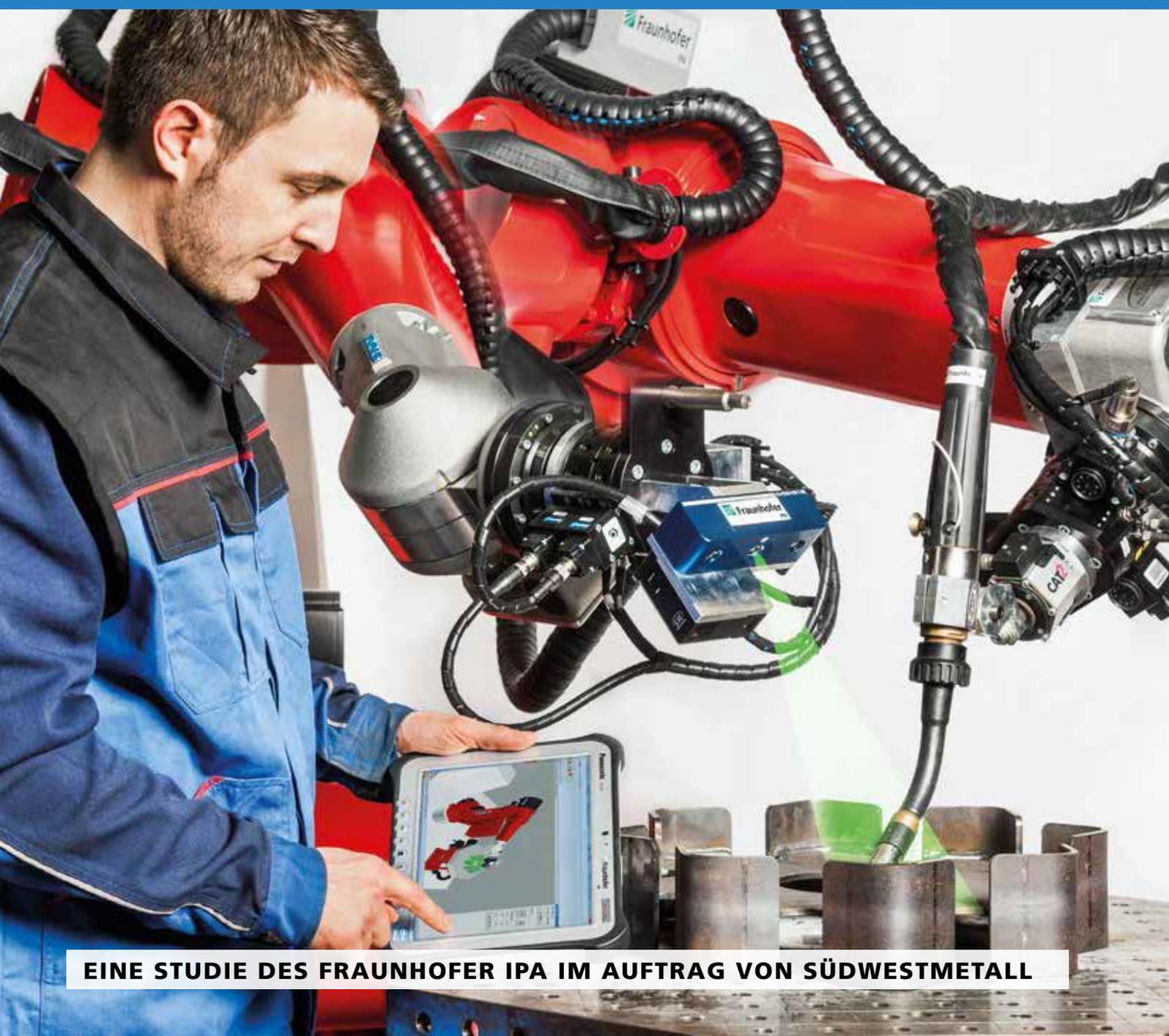


DIGITALISIERUNG IM MITTELSTAND – ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN



EINE STUDIE DES FRAUNHOFER IPA IM AUFTRAG VON SÜDWESTMETALL

DIGITALISIERUNG IM MITTELSTAND – ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Einfluss der Digitalisierung auf kleine und mittelständische Unternehmen
der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg

VORWORT



Peer-Michael Dick
Hauptgeschäftsführer Südwestmetall
Verband der Metall- und Elektroindustrie
Baden-Württemberg e. V.

Die gute Nachricht: Die Stärken der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg und Deutschland ergeben sich aus der hohen Auslandsorientierung und festen Einbindung in internationale Produktionsnetzwerke sowie einer hohen Wissensorientierung und Innovationsneigung. Es zeichnen sich jedoch erste Warnzeichen ab, die sich schon heute am Trend sinkender Produktivitätszuwächse in Baden-Württemberg zeigen.

Die noch bessere Nachricht: Die industrielle Digitalisierung versetzt uns in die Lage, anspruchsvollere Produkte zu attraktiven Preisen herzustellen. Damit werden sich mehr Menschen diese Produkte leisten können. Das wiederum wird zu mehr Produktion führen. Und das kann mehr Beschäftigung bringen und dazu beitragen, den Wohlstand zu halten.

Wo ist nun der Haken? Während vor allem große Unternehmen mit Elan die Digitalisierung vorantreiben, verhält sich der Großteil der kleinen und mittleren Unternehmen bisher noch abwartend. Dieses ist zunächst den unsicheren Prognosen und den zumeist wenig greifbaren Aussagen geschuldet. Zudem fehlen angepasste und pragmatische Handlungsempfehlungen. Dieses hat zur Folge, dass das Potenzial stark unter-, aber teilweise auch überschätzt wird.

Die Ziele der Studie wurden daher wie folgt definiert: Erstens ging es um die beispielhafte Ermittlung des Status quo der Produktionsprozesse (welches Verständnis und welcher industrielle Reifegrad zur Digitalisierung sind vorhanden). Zweitens wurden die Anforderungen analysiert (welche digitalen Anwendungen sind überhaupt sinnvoll und auch realisierbar). Auf dieser Basis wurden drittens Entscheidungsgrundlagen abgeleitet und Handlungsempfehlungen entwickelt (was sollte wann warum und wie gemacht werden, um zukunftsfähig zu bleiben).

Mit den Ergebnissen dürfen wir uns nicht zufrieden geben. Es ist aber gut zu sehen, wie viel sich doch schon bewegt!

An dieser Stelle gilt mein herzlicher Dank den Unternehmen, die sich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen. Und nun wünsche ich allen Leserinnen und Lesern eine aufschlussreiche Lektüre.

Peer-Michael Dick

Innovationsfähigkeit und Schnelligkeit in der Umsetzung sind Kernkompetenzen, die unserer Gesellschaft zukünftig den Wohlstand sichern, weil sie reale und nachhaltige Werte schaffen.

Auf der einen Seite ermöglicht die intelligente Vernetzung und Interaktion von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie neue Optimierungsmöglichkeiten, wie etwa die Produktivitätssteigerungen ganzer Wertschöpfungsketten. Auf der anderen Seite eröffnen sich Möglichkeiten für radikale Neuerungen in den Geschäftsmodellen. Unternehmen können ihre Produkte auf ganz neue Weise anbieten oder zusätzlichen Kundennutzen durch Mehrwertservices über den Produktlebenszyklus hinweg erzeugen.

Häufig ist noch zu hören, dass die digitale industrielle Transformation ein Thema für die großen Konzerne sei. Der Mittelstand könne hier auf der Kapitalseite nicht mitspielen. Das Konzept »use it but do not own it« veranschaulicht jedoch exemplarisch, dass – egal wie groß ein Unternehmen ist – Software und Infrastruktur nicht mehr gekauft werden muss, sondern lediglich die Nutzung zu zahlen ist. Damit schließt sich die Performancelücke.

Die hier vorliegende Studie zeigt, wie sich Unternehmen, stellvertretend für den Mittelstand der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg, gegenüber den Veränderungen, die mehr Chancen als Risiken bieten, aufstellen. Sie zeigt, dass die Digitalisierung für die zukünftige strategische Ausrichtung relevant ist, dass Digitalisierungsprojekte vor allem die Produktionsbereiche betreffen und dass digitale Zusatzangebote noch in den Kinderschuhen stecken. Aber die wichtigste Botschaft lautet: Es tut sich was. Es wurde erkannt, dass die digitale Veränderung nicht eine Frage des Ob, sondern lediglich eine Frage des Wann ist.

Nutzen Sie die Ergebnisse und Erkenntnisse als Impuls und Inspiration, sich zu reflektieren, sich mit anderen auszutauschen und letztlich die passenden Schlüsse für Ihr zukünftiges Handeln abzuleiten.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

EXECUTIVE SUMMARY

Globale Megatrends stellen die mittelständischen Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg vor neue Herausforderungen. Diese machen sowohl die Neuausrichtung globaler Wertschöpfungsketten als auch die ständige Überprüfung bestehender Geschäftsmodelle notwendig. Die Digitalisierung ist einerseits Ursprung dieser Entwicklungen, bietet andererseits jedoch auch Werkzeuge, um sie erfolgreich zu meistern. Sie repräsentiert einen Paradigmenwechsel in der Gestaltung heutiger Wertschöpfungs-systeme. Damit verspricht sie enorme Effizienzgewinne und neue Möglichkeiten in der Generierung von Kundennutzen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Mitgliedsunternehmen von Südwestmetall konkrete Handlungsempfehlungen zu geben, um die Potenziale der Digitalisierung in der Wertschöpfung zu identifizieren und zu erschließen. Zudem sollen Südwestmetall Wirkungsfelder aufgezeigt werden, um seine Mitglieder auf diesem Weg optimal zu unterstützen. Hierzu wurden Potenzialanalysen bei 12 ausgewählten Mitgliedsunternehmen durchgeführt. Berücksichtigt wurde das Digitalisierungspotenzial der Wertschöpfungsprozesse und der Geschäftsmodelle. Betrachtet wurden dabei die organisationalen Voraussetzungen (Themenfeld: „Digitalisierungsstrategie“), die Wertschöpfung (Themenfeld: „Smart Production“), das Produktportfolio (Themenfeld: „Smart Product“), und die Prozesseffizienz (Themenfeld: „Lean Management“). Die Erkenntnisse der Studie wurden in konkreten Thesen zusammengefasst und in den aktuellen wissenschaftlichen Diskurs eingeordnet (vgl. Seite 82). Sie geben wichtige Impulse sowohl für die unternehmensstrategische Praxis als auch für die Produktionsforschung.

Die Ergebnisse in den einzelnen Themenfeldern wurden für jeden Studienteilnehmer anhand eines **Digitalisierungsreifegrades** zusammengefasst. Die Unternehmen lassen sich entsprechend ihres Ist-Reifegrades entlang zweier Dimensionen einordnen (vgl. Seite 41): (1) „How“ – Digitalisierung der Leistungserzeugung, (2) „What“ – Digitalisierung der Produkte. Ausgehend von der jeweiligen Ist-Situation, wird ein zukünftiger **Strategiepfad** vorgeschlagen. Es lassen sich hierbei drei Cluster von Unternehmen unterscheiden:

1. Digitalisierungspotenziale ausschließlich in der Produktion
2. Gleichsam großes Digitalisierungspotenzial bei der Produktion und den Produkten
3. Sehr großes Digitalisierungspotenzial bei den Produkten

Für alle Unternehmen zeigt sich auf dem jeweiligen Strategiepfad ein deutliches Entwicklungspotenzial. Für die Unternehmen mit den aktuell höchsten Digitalisierungsreifegraden konnten spezifische Charakteristika identifiziert werden:

1. Die Digitalisierung ist fest in der Strategie verankert.
2. Es werden ausreichend Ressourcen und angepasste organisatorische Rahmenbedingungen für den digitalen Wandel bereitgestellt.

3. Es besteht ein strategischer Ansatz zur Geschäftsmodellentwicklung unter Einbindung digitaler Produktfunktionen und digitaler Dienstleistungen.
4. Die Anpassung von Prozessen und Organisation an die Digitalisierung erfolgt auf dem Fundament eines hohen Lean-Management-Reifegrads.

Ferner lassen sich die Unternehmen nach ihrem **digitalen Autonomiegrad** klassifizieren (vgl. Seite 50). Dieser ergibt sich aus der Kombination zweier Dimensionen: (1) Dem digitalen Potenzial der Produkte und (2) der Endkundennähe entlang der Lieferkette. Auf Basis des digitalen Autonomiegrades wurden vier **Strategieklassen** mit angepassten Handlungsempfehlungen abgeleitet, die eine unternehmensspezifische Einordnung ermöglichen (vgl. Seite 78):

1. „Qualität und Effizienz in der Produktion“: Unternehmen mit geringem digitalen Potenzial beim Produkt bietet die Digitalisierung weitreichende Effizienzsteigerungsmöglichkeiten in der Produktion.
2. „Supply-Chain-Kooperation“: Für Zulieferer mit gewissem digitalen Potenzial beim Produkt und moderater Endkundennähe bieten sich Strategien zur Lieferkettenkooperation an.
3. „Supply-Chain-Repositionierung“: Für Zulieferer mit großem digitalen Potenzial beim Produkt ergeben sich Möglichkeiten zur Neuordnung ihrer Lieferkettenpositionierung.
4. „Kundennutzen“: Unternehmen mit großer Kundennähe und gleichzeitig hohem digitalen Produktpotenzial sollten die Endkundenbeziehung intensivieren, um kontinuierlich neue digitale Leistungsangebote zu generieren.

Die Ergebnisse wurden zudem nach relevanten **Rahmenbedingungen** für den Arbeitgeberverband Südwestmetall untersucht (vgl. Seite 84). Es zeigt sich, dass größere Unternehmen sensitiv auf externe Hindernisse ansprechen. Hierzu zählen insbesondere Sicherheitsbedenken, Bedenken der Arbeitnehmervertretungen und die Nutzentransparenz. Kleine Unternehmen erscheinen weniger sensibel sowohl für externe als auch interne Hindernisse. Als bedeutende interne Hindernisse konnten die Mitarbeiterkompetenz und die Verweigerung von Neuerungen identifiziert werden. Bei der Entwicklung der Mitarbeiteranzahl zeichnet sich für produzierende Unternehmen eine überproportionale Zunahme in den Bereichen IT und Entwicklung ab. Mit einer Abnahme, insbesondere niedrig qualifizierter Arbeit, wird in den Bereichen Administration, Logistik und Produktion gerechnet. Für die Bereiche Auftragsabwicklung und Vertrieb ergibt sich ein differenziertes Bild zwischen Substitution durch volldigitalisierte Abläufe und starkem Ausbau durch neue Serviceleistungen.





INHALTSVERZEICHNIS

Executive Summary	6
1. Einleitung	12
2. Motivation und Ziele	22
2.1. Studiendesign	25
3. Ergebnisse	34
3.1. Allgemeine Ergebnisse	38
3.1.1. Digitalisierungsstrategie	38
3.1.2. Ganzheitliches Change Management	43
3.1.3. Lean Management und seine Schnittstellen	45
3.2. Spezifische Ergebnisse	49
3.2.1. Smart Factory	51
3.2.2. Smart Product	68
3.2.3. Konklusion zu den spezifischen Ergebnissen	76
3.3. Vergleich mit ausgewählten Studien	81
3.4. Relevante Rahmenbedingungen	84
4. Zusammenfassung	92
5. Anhang	98
6. Literaturverzeichnis	102
Impressum	110

1. EINLEITUNG

Deutschland im europäischen Vergleich

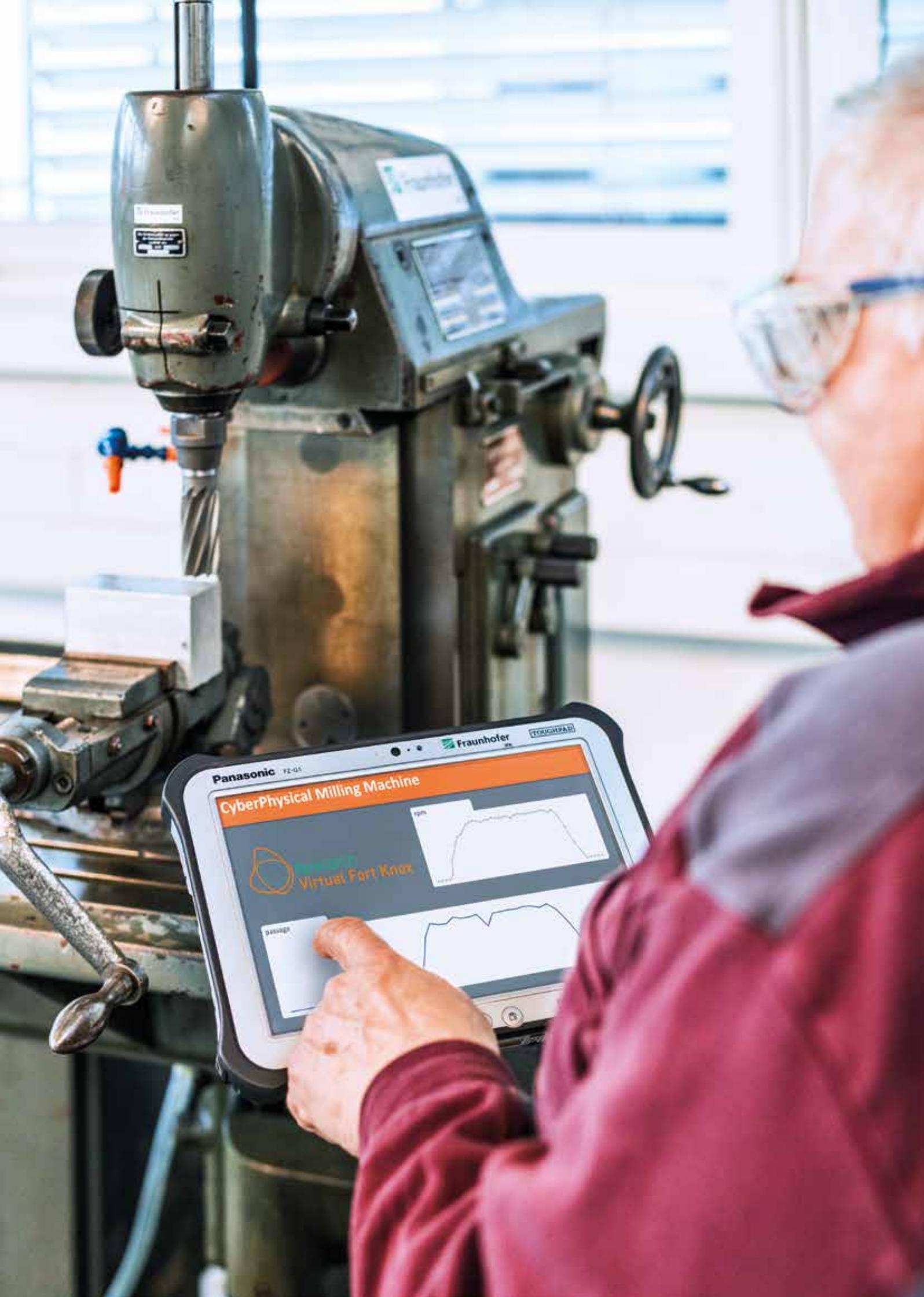
Die Veränderung globaler Megatrends bietet für kleine und mittelständische Unternehmen neue Chancen, stellt sie aber auch vor große Herausforderungen. Die Globalisierung eröffnet neue Märkte, stellt die Unternehmen jedoch gleichzeitig in den globalen Wettbewerb. Die Digitalisierung schafft umfassende neue Möglichkeiten durch eine intensive Vernetzung, wodurch die Komplexität und Volatilität auf der Welt erheblich steigen (Müller et al., 2016a). Dieses hat in der Vergangenheit zu bedeutenden und nachhaltigen Verwerfungen in Wirtschaft und Industrie geführt. Das produzierende Gewerbe in Deutschland hat diese Veränderungen bisher gut gemeistert. Im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn konnte sich Deutschland, mit seinem starken industriellen Kern, wesentlich schneller von der vergangenen Finanzmarktkrise (ab 2007) erholen als andere Volkswirtschaften. Garant hierfür waren die hohe Innovationskraft deutscher Unternehmen, die substanzielle Basis physischer Wertschöpfung sowie die hohe Produktivität (Ganschar et al., 2013). Abbildung 1 zeigt dies zusammenfassend.

Baden-Württemberg mit hohem Potenzial

Baden-Württemberg ist das stärkste Industrieland in Deutschland. Die Geschichte, Tradition und Wirtschaftsstruktur des Bundeslandes sind eng mit der Industrie verbunden. Deren Erfolg ist insbesondere auf die Innovationskraft der vielen mittelständischen Weltmarktführer und internationalen Technologiekonzerne zurückzuführen. Abgeleitet aus den Megatrends der Globalisierung und der Digitalisierung, sieht sich die Industrie in Baden-Württemberg mit zahlreichen technischen, gesellschaftlichen und politischen Veränderungen konfrontiert (MFW, 2015). Die Digitalisierung hat einen entscheidenden Beitrag daran. Sie bietet jedoch auch entsprechende Antworten und verspricht enorme zusätzliche Potenziale für die Stärkung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit. Die Vision einer neuen Art der Wertschöpfung und Produktion wird aktuell unter dem Schlagwort der Digitalisierung zusammengefasst. Das Land und die Wirtschaft in Baden-Württemberg haben die Chancen der Digitalisierung erkannt. Es wurden zahlreiche öffentliche und privatwirtschaftliche



Abbildung 1: Auswirkungen der globalen Megatrends auf deutsche Industrieunternehmen.



Initiativen gestartet, um den digitalen Wandel der Industrie zu unterstützen und diese so für den Wettbewerb der Zukunft zu stärken. Eine Übersicht zu den Initiativen im Umfeld der Digitalisierung produzierender Unternehmen und entsprechende Kooperationsmöglichkeiten ist im Anhang zu finden.

Die kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) der Metall- und Elektroindustrie (M+E-Industrie) stehen im Fokus dieser Studie. Sie haben eine Reihe spezifischer Charakteristika, aus denen sich im Vergleich zu anderen Branchen ganz eigene Chancen und Herausforderungen ergeben. Einen ausführlichen Überblick gibt hierzu Abbildung 2. Ihre Wettbewerbssituation ist stark und solide im nationalen wie im globalen Vergleich. Es zeichnen sich jedoch erste Warnzeichen für die Zukunft ab, die sich schon heute am Trend sinkender Produktivitätszuwächse zeigen.

Herausforderungen für KMU

Die Stärken der M+E-Industrie in Deutschland ergeben sich aus der hohen Auslandsorientierung und festen Einbindung in internationale Produktionsnetzwerke, der hohen Wissensorientierung und Innovationsneigung sowie einem vergleichsweise hohen Grad an Digitalisierung und Automatisierung (Bähr et al., 2016). Jedoch gehören laut der VDMA-Studie „Industrie 4.0-Readiness“ 80 % der deutschen M+E-Unternehmen weiterhin zu den „Neulingen“ der Digitalisierung (Lichtblau et al., 2015). Die Orientierung der häufig eigentümergeführten KMU ist langfristig und von einer hohen Identifizierung mit dem Produkt geprägt. Dieses äußert sich in herausragender Produktqualität und großer Kundennähe.

Flache Hierarchien in KMU ermöglichen schnelle Entscheidungen und eine dynamische Wandlungsfähigkeit. Begrenzte Ressourcen führen jedoch häufig zu Engpässen bei Veränderungsprozessen und machen sie anfälliger für Marktschwankungen (Bischoff et al., 2015). Volatile Kundenanforderungen und die verstärkte Internationalisierung führen zu weiter steigendem Innovationsdruck für Prozesse und Produkte. Die dadurch steigende Variantenvielfalt lässt die Komplexität rasant anschwellen. Diese nimmt durch die wachsende Integration der Wertschöpfung in internationalen Produktionsnetzwerken noch weiter zu. Die Unternehmen suchen nach Möglichkeiten ihre Flexibilität zu steigern, die Komplexität zu reduzieren und die Arbeitsabläufe weiter zu automatisieren. Zudem müssen



Auswirkungen der globalen Megatrends auf unterschiedlichen Ebenen

Standort Baden-Württemberg

- Stärkstes Industrieland in Deutschland, mit langer industrieller Tradition und Geschichte
- Größte Konzentration an Weltmarktführern in Deutschland
- Großes Wohlhaben durch hohe Lohn- und Steuereinkünfte
- International führend bei Forschungs- und Entwicklungsausgaben, sowie bundesweit höchste Anzahl Patentanmeldungen pro Einwohner
- Attraktive Wirtschaftsregion mit starken Standortfaktoren
- Zahlreiche Initiativen zur Förderung des digitalen Wandels

Kleine und mittelständische Unternehmen

- Überwiegend eigentümergeführt mit persönlicher Bindung und kurzen Entscheidungswegen
- Fokus auf das operative Geschäft mit gleichzeitig langfristiger Perspektive
- Begrenzte Ressourcen machen krisenanfällig und hemmen Veränderungsprozesse
- Fokussierung auf Marktnischen und kleine Stückzahlen führt zu hohem Kostenreduzierungsdruck
- Hohe Produktqualität als wichtiges Differenzierungsmerkmal durch qualifiziertes Personal und Qualitätskultur

Metall- und Elektroindustrie

- Starke Wettbewerbssituation, jedoch mit rückläufigem Produktivitätszuwachs
- Hohe Auslandsorientierung als wichtiger Partner internationaler Produktionsnetzwerke
- Hohes Qualifizierungsniveau der Mitarbeiter
- Hohe Ausgaben für Forschung und Entwicklung
- Spezialisierung auf Medium-Hightech-Produkte
- Hoher Komplexitäts- und Innovationsgrad der Produkte
- Noch geringer, aber im deutschen Vergleich erhöhter Digitalisierungsgrad

Abbildung 2: Charakteristika und Rahmenbedingungen der KMU der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg (eigene Darstellung ergänzt durch: Bischoff et al., 2015; MFW, 2015; Bähr et al., 2016).

sie durch die Weiterentwicklung bestehender und Generierung neuer Geschäftsmöglichkeiten ihre Wettbewerbsposition sichern und ausbauen. Genau hier setzen die Lösungen der Digitalisierung an.

*Neue Art der
Wertschöpfung*

Die Digitalisierung befähigt produzierende Unternehmen zu einer neuen Art der Organisation und Steuerung der Wertschöpfungskette über den gesamten Produktlebenszyklus. Dieses wird erreicht durch eine umfassende Vernetzung aller relevanten physischen Objekte (z. B. Maschinen und Anlagen) und der entsprechenden Geschäftsprozesse sowie deren Abbildung in der digitalen Welt. Die Vernetzung verläuft sowohl vertikal im Unternehmen, als auch horizontal über die Unternehmensgrenzen hinweg (Monostori et al., 2016). Ermöglicht wird diese Vision durch die Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT).

Durch die Ausstattung physischer Elemente mit Komponenten der IKT entstehen sogenannte „Cyber-Physische Systeme“ (CPS). Diese verknüpfen die reale mit der digitalen Welt. Die Vernetzung der CPS untereinander und deren Verknüpfung mit weiteren Softwareanwendungen lässt das sogenannte „Internet of Things“ entstehen. In diesem Netzwerk können Objekte, Dienste und Menschen umfassend interagieren und kommunizieren. Sowohl die einzelnen Objekte und smarten Produkte als auch die angebundene Systeme verfügen über eine eigene Intelligenz und bilden zusammen mit den Menschen eine smarte Fabrik.

*Smart Products für
neue Geschäfts-
modelle*

Über dezentrale IT-Ressourcen, das sogenannte „Cloud Computing“, lassen sich die Fähigkeiten der „Smart Factory“ flexibel weiterentwickeln. In der Nutzungsphase beim Kunden bleiben die „Smart Products“ weiter im Kontakt mit dem Hersteller und ermöglichen die Anbindung an andere IT-Systeme. So lassen sich neue Dienstleistungen, eine gesteigerte Funktionalität und damit ein größerer Kundennutzen erzeugen (Bauernhansl et



al., 2016; Müller et al., 2016a). Dieses ist die Basis für völlig neue Geschäftsmodelle, die ihrerseits durch entsprechend angepasste Prozesse und Strukturen in den Unternehmen zu verankern sind (Emmerich et al., 2015).

Es ist von entscheidender Bedeutung, die technologischen Grundlagen und Konzepte der Digitalisierung zu verstehen. Sie bilden die tragenden Säulen für eine neue Art der Wertschöpfung und des jeweils eigenen Geschäftsmodells. Unternehmen sollten sich ein eigenes und angepasstes Bild der Digitalisierung für ihre spezifischen Ziele und Gegebenheiten bilden. Die Möglichkeiten sind vielfältig, ihr Einsatz jedoch stark vom unternehmensspezifischen Kontext abhängig.

Entscheidend ist es zudem, dass Unternehmen die Chancen und Potenziale, aber auch die Risiken und Hemmnisse individuell abschätzen, um ein angepasstes Vorgehen bei der Digitalisierung ihrer Anlagen, Prozesse und Produkte zu entwerfen.



Die Digitalisierung begegnet der steigenden Volatilität und Komplexität in der Produktion durch flexible, intelligente und selbstorganisierte Lösungen. Sie trägt zu einer humaneren Arbeit bei, indem sie sichere und ergonomische Arbeitsbedingungen schafft, die Kreativität des Menschen in die Mitte rückt und flexibler auf die Bedürfnisse des einzelnen Menschen eingehen kann (Ganschar et al., 2013; Bauernhansl et al., 2016). Ihr wird ein enormes produktivitätssteigerndes Potenzial zugesprochen, indem sie effizientere und effektivere Planungs-, Steuerungs- und Produktionsprozesse ermöglicht. Diese Möglichkeiten erstrecken sich sowohl auf die produzierenden (direkten), als auch auf die nicht produzierenden (indirekten) Bereiche.

Wirkungstiefe der Digitalisierung im Unternehmen

Digitale Lösungen ermöglichen eine große Kundennähe über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg, von der Entwicklung bis zur Produktnutzung und dem Recycling. So entstehen individuelle Produkte mit einem hohen Nutzenwert und geringen Lebenszykluskosten. Sie bieten dem Kunden vielfältige und individuelle Dienstleistungen über die Basisfunktionen des Produktes hinaus. Dieses befähigt zu vielseitigen neuen Geschäftsmodellen und -möglichkeiten. Laut Prof. Bauernhansl ist damit die Digitalisierung „eines der wichtigsten Konzepte zur nachhaltigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und der Stärkung Deutschlands als Produktionsstandort“ (Müller et al., 2016a).

Es bestehen jedoch auch Risiken und aktuelle Hemmnisse bei der Umsetzung der Digitalisierung bei produzierenden Unternehmen im Allgemeinen und den KMU der M+E-Industrie im Speziellen. Allgemein lässt sich aktuell eine grundsätzliche Zurückhaltung beobachten. Während vor allem große Unternehmen mit Elan die Digitalisierung vorantreiben, verhält sich der Großteil der KMU bisher abwartend. Dieses ist zunächst den unsicheren Prognosen und den zumeist wenig greifbaren Aussagen geschuldet. Zudem fehlen angepasste und pragmatische Handlungsempfehlungen. Dieses hat zur Folge, dass das Potenzial stark unter-, aber auch überschätzt wird.

Grundsätzliche Zurückhaltung der KMU

Bedarf nach konkreten Handlungsempfehlungen

Auf die prognostizierten großen Umwälzungen in der Gestaltung der Arbeitswelt wird häufig noch einseitig mit Ablehnung und Angst reagiert, anstatt die Chancen zu sehen. Häufig werden auch fehlende Kompetenzen und Infrastruktur, insbesondere in der IT, als Hemmnisse genannt. Diese aufzubauen, erfordert Zeit und hohe Investitionen (Bauernhansl et al., 2016; Müller et al., 2016a). Durch die Digitalisierung werden sich bestehende Geschäftsmodelle verändern und gänzlich neue hervortreten. Dieses birgt das Risiko einer Auflösung etablierter Modelle und kann damit das Überleben einer Organisation existenziell bedrohen. Die Unternehmen sollten eine positive und gestalterische Haltung zu den aktuellen Entwicklungen einnehmen. Hierfür bedarf es transparenter Informationen und konkreter Handlungsempfehlungen von wissenschaftlicher Seite. Abbildung 3 fasst die Chancen und Risiken der KMU sowie die Stärken und Schwächen komprimiert zusammen.

