



Digitaler Wandel im Qualitätsmanagement

Unterstützung für QM/QS durch die Integration von
IIoT-Systemen

Zur Erlangung des akademischen Grades eines Bachelor of Arts
(B.A.)

vorgelegt von: Jannis Fischer

Hochschule Merseburg

Fachbereich Wirtschaftswissenschaften

Sommersemester 2019

Erster Prüfer: Prof. Dr. Andre Döring

Zweiter Prüfer: Alexandra Fiedler

Abgabedatum: 04.11.2019

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Problemdefinition	1
1.2 Zielsetzung.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit	2
2 Methodische Vorgehensweise	3
2.1 Forschungsleitende Fragen.....	3
2.2 Forschungsdesign	4
2.2.1 Literaturrecherche.....	4
2.2.2 Dokumentenanalyse	5
2.2.3 Experteninterview	6
2.2.4 Messebesuch.....	7
2.2.5 SWOT-Analyse	7
3 Theoretische Vorgehensweise	9
3.1 Historische Entwicklung	9
3.2 Industrie 4.0 Die vierte industrielle (R)Evolution?.....	10
3.3 Intelligente Softwarelösungen im digitalen Zeitalter	11
3.3.1 MES – Der digitale Treiber für Qualität 4.0	12
3.3.2 CAQ als modularer Baustein	15
3.3.3 Predictive Maintenance – Vorausschauende Instandhaltung	16
3.4 Das Internet der Dinge (IoT).....	17
3.4.1 Cloud Computing	19
3.4.2 Cyber-physische Systeme (CPS)	20
3.4.3 Offene Plattformlösungen im IoT	21
3.5 Big Data – Daten als Rohstoff im digitalen Zeitalter	25
3.5.1 Klassifizierungen.....	25
3.5.2 Generierung von Big Data an einem Beispiel	27
3.6 Das Zusammenspiel von Mensch und Maschine in der IoT	30
3.6.1 Der Mensch im ständigen Lernprozess	30
3.6.2 Die Interaktion digitaler Systeme in der Fertigung	31
4 Empirische Vorgehensweise	33

Inhaltsverzeichnis

4.1	Darstellung des Untersuchungsgegenstandes	33
4.2	Vorstellung und Einordnung der Experten.....	33
4.3	Auswertung und Einordnung der Erkenntnisse	34
4.3.1	Erfassung qualitätsbezogener Kennzahlen ohne I 4.0.....	34
4.3.2	Aktueller digitaler Reifegrad.....	35
4.3.3	Neue Aufgabenfelder.....	36
4.3.4	Datenschutz/Datensicherheit.....	37
4.3.5	Risiken in der Vernetzung und Bewertung der „VW Cloud“	38
4.3.6	Potentiale in naher Zukunft.....	39
4.3.7	Kernaussagen.....	40
4.4	Pilotprojekte aus der Fertigung	40
4.4.1	Sensorgestützter Handschuh für Produktionsmitarbeiter.....	40
4.4.2	Digitaler Zwillig in der Fertigung.....	41
4.4.3	Tablet-unterstützte Qualitätssicherung bei Spaltmaßen	41
4.5	SWOT-Analyse	41
4.5.1	Durchführung.....	41
4.5.2	Handlungsempfehlungen.....	43
5	Schluss	45
5.1	Zusammenfassung.....	45
5.2	Ausblick.....	46
	Anlageverzeichnis	47
	Quellenverzeichnis	48
	Anhang	52
	Ehrenwörtliche Erklärung	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die vier Stufen der Industriellen Revolution.....	9
Abbildung 2: Übersicht der Plattform Industrie 4.0	11
Abbildung 3: Einordnung von MES in die Leitebenen eines Unternehmens	12
Abbildung 4: Systemarchitektur ODIN.....	17
Abbildung 5: IoT Gateway Bosch Rexroth.....	18
Abbildung 6: Auflösung der Automatisierungspyramide	22
Abbildung 7: Das weltweite Datenvolumen steigt.....	25
Abbildung 8: Die 4 V's von Big Data	26
Abbildung 9: Bohrmaschine, Kamera, Wärmemesser.....	28
Abbildung 10: Messdaten während und nach einer Bohrung	28
Abbildung 11: Aufnahmen verschiedener Bohrlöcher	29
Abbildung 12: Microcontroller mit angeschlossener Sensorik	30
Abbildung 13: Mensch-Maschine-Interaktion.....	32

Abkürzungsverzeichnis

CAQ	Computer-aided quality
ERP	Enterprise-Resource-Planning
SWOT	Akronym aus Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
IP-Recht	Intellectual Property
CPS	Cyber-physisches System
AWS	Amazon Web Services
WLAN	Wireless Local Area Network
RFID	radio-frequency identification
OCR	optical character recognition
CSAT	Customer-Satisfaction-Wert
MES	Manufacturing Execution System
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
BDE	Betriebsdatenerfassung
MDE	Maschinendatenerfassung
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
CM	Condition monitoring

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Forschungsleitende Fragen, Quelle: eigene Darstellung	3
Tabelle 2: Plattformlösung versus klassisches MES	24
Tabelle 3: SWOT-Matrix	43

1 Einleitung

1.1 Problemdefinition

Seitdem die Bundeskanzlerin auf der Hannover Messe 2011 mit dem Begriff „Industrie 4.0“ die augenscheinliche vierte industrielle Revolution eingeläutet hat, ist die Digitalisierung in aller Munde. Jeder spricht von Begriffen wie „Connectivity“ und fragt sich, wie man „Big Data“ in „Smart Data“ umwandeln kann, um die Prozesse des Unternehmens möglichst effizient und strukturiert zu nutzen. Wie man jedoch sogenannte „IoT“ (deutsch: Internet der Dinge) – Systeme möglichst gezielt in seinem Unternehmen implementiert und welchen genauen Nutzen das jeweilige Unternehmen daraus ziehen kann, weiß noch keiner so richtig. Fakt ist, dass es etliche unterschiedliche Definitionen von Industrie 4.0 auf dem Markt gibt und jedes Unternehmen für seine eigene Philosophie darunter etwas anderes versteht. Das Ziel wird es jetzt über die Jahre sein, all die verschiedenen Verständnisse unter einen großen Nenner zu bringen.

Die produzierenden Unternehmen spüren im heutigen Zeitalter den Wettbewerbs- und Kostendruck immer stärker. Heute muss die Produktion nicht nur extrem schnell, sondern auch flexibel sein. Da Produktlebenszyklen heutzutage immer kürzer werden, müssen die innerbetrieblichen Abläufe und Prozesse an die kommenden Anforderungen angepasst werden.

Gerade im Segment der Qualitätssicherung sowie des Qualitätsmanagements sehen Experten in der Vernetzung von Anlagen in der Produktion mittels IIoT-Systemen einen großen Nutzen. Unklar hierbei ist jedoch noch, welche Rolle der Mitarbeiter hier spielen wird und inwieweit die Produktion selbstständig Fehler erkennt und vorbeugt, sodass die von der Führungsebene angestrebte „Null-Fehler-Politik“ weiter optimiert werden kann.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist eine Analyse des derzeitigen Standes der Technik und des Grades der Digitalisierung in Bezug auf Vernetzung von Anlagen und Produktionssystemen untereinander. Im Fokus stehen hierbei Unternehmen mit komplexen Fertigungsabläufen und Prozessen, die von einer Vernetzung der Produktionsmaschinen zur besseren Überwachung und Auswertung im Sinne des Qualitätsmanagements/ der Qualitätssicherung mittels Integration von IIoT-Systemen stark profitieren werden. Hierzu werden im theoretischen Teil der Arbeit die technologischen Aspekte, welche zur Vernetzung der Anlagen gegeben sein müssen, systematisch erklärt und anschließend die Softwareplattform, welche zur Auswertung der durch die Vernetzung erhobenen Produktions- und Prozessdaten benötigt wird,

dargestellt und deren Funktionsweise und vor allem Bedeutung für das Qualitätsmanagement erläutert. Des Weiteren wird auf Grundlage von Experteninterviews, welche im Laufe der Arbeit mit verschiedenen Experten unterschiedlicher Branchen geführt wurden, eine fachliche und vor allem praktische Einschätzung hinsichtlich der Realisierbarkeit in den jeweiligen Unternehmen (KMU sowie Großunternehmen) gegeben und mithilfe einer SWOT-Analyse Handlungsempfehlungen für die nächsten Jahre ausgesprochen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in folgende fünf größere Kapitel untergliedert.

Im ersten Kapitel wird zunächst die Problemstellung definiert und im Anschluss das Ziel der Arbeit aufgezeigt.

Im zweiten Kapitel werden die in der Arbeit verwendeten Forschungsmethoden zur Informations- und Datengewinnung detailliert aufgeführt und erklärt. Insgesamt kamen vier verschiedene methodische Vorgehensweisen zum Einsatz. Zudem werden die forschungsleitenden Fragen, welche den Inhalt der Arbeit nochmals verdeutlichen, tabellarisch dargestellt.

Um das Themengebiet IoT (Internet of Things) besser verstehen zu können, wird im dritten Kapitel der Arbeit zunächst die historische Entwicklung hin zur vierten industriellen (R)Evolution (Industrie 4.0) aufgezeigt, welche thematisch das hier zu untersuchende Thema beinhaltet. Weiter werden die technologischen Voraussetzungen, welche zum einen für die Vernetzung der Produktionsanlagen und zum anderen zur Integration passender IoT-Plattformen geschaffen sein müssen, nach Software und Hardware unterteilt sowie exemplarisch aufgezeigt. Anschließend werden beispielhaft die renomiertesten Anbieter solcher Plattformen aufgeführt.

Im vierten Kapitel der vorliegenden Arbeit wird das Thema dann praktisch auf Unternehmen verschiedener Branchen angewendet. Hierzu werden zunächst die im Verlauf der Untersuchung durchgeführten Experteninterviews ausgewertet und deren Inhalt zum besseren Verständnis thematisch in Blöcke unterteilt. Somit wird dadurch ein Einblick in Bezug auf die jeweiligen Digitalisierungsstufen der Unternehmen gewonnen um im Anschluss basierend auf einer SWOT-Analyse den aktuellen technischen Stand festzuhalten und somit Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Realisierbarkeit in Bezug auf den Kosten-/Nutzenfaktor aufzuzeigen und ggf. noch „versteckte Potentiale“ zu erkennen.

Im fünften und letzten Kapitel werden die relevanten Erkenntnisse aus den vorherigen Abschnitten nochmals zusammengefasst. Neben einem Fazit wird zudem Raum für eine Diskussion zum Thema gelassen. Final wird ein Ausblick für die kommenden Jahre aufgezeigt.

2 Methodische Vorgehensweise

2.1 Forschungsleitende Fragen

In der vorliegenden Tabelle 1 sind die forschungsleitenden Fragen der Untersuchung hinsichtlich ihrer Methodik aufgelistet und es soll kenntlich gemacht werden, in welchem Kapitel der Arbeit diese beantwortet werden.

Nr.	Forschungsleitende Frage	Methodik	Kapitel
1	Was ist eine Literaturrecherche?	Literaturrecherche	2.2.1
2	Was ist eine Dokumentenanalyse?	Literaturrecherche	2.2.2
3	Was ist ein Experteninterview?	Literaturrecherche	2.2.3
4	Was ist eine SWOT-Analyse?	Literaturrecherche	2.2.5
5	Wie definiert sich IoT/IIoT?	Literaturrecherche/Dokumentenanalyse	3.4
6	Was ist Industrie 4.0?	Literaturrecherche/ Dokumentenanalyse	3.1 / 3.2
7	Welche Systeme interagieren untereinander?	Dokumentenanalyse/ Befragung	3.3 / 3.4
8	Wie definiert sich Big Data?	Literaturrecherche	3.5
9	Wie weit ist die Digitalisierung bereits fortgeschritten?	Dokumentenanalyse/ Befragung	3.4 / 3.6 / 4.3 / 4.4
10	Wo liegen die größten Potentiale im Bereich IoT?	Dokumentenanalyse/ Befragung	4.3.6 / 5.1
11	Welche Hürden gilt es zu überwinden?	Befragung	4.3.2 / 4.3.4 / 4.3.5
12	Für welche Unternehmen ist die Umsetzung von IoT sinnvoll?	Dokumentenanalyse/Befragung	4.5 / 5.1
13	Welche Plattformen gibt es am Markt?	Dokumentenanalyse	3.4.3

Tabelle 1: Forschungsleitende Fragen, Quelle: eigene Darstellung

2.2 Forschungsdesign

Einleitend wird unter den Methoden der empirischen Sozialforschung „die geregelte und nachvollziehbare Anwendung von Erfassungsinstrumenten“¹ verstanden. Hierbei werden diese in zwei Kategorien unterteilt: Primär- sowie Sekundäranalysen. Letztere besteht aus Literaturanalysen bzw. Recherchen, Dokumentenanalysen, Sekundärdaten- sowie Rechtsquellenanalyse.²

Unter Primäranalysen versteht man die erstmalige Auswertung selbst erhobener Daten. Dies hat den großen Vorteil, dass die Details des selbst gewählten Forschungsdesigns, die Art der Stichprobe sowie die Datenerhebungsmethoden selbst festgelegt und somit exakt auf das zu untersuchende Forschungsproblem zugeschnitten werden kann. Dem entgegen steht die Sekundäranalyse. Hierbei greift man auf schon vorhandene Datensätze zurück und analysiert diese nochmals mit verbesserten, auf seine Forschungsfragen zugeschnittenen Auswertungsmethoden. Das Forschungsdesign unterscheidet sich bei der Auswahl in Aspekten wie dem Ziel (allgemeine oder strategische Erkenntnis), dem Bereich (umfassend oder spezifisch), der Methode (einzeln oder kombiniert) sowie der zeitlichen Dimension (Langzeit oder punktuelle Forschung)³. Im Anschluss werden die Analyseinstrumente bzw. Forschungsmethoden genauer dargestellt, welche bei der Beantwortung der hier vorliegenden Forschungsfragen von Bedeutung sind.

2.2.1 Literaturrecherche

Das Literaturverzeichnis einer wissenschaftlichen Arbeit ist das Ergebnis einer zielgerichteten Suche. Ziel hierbei ist es, erste Erkenntnisse über den aktuellen Stand der Forschung auf dem eigenen Forschungsgebiet zu erlangen⁴. Die Literaturrecherche wird in zwei Verfahren unterteilt: Die systematische sowie die pragmatische Recherche. Bei dem systematischen Prinzip wird eine thematische Literaturrecherche durchgeführt. Es wird gezielt in Nachschlagewerken, Katalogen und Bibliografien recherchiert. Das pragmatische Prinzip hingegen bedeutet, dass bei der Literatursuche eine zentrale Quelle und dessen Literaturverzeichnis verwendet wird, um so weitere relevante Quellen zu finden. Welche der beiden Methoden zur Recherche genutzt wird ist themenabhängig, jedoch ist eine Mischung aus beiden oftmals empfehlenswert und zielführend.⁵

¹ Atteslander, P., S.5, (2010)

² Vgl. Bortz, J., Döring, N., S. 370, (2006)

³ ebd

⁴ Vgl. Bortz, J., Döring, N., S.47, (2006)

⁵ Vgl. Theisen, M., S. 59f. (2013)

Zu Beginn der Recherche werden die Suchbegriffe (primär = Oberbegriffe, sekundär = Unterbegriffe, benachbarte Begriffe) festgelegt, welche anschließend durch wissenschaftliche Datenbanken laufen und strukturiert Ergebnisse liefern. Hierbei stehen neben Wissenschaftsverlagen auch spezielle Webseiten von Buchhandlungen sowie Online-Suchmaschinen zur Verfügung. Da sich wissenschaftliche Arbeiten fast ausschließlich auf wissenschaftliche Quellen wie Artikel in Fachzeitschriften sowie Fachbüchern (akademische Primärquellen) stützen, eignet sich hier vor allem die Recherche mittels wissenschaftlicher Literaturdatenbanken. Ergänzend können Quellen wie Presseartikel sowie Websites von Unternehmen hinzugezogen werden.⁶

Bezugnehmend auf die hier vorliegende Bachelorthesis werden mithilfe von Literaturrecherchen Informationen zu den Themengebieten Industrie 4.0/ IIoT, Digitalisierung sowie Big Data gewonnen und strukturiert dargestellt.

2.2.2 Dokumentenanalyse

Im Gegensatz zur im Kap. 2.2.1 beschriebenen Literaturrecherche beinhaltet die Dokumentenanalyse eher Quellen bzw. Dokumente, welche nicht vorrangig für den zu untersuchenden Forschungsfall erstellt worden sind. Dies wird nun durch eben beschriebene Analyse der Dokumente für den neu zu untersuchenden Sachverhalt genutzt.⁷ Hierbei liegt das Datenmaterial schriftlich oder in elektronischer Form (bspw. Onlineartikel, Präsentationen, Statistiken) vor. Nachdem das Rohmaterial gesammelt, archiviert sowie aufbereitet wurde, folgt schlussendlich die Auswertung nach inhaltlichen und formalen Merkmalen. Diese sind natürlich, analog der Literaturrecherche, abhängig vom Untersuchungszweck.⁸

Nachfolgend wird die Dokumentenanalyse unter anderem dafür verwendet, um den aktuellen technischen Stand der Vernetzung der Produktion mittels IoT-Systemen herauszuarbeiten. Des Weiteren wird ein allgemeiner Überblick über die technische Umsetzung und den dazugehörigen Hardwarekomponenten gegeben. Daraus lassen sich im Anschluss Rückschlüsse auf die kommenden Veränderungen aber auch Potentiale für das Qualitätsmanagement ziehen.

Hierfür werden zum einen Fachvorträge und Webinare (aufgezeichnet sowie vor Ort) verschiedener Experten zu Rate gezogen sowie relevante Webseiten und Pressemitteilungen diverser Produktionsunternehmen (KMU sowie Großunternehmen) analysiert, um gezielt möglichst aktuelle Informationen zu laufenden Entwicklungen miteinzubeziehen.

⁶ Vgl. Bortz, J., Döring, N., S.159 (2016)

⁷ Vgl. Pardo-Escher, O., S. 49f. (1997)

⁸ Vgl. Bortz, J., Döring, N., S.537 (2016)

2.2.3 Experteninterview

Man unterscheidet in der Fachliteratur unter einer Vielzahl von verschiedenen Interviews. Grundsätzlich lässt sich jedoch sagen, dass jedes in der Methodik angewandte Interview ein wissenschaftliches ist. Hieraus erschließen sich einige Vorteile. Beispielsweise hat jede teilnehmende Person eine klare Rollenverteilung. Zudem kann die persönliche Meinung und Überzeugung des Befragten bei dieser Art von Datenerhebung leichter gewonnen werden.

