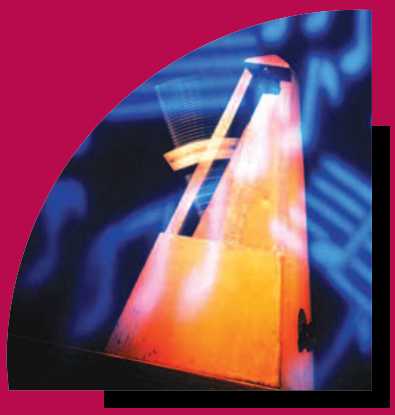
IMPULS



DIGITAL-VERNETZTES DENKEN IN DER PRODUKTION

VDMA

Stiftung für den Maschinenbau,
den Anlagenbau und die Informationstechnik

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
ILIN Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 721 925-2915
www.ilin.eu

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 721 6809-0
www.isi.fraunhofer.de

Steffen Kinkel, Johanna Rahn, Bernhard Rieder,
Christian Lerch, Angela Jäger

DIGITAL-VERNETZTES DENKEN IN DER PRODUKTION

Dieses Forschungsvorhaben wurde gefördert
von der IMPULS-Stiftung des VDMA

Karlsruhe, November 2016

Zu dieser Studie

Industrie 4.0 ist im deutschen Maschinen- und Anlagenbau angekommen. Vor allem als Anbieter digital-vernetzter Technologien und Services nehmen die Unternehmen eine Führungsrolle ein. Die Dynamik ist hoch – die Maschinenbau-Industrie arbeitet intensiv an neuen Lösungen. Die Differenzierung vom Wettbewerb treibt an. Für die Kunden in aller Welt entstehen zusätzliche Nutzwerte.

Digital-vernetztes Denken in der Produktion funktioniert nicht von allein. Dies setzt spezifische Kompetenzen voraus – bei Facharbeitern, Ingenieuren und in allen Geschäftsbereichen. Auch eine Digitalisierungsstrategie hilft: Ist diese vorhanden, wird mehr in Digitalisierung und Neueinstellungen investiert. Beim Kompetenzaufbau reicht das Spektrum von der Weiterbildung bis hin zur Ausgründung eigener Softwareunternehmen.

Digital-vernetztes Innovieren erfolgt im Grenzbereich der Disziplinen, insbesondere von Ingenieuren und IT-Spezialisten. Dafür sind Offenheit und interdisziplinäres Verständnis notwendig. Agile Entwicklungsmethoden gehören zu den Innovationstreibern. Die Softwareentwicklung von Apps und die Programmierung der Maschinen- und Anlagensteuerung sind wichtige technische Fähigkeiten.

Die vorliegende Studie zeigt auf, wo der Maschinen- und Anlagenbau beim digital-vernetzten Denken steht. Unterschiede innerhalb der Maschinenbau-Industrie werden genauso analysiert wie der Stand im Branchenvergleich des Verarbeitenden Gewerbes. Handlungsempfehlungen für die unternehmerische Praxis und ein Online-Benchmarking runden die Studie ab.

Mit dieser Studie wird das „Industrie 4.0“-Mosaik der IMPULS-Stiftung weiter komplettiert. Wir bedanken uns herzlich bei den Herren Glatz, Dr. Kruppa und Reimann, die als VDMA-Themenpaten mit ihrem Engagement und Wissen maßgeblich zum Gelingen der Studie beigetragen haben. Gleichfalls bedanken wir uns bei Herrn Prof. Kinkel und seinem Studienteam für die geleistete hervorragende Arbeit.

Technologieintegration, Innovationsfähigkeit und Umsetzungsstärke zeichnen den deutschen Maschinen- und Anlagenbau seit jeher aus. Für uns ist deshalb klar: Auch das digital-vernetzte Denken in der Produktion wird gelingen!

Frankfurt, November 2016

Dr. Thomas Lindner
Vorsitzender des Kuratoriums
IMPULS-Stiftung

Dr. Manfred Wittenstein
Stellv. Vorsitzender des Kuratoriums
IMPULS-Stiftung

Dr. Johannes Gernandt
Geschäftsführender Vorstand
IMPULS-Stiftung

Stefan Röger
Geschäftsführender Vorstand
IMPULS-Stiftung

Inhalt

Zu dieser Studie 2

Inhalt 3

Abbildungsverzeichnis 4

Tabellenverzeichnis 6

Abkürzungsverzeichnis 7

1 Executive Summary 8

2 Online-Umfrage bei VDMA-Mitgliedsunternehmen 11
- 2.1 Einleitung und Zielsetzung 11
- 2.2 Datenbasis 14
- 2.3 Digitalisierungsstrategie 15
- 2.4 Digitale Technologien und Dienste 20
- 2.5 Organisation der Digitalisierung 26
- 2.6 Digitalisierungskompetenzen 29

3 Experteninterviews 39
- 3.1 Einleitung und Zielsetzung 39
- 3.2 Methode 39
- 3.3 Digitalisierungsstrategie 40
- 3.4 Digitale Technologien und Dienste 43
- 3.5 Organisation der Digitalisierung 48
- 3.6 Digitalisierungskompetenzen 49
- 3.7 Übergreifende Herausforderungen und Rahmenbedingungen 53

4 Status Quo der Digitalisierung im Maschinen- und Anlagenbau und Vergleich zum sonstigen Verarbeitenden Gewerbe 57
- 4.1 Einleitung und Zielsetzung 57
- 4.2 Digitale Technologien und Dienste 60
- 4.3 Zentrale Erkenntnisse und Implikationen 72