Unter dem Thema der Digitalisierung der Produktion bzw. „Industrie 4.0“ gruppiert sich eine Vielzahl an Themen, Fragestellungen und Disziplinen. Dazu zählen unter anderem volkswirtschaftliche, strategische und technische Betrachtungen. Abgeleitet von den aktuellen Forschungsausgaben, lässt sich jedoch ein deutlicher Schwerpunkt bei der Technik- und der Softwareentwicklung erkennen. Untersuchungen in Richtung der Schnittstelle

SWOT-Analyse der Ausgangssituation für KMU der M+E-Industrie im Kontext der Digitalisierung

Eigene Stärken

- Erhöhte Flexibilität durch flache Hierarchien und übersichtliche Strukturen
- Hohe Produktqualität und -innovation durch Investitionen und qualifiziertes Personal
- Große Kundenähe mit individuellen Lösungen
- Höhere Innovationskraft und Nachhaltigkeit
- Starke internationale Wettbewerbsposition
- Überdurchschnittlich gute Standortvorteile
- Hohe Produktivität, kontinuierliches Wachstum
- Hoher Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad

Eigene Schwächen

- Begrenzte Ressourcen (Zeit, Personal, Finanzen) hemmen Flexibilität und Veränderungsprozesse
- Hoher Kostenreduktionsdruck aufgrund geringer Skaleneffekte
- Defizite bei strategischer Planung durch Fokus auf operatives Geschäft
- Mangel an Führungs- und Methodenkompetenz
- Geringe Digitalisierung lässt Unternehmen in die Rolle des „Nachfolgenden“ geraten
- Großteil der Unternehmen gehören zu den „Neulingen“ bei der Digitalisierung

Externe Chancen

- Erwartete Qualitätszunahme, Produktivitätsgewinne, Effizienzsteigerungen und Kostenersparnisse
- Schaffung neuer Ertragsmodelle durch innovative datengetriebene Geschäftsmodelle
- Neue Möglichkeiten und Synergieeffekte durch stärkere digitale Vernetzung mit Kunden & Partnern
- Zunahme an Flexibilität und Reduktion an Komplexität durch Digitalisierung

Externe Risiken

- Zunehmender globaler Wettbewerb
- Steigender Innovationsdruck
- Zunehmende Komplexität und Volatilität
- Fachkräftemangel
- Neuausrichtung globaler Wertschöpfungsketten
- Disruption bestehender Geschäftsmodelle
- Unsicherheit durch unklare Zukunftsprognosen, lückenhafte Anforderungen zur Digitalisierung
- Fehlende digitale Infrastruktur und politische Rahmenbedingungen

Abbildung 3: SWOT-Analyse der Ausgangssituation für KMU der M+E-Industrie im Kontext der Digitalisierung (eigene Darstellung ergänzt durch: Bähr et al., 2016; Bischoff et al., 2015).

zum Kunden (z. B. After Sales) oder der Auswirkungen auf die Gesamtwertschöpfung, inklusive des Geschäftsmodells, sind bisher nur sehr wenig zu finden (Bischoff et al., 2015). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Analyse aktueller wissenschaftlicher Studien auf dem Gebiet, siehe Abbildung 4. Diese sind entweder generalisierend und abstrakt orientiert, z. B. bei der allgemeinen Abschätzung von Potenzialen und Hemmnissen, oder sie sind sehr spezifisch, u. a. bei der Untersuchung konkreter technischer Fragestellungen. Hier fehlt es an pragmatischen Handlungsempfehlungen und -strategien für die betroffenen Unternehmen, die spezifische Gegebenheiten und Charakteristika mit einbeziehen.

Aktuelle
Forschungs-
schwerpunkte

Themengebiete	Betrachtete Studien																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Strategische Positionierung	●	○	○	◐	○	◐	○	○	○	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○
Konkrete Handlungsempfehlungen	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Rahmenbedingungen & Anforderungen	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Aktueller Umsetzungsstand	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐
Chancen und Potentiale	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Risiken und Hemmnisse	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Geschäftsmodelle	◐	◐	◐	◐	○	●	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Lean Management	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◐
Produktplanung & -entwicklung	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Produktion & Logistik	◐	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Vertrieb & Services	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Technologien der Digitalisierung	◐	◐	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Sozio-technische Aspekte	◐	○	○	◐	○	○	●	○	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	◐	◐

● Kern der Studie ◐ Eines von mehreren Schwerpunktthemen ◐ Wird teilweise betrachtet ○ Wird nicht betrachtet

Abbildung 4: Studieneinordnung im Vergleich zu bestehenden Forschungsarbeiten.





2. MOTIVATION UND ZIELE

Potenziale der Digitalisierung nutzen

Die Ausgangssituation der KMU der M+E-Industrie im Umfeld der Digitalisierung wurde in Kapitel 1 dargestellt. Diese beinhaltet eine Vielzahl aktueller und zukünftiger Herausforderungen, aus denen sich Fragestellungen und Handlungsbedarfe ableiten. Der Arbeitgeberverband der M+E-Industrie in Baden-Württemberg, Südwestmetall, hat dies erkannt und das Fraunhofer IPA mit einer Studie beauftragt. Südwestmetall möchte seinen Mitgliedern praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Handlungsempfehlungen an die Hand geben, damit diese die Potenziale der Digitalisierung für ihr Unternehmen erkennen und nutzen können. Im Folgenden werden die Herausforderungen aus der Ausgangssituation abgeleitet. Aus diesen ergeben sich Fragestellungen, die für eine weitere Betrachtung und Beantwortung in Frage kommen. Diese bilden die Grundlage für die Zieldefinition und vorgeschlagenen Lösungswege dieser Studie.

Die Herausforderungen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen und werden in Abbildung 5 gezeigt. Unter „Haltungen“ werden die grundlegenden Einstellungen verstanden, die für das Handeln der Akteure bestimmend sind. „Voraussetzungen“ bilden dabei den entsprechenden Rahmen. Nach demselben Schema sind die Fragestellungen formuliert (siehe Abbildung 6):

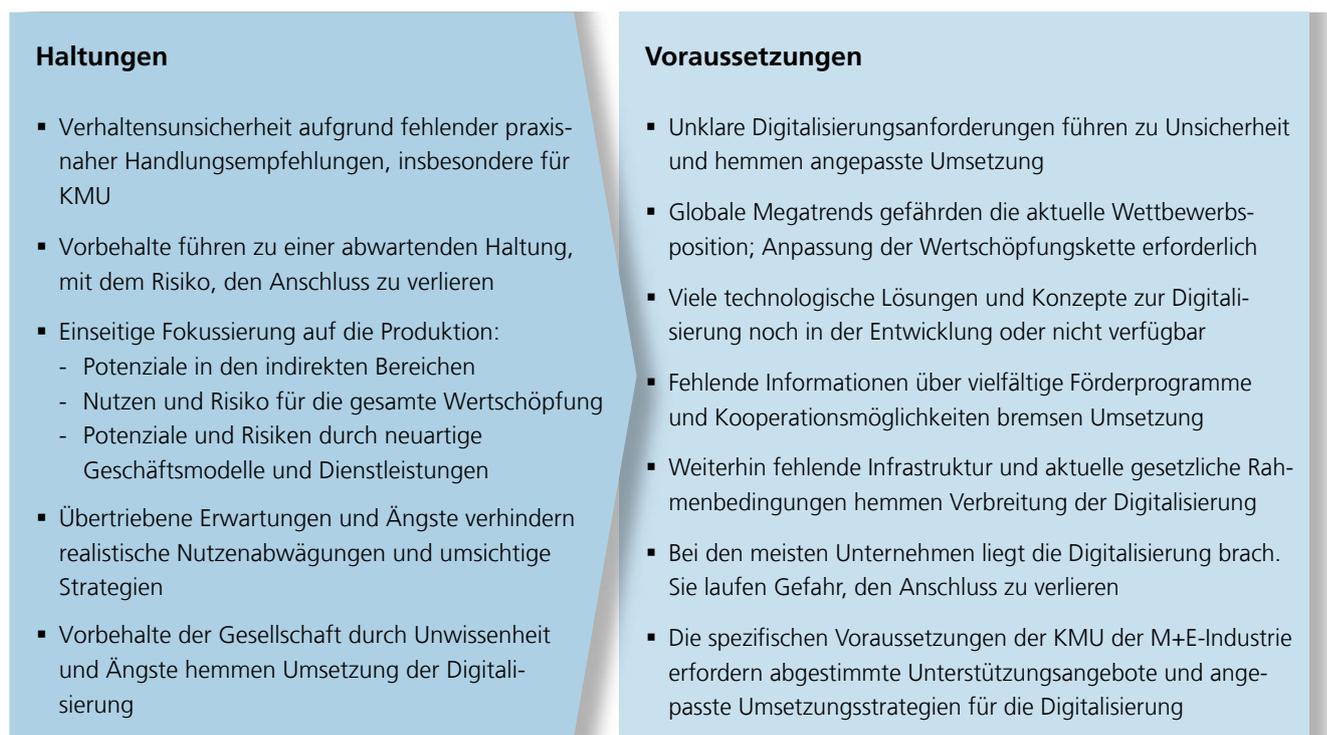


Abbildung 5: Herausforderungen für KMU im Kontext der Digitalisierung.



Haltungen

- Welche Handlungsempfehlungen lassen sich für die KMU für die Digitalisierung ihrer Wertschöpfungskette formulieren?
- Wodurch entstehen Vorbehalte bzgl. der Digitalisierung und wie lässt sich diesen entgegenwirken?
- Welche Potenziale bietet die Digitalisierung über den Produktionsbereich hinaus bis hin zur gesamten Wertschöpfung und dem Geschäftsmodell?
- Welchen Nutzen bietet die Digitalisierung in Abhängigkeit der jeweiligen Unternehmensspezifika?

Voraussetzungen

- Was sind die Digitalisierungsanforderungen an die KMU?
- Durch welche Anpassungen der infrastrukturellen und gesetzlichen Rahmenbedingungen lässt sich die gewinnbringende Umsetzung der Digitalisierung fördern?
- Durch welche Maßnahmen kann Südwestmetall seine Mitglieder bei der Umsetzung der Digitalisierung unterstützen?
- Wie ist der aktuelle Stand der Digitalisierung, insbesondere in der Produktion und der Entwicklung entsprechender Technologien?
- Welche Förder- und Kooperationsmöglichkeiten bestehen für die KMU der M+E-Industrie in Baden-Württemberg?
- Welche Umsetzungsstrategien gelten für die KMU in Abhängigkeit der spezifischen Unternehmenssituation?

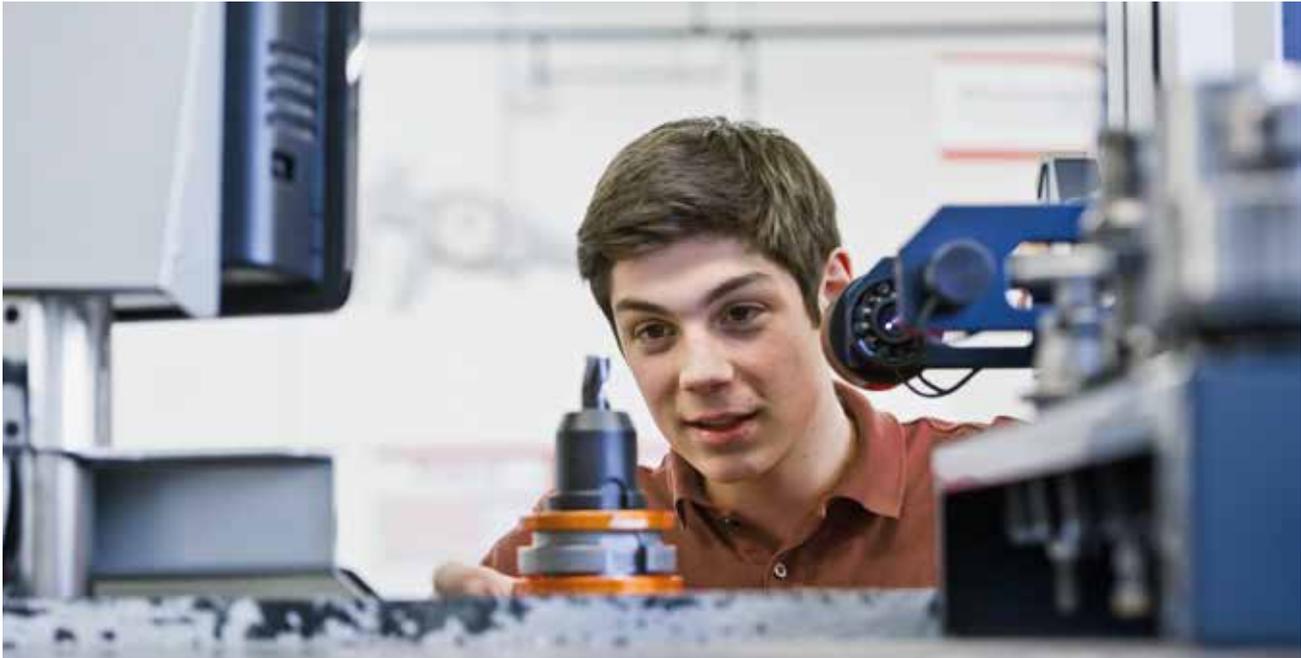
Abbildung 6: Fragestellungen für KMU.

Ausgehend von der Motivation der Studie, wurden aus den grundlegenden Fragestellungen relevante Ziele für diese Studie abgeleitet. Diese lassen sich in **vier Hauptziele** und mehrere **Unterziele** unterteilen.

Ziele der Studie

1. Den aktuellen **Umsetzungsstand** und die **Entwicklungsziele** der Digitalisierung für die KMU der M+E-Industrie in Baden-Württemberg darstellen
2. **Handlungsempfehlungen** für die KMU und regionale Wirtschaftsakteure entwickeln
 - a) Generische und unternehmensindividuelle (für die Studienteilnehmer) **Handlungsempfehlungen für die Umsetzung und Nutzung** der Digitalisierung auf strategischer, taktischer und operativer Ebene ableiten
 - b) Mittel- und langfristige **Handlungsempfehlungen für die regionalen Wirtschaftsakteure** des Landes Baden-Württemberg vorstellen
3. Den **Sachstand** der Digitalisierung für produzierende Unternehmen darstellen
 - a) Die zukünftige **Bedeutung** und **Perspektiven** der Digitalisierung erläutern
 - b) **Anforderungen, Potenziale, Nutzen, Hemmnisse** und **Risiken** der Digitalisierung für KMU der M+E-Industrie darstellen
4. Die **Wirtschafts- und Wissenschaftsstruktur** des Landes Baden-Württemberg im Hinblick auf die Digitalisierung darstellen
 - a) Die Forschungslandschaft, Technologiennetze und Initiativen in Baden-Württemberg vorstellen
 - b) Auswahl wichtiger Anwender und Anbieter von Digitalisierungslösungen vorstellen

Ausgehend von den Unternehmen der M+E-Industrie in Baden-Württemberg, sollen allgemeingültige Aussagen abgeleitet werden, die eine Übertragung auf ähnliche Branchen und Regionen erlauben. Zudem soll eine Unterscheidung nach generischen Unternehmenstypen dem Leser eine einfache Übertragung der Ergebnisse auf den jeweils eigenen Unternehmenstyp ermöglichen.



2.1. Studiendesign

Zur Evaluierung des Digitalisierungsstandes in kleinen und mittelständischen Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie wurden strukturierte Potenzialanalysen bei insgesamt 12 Unternehmen durchgeführt, die im Arbeitgeberverband Südwestmetall organisiert sind. Die teilnehmenden Unternehmen stehen beispielhaft für verschiedene Branchen, Produktportfolios sowie Organisationsstrukturen und wurden durch Südwestmetall ausgewählt. Aufgrund der Vorgehensweise zur Selektivität und aufgrund der kleinen Stichprobe kann die Untersuchung als qualitativ klassifiziert werden, eine Repräsentativität der Analyseergebnisse liegt nicht vor.

*Teilnehmerkreis
der Studie*

Die Unternehmensanalysen wurden in Form von eintägigen, strukturierten Experteninterviews bei den Unternehmen vor Ort durchgeführt, ergänzt jeweils durch eine persönliche Begehung der Produktion durch wissenschaftliche Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Diese Vorgehensweise basiert auf dem Mixed-Methods-Prinzip, das eine Kombination von qualitativer und quantitativer Datenerhebung beschreibt. Qualitative Forschungsmethoden zeichnen sich durch eine hohe Realitätsnähe aus. Quantitative Methoden bieten demgegenüber den Vorteil einer guten Replizierbarkeit. Durch die Anwendung des Mixed-Methods-Prinzips werden die Vorteile beider Erhebungsverfahren kombiniert (Kuckartz, 2014). In Bezug auf die Unternehmensanalysen wird dadurch eine subjektive Betrachtung der unternehmensspezifischen Ausgangssituationen und Handlungsoptionen bei einem gleichzeitig hohen Maß an objektiver Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse ermöglicht.

*Vorgehensweise
zur Daten-
erhebung*

Zur Analyse des Digitalisierungsstandes in den teilnehmenden Unternehmen wurde ein systematisierter Interviewleitfaden verwendet, der alle relevanten internen und externen Unternehmens- und Wertschöpfungsprozesse abdeckt. Abbildung 7 zeigt die Themenlandkarte des Interviewleitfadens.

Studiendesign und Themenfelder

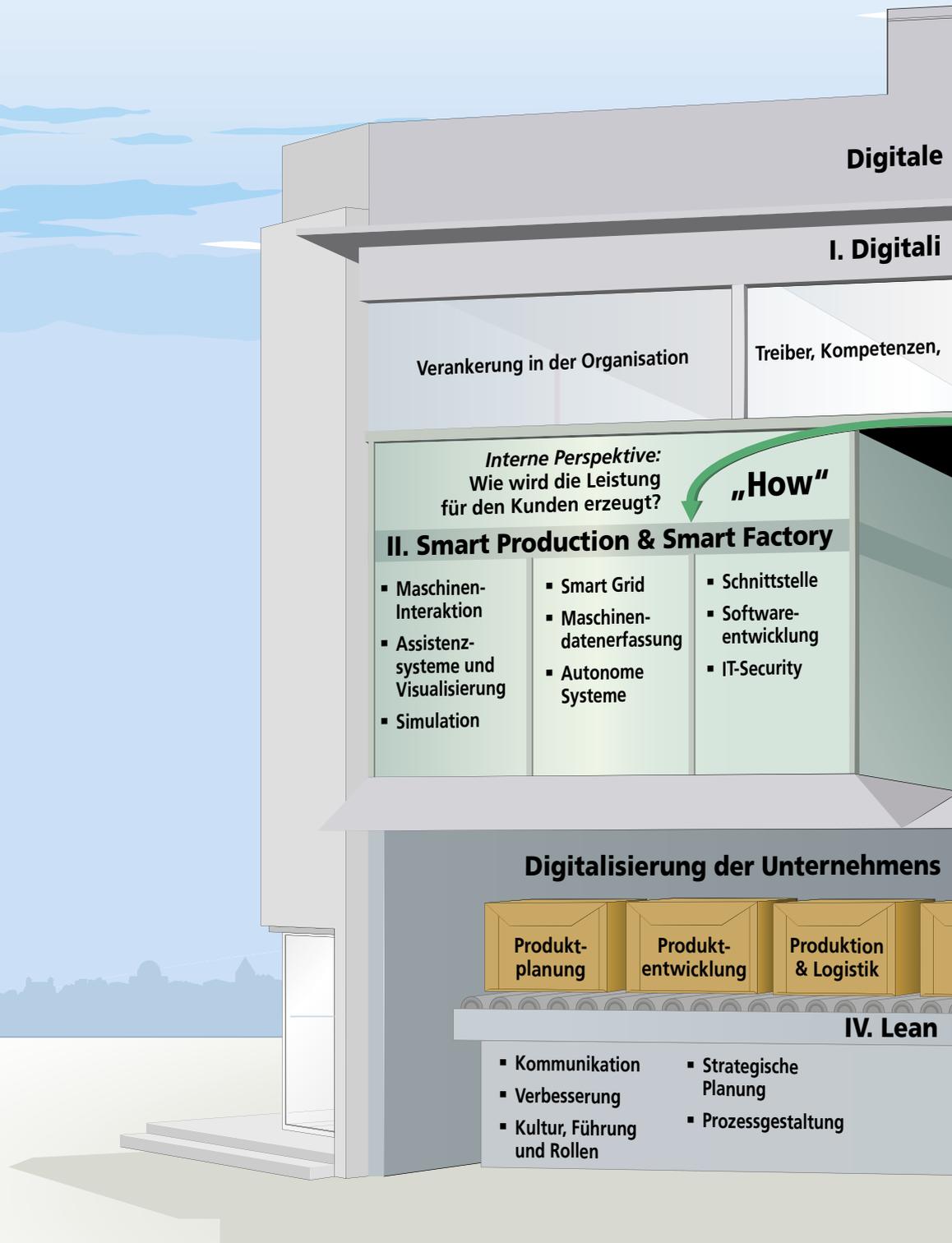
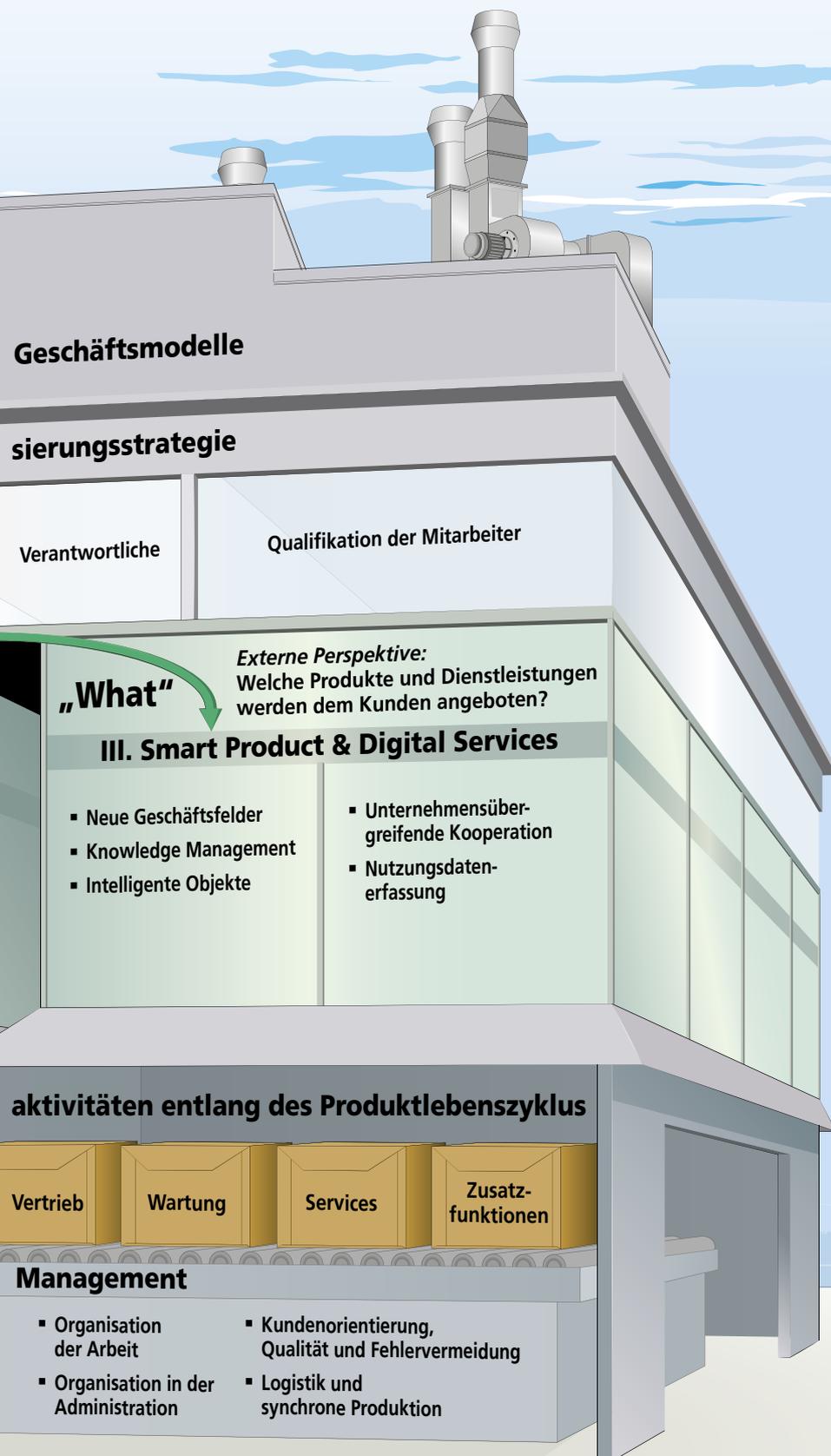


Abbildung 7:
Themenlandkarte der Studie.



Digitale Geschäftsmodelle als Ausgangspunkt

Den Ausgangspunkt für die unternehmensspezifischen Analysen bildet eine offene, durch Mitarbeiter des Fraunhofer IPA moderierte Diskussion zum Thema digitaler Geschäftsmodelle. In der Diskussion werden bestehende Ideen sowie weitere mögliche Konzepte zur Etablierung digitaler Geschäfts- und Ertragsmodelle erörtert und gemeinsam deren potenzieller Nutzen für das Unternehmen beurteilt. Teilnehmer dieses Expertengesprächs sowie aller weiteren Interviews sind Fach- und Führungskräfte des analysierten Unternehmens mit spezifischer Verantwortung für die Bereiche Strategie, Change Management, Entwicklung, Produktion, Produktmanagement, Vertrieb etc. Zur Erzielung unternehmensinterner Synergien werden alle Interviews funktionsübergreifend geführt.

Die an die Diskussion zu digitalen Geschäftsmodellen anschließenden Experteninterviews werden inhaltlich durch Leitfragen strukturiert und sind in vier Themenfelder gegliedert.

Themenfelder der Experteninterviews

- Im Themenfeld „**Digitalisierungsstrategie**“ werden die organisationalen Voraussetzungen zur Digitalisierung der Unternehmens- und Wertschöpfungsprozesse untersucht. Kernelemente dieses Themenfeldes sind die Verankerung der Digitalisierung in der Gesamtunternehmensstrategie, das Kompetenz- und Changemanagement sowie die Qualifizierung der Mitarbeiter.
- Das Themenfeld „**Smart Production**“ fokussiert Möglichkeiten zur Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse. In Anlehnung an den Produktlebenszyklus werden Potenziale zur Digitalisierung der unternehmensübergreifenden Entwicklungs- und Beschaffungsprozesse, der unternehmensinternen Produktion und des Produktvertriebs analysiert. Aspekte hierbei sind zum Beispiel die Mensch-Maschinen-Interaktion, virtuelle Assistenzsysteme, autonome Selbststeuerung der Produktion, Produktionsunterstützung durch IT-Systeme usw.
- Das Themenfeld „**Smart Product**“ umfasst die Analyse von Digitalisierungspotenzialen des unternehmensspezifischen Produktportfolios. Neben der Integration von Sensoren und Aktoren in die Produkte zählen dazu vor allem das Anbieten digitaler Zusatzservices sowie die Etablierung von innovativen Ertragsmodellen, zum Beispiel Pay-per-Use.
- Neben der Digitalisierung ist der **Lean-Management**-Ansatz ein wichtiges Instrument zur effizienten Gestaltung von Unternehmensprozessen. Daher wird im letzten Themenfeld der Lean-Management-Reifegrad des Unternehmens untersucht.

Die gewählte Vorgehensweise zeichnet sich durch eine thematisch sehr umfassende und ganzheitliche Analyse aus (Sames, 2014; Saam, 2016). Im Gegensatz zu anderen Digitalisierungsassessments werden nicht nur einzelne Themenfelder, sondern der komplette Wertschöpfungsprozess untersucht.

Aufbau des Interview-Leitfadens

Der systematisierte Interviewleitfaden besteht aus insgesamt 70 Fragen. Mit rund 85 % ist der überwiegende Teil der Fragen in geschlossener Form verfasst. Die Unternehmensexperten können jeweils aus fünf vorgegebenen Optionen eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen, die den Digitalisierungsstand des Unternehmens in Bezug auf die konkrete Fragestellung am besten repräsentieren (Kirchhoff, 2010). Die gegebene



Antwort der Unternehmensvertreter wird dem subjektiven Eindruck der wissenschaftlichen Mitarbeiter des Fraunhofer IPA gegenübergestellt und bei einer Diskrepanz kritisch diskutiert. Diese Methodik sichert eine hohe Validität der Antworten bei einer gleichzeitig guten Vergleichbarkeit über alle analysierten Unternehmen hinweg.

Die Antwortmöglichkeiten sind aufsteigend nach dem Grad der Digitalisierung sortiert. Antwort a) steht dabei für die Umsetzung einer konventionellen Lösung bzw. für den geringsten Digitalisierungsgrad im Kontext der gestellten Frage. Antwort e) stellt demgegenüber stets die höchste Ausprägungsstufe derzeit verfügbarer Digitalisierungslösungen dar. Abbildung 8 verdeutlicht die Methodik der geschlossenen Frageform anhand eines Beispiels aus dem Themenfeld „Smart Production“.

Ableitung eines Digitalisierungsreifegrades

Im Zusammenhang mit Digitalisierung ist auch vom digitalen Abbild oder digitalen Schatten einer Fabrik die Rede. „Der digitale Schatten hat zum Ziel, alle Objekte durch aktive Sensoren bzw. Tags innerhalb der Fabrik zu erfassen und deren Zustand und Standort zu identifizieren, um höhere Transparenz zu schaffen (Zimmermann und Bauer 2016, S. 5).

Maschinendatenerfassung	Smart Grid
Assistenzsysteme und Visualisierung	Maschinen-Interaktion
Intelligente Objekte	Knowledge Management
Autonome Systeme	Software Entwicklung
Unternehmensübergreifende Kooperation	Neue Geschäftsfelder
IT-Security	CPS
Simulation	Verankerung in der Organisation
Schnittstellen	Treiber, Kompetenzen, Verantwortliche
Nutzungsdatenerfassung	Qualifizierung der Mitarbeiter

B8. In welchem Maße ist ein digitales Abbild Ihrer Logistikprozesse vorhanden?

- a) Kein digitales Abbild
- b) Qualitatives Abbild des Logistikprozesses
- c) Digitalisierung der Lagerbestände (Bsp. Barcode)
- d) Digitalisierung der Lager- und Umlaufbestände (engl. Work in process) (Bsp. Barcode)
- e) Digitalisierung der Lager- und Umlaufbestände in Echtzeit (Bsp. iBin)

Wichtigkeit der Frage für Ihr Unternehmen:

keine Relevanz gering mittel hoch

1
© Fraunhofer IPA

Abbildung 8: Auszug aus dem Original-Fragebogen.

Für eine Hinführung zu den behandelten Aspekten erfolgen neben der Fragestellung selbst und der Nennung der Antwortmöglichkeiten jeweils eine wissenschaftliche Einordnung sowie eine Verschlagwortung der abgedeckten Themenbereiche. Zusätzlich wird die Relevanz der Fragestellung für das Unternehmen erfasst.

Zur Auswertung der Interviewergebnisse werden die Antwortmöglichkeiten aller geschlossenen Fragestellungen hinsichtlich ihres Digitalisierungsgrades auf einer kontinuierlichen Skala mit Werten zwischen 0 % und 100 % bewertet. Über die Bildung eines gewichteten arithmetischen Mittelwertes über alle Fragen hinweg lässt sich für die vier untersuchten Themenfelder jeweils ein Digitalisierungsreifegrad ableiten. Die Gewichtung der Fragen berücksichtigt die Relevanz der analysierten Aspekte für die Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse in den Unternehmen und verhindert somit eine statistische Überbewertung einzelner Detailspekte.

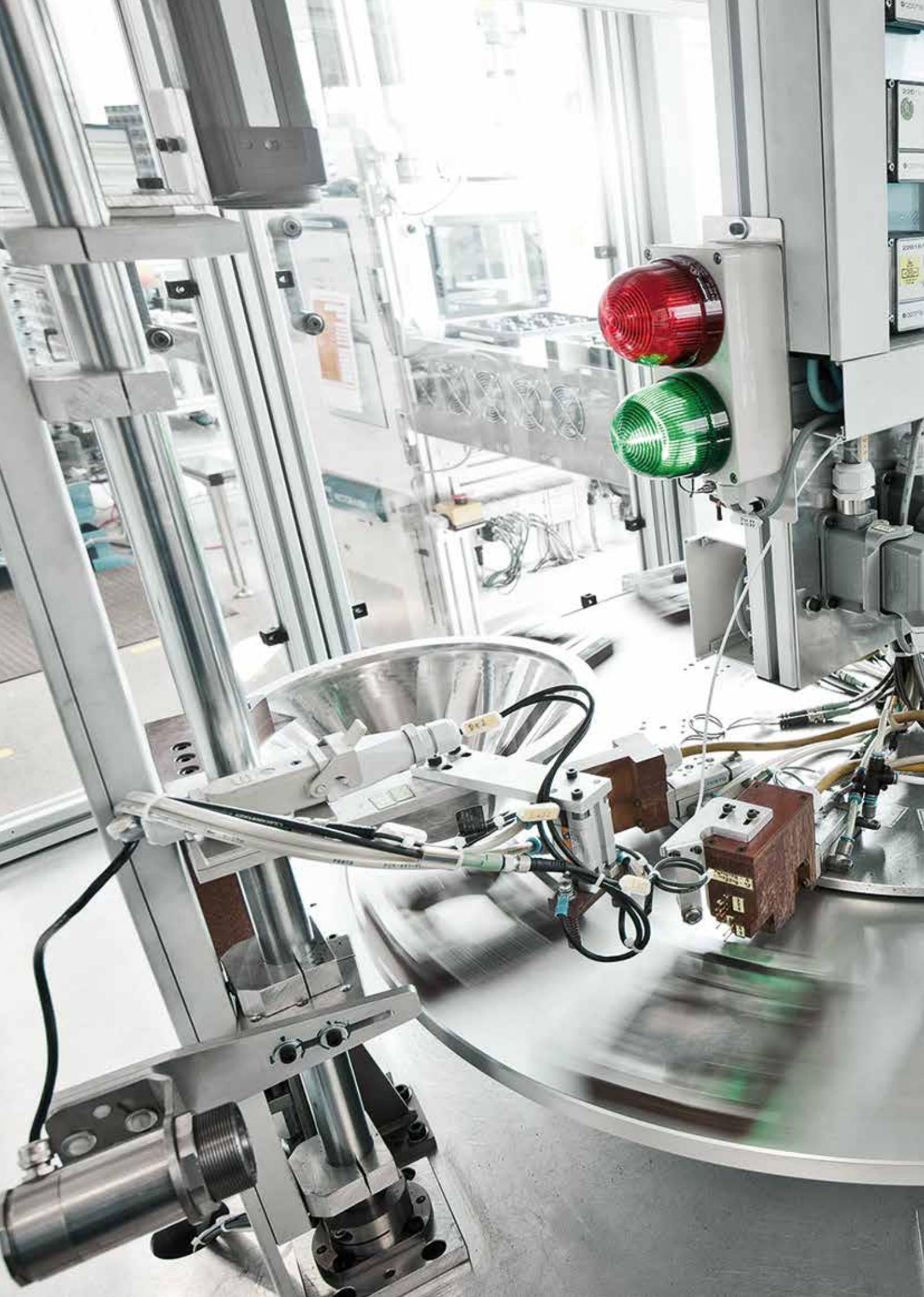
Die quantitativen Analyseergebnisse der geschlossenen Fragestellungen werden unterstützt und ergänzt durch qualitative Aussagen, die durch offene Fragen gewonnen werden. Die offenen Fragestellungen repräsentieren mit etwa 15 % einen vergleichsweise kleinen Teil des Interviewleitfadens.