Eine weit verbreitete Definition wissenschaftlicher Interviews findet sich bei Bortz und Döring und besagt „...die zielgerichtete, systematische und regelgeleitete Generierung und Erfassung von verbalen Äußerungen einer oder mehrerer Befragungspersonen zu ausgewählten Aspekten ihres Wissens, Erlebens und Verhaltens in mündlicher Form.“⁹

Allgemein werden wissenschaftliche Interviews nach folgenden drei Kriterien klassifiziert:

- Dem Grad der Strukturierung (qualitativ versus quantitativ)
- Der Anzahl gleichzeitig befragter Personen (Einzel- oder Gruppeninterview)
- Der Art des Interviewkontaktes (persönlich, telefonisch oder online)¹⁰

Hierbei erstreckt sich der Grad der Strukturierung von wenig- über teil- bis hinzu stark strukturiertem Interview. Gänzlich unstrukturierte Interviews existieren nicht, da es keine soziale Situation ohne Struktur gibt.

Ersteres hat den Vorteil, dass der Forscher o. Befragende einen großen Handlungsfreiraum zur Verfügung hat, da kein Fragebogen in jeglicher Form vorliegt. Somit kann jede Frage individuell angepasst werden.¹¹

Das teilstrukturierte Interview hingegen, welches in der vorliegenden Arbeit Anwendung findet, unterscheidet sich in dem Freiheitsgrad. Als Vorbereitung auf die Interviews wurden Leitfragen ausgearbeitet (siehe Anhang) („Leidfaden-Interview“) welche im Laufe der Befragung abgearbeitet werden und somit grob den Ablauf vorgeben. Da der Fragenkatalog jedoch keine festgelegten Antworten vorgibt, werden fast ausschließlich offene anstelle von geschlossenen Fragen gestellt. Dies trägt dazu bei, dass die Experten in ihren eigenen Worten den Gesprächsverlauf aktiv mitgestalten.¹²

⁹ Bortz, J., Döring, N., S.356 (2016)

¹⁰ Vgl. Bortz, J., Döring, N., S. 356 (2016)

¹¹ Vgl. Atteslander, P., S. 133f. (2010)

¹² Vgl. Atteslander, P., S. 146 (2010)

Auf dieser Basis können eine oder mehrere Personen (Laien oder auch Experten) persönlich, telefonisch oder online zu einem vorher gewählten Thema befragt werden.

Diese Art von Interview grenzt sich lediglich in einem Punkt von anderen teilstrukturierten Interviews ab. Durch die bewusst gewählte Auswahl fachspezifischer Experten gewinnt der Forschende hochwertiges Praxis- Handlungs- sowie Fachwissen.¹³

Für die hier vorliegende Untersuchung wurden Experten unterschiedlicher Unternehmensgröße und Branche gezielt identifiziert und zu einem Gespräch eingeladen. Die Befragungen fanden teils telefonisch und teils online per Emailverkehr statt. Von Leitfragen wurde, wie bereits erwähnt, gelegentlich abgewichen, um Gegenfragen zu stellen oder eine bestimmte Thematik genauer zu vertiefen. Durch Aufzeichnung der Gespräche wird sichergestellt, dass Störungen durch Notizen oder Mitschriebe vermieden werden. Im Anschluss an die Gespräche werden die Aussagen zur besseren Auswertung transkribiert. Hierbei wurde auf die Anonymisierung der Experten geachtet.

2.2.4 Messebesuch

Um sich zusätzlich zu den hier aufgeführten Methoden ein allgemeines Bild des aktuellen Stands der Technik hinsichtlich unterstützender Systeme für die Qualitätssicherung zu verschaffen, wurden im Laufe der Bearbeitung dieser Arbeit zwei Tage auf einer der größten Fachmessen für Qualitätssicherung verbracht. Hier wurden zum einen interessante Fachvorträge zu diversen Themen verfolgt und analysiert und zum anderen mit Mitarbeitern verschiedener Messtechnik- und QS/QM-Softwarefirmen in persönlichen Kontakt in Form eines kurzen Gespräches getreten. Somit wurde sich eine allgemeine Stimmung hinsichtlich Vernetzung und Digitalisierung eingefangen, welche weiter als Grundlage für die Bewertung der Problemstellung dienen soll.

2.2.5 SWOT-Analyse

Im Gegensatz zu den vorangegangenen Methoden stellt die Unternehmens- und SWOT-Analyse keine Informationsgewinnung dar, sondern vielmehr eine Verdichtung schon vorhandener Informationen. Diese werden im Anschluss weiter verarbeitet und schlussendlich ausgewertet. Die Abkürzung steht für Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats und bedeutet übersetzt die Stärken und Schwächen (Unternehmensanalyse) sowie die

¹³ Vgl. Bortz, J., Döring, N., S. 372f. (2016)

Methodische Vorgehensweise

Chancen und Risiken (Umwelt o. Marktanalyse) welche sich einem Unternehmen darbieten. Sich hieraus ergebende Wechselwirkungen gilt es zu analysieren und zu nutzen um folgerichtig strategische Schlüsse aus der gegebenen Situation zu ziehen.¹⁴

Ungeklärt ist, ob die Ressourcen oder die Umweltfaktoren einen größeren Einfluss auf den Erfolg des Unternehmens haben. An dieser Stelle gehen die Meinungen in der Fachliteratur auseinander. Letztenendes haben beide Ansätze eine nicht zu vernachlässigende Wirkung auf die Entwicklung des Unternehmens.¹⁵

Im ersten Schritt werden zunächst die Faktoren innerhalb des zu untersuchenden Unternehmens in Bezug auf dessen Stärken und Schwächen betrachtet. Diese werden im zweiten Schritt auf den externen Markt und dessen Chancen und Risiken bezogen. Im Idealfall lassen sich daraus die Aktivitäten auf identifizierte Handlungsbedarfe fokussieren.¹⁶

¹⁴ Vgl. Meffert et al., S. 132f. (2018)

¹⁵ Vgl. Nagel, M., Mieke, C., S. 273f. (2014)

¹⁶ Vgl. Schawel, C., Billing, F., S. 330ff. (2018)

3 Theoretische Vorgehensweise

3.1 Historische Entwicklung

Die Industrie 4.0 ist eine deutsche Wortschöpfung bestehend aus den Begriffen Web 2.0, dem interaktiven Internet sowie der vierten industriellen Revolution.¹⁷ Die vier Schritte bis hin zur „Industrie 4.0“ sind folgend nach ihrer Historie abgebildet und erläutert:

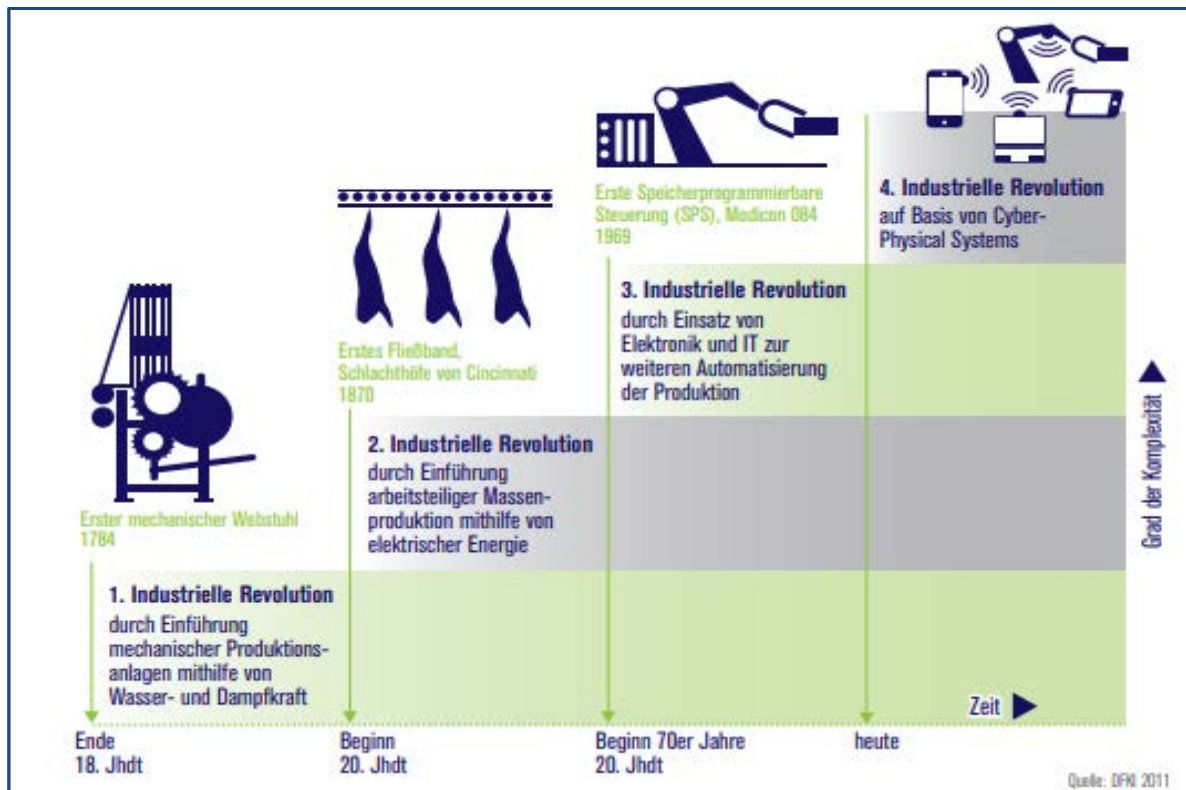


Abbildung 1: Die vier Stufen der Industriellen Revolution

Quelle: acatech (2013), S.17

Ende des 18. Jahrhunderts begann mit der Erfindung der ersten mechanischen Produktionsanlage, hier 1784 der erste mechanische Webstuhl, die **erste industrielle Revolution**. Diese waren anfangs noch auf natürliche Energiequellen wie bspw. Wasser- und Windkraft angewiesen. Mit der Erfindung der Dampfmaschine jedoch konnten später flexiblere Produktionsabläufe erzielt werden.¹⁸

Die zweite Phase der industriellen Revolution, welche um den Anfang des 20. Jahrhunderts beginnt, war von dem „Taylorismus-Gedanken“ und dem von Henry Ford entwickelten

¹⁷ Vgl. Barteveyan, L. (2015), (Aufgerufen am 12.09.2019)

¹⁸ Vgl. Reinhart, G., Zühlke, D. (2017), XXXI

T-Model (Fließbandproduktion) geprägt. Erstmals war es möglich, anteilige Massenproduktion am Fließband mithilfe elektrischer Energie durchzuführen.¹⁹

Die **dritte industrielle Revolution**, auch „digitale Revolution“ genannt, startete Anfang der 1970er Jahre. Durch die Entwicklung der ersten Computer sowie neuer Informations- und Kommunikationstechnik in der Produktion können nun Produktionsprozesse weiter automatisiert und effizienter gestaltet werden. Auch durch das Internet entstanden enorme Produktionssprünge, welche sämtliche Geschäfts- sowie Logistikprozesse neu revolutionierten.²⁰

3.2 Industrie 4.0 Die vierte industrielle (R)Evolution?

Definitiv gesehen bringt „Industrie 4.0“ nun folglich die **vierte industrielle Revolution**. Nach der Mechanisierung, der Automatisierung und der Digitalisierung steht nun die Vernetzung der Produktion über das Internet und der damit verbundenen Verschmelzung der physischen mit der virtuellen Welt im Mittelpunkt. Diese Verschmelzungen werden auch „Cyber-Physikalische Systeme“ (CPS) (vgl. Kapitel 3.4.2) genannt.

Auf der Hannover Messe, der weltweit größten Industrie- und Handelsmesse, wurde der Begriff 2011 erstmals in die Öffentlichkeit getragen. Problematisch ist hierbei jedoch, dass Industrie 4.0 kein fest definierter Begriff, sondern vielmehr ein Sammelsurium vieler technischer Fachbegriffe ist. Somit hat jedes Unternehmen sein eigenes Verständnis von Industrie 4.0. Hierunter fallen Begriffe wie das „Internet der Dinge“ (engl. „Internet of Things“ kurz IoT), „Big Data/Smart Data“, „Smart Factory“ sowie Cloud-Anwendungen²¹.

In der sog. Hightech-Strategie „Innovationen für Deutschland“ der Bundesregierung von September 2014 werden sechs große Zukunftsaufgaben formuliert, wobei an erster Stelle bereits der Punkt „Digitale Wirtschaft und Gesellschaft“ steht. Darunter fallen die zentralen technischen Aktionsfelder Industrie 4.0, Smart Services, Smart Data, Cloud Computing, Digitale Vernetzung, Digitale Wissenschaft, Digitale Bildung sowie Digitale Lebenswelten. Vorbereitet wurde diese Strategie durch den „Arbeitskreis Industrie 4.0“ bestehend aus wichtigen Vertretern der Wirtschaft, Wissenschaft, Forschung sowie der Politik.

Auf Initiative des Digitalverbandes BITKOM, des Metallindustrieverbandes VDM und des Elektronenindustrieverbandes ZVEI wurde 2013 die „Plattform Industrie 4.0“ (siehe Abb. 2) gegründet und ebenfalls auf der Hannover Messe vorgestellt. Gemeinsam mit den Bundes-

¹⁹ Vgl. Becker et al. (2017), S. 8f.

²⁰ Vgl. industrie-wegweiser (o. J.), (Aufgerufen am 20.09.2019)

²¹ Vgl. Lasi et al. (2014), S. 262

ministerien für Wirtschaft und Energie sowie für Bildung und Forschung sollen nun Handlungsempfehlungen und Rahmenbedingungen zur Ausgestaltung von Industrie 4.0 in Deutschland erarbeitet werden.^{22,23}

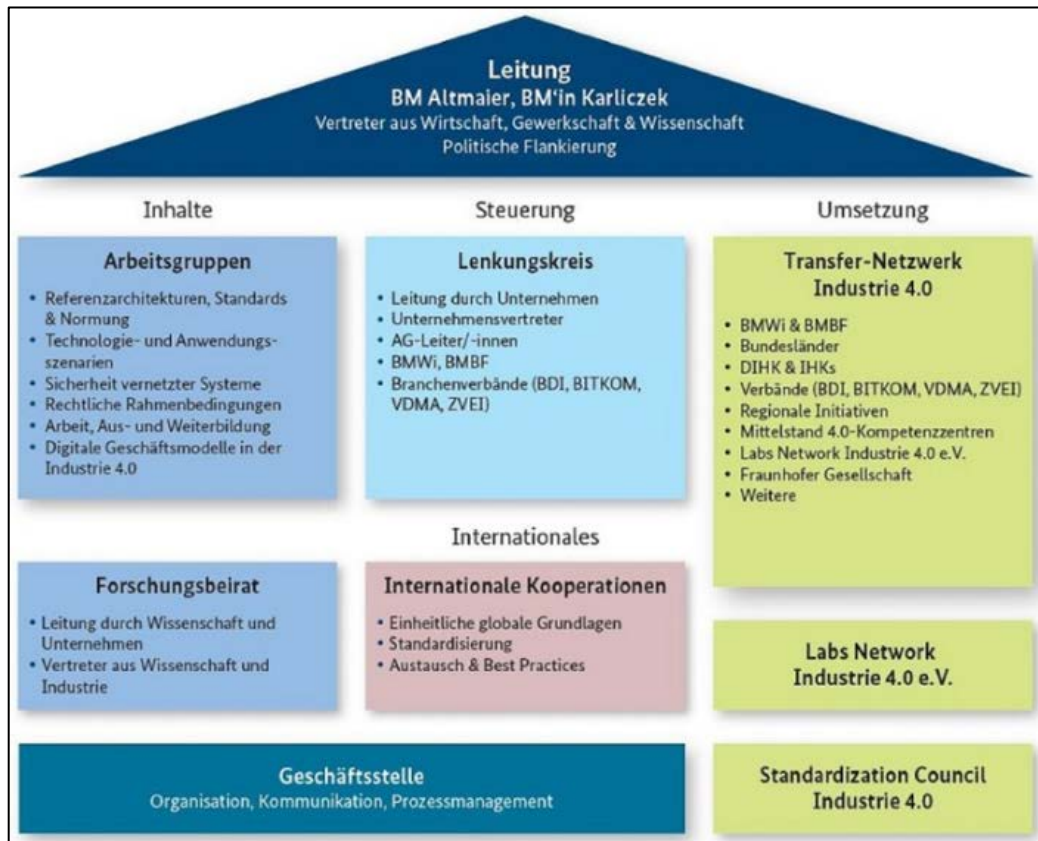


Abbildung 2: Übersicht der Plattform Industrie 4.0

Quelle: bmwi (2018)

3.3 Intelligente Softwarelösungen im digitalen Zeitalter

Die Fokussierung von Softwarelösungen im Zeitalter von I4.0 liegt hauptsächlich auf der Reduzierung der Kosten, genauer der Bestands-, Produktions-, Logistik-, Komplexitäts-, Qualitäts- sowie Instandhaltungskosten. Ebenso soll im modernen Zeitalter die Produktivität und Effizienz gesteigert und die Flexibilität erhöht werden. Dies hat natürlich ebenfalls eine Senkung der Kosten zur Folge.²⁴

²² Vgl. Steinhoff, C. (2016), o. S.

²³ Vgl. platform-i40 (o. J.) (Aufgerufen am 27.09.2019)

²⁴ Vgl. Kiem, R., (2016), S. 7

In den nachfolgenden Kapiteln werden systematisch die wichtigsten Softwarebausteine in ihrer Funktionsweise erklärt.

3.3.1 MES – Der digitale Treiber für Qualität 4.0

Die digitale Transformation, besser gesagt die vierte industrielle Revolution wird künftig viele Unternehmensbereiche verändern. Da sich die vorliegende Arbeit auf die Produktionsebene fokussiert, wird folgend die klassische Systemarchitektur einmal aufgezeigt, um besser verstehen zu können, auf welcher Ebene im Unternehmen das sog. MES-System agiert.

Heutzutage sind die IT-Systemarchitekturen in einer klassischen Automatisierungspyramide dargestellt.

