allem zwei Prozessstellen an, in denen eine mögliche Digitalisierung anzustreben ist. Diese sind zum einen die Anforderung von voreingestellten Werkzeugen und zum anderen die Vorgehensweise im Versand. Die Anforderung der Werkzeuge erfolgt, wie im Prozessablauf beschrieben, händisch per Werkzeuganordnungsblatt. Die Vergabe der Werkzeuge wird nur teilweise im ERP erfasst und erfolgt teilweise händisch auf Leihkarten. Eine Auswertung über die Verfügbarkeit von Werkzeugen oder eine Analyse von Werkzeugdefekten ist bisher nicht möglich. Eine Digitalisierung würde daher einerseits eine generelle Zeitersparnis mit sich bringen und andererseits Möglichkeiten für weitere Auswertungen eröffnen.

Der Versandprozess bietet ebenfalls gute Möglichkeiten der Digitalisierung, da hier mehrere Strukturbrüche vorhanden sind und bereits vorhandene Daten nicht ausgenutzt werden. So werden beispielsweise Lagerorte für alle Artikel, die versandt werden sollen, einzeln im ERP herausgesucht und händisch auf einer zuvor ausgedruckten Excelliste notiert, mit Hilfe dieser die Artikel gesucht, verpackt und anschließend die Daten wiederum ins ERP System übertragen. Hier würde durch eine Digitalisierung eine enorme Zeitersparnis erreicht werden.

Neben der Digitalisierung von Prozessen oder Prozessschritten bietet auch die Informationsgewinnung und -aufbereitung mögliche Potenziale. So war in den Interviews unter anderem mehrfach zu hören, dass die menschlichen Kapazitäten nicht erfasst und berücksichtigt werden. Als unübersichtlich und schwer zu handhaben erwies sich zudem die Fertigungsplanung und -steuerung, da dort zurzeit viele Ab-

läufe noch manuell durchgeführt werden. Eine vorstellbare Verbesserung in diesem Bereiche ist die Einführung und Nutzung eines neuen Systems zur Informations-sammlung und -repräsentation. Ein Beispiel für ein solches System ist PROCON-WEB<sup>6</sup>, dass eine plattformunabhängige Oberfläche bietet und durch verschiedene Kommunikationsinterfaces, unter anderem die für Industrie 4.0 nicht unbedeutende OPC-UA Schnittstelle, eine Kopplung verschiedener Steuerungssysteme ermöglicht (GTI.de, 2015).

ID	Status	Name	Stück	Fortschritt
7	Erstellt	A_2014_09_23_Papierbecher 150mm² - Dickes Papier	100000	85%
8	Erstellt	A_2014_09_22_Folie mit Firmenlogo 200x100cm	150525	75%
9	Läuft	A_2014_09_21_Rundkopf Kugelschreiber	175000	50%
10	Erstellt	A_2014_09_20_Kotflügel Mercedes C63 AMG	1000	24%
10	Erstellt	A_2014_09_20_Kotflügel Mercedes C63 AMG	1000	24%
12	Warten	A_2014_09_18_Karton 100x150cm	750	40%
13	Gelöscht	A_2014_09_17_Keramik Tasse mit Rundhenkel	125	0%
15	Warten	A_2014_09_16_Silberbesteck: Gourmetgabel	4096	10%
16	Gelöscht	A_2014_09_15_Convertible Ultrabook, Anthrazit	512	99%
17	Läuft	A_2014_09_14_Edelstahlikanne 1000ml	2048	60%
18	Abgeschlossen	A_2014_09_13_USB-Stick 128GB	6500	47%
19	Gelöscht	A_2014_09_12_Karosserie Lamborghini Veneno	9	69%
20	Gelöscht	A_2014_09_11_Emporio Armani Hemd XL	999999	51%

**Abbildung 35:** Procon Oberfläche der Webdemo

Abbildung 35 zeigt die Darstellung der Web-Demo<sup>7</sup> des Tools, in der laufende und kommende Fertigungsaufträge übersichtlich dargestellt sind. Für das Unternehmen wäre ein solcher Einsatz ebenfalls denkbar, da somit eine erhöhte Transparenz erreicht würde und Änderungen im Produktionsablauf sofort für alle Mitarbeiter sichtbar werden. Sind alle notwendigen Daten der Fertigungsaufträge ebenfalls eingebunden und Möglichkeiten einer Workflowdefinition ausgenutzt, ist eine Weitergabe der Fertigungsaufträge per Hand nicht mehr notwendig, was eine weitere Digitalisierung des Prozessablaufs bedeutet. Weiterer Vorteile einer solchen Einführung sind die Möglichkeiten, verschiedenen Systeme anzubinden und eine zentrale Informationsdarstellung anzubieten.

<sup>6</sup> <http://www.gti.de/procon-web/>

<sup>7</sup> <http://212.63.70.34/>

Hinzuweisen ist im Kontext solcher Systeme zudem darauf, dass das bereits im Unternehmen eingesetzte Tool zur Prozessmodellierung (Process4biz) in der aktuellen Version viel umfassendere Möglichkeiten bietet, als die bisher genutzten. So wird dieses Tool in einer Studie<sup>8</sup>, die Business Process Management Tools vorstellt, erwähnt und bietet Möglichkeiten der Prozessanalyse, -simulationen und in Verbindung mit Partnerprodukten auch die Möglichkeit der Prozessausführung. So heißt es in der Studie: *„Zudem steht mit der Anbindung an Microsoft SharePoint die Integration von Workflows und Dokumentenmanagement-Funktionen in das Prozess- und Qualitätsmanagement zur Verfügung. Abgesehen von den Funktionalitäten der Software, wird mit den umfassenden, optionalen Referenzmodellen für Microsoft Dynamics AX und NAV, sowie mit dem COBIT-5 Modell, für überaus wertvollen Content gesorgt.“* (Drawehn et al., 2014, S.193). Die Möglichkeit einer sinnvolleren und umfassenderen Nutzung des Programms kann daher ebenfalls überdacht werden.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei dem Blick auf das verwendete Programm zur BDE/MDE. Dies wird zurzeit in einer veralteten Version eingesetzt, soll jedoch in naher Zukunft geupdatet werden. Auch hier ist eine ähnliche Möglichkeit, wie bei dem Programm Process4biz, gegeben. Zudem besteht hierbei die Möglichkeit ein Manufacturing Execution System (MES)-Cockpit umzusetzen. Dieses ist *„eine browserbasierte Applikation, in der Detaildaten aus bestehenden MES-Systemen wie HYDRA oder anderen Applikationen in individuell gestaltbarer Form visualisiert werden. Geschäftsführer, Controller, Fertigungsleiter und die Mitarbeiter in der operativen Ebene profitieren davon, dass durch gezielte Auswertungen der Daten mehr Transparenz in der Fertigung geschaffen wird und verlässliche Kennzahlen für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zur Verfügung stehen“* (MPDV.com/MESCockpit, 2015). Dieser Softwareanbieter berücksichtigt bereits ebenfalls die Entwicklung hin zur Industrie 4.0, so dass auch hier eine Auseinandersetzung mit den zukünftigen Möglichkeiten sinnvoll erscheint (MPDV.com/MES4.0, 2015).

Die Möglichkeit, durch die Einführung von Smart Products beziehungsweise erweiterten Serviceangeboten dem Kunden ein Mehrwert gegenüber Wettbewerbern zu ermöglichen, ist ebenfalls ein Bereich in dem Potenziale verborgen liegen.

---

<sup>8</sup> <http://www.swm.iao.fraunhofer.de/content/dam/swm/de/documents/publikationen/BPMT2014.pdf>



**Abbildung 36:** Beispiel eines Trinkwasserverteilers

Abbildung 36 zeigt einen Trinkwasserverteiler, der ebenfalls im Produktportfolio zu finden ist. Dieser ist mit einem 1-fach Systemtrenner ausgestattet, auf weitere Entnahmestellen erweiterbar und wird zur mobilen Trinkwasserversorgung eingesetzt. Denkbar wäre hierbei dem Produkt Informationen über mögliche Wartungs- und Überprüfungsintervalle mitzugeben oder zu hinterlegen, welche Ersatzteile für dieses Produkt passend sind. In einem ersten Schritt könnte dies mit Hilfe eines QR-Codes und einer Anbindung an die Website des Unternehmens, beziehungsweise das geplante Kundenportal auf dieser Website, umgesetzt werden. Hier bietet sich ebenfalls die Verknüpfung mit dem bereits eingeführten Service Programm an, um dem Kunden Möglichkeiten zu bieten, schnell und einfach den entsprechenden Service in Auftrag zu geben. In einem weiteren Schritt hin zu Smart Products ist es denkbar per bereitgestellter App eine Datenerfassung, mit beispielsweise Standort, Einsatzdauer, Durchflussmengen und ähnlichem, anzubieten. Auf Basis dieser Daten ist es einerseits möglich dem Kunden weitere mögliche Services, wie beispielsweise einen automatisierten Rechnungslauf auf Basis zuvor hinterlegter Daten, anbieten zu können. Andererseits können die gewonnenen Daten genutzt werden, um Informationen über die Produkte, wie mögliche Defekte, oder deren Einsatzzwecke zu erhalten und neue Produkte auf Basis dieser Erkenntnisse zu entwickeln.

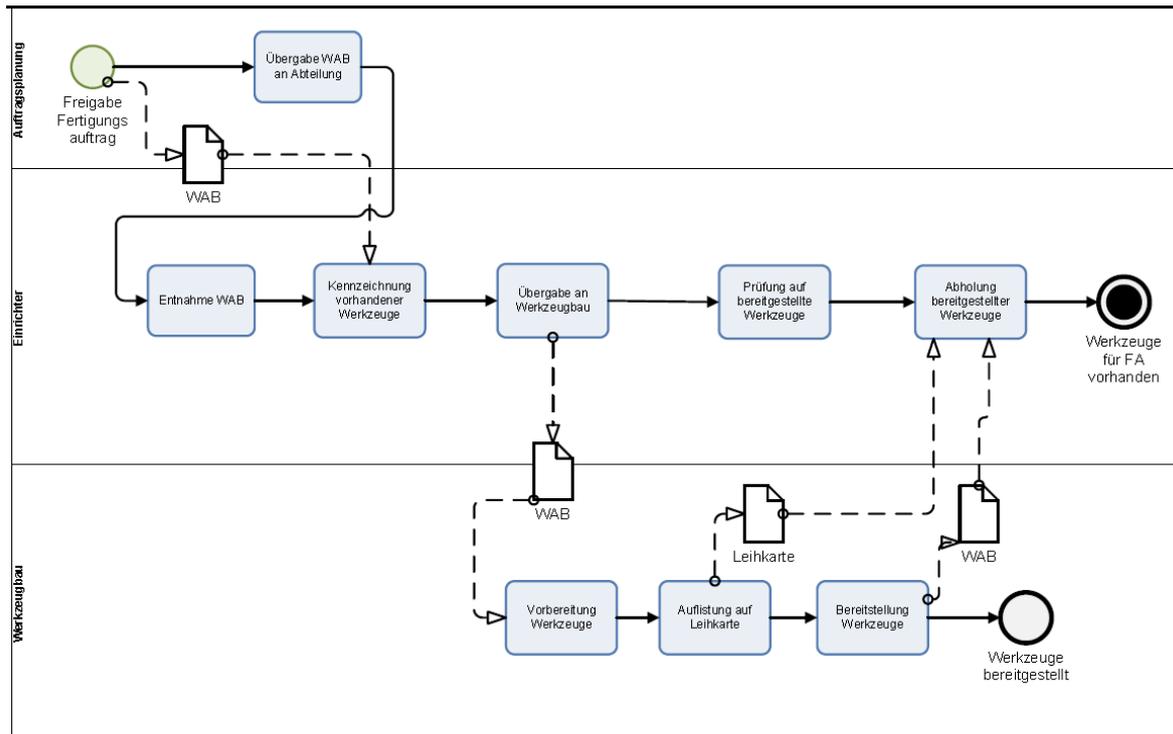
Sowohl die Erkenntnis, dass eine interaktive Prozessgestaltung zurzeit im Unternehmen, auf Grund eines fehlenden BPM, nicht möglich ist als auch die beschriebenen Ansatzpunkte wurden dem technischen Leiter sowie einem weiteren Mitglied der Geschäftsleitung vorgestellt und mit diesen diskutiert. Diese stimmen zu, dass das Unternehmen noch weit von einer Umsetzung von Industrie 4.0 entfernt ist und be-

stätigten, dass das Geschäftsprozessmanagement zurzeit mangelhaft ist. Die vorgeschlagenen Ansatzpunkte der Industrie 4.0 wurden vorgestellt und die verschiedenen Vorteile der Ansätze erläutert. Auf Grund der Nähe zum Themenschwerpunkt Prozessmanagement wird die Digitalisierung des Werkzeuganforderungsprozesses abschließend als eine erste mögliche Umsetzung im Kontext von Industrie 4.0 ausgewählt und nachfolgend genauer betrachtet und beschrieben.