Als Ergebnis der Digitalisierungsanalysen werden spezifische Handlungsempfehlungen für die an der Untersuchung teilnehmenden Unternehmen abgeleitet. Diese Handlungsempfehlungen umfassen die vier fokussierten Themenfelder sowie Möglichkeiten zur Etablierung digitaler Geschäftsmodelle und zeigen den Unternehmen einen möglichen Entwicklungspfad auf, um die vorhandenen Digitalisierungspotenziale kurz-, mittel- und langfristig nutzen zu können. Darüber hinaus werden den Unternehmen Möglichkeiten zur Kooperation und Netzwerkbildung untereinander aufgezeigt.

*Handlungsempfehlungen zeigen
Entwicklungspfad*









Zusammenfassung der Ergebnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der in Kapitel 2 beschriebenen Unternehmensanalyse wurden für die an der Studie teilnehmenden Unternehmen in Form von spezifischen Digitalisierungsreifegraden ausgewertet. Für jedes der diskutierten Themenfelder wurde ein individueller Reifegrad gebildet, der die aktuelle Ist-Situation der Unternehmen in Bezug auf den Digitalisierungsfortschritt repräsentiert. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die empfohlenen strategischen Entwicklungspfade für die 12 teilnehmenden Unternehmen. Diese sollen als Orientierung für die weitere strategische Ausrichtung dienen.

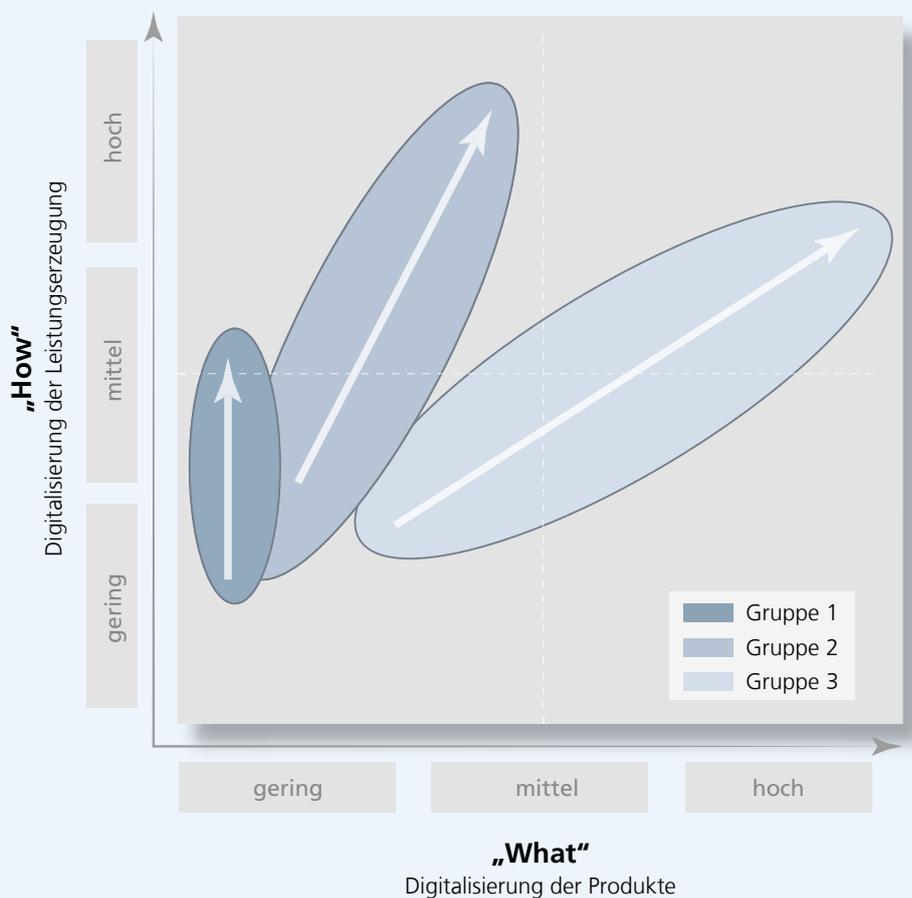
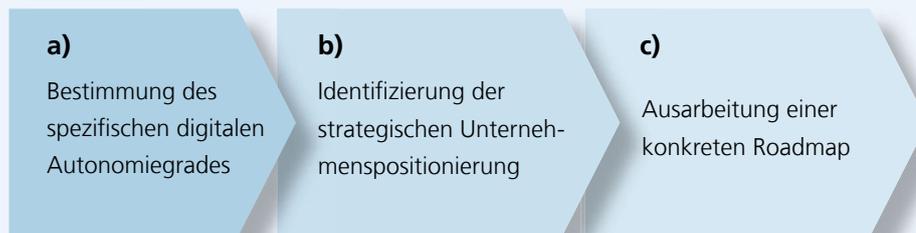


Abbildung 1: Strategische Entwicklungspfade im Rahmen der Studie.

Aus der Abbildung geht hervor, dass grundsätzlich drei verschiedene Entwicklungsrichtungen unterschieden werden können. Unternehmen der Gruppe 1 profitieren vor allem von einer Fokussierung auf die Digitalisierung der Produktion („How“), eine mögliche Digitalisierung der Produkte und das Anbieten digitaler Servicedienstleistungen („What“) haben

für diesen Typ von Unternehmen keine praktische Relevanz. Die Unternehmen der Gruppe 2 sollten die zur Verfügung stehenden Ressourcen gleichermaßen in eine Digitalisierung der Produktion sowie in die Entwicklung digitalisierter Produkte investieren. Demgegenüber sollten sich Unternehmen der Gruppe 3 vorrangig auf die Digitalisierung ihrer Produkte und die Etablierung digitaler Geschäftsmodelle konzentrieren.

Zur Einordnung von Unternehmen in die „How-What-Matrix“ und zur Abschätzung von Potenzialfeldern der Digitalisierung bietet sich die in der Studie angewendete Vorgehensweise in drei Schritten an:



a) Zur Bestimmung des unternehmensspezifischen digitalen Autonomiegrades muss eine Einschätzung über das digitale Potenzial und die Positionierung des Unternehmens innerhalb der Supply Chain vorgenommen werden, siehe Abbildung II:

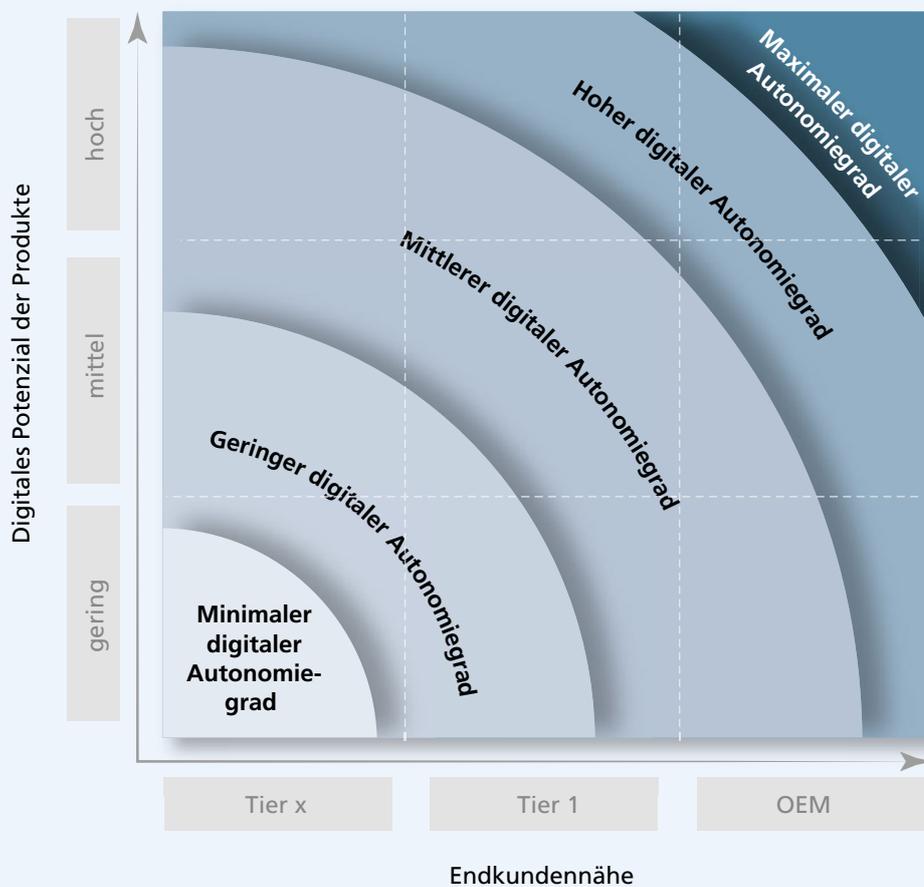


Abbildung II: Systematik des digitalen Autonomiegrades der untersuchten Unternehmen.

Produkte verfügen über ein hohes digitales Potenzial, wenn die technologischen Voraussetzungen zur Integration von Sensoren vorhanden sind. Dasselbe gilt, wenn Produktvariationen durch Software-Applikationen oder digitale Ertragsmodelle grundsätzlich denkbar sind. Die Positionierung innerhalb der Supply Chain ergibt sich aus der Rolle des Unternehmens als OEM, Tier 1 oder Tier x. Die Kombination beider Merkmale ergibt eine diskrete Einordnung in der Matrix in Abbildung III:

b) Aus der Einordnung in die oben stehende Matrix kann direkt die empfohlene strategische Unternehmenspositionierung abgeleitet werden, siehe Abbildung III.

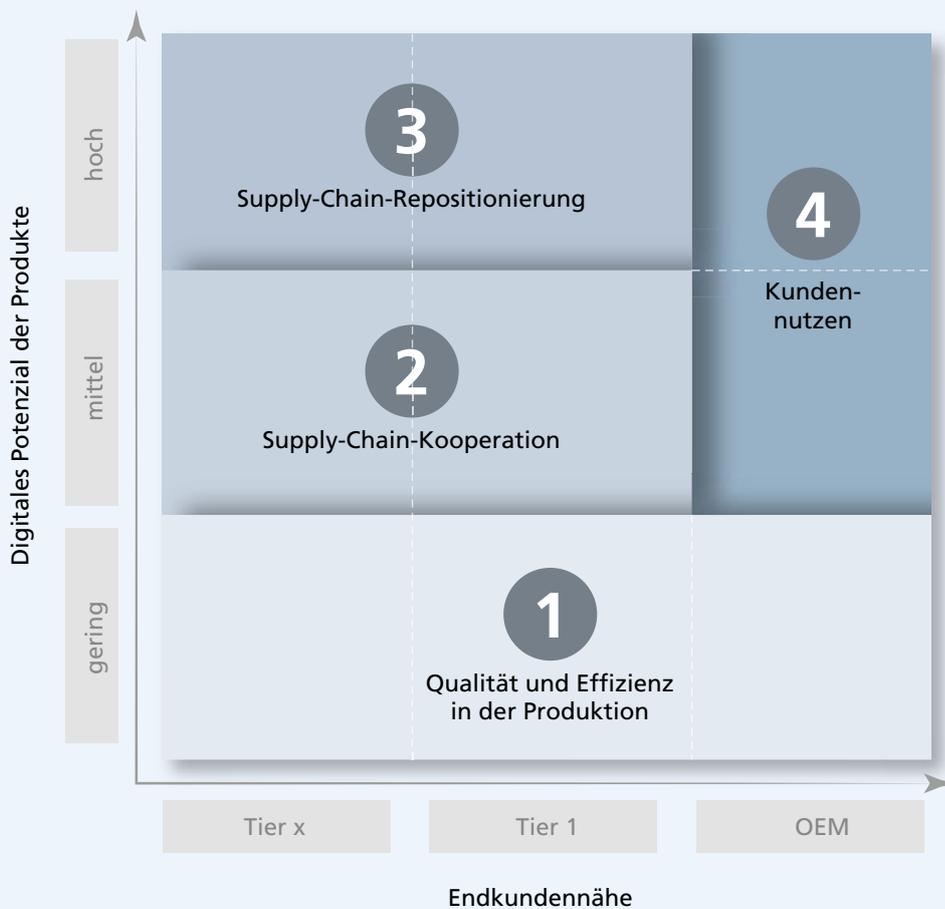


Abbildung III: Strategieklassen auf der Basis des digitalen Autonomiegrades.

In Abhängigkeit des digitalen Autonomiegrades können vier Strategieklassen identifiziert werden:

1. Qualität und Effizienz der Produkte

Unternehmen dieser Strategiekategorie sollten ausschließlich die Digitalisierung der Produktion fokussieren mit dem Ziel, Produkte mit hoher Qualität zu möglichst niedrigen Kosten zu fertigen.

2. Supply-Chain-Kooperation

Die Produkte der Unternehmen in dieser Strategiekategorie sind durch ein mittleres Digitalisierungspotenzial gekennzeichnet, die Unternehmen selbst verfügen aber über keinen direkten Kontakt zu den Endkunden. Zur Nutzung des Digitalisierungspotenzials sollten diese Unternehmen daher Kooperationen mit den entsprechenden Herstellern des Endprodukts eingehen.

3. Supply-Chain-Repositionierung

Unternehmen der dritten Strategiekategorie fertigen Produkte mit einem sehr hohen Potenzial für digitale Servicedienstleistungen/Ertragsmodelle. Da diese Unternehmen das Potenzial ihrer Produkte aufgrund ihrer Rolle als Zulieferer nicht voll nutzen können, sollten sie eine Repositionierung als OEM in Erwägung ziehen.

4. Kundennutzen

Unternehmen in dieser Strategiekategorie haben sowohl direkten Zugang zu den Endkunden als auch Produkte mit einem hohen Potenzial für digitale Servicedienstleistungen. Aus diesem Grund sollten Unternehmen der vierten Strategiekategorie ihre strategische Position konsequent nutzen und ihren Kunden umfangreiche digitale Services anbieten sowie digitale Ertragsmodelle etablieren.

- c) Haben Unternehmen ihren digitalen Autonomiegrad bestimmt und die entsprechende Strategiekategorie identifiziert, sollte als letzter Schritt die Definition von Handlungsfeldern erfolgen. In Anlehnung an das Studiendesign kann eine Roadmap mit konkreten Digitalisierungsmaßnahmen in den fünf Themenfeldern digitale Geschäftsmodelle, Digitalisierungsstrategie, Smart Production, Smart Product und Lean Management entworfen werden.**

3. ERGEBNISSE

Die empirischen Ergebnisse der vorliegenden Studie, die auf 12 strukturierten Interviews mit produzierenden Unternehmen basieren, fallen in mehrere Bereiche. Unterschieden werden können Ergebnisse mit generischem von solchen mit spezifischem Charakter. Generische Ergebnisse besitzen eine Relevanz für die Produktion als Gesamtsystem, während spezifische Ergebnisse einer Einordnung des Unternehmenskontextes bedürfen.

Thesenbildung aus Erkenntnissen

Die methodologischen Grundlagen wurden in Kapitel 2.1. dargestellt und dienen zusammen mit wissenschaftstheoretischen Gedanken (Wendel 2007) der Strukturierung der Ergebnisse. Konkret werden in diesem Kapitel die Erkenntnisse der Studie in Thesen zusammengefasst, die sowohl für die zukünftige Produktionsforschung als auch für die unternehmensstrategische Praxis wichtige Impulse geben. Die Thesen bilden das Bindeglied zwischen den Entscheidungsgrundlagen und Handlungsempfehlungen für die Unternehmen. Beispielhafte Aussagen teilnehmender Unternehmen unterstützen die Thesen und sollen sie greifbar machen.

3.1. Allgemeine Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden Erkenntnisse aus der Studie vorgestellt, die für alle Unternehmen der industriellen Produktion gleichermaßen von großer Bedeutung sind. Grundlage ist ein Paradigmenwechsel hin zu digitalen Systemen, der sich sowohl auf der Ebene der Endkunden als auch auf der Ebene der Hersteller vollzieht.

3.1.1. Digitalisierungsstrategie

Wie in Kapitel 1 gezeigt wurde, stellt die Digitalisierung produzierende Unternehmen vor große Herausforderungen. Das Feld der Unternehmensstrategie befasst sich seit den 1960er Jahren mit dem Leistungsportfolio, dem Fokus und dem Wachstum privatwirtschaftlicher Organisationen (Ansoff, 1965). In strategische Überlegungen werden sowohl äußere als auch innere Faktoren eingebunden. Zu den äußeren Faktoren zählt unter anderem die relative Verhandlungsmacht des Unternehmens, insbesondere gegenüber seinen Zulieferern und Kunden (Porter, 1980; Porter, 1985; Porter, 2008). Die inneren Faktoren umfassen den Aufbau und die Fortentwicklung unternehmenseigener Ressourcen (Nair et al., 2008; Wernerfelt, 1984). Da diese weder gleichmäßig verteilt noch beliebig verschiebbar sind, können Ressourcen die Wettbewerbsfähigkeit einer Unternehmung steigern (Barney, 1991). Nachhaltig ist diese Differenzierung dann, wenn die Effekte der entsprechenden Ressourcen weder imitierbar noch substituierbar sind (Barney, 1991).

Neben den Branchenrelationen und der organisationalen Ressourcenausstattung bestimmt auch das politische und gesellschaftliche Umfeld den Wettbewerbserfolg einer Unternehmung (Peng, 2002). In Bezug auf den Themenkomplex der Digitalisierung hat sich in der Literatur zum strategischen Management in den vergangenen Jahren der Begriff des

Business Ecosystems etabliert. Im Kontext der Digitalisierung bietet die Literatur zum strategischen Management eine Argumentation auf der Basis einer biologischen Metapher an. Business Ecosystems werden seit mehreren Jahren analysiert, um die Einflüsse wechselseitiger Abhängigkeiten auf die Gesamtleistung eines Produktionssystems zu untersuchen (Iansiti und Levien, 2004). Für die Digitalisierung ist dies besonders wichtig, da die modernen Netzwerke vor allem auch digitale Netzwerke sind.

Strategische Rolle von „Business Ecosystems“

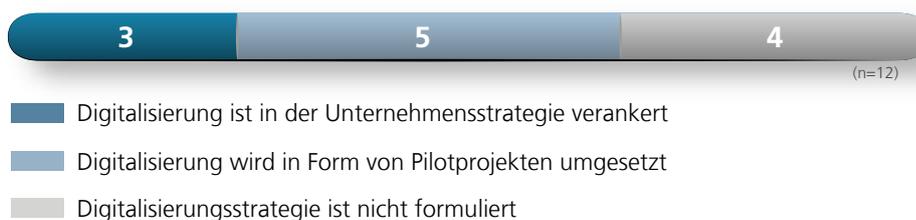
Der Fragenkatalog der Studie beinhaltet mehrere Diskussionsimpulse in Bezug auf die Digitalisierung. Zunächst wird gefragt, wie das Thema Digitalisierung in die Gesamtunternehmensstrategie eingebunden ist. Typischerweise besteht ein Unterschied zwischen der strategischen Einbindung eines Themas und dessen praktischer Umsetzung. Dies ist unter anderem mit der Rückwärtsgewandtheit organisationaler Entscheidungsprozesse zu erklären: Oftmals werden Entscheidungen und strategische Strukturen sichtbar, nachdem eine gewisse Anzahl an Handlungen abgelaufen ist (Weick, 1995), bspw. wenn konkrete Maßnahmen zu Handlungsmustern zusammengefasst werden. Aus diesem Grund wurde separat zur Gesamtstrategie auch nach der Verantwortlichkeit für die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen gefragt. Hierauf aufbauend wurde das Controlling der Maßnahmen diskutiert sowie die dafür notwendigen Werkzeuge und Ansätze.

Strategische Einbindung, praktische Umsetzung

Zunächst kann auf Basis der Studienergebnisse konstatiert werden, dass die Entwicklungsstände der Unternehmen in Bezug auf die Digitalisierung momentan einer hohen Spreizung unterliegen. So haben 3 von 12 der befragten Unternehmen angegeben, die Digitalisierung fest in der Unternehmensstrategie verankert zu haben. Pilotprojekte werden bereits in 5 von 12 der Unternehmen durchgeführt.



Abbildung 9: Verankerung der Digitalisierung in der Unternehmensstrategie



„Die Digitalisierung ist in unserem Unternehmen einer von sieben Eckpfeilern der Gesamtunternehmensstrategie und wird auf der höchsten Ebene des Vorstands verantwortet.“

Hohe Relevanz
der Digitalisierung

Die Wichtigkeit der Digitalisierung wird jedoch in allen Organisationen gleichermaßen unterstrichen. 10 von 12 der befragten Unternehmen schätzen diese als hoch (höchste Auswahlmöglichkeit) ein. Auch in den Aussagen der Unternehmensvertreter spiegelt sich diese grundsätzliche Haltung wider:

„Wir müssen heute schon an die Generation denken, die in 10 Jahren bei unseren Kunden die Entscheidungen trifft. Für diese Generation sind digitalisierte Lösungen selbstverständlich.“

Entwicklungs-
perspektiven für
Unternehmen

Dies zeigt sich unter anderem auch an den identifizierten Strategiepfaden, die den Unternehmen der Studie als Leitplanken für ihre organisationale Entwicklung dienen können. Abbildung 10 (rechte Seite) zeigt die verschiedenen empirischen Daten in der Übersicht. Die Abbildung verdeutlicht neben der aktuellen Ist-Situation der Unternehmen in Bezug auf den Digitalisierungsreifegrad der Wertschöpfungsprozesse und der Produkte auch die individuell abgeleitete Entwicklungsperspektive.

Innerhalb der Studienstichprobe sind drei Gruppen von Unternehmen identifizierbar. Der Strategiepfad der ersten Unternehmensgruppe, in der Abbildung dunkelblau hinterlegt, zeichnet sich durch Digitalisierungspotenziale ausschließlich in den Wertschöpfungsprozessen aus. Aufgrund von weitgehend mechanischen Produkten bzw. aufgrund der Supply-Chain-Positionierung als Zulieferer haben diese Unternehmen praktisch kein Potenzial zur Etablierung digitaler Produktzusatzservices. Im Gegensatz dazu zeichnen sich Unternehmen der zweiten Gruppe durch ähnlich große Digitalisierungspotenziale in der Produktion und bei den Produkten aus. Das Produktportfolio der dritten Gruppe ist durch ein sehr großes Digitalisierungspotenzial gekennzeichnet, sodass diese Unternehmen den Fokus der Digitalisierung vor allem auf die Entwicklung sensorifizierter Produkte und das Anbieten digitaler Services legen sollten.

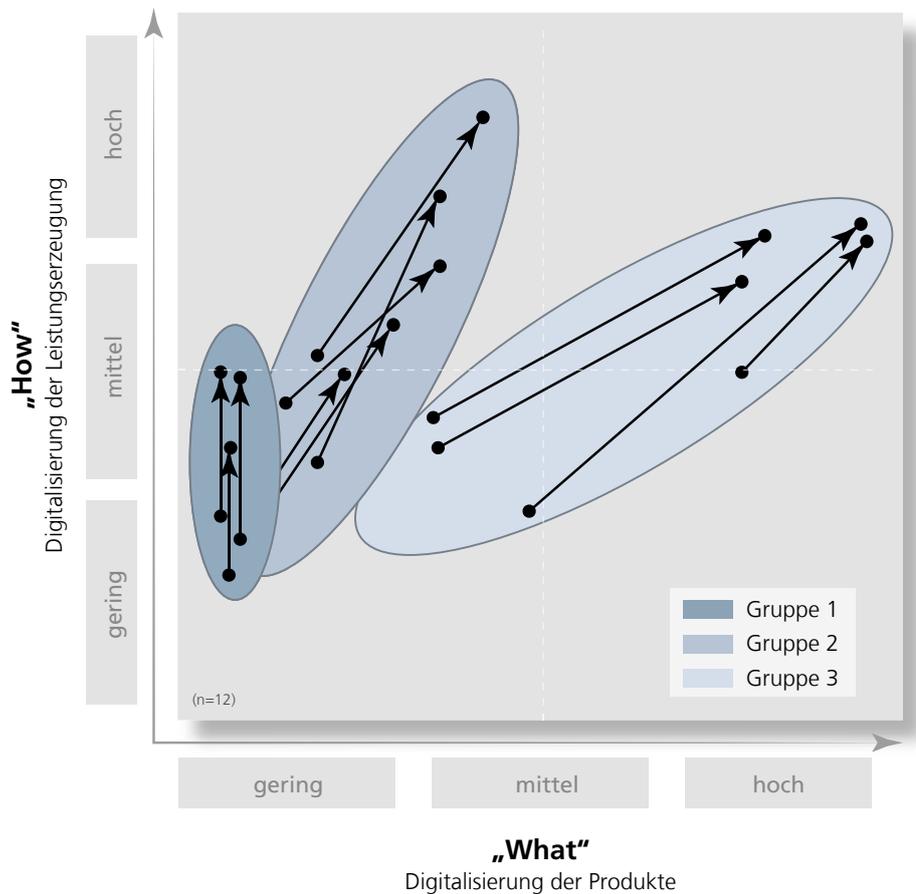


Abbildung 10: Strategische Entwicklungspfade im Rahmen der Studie.

Wenngleich die Wichtigkeit der Digitalisierungsstrategie erkannt ist, kann über die Breite der befragten Unternehmen kein konsistentes Investitionsprogramm festgestellt werden. Durchschnittlich wird von den Organisationen weniger als 1 % des Umsatzes für den Aufbau und die Umsetzung ihrer Digitalisierungsstrategien investiert. Konkrete Entwicklungslücken können auf dieser Basis im Bereich des Digitalisierungscontrollings festgestellt werden. Dieser integrale Bestandteil einer Digitalisierungsstrategie wird von den Unternehmen aktuell unterschätzt und bietet mithin ein Entwicklungspotenzial (Schönbohm und Egle 2017).

*Investition in
Digitalisierung
bisher <1 %*

„Bislang sind die Ziele der Digitalisierung noch nicht definiert. Aus diesem Grund wurden noch keine Digitalisierungskennzahlen abgeleitet.“

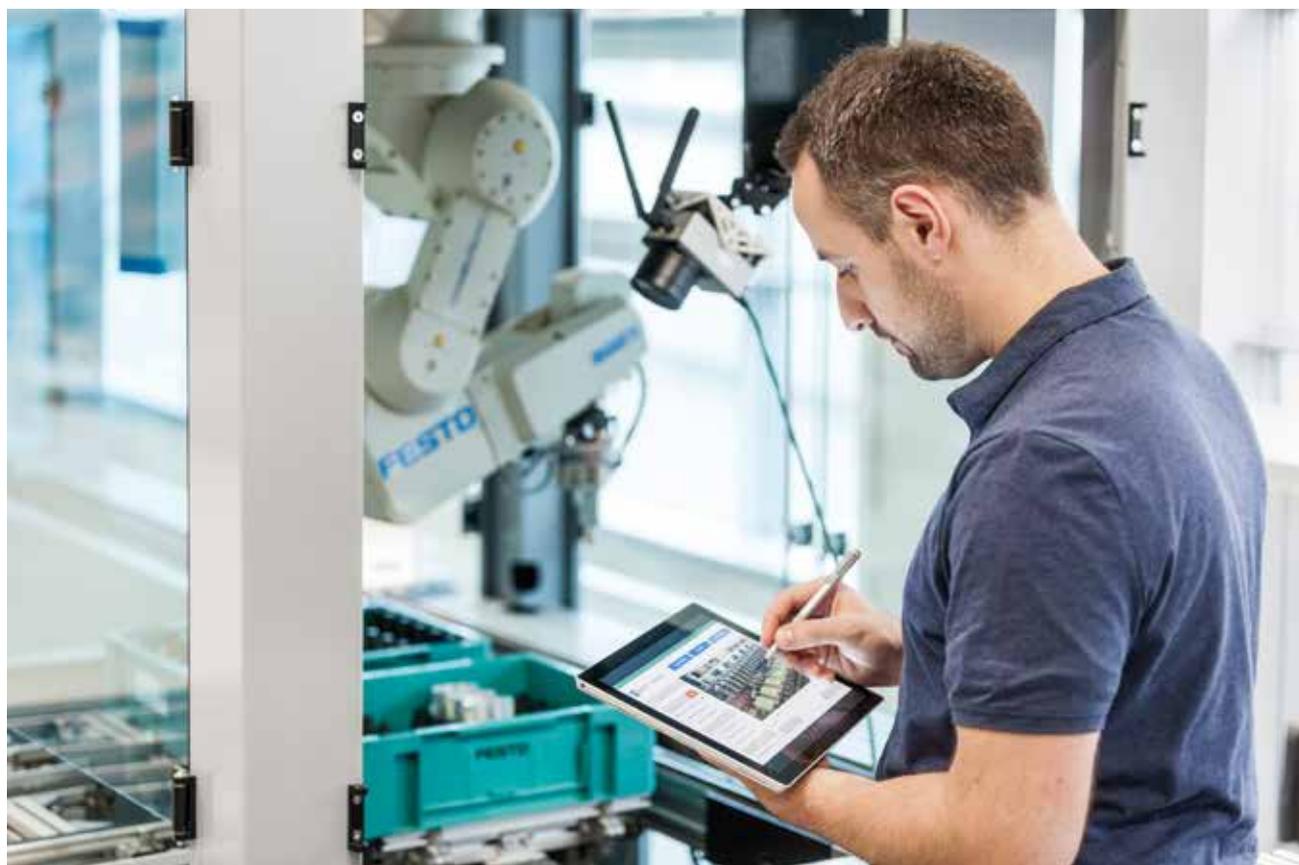
Insbesondere der Einsatz von KPI- und Benchmarking-basierten Steuerungsansätzen kann dabei helfen, die Aktivitäten mit den Zielen auf der Unternehmensebene zu verbinden. Ein mögliches Werkzeug zu diesem Zweck wären unternehmensindividuelle Digitalisierungs-Scorecards. Aus den Unternehmensgesprächen in Kombination mit dem entsprechenden Forschungskontext können im Rahmen der Studie die folgenden Schlüsse abgeleitet werden:

These: Die Digitalisierungsstrategie ist innerhalb der strategischen Führung produzierender Unternehmen zukünftig das wichtigste Thema.

These: Integraler Bestandteil einer erfolgreichen Digitalisierungsstrategie ist ein konsistentes Controlling der Digitalisierungsaktivitäten.

*Handlungsempfehlung:
Gesamtunternehmensstrategie entwickeln*

Aus den obigen Thesen lassen sich konkrete Handlungsempfehlungen für produzierende Unternehmen ableiten: (1) Zunächst gilt es, eine Gesamtunternehmensstrategie für die Digitalisierung zu entwickeln. Diese sollte festlegen, ob der Fokus auf der Produktion oder den Produkten liegen wird. In beiden Fällen sollte geklärt werden, wie die digitale Vernetzung zum Endkunden gestaltet wird, da von hier wichtige Impulse sowohl für die Produktion als auch für das Produktmanagement entstehen. (2) Mögliche technologische Entwicklungspfade sind zu analysieren und gegeneinander zu bewerten. (3) Zur Steuerung des Entwicklungsfortschrittes in Bezug auf den Digitalisierungsreifegrad sollte ein Controlling-system implementiert werden. Dieses kann bspw. Kennzahlen zur automatisierten Beschaffung oder zur digitalen Vernetzung mit Kunden enthalten und sollte in jedem Fall auf der Ebene der Einzelmaßnahmen im alltäglichen Betrieb sein.



3.1.2. Ganzheitliches Change Management

Eine grundlegende Erkenntnis der letzten Jahre ist, dass Veränderungsprozesse den eigentlichen Kern wirtschaftlichen Handelns darstellen (Lesmeister et al., 2011). Auslöser für organisationalen Wandel sind oftmals ein verstärkter Wettbewerb, neue Kundenanforderungen und technologische Innovationen (Woodward und Hendry, 2004). Change Management kann als organisationales Methodenbündel verstanden werden, mithilfe dessen diese externen Herausforderungen bewältigt werden können (Lauer, 2014). Es setzt an den Ebenen der Struktur, der Kultur und der individuellen Rollen innerhalb einer Organisation an (Lauer, 2014). Eine Verankerung des Change Management in der Unternehmensstrategie, die Top-Management-Unterstützung und die Professionalisierung auf der operativen Ebene gehören in der Literatur zu den wichtigsten Einflussfaktoren auf den Wandlungserfolg (Pescher, 2010).

*Schlüssel zum
Wandlungserfolg*

Für den Bereich der Organisation der Produktion spiegelt sich die Notwendigkeit der Veränderung insbesondere in den Ansätzen zur Wandlungsfähigkeit wider (Westkämper und Zahn, 2009). In der angelsächsischen Literatur finden sich die auf Wandlungsfähigkeit fokussierten dynamischen Fähigkeiten (d. h. Fähigkeiten zur kontinuierlichen Neukonfiguration der aktuellen Ressourcen), die insbesondere die organisationalen Routinen und die kooperativen Strukturen zum Produktionsumfeld als Einflussfaktoren hervorheben (Teece et al., 1997; Teece, 2007).