In der Literatur findet man häufig die hier abgebildeten fünf Ebenen.²⁵

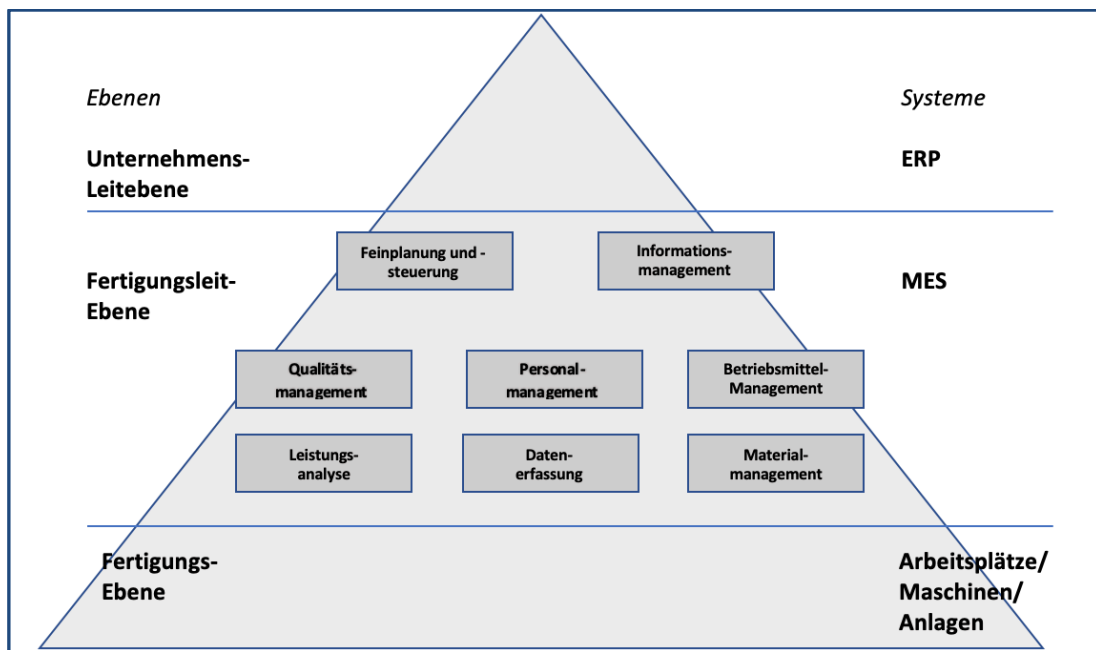


Abbildung 3: Einordnung von MES in die Leitebenen eines Unternehmens

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDI 5600

Die oberste Ebene bildet die **Unternehmensebene**, auf welcher u.a. die Grobplanung der Produktion stattfindet. Dies geschieht meistens in einem **ERP** („Enterprise Resource Planning“) -System. Eines der meist verbreiteten Systeme in fast allen Unternehmen ist hier

²⁵ Vgl. Andelfinger, V., Hänisch, T. (2017), S. 59f.

SAP-ERP. Hierbei werden weitere Unternehmensebenen wie bspw. der Vertrieb bei der Erfassung von Kundenaufträgen während der Materialbestellung unterstützt.

Eine feinere Planung der Produktion findet auf der darunterliegenden **Betriebsleitebene** statt. Hier kommt das in diesem Kapitel beschriebene **MES** (Manufacturing Execution System) zum Einsatz. Die genauere Funktionsweise sowie essenzielle Bedeutung für die Qualität 4.0 wird im Abschnitt auf der nächsten Seite näher betrachtet. Im Allgemeinen lassen sich die Funktionen unter der Steuerung und Kontrolle von Produktionsprozessen zusammenfassen.

Auf der mittleren Ebene, der **Prozessleitebene**, findet die Überwachung sowie Kontrolle der Prozesse mittels **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition)-Systemen. Diese schlagen beispielsweise dann Alarm, sobald die Auswertung der Betriebsdatenerfassung (BDE) bzw. Maschinendatenerfassung (MDE) eine Überschreitung eines bestimmten Schwellenwertes feststellt. In diesem Falle ist der Ursache durch Inspektion, Wartung o. div. Reparaturen nachzugehen.

Die Steuerung der Anlagen und Maschinen erfolgt auf **Steuerungsebene** mittels **SPS** (Speicherprogrammierbare Steuerungen)-Systeme. Diese bestehen aus Hardware-komponenten, welche an die Prozessebene angeschlossen sind, sowie der dazugehörigen Software zur Ausführung programmierter Anwendungen zur Signalverarbeitung auf einem Betriebssystem.

Die unterste Ebene in der Automatisierungspyramide bildet die sog. **Feldebene**. Sie bildet die Schnittstelle zum Produktionsprozess mit **Ein- und Ausgangssignalen**. Genauer befinden sich hier Aktoren und Sensoren zur Datenerfassung sowie Verarbeitung von Maschinen. Somit findet hier letztendlich die Steuerung des **Fertigungs- und Produktionsprozesses** statt.²⁶

Grundlegende Funktionen eines klassischen MES gemäß VDI 5600²⁷²⁸

Eine grundlegende Definition von MES im Allgemeinen gibt es in der Fachliteratur nicht zu finden. Es lassen sich jedoch die Hauptaufgaben eines MES in einem Satz zusammenfassen: „Bei einem MES handelt es sich um ein Fertigungsmanagementsystem, dessen Zweck die Prozessautomatisierung ist“²⁹. Hierbei sind die Bereiche Führung, Lenkung, Steuerung sowie Kontrolle der Produktion abzudecken.³⁰

²⁶ Vgl. Reinhart, G., Niehues, M. (2017), S.137f.

²⁷ Vgl. VDI Richtlinie Blatt 1 (2007)

²⁸ Vgl. Kletti, J., Deisenroh, R. (2019), S. 1ff.

²⁹ Kiem, R. (2016), S.100

³⁰ Vgl. o.V. (o.J.) MES-Matchmaker (Aufgerufen am 20.08.2019)

Feinsteuerung und Feinplanung³¹

Ziel hierbei ist es, den Arbeitsvorrat in Form von Feinplanungstools unter Berücksichtigung der vorliegenden Produktionsrestriktionen gemäß einer vorgegebenen Zielausrichtung zu unterstützen. Beispielsweise werden so Durchlaufzeiten herabgesetzt und die Fertigungskapazitäten effizienter genutzt.

Betriebsmittelmanagement³²

Sicherstellung der termin- und bedarfsgerechten Verfügbarkeit sowie technischen Funktionsfähigkeit aller im Produktionsprozess maßgeblichen Ressourcen.

Materialmanagement

Termin- und bedarfsgerechte Ver- sowie Entsorgung von Materialien für die Fertigung. So soll größtmögliche Transparenz bei der Produktion aber auch Prozesskontrolle geschaffen werden.

Personalmanagement³³

Bereitstellung des Personals mit geeigneter Qualifikation termingerecht zur Produktion. Weiter muss eine grafische Darstellung der aktuellen Planungssituation (personalbezogene Kapazitätsdaten) gewährleistet werden.

Datenerfassung³⁴

Da es hauptsächlich um die Planung und Umsetzung in Echtzeit geht, stellt die Datenerfassung einer der wichtigsten Punkte im MES dar. Hierbei ist neben dem vollautomatischen Datentransfer auch eine halbautomatische oder manuelle Erfassung möglich. Hauptfunktionen in diesem Bereich sind die Eingangsverarbeitung sowie Vorverarbeitung der Daten zur Bereitstellung von Statusinformationen. Vermieden werden die Erfassungsfehler durch eine zwischengeschaltete Plausibilitätsprüfung.

Leistungsanalyse

Hier werden in erster Linie Regelkreise zur Verbesserung im Fertigungsumfeld realisiert. Auf Basis eines Kennzahlensystems können zum einen ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt und zum anderen Zusammenhänge im Produktionsbereich koordiniert werden.

³¹ Vgl. Kiem, R. (2016), S. 123f.

³² Vgl. ebd. S.126f.

³³ Vgl. ebd. S. 128f.

³⁴ Vgl. ebd. S. 131f.

Qualitätsmanagement

Unterstützende Tätigkeiten bei der Sicherstellung der Produkt- sowie Prozessqualität. Teilaufgaben hierbei sind Qualitätsplanung- sowie Prüfung und Prüfmittelmanagement.

Informationsmanagement

Hier werden im Sinne einer papierlosen Fertigung alle MES-Aufgaben zur Durchführung der Workflows während der Abarbeitung des Auftrags sowie der Prozessverbesserung integriert.³⁵

3.3.2 CAQ als modularer Baustein

CAQ bedeutet wörtlich Computerunterstützte Qualitätssicherung und –kontrolle, engl.: Computer Aided Quality Assurance. Die DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.) unterscheidet die Begriffe Funktion, Modul und System im Zusammenhang mit einem CAQ-System. Eine CAQ-Funktion ist dabei eine vom Programm unterstützte QM-Tätigkeit (z. B. während der Entwicklungsphase die Prüfplanerstellung, Erstellung einer FMEA usw.). Weitere Funktionen eines CAQ Systems sind z.B. die Prüfdatenerfassung, SPC (Statistische Prozesskontrolle), Prüfmittelmanagement etc.³⁶

Ein CAQ-Modul ist die Summe der CAQ-Funktionen zu einer Anwendungseinheit, sie bezieht sich meist auf Abteilungen (z. B. Wareneingang, Warenausgang, Produktentwicklung, Produktherstellung).³⁷

CAQ Systeme werden bereits seit über 30 Jahren in Unternehmen zur digitalen Qualitätskontrolle eingesetzt. Zu der Zeit war die IT Landschaft oft geprägt von Insellösungen (Stand Alone). Dank standardisierter Schnittstellen lassen sich heute moderne CAQ Systeme nahtlos in die bestehende IT Struktur eines Unternehmens integrieren. Dies ermöglicht die Nutzung von Cloudtechnologien und Plattformkonzepten, was zur Erhöhung der Qualität beiträgt. Einerseits durch die dadurch gewonnene Transparenz der Daten, andererseits durch deren Nutzung für Preventive und Predictive Maintenance Anwendungen. (vgl. Kapitel 3.3.3)³⁸

³⁵ Vgl. (o.V.) MES-Matchmaker, (Aufgerufen am 22.08.2019)

³⁶ Vgl. Lackes, R. (o. J.), (Aufgerufen am 25.10.2019)

³⁷ Vgl. Pfeifer, T., Schmitt, R. (Hg.), (2014), S. 301-306

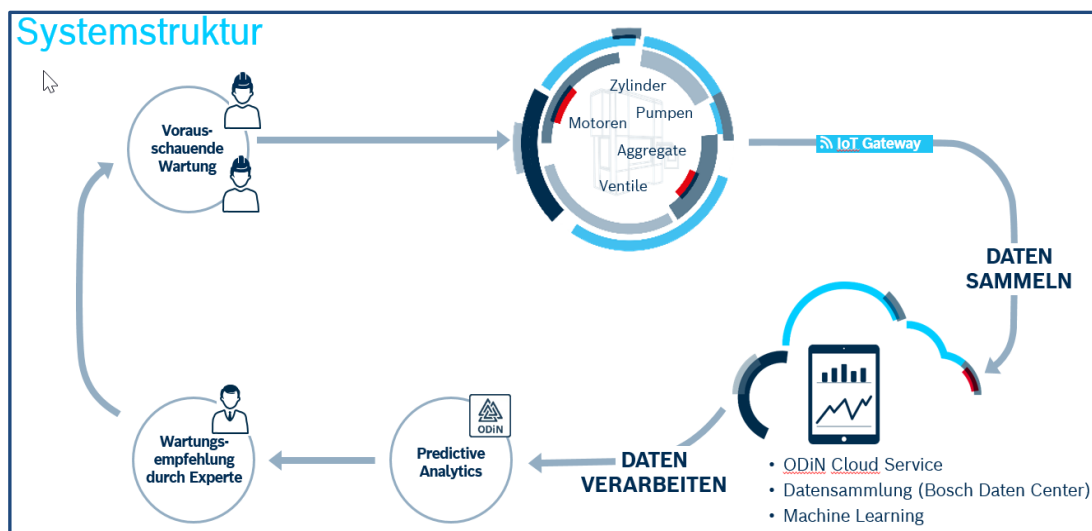
³⁸ Vgl. Schmitt et. al. (2017), S. 155 ff.

3.3.3 Predictive Maintenance – Vorausschauende Instandhaltung

Im analogen Zeitalter galt es, verschlissene oder gar kaputte Bauteile auszutauschen. Dies erfolgte zu einem Zeitpunkt, als dieser fehlerhafte Zustand schon eingetreten war. Predictive Maintenance ermöglicht es nun, im digitalen Zeitalter, dies schon zu einem früheren Zeitpunkt mittels einer sogenannten „Tool-basierten“ Datenanalyse zur Vorhersage von Fehlern zu erkennen. Die Überwachung des Maschinenzustands wird automatisch überprüft, um Muster zu erkennen, die auf einen möglichen Fehler hinweisen. Hierdurch können ungeplante Ausfallzeiten vermieden und sowohl Mitarbeiter als auch Ressourcen effektiver eingesetzt werden. Hierbei werden auch Informationen zu früheren Problemen verwendet, um zukünftige Ereignisse vorherzusagen.³⁹

Die kontinuierliche Erfassung von Maschinendaten nennt man **Condition Monitoring⁴⁰ (CM)**. Hierbei werden verschiedene Parameter wie Vibration oder Temperatur überwacht, um mögliche Fehler zu identifizieren. Auf diese Weise können Probleme hervorgehoben und vorbeugende Wartungsarbeiten (preventative maintenance) geplant werden, um Schäden zu vermeiden. Predictive Maintenance beinhaltet die zusätzliche Anwendung von prädiktiven analytischen Algorithmen anhand von in Echtzeit beobachteten Daten, um potenzielle Fehler vorher proaktiv zu identifizieren.^{41,42}

Nachfolgend ein Beispiel der Bosch Rexroth Unternehmensgruppe welches aufzeigt, wie ein prädiktives Wartungssystem aufgebaut werden kann:



³⁹ Vgl. Hill, J., (2016) (Aufgerufen am 15. 09.2019)

⁴⁰ Vgl. Feldmann, S. et. al. (2017) S.4 f.

⁴¹ Vgl. Matthews, S., Parikh, D. et. al. (2015), o. S., (Aufgerufen am 15.10.2019)

⁴² Vgl. Bosch Connected Industry (o. J.) (Aufgerufen am 18.10.2019)

Abbildung 4: Systemarchitektur ODIN

Quelle: Bosch Rexroth Kundenpräsentation (2019)

Hierbei werden Rohdaten von Sensoren (Druck, Temperatur, Luftfeuchte, Frequenzen, Drehzahlen etc.) erfasst und über ein IoT Gateway an einen Cloudservice gesendet. In diesem Beispiel ist der Cloud Service ODIN (Online Diagnostic Network) von Bosch implementiert. Die Daten werden mittels Algorithmen ausgewertet und je nach zugrundeliegenden Kalibrierdaten (Messdaten bei optimaler Umgebung) klassifiziert. Nach erfolgter Auswertung kann, je nach Zustand der Anlage, eine Wartungsempfehlung gegeben werden.

3.4 Das Internet der Dinge (IoT)

Unter dem Stichwort Industrial IoT findet in den letzten Jahren eine fortschreitende Vernetzung von industriellen Produktions- und Logistiksystemen statt. Dadurch entstehen einerseits neue Anwendungsmöglichkeiten für die Betreiber solcher Systeme. Auf der anderen Seite bieten sich auch für Angreifer neue Möglichkeiten, an vertrauliche Informationen zu gelangen oder die Abläufe in den Betrieben zu stören⁴³

Diese Thesis beschränkt sich im Weiteren auf den Einsatz von IoT in der Produktion, dem sogenannten IIoT (Industrial IoT).

Hierbei werden Maschinen vernetzt, Sensordaten eingelesen wie Temperatur, Frequenz, Luftfeuchte erfasst und über ein sogenanntes IoT Gateway an einen Cloudservice gesendet. Aus den so ermittelten Daten lassen sich mit Hilfe von Algorithmen Aussagen über den Zustand der Produktionsanlage treffen und somit Wartungsintervalle im Voraus berechnen.⁴⁴

Anhand nachfolgender Abbildung soll erläutert werden, was die Bestandteile eines IIoT sind:

⁴³ Mauerer, J. (2019), S.1 f.

⁴⁴ Vgl. Reichenberger, M. (2018) (o. S.) (Aufgerufen am 23.10.2019)

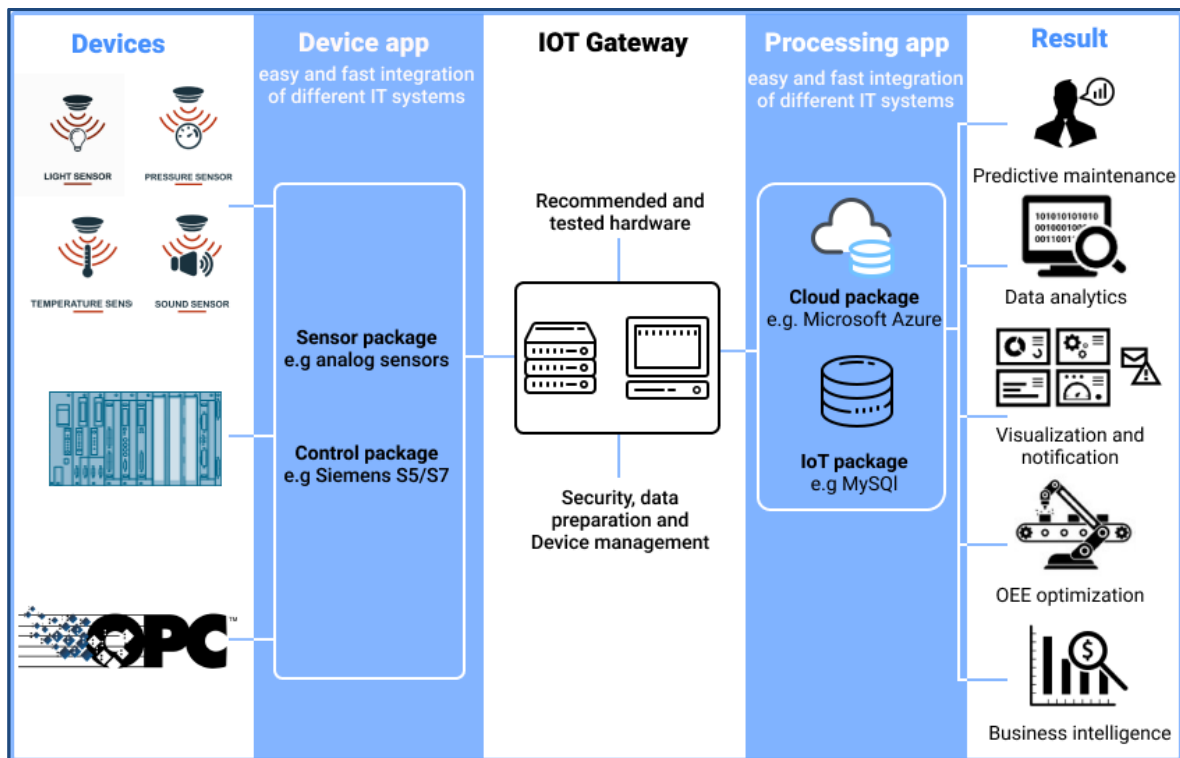


Abbildung 5: IoT Gateway Bosch Rexroth

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Bosch Rexroth Kundenpapier

Im Block „Devices“ werden Sensorwerte wie Licht, Temperatur, Frequenz (Klang) etc. erfasst und an die „Device App“ weitergeleitet. Diese steht für den Leitreechner der Produktionsanlage. Sensorsysteme sind meist in sogenannte Embedded Systems⁴⁵ (Mikroprozessoren, integriert in einer elektronischen Schaltung ausgestattet mit Ein- und Ausgängen zur Erfassung von Messdaten) integriert, welche mittels eingebauter Logik in die Lage versetzt werden, schon vorgefilterte Werte an den Leitreechner zu übermitteln. Über diesen wird die gesamte Prozesskette überwacht und gesteuert. Das IoT Gateway stellt die Schnittstelle von der Anlagensteuerung zur Cloud dar, um die Anlage IoT fähig zu machen. Als großer Vorteil hierbei hat sich die Flexibilität des Gateways herausgestellt, die es erlaubt, eine Vielzahl von Systemen in kürzester Zeit zu vernetzen, ohne in die Produktionsinfrastruktur eingreifen zu müssen.

