

Produktivität durch Industrie 4.0

Horst Wildemann

Horst Wildemann

Produktivität durch Industrie 4.0

Copyright by TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, 2018

1. Auflage 2018

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie:
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Wildemann, Horst:
Produktivität durch Industrie 4.0

1. Auflage
München: TCW Transfer-Centrum, 2018
ISBN: 978-3-941967-73-1

Verlag:

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, sind dem Verlag vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form, auch nicht zum Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

Vorwort

Die betriebswirtschaftliche Notwendigkeit von Produktivitätssteigerungen ergibt sich aus der wachsenden Produktvarianz, dem Markteintritt branchenfremder Konkurrenten sowie der Chance zur Rückverlagerung von Arbeitsplätzen aus Niedriglohnländern. Die Technologien der Industrie 4.0 ermöglichen eine flexible und effiziente Produktion in Losgröße eins bei gleichzeitiger Senkung der Lohnstückkosten durch Mensch-Maschine-Kooperationen. Innovative, datengetriebene Geschäftsmodelle beinhalten große Wertschöpfungspotenziale bei geringem Ressourceneinsatz. Diese Rahmenbedingungen stellen die Unternehmen vor komplexe Investitionsentscheidungen. Die Identifikation der relevanten Wertschöpfungsbereiche und die Bemessung der realisierbaren Potenziale stellen eine große Herausforderung dar. Für die Abgabe konkreter Handlungsempfehlungen wird ein technologischer Reifegradcheck in Verbindung mit einem Benchmark-Vergleich produktiver und nichtproduktiver Unternehmen vorgeschlagen. Es müssen Anreize gesetzt werden, damit die Unternehmen die Herausforderungen der Digitalisierung angehen und lösen.

Dieses Buch zeigt auf, wie ein Analyse- und Bewertungskonzept für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) umzusetzen ist. Die Projektergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit mit den Partnerunternehmen erarbeitet. Für die produktiven und aufschlussreichen Diskussionen und Workshops bedanken wir uns bei allen Experten. Unser Dank gilt insbesondere den Praxispartnern Ambros Schmelzer & Sohn GmbH & Co. KG, Andreas Maier GmbH & Co. KG, AZO Controls GmbH, Balluff GmbH, CeramTec GmbH, Clopay Dombuhl GmbH, Continental Automotive GmbH, Dango & Dienthal Maschinenbau GmbH, ebm-papst St. Georgen GmbH &

Co. KG, emz Hanauer GmbH & Co. KGaA, FELTEN GmbH, FRANK plastic AG, Schnaithmann Maschinenbau GmbH, software4production GmbH und TMT – Tapping Measuring Technology GmbH.

Mein persönlicher Dank gilt auch meinen Mitarbeitern Herrn M. Sc., B. Eng. Sebastian Eckert, Herrn Dr. Florian Hojak, Herrn M. Sc. Alexander Knaus, Herrn Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Karl Schwarzenbilder, Herrn M. Sc. Nicolas Seitz und Herrn M. Sc. Christoph Wenig für die Unterstützung bei der Forschungsarbeit und für die Erstellung des Buches, dem ein Forschungsprojekt zugrunde liegt. Es wurde unter der Vorhabenummer 18933 N von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert. Für die produktive Zusammenarbeit mit der Forschungsgemeinschaft bedanken wir uns vielmals.

München, 30. Oktober 2017

Horst Wildemann

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	7
0 Zusammenfassung der Ergebnisse	9
1 Einleitung.....	19
1.1 Ausgangssituation.....	19
1.2 Stand der Forschung.....	27
1.3 Vorgehensweise und Forschungsdesign.....	34
2 Untersuchungsgegenstand	40
2.1 Wertschöpfungskette: Lieferant & Produktion & Kunde ...	42
2.2 Industrie 4.0 als Enabler für Produktivitätssteigerungen ...	60
2.3 Produktivität	69
2.3.1 Arbeitsproduktivität.....	76
2.3.2 Betriebsmittelproduktivität.....	78
2.3.3 Materialproduktivität.....	83
2.3.4 Energieproduktivität.....	85
2.3.5 Kapitalproduktivität.....	86
2.4 Ableitung der Forschungsfragen	87
3 Potenzialanalyse	90
3.1 Technologien in Industrie 4.0.....	91
3.2 Wirkprinzipien.....	106
3.2.1 Automatisierung	108