### **7.6.1 Digitalisierung der Werkzeuganforderung**

Die Werkzeuganforderung läuft, wie bereits kurz beschreiben, händisch und nicht automatisiert ab. Basis für diese Anforderung stellt das WAB dar. Dieses wird erstellt sobald ein neues Werkzeug angefertigt werden muss und von einem Mitarbeiter der Konstruktion in Abstimmung mit dem Fachbereich angefertigt. Hierauf werden alle Werkzeuge sowie deren Einstellungen vermerkt, die für die Produktion benötigt werden. Dieses WAB ist im ERP System in Form eines statischen PDFs hinterlegt. Aus Basis des WAB werden durch die Konstruktion im ERP System Werkzeugstücklisten angelegt. Diese Werkzeugstücklisten enthalten verschiedene Ebenen und beschreiben alle benötigten Teile, die für das Gesamtwerkzeug notwendig sind. Zusätzlich werden der Gesamtbedarf eines Teiles im Rahmen des Werkzeuges sowie der Lagerbestand dieses Teiles angezeigt. Das WAB zeigt lediglich Ebene zwei der Werkzeugstückliste. Ebene eins der Werkzeugstückliste stellt immer das arbeitsgangspezifische Werkzeug dar. Im ERP-System wird dieses Werkzeug im Arbeitsplan, im entsprechenden Arbeitsgang, als zugehöriges Werkzeug hinterlegt und somit mit dem Produkt und den Fertigungsaufträgen für dieses Produkt verknüpft.

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt den aktuellen Werkzeuganforderungsprozess. Wird ein Fertigungsauftrag freigegeben, wird das statische PDF, der WAB, ausgedruckt und zusammen mit der gesamten Produktionsmappe in die Produktion gegeben. Der Einrichter entnimmt das WAB, markiert hierauf die benötigten Werkzeuge und gibt es anschließend an den Werkzeugbau. Dieser stellt die Werkzeuge zusammen und bereit. Nach Bereitstellung der angeforderten Werkzeuge werden diese von einem Einrichter abgeholt und die Maschine gerüstet.



**Abbildung 37:** Aktueller Werkzeuganforderungsprozess

Nach erfolgter Produktion werden die nicht weiter benötigten Werkzeuge wieder zurückgebracht und eingelagert. Bei dem nachverfolgten Artikel fiel auf, dass sich WAB und hinterlegte Werkzeugstückliste unterscheiden. Daher muss bei der Sollmodellierung darauf geachtet werden, die Kommunikationskanäle für Änderungen klar zu benennen, um so eine hohe Stammdatenqualität gewährleisten zu können.

Allgemein   Planung/Einkauf   Sonstige	
Nr. . . . .	W54988
Beschreibung . . . . .	Übergang mit AG 50-2
Beschreibung 2 . . . . .	245376-401432-10
Basiseinheitencode . . . . .	STÜCK
Verwendung . . . . .	Komplettwerkzeug <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Stückliste</span>
Zeichnungsnummer . . . . .	W54988
Aktueller Zeichnungsin... . . . .	01
Zeichnungsindex . . . . .	
<b>Status Info</b>	
Gesperrt . . . . .	<input type="checkbox"/>
Zulassungsschlüssel . . . . .	02-FREIGEgeben
Anzahl Dokumente . . . . .	0
Siegener Kreis. . . . .	<input type="checkbox"/>
Suchbegriff . . . . .	ÜBERGANG MIT AG 50-2
Menge in Bestellung . . . . .	0
Lagerbestand . . . . .	0
<b>Ordnungsbegriffe</b>	
Artikelkategorienocode . . . . .	WAB
Produktgruppencode . . . . .	
Kostenstelle Code . . . . .	PR212
Modellnummer. . . . .	
TOP . . . . .	N
Legierungsnr. . . . .	

**Abbildung 38:** Werkzeugkarte in Navision

Abbildung 38 zeigt die Werkzeugkarte, wie sie zurzeit in Navision gepflegt wird. Hierbei wird erfasst, ob es sich um ein Komplettwerkzeug, zusammengesetzt aus anderen Werkzeugen, oder ein einzelnes Werkzeug handelt und Stammdaten wie Werkzeugnummer, Beschreibung und Zeichnungsnummer hinterlegt. Zudem können weitere Angaben, wie beispielweise Daten zur Beschaffung, hinzugefügt werden. Ebenfalls ist es möglich, ein so angelegtes Werkzeug auf einen Lagerort zu buchen und den Lagerbestand angezeigt zu bekommen. Durch die ebenfalls vorhandene Verknüpfung über den Arbeitsgang sind bereits viele benötigte Informationen vorhanden, die eine Digitalisierung dieses Prozesses ermöglichen. So lässt sich bereits jetzt, sofern die Stammdaten gepflegt wurden, im ERP prüfen, welche Werkzeuge für welche Produkte verwendet werden. Hierbei sind allerdings nicht immer alle benötigten Informationen, wie der Lagerbestand oder der Status des Werkzeugs vorhanden oder ausreichend gepflegt. Weitere bereits im ERP vorhandene Funktionen zur Bereitstellung von Werkzeugen werden, nach Aussage eines zuständigen Mitarbeiters, zurzeit nicht genutzt.

Ziel des Sollprozesses ist es, die Werkzeuganforderung möglichst vereinfacht, wenn möglich digital, und zu einem späteren Zeitpunkt vollautomatisiert ablaufen zu lassen. Wie bereits beschrieben, ergibt die Prozessanalyse, dass bereits viele Daten in der Werkzeugstückliste vorhanden und mit einem Produkt verknüpft sind. Diese Daten werden jedoch nicht für die Werkzeuganforderung verwendet. Anforderungen an den Sollprozess der Werkzeuganforderung sind:

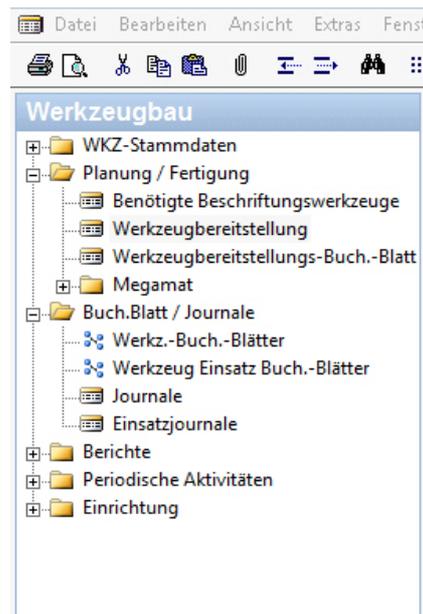
- Werkzeuge sollen entsprechend einem zu Grunde liegendem Fertigungsauftrag möglichst effizient über das ERP System aus- und eingelagert werden
- Eine Abfrage des Werkzeugstatus, der anzeigt, ob das Werkzeug in Verwendung oder frei ist sowie der Lagerbestand der Werkzeuge müssen ersichtlich sein
- Eine Prüfung welche Werkzeuge für welche Fertigungsaufträge verwendet werden und ob es hierbei zu Engpässen kommen kann, ist ebenfalls wünschenswert.

Weitere Anforderungen, die aus den Bereichen Industrie 4.0 und BPM hergeleitet werden können, sind:

- Eine genaue Nachverfolgung des Prozesses sowie der Zeiten, die für die Einrichtung und Bereitstellung der Werkzeuge benötigt werden

- Eine Erfassung und Berücksichtigung vorhandener Wartungsintervalle sowie bekannter Ausfallszeiten und -gründe der Werkzeuge, um proaktiv Maßnahmen ergreifen zu können
- Möglichkeiten zur Verknüpfung mit weiteren Unternehmensdaten, um besser vorzusplanen und auf Änderungen schneller reagieren zu können

Die Digitalisierung des Prozesses kann in mehreren Stufen erfolgen. In einer ersten Anpassung des Prozesses wird die Aufhebung des Strukturbruchs erreicht, indem die bereits vorhandenen Möglichkeiten im ERP ausgenutzt und angepasst werden. Hierbei wird eine Anpassung mit möglichst geringem Aufwand angestrebt. In einem zweiten Digitalisierungsschritt erfolgt eine weitere Automatisierung des Prozesses mit automatischen Abgleichen und Überprüfungen. Stufe drei des Digitalisierungsprozesses ist die vollautomatische Ausführung des Prozesses.



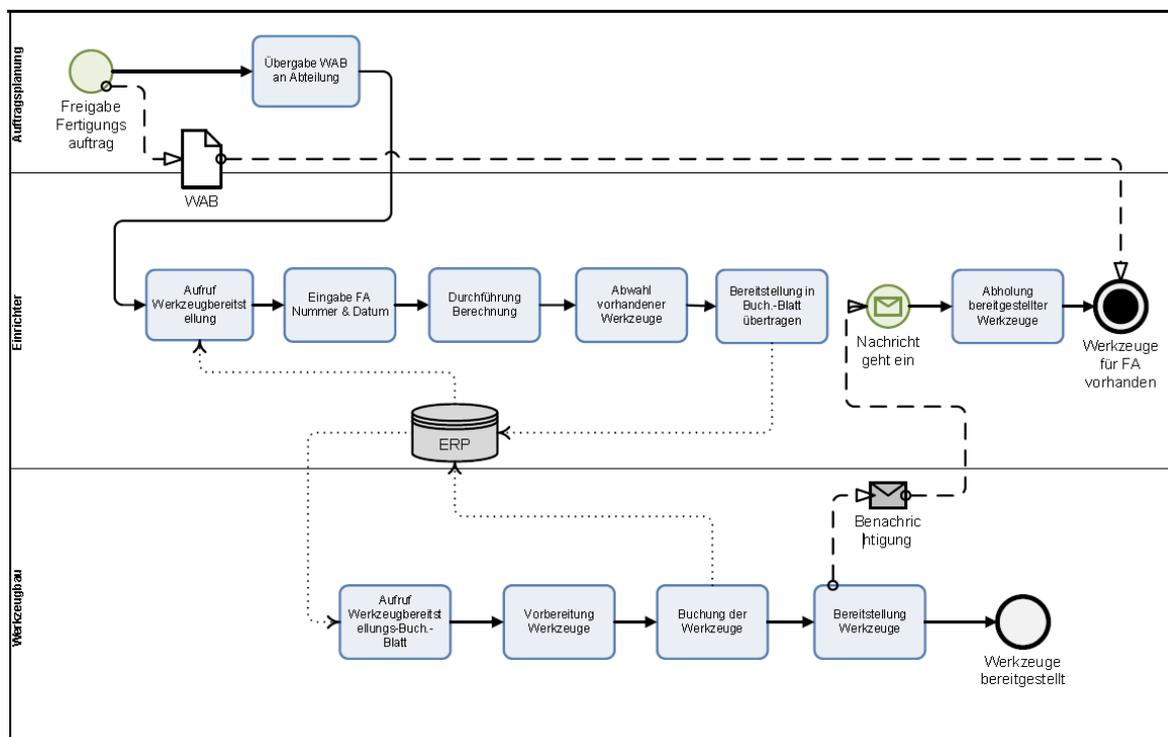
**Abbildung 39:** Vorhandene Transaktionen im ERP