Im Rahmen der Studie wurde unter anderem das Verhältnis zwischen den Humanressourcen und den durch die Digitalisierung veränderten Rahmenbedingungen (inkl. der zusätzlichen Anforderungen) untersucht. Insbesondere die Anstrengungen der Unternehmen, einerseits ihre Mitarbeiter auf den erhöhten Grad an Digitalisierung vorzubereiten und andererseits deren Wissensbasis zu dokumentieren, dienten als Diskussionsraum.

Wenngleich die Ansätze unterschiedlich ausgeprägt sind, zeichnen die Ergebnisse ein homogenes Bild in Bezug auf die Wichtigkeit der Mitarbeiterebene bei den anstehenden Veränderungsprozessen. 7 der 12 befragten Unternehmen markierten die Fragen zur Mitarbeiterintegration mit besonders hoher Relevanz. Nur durch eine frühzeitige Einbindung des Menschen in die technischen Umwälzungsprozesse wird ein erfolgreicher Wandel der soziotechnischen Produktionssysteme möglich sein.

*Mitarbeiter-
integration als
Erfolgsfaktor*

„Wir binden die Mitarbeiter und deren Vertretungsorgan sehr früh in die Projekte zur Digitalisierung mit ein. Dadurch sind sie aktiv am Lösungsprozess beteiligt und fordern digitalisierte Lösungen mittlerweile sogar selbstständig ein.“

Es ergaben sich ferner interessante Impulse mit Blick auf die Wissensmanagementansätze produzierender Unternehmen. 10 von 12 Unternehmen besitzen zwar einen Ansatz zum organisationalen Wissensmanagement. Allerdings sind diese Ansätze zumeist zentral gesteuert. Die Potenziale einer bedarfsgerechten Aufbereitung und Bereitstellung des Wissens für den jeweiligen Mitarbeiter bleiben daher verborgen. Dieses Zentralisierungsproblem findet sich auch im Fortbildungsbereich. Eine problem- und bedürfnisorientierte Ausrichtung der Weiterbildungsinhalte kommt nur bei 7 von 12 Unternehmen zum Einsatz, wenngleich interne IT-Schulungen regelmäßig durchgeführt werden. Durch einen problem-

*Problemorien-
tierter Ansatz
notwendig*

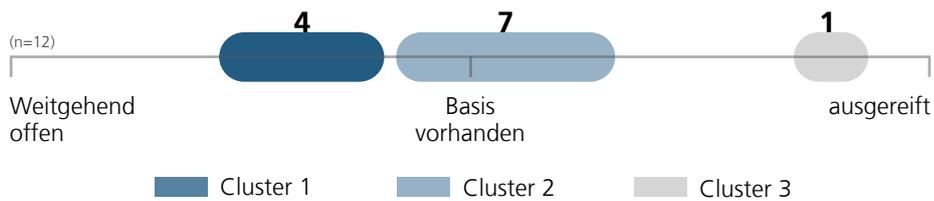
orientierten Wissensmanagementansatz ergibt sich für die Unternehmen die Möglichkeit, eine organisch wachsende Personalstrategie zu verfolgen. Dies ist insbesondere relevant, da ein ganzheitliches Wissensmanagementsystem nicht nur in eine Richtung funktioniert. Die zentrale und aufwandsarme Dokumentation von Mitarbeiterwissen ist für einen IT-basierten Wandlungsprozess essenziell. Die obigen Überlegungen führen zu folgender These:

These: IT-orientiertes Change Management muss einen individuellen und problemorientierten Wissensmanagementansatz unterstützen, um optimal umgesetzt werden zu können.

Handlungsempfehlung: Individuelle Informationsbereitstellung

Konkret sollten Unternehmen darüber nachdenken, wie sie ihren Mitarbeitern – insbesondere auf dem Shopfloor – Informationen unter Berücksichtigung der persönlichen Erfahrungsstände bedarfsgerecht bereitstellen können. In der Praxis wurde die Tauglichkeit, bspw. durch die Miele Werker App, bereits bewiesen. Abbildung 11 zeigt abschließend eine Zusammenfassung der Studienergebnisse im Themenfeld der Unternehmensstrategie.

Abbildung 11:
Verteilung der Strategiereifegrade innerhalb der Studienstichprobe



Hierbei bilden sich drei Cluster von Unternehmen aus, die jeweils durch unterschiedliche Strategiereifegrade gekennzeichnet sind. Die Strategien zur Digitalisierung sind bei Unternehmen des Clusters 1 nur geringfügig ausgeprägt. Trotz einiger Pilotprojekte ist eine konkrete Unternehmensvision in Bezug auf die Digitalisierung noch nicht formuliert. Damit geht einher, dass der genaue Bedarf zur Weiterqualifizierung der Mitarbeiter noch weitgehend offen ist. Bei den Unternehmen des Clusters 2 ist bereits eine gute Ausgangsbasis zur weiteren strategischen Ausrichtung vorhanden. Die Herausforderung für diese Unternehmen liegt vor allem auf der Entwicklung einer konkreten Roadmap mit Maßnahmen und Zielen, die kurz-, mittel- und langfristig erreicht werden sollen. Eine weitgehend ausgereifte Digitalisierungsstrategie, die neben der Formulierung genereller Ziele auch die Ableitung sehr konkreter Projekte beinhaltet, ist lediglich bei einem der 12 analysierten Unternehmen vorhanden.

*Clusterbildung
nach Reifegrad*

3.1.3. Lean Management und seine Schnittstellen

Lean Management ist ein Ansatz zur verschwendungsfreien Produktion von Gütern und Dienstleistungen (Womack et al., 1990). Im Zentrum der Analyse steht der Kunde mit seinen Wünschen und Anforderungen (Erlach, 2010). Die produzierenden Unternehmen haben die Aufgabe, diesen Anforderungen zu entsprechen. Die hierfür notwendigen Prozesse sind auf ihre Zweckausrichtung hin zu überprüfen und Problemfelder sind proaktiv zu identifizieren. Zusätzliche Wege und unnötige Prozessschleifen verlangsamen die Durchlaufzeiten, erhöhen das Risiko der Nichterfüllung und verkleinern daher die Kundennähe. Um dies zu verhindern werden Standardisierungsstrategien angewendet (Maisch, 2014). Insbesondere umfasst das System Produktion auch unterstützende Prozesse ohne direkten Bezug zum physischen Produkt. Dass das Lean Management in neueren Ansätzen auch über die klassischen Produktionsbereiche hinaus geht (Bhasin, 2015), unterstreicht die Wichtigkeit dieser indirekten Bereiche.

Kunde im Fokus

Lean Management wird in der Literatur oft mit Langfristigkeit, Kooperation und auch regionaler Nähe in Verbindung gebracht (Beck, 2004; Martínez-Jurado und Moyano-Fuentes, 2014). Dies gilt insbesondere für eine ganzheitliche Betrachtung für die Öffnung der Kommunikationswege hin zu Lieferanten, Kunden und anderen Produktionsunternehmen. Im Rahmen der Supply-Chain-Integration werden die Anforderungen an einen kooperativen Produktentwicklungsprozess beschrieben.

Technologische Strukturen wirken als vernetzende Systeme und helfen, schlanke Produktionsstrukturen zu etablieren (Bergman et al., 1999). Aus diesem Grund erscheint die direkte Anbindung des Lean Management an die Debatte um digitale Vernetzung unumgänglich.

*Lean Management
als Basis*

Die strukturierten Interviews boten Raum für Diskussionen um die Themengebiete der Supply-Chain-Integration und der organisationalen Praxis des Lean Managements. Es wurde unter anderem nach der Art der Einbindung von Lieferanten und Dienstleistern in den Produktentwicklungsprozess gefragt. In Bezug auf das Lean Management wurden Fragen zur Unternehmensstrategie, der Führungskultur, dem Verbesserungswesen und der Mitarbeiterbefähigung diskutiert.

Die empirischen Ergebnisse machen deutlich, dass eine Online-Integration der Vorleistungsstufen in Bezug auf den Produktentwicklungsprozess nur bei einem geringen Anteil der Unternehmen implementiert ist. Dies unterstreicht die ressourcentheoretische Ausrichtung (d. h. der Schutz eigener Ressourcen unter Inkaufnahme verlorener Kooperationspotenziale) produzierender Unternehmen in Deutschland. Die Potenziale offenerer Ansätze zur Produktentwicklung und deren Integration in konsistente IT-technische Systeme werden nur zu einem geringen Maß wahrgenommen.

Erfolgreicher Verbesserungsprozess durch Einbindung der Belegschaft

Eine Zielbildentwicklung auf Unternehmensebene ist in vielen Unternehmen verankert und deren Kaskadierung entlang der Organisationsstrukturen zumindest vorgedacht. Heterogen jedoch sind die Führungsstile, mit denen die Ziele top-down unterstützt werden. Das Spannungsfeld reicht von einer hierarchischen Trennschärfe zwischen Top-Management und Shopfloor bis hin zu partizipatorischen Ansätzen, bei denen das Management als Integrator fungiert und die Unternehmensvision einer kontinuierlichen Verbesserung bis in die Ebene der operativen Wertschöpfung trägt. Abbildung 12 verdeutlicht, dass lediglich 4 von 12 einen solchen konsequenten Lean-Management-Ansatz durch eine direkte Einbindung der Belegschaft in die organisationalen Kommunikationsprozesse verfolgen.

Abbildung 12: Einbindung der Belegschaft in den Verbesserungsprozess

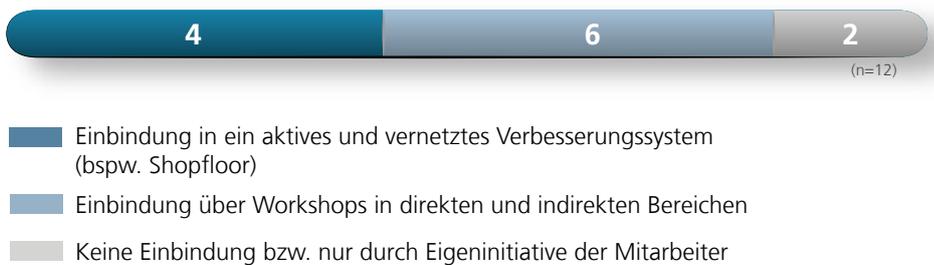
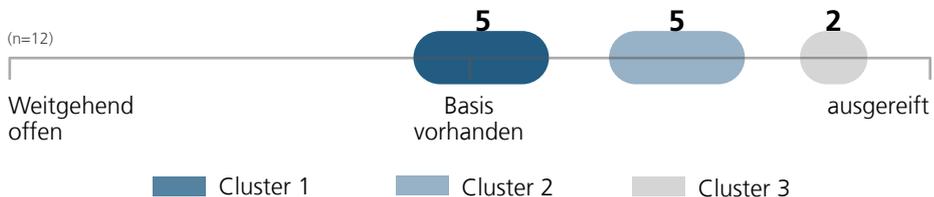


Abbildung 13 zeigt eine Konsolidierung der Lean-Reifegrade, die im Rahmen der empirischen Studie beobachtet wurden.

Abbildung 13: Verteilung der Lean-Management-Reifegrade innerhalb der Studienstichprobe



Im Gegensatz zur Digitalisierungsstrategie ist der Reifegrad der Lean-Management-Ansätze in den 12 untersuchten Unternehmen sehr viel deutlicher ausgeprägt. Die drei Cluster fassen verschiedene Entwicklungsstände innerhalb der Unternehmen zusammen. Während Cluster 1 bereits eine gute Ausgangsbasis bei der Anwendung von Lean Management in den Unternehmen repräsentiert, ist bei den Unternehmen der Cluster 2 und 3 eine tiefere und umfassendere Verankerung der Lean-Philosophie im Alltag zu erkennen.

Lean Management als Standard



Ein deutliches Potenzial zeigte sich im Zuge der Studie im Bereich der indirekten Prozesse im Unternehmen. Die bekannten Ansätze des Lean Managements werden zumeist mit den Shopfloor-Prozessen verknüpft.

„In den direkten Bereichen zählt Lean Management schon seit Jahren zum Standard und wird erfolgreich umgesetzt. Von einer Übertragung der Lean-Management-Methoden auf die Administration versprechen wir uns eine deutliche Verbesserung der Schnelligkeit und Effizienz unserer unternehmensinterner Prozesse.“

Das Kernpotenzial des Lean Managements, die konsequente Ausrichtung eines Prozesses auf den Kundennutzen, lässt sich jedoch auch auf die indirekten Bereiche übertragen. Ein Grund, warum dies in den Unternehmen oftmals nicht erkannt wird, ist ein hierfür notwendiger Perspektivenwechsel: Kunden müssen nicht zwangsläufig externe Kunden sein. Vielmehr gibt es eine Reihe an internen Kunden, bspw. die Montage als interner Kunde für die Beschaffung, die ebenfalls Anforderungen an das ihnen übergebene Leistungsbündel stellen. Bei Prozessen ohne internen Kunden ist indes fraglich, ob diese überhaupt zur gesamtheitlichen Wertschöpfung des Unternehmens beitragen. Weniger als die Hälfte der Unternehmen hat einen ganzheitlichen Lean-Ansatz implementiert, der sowohl direkte als auch indirekte Prozesse inkludiert. Aus obigen Überlegungen lassen sich die folgenden Thesen ableiten:

*Perspektivwechsel
notwendig*

These: Lean Management ist eine Grundvoraussetzung, um den derzeitigen digitalen Wandel erfolgreich gestalten zu können.

These: Ein ganzheitlicher Lean-Management-Ansatz muss neben den Produktionsprozessen insbesondere auch die Abläufe der indirekten Bereiche umfassen, um sein komplettes Potenzial entfalten zu können.

Handlungsempfehlung: Indirekte Bereiche einbeziehen

Die konkreten Handlungsempfehlungen in Bezug auf das Lean Management beziehen sich vor allem auf die Einbeziehung der indirekten Bereiche. Die Muster der Effizienzpotenziale, die in der direkten Produktion bereits seit Langem identifiziert und ausgeschöpft werden, können oftmals auch in die indirekten Bereiche übertragen werden. Vor allem die Institutionalisierung von Regelterminen und die Visualisierung aktueller und zukünftiger Aufgaben, Maßnahmen und Potenziale tragen zur Effizienz der Organisation bei. Für repetitive Aufgaben, bspw. innerhalb der Auftragsabwicklung, können sogar Taktprinzipien implementiert werden.

Konklusion zu den Voraussetzungen des digitalen Wandels in der Produktion

Es konnte durch die empirischen Erkenntnisse gezeigt bzw. bestätigt werden, dass eine Kombination aus Digitalisierungsstrategie und integriertem Lean-Management-Ansatz die Grundlage bildet, um als Unternehmen der industriellen Produktion den digitalen Paradigmenwechsel erfolgreich gestalten zu können.



3.2. Spezifische Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden Details der Studie präsentiert, die sich aus dem Vergleich verschiedener Untergruppen der befragten Unternehmen abgezeichnet haben. Grob lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse einem der folgenden Bereiche zuordnen: 1) Voraussetzungen, 2) Smart Factory, 3) Smart Products und Services. Letztere können in traditionelle oder gänzlich neue Geschäftsmodelle eingebettet sein bzw. aus diesen hervorgehen. Abbildung 14 zeigt diese grundsätzliche Struktur.

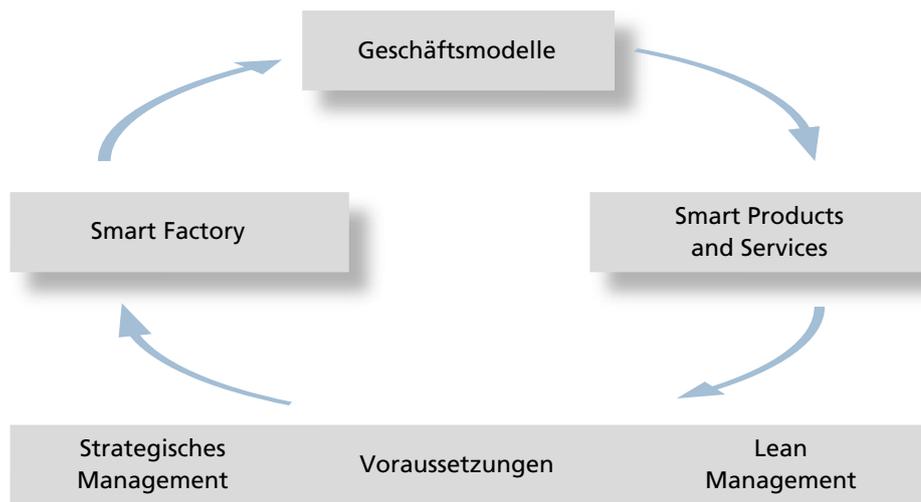


Abbildung 14: Struktur der durch die Studie identifizierten Handlungsfelder digitaler Produktion

Die Voraussetzungen für die erfolgreiche Gestaltung des digitalen Paradigmenwechsels wurden bereits im vorausgegangenen Kapitel beschrieben. Daher konzentriert sich dieser Abschnitt auf die Bereiche der Fabrik und der Produkte. Geschäftsmodelle bilden hierbei das oft vernachlässigte Bindeglied zwischen der leistungsfähigen Fabrik und den marktfähigen Produkten und Services.

Der digitale Autonomiegrad (siehe nächste Seite Abbildung 15) bezeichnet eine Merkmalskombination produzierender Unternehmen und besteht aus zwei Dimensionen: (1) dem digitalen Potenzial der Produkte; (2) der Endkundennähe entlang der Lieferkette. Im Verlauf der Studie hat sich diese Systematik entwickelt und die Unternehmen der Studie wurden nach ihr klassifiziert. Durch diese Klassifizierung ist auch eine Strategiezuordnung möglich, die unterschiedliche Rahmenbedingungen berücksichtigt und somit kontextsensitive Handlungsempfehlungen gibt.

Digitaler Autonomiegrad des Unternehmens

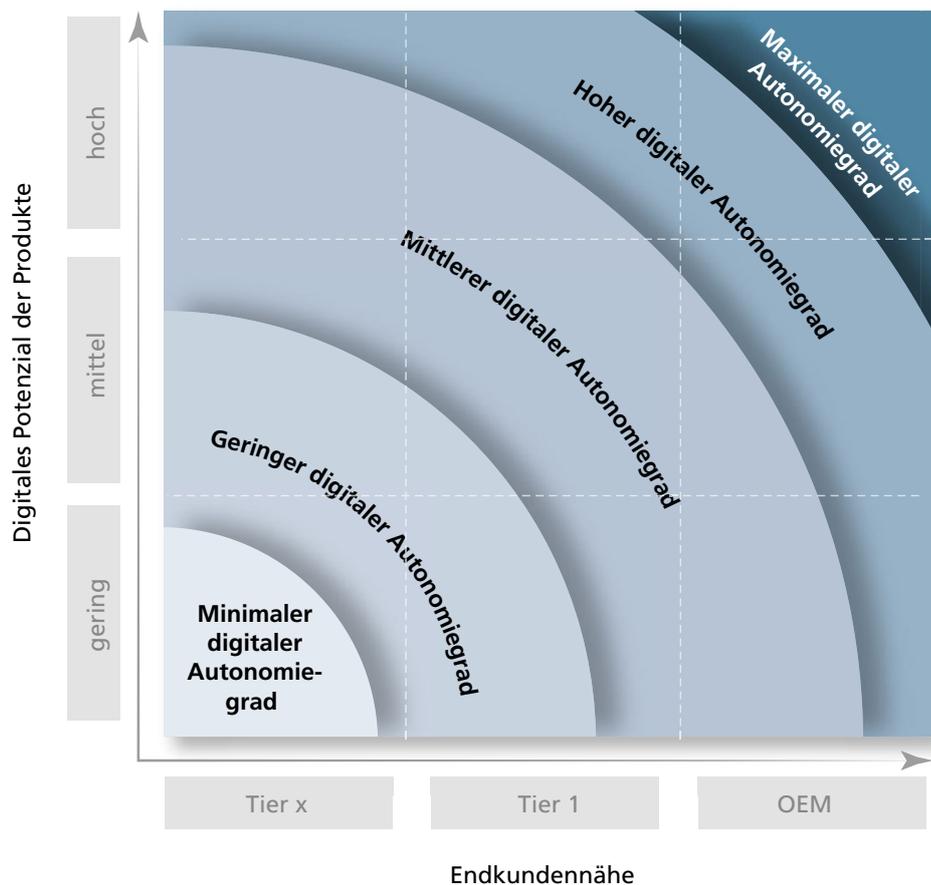


Abbildung 15: Systematik des digitalen Autonomiegrades der untersuchten Unternehmen.

Endkundennähe
und digitales
Potenzial

Der digitale Autonomiegrad eines Unternehmens definiert sich aus der Kombination von Endkundennähe und digitalem Potenzial der Produkte. Die Endkundennähe bezieht sich auf die Einordnung des Unternehmens innerhalb seiner Lieferkette. Es sind Ausprägungen von Tier-x-Lieferanten bis zum OEM möglich. Das digitale Potenzial der Produkte wird wiederum aus zwei Komponenten bestimmt. Zum einen ist eine kontextabhängige Einschätzung zum technologischen Potenzial der Unternehmensprodukte zu geben. Zum anderen ist dieselbe Situation aus Sicht der Kunden und mithin der Aspekt der Vermarktungsfähigkeit zu bewerten.

Sind die technologischen Voraussetzungen für die Digitalisierung eines Produktes gegeben und kann eine Steigerung des vom Kunden wahrgenommenen Marktwertes damit erzielt werden, so ist das digitale Potenzial des Produktes hoch. Abschließend ist noch anzumerken, dass das Konzept des digitalen Autonomiegrades einen analytischen Charakter besitzt. Unterschiedlich eingeordnete Unternehmen werden allerdings unterschiedliche strategische Ausrichtungen benötigen, um ihre Potenziale optimal ausnutzen zu können. Im Rahmen der Studie sind vier Strategieklassen abgeleitet worden, die in Kapitel 3.2.3. vorgestellt werden.

3.2.1. Smart Factory

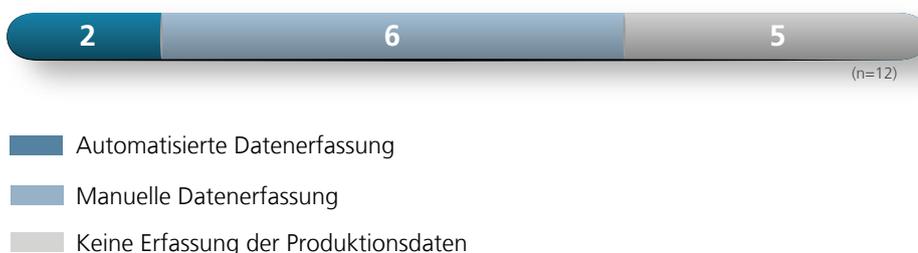
Das digitale Abbild der Produktion

Wenngleich Ansätze zu den smarten Fabriken stets auch die Organisation und die sozialen Interaktionen integrieren, liegt ein besonderer Fokus auf der durchgängigen Bereitstellung produktionsrelevanter Daten und Informationen (Westkämper et al., 2013). Zu diesem digitalen Abbild der Fabrik zählt insbesondere die digitale Erfassung von Produkten, Fertigungsressourcen und Kundenaufträgen (Lucke, 2013). Durch die digitalen Strukturen und Werkzeuge können unterschiedliche Systeme verknüpft und integriert werden. Daher befasst sich die Studie in Bezug auf die digitale Produktion insbesondere mit zwei Ebenen. Erstens werden Fragen in Bezug auf die Relation zwischen den Bereichen Produktion und Entwicklung im Unternehmen diskutiert. Hierbei steht die Auswertung von Produktionsdaten zur Verbesserung der Entwicklungsprozesse im Fokus. Zweitens zielen die Fragen auf die Digitalisierung der Maschinenzustände, des Fortschritts auf Auftragsebene sowie der Ortung von Anlagen und Werkstückträgern auf dem Shopfloor ab.

Bereitstellung der produktionsrelevanten Daten

Die befragten Unternehmen nutzen die Produktionsdaten in sehr unterschiedlichem Umfang für die eigenen Entwicklungsprozesse. Sie werden zum Großteil manuell, in einigen Fällen automatisiert, oftmals aber auch gar nicht analysiert. Lediglich 2 von 12 Unternehmen untersuchen ihre Daten aus den Produktionsprozessen vollumfänglich und teilweise automatisiert, sodass ein kontinuierlicher Erkenntniszuwachs für die interne Produktentwicklung entsteht. Abbildung 16 verdeutlicht dies:

Abbildung 16: Erfassung von Produktionsdaten für den Entwicklungsprozess



Trotz der Zurückhaltung der Unternehmen bezüglich der automatisierten Produktionsdatenanalyse, haben die Unternehmen den daraus zu schöpfenden Mehrwert erkannt.

„Qualitätsmessdaten aus dem Prüffeld werden automatisiert an die Entwicklung weitergeleitet und dort ausgewertet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Entwicklung neuer Produktlinien damit verbessert werden konnte.“

*Abhängigkeit von
Produktionsart*

Die starke Heterogenität der Antworten kann unter anderem auf die großen Unterschiede zwischen den Produktionsarten zurückgeführt werden. Insbesondere bei Fabriken der Einzelfertigung ist eine algorithmische Datenauswertung erschwert, da hier eine hohe Komplexität in der Form vieler und häufig wechselnder Produktionssituationen vorliegt. Aufgrund der Abhängigkeit vom Produktionskontext erscheint ein dreiteiliger Prozess zur strategischen Evaluation des Themas sinnvoll. Erstens ist auf der Basis interner Expertenbefragungen eine qualitative Nutzenanalyse für die Kopplung produktionsbasierter Daten an die Prozesse der Entwicklung durchzuführen. Zweitens – und nur falls die identifizierten Potenziale der Nutzenanalyse ausreichend groß sind – kann eine prototypische Umsetzung mit Testdatensätzen erfolgen. Hierbei ist der Proof of Concept zu erbringen, der im besten Fall mit einer direkten Erfolgswirksamkeit auf der Ebene der Unternehmensziele in Verbindung gebracht wird. Drittens kann durch eine umfassende Analyse wiederkehrender Prozesse das Automatisierungspotenzial in der Breite abgeschätzt werden.

Ebenso wie bei der Relation zwischen Produktentwicklung und Produktion ist im Bereich der automatisierten Erfassung von Shopfloor-Daten eine bedeutende Spreizung zwischen den Unternehmensstrategien ersichtlich geworden.

*Effizienzpotenziale
kaum genutzt*

In 11 von 12 Unternehmen werden die Maschinen größtenteils noch manuell bzw. über lokale Eingabesysteme gesteuert. Wenngleich die Strategien zur Erstellung eines digitalen Abbildes der Produktion in vielen Unternehmen existieren, so fehlt es dennoch an der entsprechenden Technologieimplementierung auf dem Shopfloor der Fabriken. Hierdurch werden jedoch insbesondere Effizienzpotenziale vernachlässigt, die durch eine papierlose Fertigung ermöglicht werden.

These: Je spezifischer das digitale Abbild der Fabrik ausgearbeitet ist, desto größer ist der Nutzen für die Planung, Steuerung und Optimierung der Produktion.

Die Voraussetzungen für die Kommunikationsfähigkeit von Maschinen auf dem Shopfloor, die als Grundlage für eine vorausschauende Produktionsdatengenerierung dient, sind aktuell bereits in der überwiegenden Anzahl der analysierten Unternehmen technologisch implementiert.



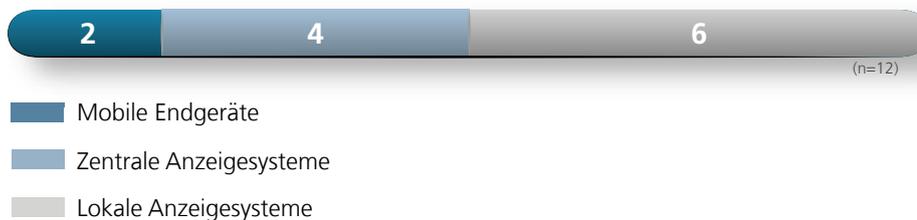
Um ein sukzessives Nachrüsten zusätzlicher Maschinen und Anlagen mit entsprechender Sensortechnologie zu unterstützen, bietet sich die Strategie des Retrofittings an. Auf diese Weise können Schritt für Schritt weitere Maschinen an das Manufacturing Execution System (MES) angeschlossen werden. Somit kann bspw. die Erfassung produktionsrelevanter Maschinendaten von einer manuellen in eine automatisierte Struktur überführt werden. Die Voraussetzungen hierfür, insbesondere die Ausstattung der Produktion mit entsprechenden PPS- und MES-Lösungen, war beim Gros der interviewten Unternehmen bereits seit Längerem vorhanden.

*Retrofitting als
Ansatz*

Die Vorteile einer Echtzeitfähigkeit des digitalen Fabrikabbildes für Werker und Management zeigen sich bspw. durch die analytischen Potenziale, die vor Ort auf mobilen Geräten ihre Wirkung entfalten können. Bspw. können Werker über Smart Devices (bspw. Tablet-Computer) bedarfsgerecht auf Prozesskontexte zugreifen und somit die Prozessqualität verbessern. Abbildung 17 zeigt den aktuellen technischen Stand in den Produktionen der Unternehmen:

*Vorteile der Echt-
zeitfähigkeit*

Abbildung 17: Übermittlung von Maschinendaten an den Werker



- Mobile Endgeräte
- Zentrale Anzeigesysteme
- Lokale Anzeigesysteme

„Die Einführung eines zentralen Bildschirms zur Anzeige von Echtzeitinformationen in der Produktion war ein wichtiger Schritt. Die Werker kennen jetzt zu jeder Zeit den genauen Zustand der Produktionslinie und können Störungen sofort beheben.“



Allerdings kann auf der Basis der empirischen Erkenntnisse konstatiert werden, dass eine Ausrichtung der Produktion am digitalen Paradigma durchaus unterhalb der Kundenbedürfnisse priorisiert wird. Bestehen Potenziale, bei denen durch digitale Services oder zusätzliche Datenanalysen der Kundennutzen gesteigert werden kann, so sollten die Ressourcen zunächst auf diese Bereiche konzentriert werden. Aus den obigen Überlegungen wurde in der Konsolidierung der Untersuchungsergebnisse die folgende These abgeleitet.

These: Je geringer der digitale Autonomiegrad eines Produktionsunternehmens, desto notwendiger werden Investitionen in ein feingranulares digitales Abbild der Produktion als Grundlage der Unternehmensführung.

Digitales Abbild der Produktion ist unerlässlich

Das digitale Abbild der Produktion ist insbesondere auf Unternehmen anwendbar, deren Produktion eine gewisse Wiederholhäufigkeit und somit Routine aufweist. Hier sind die Potenziale eines digitalen Abbildes unmittelbar vorhanden und relativ direkt erreichbar. Dies kann jedoch keineswegs heißen, dass Einmalfertiger nicht grundlegende Vorteile der Produktionsdatenanalytik nutzen können. Lediglich die Zugänglichkeit der Digitalisierungspotenziale ist bei einer routinebasierten Produktion erleichtert, wodurch das digitale Abbild der Produktion zum Imperativ wird. Es gibt sowohl in der Literatur als auch in der Praxis Evidenz dafür, dass die Digitalisierung eine komplexe Flexibilisierung der Produktion erst effizient möglich macht (BarNir et al., 2003; Westkämper et al., 2013; Marengo, 2017).

Handlungsempfehlung: Feingranulares digitales Abbild

Als konkrete Handlungsempfehlung kann folglich der Aufbau eines feingranularen digitalen Abbildes der Produktion genannt werden. Hierzu zählen insbesondere die Digitalisierung der Maschinenzustände und des Auftragsstatus. Auf dieser Basis kann die kontinuierliche Analyse der Produktion – bspw. mit dem Ziel der Identifikation von Verbesserungspotenzialen und der Vermeidung von Stillständen – zentralisiert und teilweise automatisiert werden. Mobile Devices können bei einem höheren Reifegrad zur Unterstützung der Werker auf dem Shopfloor eingesetzt werden, um bedarfsgerechte Informationen aus dem gesamten Produktionswissen zu extrahieren.



Kooperationen entlang der Lieferkette

Mittelständische Unternehmen, insbesondere auch solche der Zulieferindustrie, stehen vor großen Herausforderungen in Bezug auf die Effizienz und Flexibilität ihrer Material- und Informationsflüsse (Völker und Neu, 2008). Kooperative Strukturen entlang der Lieferkette bieten im Gegensatz zu reinen Marktbeziehungen oder einer hierarchischen Integration einen konzeptuellen Aufsattpunkt. Sowohl zum Kunden als auch zum Lieferanten hin können Kooperationen die Effektivität der implementierten Prozesse steigern (Oliveira et al., 2011). Insbesondere langfristige Geschäftsbeziehungen im Vergleich zu temporären Relationen mit hoher Fluktuation wirken sich positiv auf die Unternehmensleistung aus (Li et al., 2010). Die Voraussetzungen für den Aufbau effektiver Kooperationsprozesse sind vielfältig. In der Literatur wird jedoch vor allem die Wichtigkeit geteilter Informationen, konsistenter Leistungsmessungssysteme und die aktive Unterstützung des Top-Managements hervorgehoben (Wong et al., 2012). In der Abgrenzung zu den gegebenen Potenzialen sind es die gemeinsamen Praktiken, bspw. eine gemeinsame Planung, Entscheidungsfindung und Durchführung, die eine Lieferkettenkollaboration erfolgreich machen. Durchführung und Reflexion nehmen eine besonders wichtige Stellung ein und fördern die Anschlussfähigkeit an zukünftige Projekte (Ramanathan und Gunasekaran, 2014).