3.2.2	Digitalisierung	114
3.2.3	Expansion von Geschäftsmodellen	119
3.3	Wirkbereiche	128
3.3.1	Entwicklung.....	131
3.3.2	Produktion	135
3.3.3	Logistik.....	145
3.3.4	Vertrieb & After-Sales	154
3.4	Fallstudienanalyse	156
4	Modell zur Produktivitätsmessung.....	217
4.1	Industrie 4.0-Check: Wo sind die Produktivitätslücken? ..	220
4.2	Industrie 4.0-Potenzial-Check: Wieviel Potenzial ist möglich?	227
4.3	Industrie 4.0-Value-Check: Mit welchen Maßnahmen sind die Potenziale zu heben?	229
5	IT-Tool zur Bedarfsanalyse.....	233
5.1	Beschreibung des IT-Tools	234
5.2	Anwendungen.....	236
5.3	Nutzen des IT-Tools	249
6	Entwicklungspfade zur Produktivitätssteigerung.....	255
	Literaturverzeichnis	262
	Stichwortverzeichnis.....	274
	Der Autor.....	282

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1:	Potenziale durch Industrie 4.0	18
Abbildung 1-1:	Übersicht der am Forschungsprojekt beteiligten Praxispartner	37
Abbildung 1-2:	Vorgehensweise zur Gewinnung von Produktivitätspotenzialen	39
Abbildung 2-1:	Teilproduktivitäten und Einflussfaktoren (vgl. Blaeser-Benfer et al. 2012, S. 21; vgl. Schuh et al. 2014, S. 52).....	74
Abbildung 2-2:	OEE-Struktur (In Anlehnung an Ryll und Freund 2010, S. 81.).....	80
Abbildung 3-1:	Technologien	93
Abbildung 3-2:	Wirkprinzipien, Wirkungsbereiche und Wirkpotenziale der Industrie 4.0	108
Abbildung 3-3:	Unternehmensbereiche und Kernprozesse	129
Abbildung 3-4:	Umsetzungsbereiche der Industrie 4.0 (vgl. Frenzel 2015, S. 5).....	130
Abbildung 3-5:	Anwendungen zu Industrie 4.0-Aspekten in der Entwicklung.....	132
Abbildung 3-6:	Anwendungen zu Industrie 4.0-Aspekten in der Produktion	136
Abbildung 3-7:	Anwendungen zu Industrie 4.0-Aspekten in der Logistik.....	147
Abbildung 4-1:	Modell zur Produktivitätsmessung.....	219
Abbildung 4-2:	Parameter des Modells zur Produktivitätsmessung.....	232
Abbildung 5-1:	Startseite des IT-Tools Produktivitätscheck Industrie 4.0	233

Abbildung 5-2:	Unternehmenskennzahlen zur Berechnung der Produktivität	237
Abbildung 5-3:	Strategiecheck des Anwendungsbeispiels.....	238
Abbildung 5-4:	Produktivitätscheck des Anwendungsbeispiels	239
Abbildung 5-5:	Industrie 4.0-Reifegradcheck des Anwendungsbeispiels	243
Abbildung 5-6:	Wirkzusammenhang Fragebogen des Anwendungsbeispiels	244
Abbildung 5-7:	Auswertung Seite 1 des Anwendungsbeispiels.	245
Abbildung 5-8:	Auswertung Seite 2 des Anwendungsbeispiels.	246
Abbildung 5-9:	Auswertung Seite 3 des Anwendungsbeispiels.	247
Abbildung 5-10:	Auswertung Seite 4 des Anwendungsbeispiels.	248

0 Zusammenfassung der Ergebnisse

Während Fürsprecher die Industrie 4.0 häufig zu einer Art Utopie verklären, in der dem Menschen alle erdenklichen Güter und Dienstleistungen geliefert werden, ohne dass er Hand anlegen muss, assoziieren deren Gegner mit Digitalisierung und Automatisierung vor allem den Verlust von Arbeitsplätzen und die Entmündigung von Bürger und Gesellschaft. Beide Extrempositionen liegen weit von der Wirklichkeit entfernt. Hier spielen weder Utopie noch Negativszenarien eine Rolle. In der Unternehmenswelt geht es um betriebswirtschaftliche Zahlen, die mit der Digitalisierung, Automatisierung und Flexibilisierung der Fertigung verbunden sind. Klar ist, dass die Industrie 4.0 und ihre Begleiterscheinungen die Wirtschaft in Deutschland und weltweit grundlegend verändern werden. Diese Umwälzungen geschehen nicht über Nacht und werden sich von den Industrieländern über die Schwellenländer bis hin in die Staaten vollziehen, die wir heute als Entwicklungsländer bezeichnen.