In der „Processing App“ sind diverse Cloudanwendungen wie bspw. Microsoft Azure, IBM Cloud oder AWS von Amazon zusammengefasst (vgl. Kapitel 3.4.3).

⁴⁵ Vgl. Bumiller, H., Burgmaier, M. et al., (2016), S. 251 ff.

Ergebnis kann eine Visualisierung über die Auslastung der Anlage sein oder die Rückmeldung über eine errechnete Wartung mittels einer durch Predictive Maintenance ermittelten Prognose (vgl. Kapitel 3.3.3).

„Die Verknüpfung von mechanischen Komponenten mit SW und moderner Informationstechnik nennt man auch Cyber physische Systeme, kurz CPS. Durch die Vernetzung der einzelnen Komponenten über Netzwerke wie das Internet lassen sich komplexe Infrastrukturen steuern, regeln und kontrollieren.“⁴⁶

Nicht für jedes Unternehmen lohnt sich das Investment in eine eigene IoT-Cloud und eigens entwickelter Services. Insbesondere KUM scheuen große Investitionen, welche leicht den Umfang eines Jahresumsatzes annehmen können. Für diese gibt es die Möglichkeit, eine externe Cloud zu nutzen. Um einordnen zu können, welches Cloudmodell zu welchem Unternehmen passt, ist in Kapitel 3.4.1, Cloud Computing eine Übersicht aller gängigen Modelle mit ihren jeweiligen Services gelistet.

3.4.1 Cloud Computing

Unter dem Begriff Cloud Computing versteht man im Allgemeinen die Bereitstellung von Diensten über das Internet. Dies ermöglicht es Unternehmen, Computerressourcen, Speicher sowie diverse Anwendungen als Dienst zu nutzen, anstelle selbst Computerinfrastrukturen aufzubauen und zu warten. Eine Lösung für kleine und mittelständische Unternehmen können Cloudlösungen sein, die in externen Rechenzentren betrieben und über das Internet verfügbar gemacht werden.^{47,48}

Cloud Computing besteht aus folgenden sogenannten Service Modellen IAAS, PAAS und SAAS, die im folgenden näher erläutert werden.

IAAS (Infrastructure as a Service) stellt Ressourcen bereit, darunter Server, Netzwerke, Speicher und Rechenzentrum. Die darauf gespeicherten und bearbeiteten Daten können überall und an verschiedenen Endgeräten genutzt werden, daher keine Investitionen von Unternehmen eigene Hardware und Software.

PAAS (Platform as a Service) bietet eine cloudbasierte Entwicklungsumgebung mit allem, was zur Unterstützung des gesamten Lebenszyklus der Erstellung und Bereitstellung webbasierter (Cloud-) Anwendungen erforderlich ist - ohne die Kosten der zugrundeliegenden

⁴⁶ Luber, S., Litzel, N. (2017), o. S.

⁴⁷ Vgl. Reinhart, G., (2017), S. 90ff.

⁴⁸ Vgl. Nägele, V. (o. J.), (Aufgerufen am 22.09.2019)

Hard- und Software zu tragen. Dies ermöglicht ein schnelleres Entwickeln von Anwendungen und daher schnellere Marktpräsenz. Die Bereitstellung neuer Webanwendungen kann in wenigen Minuten in der Cloud erfolgen.

SaaS (Software as a Service) steht für die Bereitstellung browserbasierter Software durch einen externen Dienstleister, die von mehreren Usern gleichzeitig genutzt werden kann wobei Apps und Daten von jedem angeschlossenen Computer aus abgerufen werden können. Da auch hier kein eigenes Investment an eine HW Infrastruktur vonnöten ist, ist dieser Service auch für mittelständische Unternehmen geeignet. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine Daten verloren gehen, da diese sich in der Cloud befinden.

Die oben aufgeführten Service Modelle können in unterschiedlichen Cloudanwendungen laufen:

Public Cloud (Öffentliche Cloud)

Öffentliche Clouds gehören und werden von Unternehmen betrieben, die über ein öffentliches Netzwerk schnellen Zugriff auf erschwingliche Computerressourcen bieten. Bei öffentlichen Cloud-Diensten müssen Benutzer keine Hardware, Software oder unterstützende Infrastruktur erwerben, die sich im Besitz von Anbietern befindet und von diesen verwaltet wird.

Private Cloud

Eine private Cloud ist eine Infrastruktur, die nur für eine Organisation betrieben wird, unabhängig davon, ob sie intern oder von Dritten verwaltet wird. Sie ist isoliert von anderen Firmen, die daher kein Zugriff auf die Cloud haben.

Hybrid Cloud

Eine Hybrid-Cloud verwendet eine Private-Cloud-Grundlage in Kombination mit öffentlichen Clouddiensten.^{49,50}

3.4.2 Cyber-physische Systeme (CPS)

Maschinenkommunikation im Internet der Dinge benötigt smarte Schnittstellen zur Anbindung. Nachfolgend wird die Funktionsweise dieser näher erläutert.

Vernetzte eingebettete Systeme nennt man Cyber Physical Systems (Deutsch: Cyber Physische Systeme). Diese sind u. a. in der Automatisierungstechnik, in der Telekommunikation, und im Verkehrswesen vorzufinden. Sensoren und Aktoren (reale Objekte) werden mit

⁴⁹ Vgl. Mell, P., Grance, T. (2011) S. 2f.

⁵⁰ Vgl. Klemm, R., (2016), S.154 f.

digitalen (virtuellen) Objekten verbunden. Klassische Computersysteme trennen strikt zwischen realer und virtueller Welt (Ein- und Ausgabe Tastatur, Monitor, Drucker vs. Ablauf von Algorithmen im Prozessor). In automatisierten Produktionssystemen zur dezentralen Datenhaltung und Identifikation von Gütern und Werkstücken werden häufig RFID Transponder eingesetzt. Mit einem RFID Chip ist es möglich, das Werkstück von der Produktion bis zur Auslieferung rückzuverfolgen. Somit ist das Werkstück ein Teil von CPS. In vielen Anwendungen erfolgt eine Kopplung von physischem Anwendungsmodell mit einem Computermodell, einem sogenannten Digital Twin. Ziel ist es, reales und virtuelles Modell möglichst deckungsgleich zu halten.^{51 52}

3.4.3 Offene Plattformlösungen im IoT

Bereits heute lassen sich mit passenden Soft-sowie Hardwarekomponenten einer IIoT-Plattform integrative Services in Echtzeit realisieren. Somit werden immer mehr Funktionen, welche aktuell noch von der Shopfloor-IT übernommen wird, künftig von eben genannten Plattformen bereitgestellt.⁵³

Das Businessmodell einer solchen IIoT-Plattform muss modulare, skalierbare sowie flexible Lösungen mit sich bringen, welche Daten und Services in Echtzeit anbieten. Dem entgegen steht das MES-System, eine Softwarelösung mit speziellen Services für produktionsnahe Use Cases. Hierbei bildet das MES die Verbindung zwischen den innerhalb der Wertschöpfung generierten Daten.

Somit dient ein modernes MES-System heute schon als wichtiges Mittel im Qualitätsmanagement, da hierdurch die Produktionssicherheit bzw. Ausfallsicherheit gewährleistet werden kann. Viele dieser Dienste können bereits heute schon als IoT-Service über eine Plattform gehostet werden. Beispielsweise cloudbasiertes Monitoring von Anlagedaten wie Maschinendatenerfassung (MDE) oder auch die Betriebsdatenerfassung (BDE). Somit werden durch die Services erstmals Produktionsdaten in Echtzeit zur Steuerung und Planung in das ERP-System zurückgespielt, um somit möglichst schnell und flexibel reagieren zu können. Wie und wo sich solche Systeme realisieren lassen hängt von mehreren Faktoren ab: Der digitale Reifegrad eines Unternehmens, Grad der Vernetzung, die Komplexität der Prozesse sowie das finanzielle Budget eines Unternehmens müssen zu Rate gezogen werden.

⁵¹ Vgl. Mell, P., Grance, T. (2011) S. 2f.

⁵² Vgl. Pötter, H., (o.J.), (Aufgerufen am 19.09.2019)

⁵³ Vgl. Management MHP (2019) S. 1 f.

Theoretische Vorgehensweise

Mit der Einführung von I4.0 Anwendungen verändert sich einiges in der Systemarchitektur. Eine der elementaren Veränderungen stellen hierbei die Cyber-Physical-Systems (CPS) (vgl. Kapitel 3.4.2) dar.⁵⁴

Hierdurch werden Daten, Dienste und Funktionen nur dort gehalten, abgerufen und ausgeführt, wo sie im Sinne der Produktion den größten Vorteil bringen. Durch die vertikale Integration und somit Auflösung der klassischen Architektur hinein in die Industrial Cloud („Automatisierungcloud“) (siehe Abb. 6) wird die heute noch existierende Automatisierungspyramide durch die Einführung von vernetzten, dezentralen Systemen schrittweise aufgelöst. Dienste, Daten und Hardwarekomponenten werden auf beliebige Knoten des entstehenden Netzes verteilt und verbinden sich zu abstrakten funktionalen Modulen aus denen sich das neue Automatisierungssystem aufbaut. Dies wird in der Fachliteratur auch als „CPS-based Automation“ bezeichnet.

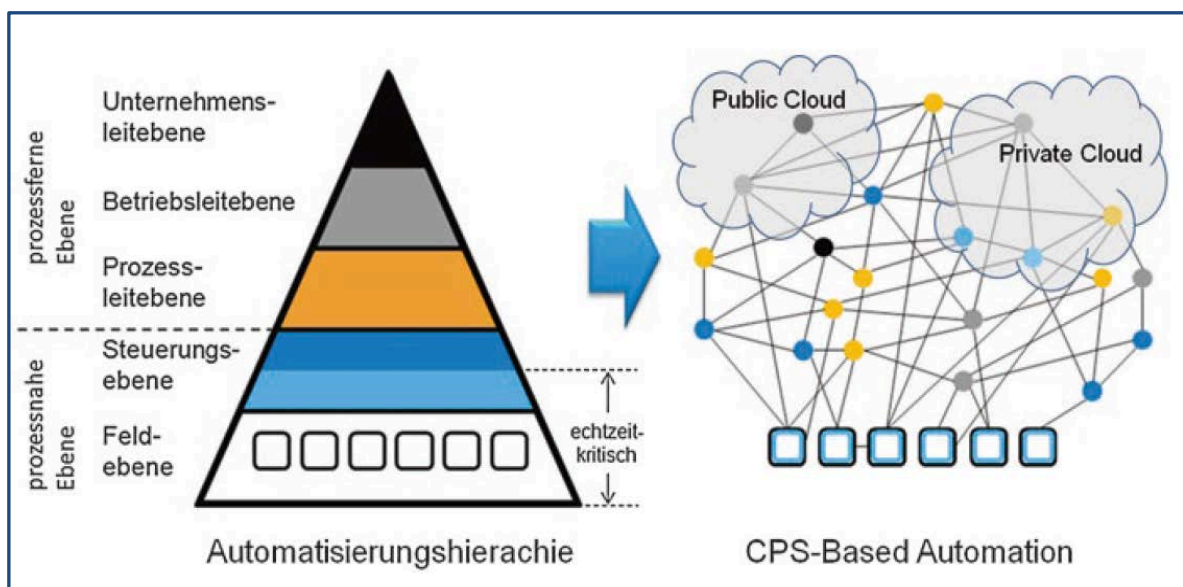


Abbildung 6: Auflösung der Automatisierungspyramide

Quelle: Langmann, R., Stiller, M. (2015), S. 650

Bisherige „monolithische Produktionsanlagen“ (schwer veränderbare Großsysteme mit ungenutzten Funktionen) wandeln sich dadurch zu agilen, modularen und vernetzten Anlagen. Ebenso das hier beschriebene MES muss in eine serviceorientierte Architektur eingebettet werden. Hardwareschnittstellen werden durch Cloud-Schnittstellen mittels passender Integrationstechnologie vereinheitlicht. Ein weiterer Vorteil hierbei ist es, mobile Endgeräte durch passende Apps ad hoc miteinzubinden, da die Anwendungen wie bereits erwähnt als Services in die Cloud integriert werden.

⁵⁴ Vgl. Langmann, R., Stiller, M. (o. J.), S. 29f.

Folgend wird einmal beispielhaft auf Grundlage von Experteneinschätzungen eine zukünftige Systemarchitektur auf drei Ebenen aufgezeigt:⁵⁵

Die **erste Ebene** bildet unverändert die Produktionsebene, welche sich hier durch die Vernetzung zwischen den verschiedenen CPS auszeichnet. Ein moderner Fertigungsstandort wird dann als „Cyber Physical Production System“ (CPPS) bezeichnet. Die Anlagen sind hierbei untereinander via WLAN bzw. LAN miteinander vernetzt (vgl. Kapitel 3.4.2) und tauschen so Informationen aus. Wie bereits erwähnt bringt dies einige Vorteile mit sich. Nun wird es an dieser Stelle möglich sein, mobil via Apps auf Endgeräten direkt in die Produktionsprozesse einzugreifen, um somit bspw. in Echtzeit Ergebnisse von Big-Data-Analysen einzusehen. Der Benutzer kann selbstständig Prozesse und Darstellungen von Ergebnissen ad-hoc anpassen, da die Endgeräte mit den CPS und der Cloud vernetzt sind.

Auf der **zweiten Ebene** befinden sich mindestens eine, meist mehrere Cloudsysteme. Hier sind die benötigten Services wie ERP, MES, SCADA u. SPS implementiert. Dabei sind die Daten und Services auf zahlreiche Server zugeteilt. Dies bringt den Vorteil, künftig schneller auf Daten zugreifen zu können, da diese nicht zuerst von dem ERP-Server in die einzelnen MES geladen werden müssen. Betriebs- und Maschinendaten sind folglich just in time aus dem CPS in der Cloud verfügbar und können sofort ausgewertet und für entsprechende Planungen verwendet werden. Weiterhin ist die Überlegung zu treffen, die Daten nicht in einer unternehmenseigenen Cloud, sondern in einer Drittanbietercloud abzulegen. Auf der einen Seite spart man hierdurch natürlich Serverkapazitäten (gerade für kleine Unternehmen aufgrund fehlender Infrastruktur eine sinnvolle Überlegung), auf der anderen Seite spielt hierbei Datensicherheit, genauer die Schutzbedürftigkeit der Daten eine essentielle Rolle. Wieviel ein Unternehmen selbst betreiben und wieviel investieren kann muss jedes für sich entscheiden. Die großen Fragen hierbei sind, ob das Unternehmen die Services in einer Private, Public o. Hybrid-Cloud (Kombination aus beidem) betreiben wollen. (vgl. Kapitel 3.4.1)

Die **dritte Ebene** stellt die klassische Unternehmens-Ebene mit ihren zentralen Bereichen wie Forschung und Entwicklung, Vertrieb und Einkauf dar. Endgeräte auf dieser Ebene werden ebenso mit der Cloud und den CPS vernetzt, um somit beispielsweise die Ergebnisse von Big-Data-Analysen einzusehen oder direkt in den Fertigungsprozess einzugreifen.

⁵⁵ Vgl. Burger, A., et.al, (2017), S. 58ff.