### Erste Stufe der Digitalisierung

Eine Möglichkeit, diesen Prozess in einem ersten Schritt zu digitalisieren, bietet die bereits im ERP vorhandene Möglichkeit der Werkzeugbereitstellung. Abbildung 39 zeigt den Eintrag dieser Transaktion im Menübaum des ERP. Werden Werkzeuge für einen Fertigungsauftrag benötigt, wird durch den Einrichter, wenn möglich an einem Tablet vor Ort, diese Transaktion aufgerufen und die Nummer des zugrunde liegenden

den Fertigungsauftrags eingegeben. Durch Übernahme des Startdatums aus dem Fertigungsauftrag ist zudem ersichtlich wann sich die Werkzeuge spätestens auf der Maschine befinden müssen. Sinnvoll erscheint hier die Ergänzung um ein Feld Bereitstellungsdatum, welches aus dem Startdatum des FAs abgeleitet, bei Bedarf jedoch verändert werden kann. Somit können kurzfristige Änderungen beim Startdatum des Fertigungsauftrags, die von der Auftragssteuerung nicht im ERP-System erfasst werden, abgebildet und mitgeteilt werden. Eine eingetragene Zeile in dieser Tabelle stellt dementsprechend die Anforderung der Werkzeuge für einen Fertigungsauftrag dar. Der Einrichter hat nun die Möglichkeit sich über „*Bereitstellung berechnen*“ anzeigen zu lassen, welche Werkzeuge alle benötigt werden. Nun muss der Einrichter auswählen, welche Werkzeuge noch nicht auf der Maschine vorhanden sind und diese markieren. Hierfür muss eine Auswahlmöglichkeit im entsprechenden Fenster bereitgestellt werden. Anschließend kann der Einrichter die ausgewählten Werkzeuge per Funktion „*Bereitstellung in Buch.-Blatt übertragen*“ in das Buchungsblatt übernehmen. Dieses Buchungsblatt wird im ERP in Form einer Tabelle angezeigt. Dient diese Tabelle beiden Seiten, der anfordernden sowie der bereitstellenden Seite, als Grundlage, ist zudem die Ergänzung eines Statusfeldes sinnvoll. Dieses sollte bei dem Erfassen einer neuer neuen Zeile mit dem Status „offen“ vorgelegt werden. Weitere sinnvolle Staus sind „*in Arbeit*“, „*bereit*“ und „*erledigt*“. Die Änderung des Status sollte zudem mitgeloggt werden, um so mit Hilfe dieser Daten Auswertungen über die Dauer der Bereitstellungen durchführen zu können. Hierfür ist es anfangs notwendig, die Dauer der Bereitstellung zu schätzen oder wenn möglich zu erfassen und für Werkzeuge, für die diese Art der Bereitstellung zutrifft, zu hinterlegen. Hierdurch können bevorstehenden Engpässe bei der Bereitstellung der Werkzeuge frühzeitig errechnet und angezeigt werden oder dem Bereitsteller ein Vorschlag zur Abarbeitung der Bereitstellungen unterbreitet werden. Ein Mitarbeiter im Werkzeugbau kann sich die Anforderungen nun in der Tabelle oder einer dafür angepassten Darstellung, beispielsweise eine Art Cockpit, mit Darstellung der Dringlichkeit oder ähnlichem anzeigen lassen und abarbeiten. Mit Hilfe dieser Auflistung können die Werkzeuge nun bereitgestellt werden. Während der Bereitstellung muss der Status der Anforderung auf „*in Bearbeitung*“ gesetzt werden. Ist die Bereitstellung erfolgt muss der Status auf „*bereit*“ gesetzt werden und die Buchung der Werkzeuge stattfinden. Hierbei wird der Lagerort für alle bereitgestellten Werkzeuge vom Standardlagerort auf einen anderen Lagerort, vorgesehen ist zurzeit der Lagerort FA,

geändert. Anschließend muss die Kommunikation mit dem Einrichter erfolgen. Diese ist abhängig von der Art und Weise der hardwaretechnischen Umsetzung sowie den entsprechenden Zuständigkeiten. Wünschenswert ist eine aktive Benachrichtigung, beispielsweise in Form einer Email an den entsprechenden Einrichter. Ebenfalls denkbar ist, dass der Einrichter eine Übersicht des Werkzeugbereitstellungs-Buch.-Blatt, mit einer Filterung der Werkzeuganforderungen auf den Status „bereit“, angezeigt bekommt und hieran erkennt ob seine Anforderung bereits bearbeitet wurde. Die aktive Benachrichtigung, sofern diese vom Einrichter zeitnah eingesehen werden kann, hat den Vorteil, dass eventuelle Verzögerungen zwischen Bereitstellung und Abholung, die auf Grund eines mangelhaften Informationsflusses entstehen, minimiert werden können.



**Abbildung 40:** Digitalisierter Werkzeuganforderungsprozess

Abbildung 40 zeigt eine Darstellung der ersten Stufe der Digitalisierung des Werkzeuganforderungsprozesses. Werden die Werkzeuge vom Einrichter abgeholt, ist der Status von der Anforderung vom entsprechenden Mitarbeiter auf „erledigt“ zu setzen. Zur Nachverfolgung kann es zunächst sinnvoll sein an dieser Stelle eine Übersicht der bereitgestellten Werkzeuge erstellen und ausdrucken zu lassen. Die Statusänderungen dienen einerseits der Filterung der Werkzeuganforderungen und an-

dererseits der Erfassung von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten. So lässt sich genau feststellen, wie lange das Werkzeug bereits bereitgestellt war, bevor es verwendet wurde. Zudem kann die Dauer von der Statusänderung auf „*erledigt*“ bis zum Anlauf des Fertigungsauftrags als Rüstzeit, wenn auch mit eventuellen Unterbrechungen, angesehen werden.

Nach erfolgter Produktion und Rückgabe der Werkzeuge muss die entsprechende Rückbuchung stattfinden. Hierzu stellt der Einrichter die nicht mehr benötigten Werkzeuge im Werkzeugbau ab. Auf dem zuvor ausgedruckten und mitgegebenen Übersichtsblatt kann vermerkt werden, welche Werkzeuge auf der Maschine verblieben sind. Im Werkzeugbau kann über das „*Werkzeugbereitstellungs-Buch.Blatt*“ nun die abschließende Rückbuchung erfolgen. Der Ablauf hierbei kann wie bei der Anforderung erfolgen und der Mitarbeiter des Werkzeugbaus lässt sich auf Basis des beendeten Fertigungsauftrags die Werkzeuge anzeigen, die eingelagert werden müssten. Anschließend überprüft er, ob Teile des Werkzeugs auf der Maschine verblieben sind, wählt diese ab und bucht anschließend die Werkzeuge, die er tatsächlich zurückerhalten hat. Sinnvoll wäre hierfür eine Kopie der Funktion der *Werkzeugbereitstellung* in *Werkzeugeinlagerung*, um so bei der Übernahme in das Buchungsblatt direkt die korrekte Umlagerungsrichtung mitzugeben. Alternativ dazu könnte der Mitarbeiter des Werkzeugbaus die Werkzeuge manuell im *Werkzeugbereitstellungs-Buch.-Blatt* erfassen und buchen. Dieser Prozessschritt würde sich im Rahmen einer weiteren Digitalisierung weiter vereinfachen.

Änderungen, die für diesen ersten Digitalisierungsschritt vorgenommen werden müssen, sind:

- Ergänzung des Feldes *Bereitstellungsdatum* in der Funktion *Werkzeugbereitstellung*
- Überprüfung und Korrektur der Stammdaten bei der Hinterlegung der Stücklisten der Werkzeuge und der Anzahl und Lagerorte der Werkzeuge
- Möglichkeit zur Auswahl/Abwahl von bereits auf der Maschine vorhandenen Werkzeugen im Anschluss an die Berechnung der Bereitstellung
- Übernahme der ausgewählten Werkzeuge in das Buchungsblatt muss möglich sein

- Ergänzung eines Statusfeldes im Werkzeugbereitstellungs-Buch.-Blatt
- Gegebenenfalls Kopie und Anpassung der Funktion *Werkzeugbereitstellung* mit Änderung und Übergabe der Umlagerungsrichtung an die Funktionen *Bereitstellung berechnen* und *Bereitstellung in Buch.-Blatt übertragen*.

Eine Digitalisierung auf diese Art und Weise wird die Anforderung einer effizienteren Ein- und Auslagerung erfüllen, da ein unnötiger Strukturbruch entfällt, und ebenfalls eine Abfrage des Werkzeugstatus, der anzeigt, welche Werkzeuge in Verwendung oder frei sind, ermöglichen. Dies kann über eine Abfrage des Lagerplatzes erfolgen. Eine Prüfung, welche Werkzeuge für welche Fertigungsaufträge genau verwendet werden und ob es hierbei zu Engpässen kommen kann, ist durch diesen ersten Schritt nur manuell möglich. So ist hierfür zunächst manuell eine Übersicht zu erzeugen, die aufzeigt, welche Werkzeuge in welchen Fertigungsaufträgen verwendet werden. Diese Funktion ist bereits im ERP vorhanden. Die Liste kann anschließend exportiert werden, um diese mit dem Lagerbestand der Werkzeuge und anschließend mit den anstehenden Fertigungsaufträgen abzugleichen.

### **Zweite Stufe der Digitalisierung**

In einer zweiten Stufe kann die Funktion *Bereitstellung berechnen* weiter automatisiert werden. So muss keine manuelle Auswahl, welche Werkzeuge bereits auf der Maschine vorhanden sind, stattfinden, sondern es findet ein automatischer Abgleich statt, ob sich Werkzeuge, die für den kommenden Fertigungsauftrag benötigt werden, bereits auf der Maschine befinden. Eine Möglichkeit hierbei, ist der Abgleich mit Hilfe der Lagerorte. Hierzu ist es jedoch notwendig für jede Maschine einen Lagerort, wenn möglich entsprechend dem Arbeitsplatz, anzulegen. Dies erscheint sinnvoll, da durch eine solche Zuweisung weitere Analysemöglichkeiten geschaffen werden. Hierdurch lassen sich die Werkzeugbestände sehr genau darstellen und Aussagen darüber treffen, wann ein zurzeit verwendetes Werkzeug wieder verfügbar ist. Dies ist möglich, da die Werkzeuge über den Lagerort, der dem Arbeitsplatz entspricht, nun genau dem laufenden FA und der für diesen FA veranschlagten Zeit zugeordnet werden können. Somit muss bei der Werkzeugbereitstellung und der Übertragung in

das Buchungsblatt der Arbeitsplatz des zugrunde liegenden FAs als neuer Lagerort der Werkzeuge mitgegeben werden.

Eine weitere Möglichkeit zum Abgleich, ob bereits Werkzeuge auf der Maschine vorhanden sind, wäre die Verknüpfung über die Fertigungsauftragsnummer. So muss diese bei der Auslagerung im ERP System erfasst und hinterlegt werden. Werden nun Werkzeuge für einen neuen FA angefordert, kann überprüft werden auf welchem Arbeitsplatz dieser stattfindet und welcher FA für diesen Arbeitsplatz zurzeit bereitgestellt ist. Anschließend muss dann der Abgleich der Werkzeuge dieser beiden FAs stattfinden und gleiche Werkzeuge herausgefiltert werden.

Festzulegen ist für diese Art der Digitalisierung zudem, ob ein Werkzeug, welches aus mehreren Einzelteilen besteht, immer wieder auseinander gebaut wird oder als ein Werkzeug montiert bleibt. Ist dies der Fall, muss dies kenntlich gemacht sein und berücksichtigt werden. So kann es sein, dass benötigte Teil auf Lager sind, diese jedoch fest verbaut sind und daher die Einzelteile nicht zur Verfügung stehen.

Welche Möglichkeit zur Umsetzung der Überprüfung, ob Werkzeuge bereits auf der Maschine vorhanden sind, ausgewählt wird, hängt unter anderem von dem zugrunde liegendem Datenmodell und der daraus resultierenden Möglichkeit der Verknüpfung der Daten ab.