Im Vordergrund der betriebswirtschaftlichen Überlegungen zur Industrie 4.0 steht vor allem die Steigerung der Produktivität. So verspricht sich etwa die Automobilindustrie Produktivitätssteigerungen von acht bis dreizehn, die Maschinenbau- und Elektrobranche jeweils acht Prozent. Vor diesem Hintergrund lassen sich durch die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens folgende Aussagen zusammenfassen:

1. Die mit der Industrie 4.0 verbundene Produktivitätssteigerung wird Arbeitsplätze umschichten. 30 bis 50 Prozent der Beschäftigten mit Routinearbeiten müssen um ihre Stellen fürchten. Dies ist jedoch nur ein Teilaspekt, der einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit gegenübersteht. So stehen Arbeitskosten von 40 Euro pro Stunde Roboter-

kosten von acht Euro gegenüber. Wenn 10 bis 15 Prozent der Arbeitsplätze durch Roboter ersetzt werden, können viele Unternehmen in Deutschland, die einen Kostennachteil hätten, dann zu ähnlichen Kosten wie ihre Konkurrenten aus China produzieren. Bei einer gleichzeitig größeren geografischen Nähe zu ihren Absatzmärkten und der besseren Infra- und Zuliefererstruktur in Mitteleuropa wird die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig gestärkt. Die Industrie 4.0 trägt somit maßgeblich zur Beschäftigungssicherung bei.

2. Dabei erlaubt Industrie 4.0 auch älteren, leistungsgeminderten, vor allem aber erfahrenen Produktionsmitarbeitern, länger ihren körperlich oft sehr anstrengenden Beruf auszuführen. Das Stichwort ist Ergonomie am Arbeitsplatz. Insbesondere Serviceroboter können hier einen wertvollen Beitrag leisten. Denn diese können taktgebundene Arbeiten, schwere Überkopfarbeiten sowie Aufgaben, die einen hohen Kraftaufwand oder ungünstige Körperhaltung erfordern, übernehmen. Dies bedeutet nicht, dass der Mensch ersetzt wird, vielmehr wird eine Kooperation zwischen Mensch und Maschine angestrebt. Die positiven Effekte dieser Kooperation sind immens. Bereits heute berichten Unternehmen von einer Reduzierung der Krankheitstage um etwa 30 Prozent, einer Verbesserung der Mitarbeiterzufriedenheit und einer längeren Beschäftigung der Mitarbeiter an diesen körperlich extrem anspruchsvollen Arbeitsplätzen.

3. Dies führt unmittelbar zu einer Veränderung des Charakters der durch Menschen zu verrichtenden Arbeit. Die Menschen werden nicht zu Hilfsarbeitern und Anhängseln von Robotern. Das Gegenteil ist der Fall. Eine exzellente Wertschöpfung im Rahmen der Industrie 4.0 erfordert hoch qualifizierte und motivierte Mitarbeiter. Es wird darauf ankommen, das Wissen und die Ideen der Mitarbeiter zu koordinieren. Digitale Technologien sind der Schlüssel zur transparenten und offenen Gestaltung der erforderlichen

Kommunikation. Die Einsatzmöglichkeiten und Handlungsspielräume der Mitarbeiter vergrößern sich.

4. Digitale Technologien unterstützen auch bei der Motivation von Mitarbeitern. Durch Spielifizierung, also dem Einsatz von Spielmechanismen in einer spielfremden Umgebung, lassen sich die Kreativität und die Energie der Mitarbeiter durchaus für das Unternehmen nutzen. Mit vergleichsweise geringen Mitteln lassen sich dadurch, beispielsweise im Intranet, Anreize schaffen, die Mitarbeiter zu Mitspielern werden lassen. Ein Grundgedanke hierbei ist, dass der Arbeitsplatz als Feld kreativer Entfaltung verstanden wird. Doch nicht nur die Förderung der Eigenmotivation der Mitarbeiter ist das Ziel, es geht auch darum, Mitarbeitern die Teilhabe am gesamten Unternehmensgeschehen zu ermöglichen.