Theoretische Vorgehensweise

Die anschließende Tabelle 2 soll verdeutlichen, welche Vorteile eine Plattformlösung gegenüber eines klassisch stationären MES bietet:

IIoT (Plattformservice)	MES (klassische stationäre Lösung)
Ein agnostischer Systemansatz bedeutet hohe Flexibilität	Nur "hausgemachte" Lösungen von MES-Anbietern
Zugriff auf erstklassige Apps und alle zukünftigen Industrie 4.0 Technologien	Herstellerabhängigkeit, die in eine Sackgasse führt.
Offene Plattform zur Integration in bestehende IT-Landschaften über offene API webbasierte Schnittstellen	Datensilos: Zugriff nur mit lizenzierten Herstellerprogrammen möglich. Kein Zugriff Dritter
Anbindung von Systemen, z.B. Tool Data Management (TDM) Keine redundante Datenhaltung	Bestehende Systeme können nur mit hohem Aufwand und Kosten integriert werden.
	Die Daten werden nur im MES gepflegt. Redundante Datenpflege in Drittsystemen erforderlich

Tabelle 2: Plattformlösung versus klassisches MES

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an FORCAM (2019)

Nachfolgend eine Übersicht der aktuell etabliertesten Plattformanbieter am Markt:

Amazon AWS

Die Hauptbestandteile von AWS Cloud Computing sind neben der Bereitstellung von virtuellen Servern und Speicherplatz, die Verteilung auf unterschiedliche Netzwerke, die Bereitstellung von Entwicklungswerkzeugen und Datenbanken sowie die Einbindung eines Market place (Software, die andere Hersteller dort anbieten)⁵⁶

⁵⁶ Vgl. Nägele, V., (o. J.), (Aufgerufen am 22.09.2019)

IBM Cloud

Bestehend aus einer Public Cloud, Private und Hybrid Cloud, Daten und Artificial Intelligence SW (AI), sowie diversen Cloud Services (Verwaltung, Entwicklung, Sicherheit, Cloud Business Lösungen). Als Services werden IaaS und PaaS zur Verfügung gestellt.⁵⁷

Bosch IoT Cloud (Suite)

Die Bosch IoT Suite ist ein cloudfähiges Softwarepaket für die Entwicklung von Services und Anwendungen des Internet of Things (IoT). Sie ist Bestandteil der Bosch IoT Cloud und stellt eine offene IoT-Plattform für unterschiedliche Anwendungsbereiche zur Verfügung.⁵⁸

Microsoft Azure

Azure ist eine hoch skalierbare Cloud-Computing-Plattform aus dem Hause Microsoft, die Cloud-Dienste wie IaaS, PaaS und SaaS sowie weitere Services bereitstellt. Azure erspart dem Benutzer die Anschaffung und das Betreiben einer eigenen IT-Infrastruktur.⁵⁹

3.5 Big Data – Daten als Rohstoff im digitalen Zeitalter

3.5.1 Klassifizierungen

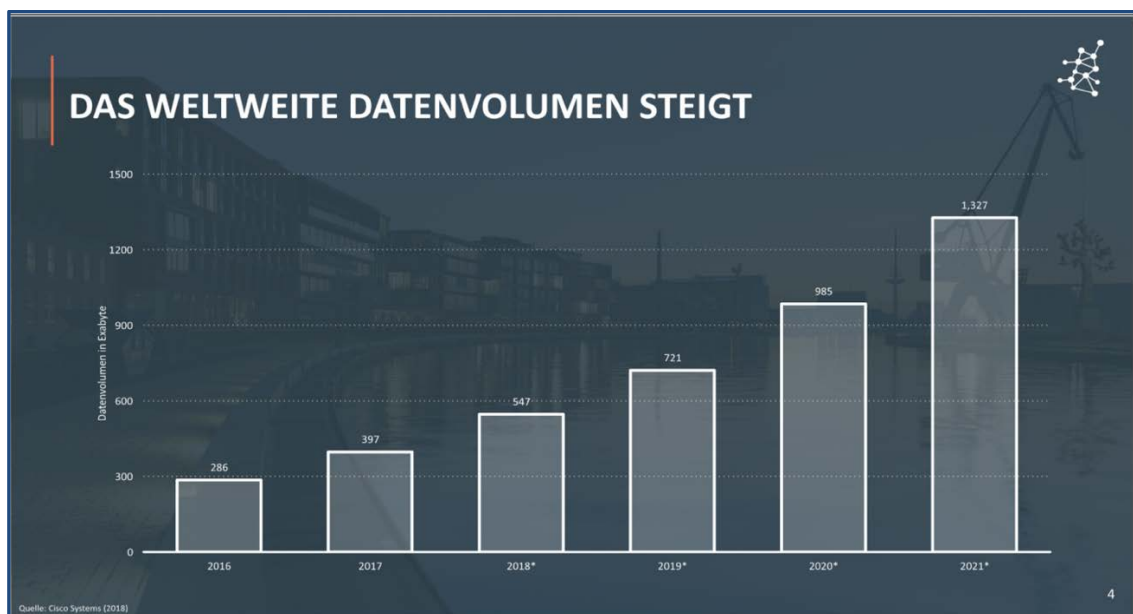


Abbildung 7: Das weltweite Datenvolumen steigt

Quelle: Cisco systems (2018) studie datenvolumen

⁵⁷ Vgl. IBM Cloud (o. J.), (Aufgerufen am 25.09.2019)

⁵⁸ Vgl. Bosch IoT Suite (o. J.) (Aufgerufen am 25.09.2019)

⁵⁹ Vgl. Microsoft Azure (o. J.) (Aufgerufen am 25.09.2019)

Theoretische Vorgehensweise

Um den Begriff besser verstehen zu können, wird sich anfangs erstmals die Frage gestellt, was „Big Data“ überhaupt ausmacht. Man kann von Big Data sprechen, sobald man verschiedenste Arten von Daten generiert und gesammelt hat, diese jedoch noch nicht genau zuordnen kann. Hierbei spricht man auch von einer hohen Varietät von Daten. (engl. „Variety“). Eine genaue Definition von Big Data findet man heute noch nicht, jedoch gibt es eine Fülle verschiedenster Definitionen diverser Experten. Nachfolgend wird versucht, die wichtigsten einmal herauszuarbeiten.

Eine der am häufigsten verwendeten Definitionen in der heutigen Fachliteratur stammt aus einem wissenschaftlichen Artikel von Dough Laney, Analyst bei der META (heute Gartner): „Datenmanagementsysteme müssen mit den Herausforderungen in Bezug auf die regelrecht explodierenden Dimensionen Datenvolumen (engl. „Volume“), Geschwindigkeit der Datenerzeugung und der Datenverarbeitung („Velocity“) und Vielfalt der Daten („Variety“) zurechtkommen.“⁶⁰ In diesem Bericht wird zwar der Begriff „Big Data“ nie wörtlich erwähnt, jedoch stehen die 3V's charakteristisch für die Eigenschaften. Im späteren Verlauf wurde wissenschaftlich noch die Begriffe der Korrektheit der Daten („Veracity“) sowie den Wert der Daten für die jeweiligen Unternehmen („Value“) hinzugefügt.⁶¹

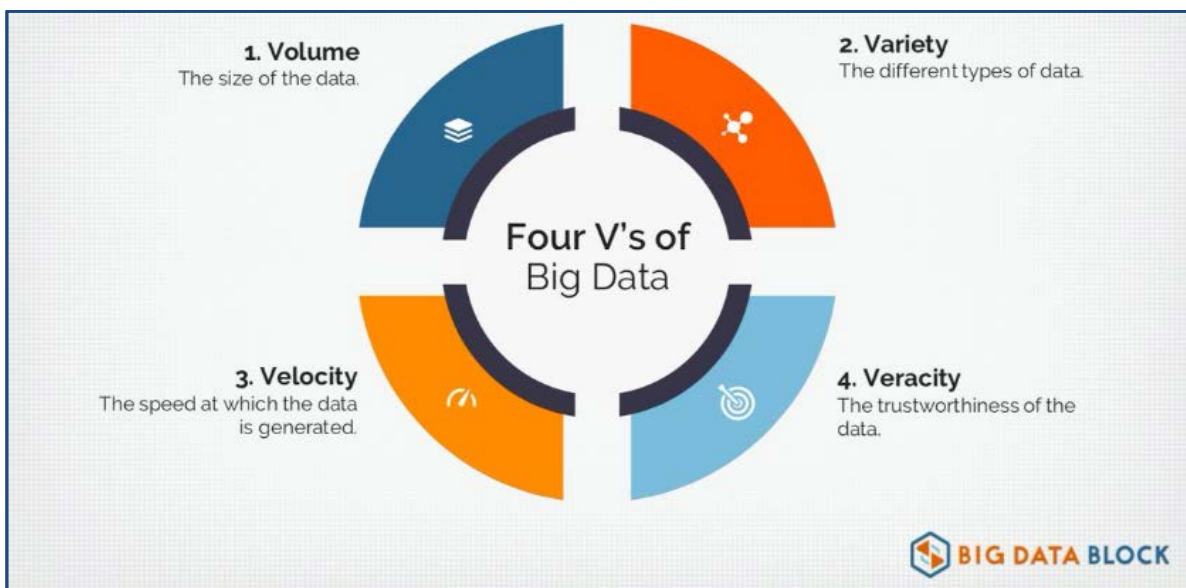


Abbildung 8: Die 4 V's von Big Data

Quelle: Big Data Block @twitter (Abgerufen am: 19.10.2019)

Microsoft definiert den Begriff eher als Prozess, „bei dem eine erhebliche Menge an Rechenleistung auf eine massive und oft hoch komplexe Menge an Daten angewandt wird.“⁶² Hier wird Big Data also eher über die Komplexität und der Masse an Daten definiert. Weiter

⁶⁰ Laney, D., (2001), S.1f.

⁶¹ Vgl. Hügler, J., Fechteler, M., (2017), S.97f.

⁶² Microsoft, (2013), (Abgerufen am 29.08.2019)

Theoretische Vorgehensweise

heißt es, „wenn es möglich ist, die gesamte Menge an Daten, die im Leben einer jeder Person anfallen, zu managen und Tools zur Verfügung zu stellen, die diese Daten verarbeiten, können alle Fragen beantwortet werden – auch diese, welche vielleicht noch gar nicht gestellt wurden“⁶³

Eine weitere Definition die zur Abgrenzung des Sammelbegriffs „Big Data“ dient, ist von E. Dumbill, und besagt, dass Daten erst dann Big Data sind, wenn sie die Datenverarbeitungskapazitäten konventioneller Datenbanksysteme in Bezug auf die Größe oder die Geschwindigkeit überschreiten, oder aber nicht mit der Struktur der Datenbanken vereinbar sind. In diesem Fall muss ein alternativer Weg für die Datenverarbeitung gewählt werden⁶⁴

Zusammenfassend lassen sich unter den Definitionen folgende Gemeinsamkeiten feststellen:

- Volumen, Geschwindigkeit und Vielfalt definieren die Charakteristik der Daten
- Es werden spezielle Technologien und Methoden benötigt, um den besonderen Anforderungen gerecht zu werden
- Es entsteht Einsicht in bisher unbekannte Informationen und daraus ein wirtschaftlicher Wert für das Unternehmen

Die Professoren De Mauro, Greco und Grimaldi veröffentlichten in ihrem Conference Paper 2014 eine vereinheitlichte Definition von Big Data, welche viele Definitionen zusammenfasst: „Big Data repräsentiert die Informationsbestände, die charakterisiert sind durch so hohe Ansprüche hinsichtlich *Volumen, Geschwindigkeit und Vielfalt*, dass sie *spezifische Technologien* und analytische Methoden benötigen, um sie verwerten zu können.“⁶⁵

Auch hier sind wieder die bereits erwähnten Schlagworte erkennbar

3.5.2 Generierung von Big Data an einem Beispiel

Um zu verstehen, wie Big Data in einem Produktionsprozess generiert werden kann, und welche Technologien hierfür notwendig sind, wird folgend einmal an einem einfachen Beispiel Schritt für Schritt erklärt, was während des Prozessablaufs passiert:

⁶³ Microsoft, (2013), (Abgerufen am 29.08.2019)

⁶⁴ Vgl. Dumbill, E., (2013), (o. S.)

⁶⁵ De Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M., (2014), Consensual Definition, (Aufgerufen am 30.08.2019)



Abbildung 9: Bohrmaschine, Kamera, Wärmemesser

Quelle: contorion.de Webshop

Alleine nur durch die Bohrmaschine lassen sich noch keine Daten generieren. Hierzu dienen die Sensoren, in unserem einfach gewählten Beispiel die Kamera und der Infrarottemperaturmesser (siehe Abbildung 9). Mithilfe dieser Gerätschaften lassen sich extern während des Bohrvorgangs folgende Daten generieren:

- Optische Aufnahmen während sowie nach einer Bohrung
- Infrarot Temperaturmessung des Bohrers
- Infrarot Temperaturmessung des Loches
- Akustische Aufnahme während der Bohrung

Anhand dieser Aufnahmen und Messungen lassen sich schon erste Rückschlüsse auf die Qualität der Bohrung ziehen, ohne dass man überhaupt Big Data generiert hat oder dieses gar ausgewertet hat.

Bohrung	Temperatur	Temperatur nachher	Akkustische Aufnahme	Bild nach der Bohrung
1	25,7	27,2		
2	27	28,3		
3	28,1	30,5		
4	30,1	31,9		
5	31,2	32,8		
6	32,2	33,7		

Abbildung 10: Messdaten während und nach einer Bohrung

Quelle: bosmal.de; Vibro-akustische Messungen der Anlagen; eigene Darstellung

Wie eine erste Datenerfassung sowie Auswertung aussehen kann, ist obenstehend in Abb. 10 beispielhaft abgebildet. An dieser Stelle stellt sich wieder berechtigt die Frage, ob man hiermit denn nun „Big Data“ generiert hat. Grundsätzlich lässt sich sagen, solange man die Daten mit den heute verfügbaren Methoden der statistischen Auswertung (hier tabellarisch übersichtlich geordnet) auswerten und analysieren kann, handelt es sich nicht um Big Data. Erst wenn man eine hohe Varietät (Vielfalt) an Daten hat, welche nicht mehr ohne Weiteres zu analysieren sind (unstrukturiert), kommt man langsam in die Welt von Big Data. Auf das

Theoretische Vorgehensweise

hier angewendete Beispiel betrachtet sind dies eben die Daten in Kombination / im Verbund miteinander. Die Herausforderung besteht darin, die generierten Audio o. Bilddateien direkt live in Informationen zu transformieren (übersetzen). Einfach gesagt: Wenn der Bohrer der Maschine das Brett nicht korrekt trifft, ist dies akustisch erkennbar. Wenn der Bohrer das Loch nicht korrekt gebohrt hat, ist dies optisch erkennbar. Hier gilt es, mittels intelligenter Maschinenlernverfahren („Machine Learning“) diese Informationen live umzusetzen.

Quantifizierung von Audiodaten:

Wenn man an das Smartphone denkt (Siri oder Google) so ist es bereits heute möglich, eine sehr exakte Spracherkennung durchzuführen. Dies hat jeder, der ein Smartphone besitzt, mit Sicherheit schon einmal ausprobieren und feststellen dürfen. Dieses Prinzip kann man sich heutzutage auch schon in der Industrie, genauer in der Fertigung zu Nutze machen, um wie im obigen Beispiel beschrieben, zu erkennen, bohrt die Maschine nun richtig oder falsch.

Quantifizierung von Bilddaten:

Analog der Audiodaten lassen sich ebenfalls mittels Schrifterkennung (OCR) oder, um am Beispiel des Smartphones zu bleiben, durch Gesichtserkennung (Apple iPhone) bereits heute Bilddaten analysieren und quantifizieren.



Abbildung 11: Aufnahmen verschiedener Bohrlöcher

Quelle: woodworker.de

Um die Maschine auf eben solche Anwendungen zu „trainieren“ gibt es die Möglichkeit, einen Datensatz anzulegen, auf welchen die Anlage während der Quantifizierung zurückgreifen kann, um somit zu beurteilen, ist das eine „gute“ oder eine „schlechte“ Bohrung.

Anbindung der Geräte an das IoT:

Um die Sensorik schlussendlich internetfähig zu machen, benötigt es ein sog. Mikrocontrollerboard, an welches man die Sensoren anschließen kann. Dieses Board wiederum kann

anschließend mittels LAN oder WLAN ins Internet der Dinge eingespeist werden, um somit das generierte Big Data weiter zu versenden.

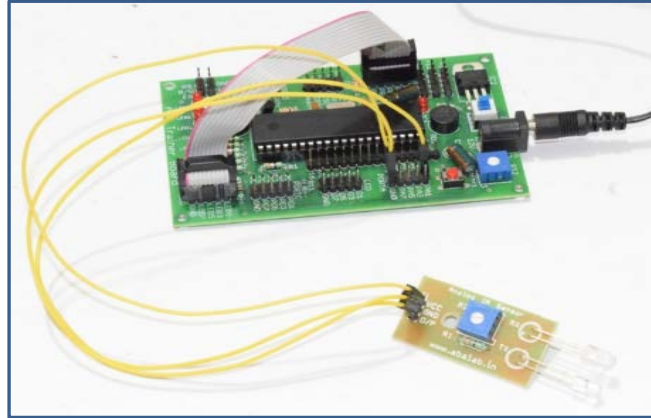


Abbildung 12: Microcontroller mit angeschlossener Sensorik

Quelle: ablab solutions - Sensor

Zusammenfassend lassen sich folgende Vorteile für die Qualitätssicherung feststellen:

- Die Qualitätsmerkmale können mittels Big Data Verfahren schnell und zielführend ausgewertet und bestimmt werden
- Mittels IoT kann zentralisiert in Echtzeit weltweit Qualität kommuniziert werden
- Mittels BigData können Predictive Maintenance-Verfahren (vgl. Kapitel 3.3.3) optimiert und vor allem gelebt werden

3.6 Das Zusammenspiel von Mensch und Maschine in der IoT

3.6.1 Der Mensch im ständigen Lernprozess

Neben dem Investment in vernetzte Produktionsanlagen ist es immens wichtig, die Mitarbeiter von der Sinnhaftigkeit einer IIoT Einführung zu überzeugen und diese entsprechend zu schulen. Dies ist eine elementare Qualifikationsanforderung im Rahmen von Industrie 4.0.

Dieser kann jedoch nicht alleine von der Wirtschaft realisiert werden. Die flächendeckende Umsetzung von IIoT kann nur gelingen, wenn unterschiedliche Partner im Bereich Bildung, Verbände und Unternehmen eng zusammenarbeiten. Des Weiteren hilft es Unternehmen,

Theoretische Vorgehensweise

wenn sie Mitarbeiter durch entsprechende Steuerentlastungen oder Fördermittel an Institutionen wie Hochschulen, Industrie- und Handelskammern, Technische Überwachungsvereine usw. weiterbilden können. ⁶⁶

„Digitalisierung bedeutet nicht nur, mit immer neuen digitalen tools umgehen zu können, sondern auch, zu erkennen, wann ich welchen Lernbedarf habe und wie ich diesen effektiv angehen kann“ („Prof. Tina Seufert, Leiterin der Abteilung für Lehr-Lern-Forschung am Ulmer Institut für Psychologie und Pädagogik“) ⁶⁷

Gerade junge Menschen sollten frühzeitig die Funktionsweise moderner Informations- und Kommunikationstechnologien kennenlernen.

Es gibt zwar schon vielerorts Informatikunterricht an Schulen und Hochschulen, jedoch ist dies allein zu kurzgefasst. Vor allem im Studium sollte interdisziplinär gelehrt werden, um die Studenten die Komplexität von IoT näher zu bringen.

3.6.2 Die Interaktion digitaler Systeme in der Fertigung

Für das bessere Verständnis von der Interaktion von Mensch und Maschine erfolgt nachfolgend eine Abbildung, welche das Zusammenspiel von Mitarbeitern in der Produktion, dem Führungspersonal und vernetzten Systemen wie z.B. Fertigungsanlagen und die Montagelinie darstellt:

⁶⁶ Vgl. Vermin, S., Reinhart, G., Bengler, K. (2017), S. 60ff.