Der Status eines einzelnen Werkzeugs, ob dieses „frei“ oder „in Verwendung“ ist, erscheint ebenfalls als sinnvolle Informationen, kann jedoch zurzeit nicht oder nur über Umwege, wie eine Art Variante, umgesetzt werden, da bis in eine gewisse Ebene nur die Anzahl der gleichen Werkzeuge erfasst wird. Sind zum Beispiel vier „Werkzeughalter VDI 30/Vierkant“ vorhanden, werden diese unter einer Werkzeugnummer geführt und es ist nicht nachvollziehbar welcher Werkzeughalter welcher ist, da diese nicht eindeutig identifizierbar sind. Eine Änderung an dieser Vorgehensweise, so dass zukünftig jedes Werkzeug eine eindeutige Werkzeugnummer besitzt, stellt einen großen Aufwand dar und ist sicherlich je nach Wert des Werkzeugs oder der Bestandteile des Werkzeugs abzuwägen. Dem Nachteil des großen Aufwands steht der Vorteile einer genaueren Auswertung zur Haltbarkeit der einzelnen Werkzeuge oder Bauteile gegenüber. Bei einer solchen Umsetzung ist daher festzulegen,

bis in welche Bereiche eine einwandfreie Identifizierung von Werkzeugen und eine entsprechende Zuweisung verschiedener Informationen Sinn ergibt.

Bei der *Berechnung der Bereitstellung* kann ebenfalls geprüft werden, ob die Werkzeuge zur Verfügung stehen oder sich die benötigten Werkzeuge nicht auf Lager befinden. Für Werkzeuge die in Verwendung sind muss nun geprüft werden, ob diese sich bereits durch den aktuellen Fertigungsauftrag, der das Werkzeug verwendet, auf der Maschine für den nachfolgenden FA befinden. Ist dies der Fall, ist eine Bereitstellung trotz der Verwendung des Werkzeugs möglich. Falls dies nicht der Fall ist, ist eine Bereitstellung zurzeit nicht möglich und eine Auflistung der zurzeit in Verwendung befindlichen Werkzeuge sinnvoll. Wünschenswert ist hier eine Angabe des Endzeitpunkts der Verwendung, zum Beispiel der geplante Endzeitpunkt des FAs, der das Werkzeug zurzeit verwendet.

Ist eine Bereitstellung möglich, werden nun alle benötigten Werkzeuge aufgelistet, die sich noch nicht auf der Maschine befinden. Diese können an das „*Werkzeugbereitstellungsbuch.-Blatt*“ weitergegeben und mit Hilfe dieser Auflistung bereitgestellt werden. Während der Bereitstellung muss der Status auf „*in Bearbeitung*“ gesetzt werden. Ist die Bereitstellung erfolgt, kann der Status auf „*bereit*“ gesetzt werden und die Buchung der Werkzeuge stattfinden. Findet eine Umsetzung mit Lagerorten für jede Maschine statt, muss der Lagerort für die bereitgestellten Werkzeuge vom Standardlagerort auf den Lagerort der Maschine gesetzt werden.

Weitergehend kann umgesetzt werden, wie mit Beschädigungen und Störungen während der Produktion umzugehen ist. Laut bisheriger Prozessdokumentation oder Darstellung im ERP ist hierfür noch kein Prozess definiert. Wichtig erscheint dies jedoch für verschiedene Fälle. Ist ein Teil des Werkzeuges defekt, kann direkt die Prüfung stattfinden, ob weitere Teile, beziehungsweise Werkzeug dieser Art, existieren und wenn ja, ob diese auf Lager und zur Verwendung bereit sind. Ist dies der Fall, können diese direkt angefordert werden. Ist dies nicht der Fall so muss eine Lösung, Reparatur oder Neukauf, festgelegt und der Lagerort des defekten Teils oder Werkzeugs geändert werden. Hierfür ist gegebenenfalls die Einrichtung eines neuen Lagerortes, wie „*WZ\_DEFECT*“, notwendig. Zur Umsetzung im ERP wäre hierfür eine neue Funktion/Tabelle notwendig. Hier muss es dem Maschinenbediener beziehungsweise dem Einrichter ermöglicht werden, defekte Werkzeuge in die Tabelle einzut-

ragen und an Hand der Werkzeugnummer zu überprüfen, ob weitere Werkzeuge dieser Art bereitstehen. Wenn ja sollte eine Überführung des Ersatzwerkzeuges in die Maske „*Werkzeugbereitstellung*“ möglich sein und der Lagerort des defekten Werkzeugs entsprechend auf „*WZ\_DEFEKT*“ geändert werden. Wenn kein Ersatzwerkzeug auf Lager ist, muss der Lagerort des Werkzeugs ebenfalls auf „*WZ\_DEFEKT*“ geändert werden. Weitere sinnvolle Informationen, die bei einer Defektmeldung des Werkzeugs miterfasst werden sollten, sind das Datum sowie eine Beschreibung des Defektes. Sind die Werkzeuge nicht durch eine Kennzeichnung einwandfrei zu identifizieren, ist es sinnvoll, automatisch den Druck eines Dokumentes anzustoßen, der die Informationen des defekten Werkzeugs, wie die Werkzeugnummer, enthält, umso eine einwandfreie Zuordnung des Werkzeugs im weiteren Ablauf garantieren zu können. Es lässt sich somit festhalten, welche Defekte am Werkzeug aufgetreten sind um notwendige Maßnahmen einzuleiten. Das defekte Werkzeug kann anschließend vom Bediener oder Einrichter mit dem Dokument an den Werkzeugbau übergeben werden, um dort den Defekt weiter bearbeiten zu lassen.

Die Abbildung der weiteren Bearbeitung von defekten Werkzeugen im ERP kann über das „*Werkzeugbereitstellungs-Buch.Blatt*“ erfolgen. Zur Bearbeitung von defekten Werkzeugen kann es sinnvoll sein, während der Reparatur oder Neubeschaffung einen Lagerort, wie „*WZ\_REPARATUR*“, anzulegen und auszuwählen.

Nach der Produktion erfolgt abschließend die Rückgabe von Werkzeugen und die entsprechenden Rückbuchungen werden durchgeführt. Hierzu stellt der Einrichter die nicht mehr benötigten Werkzeuge im Werkzeugbau, auf einem hierfür bestimmtem Lagerplatz, ab. Im Werkzeugbau kann über das „*Werkzeugbereitstellungs-Buch.-Blatt*“ nun die abschließende Rückbuchung erfolgen. Wie genau die Erfassung der Werkzeuge, die zurückgegeben werden, erfolgt, ist abhängig von der Art und Weise der Umsetzung. Denkbar ist hierbei, dass die Buchungen hinterlegt werden und eine Art Differenzberechnung durchgeführt wird, um dadurch festzustellen, welche Werkzeuge aufgrund des Folgeauftrags auf der Maschine verbleiben konnte und die rückläufigen Werkzeuge einzulagern und zu verbuchen.

Änderungen, die für diesen weiteren Digitalisierungsschritt notwendig sind:

- Gewährleistung einer Verknüpfung von Werkzeugen zu den Fertigungsaufträgen, die sie gerade benutzen. Dadurch zum Beispiel:
  - Ergänzung neuer Lagerorte:  
Ergänzung fehlender Lagerorte für jeden Arbeitsplatz, an dem Werkzeuge benötigt werden und Lagerorte für defekte Werkzeuge beziehungsweise Werkzeuge in Reparatur
  - Weitergabe der Fertigungsauftragsnummer bei der Bereitstellung
- Umsetzung und Programmierung der entsprechenden Überprüfungen und Berechnungen

Der Aufwand für den zweiten Schritt der Digitalisierung ist deutlich größer als für den ersten Schritt und schwerer einzuschätzen, da dieser stark abhängig von den tieferen Strukturen und Umsetzungsmöglichkeiten im ERP-System ist. Durch die Umsetzung ist es möglich zu prüfen, welche Werkzeuge für welchen Fertigungsauftrag verwendet werden und ob hieraus Engpässe resultieren. Zudem wird diese Art der Umsetzung beim Aufbau einer Rüstmatrix unterstützen, da festgehalten werden kann, wie viele Werkzeuge je nach Kombination von Fertigungsaufträgen ausgetauscht werden müssen und welche Zeit hierfür benötigt wird.

### **Dritte Stufe der Digitalisierung**

In einer noch weiter voranschreitenden Automatisierung kann der komplette Prozessablauf bei der Freigabe von Fertigungsaufträgen automatisch erfolgen. Auf Basis der vorhandenen Daten ist es möglich, Engpässe bei der Werkzeugbereitstellung im Voraus zu betrachten. Dies sind Sonderfälle, für die Regelungen hinterlegt oder welche manuell gelöst werden müssen, wie die mehrfache, zeitgleiche Anforderung eines Werkzeugs, welches nur einmal vorhanden ist. Da es nicht möglich ist, parallel mehrere zugrunde liegende Fertigungsaufträge durchzuführen, muss hier entschieden werden, welche Bereitstellungen und damit welche FAs in welcher Reihenfolge stattzufinden haben. Soll dies automatisiert erfolgen, ist eine Orientierung am Bereitstellungsdatum denkbar. Entsprechend kann direkt eine Überprüfung auf Engpässe bei der Werkzeugnutzung stattfinden und bei auftretenden Problemfällen Änderungen in der Planung stattfinden.

Um eine bessere Vorausplanung und Reaktionsfähigkeit auf Änderungen gewährleisten zu können, ist zudem eine Verknüpfung mit Daten der MDE sinnvoll. So kann durch eine Verknüpfung von zurzeit verwendeten Werkzeugen mit Daten der aktuellen Fertigungsaufträge, wie erwartete Restlaufzeiten, der nächstmögliche Einsatzzeitpunkt von Werkzeugen berechnet werden. Dadurch ist es möglich, einen Abgleich mit anstehenden Fertigungsaufträgen durchzuführen. Fällt hierbei auf, dass das Werkzeug in folgenden geplanten Fertigungsaufträgen nicht verwendet werden kann, können diese Erkenntnisse in die zukünftige Planung einlaufen. Durch Angabe der Dauer einer Reparatur oder Neubeschaffung können zudem Zeiträume, in denen die Werkzeuge ebenfalls nicht verwendet werden können, berücksichtigt werden.

Durch die Verknüpfung mit Daten der MDE sind weitere Analysemöglichkeiten gegeben. So kann die Dauer des Fertigungsauftrags abgefragt und für die jeweiligen Werkzeuge auf die *Laufzeit* des Werkzeugs summiert werden. Werden Intervalle hinterlegt, wann welche Werkzeuge gewartet werden müssen, ist es möglich eine Prüfung zu implementieren, ob und wann die Werkzeuge zur Überprüfung müssen. So lassen sich zum einen Wartungen in freie Zeiträume schieben. Zum anderen können, sofern bei Defekten ebenfalls Daten der MDE mit erfasst werden, Aussagen darüber getroffen werden, wann Werkzeuge Defekte aufweisen, um proaktiv auf diese zu reagieren. Dies ist nur für Werkzeuge möglich, die eindeutig identifizierbar sind, und denen somit die Laufzeiten oder Stückzahlen, die diese produziert haben, exakt zugeordnet werden können. Für diesen Schritt der Digitalisierung sind folgende Änderungen notwendig:

- Verknüpfung mit dem MDE System Hydra: Schaffung von Schnittstellen zur Datenübergabe
- Ergänzung verschiedener Felder für bestimmte Werkzeuge/Werkzeuggruppen:
- Umsetzung einer Berücksichtigung der Verfügbarkeit oder restlichen Verwendungsdauer von Werkzeugen bei der Auftragsfreigabe

Der Aufwand für diesen Schritt der Digitalisierung erscheint relativ hoch. Zum einen ist die Schaffung von Schnittstellen mit weiterem Analyseaufwand und mit Anpassungen in beiden Systemen verbunden. Zum anderen ist die Anpassung der Fertigungsplanung sowohl zeit- als auch kostenintensiv, da dort entsprechend tief in die Abläufe des ERP Systems eingegriffen werden muss. Demgegenüber stehen jedoch

die Vorteile, dass hierdurch eine bessere Planung, die die Verfügbarkeit von Werkzeugen berücksichtigt, vorgenommen werden kann und die Auswirkungen von Änderungen im Produktionsablauf, wie Verzögerungen bei Fertigungsaufträgen, jederzeit überprüft werden können und entsprechend reagiert werden kann. Die Möglichkeit, Werkzeuge bereits vor auftretenden Defekten zu überprüfen und gegebenenfalls zu überarbeiten, minimiert zudem Stillstandszeiten.