Entlang der Lieferkette gemeinsam mehr erreichen

Für die Studie war die Kooperationsthematik besonders relevant, da die Digitalisierung auch einen neuen Zugang zu gemeinschaftlichen Prozessen und Strukturen gewährt. Die Interviewfragen wurden sowohl in Richtung der Lieferanten- als auch in Richtung der Kundenintegration diskutiert, bspw. zur Einbindung externer Organisationen in den eigenen Produktentwicklungsprozess. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der organisationsübergreifenden Nutzung von Daten und entsprechenden Anwendungen zu deren Analyse.

Die Unternehmen binden ihre Lieferanten bzw. eine Untermenge an Schlüssellieferanten zwar über gemeinsame Regeltermine in den Produktentstehungsprozess ein. Allerdings werden diese Kooperationsprozesse noch nicht von einer IT-technischen Einbindung begleitet, wodurch die analytischen Potenziale verborgen bleiben. Im spezifischen Beispiel einer gemeinsamen Entwicklungssoftware hat keines der befragten Unternehmen organisationsübergreifende Prozesse implementiert, die eine kooperative Entwicklung mit ihren Lieferanten effektiv unterstützen. Auch integrative Plattformen werden quasi noch nicht zur Orchestrierung gemeinsamer Aktivitäten genutzt.

Analytische Potenziale bleiben verborgen

„Wir decken bereits heute den Großteil unseres Beschaffungsvolumens automatisch über Online-Plattformen ab. Zukünftig werden wir nur noch mit Lieferanten zusammenarbeiten, die diese Art der Vernetzung unterstützen.“

Auch Strategien zur datengetriebenen Vorwärtsorganisation, bspw. zur systematischen Auswertung von Produktnutzungsdaten, wie in der Form von Kundenrückmeldungen oder Servicedaten, werden nur von 4 von 12 Unternehmen angewendet.

Potenzial der Produktnutzungsdaten

„Daten über die Produktnutzungsintensität durch die Kunden erhalten wir aktuell ausschließlich in Form von Serviceprotokollen. Durch die Online-Anbindung unserer Produkte werden wir das Produktnutzungsverhalten der Kunden viel detaillierter und in Echtzeit nachvollziehen können.“

*Crowdsourcing
bietet neue
Möglichkeiten*

Outsourcing als Vergabe einer bestimmten Aufgabe an ein Drittunternehmen ist in der heutigen Wirtschaftswelt gängige Praxis. Als neue Ausprägung tritt vermehrt das sogenannte Crowdsourcing auf. Dabei wird eine Aufgabe nicht an ein bestimmtes Unternehmen, sondern an eine undefinierte Crowd (=Menschenmenge) über bestimmte Internetplattformen ausgelagert. Bei der Nutzung von Crowdsourcing können unterschiedliche Arbeitsaufgaben an die Crowd vergeben werden. Beispiele hierfür sind die Erledigung einfacher schriftlicher Aufgaben (Bsp. Produktbeschreibungen, Übersetzungen), Tätigkeiten im Marketing (Bsp. Umfragen, Produktbewertungen), Aufgaben in kreativen Bereichen (Bsp. Design), Entwicklungstätigkeiten (Bsp. Konstruktion) oder IT-Aufgaben (Bsp. Programmierungen). Aus diesem weiten Spektrum wird jedoch lediglich Letzteres tatsächlich bereits von einem der befragten Unternehmen als alternativer Beschaffungsweg anerkannt.

„Crowdsourcing-Plattformen nutzen wir vor allem im Bereich der Softwareentwicklung. Stellt man eine Entwicklungsaufgabe mit Termindruck und Prämie auf die Plattformen, erreicht man durch die weltweite Vernetzung ein schnelles und sehr gutes Ergebnis.“



Ansatzpunkte klassischer Lieferkettenkooperationen werden nach wie vor von den Unternehmen berücksichtigt. Ein hoher Reifegrad der digitalen Entwicklung im Sinne eines digitalen Autonomiegrades ermöglicht den Unternehmen die klassischen Kooperationsformen in plattformbasierte Ökosysteme zu entwickeln. Ferner sind Kooperationsstrategien dann kritisch zu überprüfen, wenn das digitale Potenzial der Produkte von Zulieferunternehmen sehr hoch ist, da dies Potenziale einer Neupositionierung innerhalb der Supply Chain bietet.

*Klassische
Lieferketten-
kooperationen*

These: Unternehmen mit einem geringen digitalen Autonomiegrad profitieren von klassischen Lieferkettenkooperationen, während ein hoher digitaler Autonomiegrad das Potenzialfeld plattformbasierter Ökosysteme eröffnet.

These: Zulieferer mit einem hohen digitalen Produktpotenzial sollten ihre Kooperationsstrukturen und ihre Lieferkettenpositionierung überprüfen.

Als konkrete Handlungsempfehlung kann insbesondere die Implementierung und die Arbeit mit organisationsübergreifenden CAx-Systemen genannt werden. Diese bieten die notwendige Homogenität und Struktur, um effektiv mit der Komplexität in stark verteilten Produktionsnetzwerken umgehen zu können.

*Handlungsemp-
fehlung: Nutzung
von CAx-Systemen*

Automatisierung von Bestellungen, Warenannahme und Kommissionierung

Automatisierungslösungen für Bestell- und Warenannahme sowie für Kommissionierprozesse bauen prinzipiell auf der Struktur des Material Requirements Planning (MRP) auf, das seit den 1980er Jahren in der Literatur diskutiert wird (Kumar und Meade, 2002). Insbesondere werden in den wissenschaftlichen Beiträgen die technologischen Neuerungen sowie die betriebswirtschaftlichen Implikationen datentechnisch gestützter Lieferkettenorganisation kontrovers verhandelt (Rantala und Hilmola, 2005; Percy und Giunipero, 2008; Leonard und Cronan, 2005).

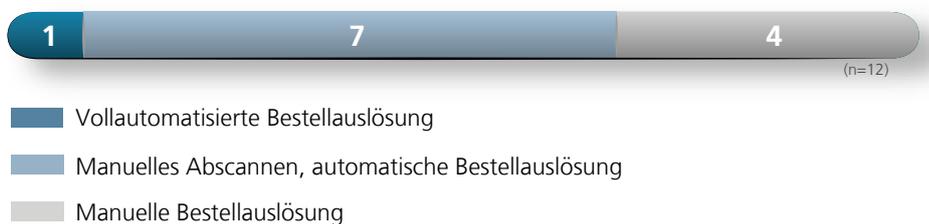
Im Rahmen der Studie wurden die Unternehmen daher vor allem nach den Technologien gefragt, die sie in den obigen drei Bereichen aktuell anwenden. Letztlich zielten die Fragen somit auf den Reifegrad des digitalen Abbildes der Logistikprozesse produzierender Unternehmen.

*Digitalisierung
der Logistik*

Der Automatisierungsgrad der Bestellsysteme innerhalb der empirischen Stichprobe an Produktionsunternehmen war heterogen. Zwar bieten Scannerlösungen bereits in der Breite eine halbautomatische Anschlussfähigkeit der physischen Materialien im Wareneingang an die Buchungs- und ERP-Systeme. Das selbstständige Ein- und Ausbuchen von Materialien im Wareneingang und -ausgang konnte jedoch nicht beobachtet werden. Keines der 12 Unternehmen der Studie wendet im Wareneingang RFID zur Selbstorganisation der Systeme an.

Die Bestellauslösung geschieht teilweise noch manuell (in 4 von 12 Unternehmen der Studie), wie Abbildung 18 verdeutlicht:

Abbildung 18: Automatisierungsgrad der Bestellauslösung



Ein Grund hierfür scheint vor allem die Schwierigkeit in der Lieferkettenausrichtung zu sein, geeignete Materialien für eine Automatisierung zu identifizieren. Insbesondere durch die manuelle Bearbeitung repetitiver Prozesse wird jedoch wertvolle Produktivzeit gebunden.

Eine Potenzialanalyse für die Verwendung von selbstorganisierenden Bestellsystemen kann grob in die folgenden Schritte eingeteilt werden: 1) Kenntnis über das Verbrauchsverhalten, 2) Steuerungsfähigkeit der Materialien, 3) Anschlussfähigkeit des Behältersystems an das jeweilige ERP-System. Das Ergebnis ist die Kenntnis über die realen Verbräuche und deren Verlauf.

„Mit der Einbindung intelligenter Behältersysteme in den Beschaffungsprozess haben wir sehr gute Erfahrungen gemacht. Wir möchten das System gerne noch für weitere Produktgruppen nutzen, was allerdings noch an der mangelnden Unterstützung durch die entsprechenden Lieferanten scheitert.“

Kommissionierung digitalisieren

Kommissionierungsvorgänge involvieren typischerweise einen bedeutenden Suchaufwand und binden hierdurch Kapazitäten. Technologische Unterstützung auf diesem Feld können bspw. Laseranzeigesysteme sein, die dem Anwender eine Reihe an Kern- und Kontextinformationen zum aktuellen Kommissionsauftrag bereitstellen. Wesentliche Entscheidungskriterien, ob ein solches System effektiv ist, können z. B. die Anzahl der Picks/Zeiteinheit, die Komplexität der Kommissionieraufträge und die daraus resultierenden Verlustzeiten sein.

Fahrerlose Transportsysteme mit hohem Potenzial

Um in den Fabriken Räume zu überbrücken, werden zumeist konventionelle Transportmittel, bspw. Hubwagen oder Routenzüge eingesetzt (siehe Abbildung 19). Fahrerlose Transportsysteme (FTS) werden in der Produktion trotz der technologischen Verfügbarkeit noch selten verwendet. Zu den wesentlichen Entscheidungskriterien für die Auswahl solcher Systeme zählen unter anderem die Dynamik sich verändernder Produktionsumgebungen, das absolute Logistikaufkommen und die räumlichen Randbedingungen.

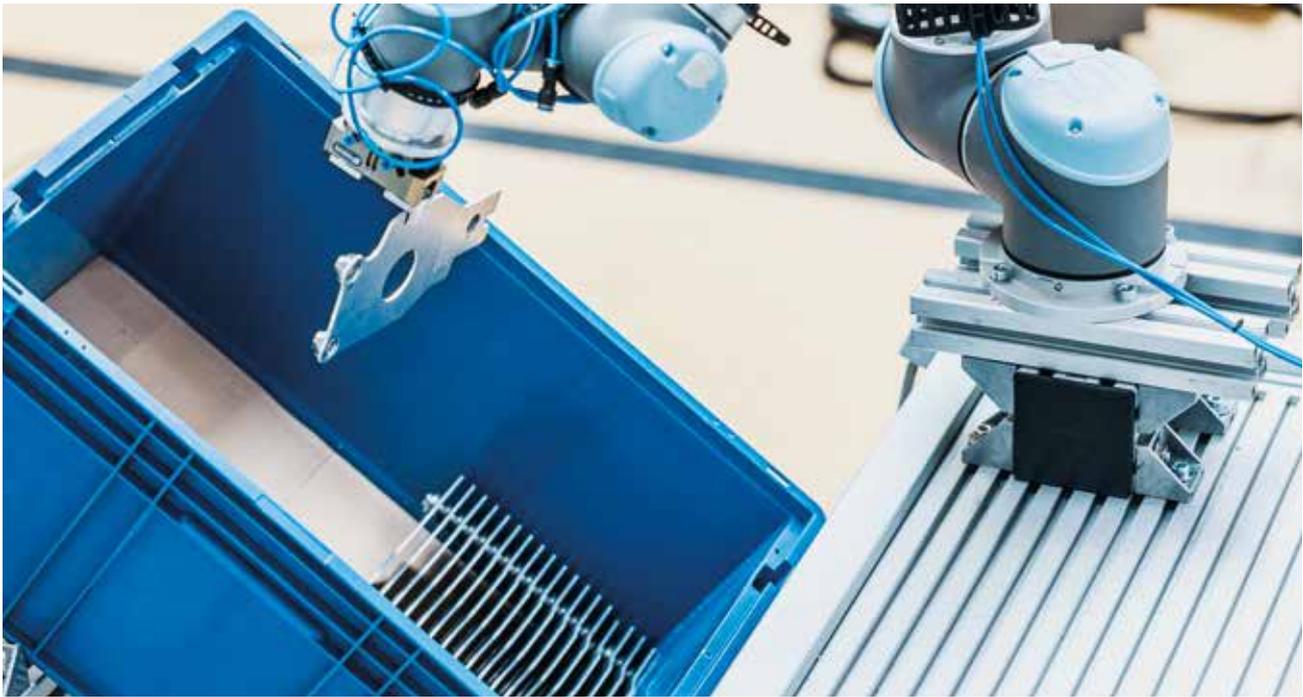
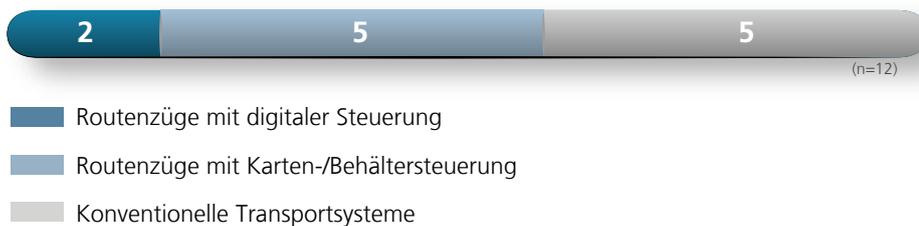


Abbildung 19: Transportmittel zur Raumüberbrückung



Die Ergebnisse der Studie in diesem Bereich sollen anhand der nachfolgenden These kondensiert werden.

These: Je niedriger der digitale Autonomiegrad, desto notwendiger werden Investitionen in eine automatisierte Materialwirtschaft (Beschaffung, Warenannahme und Kommissionierung).

Konkrete Handlungsempfehlungen zeigen in die Richtung der digitalen Anschlussfähigkeit entlang der Lieferkette. Vor allem die Kopplungspunkte zu den Zulieferern sind zu untersuchen und auf etwaige Automatisierungspotenziale hin zu überprüfen. Dies kann bspw. über Online-Plattformen geschehen, wodurch die Gesamtprozesskosten stark reduziert werden können. Außerdem können die Potenziale der Mitarbeiter von ausführenden in gestalterische Bereiche gelenkt werden. Eng verwandt sind diese Beschaffungssysteme mit einer systemunterstützten Disposition und Warenannahme.

Handlungsempfehlung: Digitale Anschlussfähigkeit herstellen

Smart Prototyping

Die moderne Prototypenherstellung wird in der Literatur vor allem mit innovativen 3D-Drucktechnologien in Verbindung gebracht (Gibson et al., 2010). Ein Hauptgrund, warum diese Art der Produktion enorme Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren bietet, liegt in der digitalisierungs-basierten Schnelligkeit. Hierfür wird vor allem eine durchgängige Daten- und Informationsintegration entlang des Entstehungsprozesses benötigt (Kim et al., 2015). Die jüngere Literatur inkludiert aufgrund der steigenden Wichtigkeit ergänzender Services insbesondere auch Prototypen für hybride Leistungsbündel, d.h. eine Kombination aus Produkt und Dienstleistung (Exner et al., 2016). Im Rahmen der Studie wurde dieses Teilgebiet durch Fragen zu Softwareanwendungen und Technologien in der Prototypenphase adressiert.

3D-Druck als Alternative

Auf Basis der Unternehmensdiskussionen kann konstatiert werden, dass sich der 3D-Druck langsam aber kontinuierlich in den Fabriken als alternativer Standard zu herkömmlichen Techniken etabliert. 3 von 12 Unternehmen wenden im Regelbetrieb ihres Prototypenbaus bereits Drucktechnologie an, wie Abbildung 20 verdeutlicht. Insbesondere die gestalterischen Freiheitsgrade sowie deren Flexibilität werden als Vorteile anerkannt.

Abbildung 20: Genutzte Software oder Technologien in der Prototypenphase



„Aktuell verfügbare 3D-Drucker erfüllen noch nicht unsere Anforderungen an die Beständigkeit und die Kombination verschiedener Materialien. Wir beobachten den Markt allerdings sehr intensiv, weil 3D-Druck neben dem Prototypenbau auch für eine dezentrale Ersatzteilversorgung interessant ist.“

Insbesondere die Variantenvielfalt bei sinkender Losgröße sowie die kürzer werdenden Produktlebenszyklen können als Treiber für die Flexibilitätsnotwendigkeit im Prototypenbau betrachtet werden.

These: Je kürzer die Produktlebenszyklen und je vielfältiger das Variantenspektrum, desto größer sind die Effizienzvorteile einer 3D-Drucktechnologie gegenüber herkömmlichen Prototypenverfahren.

Da angenommen werden kann, dass Unternehmen mit einer Downstream-Lieferkettenposition von den steigenden Varianz Anforderungen besonders stark getroffen werden, gilt obige These insbesondere für den rechten Bereich der Systematik zum digitalen Autonomiegrad produzierender Unternehmen (vgl. Abbildung 15). Eine Handlungsempfehlung in Richtung der Einführung von 3D-Drucktechnologien kann ebenfalls in Anlehnung an die hier verwendete Systematik insbesondere für Unternehmen mit einer geringen Wiederholhäufigkeit der Produktion abgeleitet werden. Ferner können 3D-Drucktechnologien zur Beherrschung der Ersatzteilproblematik dienen. Hierfür ist vor allem eine Potenzialanalyse zum aktuellen zeitlichen und monetären Aufwand des Ersatzteilgeschäfts durchzuführen.

*Einführung von
3D-Drucktech-
nologie*

Ergonomische Montage

In modernen Fabriken, verstanden als soziotechnische Systeme (Westkämper und Zahn, 2009), spielen neben den direkten Wirtschaftlichkeitskennzahlen zunehmend auch gesundheitsbezogene Aspekte eine Rolle. Die ergonomischen Merkmale eines Produktionssystems beziehen sowohl psychische als auch physische Parameter mit ein (Bautista et al., 2016). Unterstützt werden können diese Aspekte bspw. durch Visualisierungsverfahren und kollaborierende Roboter (Sánchez et al., 2015; Pobka et al., 2016). Aktuell werden direkte Mensch-Roboter-Kooperationen zwar noch selten eingesetzt (Müller et al., 2016b). Dennoch bieten diese Systeme gerade im Montagebereich einen großen Hebel in Bezug auf die Flexibilität, die Kosten und die Ergonomie eines Produktionssystems (Schröter et al., 2016).

Die Unternehmensinterviews zielten daher vor allem auf die Ausprägung der räumlichen Montageposition, auf die Art der Informationsbereitstellung am Montageplatz und auf die Interaktionszusammenhänge zwischen Menschen und mechanischen Einheiten ab. Hiermit sollten aktuelle Praktiken in Bezug auf eine ergonomische Adjustierung und der bedarfsgerechten Datenversorgung des Monteurs bewertet werden.

*Digitale Ergono-
mie nutzen*

Der industrielle Standard ist die manuelle ergonomische Einstellbarkeit der Montageplätze. Allerdings kann dies nicht für die individuelle Informationsbereitstellung konstatiert werden. Lediglich 3 von 12 Unternehmen stellen die Daten kontextbezogen bereit und heben die

Individuelle Informationsbereitstellung notwendig

damit verbundenen Effizienzpotenziale. Ferner sind die Montagehilfsmittel nur selten mit selbstorganisierenden Eigenschaften ausgestattet, sodass sie bspw. das Werkstück erkennen und entsprechende Parametereinstellungen selbst treffen. Dies hängt unter anderem auch an der Komplexität dieser Technologien und dem benötigten Kontext, d. h. am digitalen Potenzial der Organisation.

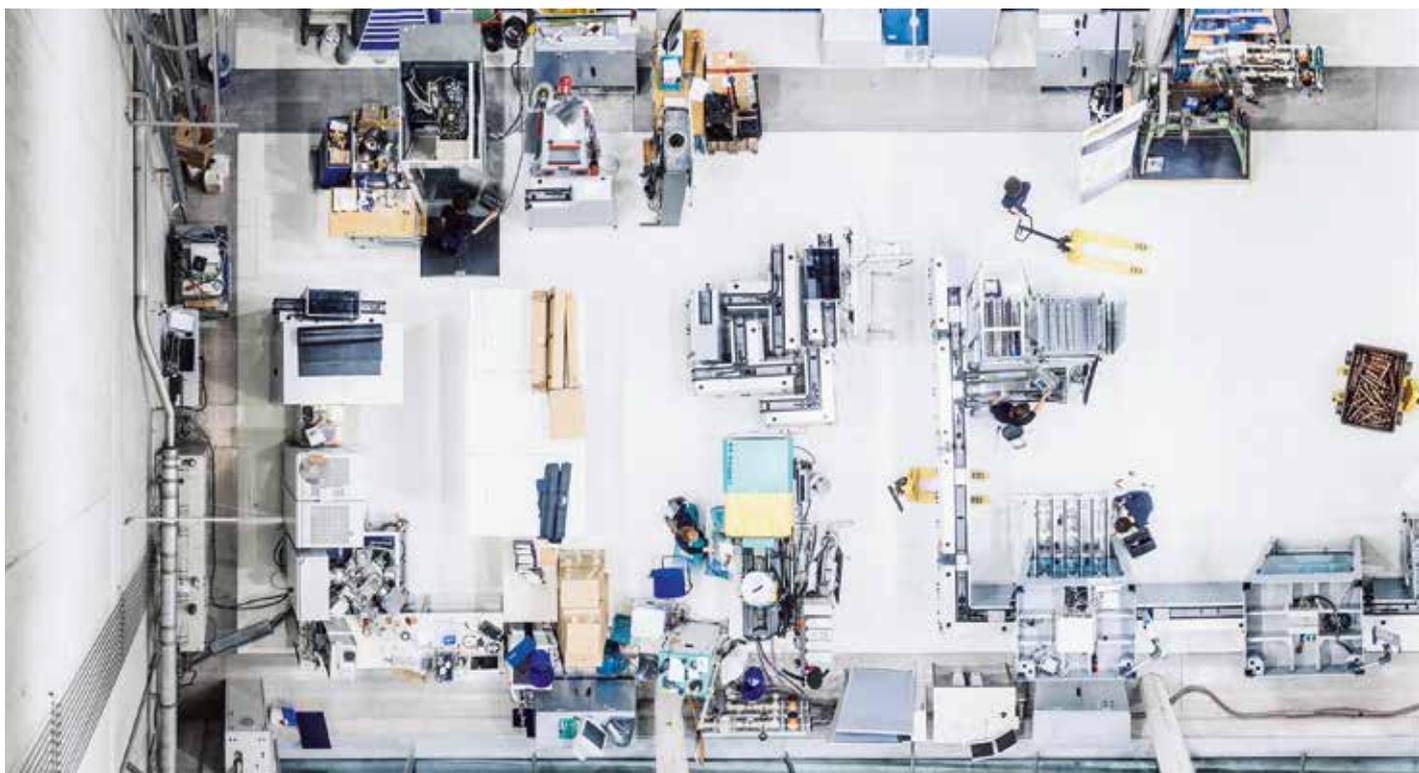
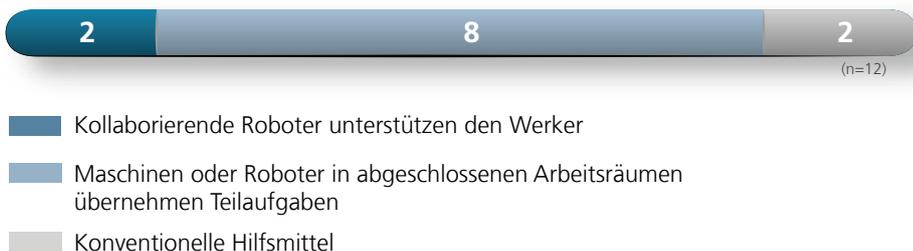
Selbststeuernde Montagehilfsmittel sind perspektivisch insbesondere deshalb interessant, weil sie das Anlegen großer Datenmengen ermöglichen. Sind die Parametereinstellungen mit Qualitätsmerkmalen verknüpft, können auf dieser Basis nach einiger Zeit dann prädiktive oder präskriptive Datenanalysen durchgeführt werden.

Zur Potenzialabschätzung von Mensch-Maschine-Kooperationen sind unter anderem folgende vier Entscheidungskriterien zu beachten: Anwendungskomplexität in der Produktion, aktuelle und zukünftig erwartete Produktionsmengen, ergonomische Aspekte im Handling von Produkten sowie die Geschwindigkeit der Produktion.

Mensch-Maschine-Kooperation kaum eingesetzt

Allerdings werden Mensch-Maschine-Kooperationen derzeit noch nicht systematisch adressiert. Lediglich 2 von 12 Unternehmen wenden derartige Technologien aktiv an (siehe Abbildung 21). Dies liegt sowohl an organisatorischen als auch technologischen Hemmnissen.

Abbildung 21: Hilfsmittel oder Maschinen im Montageprozess



„Im Einsatz kollaborativer Roboter liegt ein großes Potenzial zur physischen Entlastung unserer Werker und zur Steigerung der Montagepräzision. Die Sicherheit dieser Kooperationsysteme sehen wir aktuell allerdings noch kritisch.“

Zusammenfassend sollen die Teilergebnisse in folgender These betrachtet werden:

These: Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Produktion wird der Einfluss ergonomischer Aspekte auf die Flexibilität und die Kostenstruktur ausgereifter Produktionssysteme zunehmen.

Konkret sind die Potenziale für kollaborative Montagesysteme zu evaluieren. Diese können bspw. durch Rapid Teaching-Methoden verbessert werden, um Roboter in kurzer Zeit an die komplexen Produktionssysteme anzupassen. Zusätzlich sollten Monteure mit personalisierten und auftragspezifischen Informationen zu nächsten Arbeitsschritten und möglicherweise vorhandenen Risiken versorgt werden.

Handlungsempfehlung: Potenzialanalyse kollaborativer Montagesysteme



Datengestütztes Qualitätsmanagement

Unter Qualität wird die Gegenüberstellung der Merkmale eines Objektes zu den Anforderungen an dasselbe verstanden (Kuper, 2002). Neben den Ansätzen der soziotechnischen Systeme und dem Business Process Reengineering gehört das Total Quality Management als ganzheitliche Systematisierung des Qualitätsparadigmas zu den Methoden organisationaler Entwicklung (Kolodny und Halpern, 2008). Im Rahmen der Digitalisierung der Produktion inkludiert das Qualitätsmanagement insbesondere auch den Bereich kommunikationsrelevanter Dienste (Monostori et al., 2016). Die grundlegenden Gedanken zur Total Productive Maintenance, die eng mit einem ganzheitlichen Qualitätsmanagement verknüpft ist, reichen bis in die 1980er Jahre zurück und streben vor allem nach der Steigerung der Maschinenproduktivzeit (OEE; Singh et al., 2013).

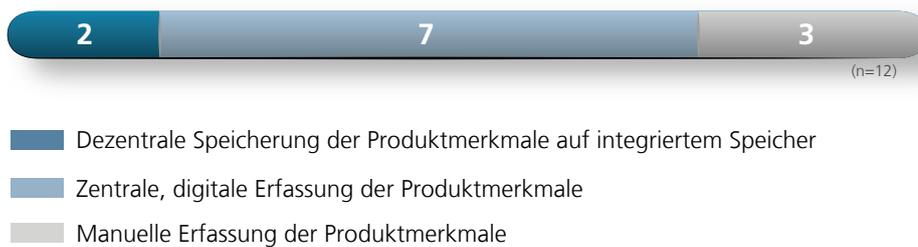
Gefragt wurden die 12 Produktionsunternehmen daher insbesondere nach den implementierten Strategien zur Wartung ihrer Maschinen und zur Qualitätssicherung ihrer Produkte. Im Fokus stand auch die Art und Verteilung der aufgenommenen Qualitätsdaten entlang des Produktentstehungsprozesses.

*Digitale Erfassung
von Qualitäts-
merkmalen ist
Standard*

Aus Abbildung 22 geht hervor, dass die digitale Erfassung von Produkt- bzw. Qualitätsmerkmalen sowie deren zentrale Verwaltung zum Standard zählen. Demgegenüber stehen Ansätze verteilter (dezentraler) Sammelpunkte der Qualitätsdaten, bspw. am Werkstück. Vorteile werden hierbei durch den direkten Zugriff auf den Qualitätssachstand des entstehenden Produktes gesehen.



Abbildung 22: Maßnahmen zur Qualitätssicherung



Wenngleich eine Vielzahl an Unternehmen eine große Menge an Qualitätsdaten entlang des Produktentstehungsprozesses erfasst, spiegelt sich dies noch nicht in den hierauf aufbauenden Analyseprozessen wider. Aktuell werden die Daten zweckgebunden erhoben, bspw. zur Gutteilprüfung. Bei Big-Data-Ansätzen im Bereich Qualität hingegen werden zunächst Datenbestände aufgebaut und in der Folge algorithmisch untersucht. Hieraus können unter anderem Erkenntnisse gewonnen werden, die in den initialen Qualitätskonzepten gar nicht enthalten waren. Insbesondere für Serienproduzenten bietet diese Art der Qualitätsdatenuntersuchung einen Aufsattpunkt, um Rückschlüsse für die eigenen Entwicklungs- und Produktionsprozesse zu ziehen.

These: Je höher die Wiederholhäufigkeit in der Produktion mittelständischer Unternehmen ist, desto größer sind die Potenziale eines datengestützten Qualitätsmanagementansatzes.

Als klare Handlungsempfehlung sticht die konsequente Erhebung und langfristige Speicherung qualitätsbezogener Daten der Produktion heraus. Dies stellt die Grundlage dar, um in einem späteren Schritt ergebnisoffene Untersuchungen (bspw. mithilfe von Big-Data-Methoden) durchzuführen.

Handlungsempfehlung: Qualitätsbezogene Daten erheben

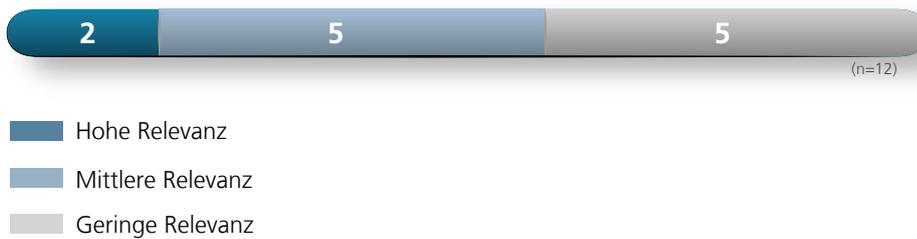
Systemsicherheit

Die Digitalisierung lenkt den Fokus vor allem auf CPS (Mikusz 2014; Monostori et al., 2016a). Sicherheitstechnische Aspekte gewinnen in der jüngeren Literatur zunehmend an Bedeutung (Nguyen et al., 2017). Die Studie hat dieses Themenfeld durch Fragen nach der Vielschichtigkeit der Softwarepyramide (von der operativen Feldebene bis zur strategischen Gesamtorganisationsebene) und den sicherheitstechnischen Vorkehrungen zum Schutz der Produktion bearbeitet.

Aus den Unternehmensinterviews lässt sich schlussfolgern, dass die Herausforderung der Datensicherheit zwar grundsätzlich erkannt ist. Trotzdem messen 5 der 12 Unternehmen diesem Thema nach wie vor eine geringe Relevanz bei, wie in Abbildung 23 zu sehen ist:

Datensicherheit als Herausforderung

Abbildung 23: Bedeutung der Datensicherheit für die Unternehmen



*Aktuell keine
Aufrüstung der
Sicherheitssysteme*

Allerdings materialisiert sich diese Ansicht nicht in einer konkreten Aufrüstung der Systeme, um sich gegen Cyber-Angriffe zu schützen. Ein Hauptgrund hierfür ist, dass die kritischen Punkte vor allem bei den kundenseitigen Datenströmen gesehen werden.

„Bei der Sicherheit der unternehmensinternen Produktionsdaten sehen wir aktuell keine Probleme. Der Schutz von kundenbezogenen Nutzungsdaten unserer digitalisierten Produkte wird jedoch immer wichtiger werden. Hier besteht noch Nachholbedarf bei der Verbesserung von Cloud-basierten Kommunikationsplattformen.“

Der Vergleich der empirischen Einsichten mit der aus der Literatur stammenden Evidenz, macht eine Lücke zwischen Anforderungen der Theorie und umgesetzter Praxis sichtbar. Die wachsende Vernetzung produzierender Unternehmen untereinander und die Anschlussfähigkeit von mobilen Geräten an das Internet steigern jedoch auch die Notwendigkeit einer integrierten Sicherheitslösung.



Produzierende Unternehmen in Deutschland gehen sehr ressourcenbasiert mit ihren physischen Produkten und deren Konstruktionen um. Mit einem steigenden digitalen Anteil der Wertschöpfung steigt auch der Stellenwert der sich bewegenden Produkt-, Produktions- und Kontextdaten, zumindest aus Sicht der Kunden. Außerdem bieten informationstechnologische Systeme eine breite Angriffsfläche für Datenmissbrauch, mit der sich produzierende Unternehmen erst seit relativ kurzer Zeit befassen.

Angriffsfläche für Datenmissbrauch

Der Schutz der Unternehmensdaten sowie der entsprechenden IT-Systeme sollte daher einen prominenten Platz in der Digitalisierungsstrategie der Unternehmen einnehmen. Zu unterscheiden sind an dieser Stelle Daten und Systeme, die zu Kooperationszwecken in (evtl. abgesicherten) Netzwerken geteilt werden und solchen, die nach dem Ressourcenansatz des strategischen Managements zu den schützenswerten Kernprozessen des Unternehmens gehören. Aus Sicht der befragten Unternehmen sind die kundenseitigen Datenströme sogar noch sensibler als die produktionsinternen. Vor allem Unternehmen mit strategischen Schwerpunkten auf cyberphysischen Produkten weisen mithin eine Angriffsfläche auf ihre Alleinstellungsmerkmale auf.