⁶⁷ Seufert, T., (2019), S.14

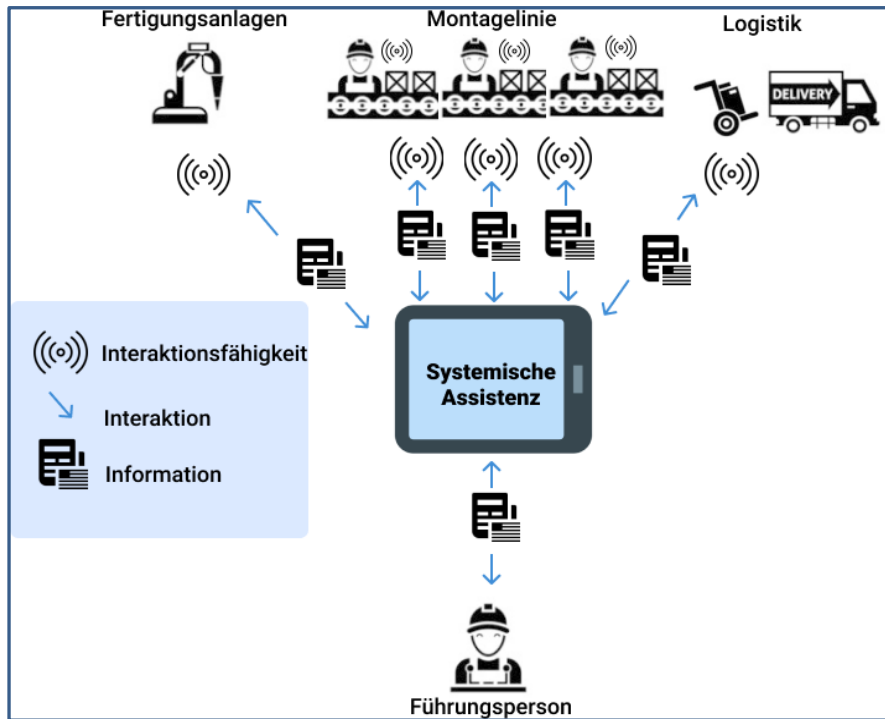


Abbildung 13: Mensch-Maschine-Interaktion

Quelle: eigene Darstellung

Die systemische Assistenz hat Zugriff auf Daten der Logistik, der Montagelinie und der Fertigungsanlage, welche per Funk in das IoT Netzwerk eingebunden ist. Produkte können jederzeit mittels RFID nachverfolgt und deren Ist-Zustand überwacht werden. Die gesammelten Daten werden aufbereitet und ausgewertet mittels Cloud Services und dienen auch der Entscheidungshilfe auf der Führungsebene bei komplexen Sachverhalten.

Die Visualisierung der erfassten Daten kann auch für Produktionsmitarbeiter auf einem Tablet erfolgen.

Somit können alle in das IIoT eingebundenen Module des CAQ, und die Cyber physischen Systeme nachverfolgt werden, unabhängig vom Ort. D.h. weltweit können Produktionsabläufe überwacht und gesteuert werden und das Management hat zu jeder Zeit einen Überblick über die Produktionsprozesse und die Lagerhaltung.

4 Empirische Vorgehensweise

4.1 Darstellung des Untersuchungsgegenstandes

Die in der vorliegenden Arbeit angewendete Forschungsmethode des Experteninterviews, genauer des leitfadengestützten Experteninterviews findet hier Anwendung, um den aktuellen digitalen Reifegrad in KMU- sowie Großunternehmen hinsichtlich der Vernetzung deren Produktion über das Internet of Things herauszuarbeiten.

Zum einen wird die Frage beantwortet, wie weit die Digitalisierung schon fortgeschritten ist und zum anderen aus Sicht des Qualitätsmanagements / der Qualitätssicherung erörtert, inwiefern bzw. inwieweit die durch die Digitalisierung (I 4.0) integrierten IIoT-Plattformen für die Produktion unterstützend eingesetzt werden können. Hierfür werden die zu Rate gezogenen Experten in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt und deren Aussagen und Meinungen systematisch in passenden Unterkapiteln aufgeführt und zusammengefasst.

Am Ende des Kapitels werden unter Zuhilfenahme einer SWOT-Analyse die Kernaussagen mit den Chancen und Risiken, welche am Markt vorliegen, gegenübergestellt und für passende Unternehmen Handlungsempfehlungen hinsichtlich weiterer Vorgehensweise ausgesprochen.

4.2 Vorstellung und Einordnung der Experten

Insgesamt wurden während des Untersuchungszeitraums sechs Unternehmen angefragt, zu den hier vorliegenden Fragestellungen (siehe Anhang) telefonisch oder schriftlich Stellung zu nehmen. Aufgrund verschiedener kritischer Aspekte wie Risikomanagement und Rechtssicherheit war es leider zwei großen Automobilherstellern nicht ohne Probleme möglich, die Fragen anonymisiert sowie auf Basis der Vertraulichkeitsvereinbarung zu beantworten. Die restlichen Experten werden folgend einmal kurz vorgestellt und der Art ihres Unternehmens zugeordnet.

Experte 1: Betriebsleiter (seit Ende 2017 tätig) eines kleinen *mittelständischen Unternehmens* im Bereich Kunststofftechnik.

Aufgabenbereich: Leitung, Steuerung und Organisation der ges. Betriebsprozesse sowie betriebliche Leistungen

Experte 2: Hauptabteilungsleiter (seit 21 Jahren tätig) eines *großen Automobilzulieferers* (Tier 1 + 2);

Aufgabenbereich: Verantwortungsbereich 300 Mitarbeiter. Projektleitung Industrie 4.0; Abteilung Technische Funktionen: Planung neuer Prozesse/Linien; Produktdatenmanagement und Deployment of business excellence

Experte 3: Eigentümer und Geschäftsführer (seit 12 Jahren tätig) eines *Kleinunternehmens* im Bereich Leuchtstoffe

Aufgabenbereich: Kundenaquise, Projektmanagement, Entwicklung und Anfertigung neuer Prototypen, Produktentwicklung

Zusatz: Seit einigen Jahren für große Automobilbauer als Consultant im Bereich Digitalisierung tätig.

4.3 Auswertung und Einordnung der Erkenntnisse

Nachfolgend werden die Expertenaussagen für besseres Leseverständnis und bessere Nachvollziehbarkeit sinnvoll geclustert und in den folgenden Kapiteln gegenübergestellt.

4.3.1 Erfassung qualitätsbezogener Kennzahlen ohne I 4.0

Experte 1: Die Qualität wird mittels klassischer Kennzahlen (KPIs), welche in den Qualitätszielen der jeweiligen Funktionsbereiche definiert sind, erfasst. Diese werden in der Regel quartalsweise in klassischen Reviews („Management Review“) beurteilt bzw. bewertet. Kennzahlen sind z.B: Maschinenlaufzeiten, Durchlaufzeiten, Reklamationsquoten o. Sonderfahrten. Die Kundenzufriedenheit wird über eine schriftliche Abfrage (CSAT-Wert) ermittelt. Eine weitere Kennzahl bilden die Lieferantenbewertungen.

Experte 2: Die klassischen Kennzahlen (Null-km-Fehler, Feldausfallrate, Inzidenzrate) der werkspezifischen Fertigungsprozesse werden überwacht und sind bei Anlagen, welche schon eine längere Laufzeit haben in der Regel im zulässigen Toleranzbereich. Unterschieden wird hierbei zwischen Tier 1 (Direktzulieferer) und Tier 2 (Zwischenhändler). Auffällig ist hier, so der Experte, dass die Zulieferfehler gehäuft vorkommen und diese schlecht zu minimieren sind. Die Qualität der Zulieferer muss besser werden. Die Kundenzufriedenheit wird hier ebenfalls über eine schriftliche Abfrage, allerdings auch teils mündlich ermittelt. Das Feedback der Mitarbeiter sei hier allerdings nicht immer positiv, da bei Mängeln unter anderem zu langsam reagiert wird.

Experte 3: Die Qualität wird mittels standardisierter Verfahren über geeignete Messsysteme (optische Prüfung) ermittelt. Die Dokumentation erfolgt teilweise händisch, teilweise digital über vorgefertigte Bögen und Messblätter (Parameter zur Herstellung sowie zur Qualität des

Produkts). Die Fehler- und Ausschussquote wird über den gleichen Weg ermittelt. Die Kundenzufriedenheit wird laut Experte mündlich abgerufen, da dies aufgrund der kleinen Anzahl an Projekten noch relativ überschaubar ist.

= Zusammenfassend lassen sich hier keine Besonderheiten bezüglich der Erfassungsinstrumente feststellen. Es wurde einheitlich festgestellt, dass alle drei Experten in Anbetracht der Unternehmensgröße ihre Qualitätskennzahlen auf ähnlichem Wege systematisch ermitteln.

4.3.2 Aktueller digitaler Reifegrad

Experte 1: Aktuell sind noch keine vernetzten Anlagen in Betrieb. Lediglich einige Druckmessgeräte sind via Wifi miteinander verbunden („Insellösung“). Wie bereits in Kap. 4.3.1 werden die Qualitätskennzahlen in einem ERP-System ermittelt. Andere unterstützende Systeme (bspw. MES, CAQ, IoT-Plattform) sind noch nicht in Betrieb. Während des Produktionsprozesses generierte Daten, welche mittels Sensorik (Druck und Temperatur) erhoben werden, werden aktuell offline abgespeichert und bis zu 15 Jahren archiviert. Zur Auswertung der erstellten Reports werden aktuell nur Notebooks, keine Tablets o. ä. eingesetzt.

Experte 2: Die Anlagen sind in einem LAN-Netzwerk miteinander verbunden. Vereinzelt sind auch sog. Insellösungen vorhanden, welche mittels Wifi miteinander verbunden sind; diese gehören allerdings zur Seltenheit. Auf der Systemseite kommt standartmäßig SAP-ERP zum Einsatz. Zudem sei an dieser Stelle das werkseigene (intern entwickelte) mächtige MES erwähnenswert (vgl. Kapitel 3.3.1), welches über eine sehr hohe „Traceability“ verfügt. Hier werden aktuell schon sehr viele fertigungsspezifischen Prozessdaten abgelegt. Des Weiteren werden schon vereinzelt Big-Data-Analysen (vgl. Kapitel 3.5) betrieben, welche jedoch noch nicht flächendeckend ausgereift sind. Die Qualität der Analysen sei an dieser Stelle ebenfalls kritisch zu bewerten, da der gesammelte „Data Lake“ noch wenig an verwertbaren Informationen beinhaltet. (Man ist an dieser Stelle schlicht mit der Masse an Daten überfordert). Standardisierte, im Laufe des Produktionsprozesses generierte Daten werden unterschiedlich, je nach Art (Einzelwerte, komplette Schraubkurven, Bilder) auf separaten Servern gesichert, da sonst aufgrund der Datenmenge das MES an seine Grenzen stoßen würde. Hierbei gibt es bezüglich der Dauer der Sicherung allerdings keine Vorgabe. Zur Auswertung der erhobenen Daten werden je nach Bedarf Desktop-PCs, Smartphones, digitale Monitore an der Linie o. auch Tablets verwendet.

Experte 3: Analog der Einschätzung von Experte 1 (Mittelstand) spielt auch hier die Vernetzung mittels IIoT-Systemen aufgrund der niedrigen produzierten Menge aktuell noch keine große Rolle. An den Anlagen befinden sich keinerlei Sensoren zur Datenerfassung.

Eine Softwarelösung zur Auswertung und Strukturierung der gesammelten Messdaten ist ebenfalls nicht vorhanden, da man wie gesagt noch einen sehr geringen Datenfluss hat. Vernetzte Arbeitsplätze hingegen sind vorhanden, sodass jeder auf den gleichen Datensatz zugreifen kann. Diese werden auch während des Fertigungsprozesses komplett einheitlich gesichert, bleiben allerdings komplett im Hause (keine Clouddauslagerung), da es sich teils um sehr sensible Kundendaten handelt (Stichwort Bundeswehr). Insgesamt befindet man sich, so der Experte, in einem „Mischprozess“, sodass sowohl digital als auch noch aufgrund der geringen Fertigungsanzahl und somit des geringen Datenflusses händisch auf Papier gearbeitet wird.

= Insgesamt decken sich die Aussagen der Experten mit den im theoretischen Teil der Arbeit dargelegten Erkenntnissen aus der aktuellen Forschung. Der Grad der Digitalisierung ist zum großen Teil abhängig von der Größe des Unternehmens und dem Datenfluss, welcher in der Produktion herrscht. Je komplexer die Vorgänge und je höher die Stückzahl der zu fertigen Teile ist, desto ausgeklügeltere Systeme bedarf es zur Wahrung der Qualität und zur Dokumentation und systematischen Analyse der Prozesse. Dennoch bringt es mittel- und langfristige einen hohen Mehrwert, seine Geschäftsprozesse Stück für Stück digital abzubilden, was im Laufe der weiteren Analyse der Interviews noch verdeutlicht wird.

4.3.3 Neue Aufgabenfelder

Experte 1: Im Laufe des nächsten Jahres wird mit dem Aufbau eines sog. Leitrechnersystems zur stationären Steuerung der Produktionsanlagen in Verbund mit einem externen CAQ-Modul (vgl. Kapitel 3.3.2) begonnen. Durch diese Maßnahme wird der Experte in der Lage sein, seine Produkte wirtschaftlich und vor allem rückverfolgbar zu produzieren. Des Weiteren wird das ERP-System weiterentwickelt, so dass man in den nächsten zwei Jahren auf eine Cloudlösung (vgl. Kapitel 3.4.1) wechseln kann. Die Pflege der eben aufgeführten neuen IT-Systeme (ERP, Leitrechner, CAQ, etc.) wird künftig als neues Aufgabenfeld auf die Mitarbeiter hinzukommen. Bisher mussten alle Reports, Datenblätter, Messreihen, Prüfpläne usw. manuell erstellt werden. Dies wird logischerweise mit der Implementierung neuer Systeme wegfallen und eine enorme Effizienz hinsichtlich der Prozesse mit sich bringen.

Experte 2: Das in Kapitel 4.3.2 angesprochene Big-Data Projekt, welches sich „Stand heute, noch in der „Erprobungsphase“ befindet, wird künftig mittels der IBM-Cloudlösung effizienter genutzt werden. Im Bereich Materialsteuerung läuft heute schon die elektronische Buchung mittels RFID-Chip automatisiert ab. Mittels Zugriff auf große Datenbanken lassen sich heute bereits versch. Datenquellen in Tableau verknüpfen, um somit ggf. Korrelationen zwischen elektr. Prüfungen und gewissen Bauteilchargen feststellen; dies nennt

der Experte als einen großen Vorteil, da dies vor ein paar Jahren nur händisch möglich war. Einen weiteren großen Nutzen sieht er in dem unternehmenseigenen mächtigen MES-System. Man muss heute nicht mehr direkt vor Ort an der Produktion tätig sein, um den Status seiner Anlagen hinsichtlich Fehler und Ausfallrate zu beurteilen. Hier lassen sich durch das System viel schneller Abweichungen erkennen, da man während des Prozesses automatische „Trigger“ setzen kann. Auch direkt auf dem Shopfloor wird durch die Digitalisierung einiges wegfallen. Beispiele hierzu sind zum einen digitale Fehlersammelkarten oder intelligente Tools zur FMEA-Unterstützung („IQ-FMEA“).

Experte 3: Da in den nächsten ein bis zwei Jahren voraussichtlich eine Kleinserie in die Fertigung gehen wird, werden hier selbstverständlich neue Aufgabenbereiche im Zuge der Implementierung neuer Systeme hinzukommen. An dieser Stelle wurde jedoch, aufgrund des aktuell noch in Planung befindlichen Zukunftsprozesses, noch nicht näher auf etwaige Systeme eingegangen. Klar ist allerdings, mit der Einführung neuer Produkte in Kleinserie muss die Produktion mittels IoT-Systemen aufgestockt werden.

= Mit der Einführung neuer Systeme in der Fertigung werden standartisierte Prozesse, welche bisher noch von Mitarbeitern durchgeführt wurden, künftig wegfallen. Die Pflege der künftig integrierten neuen IT-Systeme bleibt jedoch bei den Mitarbeitern, so dass hier keine Stellen ersetzt werden, sondern vielmehr neue Potentiale geschaffen werden. Dies birgt natürlich die Gefahr, dass Mitarbeiter, so die Experten, nicht ausreichend geschult werden und anfangs das Potential der Systeme nicht voll ausgeschöpft werden kann. Diese Zweifel sind durchaus legitim und decken sich mit dem aktuellen Forschungsstand aus der Theorie (vgl. Kap. 3.6.1)

4.3.4 Datenschutz/Datensicherheit

Experte 1: Die Mitarbeiter aus der IT werden in regelmäßigen Abständen in den Themen Datenschutz und Datensicherheit (BDSG & DSGVO) geschult. Gegen etwaige Hackerangriffe von außen ist man aktuell nicht in besonderem Maße geschützt. Standardmäßig kommt hier eine Firewall laut Sicherheitsvorgaben zum Einsatz.

Experte 2: Da der Bereich des Experten unter anderem auch für die Informationssicherheit zuständig ist, existiert an dieser Stelle ein sehr „ausgeklügeltes Regelwerk“ welches sich mit Fragen wie „Wie sichern wir unsere IT? Wer hat Zugriff auf die Netze? Wie realisiert man den Virenschutz? Welche Systeme kommen hier zum Einsatz?“ auseinandersetzt. Zur regelmäßigen Revision werden entsprechende Audits eingesetzt. Bezüglich Angriffen von außen ist man in dem Großunternehmen über eine Zentralabteilung geschützt, welche über diverse Sicherheitsstufen exakt koordiniert, wer auf welche Netze zugreifen darf.

Experte 3: An dieser Stelle ist das Unternehmen intern relativ breit aufgestellt, da das Team allgemein sehr IT-lastig ist. Hier werden interne Regelungen getroffen und Strukturen aufgebaut um zu gewährleisten, dass hier eine saubere Archivierung sowie Revisionierung stattfindet. Man versucht sich an dieser Stelle eng an Kollegen aus anderen Firmen zu orientieren, da diese beispielsweise mit hoch riskanten Daten der Bundeswehr arbeiten.

= Die Thematik der Datensicherheit/ des Datenschutzes spielt in allen Unternehmen egal welcher Größe eine zentrale Rolle. Spätestens seit der DSGVO wird sich intensiv damit auseinandergesetzt. Gerade im Zuge der Digitalisierung und der damit eingehenden Vernetzung erschließen sich hier ganz neue Aufgabenfelder auf.

4.3.5 Risiken in der Vernetzung und Bewertung der „VW Cloud“

Experte 1: Grundsätzlich wird das Risiko bezüglich der Vernetzung der Anlagen und der damit verbundenen Sicherung der Daten in einer Cloud eher gering eingeschätzt. Der Experte wünscht sich jedoch die Stationierung des Rechenzentrums in Deutschland. In der Abhängigkeit zwischen der Produktion und den dazugehörigen Informationsnetzen zur Koordination hingegen wird ein Risiko gesehen. Dies bezieht der Experte auf eine „Standalone“ Produktion, welche künftig nicht mehr möglich sein wird.