Im Bereich der Vollautomatisierung im Kontext von Industrie 4.0 ist eine Anbindung der Werkzeuganforderung an ein automatisches Lager- und Transportsystem denkbar. Hierbei können die Werkzeuge mittels Radio-Frequency-Identification (RFID) identifiziert und an die verschiedenen Lager- oder Einsatzorte bewegt werden. Je nach Digitalisierungsgrad sind im Bereich der Assistenzsysteme ebenfalls Einsatzmöglichkeiten vorhanden. So ist es denkbar, dass dem Einrichter bei der Anforderung der Werkzeuge Bilder dieser angezeigt werden und er bei der Überprüfung, ob diese Werkzeuge bereits auf der Maschinen vorhanden sind, unterstützt wird. Ebenfalls denkbar sind Anweisungen zum Rüsten der Maschinen, die der Einrichter, beispielsweise auf seinem Tablet, nach der Abholung der bereitgestellten Werkzeuge erhält.

### **7.6.2 Bewertung des Sollprozesses**

Der Sollprozess wurde einem Teil der Geschäftsleitung sowie der technischen Leitung des Unternehmens vorgestellt. Nachfolgend werden die hieraus resultierenden Erkenntnisse kurz vorgestellt.

Das Unternehmen bewertet die Sollmodellierung des Prozesses als gelungen. Stufe zwei und drei der Digitalisierung sieht das Unternehmen zurzeit noch in weiter Ferne, jedoch sollen Teile der zweiten Stufe, wie die Buchung auf genaue Arbeitsplätze und den hiermit verbundenen Nutzen unter Umständen umgesetzt werden. Eine Umsetzung der ersten Stufe der Digitalisierung ist für das Unternehmen in naher Zukunft denkbar. Als problematisch wird hierbei die hardwaretechnische Umsetzung der Prozessdigitalisierung angesehen und muss noch genauer analysiert werden, um eine angemessene Usability zu gewährleisten.

Gewünscht wurde eine grobe Einschätzung der Ersparnisse, die durch die Prozessdigitalisierung nach der ersten Stufe erreicht werden kann. Im Bereich der Mehrspindler sind am Tag circa zwei bis drei Werkzeuganforderungen durchzuführen. Im CNC Bereich sind es im Schnitt circa fünf bis sechs pro Schicht, wobei der Zeitaufwand für diese Anzahl an Werkzeuganforderungen laut Aussage des Mitarbeiters mindestens eine Stunde beträgt. Durch den Wegfall einiger Laufwege sowie einer besseren Kommunikation beläuft sich die Zeitersparnis bei der Werkzeuganforderung auf circa fünf Minuten je Anforderung. Setzt man die Anzahl der Anforderungen von Werkzeugen auf sieben Anforderungen am Tag fest, ergibt dies 35 Minuten Zeitersparnis. Bei 305 Arbeitstagen im Jahr 2016 macht dies summiert rund 10.675 Minuten und somit über 177 Stunden. Bei einer Grundlage von 40 Euro/Stunde macht dies im Jahr eine Ersparnis von über 7.000 Euro. Hinzu kommen die Vorteile einer Verfügbarkeitsprüfung von Werkzeugen sowie bessere Planungsmöglichkeiten.

Im Verlauf der Vorstellung wurde zudem deutlich, dass die Prozesse hin zur Erstellung von Werkzeugstücklisten oder WABs sowie deren Aktualisierung nur wenig transparent sind und hier ebenfalls Anpassungen und Änderungen erfolgen müssen. Zudem wurde die Annahme bestätigt, dass der Stammdatenpflege eine große Bedeutung zukommen wird, da die Daten in mehreren Systemen konsistent gehalten werden müssen.

## **7.7 Mögliche Behinderungen bei der Umsetzung**

Nachfolgend werden verschiedene Hindernisse und Probleme beschrieben, die bei der Umsetzung der aufgezeigten Maßnahmen sowie bei Maßnahmen des Industrie 4.0-Ansatzes allgemein im Unternehmen auftreten können und daher bei der weiteren Vorgehensweise beachten werden sollen. In Anlehnung an Abbildung 14 lassen sich in jedem der drei Teilbereiche Technik, Mensch und Organisation verschiedene Hindernisse für die Umsetzung von Industrie 4.0 erkennen.

Im technischen Bereich sind vor allem zwei verschiedene Hindernisse sichtbar geworden. Zum einen besteht der Maschinenpark aus vielen verschiedenen Maschinen von verschiedenen Herstellern aus verschiedenen Zeiten. Dies wurde auch in den Interviews von einigen befragten Personen angesprochen. Hieraus ergeben sich verschiedene Probleme. Einerseits gestaltet sich eine Verknüpfung der Maschinen unte-

reinander kompliziert und die Auswahl und der Einsatz von entsprechender Middleware, sofern der Maschinenpark so bestehen bleibt, ist ein notwendiger Schritt in Richtung Industrie 4.0. Des Weiteren wird die Flexibilität während der Produktion durch die Charakteristik des Maschinenparks eingegrenzt. So ist es bei vielen Produkten nicht oder nur mit sehr großem Aufwand möglich, diese auf einer anderen Maschine fertigen zu lassen, falls die für das Produkt vorgesehene Maschine ausfällt. Hierdurch können Verzögerungen und Stillstandszeiten den Produktionsablauf stören. Bei Neuinvestitionen sollte daher eine langfristige Planung zu Grunde gelegt werden, die sinkende Losgrößen und die damit verbundene steigende Anzahl von Rüstvorgängen sowie eine möglichst hohe Flexibilität berücksichtigt. Zum anderen stellen die im Unternehmen vorhandenen Systeme und deren Betreuung ein weiteres Hindernis dar. So sind einige Programme, wie die BDE/MDE, nicht aktuell und die Möglichkeiten der Software werden nicht ausgenutzt.

Wird der Industrie 4.0-Ansatz verfolgt, so bringt dieser eine große Anzahl neuer Techniken und Vorgehensweisen mit sich. Hierdurch entstehen hohe Anforderungen an die Mitarbeiter. Auch im menschlichen Bereich werden verschiedene Hindernisse im Unternehmen gesehen. Zum einen ist die Altersstruktur des Unternehmens, die als eher hoch empfunden wird, bei der Einführung neuer Techniken zu berücksichtigen. Die Mitarbeiter sollten angemessen an die neuen Techniken und Arbeitsweisen herangeführt und ausreichend Schulungen eingeplant werden. Zudem sollten die aus den Veränderungen resultierenden Verbesserungen klar aufgezeigt und den Mitarbeitern gegenüber kommuniziert werden, um so Widerstände gegenüber Veränderungen minimieren zu können.

Gerade im Bereich der Organisation sind weitere Hindernisse ersichtlich. Zum einen fehlt bisher eine klare strategische Ausrichtung des Unternehmens in Bezug auf Industrie 4.0. So sehen die befragten Personen die Potenziale und die Bedeutung von Industrie 4.0 für das Unternehmen sehr unterschiedlich. Daher sollte zunächst in einem ersten Schritt ein einheitliches Verständnis für das Projekt Industrie 4.0 geschaffen werden. Einerseits im Management Bereich, um anschließend eine strategische Ausrichtung im Bereich Industrie 4.0 durchführen zu können und so anschließend andererseits ein einheitliches Verständnis von Industrie 4.0 und die hierdurch resultierenden Veränderungen und Möglichkeiten bei der kompletten Belegschaft zu

schaffen. Des Weiteren sind die personellen Kapazitäten im Unternehmen begrenzt. Anstehende Projekte, gerade im Bereich der IT, sind hierdurch nur schwer durchzuführen. Um dem entgegenzuwirken sollte der Bereich der Personalentwicklung zukünftig ebenfalls stärker berücksichtigt werden.

Ein weiteres Hindernis im organisatorischen Bereich ist das nicht vorhandene BPM. Durch die fehlende Dokumentation und Kontrolle der Prozessabläufe ist es äußerst schwierig Aussagen über die Effektivität der Prozesse und über Auswirkungen von Veränderungen im Prozessablauf treffen zu können. Um weitere Maßnahmen im Bereich Industrie 4.0 umzusetzen, ist daher eine Wiederaufnahme und kontinuierliche Ausführung eines BPM anzustreben. Ebenfalls sollten Anreize geschaffen werden, dass Mitarbeiter aktiv an der Gestaltung der Prozesse teilnehmen, ihre täglichen Prozessabläufe hinterfragen und Verbesserungsvorschläge hierzu anbringen.

Die notwendigen Investitionen sind ebenfalls ein mögliches Hindernis um Techniken aus dem Bereich Industrie 4.0 einzuführen und Änderungen umzusetzen. Hier kann es für das Unternehmen sinnvoll sein, sich an Projekten, beispielsweise gemeinsam mit der Universität Siegen oder dem Siegener Mittelstandsinstitut, zu beteiligen und zu prüfen, ob hierdurch mögliche Fördergelder beantragt und für Investitionen ausgenutzt werden können.

## 8 Zusammenfassung und Fazit

Die Arbeit zeigt, dass Industrie 4.0 zurzeit ein Projekt darstellt, welches noch am Anfang steht und dieser Begriff zurzeit eher einen Projektrahmen beschreibt, der noch mit Standards, Techniken und Umsetzungen gefüllt werden muss. Zwar sind die steigenden Anforderungen, die eine vierte industrielle Revolution erforderlich machen, sowie die Chancen, die sich durch eine Umsetzung dieser ergeben, klar erkennbar und beschrieben, jedoch fehlen praktikable Ansätze, die Unternehmen dabei unterstützen Industrie 4.0 umzusetzen.

Die zentrale Fragestellung dieser Ausarbeitung, „**Welche Potenziale bieten sich KMUs durch den Einsatz von Industrie 4.0 Techniken und einer interaktiven Prozessgestaltung? Welchen Problemen stehen KMUs hierbei gegenüber?**“, lässt sich wie folgt beantworten:

Die anfangs durchgeführte Analyse der verschiedenen Beschreibungen, Systeme und Aufgabenbereiche von Industrie 4.0 zeigt, dass dieser Themenkomplex viele verschiedene Aufgabengebiete und unterschiedliche Techniken umfasst. Hierdurch erhält das Thema Industrie 4.0 eine hohe Komplexität und wird von einer Vielzahl an Rahmenfaktoren und deren Wechselwirkungen beeinflusst. Zudem wird deutlich, dass trotz einer steigenden Digitalisierung sowie zunehmender Automatisierung, der Faktor Mensch einen der zentralen Aspekte und das Zusammenspiel der Bereiche Mensch, Technik und Organisation einen der entscheidenden Punkte für eine erfolgreiche Realisierung darstellt. Im Wirtschaftsmagazin der IHK Arnsberg Hellweg-Sauerland wird dies, als Ergebnis einer Umfrage zum Thema Industrie 4.0 vom September 2015, sehr passend beschrieben:

*„Die Umfrage zeigt, dass das Bild der „mensenleeren Fabrik“ nicht real ist. Zwei Drittel der Unternehmen erwarten derzeit keine Auswirkungen der digitalen Vernetzung auf die Beschäftigung. Vielmehr sehen sie es als vordringliche Aufgabe an, die Akzeptanz für neue Technologien und Geschäftsmodelle bei den Mitarbeitern zu fördern und die Qualifizierung – insbesondere im Umgang mit spezifischen IT-Systemen und übergreifenden Prozessen – auszubauen.“ (IHK-Arnsberg, 2015).*

Desweiteren ist festzuhalten, dass die weitere Entwicklung im Bereich Industrie 4.0 sehr stark abhängig von der Schaffung gültiger Standards sowie fester und beständiger Rahmenbedingungen ist. Auf Grund der bisher mangelhaften Ausführungen in diesen Bereichen, stellt der Mittelstand laut BMBF eines der zentralen Problemfelder dar.