Schutz digitaler Systeme

These: Die Anforderungen an digitale Sicherheitssysteme steigen mit Zunahme des Umfangs an cyberphysischen Produkten überproportional an.

Eine konkrete Handlungsempfehlung zielt auf den Aufbau eines ganzheitlichen Konzeptes zur Systemsicherheit, das sowohl die Produktions- als auch die Kundenperspektive beinhalten. Der steigenden Bedeutung von Kundendaten – für die eigene Produktion oder sogar als Grundlage neuer Geschäftsmodelle – kann nur durch eine systematische Berücksichtigung der Datensicherheit Rechnung getragen werden.

Handlungsempfehlung: Konzept zur Systemsicherheit erarbeiten



3.2.2. Smart Product

Internalisierung der Kundennutzungsdaten

*Digitale Produkte
als Datenquelle*

Produkte im Einsatz beim Kunden sind eine Quelle für Informationen, die Rückschlüsse auf die eigene Unternehmensleistung zulassen. Werden die Produktnutzungsdaten mit den Entwicklungs- und Produktionsprozessen verknüpft, können Potenziale zur Verbesserung des Leistungsangebotes erkannt und realisiert werden. Aus diesem Grund werden Produkte mit Sensorik ausgestattet (Westkämper et al., 2013).

Im Rahmen der Studie wurden die Unternehmen nach der aktuellen Verwertungskultur in Bezug auf die Daten aus der Produktnutzung gefragt. Insbesondere wurde diskutiert, wie in den verschiedenen Organisationen die Entwicklungsabteilungen Erkenntnisse aus den Felddaten ableiten und somit von denselben profitieren können.

*Nutzen- vs.
Kostenfrage*

Die Studienstichprobe zeichnet ein sehr heterogenes Bild vom aktuellen Sachstand der Produktdatennutzung. 4 von 12 Unternehmen analysieren Kundennutzungsdaten regelmäßig zur Verbesserung ihrer Entwicklungs- und Produktionsprozesse. Ein Unternehmen verwendet hierfür spezielle Software, die eine algorithmenbasierte Auswertung erlaubt (siehe Abbildung 24). Ein großes Hemmnis ist das aktuell wahrgenommene ungünstige Verhältnis aus Anschaffungskosten und zeitnahe Nutzen für die Produktionsorganisation.

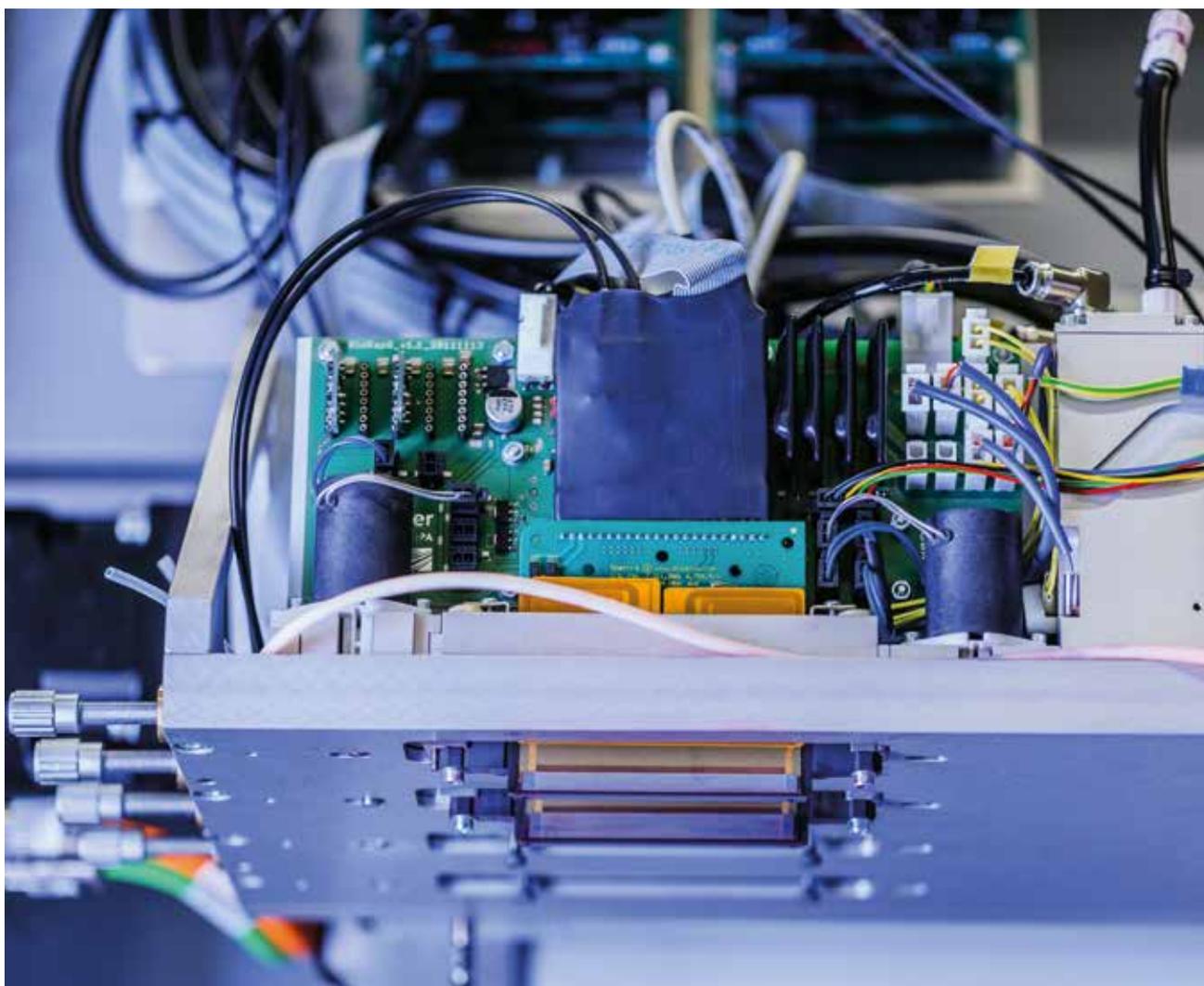
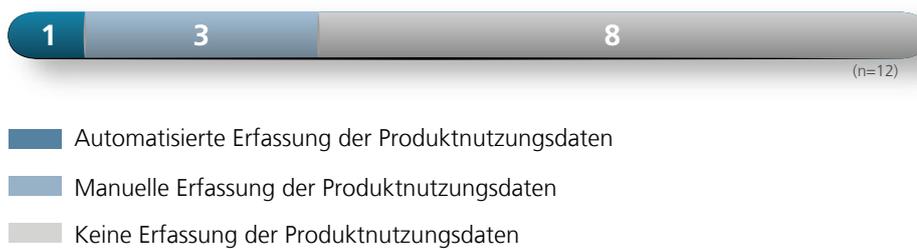


Abbildung 24: Auswertung von Produktnutzungsdaten



„Aktuell ist noch unklar, ob der Nutzen der Produktdatenerfassung die Investition in die erforderliche Digitalisierung und Online-Anbindung unserer Produkte rechtfertigt.“

Eine große Herausforderung in Bezug auf die Verwertung von Kundennutzungsdaten stellt die Integrationsfähigkeit der Daten im Gesamtkonzept der Unternehmung dar. Die höchste Effektivität wird von den Unternehmen durch die Verbindung der Kunden- mit Produktions- und Entwicklungsdaten erwartet. Allerdings gelingt diese aktuell nur unter erheblichem Aufwand und auch die Datensicherheit wird als unzureichend wahrgenommen. Integrierte Cloud-Lösungen, bspw. Plattformen wie Virtual Fort Knox, adressieren diese Probleme, werden jedoch noch nicht in der Breite von den Unternehmen akzeptiert. Dabei würde eine solche funktionsbezogene Anwendungs- und Datenintegration gerade auch kleineren Unternehmen helfen, deren Produkte auf der Kundenseite ein begrenztes Digitalisierungspotenzial aufweisen.

Antwort durch integrierte Cloud-Lösungen

Aus den Analysen der Studie kann das Argument abgeleitet werden, dass die Produktdatennutzung für innerorganisationale Zwecke gerade auch für Unternehmen mit einem geringen digitalen Autonomiegrad vorteilhaft sein kann. Dies gilt, weil hierbei kein unmittelbarer Kundennutzen erzeugt werden muss. Verbesserungen der eigenen Entwicklungsarbeit sowie der Produktionsprozesse, generieren neben den direkten Kostenpotenzialen einen mittelbaren Nutzen für den Kunden.

Prozessbezogenes Potenzial fallweise quantifizieren

These: Unternehmen, deren digitales Produktpotenzial aus technologischer Sicht hoch, jedoch aus Kundensicht begrenzt ist, profitieren von Strategien der internalisierten Produktdatennutzung.

Konkret ist daher ein organisationsinterner Dialog anzustoßen, im Zuge dessen die technologischen Potenziale zur Digitalisierung der Produktpalette diskutiert werden. Im gleichen Prozess sind auch die prozessbezogenen Potenziale fallweise zu quantifizieren bzw. abzuschätzen, die über eine stärkere Einbindung der Kundendaten gehoben werden können. Die Durchführung eines Pilotprojektes kann in der Folge die abgeleiteten Thesen bestärken oder widerlegen und so den Pfad für die nächsten Entwicklungsschritte aufzeigen.

Handlungsempfehlung: Stärkere Einbindung der Kundendaten

Intelligente Produkte

*Direktes Nutzen-
potenzial für den
Kunden*

Intelligente Produkte bieten neben den internen Vorteilen für die Produktion und die Entwicklung auch ein direktes Nutzenpotenzial für den Kunden. Diese können sich in Produktverbesserungen, Leistungserweiterungen oder gänzlich neuen Geschäftsmodellen materialisieren. In der Literatur werden diese Erweiterungen in Form von Leistungsbündeln, sog. Product Service Systems, untersucht (Mikusz, 2014). Je intelligenter die Produkte werden, insbesondere auch in Bezug auf ihre Kommunikation untereinander, desto wichtiger werden an dieser Stelle auch die entsprechenden Sicherheitsstrategien, was vom Stand der Technik momentan jedoch nicht ausreichend adressiert wird (Nguyen et al., 2017).

Im Rahmen der Studie wurden sowohl die auf der Basis von digitalen Strukturen vorgenommenen Leistungserweiterungen der Unternehmen als auch die hierfür technischen Voraussetzungen, bspw. die Ausstattung der Produkte mit Sensoren und Aktoren, diskutiert.

*Digitale Leistungs-
optionen werden
zu wenig genutzt*

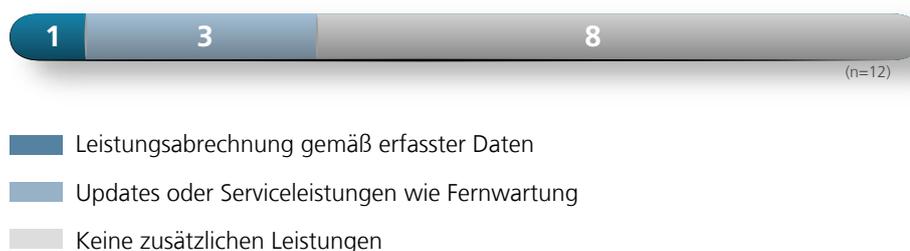
Bei den Unternehmen der Studie spielen Zusatzleistungen für die Umsatzgenerierung eine untergeordnete Rolle oder werden noch nicht explizit vermarktet, sondern als fester Bestandteil des Leistungsbündels verkauft. In einigen Branchen sind bspw. Fernwartesysteme bereits seit Langem etabliert. Doch auch bei Produkten ohne echten Wartungszyklus können datengetriebene Prädiktionsverfahren erfolgreich eingesetzt werden. Denn auch bei Austausch- bzw. Erneuerungsprozessen weisen geplante gegenüber ungeplanten einen geringeren Ressourcenverbrauch auf. Der Serviceprozess kann bei entsprechenden Trends in den Sensordaten bereits im Vorfeld gestartet werden. So stehen die entsprechenden Ressourcen bereit und können den Servicefall zügig, möglicherweise sogar während einer





Produktivzeitlücke, bearbeiten. Weitere Leistungsoptionen, wie bspw. Update-Angebote, Zusatzfunktionen oder leistungsbezogene Preismodelle, sind hingegen noch wenig verbreitet. Lediglich 4 von 12 Unternehmen nutzen Teile dieses immensen Potenzials aus (siehe Abbildung 25):

Abbildung 25: Zusätzliche Leistungen auf Basis der Kundennutzungsdaten



Dies hängt unter anderem mit der Implementierungskomplexität und der erwarteten Ergebniswirksamkeit zusammen. Außerdem ist für das Angebot neuer Leistungsumfänge zunächst eine Reihe an technischen Voraussetzungen am Produkt zu erfüllen. Bspw. muss die Sensorik einen sicheren und zuverlässigen Datentransfer erlauben. Dies ist ein Feld, auf dem insbesondere kleinere Hersteller noch nicht auf einen großen Erfahrungsschatz zurückgreifen können, da es bislang ihr Kerngeschäft nicht berührt hat. Insgesamt kann ein Bezug zwischen dem digitalen Autonomiegrad im Verständnis der Studie und dem Nutzenpotenzial aus Zusatzleistungen hergestellt werden.

„Als Ergänzung zu der bereits etablierten Fernwartung unserer Produkte sehen wir in einer Anwendung zu Predictive Maintenance ein sehr hohes Potenzial. Unsere Kunden können dadurch die Verfügbarkeit der Produkte weiter erhöhen und somit Umsatzausfälle minimieren.“

Diese These baut auf der Überlegung auf, dass eine hohe digitale Autonomie unter anderem ein hohes Digitalisierungspotenzial der Produkte bedingt. Können Produkte über eine digitale Aufrüstung, bspw. die Ausstattung mit Sensoren/Aktoren und deren Einbettung in ein digitales Datennetz, Kundennutzen erzielen, vergrößert sich gleichermaßen der Handlungsspielraum für zusätzliche Services und Leistungsoptionen. Am Ende einer solchen Zusatzleistungsstrategie stehen Plattformmodelle, wie sie zunehmend in der Industrie beobachtet werden können.

These: Je höher der digitale Autonomiegrad eines Unternehmens, desto höher ist das Potenzial für Umsatzgenerierung aus datenbasierten Zusatzleistungen, bspw. für Predictive Maintenance oder Predictive Failure Dienste.



Eine konkrete Handlungsempfehlung zeigt in Richtung der Entwicklung, Integration und Vermarktung digitaler Zusatzleistungen. Hiervon können insbesondere Organisationen mit ausgeprägten Entrepreneur-Fähigkeiten profitieren. Pilotanwendungen können unter Anwendung existierender Geschäftsmodellmuster – bspw. dem Freemium, bei dem der Markteinstieg in Produkte und Services durch kostenfreie oder stark kostenreduzierte Leistungen erleichtert wird – durchgeführt werden. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang die kurzzyklische Kundeninteraktion, um von den Anforderungen und Wünschen des Kundenmarktes zu lernen.

Handlungsempfehlung: Entwicklung von digitalen Zusatzleistungen

Vorausschauende Wartung wird in den Unternehmen sowohl auf die Produkte als auch auf die Produktion angewendet. Der Ansatz ist prinzipiell skalierbar und kann daher zunächst auf Maschinen angewendet werden, die auf dem Shopfloor zu den größten Ausfallzeiten und somit zum Produktivitätsverlust führen.

Diese prinzipielle Skalierbarkeit der Predictive-Maintenance-Lösungen kann jedoch nicht genutzt werden, wenn bereits TPM-Strukturen in der Organisation implementiert sind. Ein Grund hierfür ist, dass der Aufbruch der optimierten Strukturen mit einzelnen ferngewarteten Maschinen wenig ökonomisch wäre.

„Trotz umfassendem Einsatz von Total Productive Maintenance könnte die Maschinen-OEE in unserer Produktion noch weiter verbessert werden. Predictive Maintenance bietet dabei in unseren Augen ein großes Potenzial.“

„Durch die Anwendung von Total Productive Maintenance ist die Gesamt-OEE unserer Produktion bereits sehr gut. Im Einsatz von Predictive-Maintenance-Lösungen sehen wir in diesem Fall keinen Mehrwert.“

Zusammenfassend wird daher die Schlussfolgerung gezogen, dass Frühwarnsysteme für Wartung oder Ausfälle auf der Kunden- bzw. Produktseite in der Breite einen größeren wirtschaftlichen Effekt besitzen als ähnliche Konzepte auf der Produktionsseite.

These: Frühwarnsysteme für Wartung und Ausfälle besitzen an der Schnittstelle zum Kunden einen größeren ökonomischen Hebel als an der Schnittstelle zur Produktion.

Folgerichtig liegt eine konkrete Handlungsempfehlung in der Identifikation und Quantifizierung von Business Cases zu Frühwarnsystemen in der produzierenden Organisation vor. Ausgehend vom Kundennutzen, der dem Kunden möglicherweise sogar erst aufgezeigt werden muss, sind diese Fälle kalkulatorisch gegeneinander zu bewerten.

Individualisierte Produktkonfiguration

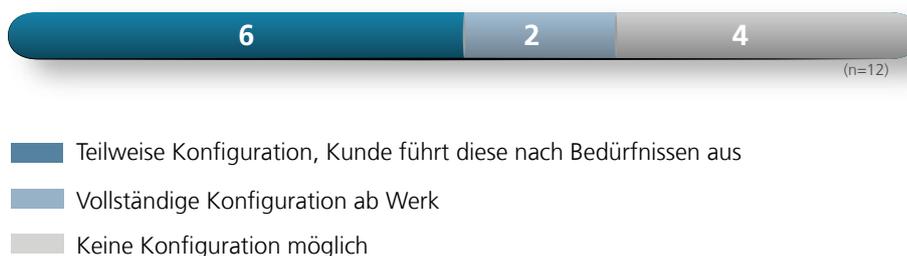
Ein weiterer Bereich, in dem die digitale Vernetzung zu Veränderungen in den Organisations- und Leistungsstrukturen führt, umfasst die Einbindung der Kunden in den Leistungsprozess (Xie et al., 2016). In der Literatur wird dies durch Konzepte wie Co-Creation abgebildet, die sich durch erhöhte Wertsteigerungspotenziale in vernetzten Gesellschaften auszeichnen (Kohtamäki und Rajala, 2016; Wong et al., 2016). Vorteile für den Kunden lassen sich insbesondere auch dann erzielen, wenn er einzelne Konfigurationen der ansonsten fertigen Produkte mit dem Hersteller abstimmen oder selbst vornehmen kann. Softwaretechnisch wird die Kundeneinbindung durch CRM-Systeme unterstützt bzw. ermöglicht.

Im Rahmen der Studie wurden insbesondere die Etablierung von CRM-Systemen als spezifische Erweiterung der ERP-Systeme in Richtung des Kunden und die aktuellen Konfigurationsprozesse der Unternehmen untersucht.

Kundenmanagementsysteme gehören zum Standard

Kundenmanagementsysteme gehören nach Einschätzungen auf Basis der Studie zum Standard in den Unternehmen. 6 von 12 Unternehmen setzen diese Art Software erfolgreich ein und profitieren von der kundenorientierten Datenaufbereitung, wie Abbildung 26 verdeutlicht.

Abbildung 26: Konfiguration der Produkte bei Auslieferung

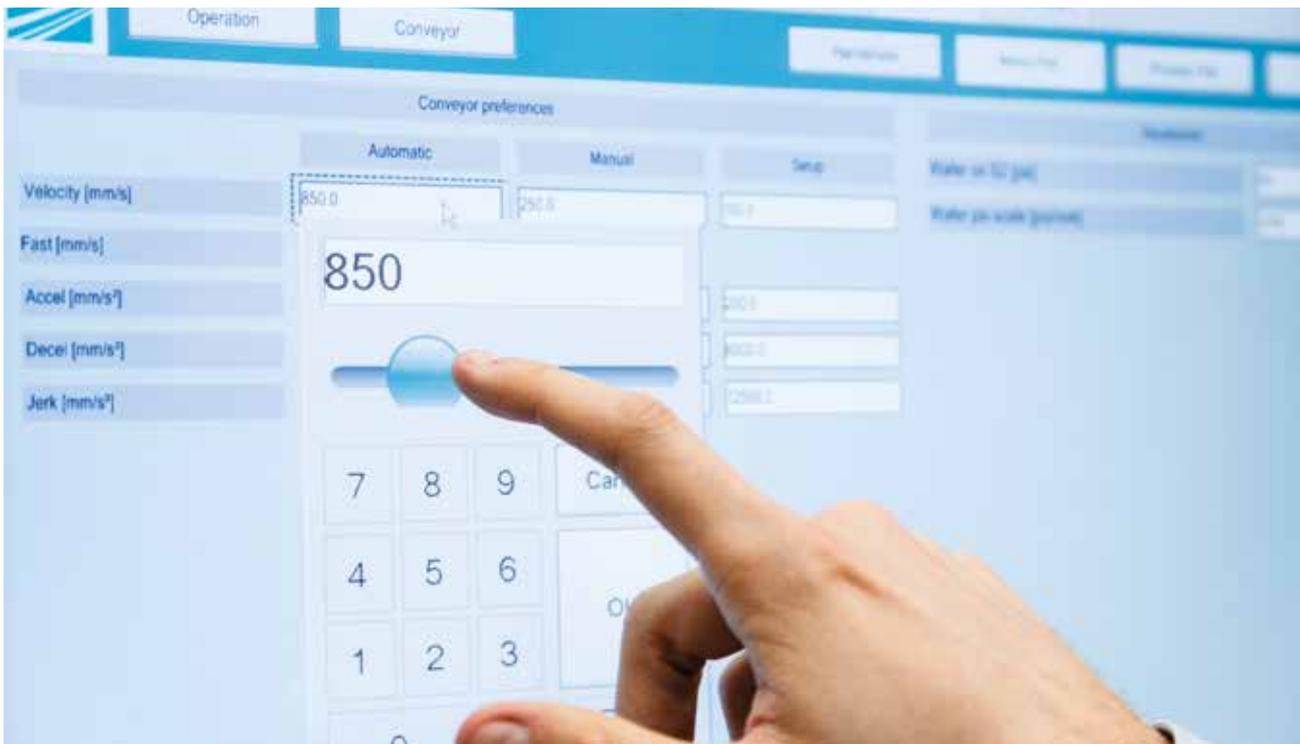


In Bezug auf die Konfigurationsprozesse scheint der Reifegrad der Unternehmen weniger stark ausgeprägt zu sein. Keines der Unternehmen gewährt seinen Kunden einen späten Konfigurationspunkt in der Produktion. Wenngleich durch diese maximale Flexibilität bis zu einem produktionsabhängigen Freeze Point Premiumangebote gemacht werden und somit zusätzliche Umsatzpotenziale adressiert werden könnten, stellt die hierfür notwendige Transparenz eine große Implementierungsbarriere dar. Die Unternehmen befürchten durch eine gesteigerte multilaterale Transparenz einen Abfall der Produktionsplanningeffizienz, insbesondere wenn Kunden auf dieser Grundlage produktions- und kostenplanerische Maßnahmen durchzusetzen versuchen.

Ferner sind auch die Konfigurationsmöglichkeiten der Produkte nach der Auslieferung begrenzt. Im üblichen Fall werden die Produkte ab Werk komplett konfiguriert oder können vor Ort durch den Kunden selbst in Teilen eingestellt werden.

Verständnis für Kundenbedürfnisse

Eine vom Produkt selbst unterstützte Konfiguration, bspw. durch algorithmenbasierte Datenauswertungen vor Ort, wird noch bei keinem Unternehmen eingesetzt und erst von zwei ernsthaft in Betracht gezogen. Diese versprechen sich neben dem gesteigerten Kundennutzen insbesondere durch die Analyse der hierdurch generierten Daten ein tiefergehendes Verständnis über die Bedürfnisse ihrer Kunden.



„Unsere Kunden können Produkte bislang in einem hohen Maße eigenständig konfigurieren. Wir arbeiten aktuell an einer smarten Sensorifizierung, damit sich das Produkt zukünftig selbst konfiguriert. Damit erreichen wir ein höheres Servicelevel gegenüber den Kunden.“

Auf Basis der empirischen Befunde kann konstatiert werden, dass insbesondere der softwaretechnische Anteil am gesamten Leistungsbündel ein Treiber für eine kundenindividuelle Produktkonfiguration ist. Diese kann ex post, d. h. nach dem Produktübergang an den Kunden, geschehen und bedarfsgerecht geändert werden. Mithin wird eine positive Korrelation zwischen dem digitalen Autonomiegrad eines Unternehmens und dem vorhandenen Potenzial durch individualisierte Produktkonfiguration angenommen.

These: Je höher der digitale Autonomiegrad eines Unternehmens ist, desto größer sind die durch eine Individualisierung der Produktkonfiguration entstehenden Potenziale.

Doch auch die Fertigungsart spielt eine Rolle bei dieser Betrachtung. Insbesondere Serienfertiger, die einen steigenden Druck vonseiten ihrer Kunden zur Individualisierung ihrer Produkte wahrnehmen, können durch die Digitalisierung und automatisierten Auslagerung der Konfigurationsprozesse Marktpotenziale heben. Die softwaretechnische Individualisierung bietet ferner große Kostenvorteile gegenüber einer weiteren Flexibilisierung (bis auf die Individualebene) der physischen Produktion. Die kontextindividuelle Quantifizierung dieser Potenziale und deren Evaluation gegen die IT-technischen Investitionen sind folglich eine konkrete Handlungsempfehlung für Serienfertiger.

Handlungsempfehlung: Evaluation der Potenziale

3.2.3. Konklusion zu den spezifischen Ergebnissen

Dualität zwischen
Produktions- und
Produktsicht

Aus den empirischen Daten auf der Basis der Unternehmensgespräche wurden in Kapitel 3.2. mehrere Thesen abgeleitet. Diese stellen Ansatzpunkte für die digitale Transformation der Produktion und mithin die Grundlage für die weitere Ergebnisdiskussion der Studie dar. Eine Übersicht dieser Aggregation befindet sich in Abbildung 27. Insbesondere wird hier nochmals die Dualität zwischen der Produktions- und der Produktsicht unterstrichen. An der Produktionssicht (d. h. an der Smart Factory in der Terminologie der Studie) hängen vor allem analytische Potenziale zur Steigerung der Effizienz einer bestehenden Produktion. Die Produktsicht (d. h. das Smart Product in der Terminologie der Studie) hingegen zielt vermehrt auf die direkte Generierung zusätzlichen Kundennutzens ab. Hierdurch werden

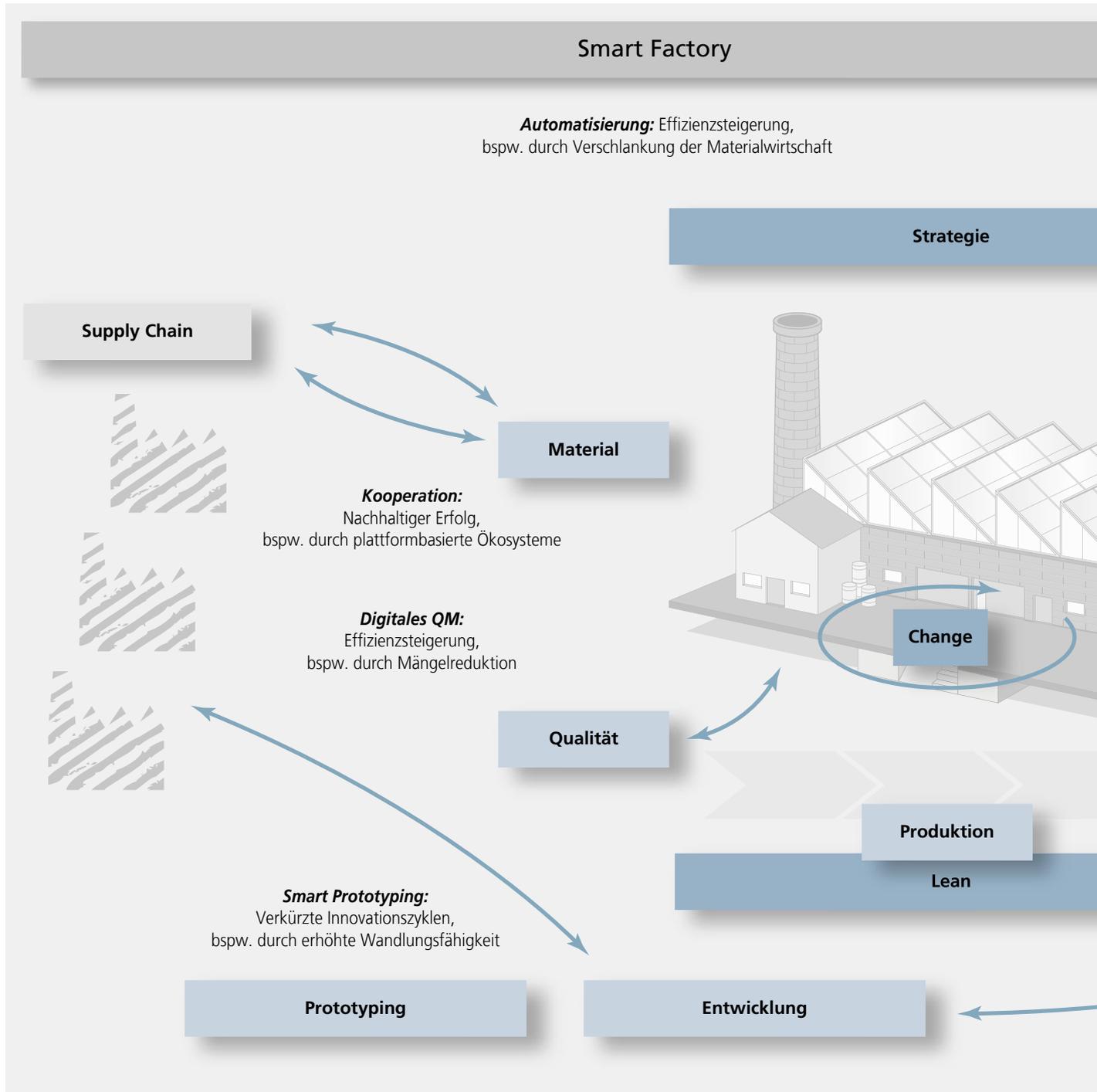


Abbildung 27: Ansatzpunkte für die digitale Transformation in der Produktion.

Differenzierungspotenziale zum Wettbewerb identifiziert, die dem Unternehmen einen nachhaltigen Erfolg sichern. Die Produktion ist folglich als ermöglichende Struktur, das Produkt als tatsächliches Vehikel für den Markterfolg zu betrachten.

Das zu Beginn des Kapitels 3.2. eingeführte Konstrukt des digitalen Autonomiegrades setzt die Ergebnisse in einen strukturellen Rahmen und ermöglicht des Weiteren die Ableitung kontextabhängiger Strategien für verschiedene Unternehmenstypen der industriellen Produktion.

Ableitung kontextabhängiger Strategien

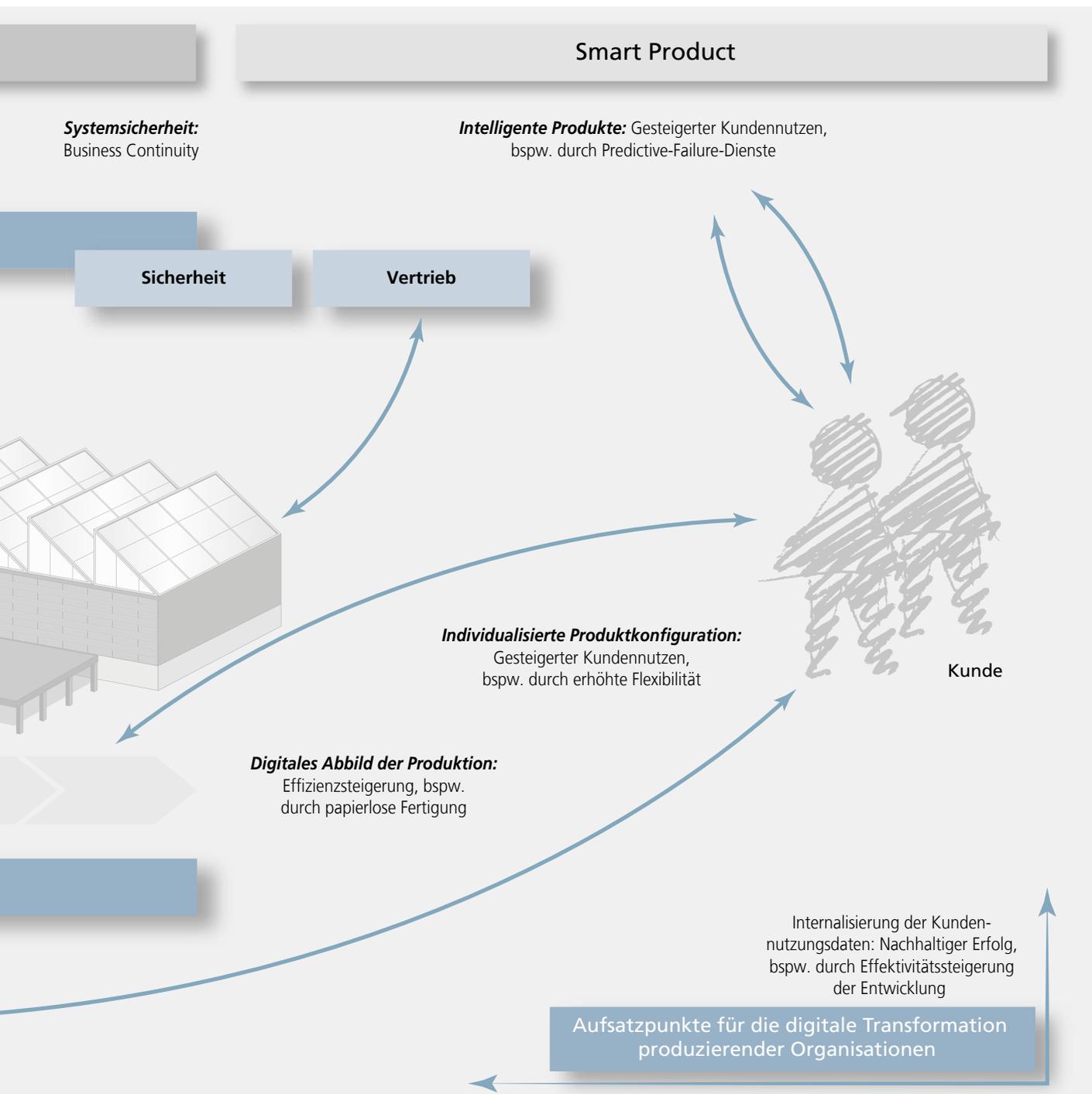


Abbildung 28 zeigt die vier hauptsächlichen Strategieklassen, die auf der Basis des digitalen Autonomiegrades abgeleitet wurden. Diese sollen im Folgenden erklärt werden.