5. Parallel zur Digitalisierung im Unternehmen können elektronisch erhobene Informationen aus dem Umfeld herangezogen werden. Bei dem Begriff „Big Data“ geht es um die Analyse enormer Datenmengen, die entstehen, wenn Nutzer ihren Computer, ihr Smartphone oder ihr Tablet benutzen. Hinzu kommen Daten aus der Sensorik von Industrieanlagen sowie von Milliarden vernetzten Industriegütern, die Auskunft über historische und aktuelle Standortdaten, das Gewicht, die Größe oder die entsprechende Gefahrenklasse angeben. Es sind diese und weitere Daten, die „mal eben so“ anfallen, die durch eine vernetzte Technologie erfasst und für die Wirtschaft nutzbar gemacht werden können. Hierbei ist essenziell, dass diese Daten nicht nur erhoben werden, sondern dass diese effektiv ausgewertet und einer sinnvollen Verwendung zugeführt werden. Beispielsweise können durch Verbrauchsdaten Absatzprognosen deutlich verbessert und das Produktionsprogramm der entsprechenden Supply-Chain-Partner besser aufeinander abgestimmt werden. Vielfältige Möglichkeiten ergeben sich auch in der Produktion. So können Anlagendaten wie

Temperatur und Vibration kontinuierlich gemessen und digital an die Instandhaltung weitergeleitet werden, sodass diese ihre Aktivitäten und Ressourcen genau einplanen können. Im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung durch Condition Monitoring können zudem Stillstandzeiten reduziert und kostspielige Notreparaturen vermieden werden.

6. Die Steigerung der Produktivität durch die Industrie 4.0 ist ein wichtiger Schritt, um die Wirtschaft für die Märkte der Zukunft vorzubereiten. Mittel- und langfristig wird die Digitalisierung Unternehmen noch weit größere Möglichkeiten eröffnen und in Teilen tut sie dies bereits heute. Es geht um eine fundamentale Ablösung und Weiterentwicklung erfolgreicher Geschäftsmodelle, die die Digitalisierung klassischen Fertigungsunternehmen eröffnet – vom LKW-Hersteller zum Flottenmanager, vom Instandhaltungsdienstleister zum Plattformbetreiber für Serviceleistungen. Ergänzend kann die intelligente Auswertung und Bewertung von Daten dazu genutzt werden, neue Geschäftsmodelle geradezu systematisch zu entwickeln. Diese Entwicklungen werden zukünftig an Bedeutung gewinnen und den Rationalisierungsmaßnahmen durch Produktivitätssteigerungen durch die Industrie 4.0 eine Wachstumsperspektive gegenüberstellen. Neue Geschäftsmodelle und Produktivitätssteigerungen haben das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Wirtschaftsstandorts langfristig sicherzustellen.

7. Die entscheidende Frage ist, wie die Wirtschaft das Potenzial der Industrie 4.0 nutzen kann. Big Data wird unternehmerisches Handeln nicht ersetzen und nicht jedes mittelständische Unternehmen wird gleichermaßen wie die großen Automobilkonzerne von der Industrie 4.0 profitieren. Gerade für KMU, die nicht über unbegrenzte Ressourcen verfügen, geht es darum, Einzelmaßnahmen aus dem Portfolio der Industrie 4.0 zu selektieren, um punktuell ihre Wettbewerbs-

fähigkeit zu stärken, Schwächen in ihren Wertschöpfungs- und Entwicklungsaktivitäten auszugleichen sowie neue Geschäftsfelder zu erschließen. Zudem sind Vorerfahrungen mit Digitalisierungs- und Automatisierungstechniken sehr unterschiedlich.

8. Es ist eine Systematik erforderlich, die es Unternehmen erlaubt, individuelle Strategien und Handlungsempfehlungen zur Steigerung ihrer Produktivität durch Bausteine der Industrie 4.0 abzuleiten. Das so entstehende Gerüst dient als Orientierungshilfe, insbesondere für Anwender aus KMU, zur Identifikation von Einsatzmöglichkeiten von Industrie 4.0-Konzepten in Logistik, Produktion, Entwicklung sowie Vertrieb & After-Sales.

9. Grundlage für diese Systematik ist ein Reifegradmodell, das es erlaubt, Unternehmen und ihre Fähigkeiten hinsichtlich der Anwendung von Industrie 4.0-Konzepten einzuordnen. Hierbei sind sowohl Potenziale als auch Hemmnisse zu berücksichtigen. Es existieren bereits entwickelte oder sich in der Entwicklung befindliche Technologien und Applikationen, von denen in diesem Forschungsvorhaben die relevantesten für die Steigerung der Produktivität von Arbeit, Betriebsmitteln, Material sowie Energie ausgewählt werden.