Die Zusammenarbeit von VW und AWS (offene IoT-Plattform zur Anbinde von vernetzten Systemen) wird als eine Chance gesehen. Durch die Cloud ermöglicht es VW, effizienter und flexibler zu arbeiten. Risiken werden hier keine gesehen, da VW als globales Unternehmen schon immer mit Abhängigkeiten seitens Lieferanten oder Partnerunternehmen gearbeitet hat.

Experte 2: Ein grundsätzliches Risiko bezüglich Angriffen besteht immer. In der Presse liest man öfters einmal, dass immer gewisse Sicherheitslücken gefunden werden können und sich somit Unbefugte Zutritt zu Produktionsdaten verschaffen. Der Experte bewertet dies jedoch weniger drastisch, da man sich hier immer die Frage stellen muss, was der Hacker mit den einzelnen Daten anfangen kann, wenn er Zugriff auf die Produktionsdaten bekommt. Gefährlicher würde es hier eher werden, wenn er auf die unternehmensinternen Server gelangen könnte. Man muss hier klar zwischen Produktions- und Hochsicherheitsdaten (bspw. neue Produkte, finanzieller Status) differenzieren. Ein weiterer Aspekt stellt hierbei der Grad der Komplexität der Vernetzung dar. Aktuell arbeiten ca. 10 Datenbanken im MES miteinander und je komplexer die Vernetzung desto schwieriger gestaltet sich bei Netzwerkstörung schlussendlich die Fehlersuche.

Die Volkswagen Industrial Cloud wird in ihrer Funktionsweise positiv bewertet, da der Experte in seinem Unternehmen ebenfalls auf alle Standorte weltweit zugreifen kann um somit

auf alle vernetzten Produktionssysteme zugreifen zu können. Die Stationierung der Server hingegen wird auch hier sehr kritisch betrachtet.

Experte 3: Aufgrund der im Normalfall vorgeschriebenen „Doppeltabsicherung“ sieht der Experte hier wenig bis gar kein Risiko in der Vernetzung. Jedoch sollte bei der Integration von IIoT darauf geachtet werden, funktionierende Systeme nicht durch ein komplett neues zu ersetzen („redundante Systeme“).

Bezugnehmend auf die Industrial Cloud äußert sich der Experte eher unbeeindruckt, da es sich hier um reines Monitoring der Prozesse handeln soll und dies sicherheitstechnisch eher unkritisch zu bewerten ist. (hier findet keine Prozesssteuerung statt)

= Ein Grundrisiko in Bezug auf Prozessdatensicherung in der Cloud ist deutlich erkennbar. Es bedarf einer klaren Differenzierung seitens der Sicherheitsstufe, welche Daten man online via Cloud sichert und welche rein intern auf Datenbanken offline abgelegt werden. Ferner wird die Vernetzung der Produktionssysteme einerseits als unproblematisch gesehen; auf die damit einhergehende Systemabhängigkeit (keine „stand-alone Produktion“) wurde im Laufe der Gespräche dennoch mit Nachdruck hingewiesen.

4.3.6 Potentiale in naher Zukunft

Experte 1: Wie bereits erwähnt, plant das mittelständische Unternehmen mittel- bis langfristig eine Vernetzung der Produktionsanlagen (Leitrechnersystem über LAN) mit den dazugehörigen Softwarekomponenten (MES; CAQ-Modul). Die größten Potentiale liegen hier in der effizienteren Arbeitsweise, der Reduzierung der Fehler durch Minimierung manueller Tätigkeiten (Tendenz wie bereits beschrieben hin zum Servicemitarbeiter), des besseren Controllings und der besseren Optimierung der Prozesse sowie der damit verbundenen Senkung der Kosten.

Experte 2: Als großer Automobilzulieferer werden hier schon erste kleinere IoT Projekte umgesetzt. Diese gilt es in Zukunft weiter zu optimieren. Gerade im Bereich der Datenanalyse mittels Big-Data Verfahren sieht der Experte großes Potential. Die Masse an Daten online live auf Abruf verfügbar zu haben, um somit im Falle eines Problems bei der Fehlersuche schnell zu reagieren und proaktiv einzugreifen. Ein weiterer Nutzen wird im digitalen Abbild einer Anlage („Digitaler Zwilling“) gesehen. So können komplette Wertstromketten einer Produktion, von der Logistik über die Zwischenlager bis in die Maschine und wieder zurück, digital abgebildet werden.

Experte 3: Grundsätzlich wird das Potential von IoT-Systemen hoch eingeschätzt. Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben braucht es allerdings eine gewisse Stückzahl an pro-

duzierten Teilen, damit so eine Lösung Sinn macht. Sobald in dieser Richtung Skalierungseffekte zu erkennen sind, ist es wichtig, Stück für Stück seine Produktion hinsichtlich der neuen aufkommenden Technologien anzupassen, da am Ende, so ist sich der Experte sicher, Zeit und vor allem auch Geld gespart wird.

4.3.7 Kernaussagen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Aussagen der Experten thematisch zusammengefasst und gegenübergestellt. Nachfolgend sind die wichtigsten Kernbotschaften/ Erkenntnisse nochmals kurz und prägnant nach ihrer Wichtigkeit (und vor allem Häufigkeit während den Gesprächen) aufgelistet.

1. Die Vernetzung der Produktionsanlagen mittels IoT-Systemen spart Zeit und Geld
2. Die durch die Vernetzung der Anlagen via IoT generierten Daten sind hinsichtlich Qualitätskennzahlen von enormem Mehrwert
3. Die Systeme agieren rein unterstützend und ersetzen nicht den Qualitätsmitarbeiter
4. Eine komplette Umstrukturierung des aktuellen Produktionssystems hin zu vernetzten Anlagen ist derzeit nicht rentabel (Insellösungen je nach Anwendungsfall sinnvoller)
5. Alle produktionsrelevanten Daten in eine Cloudumgebung miteinzubinden birgt ein hohes Risiko

4.4 Pilotprojekte aus der Fertigung

Während der Gespräche mit den Experten wurden abseits des klassischen Fragebogens noch einige interessante Pilotprojekte herausgearbeitet, welche gerade im Bereich der Qualitätssicherung von großem Mehrwert sind. Diese sollen nachfolgend ebenfalls der Einschätzung hinsichtlich des aktuellen digitalen Reifegrades in Bezug auf bereits integrierte I4.0 Anwendungen dienen:

4.4.1 Sensorgestützter Handschuh für Produktionsmitarbeiter

Hierbei handelt es sich um einen Ultraschallsender, welcher am Handgelenk des Mitarbeiters angebracht wird. Somit wird während des Fertigungsprozesses mithilfe geeigneter Sensorik überprüft, ob der Mitarbeiter in die richtige Kiste greift. Ist dies nicht der Fall, so sperrt das System komplett ab, so dass es erst überhaupt nicht zu Fehlern in der Fertigung kommen kann. Dies ist dahingehend vonnöten, da es sich hierbei um einen sehr komplexen und zugleich enorm wichtigen Fertigungsschritt handelt.

4.4.2 Digitaler Zwilling in der Fertigung

Aus der kurzen Vorstellung der Experten ist ersichtlich, dass Experte 3 neben seiner Position als Inhaber und Geschäftsführer zudem als Consultant im Bereich Digitalisierung tätig ist. Im Laufe des Gespräches kam folgendes Digitalisierungsprojekt, welches für die vorliegende Untersuchung durchaus interessant ist, zur Ansprache:

Für einen großen deutschen Automobilhersteller sollte eine komplette Fertigungsanlage digital in der Unternehmensdatenbank abgebildet werden. Somit soll es der Planung ermöglicht werden, eine komplette Montagelinie virtuell zu begutachten und zu prüfen, ob alle Fertigungsschritte berücksichtigt wurden.

4.4.3 Tablet-unterstützte Qualitätssicherung bei Spaltmaßen

Bei einem deutschen Automobilhersteller im Premiumsegment wurde in einem internen Workshop eine neue Methode zur besseren Visualisierung von Überschreitungen im Toleranzbereich von Spaltmaßen entwickelt. Hierbei wird der Produktionsmitarbeiter schon während des Montageprozesses mit einem Tablet ausgestattet, welches ihm ermöglicht, visuell dargestellt (farblich markiert) Überschreitungen der zulässigen Toleranzgrenze (Millimeterbereich) zu erkennen und direkt zu beheben. Somit wird der Fehler schon in der Montage und nicht erst in der Nachkontrolle erkannt und behoben.

4.5 SWOT-Analyse

Nachdem im theoretischen Teil der Arbeit zunächst die technischen Aspekte bezüglich der Umsetzung solcher IIoT-Systeme herausgearbeitet sowie die aktuelle Marktlage und Potentiale analysiert wurden, folgt nun auf Basis der Auswertung der Experteninterviews eine Einordnung hinsichtlich den Stärken sowie Schwächen der befragten Unternehmen unterschiedlicher Größe in Bezug auf die Chancen und Risiken auf dem „digitalen Markt“. Es wird der Versuch unternommen, diese, im Gegensatz zu einer klassischen SWOT-Analyse bezogen auf ein einziges Unternehmen, in abgewandelter Form darzustellen.

4.5.1 Durchführung

Als interne Stärken wurden folgende Faktoren ermittelt:

1. Ausreichend Erfahrung in der IT
2. Teilweise schon komplexe Fertigungssysteme
3. Datenpool zur Analyse bereits vorhanden

4. Teilweise schon Vernetzung vorhanden
5. Management als Treiber für Digitalisierung
6. Qualitätsmanagement sieht großes Potential

Als interne Schwächen wurden folgende Faktoren ermittelt:

1. Fehlende Mitarbeiterschulung
2. Teilweise fehlendes Kapital
3. Betriebsrat hat Vorbehalte gegenüber Datenerfassung
4. Fehlende Interoperabilität der Systeme
5. Angst vor neuen, unerprobten Systemen

Als externe Chancen wurden folgende Faktoren ermittelt:

1. IoT-Lösungen teilweise kostengünstig realisierbar
2. Etliche Anbieter am Markt vorhanden
3. Verschiedene servicebasierte Bezahlmodelle
4. Für jede Schnittstelle passendes Gateway
5. Potential für Weiterentwicklung dank offener Plattform
6. Transparenz der Prozesse fertigungs- und werksübergreifend
7. Auslagerung von Daten/Prozessen in die Cloud
8. Einsparung von Hardwareressourcen

Als externe Risiken wurden folgende Faktoren ermittelt:

1. Risikolücken bei Auslagerung von Daten
2. Internes Knowhow gerät an Plattformanbieter
3. Ungeklärte IP-Rechte (geistiges Eigentum)
4. Hohe Folgekosten bei falscher Integration
5. Gesamte IoT noch nicht standartisiert nutzbar
6. Technologien teilweise noch in der Entwicklung

Im Idealfall ergeben sich möglichst viele Überschneidungen bezüglich der internen Stärken der untersuchten Unternehmen mit den externen Chancen auf der Marktseite. Je mehr Berührungspunkte hier vorliegen, desto besser ist das Unternehmen hier aufgestellt bzw. auf die Integration neuer Systeme vorbereitet. Treffen analog Marktchancen auf interne Schwächen, so muss hier ebenfalls eingegriffen werden.

Derselbe Fall besteht auf Risikoseite: Im Optimalfall werden die Risiken frühzeitig identifiziert und durch unternehmenseigene Stärken abgefangen. Sollte es im schlechtesten Falle auf beiden Seiten keine Überschneidungen geben, muss das Unternehmen an dieser Stelle proaktiv eingreifen, und das Thema angehen.

		Extern							Intern						
		Chancen							Risiken						
		IoT-Lösungen teilweise kostengünstig realisierbar	Etlliche Anbieter am Markt vorhanden	Verschiedene servicebasierte Bezahlmodelle	Für jede Schnittstelle passendes Gateway	Potential für Weiterentwicklung dank offener Plattform	Transparenz der Prozesse fertigungs- und werksübergreifend	Auslagerung von Daten/Prozessen in die Cloud	Einsparung von Hardwareressourcen	Risikolücken bei Auslagerung von Daten	Internes Knowhow gerät an Plattformanbieter	Ungeklärte IP-Rechte (geistiges Eigentum)	Hohe Folgekosten bei falscher Integration	Gesamte IoT noch nicht standardisiert nutzbar	Technologien teilweise noch in der Entwicklung
Stärken	Ausreichend Erfahrung in der IT		X		X	X				X			X	X	X
	Teilweise schon komplexe Fertigungssysteme	X			X									X	X
	Datenpool zur Analyse bereits vorhanden	X	X		X	X			X		X				
	Teilweise schon Vernetzung vorhanden		X			X									
	Management als Treiber für Digitalisierung	X		X		X	X	X	X				X	X	
	Qualitätsmanagement sieht großes Potential		X			X	X						X		
Schwächen	Fehlende Mitarbeiterschulung								X					X	
	Teilweise fehlendes Kapital	X		X					X	X			X		
	Betriebsrat hat Vorbehalte gegenüber Datenerfassung						X				X		X		
	Fehlende Interoperabilität der Systeme		X		X	X							X		X
	Angst vor neuen, unerprobten Systemen					X	X						X		

Tabelle 3: SWOT-Matrix

Quelle: eigene Darstellung

4.5.2 Handlungsempfehlungen

Aus der in Kapitel 4.5.1 durchgeführten Analyse in Tabelle 3 haben sich einige unternehmensinternen Überschneidungen mit den am Markt vorliegenden Chancen und Risiken ergeben. Bei genauer Betrachtung heben sich folgende, besonders wichtige Faktoren hervor:

Auf Unternehmensebene liegen die größten **Stärken** zum einen in der Menge an Daten, welche die Produktion bereits heute generiert und zum anderen in dem Management des Unternehmens, welches die vorangehende Digitalisierung aus ihrer Position heraus voran-

treiben möchte. Mit deren Hilfe und den schon bereits heute teilweise vorhandenen komplexen Fertigungssystemen lassen sich ideal die auf dem Markt vorhandenen Plattformen einbinden. Nun gilt es ausreichend Überzeugungsarbeit zu leisten, um weiter auf das große Potential der Weiterentwicklung und der ständigen Verbesserung dank offener Plattformstruktur aufmerksam zu machen, um eine durchgängige, werksübergreifende Transparenz in den Prozessen zu schaffen.

Eine der größten **Chancen** auf dem Markt liegt in der Masse der Anbieter. Somit ist gewährleistet, dass jedes Unternehmen, egal welcher Größe und Branche, einen geeigneten Plattformanbieter findet, welcher zur werksinternen Fertigungsstruktur passt. Ferner bieten die einzelnen Plattformen, wie bereits erwähnt, dank ihrer offenen Systemarchitektur großes Potential für Weiterentwicklungen seitens der Firmen sodass die aktuellen Softwaremodule jederzeit miteingebunden und weiter ausgebaut werden können.

Auf der anderen Seite treffen ausgemachte **Marktrisiken** auf interne Stärken der Unternehmen. Somit lassen sich bereits heute durch langjährige Erfahrung seitens der IT die Folgekosten durch fehlerhafte oder mangelnde Integration neuer Systeme minimieren. Aus den Gesprächen mit den Experten ergab sich an dieser Stelle, dass neuartige Softwarelösungen, in diesem Falle IoT-Plattformlösungen, anfangs an der kleinsten Baureihe getestet werden und nicht sofort in die laufende Fertigung integriert werden. Zudem besteht heute bereits die Möglichkeit, Software vorab am Computer an einem digital abgebildeten Zwilling der Anlage hinsichtlich der Funktionsweise zu testen. Hierbei darf jedoch unter all den Möglichkeiten und Potentialen das Risiko der Sicherheitslücken in der Auslagerung von Daten nicht unterschätzt werden und sollte dieses auch offen ansprechen. Diesen Faktor gilt es im Laufe der weiteren Entwicklung so gering wie möglich zu halten; eliminieren lässt sich nach heutigem Stand der Technik das Risiko allerdings nicht komplett, so dass an dieser Stelle weiterhin einer der größten Zweifel bestehen bleibt.

Die größten **Schwächen** der betrachteten Unternehmen liegen zu großen Teilen in der fehlenden Schulung / des fehlenden Knowhows der Mitarbeiter zur Bedienung neuer Service-systeme. Ebenso stellt die mangelnde Interoperabilität der aktuell verwendeten Systeme derzeit noch eine große Gefahr dar. Durch die Masse an vorhandenen IoT-Gateways (passende Schnittstellenanbindung) kann im besten Falle Abhilfe geschaffen werden, jedoch besteht hier Stand heute noch großer Nachholbedarf.

5 Schluss

5.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Vernetzung komplexer Produktions- und Fertigungsanlagen mittels Integration von IIoT-Plattformen in Unternehmen unterschiedlicher Größe. Ein wesentlicher Aspekt hinsichtlich des Nutzens in Bezug auf die Größe der Fertigung hat sich nicht bewahrheitet. Es wurde angenommen, dass es für Klein- und Mittelstandsunternehmen mittelfristig aufgrund des zu hohen Aufwands sowie zu hoher Kosten nicht rentabel ist, deren Produktion digital zu transformieren. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass es durchaus kostengünstige, smarte Insellösungen gibt, welche auch kleine Unternehmen, trotz geringem Fertigungsvolumen effektiv und gewinnbringend integrieren können.

Ferner ist zu prüfen, ob es für Großunternehmen mit bereits heute komplexer, teils vernetzter Fertigungssysteme sinnvoll ist, das komplette System an die auf dem Markt vorhandenen IIoT-Plattformlösungen anzubinden. Die Expertengespräche haben gezeigt, dass auch große Konzerne gut beraten sind, bei der Einführung neuer Systeme schrittweise vorzugehen und nur Teilmodule eines CAQ oder MES in die Plattformlösung zu integrieren.

Es ist daher empfehlenswert, vor dem Entschluss zur Implementierung eines IIoT-Systems oder einzelner Module, eine Stakeholderanalyse aller Beteiligten durchzuführen und zu prüfen, welches Modul wie eingebunden werden soll. Ferner sollte man sich überlegen, welche Cloud für welche Art von Daten genutzt werden soll, um somit das Risiko des Datenverlustes durch interoperabilitäre Systeme oder Eingriffe Dritter möglichst gering zu halten.

Wenn diese Punkte berücksichtigt werden, und eine Entscheidung für eine IIoT Anbindung gefällt wurde, sollte sichergestellt sein, dass die Umstellung von möglichst vielen daran beteiligten Mitarbeitern als positiv wahrgenommen wird. Dies ist u.a. durch geeignetes Training und Mitarbeiterschulungen zu erreichen. Hierdurch wird den betroffenen Mitarbeitern die Angst genommen, möglicherweise überflüssig zu werden oder mit den neu eingeführten Systemen nicht mehr zurecht zu kommen.