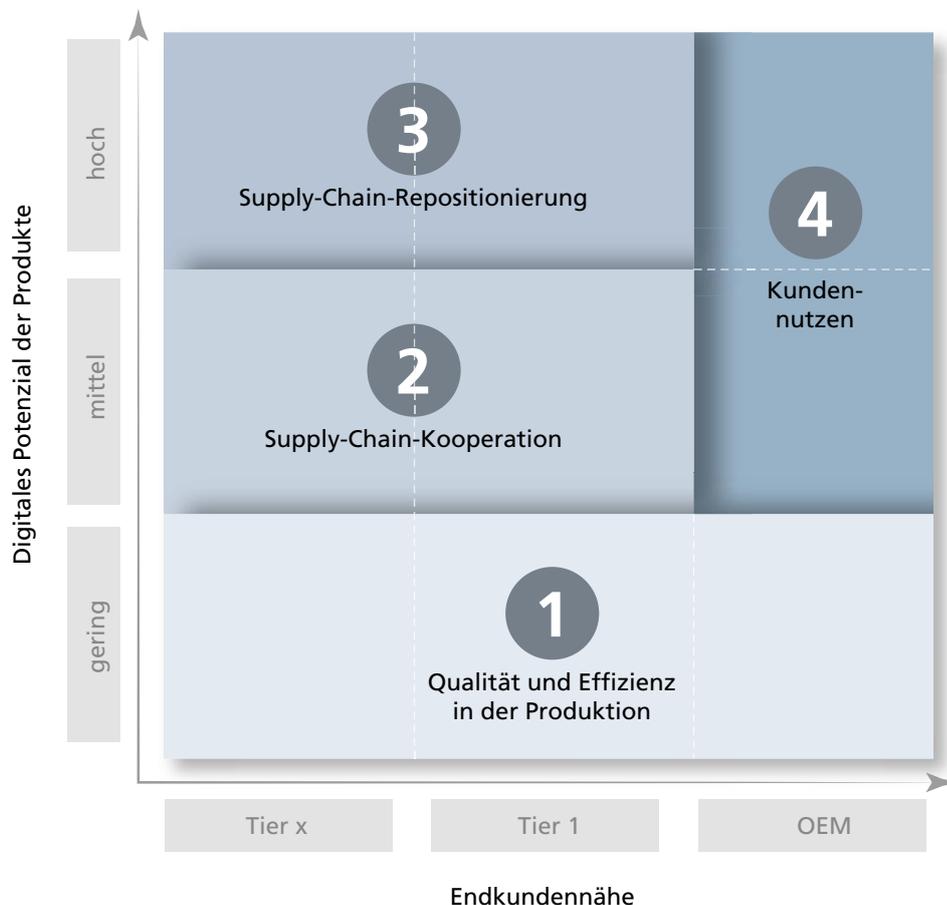


Abbildung 28: Strategieklassen auf der Basis des digitalen Autonomiegrades.

1) Qualität und Effizienz in der Produktion

Diese Strategiekategorie zeichnet sich durch Unternehmen mit einem wenig ausgeprägten digitalen Profil auf der Produktseite aus. Hierbei ist es zunächst unerheblich, ob die Unternehmen einen direkten Endkundenkontakt haben oder eine nachgelagerte Produktionsstufe beliefern. Vielmehr ist entscheidend, dass die Produkte keine große Aufsatzfläche bieten, um durch cyberphysische Komponenten sinnvolle Daten zu erheben oder gar einen direkten Mehrwert zum Kundennutzen zu leisten. Digitalisierungsstrategien und die dabei involvierten Investitionsbudgets für solche Unternehmen sollten sich auf die Produktionsseite fokussieren. Dort können sowohl über intelligente Maschinen als auch über eine digitale Integration der Lieferkette (upstream) Effizienzpotenziale gehoben werden. Die Geschäftsmodelle der Unternehmen bleiben hierbei unberührt.



2) *Supply-Chain-Kooperation*

Unternehmen in dieser Strategiekategorie sind Zulieferer, deren Potenziale ein gewisses digitales Potenzial in Bezug auf die Technologie und den Markt besitzen. Da das Potenzial vor allem auf der Marktseite begrenzt ist, bieten sich Strategien zur Lieferkettenkooperation an. Hierdurch können bspw. die Geschäftsbeziehungen zum OEM intensiviert werden, wodurch die eigene Position in der Supply Chain gefestigt wird. Zusätzlich kann der Endkundennutzen über Gemeinschaftsprojekte mit dem OEM erhöht werden, was der gesamten Lieferkette ein nachhaltiges Wachstum sichert. Je höher der digitale Autonomiegrad einer Organisation ist, desto attraktiver werden auch plattformbasierte Kooperationsansätze (Business Ecosystems). Diese zeichnen sich insbesondere durch eine offenere Struktur aus und grenzen sich hierüber von klassischen Lieferkettenkooperationen ab. In Bezug auf die Geschäftsmodelle sind hier Plattformstrategien, bspw. der Two Sided Market (Gassmann et al., 2013), in einer passiven, d.h. rein partizipativen Ausformung zu prüfen. Konkret könnte eine Handlungsempfehlung sein, sich bei einem starken OEM auf eine Lieferantenplattform zu integrieren und die dortigen Cloud-Services zu nutzen, selbst wenn dies initial einen Wechsel auf neue IT-Systeme bedeutet.

3) *Supply-Chain-Repositionierung*

Zulieferer, deren Produkte insbesondere auf der Marktseite einen großen Mehrwert durch cyberphysische Komponenten generieren können, sollten die aktuelle Gestalt ihrer Lieferkette hinterfragen. Möglicherweise existieren Potenziale zur Neuordnung der bestehenden Lieferkette oder zur Verschiebung bisheriger Verhandlungspositionen. Es wird folglich das Geschäftsmodell des bisherigen Kunden analysiert und evtl. adaptiert. Offensichtlich sind bei diesen Strategien jedoch auch Kannibalisierungseffekte und andere Disruptionsrisiken abzuschätzen. Eine individuelle Bewertung des Entscheidungskontextes ist in diesem Fall unumgänglich. Konkret könnte ein Zulieferer, der ein hohes Endkundenpotenzial erkannt hat, dazu übergehen, seine eigene Lieferkette zu gestalten. Vergleichbar wäre dies dann auch mit dem Fall, dass Google zum OEM für Automobile wird, wenn der zukünftige Kundennutzen verstärkt in der digitalen Vernetzung gesehen wird.

4) *Kundennutzen*

Diese Strategiekategorie besteht aus Unternehmen, die Produkte mit hohem Digitalisierungspotenzial herstellen und zugleich eine Downstream-Position innerhalb ihrer Lieferkette einnehmen. Mithin sind diese Unternehmen organisational nahe am Endkunden und können dessen Bedürfnisse passiv analysieren oder sogar aktiv abfragen. Die strategische Empfehlung der Studie zielt in Richtung eben dieser Kundenbeziehungen. Die zur Verfügung stehenden Mittel sollten auf die Kundenprozesse alloziert werden, um dort Leistungsangebote zu generieren. Insbesondere die Kategorie der digitalen Dienste sollte intensiv untersucht werden, um die Leistungsbündel am strategischen Konzept der cyberphysischen Produkte auszurichten. Offensichtlich können auch die in dieser Klasse befindlichen Unternehmen von digitalen Produktionsstrukturen und den damit verbundenen Effizienzpotenzialen profitieren. Vor dem Hintergrund knapper Ressourcen bleibt die strategische Schwerpunktsetzung jedoch auf der Kundenperspektive. In Bezug auf die Geschäftsmodelle bietet diese Kategorie das breiteste Anwendungsspektrum. Über digitale Services können Geschäftsmodelle wie bspw. Freemium (Basisprodukt vs. Vollprodukt), Betreibermodelle, Pay-per-Use-Schemata und sogar der Aufbau eigener digitaler Plattformen eruiert werden. Hierfür gibt es viele erfolgreiche Beispiele aus der Industrie, etwa von Trumpf, Siemens oder John Deere.



3.3. Vergleich mit ausgewählten Studien

Die Ergebnisse dieser Studie sollen für die Produktionsforschung und die unternehmerische Praxis in gleicherweise relevant sein. Um dies zu erreichen, werden die entwickelten Thesen in diesem Kapitel in den Kontext des angewandten wissenschaftlichen Diskurses gestellt. Hierzu wurden die Thesen den Erkenntnissen weiterer aktueller Studien auf dem Themengebiet gegenübergestellt. Entsprechen die Ergebnisse einander, sind sie als „bestätigt“ markiert. Gibt es gegensätzliche oder abweichende Erkenntnisse, sind sie als „kontrovers“ bezeichnet. Als „nicht betrachtet“ wurden diejenigen Thesen gekennzeichnet, die nicht oder nur ungenügend in den betrachteten Studien untersucht wurden. Der Großteil der Thesen konnte durch die Ergebnisse anderer Studien bestätigt werden. Jedoch zeigt sich auch, dass bei einer Reihe wichtiger Frage noch Uneinigkeit zwischen den Experten besteht. Zu anderen Thesen konnten keine relevanten Studienergebnisse gefunden werden.

*Großteil der
Thesen bestätigt*

Die Gegenüberstellung ist in der Tabelle auf der folgenden Doppelseite abgebildet (siehe nächste Seite Abbildung 29).

Kapitel	These	Vergleich	Erklärung
3.3.1. <i>Digitalisierungsstrategie</i>	Die Digitalisierungsstrategie ist innerhalb der strategischen Führung produzierender Unternehmen zukünftig das wichtigste Thema.	Bestätigt	Das Vordenken und Vorleben durch die Unternehmensleitung wird für die Umsetzung der Digitalisierung als entscheidend erachtet. Führende Unternehmen haben die Digitalisierung in ihrer Strategie verankert (Lichtblau et al., 2015).
	Integraler Bestandteil einer erfolgreichen Digitalisierungsstrategie ist ein konsistentes Controlling der Digitalisierungsaktivitäten.	Bestätigt	Unternehmen mit dem höchsten Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 nutzen systematisch Kennzahlen für den Strategieprozess der Digitalisierung (Lichtblau et al., 2015).
3.1.2. <i>Ganzheitliches Change Management</i>	IT-orientiertes Change Management muss einen individuellen und problemorientierten Wissensmanagementansatz unterstützen, um optimal umgesetzt werden zu können.	Bestätigt	Mitarbeiter aller Unternehmensbereiche können mit individuellen und vielfältigen Lernformen sowie einer gemeinsamen Erkenntnisebene die tiefgreifenden Veränderungen der Digitalisierung bewältigen (Bauernhansl et al., 2016; Korge et al., 2016).
3.1.3. <i>Lean Management und seine Schnittstellen</i>	Lean Management ist eine Grundvoraussetzung, um den derzeitigen digitalen Wandel erfolgreich gestalten zu können.	Kontrovers	Digitalisierung entgegen der bewährten Lean-Management-Prinzipien ist nicht denkbar. Lean Management muss im Hintergrund der Digitalisierung weiterentwickelt werden, um den Zielkonflikt zwischen Standardisierung und Flexibilisierung aufzulösen (Ganschar et al., 2013; Korge et al., 2016).
	Ein ganzheitlicher Lean-Management-Ansatz muss neben den Produktionsprozessen insbesondere auch die Abläufe der indirekten Bereiche umfassen, um sein komplettes Potenzial entfalten zu können.	Bestätigt	Erfolgreiche Unternehmen in puncto Produktivitätsentwicklung, Erfolg und Nachhaltigkeit von Lean-Aktivitäten setzen auf Programme, die über das gesamte Unternehmen wirken, inklusive der indirekten Bereiche (Müller et al., 2016a; Schneider et al., 2011).
3.2.1. <i>Smart Factory</i>	Je spezifischer das digitale Abbild der Fabrik ausgearbeitet ist, desto größer ist der Nutzen für die Planung, Steuerung und Optimierung der Produktion.	Kontrovers	Das größte Nutzenpotenzial durch Daten wird der Produktion zugeschrieben. Viele Unternehmen befürchten jedoch eine unkontrolliert steigende Komplexität (Müller et al., 2016a; Lichtblau et al., 2015; Bauernhansl et al., 2016).
	Je geringer der digitale Autonomiegrad eines Produktionsunternehmens, desto notwendiger werden Investitionen in ein feingranulares digitales Abbild der Produktion als Grundlage der Unternehmensführung.	Bestätigt	Der relativ größte Nutzen durch die Digitalisierung wird durch produzierende Unternehmen im Bereich der autonomen Produktion gesehen (Müller et al., 2016a).
	Unternehmen mit einem geringen digitalen Autonomiegrad profitieren von klassischen Lieferkettenkooperationen, während ein hoher digitaler Autonomiegrad das Potenzialfeld plattformbasierter Ökosysteme eröffnet.	Bestätigt	Um einen hohen Digitalisierungsgrad zu erreichen, werden umfassende neue Kompetenzen benötigt. Laut Expertenmeinung lassen sich diese für einen Großteil der Unternehmen nur auf Basis von Partnernetzwerken realisieren (Müller et al., 2016a).
	Zulieferer mit einem hohen digitalen Produktpotenzial sollten ihre Kooperationsstrukturen und ihre Lieferkettenpositionierung überprüfen.	Bestätigt	Durch die Digitalisierung wird eine Neuverteilung der Wertschöpfung im Business Ecosystem beobachtet (Bauernhansl et al., 2016).
	Je niedriger der digitale Autonomiegrad, desto notwendiger werden Investitionen in eine automatisierte Materialwirtschaft (Beschaffung, Warenannahme und Kommissionierung).		Nicht betrachtet

Kapitel	These	Vergleich	Erklärung
3.2.1. Smart Factory	Je kürzer die Produktlebenszyklen und je vielfältiger das Variantenspektrum, desto größer sind die Effizienzvorteile einer 3D-Drucktechnologie gegenüber herkömmlichen Prototypenverfahren.	Bestätigt	Große Potenziale durch additive Fertigungsverfahren werden in beschleunigten Entwicklungsprozessen und mittels Rapid Prototyping gesehen (Müller et al., 2016a).
	Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Produktion wird der Einfluss ergonomischer Aspekte auf die Flexibilität und die Kostenstruktur ausgereifter Produktionssysteme zunehmen.	Bestätigt	Durch die Digitalisierung können wirkungsvolle Maßnahmen zur Verbesserung der Ergonomie am Arbeitsplatz umgesetzt werden. So kann die Arbeitsfähigkeit lange erhalten bleiben und Mitarbeiter flexibel eingesetzt werden (Korge et al., 2016).
	Je höher die Wiederholhäufigkeit in der Produktion mittelständischer Unternehmen ist, desto größer sind die Potenziale eines datengestützten Qualitätsmanagementansatzes.	Kontrovers	Es bestehen bereits Lösungen für autonome Regelkreise, in denen intelligente Maschinen in Kombination mit intelligenten Produkten fortlaufend die Prozessqualität verbessern, unabhängig von der Wiederholhäufigkeit (Bauernhansl et al., 2016).
	Die Anforderungen an digitale Sicherheitssysteme steigen mit Zunahme des Umfangs an cyberphysischen Produkten überproportional an.	Bestätigt	Je größer die Vernetzung über die eigenen Unternehmensgrenzen hinweg mit mehr und granulareren Daten, umso relevanter wird das Thema der IT-Sicherheit erachtet (Müller et al., 2016a; Lichtblau et al., 2015; Bauernhansl et al., 2016).
3.2.2. Smart Product	Unternehmen, deren digitales Produktpotenzial aus technologischer Sicht hoch, jedoch aus Kundensicht begrenzt ist, profitieren von Strategien der internalisierten Produktdatennutzung.	Nicht betrachtet	
	Je höher der digitale Autonomiegrad eines Unternehmens, desto höher ist das Potenzial für Umsatzgenerierung aus datenbasierten Zusatzleistungen, bspw. für Predictive Maintenance oder Predictive-Failure-Dienste.	Kontrovers	Es wird eine positive Korrelation zwischen Mitarbeiterzahl eines Unternehmens und dem Umfang an angebotenen Data Driven-Services beobachtet. Der Digitale Autonomiegrad spielt hier keine Rolle (Lichtblau et al., 2015).
	Frühwarnsysteme für Wartung und Ausfälle besitzen an der Schnittstelle zum Kunden einen größeren ökonomischen Hebel als an der Schnittstelle zur Produktion.	Nicht betrachtet	
	Je höher der digitale Autonomiegrad eines Unternehmens ist, desto größer sind die durch eine Individualisierung der Produktkonfiguration entstehenden Potenziale.	Bestätigt	Für die Personalisierung von Produkten ist neben individuellen Bauteilen vor allem die Ausstattung mit Software und die Schnittstelle zu Kunden entscheidend (Müller et al., 2016a).

Abbildung 29: Vergleich der Studienthesen mit Aussagen ausgewählter Studien.

3.4. Relevante Rahmenbedingungen

Bei der Entwicklung und Umsetzung einer Digitalisierungsstrategie treffen Unternehmen auf Herausforderungen, die sowohl interner als auch externer Natur sein können und die nicht immer durch die Unternehmen selbst beeinflussbar sind. Die Studie zielt daher auch darauf ab, Themen aufzuzeigen, die durch regionale Wirtschaftsakteure wie z. B. Verbände, Institute und Politik unterstützt werden können bzw. direkt beeinflussbar oder aber auch von allgemeinem Interesse sind.

Kategorisiert werden externe Herausforderungen u. a. in Hemmnisse, die durch Infrastrukturprobleme (Bsp. fehlender Breitbandanschluss), politische Regelungen (Bsp. Datenschutzgesetze), Sicherheitsbedenken (Bsp. IT-Security), Bedenken der Arbeitnehmervertreter (Bsp. Überwachung von Mitarbeitern), fehlende Nutzentransparenz (Was bringt mir die Digitalisierung?) oder bürokratische Hürden hervorgerufen werden.

Interne Hemmnisse sind z. B. sich der Neuerung verweigernde Mitarbeiter, fehlende Mitarbeiter-Kompetenz-/Qualifikation, sich gegen Digitalisierungsvorhaben stellende Betriebsräte oder auch den wirtschaftlichen Nutzen in Frage stellende Abteilungen (Controlling).

Von allgemeinem Interesse innerhalb der Studie ist die Sicht der Unternehmen auf die Entwicklungen, die sich hinsichtlich Mitarbeiteranzahl, Qualifikationsanforderung und alternativen Formen der Aufgabenerledigung aufgrund der Digitalisierung zukünftig ergeben werden.



Allgemeine Aussagen

Grundsätzlich ergeben sich aus den Interviews sehr heterogene Aussagen zu den jeweiligen Themenschwerpunkten. Ein einheitliches Stimmungsbild zeigt sich lediglich bei einzelnen Kategorien.

Bei der Bedeutsamkeit können zwei Klassen gebildet werden. Eher kleine Unternehmen mit einer geringen Digitalisierungsautonomie sind weniger sensibel sowohl für externe als auch für interne Herausforderungen. Dies liegt daran, dass diese Unternehmen zum einen sehr pragmatisch interne Themen angehen und zum anderen wenig auf externe Faktoren angewiesen sind.

Bedeutung der Hemmnisse hängt von Unternehmensgröße ab

Die Gruppe der etwas größeren Unternehmen mit einer hohen Digitalisierungsautonomie und einem hohen Digitalisierungsreifeegrad spricht vor allem auf externe Faktoren sensitiv an. Besonders restriktiv wirken in diesem Kontext Sicherheitsbedenken, Bedenken der Arbeitnehmervertretung und die Nutzentransparenz.

Interne Hemmnisse haben insgesamt eine geringere Relevanz im Vergleich zu externen Hemmnissen. Jedoch stellt sich die fehlende Mitarbeiterkompetenz als die größte Herausforderung für die Unternehmen dar. Auch die Verweigerung von Neuerungen durch die Mitarbeiter vor allem der Kategorie „Digital Immigrant“ wird als Problem gesehen.

Die Aussagen der Unternehmen zur Entwicklung der Mitarbeiteranzahlen in den jeweiligen Unternehmensbereichen zeigen kein einheitliches Stimmungsbild. Teilweise wurde die Frage von den Unternehmen nur zögerlich und nicht umfassend beantwortet. Jedoch geht die Tendenz zu einem Abbau an Arbeitsplätzen in den Bereichen Produktion, Administration und Vertrieb und einem Zuwachs im Bereich IT und Entwicklung. Ein Großteil der Unternehmen geht davon aus, dass ein Abbau von Arbeitsstellen durch organisationale Verschiebungen und angestrebten Wachstum vermieden werden kann.

Externe Hindernisse

Bei den Infrastrukturproblemen zeigt sich eine starke Diskrepanz zwischen den Unternehmen. Während der Punkt für den Großteil der Unternehmen keine Relevanz hat, geben 3 von 12 Unternehmen die Breitbandverbindung als großes Problem an. Als Beispiele werden Kosten und Verfügbarkeit, Probleme mit der Verbindungsstabilität und die aktuellen Übertragungsraten genannt.

Probleme mit der Breitbandverbindung

„Im Vergleich zu anderen Ländern hat Deutschland beim Thema digitale Infrastruktur noch großen Nachholbedarf.“

Politische Regelungen stellen für den Großteil der Unternehmen kein Problem dar. In Einzelfällen werden Datenschutzgesetze als zu restriktiv wahrgenommen. Als Beispiele wurden hier die Erfassung von Kennzahlen und deren Veröffentlichung genannt. Spezifische Gesetzgebungen z. B. innerhalb der Medizintechnikbranche verhindern einfache digitale Lösungen.

*Herausforderung
durch Sicherheits-
bedenken*

Sicherheitsbedenken in Form von Geheimhaltung sensibler Daten (z. B. Kundendaten), aktuelle strenge Auflagen von Seiten der Kunden oder Gefahr der Manipulation durch direkten Zugriff auf Maschinen bzw. den Abfluss von Technologie- und Prozess-Know-how nannten 8 von 12 Unternehmen als beachtenswerte Herausforderung. Dabei wurden sowohl die Sicht der Unternehmen als auch der Kunden und Lieferanten mit einbezogen. Aus der Kundenperspektive wurden explizit die aktuell hohen Auflagen zur Geheimhaltung spezifischer Daten genannt (z. B. Zugang von Dritten, Nachweis der Systemsicherheit), die z. B. Ansatzpunkte im Themenbereich Data Analytics verhindern. Aus Sicht der Lieferanten muss die Weitergabe von Daten, z. B. an Unterlieferanten, aufwändig durch zusätzliche Verträge geregelt werden.

Der Umgang mit Bedenken der Arbeitnehmervertreterseite stellt für 8 von 12 Unternehmen eine mehr oder weniger bedeutsame Herausforderung dar. Als Schwerpunktthemen wurden vor allem die Datentransparenz (z. B. Transparenz der Datenerfassung) und die Mitarbeiterüberwachung genannt. Unterstützungsbedarf sehen die Unternehmen vor allem in der Erstellung von geeigneten Betriebsvereinbarungen.

*Nutzentransparenz nicht
eindeutig*

Bemängelt wurde vom Großteil der Unternehmen, dass die Nutzentransparenz noch nicht eindeutig erkennbar ist bzw. zu wenig im Vordergrund der Diskussionen und Publikationen steht. Auch hier wurde aus den drei Perspektiven – eigenes Unternehmen, Kunde und Lieferanten – argumentiert. Aus Kundenperspektive heraus wurde vor allem diskutiert, dass aktuell die Zahlungsbereitschaft, z. B. für digitale Services, nicht gesehen wird. Aus der Unternehmensperspektive wird zum jetzigen Zeitpunkt noch zu theoretisch diskutiert, ohne praktische Erfahrung gemacht zu haben. Aus der Perspektive der Lieferanten wurde der Einfluss auf die Aufwände, die für die Anforderungsumsetzung eines funktionsfähigen digitalen Beschaffungsprozesses aufgebracht werden müssen, hingewiesen. Die beteiligten Parteien sind gegenseitig darauf angewiesen, dass ein gleichwertiger Digitalisierungsstand vorhanden ist. Es wird davon ausgegangen, dass Lieferanten zukünftig damit rechnen müssen, Kunden zu verlieren, wenn sie diese Anforderungen nicht erfüllen. Die Erwartungshaltung, die hier aus Kundenperspektive mitschwingt, richtet sich auf ein proaktives Handeln von Lieferantenseite aus.

Bürokratische Hürden wurden von keinem der Unternehmen als wesentliches Thema adressiert.

Interne Hindernisse

Sensible Mitarbeiterführung notwendig

Fast alle Unternehmen sehen die fehlende bzw. zu entwickelnde Mitarbeiterkompetenz als Herausforderung an. 6 von 12 Unternehmen nehmen dies sogar als großes Hemmnis war. Das liegt zum einen an der Verfügbarkeit der richtigen Kompetenz am Arbeitsmarkt, zum anderen an der internen Altersstruktur in den Unternehmen selbst.

Ein Teil der Unternehmen geht im Sinne der Mitarbeitersensibilisierung schrittweise und behutsam vor, den Mitarbeitern werden Brücken gebaut. Ein Beispiel ist, dass auf dem Weg zur papierlosen Produktion Mitarbeitern noch freigestellt wird, den „Fertigungsauftrag“ zur Informationsaufnahme am Arbeitsplatz auszudrucken, obwohl der Prozess schon komplett digitalisiert ist. Widerstand und aufkommendem Unbehagen wird so vorgebeugt.

Positive Wirkung durch frühzeitige Einbindung

Lediglich 2 von 12 Unternehmen sehen eine Verweigerungshaltung der Betriebsräte als Hemmnis. Die frühzeitige und offene Einbindung der Arbeitnehmervertreterseite hat sich für die meisten Unternehmen daher als sehr positiv herauskristallisiert.



„Wir haben den Betriebsrat früh informiert und integrieren diesen aktiv in unsere Digitalisierungsvorhaben.“

Wesentliche Bedenken können somit ausgeräumt werden oder kommen gar nicht erst auf.

Dass sich Mitarbeiter gegen Neuerungen stellen, ist für die meisten Unternehmen kein Thema. Lediglich die beiden Unternehmen, die auch Probleme mit dem Betriebsrat angeben haben, sehen dies als bedeutsam an.

Die Nutzenargumentation in Verbindung mit der betriebswirtschaftlichen Betrachtung sehen 6 von 12 Unternehmen als zu lösendes Thema an. Angeführt wurde hier z. B., dass vergangene Einsparprogramme der notwendigen Investitionen für die Digitalisierung entgegenstehen. Auch die Einschätzung, wie viel Wert Daten tatsächlich besitzen, wird häufig diskutiert.

*Digitalisierung
beeinflusst
Unternehmens-
struktur*

„Sind die Daten so viel wert, wie wir Geld in die jeweilige Maschine investieren müssten, um den Anforderungen der Digitalisierung gerecht werden zu können?“

Als zukünftig hilfreich wird formuliert, dass die Betrachtung um die Perspektive „Einfluss auf Unternehmensstruktur“ erweitert werden sollte. Den Unternehmen ist dabei bewusst, dass dies vor allem Relevanz bei standortübergreifenden bzw. globalen Strukturen besitzt. Hier wurden der Bedarf nach Formulierung einheitlicher digitaler Strategien (vs. Standort-/Werkstrategien), das Auflösen von Standortdenken und mehr Bereitschaft, Wissen mit anderen Bereichen zu teilen (vor allem in rechtlich und betriebswirtschaftlich getrennten Strukturen schwierig), als Schwerpunktthemen gesehen.

Vereinzelt wurden noch fehlende Kapazität, fehlendes Know-how für eine saubere und schlüssige strategische Ausrichtung, schlechte Voraussetzungen in Bezug auf die vorhandene Datenqualität und Probleme bei der Zusammenarbeit mit der IT genannt.

Entwicklung Mitarbeiteranzahl

Der Einfluss der Digitalisierung wird auch das Thema Mitarbeiterentwicklung, in Form von Anzahl, Kompetenz und Einsatzbereiche, wesentlich betreffen. Benchmark-Unternehmen gehen davon aus, dass zur Umsetzung der Digitalisierungs- und Elektrifizierungsstrategie neue Stellen geschaffen werden müssen. Der Anteil der Mitarbeiter mit Hochschulabschluss und IT-Qualifikationen oder auch z. B. Elektrotechniker wird dabei steigen. Man geht aber auch davon aus, dass z. B. der Anteil der klassischen Ingenieure zurückgehen wird. Dieses Bild wird durch die befragten Unternehmen bestätigt und durch Aussagen zur Entwicklung in den Produktionsbereichen ergänzt.

Mangel an
qualifiziertem
IT-Personal

Bedarf an Mitarbeiteraufbau sehen vor allem die befragten Unternehmen, die über eigene Produkte verfügen, in den Bereichen IT und Entwicklung. Im Fokus stehen hier die Kompetenzen zur Generierung und Umsetzung neuer digitaler Geschäftsmodelle und der technischen Umsetzung kundenindividueller Leistungs- und Produkthanforderungen. Von Seiten der Unternehmen wird die Befürchtung formuliert, den Zuwachs vor allem im Bereich IT nicht durch qualifiziertes Personal decken zu können.

Die Entwicklung in Bereichen wie der Auftragsabwicklung und dem Vertrieb wird unterschiedlich gesehen. Während der Großteil der Unternehmen mit einem Stellenabbau, oder mit dem kompletten Wegfall der Abteilung durch Substitution volldigitalisierter Abläufe rechnet, möchte ein Teil der Unternehmen zum Ausbau der Serviceleitungen neue Mitarbeiter einstellen.

„Der Initialaufwand in der Entwicklung, auch in Bezug auf Mitarbeiter-einsatz, wird erst einmal groß sein, mittel- bis langfristig wird man aber weniger Personal haben.“

Eindeutig fällt die Abschätzung hinsichtlich eines Stellenabbaus in den Bereichen Administration, Logistik und Produktion aus. Dies betrifft vor allem den Bereich der niedrig bis nicht qualifizierten Mitarbeiter und Tätigkeiten.

Kompensation
von Stellenabbau
durch Wachstum

Interessant ist, wie unterschiedlich der Umgang im Bereich der qualifizierten Produktionstätigkeiten ist. Die Hälfte der Unternehmen geht davon aus, dass diese Effekte mit dem vorhandenen natürlichen Wachstum kompensiert werden können.

„Jede Prozessoptimierung hat bisher dazu geführt, dass wir mehr Produkte verkaufen konnten. Es wird daher auch weiterhin versucht, die Steigerung mit konstantem Personal abzuwickeln.“

Ein Teil der Unternehmen geht davon aus, dass bestimmte Tätigkeiten nicht durch Technologien (wirtschaftlich) ersetzt werden können. Und daher, vor allem in Bereichen der Unikatfertigung komplexer Produkte, auch in Zukunft handwerkliche Kompetenzen gefragt sein werden. Die Unternehmen gehen davon aus, dass dabei Teileleistungen über spezialisierte Unternehmen eingekauft werden müssen. Dies wiederum hat einen hohen Einfluss auf die Relevanz und Kompetenzanforderungen, z. B. innerhalb der Einkaufsbereiche.

*Handwerkliche
Kompetenzen
weiterhin gefragt*

„Wo jemand mit der Hand am Blech arbeitet, kann man mit der Digitalisierung nichts einsparen. Wenn handwerkliche Arbeit technologisch und wirtschaftlich durch Robotik ersetzt werden kann, wird das anders.“

Vor allem bei Unternehmen der Massen- und Serienfertigung sollen die Investitionen in die Digitalisierung helfen, das Rationalisierungspotenzial zu heben.