10. Die Systematisierung von Maßnahmen und ihrer Produktivitätswirkung in einem Modell ermöglicht es, hinsichtlich des Reifegrads trotz hoher Individualität der Ausgangssituation Handlungsstrategien abzuleiten. Hierzu zählen Ansätze aus den Bereichen Digitalisierung, Automatisierung und Flexibilitätssteigerung in Fertigung, Entwicklung und Logistik sowie im Bereich des After-Sales. Vorschläge zur Implementierung von Maßnahmen wie roboter-unterstützte Arbeit, virtuelle Technologien zur Optimierung von Anlaufkurven, intelligenter Einsatz von Sensoren und die zielgerichtete Auswertung von

Daten sowie der Einsatz cyber-physischer Systeme unterstützen Unternehmen zielgerichtet und ausgangssituationsspezifisch, um ihre Produktivität zu erhöhen. Fallstudien illustrieren die Wirkung der verschiedenen Maßnahmen auf die Produktivität.

11. Entscheidend für die Ableitung von Strategien zur Steigerung der Produktivität ist die Erkenntnis, dass die jeweiligen Maßnahmen unterschiedliche Anforderungen an den Reifegrad der Unternehmen stellen. Dies bedeutet, dass die zu implementierenden Konzepte zu den bereits verankerten passen müssen. Sonst entsteht nur ein geringer Mehrwert für das betreffende Unternehmen. Die Umstellung auf Industrie 4.0 ist ein schrittweiser Veränderungsprozess. Auch die Produktivitätswirkung der Konzepte ist je nach Ausgangssituation unterschiedlich. Ein für alle Unternehmen gleichermaßen großer Hebel zur Produktivitätssteigerung existiert nicht. Dennoch gibt es Konzepte, die sich bei den meisten produzierenden Unternehmen vorteilhaft auf deren Produktivität auswirken.

Zu diesen gehören

- roboterunterstützte Fertigung,
- telemetriebasierte Fernwartung,
- vernetzte Produkte, die automatisiertes Rüsten sowie eine digitalisierte und vernetzte Materialflusssteuerung ermöglichen,
- digitale Service- und Vertriebsplattformen und
- Big-Data-basierte Absatzplanung.

12. Die Operationalisierung des Modells zur Produktivitätssteigerung durch die Industrie 4.0 in einem IT-Tool ermöglicht es Unternehmen, die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens direkt zu nutzen. Kern des IT-Tools ist ein Reifegradcheck, den Unternehmen selbstständig durchführen und mit dem sie auf standardisierte Weise ihren Stand von Digitalisierung und Vernetzung klassifizieren sowie analysieren. Durch Auswertung des Produktivitätsvergleichs mit einem internen

Benchmark lassen sich Rückschlüsse auf einzelne Organisationsbereiche und Technologieklassen mit dem höchsten Produktivitätssteigerungspotenzial durch Maßnahmen der Industrie 4.0 ziehen. Basierend auf den Ergebnissen können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Das IT-Tool trägt zur Optimierung des Einsatzes von Maßnahmen der Industrie 4.0 bei und gewährleistet den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis.

13. Das IT-Tool wurde anhand von Fallstudien mit Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses erprobt. Die Ergebnisse lassen klar darauf schließen, dass KMU durch eine umfassendere Implementierung von Konzepten der Industrie 4.0 noch große Produktivitätspotenziale heben können. Erste Konzepte sind bereits implementiert. Die Technologien und Möglichkeiten werden bislang allerdings vielfach gar nicht oder nur pilothaft eingesetzt. Es handelt sich meist um Insellösungen. Die Industrie 4.0 entfaltet ihre volle Wirkung auf die Produktivität allerdings erst dann, wenn auch die einzelnen Maßnahmen sinnvoll zu einem Gesamtkonzept verknüpft werden. Es zeigt sich, dass die Industrie 4.0 nicht über Nacht die Art, wie Unternehmen agieren, verändert. Es handelt sich vielmehr um einen kontinuierlichen Prozess zur Steigerung der Produktivität, bei dem es darauf ankommt, Maßnahmen zu priorisieren. Dabei geht es um die Implementierung von Konzepten, für die das Unternehmen auch bereit ist und die seine technischen und kapazitiven Möglichkeiten nicht überfordern.