Es zeigt sich, dass sich dem Mittelstand durch neue Techniken im Bereich Industrie 4.0 sowie einer damit verbundenen Optimierung der wertschöpfenden Prozesse, sehr gute Chancen und Potenziale bieten. So erwarten mittelständische Unternehmen Effizienzsteigerungen, Kostenreduktionen sowie verbesserte Planungs- und Steuerungsmöglichkeiten. Desweiteren zu nennen sind eine steigende Flexibilität sowie eine höhere Kundenbindung und -zufriedenheit. Im analysierten Unternehmen, welches noch sehr weit von einer umfassenden Umsetzung von Industrie 4.0 entfernt ist, stellen die bessere Verknüpfung der vorhandenen Unternehmensdaten sowie die Aufbereitung der Daten und die Verbesserung des Informationsflusses die größten Potenziale dar.

Die Ausführungen in Kapitel 3, die den Status quo des Mittelstands in Bezug auf Industrie 4.0 sowie die Besonderheiten mittelständischer Unternehmen beschreiben, bestätigen die Annahme, dass die vierte Industrielle Revolution bei erfolgreicher Umsetzung verschiedene Potenziale für KMUs mit sich bringt. Sie zeigen jedoch auch, dass diese nur mit erheblichem Aufwand abrufbar sind. Allgemein lässt sich festhalten, dass sich Unterschiede im Umgang mit Industrie 4.0 zwischen Großunternehmen und KMUs feststellen lassen und diese unter anderem auf die Besonderheiten der mittelständischen Unternehmen zurückzuführen sind. Es wird deutlich, dass vor allem die Hemmnisse und Hindernisse bei KMUs einen deutlich höheren Einfluss auf eine mögliche Umsetzung besitzen und diese damit ausbremsen. Es lässt sich feststellen, dass im analysierten Unternehmen einer Umsetzung von Industrie 4.0 viele Hindernisse im Wege stehen, die bereits in verschiedenen Studien festgestellt wurden. So spielen die gewachsene Historie, sowohl technisch als auch personell, begrenzte personelle Kapazitäten sowie die Möglichkeiten zur Investition Probleme dar, die in anderen Unternehmen ebenfalls auftreten und die berücksichtigt beziehungsweise überwunden werden müssen.

In Bezug auf die Fragestellung „**Welche Aspekte und Bereiche von Industrie 4.0 sind für mittelständische Unternehmen interessant?**“ lässt sich folgendes festhalten:

Die fünf vorgestellten Funktionsbereiche Datenerfassung und -verarbeitung, Assistenzsysteme, Vernetzung und Integration, Dezentralisierung und Serviceorientierung sowie Selbstorganisation und Autonomie sowie die Besonderheiten dieser Bereiche, stellen die unterschiedlichen Handlungsfelder der Industrie 4.0 dar und bieten eine gute Grundlage zur Analyse einer vorhandenen Unternehmensstruktur sowie zur Untersuchung möglicher Umsetzungsmöglichkeiten und deren Potenziale.

Die beschriebenen Techniken einer interaktive Prozessgestaltung, des BPM und PM stellen weitere bedeutende Möglichkeiten dar, eine Umsetzung von Industrie 4.0 zu ermöglichen beziehungsweise diese zu unterstützen. Da die Optimierung der wertschöpfenden Prozesse eine der zentralen Bestrebungen im Bereich Industrie 4.0 darstellt, ist die Analyse sowie die optimale Gestaltung und Überwachung der Unternehmensprozesse in mittelständischen Unternehmen von großer Bedeutung.

Die Analyse der durchgeführten Interviews zeigt, dass das untersuchte Unternehmen ebenfalls von den allgemein beschriebenen Problemen wie einer verlangten höheren Flexibilität, sinkenden Stückzahlen und höheren Rüstaufwänden betroffen ist und hiervon vor große Herausforderungen gestellt wird. Der Begriff Industrie 4.0 ist im Unternehmen, auch im Zusammenhang mit diesen Problemen bereits bekannt, jedoch werden noch keine Aktivitäten in diesem Kontext unternommen oder eingeleitet. Das Unternehmen repräsentiert somit genau den Typ eines mittelständischen Unternehmens, der laut Kapitel 3, sehr häufig vorzufinden ist. Es wird deutlich, dass es dem Unternehmen schwer fällt, die relevanten Bereiche und Techniken im Bereich Industrie 4.0 zuerkennen. Person 5 sagt in Interviews hierzu sehr passend:

*„Ich weiß nicht was in fünf Jahren ist. Der Markt entwickelt sich und wichtig für uns als deutscher Mittelstand ist, gerade da eben die Augen offen zu halten. Weil international wird sicherlich auf Grund von Lohnkosten günstiger gefertigt und wir müssen halt gucken, dass wir diesen technologischen Vorsprung, dieses Made in Germany, noch irgendwo halten können. Da sehe ich eigentlich sicherlich die Möglichkeit, wenn ich sie auch noch nicht ganz bedenken kann.“*

So verdeutlichen die durchgeführten Interviews, dass der Begriff Industrie 4.0 bereits im analysierten Unternehmen angekommen ist, klare Vorstellungen und Umsetzungspläne jedoch nicht vorhanden sind.

Welche Aspekte und Bereiche von Industrie 4.0 für mittelständische Unternehmen interessant sind, lässt sich nicht allgemeine beantworten. So muss für jedes Unternehmen eine individuelle Analyse erfolgen, um die Aspekte und Bereiche auszuwählen, die bei möglichst geringem Risiko eine möglichst hohe Erfolgsaussicht, bieten. So ist dies beispielsweise abhängig von der Struktur des Unternehmens oder der vorhandenen technischen Ausstattung.

Auf Grundlage dieser Ausarbeitung ist zudem die Frage „**Welche Prozesse lassen sich durch den Einsatz von Industrie 4.0 im untersuchten Unternehmen optimieren? Inwieweit kann eine interaktive Prozessgestaltung hierbei helfen und was wird dafür benötigt?**“ zu beantworten. Zur Beantwortung dieser Fragestellung ist eine Analyse des BPM sowie der vorhandenen Istprozesse durchgeführt worden.

Das BPM wird im analysierten Unternehmen lediglich zu Zertifizierungszwecken durchgeführt und ist daher unvollständig oder veraltet. Prozesse werden entsprechend nicht auf ihre Durchführung hin kontrolliert beziehungsweise angepasst oder optimiert. Fehlende Kennzahlen und Daten sowie eine nicht vorhandene Messung der Prozesseffektivität sind die Folgen. Die Beantwortung der Frage, inwieweit eine interaktive Prozessgestaltung bei der Optimierung von Prozessen helfen kann, kann durch die Analyse des Unternehmens leider nicht beantwortet werden, da die Umsetzung und Analyse einer interaktiven Prozessgestaltung auf einem korrekten BPM aufsetzt, welches zurzeit im Unternehmen nicht vorhanden ist.

Die These, dass eine interaktive Prozessgestaltung jedoch im Kontext von Industrie 4.0 allgemeine Potenziale für Unternehmen aufweist, wird beispielsweise durch Förderungen des Bundes im Rahmen von Forschungsprojekten gestützt. So unterstützt das BMBF unter anderem das Projekt "JUMP 4.0", in dem ein interaktives Prozessmanagementsystem entwickelt werden soll. Hierbei soll das Erfahrungswissen der Mitarbeiter von Beginn an mit in den Produktionsprozess einfließen (BMBF, 2015a). Zudem wird den Unternehmen hierbei eine Realisierungs-Roadmap bereitgestellt, die beschreibt, wie passenden Technologien ausgewählt werden können und wie

eine angemessene Arbeitsorganisation aufgebaut werden kann (FraunhoferIPK, 2016).

Die Analyse der vorhandenen Prozesse, die auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen erfolgt, zeigt, dass sich diese in vielen Bereichen optimieren lassen. So lässt sich festhalten, dass die Prozesse Strukturbrüche aufweisen und nicht nach einem zuvor definierten Muster ablaufen, sondern sich über eine gewisse Zeit entwickelt haben und deren Ablauf weder überwacht noch optimiert wird. Es hat sich gezeigt, dass vor allem der Prozess der Werkzeuganforderung sowie die Prozesse im Versand einen hohen Optimierungsbedarf aufweisen. Diese Erkenntnisse sind dem Unternehmen vorgestellt und die Digitalisierung des Prozesses der Werkzeuganforderung ausgearbeitet worden. Diese soll im Unternehmen in der nächsten Zeit entsprechend umgesetzt werden.

Die Ergebnisse der Ausarbeitung zeigen, dass Industrie 4.0 ein Themenkomplex ist, der sehr umfassend und bisher nur sehr schwer praktikabel ist. Ist ein Unternehmen heutzutage an einer Umsetzung interessiert, steht es hierbei vielen verschiedenen Hindernissen und Schwierigkeiten gegenüber. Diese ergeben sich einerseits aus dem frühen Stand des Projektes Industrie 4.0, welches zurzeit noch nicht genügend ausgearbeitet ist und daher Standards und passende Handlungsempfehlungen fehlen. Zum Anderen wird deutlich, dass die Beschaffenheit und das Vorgehen im Unternehmen ebenfalls großen Einfluss auf eine mögliche Umsetzung hat und sich hieraus ebenfalls viele verschiedene Anforderungen und Hindernisse ergeben. Eine genaue Analyse des Unternehmens ist daher unabdingbar. Ebenfalls deutlich wird, dass viele verschiedene Bereiche von einer Umsetzung hin zu Industrie 4.0 betroffen sind und diese im Zusammenspiel betrachtet werden müssen. So ist sowohl die technische als auch die organisatorische Seite zu betrachten und hierbei für angemessene Grundlagen zu sorgen. Ein Teil dieser Basis stellt hierbei ein umfassendes BPM dar, um hierdurch Abläufe zu definieren, zu überwachen und deren Effektivität messen zu können. Eine entscheidende Rolle spielt zudem der Mensch beziehungsweise Mitarbeiter, der frühzeitig in einen möglichen Umsetzungsprozess einbezogen werden muss, um ein Bewusstsein für Industrie 4.0, eine Bereitschaft für Veränderungen in der Arbeitsweise sowie eine angemessene Einführung in neue Techniken und Vorgehensweisen zu gewährleisten.

Aus persönlicher Sicht werte ich diese Arbeit als Erfolg, da sie aufzeigt, dass das Projekt Industrie 4.0 berechtigt und notwendig ist, um Unternehmen bei der Bewältigung der steigenden Anforderungen zu unterstützen. Es wird deutlich, dass die Potenziale, die sich aus einem erfolgreichen Einsatz von Techniken der Industrie 4.0 ergeben, bereits jetzt erkennbar und nutzbar sind. Eine ganzheitliche Umsetzung von Industrie 4.0 gestaltet sich jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch sehr schwer. Dies belegen einerseits die Erkenntnisse und Zahlen aus den Kapiteln 2 und 3 sowie die gesammelten Erfahrungen im Unternehmen, die in Kapitel 7 beschrieben sind. So stellen fehlende Standards und nicht vorhandene Empfehlungen zur Umsetzung für viele Unternehmen ein Hindernis dar. Zudem wurde die Annahme bestätigt, dass mittelständische Unternehmen zudem häufig mit Problemen zu kämpfen haben, die auf Grund ihrer Struktur entstehen und sich daher von anderen Unternehmensformen unterscheiden.