„Für die Produktion gibt es nur einen Weg: nach unten, denn die Rationalisierung steht immer im Vordergrund. Wir gehen davon aus, dass sich in den indirekten Bereichen noch viel mehr tun wird. Hier sehen wir ein Substitutionspotenzial von 100 Prozent.“







4. ZUSAMMENFASSUNG

ALLGEMEINE AUSSAGEN

- Die Unternehmen haben die **Relevanz der Digitalisierung** erkannt.
- Sie gehen vergleichsweise sachlich mit der Thematik um, ein Digitalisierungshype ist nicht festzustellen.
- Die Digitalisierung wird von der Mehrheit als eines von vielen Instrumenten gesehen, um die **Wettbewerbsposition** und die **Wertschöpfungseffizienz** zu verbessern.
- Projekte und Maßnahmen zur Digitalisierung werden aktuell vor allem produktionsbezogen umgesetzt.
- Ziel hierbei ist eine **Effizienzverbesserung innerhalb der Produktion**.
- Möglichkeiten zur **Digitalisierung der Produkte** und zur Ableitung **digitaler Zusatzservices** sind den meisten Unternehmen bekannt.
- Eine breite Umsetzung dieser Ansätze erfolgt aktuell jedoch noch nicht.

DIGITALISIERUNGSSTRATEGIE

- Die **Bedeutung der Digitalisierung** für die strategische Ausrichtung eines Unternehmens wurde fast durchgängig erkannt.
- Eine Verankerung der Digitalisierung in der **Gesamtunternehmensstrategie** wurde nur von einem geringen Teil der Unternehmen bereits umgesetzt.
- Systematisches Controlling von Digitalisierungsaktivitäten findet vor allem in Form von Projektbudgets und Controllinggesprächen statt.
- **Digitalisierungs-KPIs** wurden von noch keinem Unternehmen definiert.
- Fast alle Unternehmen sehen zukünftig einen **starken Wandel der Berufsbilder**, vor allem in der Produktion.
- Die meisten befragten Unternehmen sehen auch noch in Zukunft einen Bedarf an klassischen Berufsbildern.
- Die **Anforderungen an die Mitarbeiter** werden sich jedoch dahingehend verändern, dass komplexe Systeme und Prozesse verstanden werden müssen.
- Die **IT-Abteilungen** in den Unternehmen sollen mehrheitlich deutlich verstärkt werden.
- In den meisten Unternehmen findet bereits eine problemorientierte Vorbereitung der Mitarbeiter auf den erhöhten Grad an Digitalisierung statt.
- Eine übergreifende Strategie zur **Mitarbeiterqualifizierung** existiert in vielen Unternehmen aber noch nicht.

PRODUKTION

- Projekte zur **Digitalisierung der Wertschöpfungskette** betreffen vor allem die Produktion selbst.
- Entwicklung, Beschaffung, Vertrieb und weitere unterstützende Prozesse stehen mehrheitlich nicht im Fokus.
- Maßnahmen zur Digitalisierung der Produktion werden dann von den Unternehmen umgesetzt, wenn der **monetäre Nutzen** a priori quantifizierbar ist.
- Diese Vorgehensweise verhindert teilweise bereichsübergreifende Projekte.
- Viele Unternehmen haben das **digitale Abbild** der Logistikprozesse im Vergleich zum digitalen Produktionsabbild bereits sehr weit umgesetzt (getrieben durch MES-Einführung).
- Der Bedarf für ein digitales Produktionsabbild ist jedoch erkannt.
- Auftragsdaten werden mehrheitlich noch in Papierform bereitgestellt.
- „**Papierlose Fertigung**“ ist allerdings eine weit verbreitete, formulierte Vision.
- Die **Verbesserung der Ergonomie** ist ein absoluter Randaspekt der Digitalisierung, obwohl die Möglichkeiten innerhalb der Unternehmen gegeben wären.
- **TPM** ist mehrheitlich Stand der Technik, die Aussagen zur Sinnhaftigkeit von **Predictive Maintenance** gehen weit auseinander.
- Kein Unternehmen erlaubt seinen Kunden/Endkunden einen **digitalen Einblick** in Auftragsbearbeitungszustände, die meisten wollen dies auch zukünftig nicht tun.
- Ausnahmen hierbei bilden jedoch Szenarien, in denen Win-Win-Situationen zwischen den Unternehmen geschaffen werden können, z. B. monetär.

PRODUKT

- Viele Unternehmen können den monetären Nutzen digitalisierter Produkte **nicht beziffern** (Wie sollten digitale Zusatzservices bepreist werden?).
- Eine **Sensorifizierung der Produkte** findet bis auf wenige Ausnahmen noch nicht statt.
- **Digitale Zusatzservices** werden, sofern überhaupt, ausschließlich in Form von Pilotprojekten angeboten, z. B. Fernwartung.
- Kein Unternehmen generiert aktuell Umsatz auf Basis **digitaler Serviceangebote**.

LEAN MANAGEMENT

- Der **Lean-Management-Ansatz** ist den Unternehmen ausnahmslos bekannt und wird als hoch relevant eingestuft.
- Die **konkrete Umsetzung** divergiert allerdings erheblich.
- Wesentliche Prinzipien des Lean Managements sind in allen Unternehmen etabliert, dies gilt vor allem für **Verbesserungsaktivitäten**.
- Eine **tiefe Verankerung** der Lean-Management-Philosophie im Alltag ist jedoch bei nur wenigen Unternehmen festzustellen (Verknüpfung der einzelnen Elemente, Rolle der Führungskräfte etc.).

OPERATIV

- Die **Digitalisierung** wird für die Unternehmen nicht aus dem Stand zu bewältigen sein, hierzu bedarf es einiger **Voraussetzungen**.
- Wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche operative Digitalisierung der Unternehmensprozesse sind die Formulierung einer **konkreten Digitalisierungsstrategie** sowie die **Qualifizierung der Mitarbeiter**.
- Zusätzlich sollte eine tiefe Verankerung der Lean-Management-Prinzipien in der täglichen Arbeit vorhanden sein, da diese **eine effiziente Strukturierung der organisationalen Prozesse** ermöglichen. Die Digitalisierung unstrukturierter Prozesse kann nur unter großem Aufwand gelingen.

TAKTISCH

- Für eine erfolgreiche Digitalisierung von Prozessen ist ein **zweiteiliges Vorgehen** zielführend:
 - Zunächst sollten **Digitalisierungskonzepte** in Form von **Pilotprojekten** umgesetzt werden. In den Pilotphasen kann das Unternehmen detaillierte Erkenntnisse über die spezifischen Potenziale, Herausforderungen und weiteren Handlungsbedarfe einer digitalen Lösung erlangen.
 - Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse kann anschließend der **flächendeckende Rollout der erprobten Technologien und Prozesse** erfolgen. Dies gilt sowohl für unternehmensinterne Projekte, zum Beispiel die Einführung eines lasergestützten Kommissionierprozesses, als auch für die unternehmensexterne Perspektive, wie zum Beispiel eine Sensorifizierung von Produkten.
- Ein zweiteiliges Vorgehen bietet den Vorteil, dass Mitarbeiter abgeholt und von neuen, digitalen Lösungen **überzeugt** werden. Nur so wird **der digitale Wandel einer Organisation** fundamental mitgetragen.

STRATEGISCH

- Strategische Implikationen für Unternehmen ergeben sich vor allem aus einer **individuellen Einordnung der Positionierung** innerhalb der Supply Chain sowie des digitalen Produktpotenzials, siehe Matrix in Kapitel 3.2.3.
 - Digitalisierungsmaßnahmen in Unternehmen, deren Produkte ein geringes Digitalisierungspotenzial aufweisen, sollten in erster Linie die **Verbesserung der Effizienz und der Qualität in der Produktion** adressieren.
 - Zulieferer mit einem mittleren Produktdigitalisierungspotenzial profitieren von einer **Digitalisierung klassischer Lieferkettenkooperationen**. Dies betrifft zum Beispiel den digitalen, unternehmensübergreifenden Austausch von Entwicklungsinformationen oder digitale Online-Plattformen für die Beschaffung.
 - Fertigt ein Zulieferer Produkte mit einem sehr hohen Digitalisierungspotenzial, sollte das Unternehmen über eine **Repositionierung innerhalb der Supply Chain** nachdenken und Möglichkeiten erörtern, zukünftig als Hersteller in direkten Kundenkontakt zu treten. Dies bietet den Vorteil eines hohen Umsatzpotenzials für digitale Zusatzdienstleistungen.
 - Unternehmen mit direktem Endkundenkontakt (OEM) verfügen über alle erforderlichen Voraussetzungen, um den Kunden zusätzlich zum physischen Produkt **digitale Serviceleistungen** anzubieten, sofern das Produkt entsprechende digitale Funktionen zulässt.

5. ANHANG

Auswahl aktueller **Anbieter** von Digitalisierungstechnologien in Baden-Württemberg

Wirtschaftszweig	Nr	Unternehmen	Zeichnet sich aus wegen	Cloud Computing	CPS	Smart Factory	Mitarbeiter
Erbringung von IT-Dienstleistungen	1	digital worx GmbH	Aufrufen aller relevanter Daten der Maschine mittels BLE Tags	✓	✓	–	10
	2	Endress + Hauser InfoServe GmbH + Co. KG	Bereitstellung von Daten für betriebliche Informationssysteme (z.B. ERP)	✓	–	–	350
	3	ESCAD Medical GmbH	Zentrale Steuerung von Prozessparametern der Wiederaufbereitung von Endoskopen	✓	✓	✓	25
	4	Essert GmbH	Entwicklung von Augmented Reality Applikationen und Produkte	✓	✓	✓	25
	5	Evo Informationssysteme	Smarte Werkzeugliste für den Rüstprozess	✓	✓	✓	50
	6	INTEC International GmbH	Standardisierte Anbindung aller Maschinen	✓	–	✓	20
	7	iT Engineering GmbH	Intelligente Vernetzung von Produktions- & Wertschöpfungsprozessen	✓	–	✓	23
	8	MPDV Mikrolab GmbH	Digitalisierung der Produktionsprozesse	✓	–	✓	325
	9	SAP SE	Verarbeiten von Big Data in Echtzeit	✓	–	✓	77.000
	10	Skalero GmbH	Transparente Kommunikation von Aufgabenstellungen mittels einer Plattform	✓	–	✓	2
	11	WIBU-SYSTEMS AG	Schutzhardware vor Produktpiraterie und Manipulation mittels Smartcard Chip	✓	–	–	110
Forschungsinstitute	12	Fraunhofer IAO	Zukunftslabor für Forschung	✓	✓	✓	560
	13	Fraunhofer IOSB	Maschinenumrüstung mittels Plug & Work	✓	✓	✓	450
	14	Fraunhofer IPA	Virtual Fort Knox Plattform	✓	–	–	1.000
	15	Fraunhofer IPM	Track & Trace über den gesamten Prod.-prozess	✓	✓	✓	230
	16	Hahn-Schickard-Gesellschaft	Energieautarke Sensorsysteme (E-Meter)	–	✓	–	180
	17	IMI am KIT	Kollaboration Lab für Soft- & Hardwareumgeb., Tests, Qualifikationen	–	–	✓	16
Herstellung von Automatisierungslösungen	18	Schnaithmann Maschinenbau GmbH	Assistenzsystem für den Prozessablauf	✓	✓	✓	1.500
	19	Carl Zeiss SMT GmbH	Erstellung eines Produktdatenmanagement-Systems für den kompletten Fertigungszyklus	✓	✓	✓	2.800
	20	Gebhardt Fördertechnik GmbH	Baukastenlösung für Fördertechnik	✓	✓	✓	400
	21	GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau	CONEXO, Rückverfolgung bei Ventilen mittels RFID	✓	✓	✓	800
	22	WITTENSTEIN bastian GmbH	Elektronische Plantafel für Transparenz	✓	✓	✓	1.875
	23	ROTA YOKOGAWA	Digitales Pullsystem für mehr Transparenz	✓	–	–	200
	24	HAINBUCH GMBH SPANNENDE TECHNIK	Automatische Skizzenerstellung	✓	✓	–	750
Herstellung von elektronischen Erzeugen	25	BALLUFF GmbH	Mold-ID für mehr Transparenz	✓	✓	✓	3.000
	26	BorgWarner Ludwigsburg	Digitale Schichtplanung	✓	–	✓	650
	27	ebm-papst Mulfingen	Vernetzung der Fertigungsressourcen	✓	✓	✓	12.000
	28	ebm-papst St. Georgen	Baukasten für Materialversorgungssysteme	✓	✓	✓	12.000
	29	PMDM GmbH	Smarte Heizungsventile zur Energieeinsparung	✓	✓	–	310
	30	WERMA Signaltechnik	Vernetzte Signalsäulen	✓	✓	✓	300
Herstellung von Maschinen	31	Felss Systems GmbH	Vernetzung der Prozessparametern	✓	–	✓	11.000
	32	Alfred Kärcher	Prozessoptimierte Herstellung der Produkte	✓	✓	✓	100
	33	BÄR Automation GmbH	Gestengesteuertes Fahrzeug für die Intralogistik	✓	✓	✓	3.400
	34	Bizerba GmbH & Co. KG	Individuelles Plug-In Labelling	–	✓	–	240
	35	WAFIOS AG	iQControl, intelligente Maschinensteuerung	✓	✓	✓	210

Auswahl aktueller **Anwender** von Digitalisierungstechnologien in Baden-Württemberg

Wirtschaftszweig	Nr	Unternehmen	Zeichnet sich aus wegen	Cloud Computing	CPS	Smart Factory	Mitarbeiter
				✓	✓	✓	
Herstellung von System-/Hardware- und Softwarelösung	36	GEWATEC GmbH & Co. KG	Prozessüberwachung und -steuerung	✓	✓	✓	70
	37	viastore SYSTEMS GmbH	Virtuelle Emulation der Komponenten	✓	✓	✓	470
	38	Eagle Peak GmbH	Vereinigung aller Prozesse auf eine Plattform	✓	-	✓	25
	39	SOTEC GmbH + Co. KG	CloudPlug, End-to-End Lösung von Daten	✓	✓	-	56
Herstellung von Maschinen, Anlagen und Maschinenteilen (C-Teile)	40	ASYS Group	Steuerung und Überwachung von Fertigungslinien via Endgerät	✓	✓	✓	1.000
	41	Bilz Werkzeugfabrik GmbH & Co. KG	Transparenz durch RFID	✓	✓	✓	350
	42	Elabo GmbH	Echtzeitfähige Wertschöpfungsnetzwerke	✓	✓	✓	150
	43	Würth Industrie Service GmbH & Co. KG	Bestandsermittlung mittels Intelligenter Behälter	✓	✓	✓	1.350
Automobilhersteller	44	quattro GmbH	Fahrerlose Transportfahrzeuge	✓	✓	✓	1.125
Herstellung von Druckerzeugnissen	45	Druckerei BAIRLE GmbH	Digitalisierung des Arbeitsablaufes	✓	✓	-	45
Automobilzulieferer	46	Robert Bosch GmbH	Vernetzung der IT-Anwendungen	✓	-	✓	350.000
Staatliche Hochschulen	47	DHBW Mosbach	Living Lab	✓	✓	✓	225
	48	Hochschule Offenburg (iESK)	Automated Physical Test Bed	✓	✓	✓	23
	49	Pädagogische Hochschule Freiburg	Mediensystem um vernetzte Steuer- & Regelungsprozesse darzustellen	✓	✓	-	-
Bauinstallation	50	ACD Elektronik GmbH	Smarte Produkte	✓	✓	-	400
	51	Rütgers Kälte Klima GmbH	Automatische Analyse von Produktstörungen	✓	✓	✓	145

Abbildung 32: Anbieter und Anwender von Digitalisierungslösungen in der Produktion
(Auszug aus „100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg“)

Initiative	Beschreibung
Allianz Industrie 4.0 (Land Baden-Württemberg)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enge Vernetzung aller wesentlichen Akteure im Themenfeld Industrie 4.0 in Baden-Württemberg ▪ Ziel: Baden-Württemberg als führende Region für Industrie 4.0-Technologien etablieren ▪ Bereitstellung des Kompetenzatlas Industrie 4.0 in Baden-Württemberg ▪ Durchführung des Wettbewerbs „100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg“ für innovative Lösungen der Digitalisierung in Industrie und Handwerk
Karlsruher Forschungsfabrik (Fraunhofer IOSB, KIT-wbk)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovative Fertigungsverfahren systematisch erarbeiten und ausbauen ▪ Parallel zur Entwicklung neuartiger Produkte die benötigte Fertigungsmethodik hin zu einem reifen Prozess entwickeln
Applikationszentrum Industrie 4.0 (Fraunhofer IPA)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovationsumgebung, um Industrie-4.0-Anwendungen zu erforschen und bedarfsgerecht weiterzuentwickeln ▪ Test- und Demonstrationsumgebung für unternehmenseigene und gemeinsame Forschung ▪ Durchführung von Weiterbildungen zum Thema Industrie 4.0
Forschungscampus ARENA2036	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forschung und Entwicklung im Bereich Leichtbau und innovativer Produktionstechnologien ▪ Den Weg für den Automobilbau der Zukunft bereiten ▪ Grundlagen schaffen für eine wandlungsfähige und an die neuesten Anforderungen angepasste Produktion ▪ Zahlreiche Beteiligte in öffentlich-privater Partnerschaft
Future Work Lab (Fraunhofer-Gesellschaft)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovationslabor für Arbeit, Mensch und Technik ▪ Bündelung von Kompetenzen rund um die Industrie 4.0 ▪ Anlaufstelle für Fragestellungen rund um die Digitalisierung industrieller Wertschöpfung ▪ Umfangreiche Demonstratoren macht die „Produktion der Zukunft“ erlebbar
Lernfabriken 4.0 (Land Baden-Württemberg)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 16 Lernfabriken an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg ▪ Vorbereitung von Fach- und Nachwuchskräften auf die Anforderungen der Digitalisierung ▪ Labore für industrielle Automatisierungslösungen, in denen Grundlagen anwendungsnaher Prozesse erlernt werden können

Abbildung 33: Initiativen zur Industrie 4.0 in Baden-Württemberg (Allianz I4.0, MFW, 2015).



6. LITERATURVERZEICHNIS

Andari, R., Picard, A., Wang, Y., Fleischer, J., Dosch, Steffen, Klee, Benedikt und Bauer, J. (2015), Leitfaden Industrie 4.0: Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand.

Allianz I4.0, „ALLIANZ Industrie 4.0 – Baden Württemberg – Wir über uns“, verfügbar: http://www.i40-bw.de/about_us/_Wir-über-uns.html#Industrie_4.0_BW, letzter Zugriff 06.02.2017.

Ansoff, H.I. (1965), Corporate strategy: An analytic approach to business policy for growth and expansion, MacGraw-Hill, New York.

Bähr, C., Bahrke, M., Bertenrath, R., Buchweitz, C., Fritsch, M., Lang, T., Lichtblau, K. und Millack, A. (2016), Dritter Strukturbereich für die M+E-Industrie in Deutschland: Mit den Schwerpunkten „Produktivität in der deutschen M+E-Industrie“ und „Entwicklung und Verteilung der globalen Industriebeschäftigung“.

Barney, J.B. (1991), „Firm Resources and Sustained Competitive Advantage“, Journal of Management, Vol. 17 No. 1, S. 99–120.

BarNir, A., Gallagher, J.M. und Auger, P. (2003), „Business process digitization, strategy, and the impact of firm age and size: the case of the magazine publishing industry“, Journal of Business Venturing, Vol. 18, S. 789–814.

Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D. und Ganschar, O. (2014), Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Vol. 27.

Bauernhansl, T., Krüger, J., Reinhart, G. und Schuh, G. (2016), WGP-Standpunkt Industrie 4.0.

Bautista, J., Batalla-García, C. und Alfaro-Pozo, R. (2016), „Models for assembly line balancing by temporal, spatial and ergonomic risk attributes“, European Journal of Operational Research, Vol. 251, S. 814–829.

Beck, M. (2004), Grenzmanagement in regional nachhaltigen Unternehmen: Analyse der Potentiale des Lean Production Konzepts, Strategisches Management, Bd. 14, Kovac, Hamburg.

Bergman, E.M., Feser, E.J. und Kaufmann, A. (1999), „Lean production systems in regions: Conceptual and measurement requirements“, The Annals of Regional Science, Vol. 33 No. 4, S. 389–423.

Bhasin, S. (2015), Lean management beyond manufacturing: A holistic approach, Springer International Publishing, Cham.

Bischoff, J., Taphorn, C., Wolter, D., Braun, N., Fellbaum, M., Goloverov, A., Ludwig, S., Hegmanns, T., Prasse, C., Henke, M., Hompel, M., Döbbeler, F., Fuss, E., Kirsch, C., Mättig, B., Braun, S., Guth, M., Kaspers, M. und Scheffler, D. (2015), Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

BITKOM, VDMA und ZVEI (2015), Umsetzungsstrategie Industrie 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0.

Emmerich, V., Döbele, M., Bauernhansl, T., Paulus-Rohmer, D., Schatz, A. und Weskamp, M. (2015), Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0: Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau.

Erlach, K. (2010), Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik, VDI-Buch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Exner, K., Damerau, K. und Stark, R. (2016), „Innovation in Product-Service System Engineering based on early customer integration and prototyping“, *Procedia CIRP*, Vol. 47, S. 30–35.

Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T. und Schlund, S. (2013), Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0.

Gassmann, O., Frankenberger, K. und Csik, M. (2013), The St. Gallen Business Model Navigator, Working Paper.

Gibson, I., Rosen, D.W. und Stucker, B. (2010), Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer, New York, Heidelberg.

Hellinger, A. und Stumpf, V. (2013), Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.

Jansiti, M. und Levien, R. (2004), „Strategy as Ecology“, *Harvard Business Review*, No. 2, S. 1–11.

Jäger, J., Görzig, D., Paulus-Rohmer, D., Schatton, H., Baku, S., Weskamp, M. und Lucke, D. (2015), Industrie 4.0 – Chancen und Perspektiven für Unternehmen der Metropolregion Rhein-Neckar.

Kim, D.B., Witherell, P., Lipman, R. und Feng, S.C. (2015), „Streamlining the additive manufacturing digital spectrum: A systems approach“, *Additive Manufacturing*, Vol. 5, S. 20–30.

Kirchhoff, S. (2010), Der Fragebogen: Datenbasis, Konstruktion und Auswertung, 5. Aufl., VS-Verl., Wiesbaden.

Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R. und Schrauf, S. (2014), Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution.

Kohtamäki, M. und Rajala, R. (2016), „Theory and practice of value co-creation in B2B systems“, *Industrial Marketing Management*, Vol. 56, S. 4–13.

Kolodny, H. und Halpern, N. (2008), „From Collaborative Design to Collaborative Research. A Sociotechnical Journey“, in Shani, A.B., Mohrman, S.A., Pasmore, W.A., Stymne, B. und Adler, N. (Hrsg.), *Handbook of collaborative management research*, Sage Publications, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, S. 261–276.

Korge, A., Schlund, S. und Marrenbach, D. (2016), Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie: Szenario-basierte Use-Cases und Zukunftsszenarien für den Maschinenbau.

Kuckartz, U. (2014), *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*, Springer VS, Wiesbaden.

Kumar, S. und Meade, D. (2002), „Has MRP run its course? A review of contemporary developments in planning systems“, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 102 No. 8, S. 453–462.

Kuper, H. (2002), „Stichwort. Qualität im Bildungssystem“, *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Vol. 5 No. 4, S. 533–551.

Lauer, T. (2014), *Change Management: Grundlagen und Erfolgsfaktoren*, 2., Aufl., Springer, Berlin.

Leonard, L. und Cronan, T.P. (2005), „Electronic supply chain management: does consumer benefit?“, *International Journal of Integrated Supply Management*, Vol. 1 No. 3, S. 335–343.

Lesmeister, F., Spindelndreier, D. und Zinser, M. (2011), *The High-Performance Manufacturing Organization*, Unternehmensstudie BCG.

Li, G., Yang, H., Sun, L., Ji, P. und Feng, L. (2010), „The evolutionary complexity of complex adaptive supply networks: A simulation and case study“, *International Journal of Production Economics*, Vol. 124 No. 2, S. 310–330.

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E. und Schröter, M. (2015), *Industrie 4.0 Readiness: Impuls*.

Lucke, D. (2013), „Smart Factory“, in Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C. und Lentens, J. (Hrsg.), *Digitale Produktion*, SpringerLink Bücher, Aufl. 2013, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 251–270.

Lucke, D., Görzig, D., Kacir, M., Volkmann, J., Haist, C., Sachsenmaier, M. und Rentschler, H. (2014), Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“: Baden-Württemberg auf dem Weg zur Industrie 4.0.

Maisch, K. (2014), Integrierte Fallstudie Produktivitätsmanagement: Teil 1, Vorlesungsskript, Offenburg.

Marengo (2017), Das Digitale Produkt, Marengo Swisshelicopter AG, verfügbar: <http://www.marengo-swisshelicopter.ch/>, letzter Zugriff: 31.03.2017.

Martínez-Jurado, P.J. und Moyano-Fuentes, J. (2014), „Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review“, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 85, S. 134–150.

MFW (2015), Gemeinsam in die Zukunft – Industrieland Baden-Württemberg!: Industrieperspektive Baden-Württemberg 2025.

Mikusz, M. (2014), „Towards an Understanding of Cyber-physical Systems as Industrial Software-Product-Service Systems“, *Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, *Procedia CIRP* 16, Vol. 16, S. 385–389.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W. und Ueda, K. (2016), „Cyber-physical systems in manufacturing“, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, Vol. 65 No. 2, S. 621–641.

Müller, F.G., Bressner, M., Görzig, D. und Röber, T. (2016a), Industrie 4.0 Entwicklungsfelder für den Mittelstand: aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe.

Müller, R., Vette, M. und Mailahn, O. (2016b), „Process-oriented task assignment for assembly processes with human-robot interaction“, *Procedia CIRP*, Vol. 44, S. 210–215.

Nair, A., Trendowski, J. und Judge, W. (2008), „The Theory of the Growth of the Firm, by Edith T. Penrose. Reviewed by Anil Nair, Joseph Trendowski, und William Judge, Old Dominion University, Norfolk VA“, *The Academy of Management Review*, Vol. 33 No. 4, S. 1026–1028.

Nguyen, P.H., Shaukat, A. und Yue, T. (2017), „Model-based security engineering for cyber-physical systems: A systematic mapping study“, *Information and Software Technology*, Vol. 83, S. 116–135.

Oliveira, M. de, McCormack, K., Ladeira, M.B., Trkman, P. und Van Den Bergh, J. (2011), „Supply chain process collaboration and internet utilization: An international perspective of business to business relationships“, *Economic and Business Review*, Vol. 13 No. 4, S. 203–226.

Pearcy, D.H. und Giunipero, L.C. (2008), „Using e-procurement applications to achieve integration: what role does firm size play?“, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13 No. 1, S. 26–34.

Peng, M.W. (2002), „Towards an Institution-Based View of Business Strategy“, *Asia Pacific Journal of Management*, Vol. 19 No. 2, S. 251–267.

Pescher, J. (2010), *Change Management: Taxonomie und Erfolgsauswirkungen*, Dissertation, Gabler, Wiesbaden.

Pobka, P., Germann, T., Heyn, J.K., Gerbers, R., Dietrich, F. und Dröder, K. (2016), „Simulation platform to investigate safe operation of human-robot collaboration systems“, *Procedia CIRP*, Vol. 44, S. 187–192.

Porter, M.E. (1980), *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, Free Press, New York.

Porter, M.E. (1985), *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*, Free Press, New York.

Porter, M.E. (2008), „The Five Competitive Forces That Shape Strategy“, <http://hbr.org/2008/01/the-five-competitive-forces-that-shape-strategy/>, letzter Zugriff 31.03.2017.

Radic, M., Maicher, Lutz, Dijk, Sandra und Große Caroline, Ziessnitz, Maik (2016), *Zukunftschance Digitalisierung: Ein Wegweiser*.

Ramanathan, U. und Gunasekaran, A. (2014), „Supply chain collaboration: Impact of success in long-term partnerships“, *International Journal of Production Economics*, Vol. 147, S. 252–259.

Rantala, L. und Hilmola, O.P. (2005), „From manual to automated purchasing. Case: middle-sized telecom electronics manufacturing unit“, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 105 No. 8, S. 1053–1069.

Saam, M. (2016), *Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen: Forschungsprojekt im Auftrag der KfW Bankengruppe*, Mannheim.

Sames, G. (2014), Stand von Industrie 4.0 in Mittelhessen: Ein Forschungsprojekt der Technischen-Hochschule-Mittelhessen.

Sánchez, A., Garcia, M., Domingo, R., Camacho, A.M. und Sebastián, M. (2015), „Application of a Virtual and Ergonomic Framework for anIndustrial Light Vehicle Concept Assembly Process: a case report“, *Procedia Engineering*, Vol. 132, S. 1077–1080.

Schneider, R., Schöllhammer, O., Meizer, F. und Lingitz, L. (2011), *Lean Office 2010: Erfolgsfaktoren der Lean-Implementierung in indirekten Unternehmensbereichen*, Fraunhofer Verl., Stuttgart.

Schönbohm, A. und Egle, U. (2017), „Controlling der digitalen Transformation“, in Schallmo, D., Rusnjak, A., Anzengruber, J., Werani, T. und Jünger, M. (Hrsg.), *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 213–236.

Schröder, C., Schlepphorst, S. und Kay, R. (2015), *Bedeutung der Digitalisierung im Mittelstand: Research Report*.

Schröter, D., Jaschewski, P., Kuhrke, B. und Verl, A. (2016), „Methodology to identify applications for collaborative robots in powertrain assembly“, *Procedia CIRP*, Vol. 55, S. 12–17.

Singh, R., Shah, D.B., Gohil, A.M. und Shah, M.H. (2013), „Overall Equipment Efficiency (OEE) Calculation – Automation through Hardware & Software Development“, *Procedia Engineering*, Vol. 51, S. 579–584.

Teece, D.J. (2007), „Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance“, *Strategic Management Journal*, Vol. 28, S. 1319–1350.

Teece, D.J., Pisano, G. und Shuen, A. (1997), „Dynamic capabilities and strategic management“, *Strategic Management Journal*, Vol. 18 No. 7, S. 509–533.

Völker, R. und Neu, J. (2008), *Supply Chain Collaboration: Kollaborative Logistikkonzepte für Third- und Fourth-Tier-Zulieferer*, Physica-Verlag, Heidelberg.

Weick, K.E. (1995), *Der Prozess des Organisierens, Originalausgabe: The Social Psychology of Organizing (1979)*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.

Wendel, H.J. (2007), „Das Abgrenzungsproblem (I. Kap., Abschn. 4)“, in Keuth, H. (Hrsg.), *Karl Popper, Logik der Forschung, Klassiker auslegen, 3., bearb. Aufl., Akad.-Verl.*, Berlin, S. 41–66.

Wernerfelt, B. (1984), „A resource-based view of the firm“, *Strategic Management Journal*, Vol. 5 No. 2, S. 171–180.

Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C. und Lentes, J. (Hrsg.) (2013), *Digitale Produktion*, SpringerLink Bücher, Aufl. 2013, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Westkämper, E. und Zahn, E. (2009), *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen: Das Stuttgarter Unternehmensmodell*, Springer, Berlin.

Wischmann, S., Wangler, L. und Botthof, A. (2015), *Industrie 4.0 – Volks- und Betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland*.

Womack, J.P., Jones, D.T. und Roos, T. (1990), *The machine that changed the world: Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million-Dollar 5-year study on the future of the automobile*, Scribner, New York.

Wong, C., Skipworth, H., Godsell, J. und Achimugu, N. (2012), „Towards a theory of supply chain alignment enablers: a systematic literature review“, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 17 No. 4, S. 419–437.

Wong, T., Peko, G., Sundaram, D. und Piramuthu, S. (2016), „Mobile environments and innovation co-creation processes & ecosystems“, *Information & Management*, Vol. 53, S. 336–344.

Woodward, S. und Hendry, C. (2004), „Leading and coping with change“, *Journal of Change Management*, Vol. 4 No. 2, S. 155–183.

Xie, K., Wu, Y., Xiao, J. und Hu, Q. (2016), „Value co-creation between firms and customers: The role of bigdata-based cooperative assets“, *Information & Management*, Vol. 53, S. 1034–1048.



IMPRESSUM

Südwestmetall und Fraunhofer IPA danken allen Unternehmen, die an der Studie teilgenommen haben.

Herausgeber: Univ. Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Deutschland

Peer-Michael Dick
Südwestmetall
Verband der Metall- und Elektroindustrie
Baden-Württemberg e. V., Löffelstraße 22–24
70574 Stuttgart

Autoren:

Oliver Schöllhammer, MBE, Fraunhofer IPA
Malte Volkwein M. Sc., Fraunhofer IPA
Benjamin Kuch, Dipl.-Ing., GSaME
Steffen Hesping, Dipl.-Wi.-Ing., Fraunhofer IPA

Gestaltung und Reproduktion:

kom|werb Agentur, Stuttgart

Druck: Wahl-Druck GmbH

Ansprechpartner Fraunhofer IPA:

Malte Volkwein, Telefon +49 711 970-1919
malte.volkwein@ipa.fraunhofer.de
Oliver Schöllhammer, Telefon +49 711 970-1947
oliver.schoellhammer@ipa.fraunhofer.de

Quellenangaben für Bilder

Seite 04: KD BUSCH; Seite 20-21: Robert Bosch GmbH;
Seite 25: KD BUSCH D3S/2; Seite 32-33: E.G.O.; Seite 71:
Universität Stuttgart IFF/Fraunhofer IPA, Foto: Stephan
Maier; Seite 87: zapp2photo/Fotolia; Seite 89: KD BUSCH
D3S/2; Seite 109: E.G.O.

Ansprechpartner Südwestmetall:

Kai Schweppe, Telefon +49 711 7682-146
schweppe@suedwestmetall.de
Jürgen Dörich, Telefon +49 711 7682-213
doerich@suedwestmetall.de

Alle nicht näher bezeichneten Aufnahmen:
© Rainer Bez, Tobias Herbst, Clemens Hess,
Heike Quosdorf, Fraunhofer IPA

Erscheinungsjahr: 2017