14. Zusätzlich zum IT-Tool wurde der Transfer der Ergebnisse des Forschungsprojekts in die Wirtschaft durch Workshops mit Vertretern zahlreicher Unternehmen gewährleistet. Die Forschungsergebnisse wurden zudem online über Newsletter veröffentlicht. Außerdem erfolgte die Vorstellung und Diskussion der Inhalte und

Ergebnisse des Forschungsprojekts auf Kolloquien und in Expertengesprächen. Das IT-Tool zum selbstständigen Reifegradcheck steht interessierten Unternehmen kostenlos im Internet unter folgender Website zum Download zur Verfügung:

<http://www.bwl.wi.tum.de/fop/produktivitaetssteigerung-industrie-40>

15. Eine zusammenfassende Betrachtung zeigt: Die Konzepte zur Steigerung der Produktivität durch die Industrie 4.0 setzen an verschiedenen Stellhebeln an. Durch die Digitalisierung und Vernetzung können sowohl umsatzseitig als auch kostentechnisch Vorteile realisiert werden. So können die Marktpotenziale für viele Unternehmen um zehn bis fünfzehn Prozent gesteigert werden. Dies wird auch dadurch erreicht, dass der Kunde viel früher in den Produktentstehungsprozess involviert wird. Die Zusammenstellung der Produktausstattung durch Online-Konfiguration beim Autokauf sowie von Verpackungs- oder Werkzeugmaschinen sind einige Beispiele. Weitere Potenziale ergeben sich durch die Realisierung einer Mehrpreisfähigkeit von bis zu fünf Prozent. Die Einführung von auslastungsorientierten oder zeitabhängigen Preispunkten, ist für Anbieter eine große Herausforderung. Neben kundenindividuellen Produkten ist hier ein Hebel für eine weitere Absatzsteigerung zu sehen. Die Digitalisierung und die „Shared Economy“ ermöglichen beispielsweise, dass engpassorientierte Preispunkte auf digitalen Service-Plattformen realisiert werden. In der Logistik lassen sich die Sicherheitsbestände reduzieren. Ermöglicht wird dies durch die Erfassung und systematische Auswertung von Transport- und Lagerdaten in Echtzeit. Wird beispielsweise eine LKW-Flotte erfasst, können Gesamtoptima der Routen und Transportmengen für spezifische Güter bestimmt werden. Große Auswirkungen auf die Produktivität haben die Konzepte der Industrie 4.0 vor allem in der Fertigung und in produktions-

nahen Bereichen. Der Einsatz der Digitalisierung ermöglicht eine Reduzierung von direkten und indirekten Instandhaltungskosten um 20 bis 30 Prozent. So kann durch die Erhebung von Maschinendaten die Suche nach Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen durch die effiziente Identifizierung von statistischen Zusammenhängen und Mustern substituiert werden. Der Einsatz cyber-physischer Systeme in der Fertigung erlaubt autonom agierende Produktionssysteme. Konkret handelt es sich dabei um datentechnisch vernetzte Produktionsanlagen, Produkte und Materialien sowie Transporttechnologien, sogenannte „Smart Objects“, die ihre Nutzung, den Ablauf der Bearbeitungsprozesse und die entsprechenden logistischen Funktionen autonom organisieren und steuern. Hierdurch entstehen neue Fähigkeiten, die von der unternehmensinternen und -externen Abstimmung in Echtzeit bis hin zu sich selbst steuernden Produktionssystemen reichen und durch die Produktivitätssteigerungen um 5 bis 8 Prozent zu erreichen sind. Zusammen mit Maßnahmen, wie der verbesserten Ergonomie am Arbeitsplatz und dem Einsatz von produktionsunterstützenden Robotern, ergeben sich durch die Industrie 4.0 für einzelne Unternehmen Produktivitätspotenziale von bis zu 25 Prozent.

Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden erreicht. Die entwickelte Systematik zur Steigerung der Produktivität durch Industrie 4.0 bietet Raum für weiterführende Fragestellungen:

1. Wie passen die identifizierten Handlungsfelder und Handlungsempfehlungen zu den bereits in Angriff genommenen Digitalisierungsprojekten in den Unternehmen?
2. Anhand welcher Kriterien lässt sich die Auswahl der Handlungsempfehlungen konkretisieren?
3. Mit welchen Konzepten lassen sich die Mitarbeiter motivieren, die Veränderungen mitzutragen?
4. Ist das bestehende Geschäftsmodell zukunftsfähig?