Das im Unternehmen nicht vorhandene Geschäftsprozessmanagement hat leider keine Bewertung der Potenziale, die sich aus einer interaktiven Prozessgestaltung ergeben, ermöglicht. Es wird jedoch deutlich, dass ein mangelhaftes Prozessmanagement viele weitere Probleme, wie die mangelhafte Durchführung von Prozessen, die Anhäufung von Strukturbrüchen oder fehlende Kennzahlen mit sich bringen kann. Änderungen an einem Prozess sind hierdurch mit sehr großem Analyseaufwand verbunden und die genauen Auswirkungen der Anpassungen auf Grund fehlender Vergleichswerte schwierig. Entsprechend kann gefolgert werden, dass ein umfassendes Geschäftsprozessmanagement und eine interaktive Prozessgestaltung absolut sinnvoll sind, um den beschriebenen Problemen entgegenzuwirken und ein Unternehmen kontinuierlich zu optimieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Industrie 4.0-Ansatz mittelständischen Unternehmen gute Möglichkeiten bietet sich den Herausforderungen der Zukunft zu stellen, diese als Anlass für nachhaltige Veränderungen anzusehen und ihren technologischen Vorsprung zu sichern beziehungsweise auszubauen. Eine erfolgreiche und umfassende Umsetzung stellt für mittelständische Unternehmen allerdings ebenso ein großes Risiko dar, da diese nur mit großem Aufwand und beachtlichen Investitionskosten realisierbar ist und verschiedene Hindernisse überwunden werden müssen.

## Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, insbesondere keine anderen als die angegebenen Informationen aus dem Internet.

Diejenigen Paragraphen der für mich gültigen Prüfungsordnung, welche etwaige Betrugsversuche betreffen, habe ich zur Kenntnis genommen.

Der Speicherung meiner Masterarbeit zum Zweck der Plagiatsprüfung stimme ich zu. Ich versichere, dass die elektronische Version mit der gedruckten Version inhaltlich übereinstimmt.

LenneStadt, den 28. April 2016



---

(Martin König)

## Anhang

### Anhang A - Interviewleitfaden

#### Zur Person/Aufgabe:

- Name, Alter, Berufstand, beruflicher Werdegang
- Seit wann bei XYZ / Werdegang bei XYZ
- Aufgabenbereich bei XYZ / Rolle im Unternehmen
- Tägliche Arbeitsroutine/Arbeitspraxis

#### Industrie 4.0

- Was **stellen** Sie sich unter **Industrie 4.0** vor?
  - o Haben Sie sich bereits **aktiv** mit dieser **Thematik** auseinander gesetzt oder woher stammen Ihre Vorstellungen?
- Gab es in Ihrem Unternehmen bereits **Berührungspunkte** mit dem Thema **Industrie 4.0**?
  - o Projekte, Techniken, Umsetzungen?
- Wie sehen Ihre **Planung** für Aktivitäten in diesem Bereich in der näheren Zukunft/nächsten Jahren aus?
- In welchen Bereichen der **Wertschöpfung** sehen Sie die größten **Potenziale** für den Einsatz der Industrie 4.0-Techniken und warum dort?
  - o In welchen Bereichen nicht und warum?
- Haben Sie Vorstellungen über **Investitionssummen** die hierfür zur Verfügung gestellt werden könnten/werden?
- Welche **Vorteile** erhoffen Sie sich hierdurch?
- Welche **Befürchtungen** haben Sie?
  - o Woher kommen diese?
- Wie ist Ihr Empfinden wie Kollegen oder andere Unternehmen dieser **Thematik gegenüber stehen**?

#### **Geschäftsprozessmanagement**

- Wie wird die **Fertigung** bei Ihnen **geplant**?
- Werden die **Prozesse** bei Ihnen festgehalten bzw. **dokumentiert**?
  - o Zu welchem Zweck? (QS, 9001,...)
  - o Wird das Dokument mit den Prozessen bei Ihnen irgendwie eingesetzt bzw. genutzt?
- Werden **Prozesse** auf ihre **Einhaltung** oder Veränderung überprüft?
- Werden bei Ihnen **Prozesse angepasst / verändert**?
  - o Wenn ja, wie und warum?

- Wenn nein, warum? (z.B. kein Bedarf? zu allgemein? nicht greifbar?)
- Wissen Sie wie hoch **Input, Output und Throughput** eines **Prozesses** oder **Prozessschrittes** sind?
  - Wenn ja, woher? (per Hand, automatisiert,...)
  - Wenn nein, kann man die Information irgendwoher beziehen bzw. irgendwo raus ableiten?
  - Welche Daten werden erhoben? (Zeit, Energie, Ressourcen)
  - Was wird damit gemacht? (nichts? Auswertung?)
- Setzen Sie hier auf **technische Unterstützung**? (IT-Systeme für Auswertung, Planung und Überwachung der Geschäftsprozesse)
  - Wenn ja, welche?
  - Wenn nein, würden Sie sich hier **Unterstützung wünschen**?
- Werden Prozesse bei Ihnen auch auf ihre **Energieeffizienz** hin betrachtet und werden hierzu **Energiedaten** gemessen und ausgewertet?
- 

## Produktion

- **Welche Produkte** werden bei Ihnen hergestellt? Wodurch zeichnet sich die Firma XYZ aus? (Marktsegment, Qualität, ...)
- Wie groß ist das **aktuelle Produktportfolio**?
- Wer ist für das Produktportfolio verantwortlich?
  - Wie häufig werden neue Produkte eingeführt?
  - Verschwinden Produkte auch schon mal aus ihrem Katalog?
- Welche Maschinen verwenden Sie? Welche Energieträger werden dazu benötigt?
- Wie kann ich mir den **aktuellen Fertigungsprozess grob vorstellen**? (von der Anfrage → bis Versand an Kunden) oder
  - Serienfertigung vs. Auftragsfertigung
  - Wie sieht hier **grob die Aufteilung** aus? (Schätzung/Bekannt?)
  - Verändert sich der Herstellprozess schon mal und wenn ja wie häufig?
    - Lieferantenwechsel (Vormaterial, Halberzeugnisse), Normierung, Rechtliche Rahmenbedingungen, ...
- Gibt es bei der Herstellung einen **Referenz-Prozess**? (Standardablauf)
  - Wenn ja, wie sieht der aus?
  - Wenn nicht, warum? (Abläufe sehr variabel?, nicht mit befasst?)
- Wie ist **die Produktplanung im ERP-System** oder allgemein abgebildet?
  - Wer ist dafür verantwortlich?
  - Was wird hier abgebildet?
- Wie groß ist der Einsatz von IT und Digitalisierung im jetzigen Produktionsumfeld?
  - **Wo geht aus Ihrer Sicht der Weg hin**?
    - Was ist die Zukunft hier?

- Welche Trends sehen Sie für sich als relevant an?
- Wer ist bei Ihnen für die **Geschäftsprozesse** (Einzelprozesse) **verantwortlich**?

## **Datenerfassung**

### **Allgemein**

- Welche **Daten** Ihrer Produkte werden **bereits** jetzt im Produktionsvorgang **erfasst**?
  - o Welche **zusätzlichen Daten** würden Sie sich wünschen?
  - o Woran hängt aktuell die **Einführung / Anpassung** zur **Erfassung**?
  - o Gibt es für **Projekte**, beispielsweise die Einführung einer zusätzlichen Erfassung, auch einen (kontrollierten) **Prozess**?

### **BDE/MDE**

- Setzen Sie eine **BDE** und/oder **MDE** ein?
  - o Welche **Daten erfassen** diese?
  - o Wofür werden diese **Daten verwendet**?

### **Kalkulation**

- **Wie werden Produkte** bei Ihnen **kalkuliert**? (Deckungsbeitrag, Kosten, Preis, ...)
- **Wer** kalkuliert?
  - o Mehrteiliger Prozess? Mehrere Personen beteiligt?
  - o Aufwandsschätzung vs. Verwendung bekannter Produktionsdaten
    - Wie liegen die *bekanntes Daten* vor? (Excel, Gedächtnis, ...)
- **Womit** wird kalkuliert? Excel, mit dem ERP-System, Zettel und Stift =)

### **Controlling**

- Wie wird **Controlling in Ihrem Unternehmen** gelebt?
- Wird die **Kalkulation überprüft**, bzw. angepasst? (Operatives Controlling)
  - o Soll / Ist Vergleich?
- Auf **welche Informationen / Daten** wird **im Controlling** im Speziellen und in der **Kalkulation** im Allgemeinen zurückgegriffen?
  - o Medien / Quelle

### **IT**

- Welche **IT Systeme** werden bei Ihnen entlang der **Wertschöpfungskette** eingesetzt und wozu?
  - o Welche **Daten** erhalten/verarbeiten/speichern diese?
  - o **Wer** benutzt diese?
- Werden **IT Systeme** zur Steuerung und Überwachung von **Prozessen** eingesetzt?
  - o Wenn Ja welche und wie?
  - o Wenn Nein warum nicht?

**Anhang B - Datenträger (CD-ROM) mit folgenden Inhalten**

- Transkription der Interviews
- Codingtabellen der Interviewanalyse, sortiert nach Thematik
- Audiodateien der Interviews

## Literaturverzeichnis

4.0, P. I. (2015). Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0.

Aalst, W. Van der. (2011). *Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes*. 2011. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. Retrieved from

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Process+Mining+:+Discovery,+Conformance+and+Enhancement+of+Business+Processes.#2>

Acatech.de. (2015). Deutsche Akademie der Technikwissenschaft. Retrieved September 13, 2015, from <http://www.acatech.de/?id=1819>

Accorsi, R., Ullrich, M., & van der Aalst, W. M. P. (2012). Process Mining. *Informatik-Spektrum*, 35(5), 354–359. <http://doi.org/10.1007/s00287-012-0641-4>

Anderl, R., Picard, A., & Albrecht, K. (2013). Smart Engineering for Smart Products. In *Smart Product Engineering: Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, Germany, March 11th - 13th, 2013* (p. 1011). Springer Science & Business Media.

Andersch AG, & RWTH, A. (2015). Paradigmenwechsel im deutschen Maschinen- und Anlagenbau – Analyse der Herausforderungen und Chancen unter Verwendung eines innovativen, Big-Data-gestützten Ansatzes.

APPsist.de. (2016). APPsist.de. Retrieved February 14, 2016, from <http://www.appsist.de/>

Automatisierungstechnik, V.-G. M. (2015). Statusreport Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0).

Badke-Schaub, P., Hofinger, G., & Lauche, K. (2008). *Human Factors Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen*. (K. Lauche, Ed.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Bauernhansel, T., ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

BDI. (2013). *Cloud Computing Wertschöpfung in der digitalen Transformation*. (I.-F. GmbH, Ed.). Berlin: Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI).

Retrieved from [http://bdi.eu/media/presse/publikationen/information-und-telekommunikation/Cloud\\_Computing.pdf](http://bdi.eu/media/presse/publikationen/information-und-telekommunikation/Cloud_Computing.pdf)

Berner, M., Augustine, J., & Maedche, A. (2015). The Impact of Process Visibility on Process Performance : A Multiple Case Study of Operations Control Centers in ITSM. *Business & Information Systems Engineering*, 1–22.

<http://doi.org/10.1007/s12599-015-0414-0>

Bettenhausen, K., & Kowalewski, S. (2013). Cyber-Physical Systems : Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation, (April), 1 – 12.

bitkom. (2015). Großes Einsparpotenzial durch Industrie 4.0. Retrieved November 17, 2015, from <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Grosses-Einsparpotenzial-durch-Industrie-40.html>

BMBF. (2013). Zukunftsbild „Industrie 4.0“, 36.

BMBF. (2015a). Industrie 4.0 kommt auf den Hallenboden. Retrieved January 13, 2016, from <https://www.bmbf.de/de/industrie-4-0-kommt-auf-den-hallenboden-1016.html>

BMBF. (2015b). Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Forschung - BMBF. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.bmbf.de/de/9072.php>

BMDf.de. (2015). Plattform Industrie 4.0. Retrieved September 15, 2015, from [http://www.bmbf.de/pubRD/Plattform\\_Industrie\\_4.0.PDF](http://www.bmbf.de/pubRD/Plattform_Industrie_4.0.PDF)

BMWi. (2015a). *Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand*. Retrieved from <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/erschliessen-der-potenziale-der-anwendung-von-industrie-4-0-im-mittelstand,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

BMWi. (2015b). Industrie 4.0 Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0.