Um den Kern der Untersuchung wieder auf die abschließende Beantwortung anfangs angeführter Forschungsfragen zu richten, lässt sich mit positivem Ergebnis feststellen, dass bereits zum jetzigen Stand der Untersuchung vereinzelt Pilotprojekte zur Unterstützung in der Fertigung eingesetzt und weiterentwickelt werden. Die appunterstützte Farberkennung von Normabweichungen bei Spaltmaßen sowie der sensorgestützte Handschuh zur besseren

Kontrolle und Gewährleistung der Prozessqualität lassen in Bezug auf die Qualitätssicherung und der damit verbundenen Potentiale durch die IoT hoffnungsvoll in die Zukunft blicken.

5.2 Ausblick

Um die forschungsleitenden Fragen und die damit verbundenen Problemstellungen im Einzelfall zu beantworten bedarf es einer konkreten Ist-Analyse der einzelnen Produktions- und Geschäftsprozesse im Unternehmen. Dies könnte im Rahmen einer weiterführenden Masterthesis sowie eines unternehmensinternen Projektes mit Stakeholdern unterschiedlicher Abteilungen realisiert werden.

Im Anschluss an die Analyse ist auf Grundlage der Ergebnisse zu bewerten, an welcher Stelle passende Module aus dem Bereich IIoT nach und nach implementiert werden. Somit soll während der Umstellung ein reibungsloser Ablauf der gesamten Geschäftsprozesse gewährleistet werden. Transformierte sowie nicht transformierte Prozesse müssen weiterhin einen harmonisierten Daten- sowie Informationstransfer zulassen.

Weiterhin ist zu prüfen, wie sich der Trend hinsichtlich Standardisierung von Hardware und Software Schnittstellen entwickeln wird. Hierzu können Recherchen bei verschiedenen Normungsorganisationen wie des Deutschen Instituts für Normung (DIN), der International Standard Organisation (ISO) oder des American National Standards Institute (ANSI) erfolgen. Daraus lassen sich ebenfalls Rückschlüsse ziehen, welche zukünftigen Systeme für ein Unternehmen relevant sein könnten.

Es ist heute bereits absehbar, dass sich der Trend hin zu weiterer Vernetzung von Produktionssystemen verstärken und es daher weitere Anbieter am Markt geben wird, was zu einer grösseren Diversifizierung führen wird und es daher schwieriger wird für ein Unternehmen, sich zu orientieren.

Andererseits führt diese Diversifizierung zu einem Kostendruck seitens der Anbieter, welcher sich günstig auf die zukünftige Investition eines Unternehmens auswirken wird. Es ist weiterhin denkbar, dass lokale Rechenzentren, zum Teil von Städten und Kommunen betrieben, Clouddienste inklusive Beratung anbieten. Beratungen werden sicherlich auch von ortsansässigen Industrie- und Handelskammern angeboten werden, um lokalen Firmen den Zugang zu IoT Systemen zu erleichtern.

Anlageverzeichnis

Interviewleitfaden

Ehrenwörtliche Erklärung:

Vertraulichkeitserklärung zur Erhebung und Verarbeitung personenbezogener
Interviewdaten

Quellenverzeichnis

- Andelfinger, P., Hänisch, T. (Hg.) (2017): Industrie 4.0 – wie cyberphysische Systeme die Arbeitswelt verändern, Wiesbaden.
- Atteslander, P. (2010): Methoden der empirischen Sozialforschung, Berlin.
- Bartevyan, L. (2015): Industrie 4.0 oder Advanced Manufacturing, in: *messtec drivers Automation*, <https://www.md-automation.de/themen/automation/industrie-40-oder-advanced-manufacturing> (Aufgerufen: 12.09.2019)
- Becker, W., Ulrich, P., Botzowski, T. (2017): Industrie 4.0 im Mittelstand, Best Practices und Implikationen für KMU, in Becker, W., Ulrich, P. (Hg.): Management und Controlling im Mittelstand, Wiesbaden
- Bortz, J., Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human -und Sozialwissenschaftler, Heidelberg
- Bortz, J., Döring, N. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften, Heidelberg, Berlin
- Bosch Connected Industry (o. V.): Nexeed Production Performance Manager – Condition Monitoring für eine ganzheitliche Maschinenüberwachung (o. J.); <https://www.bosch-connected-industry.com/connected-manufacturing/nexeed-production-performance-manager/condition-monitoring/> (Aufgerufen am 18.10.2019)
- Bosch IoT Suite (o. J.) : One open IoT platform for all business domains, <https://www.bosch-iiot-suite.com>, (Aufgerufen am 25.09.2019)
- Bumiller, H., Burgmaier, M., et. al. (2016): Fachkunde Elektrotechnik, Haan-Gruiten
- Burger, A., Lang, A., Müller, Y. (2017): Mögliche Veränderungen von System-Architekturen im Bereich der Produktion, in: Hänisch, T. (Hg.): Industrie 4.0 – Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern, Wiesbaden.
- Contorion Webshop: Digitalkamera, <https://www.bader.de/shop/product/digital-kamera-18615-000>
- De Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M., (2014): What is big data? A Censensual definition and a review of key research topics, https://www.researchgate.net/publication/265775800_What_is_Big_Data_A_Censensual_Definition_and_a_Review_of_Key_Research_Topics , (Abgerufen am 30.08.2019)
- Dumbill, E. (2013): Making Sense of Big Data, In: Big Data, Volume 1
- Feldmann, S., Lässig, R., Herweg, O. (2017): Studie Roland Berger GmbH: Predictive Maintenance. – Service der Zukunft - und wo er wirklich steht, München, <https://www.vdma.org/documents/105806/17180011/VDMA+Predictive+Maintenance+deutsch.pdf/1ebbb093-739e-43ff-a30a-2a75e7aa1c22> (Aufgerufen am 18.10.2019)
- Forcam Inc. (2019): How to Connect traditional MES to modern Industrial IoT Platform; Unternehmenspräsentation: https://www.youtube.com/watch?v=Oe5XKut9D_Q (aufgerufen am 20.09.2019)

Quellenverzeichnis

- Hill, J. (2016): FAQ Predictive Maintenance; Intelligente Wartung per IoT in der Industrie 4.0, in: Computerwoche – Voice of Digital, <https://www.computerwoche.de/a/intelligente-wartung-per-iot-in-der-industrie-4-0,3313377>, (Aufgerufen am 15.09.2019)
- Hügler, J., Fechteler, M., (2017): Big Data, in: Reinhart, G. (Hg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Technik, Prozesse, München
- IMB Cloud (o. J.): IMB Cloud ist die Cloud für smarte Unternehmen , <https://www.ibm.com/de-de/cloud> (Aufgerufen am 25.09.2019)
- Kiem, R. (2016): Qualität 4.0. QM, MES und CAQ in digitalen Geschäftsprozessen der Industrie 4.0, München
- Kletti, J., Deisenroth, R.,(2019): MES-Kompandium, Ein Leitfaden am Beispiel von HYDRA, 2. Auflage, Berlin.
- Kromney, H., Roose, J., Strübing, J. (2016): Empirische Sozialforschung, Konstanz, München
- Lackes, R. (o. J.): CAQ – Ausführliche Definition, in: Gabler Wirtschaftslexikon, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/caq-28660>, (Aufgerufen am 25.10.2019)
- Laney, D., (2001): 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety, META Group, Stamford, <https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>, (Abgerufen am 30.08.2019)
- Lasi, H., H.-G. Kemper, P. Fettke, T. Feld., Hoffmann, M. (2014): Industrie 4.0 -in: *Wirtschaftsinformatik* S.261-264
- Luber, S., Litzel, N. (2017): Definition, Was ist ein cyberphysisches System?, in: Big Data Insider, <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-cyber-physisches-system-cps-a-668494>
(Aufgerufen am 17.10.2019)
- Matthews, S., Parikh, D., IBM, Arellano, F., National Instruments (2015) in: Condition Monitoring & Predictive Maintenance Testbed; externer Foliensatz der Experten; <https://www.iiconsortium.org/>;
(Aufgerufen am 15.10.2019)
- Mauerer, J. (2019): Begriffe rund um vernetzte Produktion – Was ist was bei Industrie 4.0?, in: Computerwoche Voice of Digital, <https://www.computerwoche.de/a/was-ist-was-bei-industrie-4-0,3313199,3> , (Aufgerufen am 23.10.2019)
- Meffert, H., Bruhn, M., Hadwich, K. (2018): Dienstleistungsmarketing. Grundlagen – Konzepte – Methoden, Wiesbaden.
- Mell, P., Grance, T. (2011): Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, in: The NIST Definition of Cloud Computing, Special Publication 800-145, US Department of Commerce, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
(Aufgerufen am 22.09.2019)
- MHP Management- und IT Beratung GmbH (2019): MES-Funktionen als Bausteine einer IIoT-Plattform, in: IT & Production Online – Das Industrie 4.0-Magazin für erfolgreiche Produktion,

Quellenverzeichnis

<https://www.it-production.com/industrie-4-0-iot/closed-loop-manufacturing/> (aufgerufen am 19.09.2019)

Microsoft (2013): The Big Bang: How the Big Data Explosion Is Changing the World, In: Microsoft News Center, <https://news.microsoft.com/2013/02/11/the-big-bang-how-the-big-data-explosion-is-changing-the-world/>

,(Abgerufen am 29.08.2019)

Microsoft Azure (o. J.): Was ist Azure?, <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-azure/>, (Aufgerufen am 25.09.2019)

Nagel, M., Mieke, C. (2014): BWL-Methoden. Handbuch für Studium und Praxis, Konstanz, München.

Nägele, V. (o. J.): Was ist die AWS Cloud?, in: cloudmag, <https://www.cloud-mag.com/was-ist-aws-cloud/> (Aufgerufen am 22.09.2019)

o. V. (o. J.): Industrie 1.0 bis 4.0 – Industrie im Wandel der Zeit, in: industrie-wegweiser, <https://industrie-wegweiser.de/von-industrie-1-0-bis-4-0-industrie-im-wandel-der-zeit/> (Aufgerufen am 20.09.2019)

o. V. (o. J.): MES – Begriff und Historie, in: MES-Matchmaker, <http://www.mes-matchmaker.com/mes-wissen.html>, (Aufgerufen am 20.08.2019)

o. V. plattform-i4.0 (o. J): Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Plattform/Hintergrund/hintergrund.html>, (Aufgerufen am 27.09.2019)

o.V. Bosch Rexroth Kundenpräsentation (2019): ODIN (online diagnostic network)

Pardo-Escher, O. (1997): Methodische Grundlagen der MTO-Analyse, in Strohm, O., Ulrich, E. (Hg.): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten: ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation, Zürich.

Pfeifer, T., Schmitt, R. (Hg.) (2014): Computer-Aided Quality Assurance, in: Masing Handbuch Qualitätsmanagement, o. O.

Pötter, H.; (o. J.): Trendthemen Cyber Physical Systems, in: Fraunhofer izm-blog, <https://www.izm.fraunhofer.de/de/trendthemen/cyber-physical-systems.html> (Aufgerufen am 19.09.2019)

Reichenberger, M., (2018): IoT im Zusammenhang von Interoperabilität, Echtzeitanwendungen, Architekturen und sozialer Akzeptanz, in: Digitale Welt Magazin , <https://digitaleweltmagazin.de/2018/03/06/iot-im-zusammenhang-von-interoperabilitaet-echtzeitanwendungen-architekturen-und-sozialer-akzeptanz/> , (Aufgerufen am 23.10.2019)

Reinhart, G. (Hg.), Zühlke, D., Von CIM zu Industrie 4.0 (2017), in: Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik, München.

Reinhart, G., Niehues, M. (2017): Organisation, Qualität und IT-Systeme für Planung und Betrieb, in: Reinhart, G. (Hg.) Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik, München.

Quellenverzeichnis

Schawel, C., Billing, F. (2018): Top 100 Management Tools. Das wichtigste Buch eines Managers von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung, Wiesbaden.

Schmitt, R. H., Permin, E., Groggert, S., Niendorf, L., Ellerich, M., Elser, H., Ngo, H., Heinrichs, V., Frank, D., Türtmann, R., Kostyszyn, K. (2017): Qualität und IT, in: Reinhart, G. (Hg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik, München.

Seufert, T., (2019): Online-Lernplattform für die digitalisierte Arbeitswelt, in: Maschinenmarkt: Digitaler Boost für die Fertigung; 23. April 19

Steinhoff, C. (2016): Aktueller Begriff – Industrie 4.0, in: Wissenschaftliche Dienste Nr.23/16, Deutscher Bundestag, Berlin.

Theisen, M. (2013): Wissenschaftliches Arbeiten. Erfolgreich bei Bachelor- und Masterarbeit, München.

VDI Richtlinie 5600 Blatt 1(2007): Fertigungsmanagementsysteme Manufacturing Execution Systems (MES). Band ICS 35.240.50., Beuth, Berlin.

Vermin, S., Reinhart, G., Bengler, K. (2017): Qualifizierung des Produktionsmitarbeiters in der Industrie 4.0, in: Reinhart, G. (Hg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Technik, Prozesse, München

Anhang

Einstiegsfragen:

- 1) Seit wann sind Sie für ihr Unternehmen tätig?
- 2) Was genau ist Ihre Position im Unternehmen?
- 3) Was gehört zu Ihrem Aufgabenbereich?

Schlüsselfragen:

- 4) Wie erfassen/beurteilen Sie bisher die Qualität in Ihrem Unternehmen (Beispielsweise Prozesse, Fehler, Kundenzufriedenheit)?

Haben Sie schon auf IoT umgestellt. Sind Sie schon am Digitalisieren ihrer Geschäftsprozesse/ Produktionsprozesse?

- 5) Welche Aspekte der Industrie 4.0 treffen auf Ihr Unternehmen zu? Inwiefern wird das Potential von Big Data ausgeschöpft?
 - Cloudlösungen
 - Sensoren die an die Anlage angebunden sind
 - Untereinander vernetzte Anlagen
 - Prozesse im IoT-System integriert (digitalisiert)
 - Messdaten im Produktionsprozess erfassen und auswerten (Big Data)

Nutzen Sie IoT Systeme in der Produktion? Wenn ja, welche?

z.B.: Cloudlösungen wie „Amazon Web Services“, „Google Cloud“ IoT Platform, „IBM Watson“ IoT Platform, Siemens „MindSphere“, QM Software wie z.B.: CAQ-System o. Manufacturing-Execution-System

- 6) Sind Ihre Produktionsanlagen in einem Netzwerk untereinander vernetzt? Wenn ja, wie? (z.B.: Bluetooth, LAN, WiFi, LoRaWAN) -> Falls nein, ist es in Ihrem Unternehmen in naher Zukunft vorstellbar?
- 7) Welche Aufgabenfelder sind hierdurch dazu gekommen/fallen künftig weg?
 - z.B.: Manuelle Auswertung der Daten, manuelle Erstellung von Reports, Ursachenanalyse...
- 8) Welche klassischen „Werkzeuge“ des QM nutzen Sie weiterhin?
 - z.B.: Fehlersammelkarte, klassisches Audit, FMEA, ...
- 9) In wieweit werden Sie in punkto Datensicherheit geschult/aufgeklärt (Thema Datenqualität)

Anhang

- 10) Wie werden die gesammelten Daten ausgewertet? Werden diese direkt live (online) ausgewertet oder offline abgespeichert/zwischengespeichert?
- 11) Werden alle Daten gesichert oder nur die für Sie relevanten Kennzahlen (Daten die auf eine Abweichung des Produktionsprozesses hindeuten)
- 12) Welche technische Hardware nutzen Sie oder Ihre Mitarbeiter in der Produktion zum Auswerten der erstellten Reports, speziell zur Erfassung der Maschinendaten (Auslastung, Fehleranalyse,..) (Bspw. Tablets)
- 13) Gibt es spezielle Softwarelösungen, mit denen Sie die gesammelten Mess- und Produktionsdaten filtern und strukturieren?
- 14) Eine Frage zu Risiko: Sehen Sie eine gewisse Risikolücke Daten in einer Cloud abzulegen?
- 15) Sehen Sie ein gewisses Risiko in der Vernetzung komplexer Produktionssysteme und Maschinen miteinander?
- 16) Haben Sie gewisse Sicherheitsstandards in Ihrer vernetzten Produktion, um sich ggf. vor außenstehenden Angriffen zu schützen? Haben Sie hier vielleicht spezielle IT-Experten in Punkto „Hackerangriffe“?
- 17) Der VW-Konzern hat jetzt in kürzester Zeit die zweite Zusammenarbeit mit einem amerikanischen Software-Riesen angekündigt: Vor einigen Monaten die Kooperation mit Microsoft zur „Automotive Cloud“ und nun die Offensive mit Amazon Web Services (AWS) zum gemeinsamen Ausbau zur „Volkswagen Industrial Cloud“ – Wie bewerten Sie dies? Sehen Sie hier gewisse Risiken?
- 18) Wie bewerten Sie den Kosten/Nutzenfaktor hinsichtlich der Umstellung auf IIoT-Systeme (Digitalisierung der Produktions-/Geschäftsprozesse; Umrüstung der Anlagen; Umschulung der Mitarbeiter ggf.; Komplette Vernetzung des gesamten Produktionssystems...)
- 19) Abschließend: Was ist für die nächsten Jahre hinsichtlich IoT geplant in Ihrem Unternehmen? Wo sehen Sie das größte Potential?

**Vertraulichkeitserklärung zur Erhebung und Verarbeitung
personenbezogener Interviewdaten**

Forschungsprojekt: **Bachelorthesis zum Thema „Digitaler Wandel im Qualitätsmanagement – Unterstützung für QM/QS durch die Integration von IIoT-Systemen“**

Projektleitung: Jannis Lukas Fischer

Interviewerin/Interviewer: Jannis Lukas Fischer

Interviewdatum: Oktober 2018

Hiermit versichere ich, Jannis Fischer, dass ich die von Ihnen erhaltenen Informationen vertraulich behandle und alle personenbezogenen Daten zu Ihnen und Ihrem Unternehmen in meiner Thesis nur anonymisiert aufführe, sodass diese nicht im Nachhinein auf Sie zurückzuführen sind. (Unternehmen X in der Branche Y ; Experte 1)

Ort, Datum, Unterschrift

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Wörtlich übernommene Sätze und Satzteile sind als Zitate belegt, andere Anlehnungen hinsichtlich Aussage und Umfang unter Quellenangabe kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.“

(Ort/Datum)

(Name)