Externe Expertenmeinungen und die Analyse von Anwendungsbeispielen bilden die Basis für die Quantifizierung maximal und minimal erzielbarer Potenziale. Diese durch die Industrie 4.0 abschöpfbaren Potenziale lassen sich wie folgt zusammenfassen:

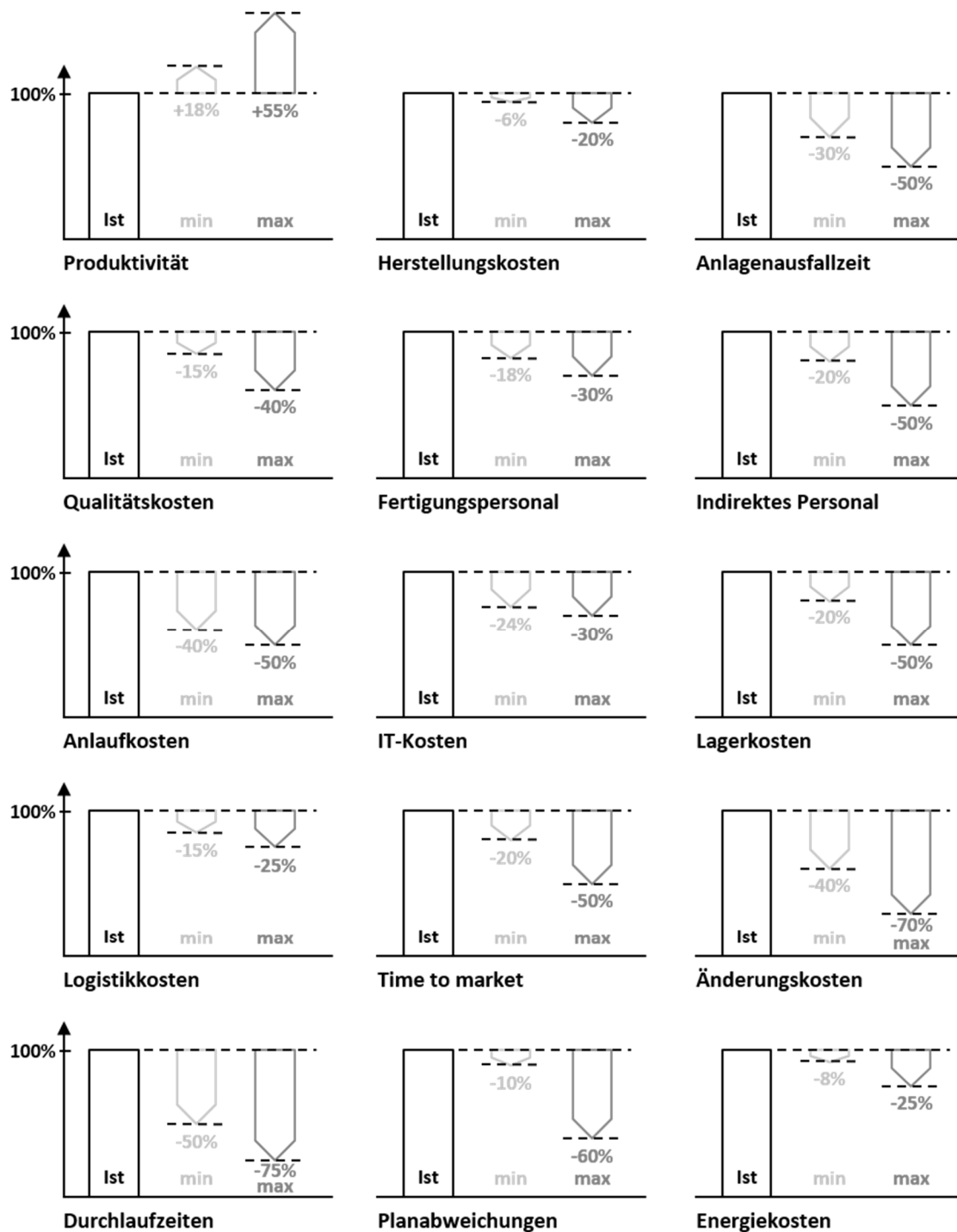


Abbildung 0-1: Potenziale durch Industrie 4.0