BMWi, & BMBF. (2015). Plattform Industrie 4.0. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>

Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012). Fog Computing and Its Role in

- the Internet of Things. *Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing*, 13–16. <http://doi.org/10.1145/2342509.2342513>
- Bosch Software Innovations. (2015). Retrieved January 14, 2015, from <https://www.bosch-si.com/de/services/methodik-und-architektur/agile-bpm-projektmethodik/agile-bpm-projektmethodik.html>
- Botthorf, A., & Hartmann, E. A. (2015). *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). Springer Verlag. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Brandewinder, M. (2015). *Machine Learning Projects for .NET Developers*. Apress.
- Broy, M. (2011). CYBER-PHYSICAL SYSTEMS – WISSENSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN BEI DER ENTWICKLUNG. In Acatech (Ed.), *Cyber-Physical Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion* (pp. 17–31). Heidelberg u.a.: Springer Verlag.
- Bundesregierung. (2015). DIGITALISIERUNG IN DER PRODUKTION Auftakt der Plattform Industrie 4.0. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.digitale-agenda.de/Content/DE/Pressemitteilungen/BMWI/2015/4/2015-04-14-gemeinsame-plattform-industrie-40-startet.html>
- Computerwoche.de. (2014). Status Quo in Deutschland: Wie Unternehmen mit Industrie 4.0 umgehen. Retrieved November 17, 2015, from <http://www.computerwoche.de/a/wie-unternehmen-mit-industrie-4-0-umgehen,3068758>
- Deuse, J., Weisner, K., Hengstebeck, A., & Busch, F. (2014). Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. *Zukunft Der Arbeit in Industrie 4.0, Mai*, 43–49. Retrieved from <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/zukunft-der-arbeit-in-industrie-4-0,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- DigitalManufacturing. (2015). Industrie 4.0: MES ermöglicht Dezentralisierung. *DigitalManufacturing, 1*. Retrieved from [http://www.digital-manufacturing-magazin.de/sites/default/files/magazine-pdf/dm\\_2015-01\\_archiv.pdf](http://www.digital-manufacturing-magazin.de/sites/default/files/magazine-pdf/dm_2015-01_archiv.pdf)
- Drawehn, J., Kochanowski, M., & Kötter, F. (2014). *BUSINESS PROCESS MANAGEMENT TOOLS 2014 Marktüberblick*. Stuttgart.

- Elzinga, D. J., Horak, T., & Bruner, C. (1995). Business process management: survey and methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42(2), 119–128. <http://doi.org/10.1109/17.387274>
- Emmrich, V., Döbele, M., Bauernhansl, T., Paulus-Rohmer, D., Schatz, A., & Weskamp, M. (2015). Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0 Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau.
- Faerber, M. (2010). *Prozessorientiertes Qualitätsmanagement: Ein Konzept Zur Implementierung*. Springer-Verlag.
- Fließ, S. (2006). *Prozessorganisation in Dienstleistungsunternehmen*. W. Kohlhammer Verlag.
- FraunhoferAustria. (2015). Industrie 4.0. Retrieved September 13, 2015, from [http://www.fraunhofer.at/de/pl/leistungsspektrum/industrie\\_4\\_0/konzept\\_industrie\\_4\\_0.html](http://www.fraunhofer.at/de/pl/leistungsspektrum/industrie_4_0/konzept_industrie_4_0.html)
- FraunhoferIAO. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0*. Fraunhofer IAO. Retrieved from [http://www.dkp-niedersachsen.de/produktion/medien/archiv/20131109wesem/Fraunhofer-IAO-Studie\\_Produktionsarbeit\\_der\\_Zukunft-Industrie\\_4.0.pdf](http://www.dkp-niedersachsen.de/produktion/medien/archiv/20131109wesem/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4.0.pdf)
- FraunhoferIPK. (2016). Fraunhofer Prozessmanagement - JUMP 4.0. Retrieved January 13, 2016, from <http://www.fraunhofer-prozessmanagement.de/aktuelles-aus-der-forschung/jump-40/>
- Gillhuber, A. (2014). elektroniknet.de. Retrieved September 15, 2015, from <http://www.elektroniknet.de/automation/steuerungstechnik/artikel/110514/>
- Golem.de. (2015). Industrie 4.0: Die Angst des Mittelstands vor der Digitalisierung. Retrieved from <http://www.golem.de/news/industrie-4-0-die-angst-des-mittelstands-vor-der-digitalisierung-1505-114018.html>
- Grob, H. L., Bensberg, F., & Coners, A. (2008). Regelbasierte Steuerung von Geschäftsprozessen – Konzeption eines Ansatzes auf Basis von Process Mining. *Wirtschaftsinformatik*, 50, 268–281. <http://doi.org/10.1365/s11576-008-0060-y>
- GTI.de. (2015). PROCON-WEB: Maschine und HMI in der Industrie 4.0. Retrieved December 22, 2015, from <http://www.gti.de/procon-web/industrie-4-0/>

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.  
<http://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Handelsblatt. (2015). Industrie 4.0 hält Einzug: Maschinen, spricht miteinander! Retrieved May 26, 2015, from <http://www.handelsblatt.com/technik/vernetzt/industrie-4-0-haelt-einzug-maschinen-spricht-miteinander/10848182.html>
- Hirsch-Kreinsen, H., & Weyer, J. (2014). Wandel von Produktionsarbeit–„Industrie 4.0“. *Wiso.Tu-Dortmund.De*, (38). Retrieved from [http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz\\_arbeitspapiere/Arbeitspapier\\_Industrie\\_4\\_0.pdf](http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/Arbeitspapier_Industrie_4_0.pdf)
- Hopf, C., Rieker, P., Sanden-Marcus, M., & Schmidt, C. (1995). Familie und Rechtsextremismus. Familiäre Sozialisation und rechtsextreme Orientierungen junger Männer. In *Hopf, Chr./Rieker, P./Sanden-Marcus, M./Schmidt, Chr.: Familie und Rechtsextremismus. Familiäre Sozialisation und rechtsextreme Orientierungen junger Männer. Weinheim/München. Weinheim/München: Psychologie-Verlags-Union.*
- [Http://www.manager-magazin.de](http://www.manager-magazin.de). (2015). Mittelstand: Mittelstand verschläft digitale Revolution - Bosch, Siemens und SAP preschen vor - manager magazin. Retrieved November 17, 2015, from <http://www.manager-magazin.de/magazin/artikel/digitale-revolution-industrie-4-0-ueberfordert-deutschen-mittelstand-a-1015724-4.html>
- IHK-Arnsberg. (2015). Industrie 4.0 im Mittelstand. *Wirtschaft Magazin Der IHK Arnsberg*, 9, 30.
- Industrie 4.0 Hightech-Strategie der Bundesregierung. (n.d.). Retrieved from <http://www.hightech-strategie.de/de/Industrie-4-0-59.php>
- Jasperneite, J. P. D.-I. (2012). Alter Wein in neuen Schläuchen. *Computer & Automation*, 12, 24–28. <http://doi.org/10.1024//1010-0652.13.3.117>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Hebig, J. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0.*

- Kamal, R. (2008). *Embedded Systems 2E*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Kaufmann, T. (2015). *Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge: Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, D. R., & Schrauf, S. (2014). Industrie 4.0 Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Retrieved from <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>
- Kuckartz, U. (2010). Sozialwissenschaftliche Ansätze für die kategorienbasierte Textanalyse. *Einführung in Die Computergestützte Analyse Qualitativer Daten*, 72 – 107. [http://doi.org/10.1007/978-3-531-92126-6\\_4](http://doi.org/10.1007/978-3-531-92126-6_4)
- Maruster, L. (2003). *A machine learning approach to understand business processes*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.100.614&rep=rep1&type=pdf>
- Minonne, C., Colicchio, C., Litzke, M., & Keller, T. (2011). *Business-Process-Management 2011 - Status quo und Zukunft: eine empirische Studie im deutschsprachigen Europa*. vdf Hochschulverlag AG.
- MPDV.com/MES4.0. (2015). Zukunftskonzept MES 4.0 von MPDV - Die MES-Experten! Retrieved December 22, 2015, from <http://www.mpdv.com/de/produkte-loesungen/zukunftskonzept-mes-40>
- MPDV.com/MESCockpit. (2015). Kennzahlensystem MES-Cockpit von MPDV - Die MES-Experten! Retrieved December 22, 2015, from <http://www.mpdv.com/de/produkte-loesungen/mes-cockpit>
- PWC. (2014). Industrie 4.0 Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Retrieved September 15, 2015, from <https://www.pwc-wissen.de/pwc/de/shop/publikationen/Industrie+40+Chancen+und+Herausforderungen/?card=12820>
- Recker, J., & Mendling, J. (2015). The State of the Art of Business Process Management Research as Published in the BPM Conference. *Business & Information Systems Engineering*, 1–18. <http://doi.org/10.1007/s12599-015-0411-3>
- Sauter, R., Bode, M., & Kittelberger, D. (2015). „Wie Industrie 4.0 die Steuerung der

*Wertschöpfung verändert* “. Stuttgart.

Scheer. (2014). Industrie 4.0 Die industrielle Revolution beginnt in den Prozessen.  
<http://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9>

Scheer, A. W. (2015). Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung.  
*Whitepaper*, 5. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Senderek, R., & Geisler, K. (2015). Assistenzsysteme zur lernunterstützung in der Industrie 4.0. In *Proceedings of DeLFI Workshops 2015 co-located with 13th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2015)* (pp. 36–46). München. Retrieved from <http://ceur-ws.org/Vol-1443/paper14.pdf>

Sendler, U., Baum, G., Borcharding, H., Bory, M., Eigner, M., Huber, A. S., ... Stümpfle, M. (2013). *Industrie 4.0 Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. (U. Sendler, Ed.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=59loBAAQBAJ&pgis=1>

Suh, S. (2012). *Practical Applications of Data Mining*. Jones & Bartlett Learning.

Terzidis, O., Oberle, D., & Kadner, K. (2012). The Internet of Services and USDL. *Handbook of Service Description: USDL and Its Methods*, 1–16.  
[http://doi.org/10.1007/978-1-4614-1864-1\\_1](http://doi.org/10.1007/978-1-4614-1864-1_1)

Thaler, T., Fettke, P., & Loos, P. (2013). Process Mining – Fallstudie leginda.de. *HMD Praxis Der Wirtschaftsinformatik*, 50(5), 56–65.

van der Aalst, W. M. P. (2013). Business Process Management : A Comprehensive Survey. *ISRN Software Engineering, 2013*, 1–37.  
<http://doi.org/http://dxdoi.org/10.1155/2013/507984>

VDI/VDE-Gesellschaft. (2014). Industrie 4.0 Wertschöpfungsketten. *Statusreport*, (April).

VDI-Nachrichten. (2015). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>

vom Brocke, J., & Rosemann, M. (2015a). *Handbook on Business Process Management 1* (2nd Editio). Heidelberg New York Dordrecht London: Springer.  
<http://doi.org/10.1007/978-3-642-00416-2>

- vom Brocke, J., & Rosemann, M. (2015b). *Handbook on Business Process Management 2*. (J. vom Brocke & M. Rosemann, Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-45103-4>
- Welt.de. (2015). Mittelstand fürchtet sich vor Industrie 4.0. Retrieved November 17, 2015, from <http://www.welt.de/wirtschaft/article139561808/Die-Angst-der-Firmen-vor-der-vernetzten-Fabrik.html>
- Wende, J., & Kiradjiev, P. (2014). Eine Implementierung von Losgröße 1 nach Industrie 4.0-Prinzipien. *Elektrotechnik & Informationstechnik*, 131(7), 202–206. <http://doi.org/10.1007/s00502-014-0222-0>
- WirtschaftsWoche. (2015). Industrie 4.0: Die intelligente Fabrik. Retrieved September 13, 2015, from <http://www.wiwo.de/technologie/cebit-spezial/industrie-4-0-die-intelligente-fabrik/9594706-2.html>
- Wolff, I., & Schulze, S. (2000). INDUSTRIE 4.0 CYBER PHYSICAL SYSTEMS IN DER PRODUKTION. *NRW Auf Dem Weg Zum Digitalen Industrieland*.
- Zairi, M. (1997). Business process management : a boundaryless approach to modern, 3(1), 64–80.