5 Handlungsfelder 73
- 5.1 Einleitung 73
- 5.2 Digitalisierungsstrategie 73
- 5.3 Digitale Technologien und Dienste 73
- 5.4 Organisation der Digitalisierung 74
- 5.5 Digitalisierungskompetenzen 75
- 5.6 Messwerkzeug und Online-Benchmarking zur Selbstbewertung für Unternehmen 76

6 Anhang 77

7 Literatur 83

8 Glossar 84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ganzheitliches Verständnis von Industrie 4.0-Innovationen und dazu benötigten Kompetenzen 12

Abbildung 2: Verteilung befragter Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen 13

Abbildung 3: Verteilung der Grundgesamtheit von Maschinenbauunternehmen in Deutschland 2016 (Statistisches Bundesamt) 14

Abbildung 4: TOP 10 der Teilnehmerzugehörigkeit nach Teilbranchen 15

Abbildung 5: Stand der Digitalisierungsstrategien im deutschen Maschinen- und Anlagenbau 16

Abbildung 6: Aktuelle Beschäftigung der Geschäftsbereiche mit der Digitalisierung 17

Abbildung 7: Geplanter Kompetenzausbau für die Digitalisierung in den Geschäftsbereichen 18

Abbildung 8: Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung in Abhängigkeit von einer eigenen Digitalisierungsstrategie 18

Abbildung 9: Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung nach Größenklassen 19

Abbildung 10: Zukünftige Entwicklung von Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung 19

Abbildung 11: Angebot von Digitalisierungstechnologien (Produkte und begleitende Dienstleistungen) 20

Abbildung 12: Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen 22

Abbildung 13: Make or buy digitaler Technologien für die eigenen Produkte und Dienstleistungen 25

Abbildung 14: Aktivitätstypen bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte und Services 25

Abbildung 15: Einsatz von Methoden zur Software- und IT-Entwicklung 26

Abbildung 16: Anteil Methodeneinsatz nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte 27

Abbildung 17: Anteil Methodeneinsatz nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Services 27

Abbildung 18: Strategische Maßnahmen zum Auf- und Ausbau von Digitalisierungskompetenzen 29

Abbildung 19: Strategische Maßnahmen zum Auf- und Ausbau von Digitalisierungskompetenzen nach Größenklassen 30

Abbildung 20: Betriebe mit eigenen Mitarbeitern bei ausgewählten Digitalisierungskompetenzen 31

Abbildung 21: Anteil der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung 32

Abbildung 22: Anteile der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte 32

Abbildung 23: Anteile der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Services 33

Abbildung 24: Zukünftiger Bedarf für ausgewählte Digitalisierungskompetenzen 34

Abbildung 25: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen in der Softwareentwicklung und im IT-Betrieb 35

Abbildung 26: Bedeutung nicht-technischer Kompetenzen für die Potenzialausschöpfung der Digitalisierung von Produkten und Prozessen 36

Abbildung 27: Einsatz von Maßnahmen zur Sicherung und Verbreitung von nicht-technischen Kompetenzen 38

Abbildung 28: Herausforderungen bei der digitalen Transformation 56

Abbildung 29: Anwendung und Angebote digitaler Technologien in der Industrie 61

Abbildung 30: Anteil der Betriebe mit Nutzung digitaler Informationen 62

Abbildung 31: Nutzung von digitalen Technologien in Vorbereitung auf Smart Factory und Smart Operations 63

Abbildung 32: Nutzung von digitalen Technologien in kleinen und mittleren Betrieben (KMU) 64

Abbildung 33: Maschinen- und Anlagenbau als Anwender von digitalen Technologien im Branchenvergleich 65

Abbildung 34: Betriebe, die mindestens zwei Lean-Konzepte im Bereich Produktionsorganisation bzw. Produktionscontrolling nutzen, nach Anzahl der Digitalisierungsbereiche 66

Abbildung 35: Maschinen- und Anlagenbauer, die mindestens zwei Lean-Konzepte im Bereich Produktionsorganisation bzw. Produktionscontrolling nutzen, nach Anzahl der Digitalisierungsbereiche 68

Abbildung 36: Einsatz von digitalen Technologien in Vorbereitung auf Smart Products und Data-driven Services 69

Abbildung 37: Maschinen- und Anlagenbau als Anbieter im Branchenvergleich 69

Abbildung 38: Nutzung digitaler Informationen für neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsprozesse 71

Abbildung 39: Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services aufgeteilt nach Komponenten- und Systemanbietern 78

Abbildung 40: Digitalisierungstechnologien in der Produktion aufgeteilt nach Komponenten- und Systemanbietern 79

Abbildung 41: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen in der Softwareentwicklung nach Größenklasse 80

Abbildung 42: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen im IT-Betrieb nach Größenklasse 80

Abbildung 43: Einschätzung der Bedeutung nicht-technischer Kompetenzen in den nächsten drei Jahren 81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzung von Digitalisierungstechnologien bei Produkten & Dienstleistungen und in der Produktion nach Größenklassen 23

Tabelle 2: Nutzung von Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services und in der Produktion nach System- und Komponentenanbietern 23

Tabelle 3: Reflexionswerte zur ausreichenden Ressourcenausstattung für eine erfolgreiche Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services 35

Tabelle 4: Bedeutung nicht-technischer Fähigkeiten (Mittelwerte) heute und in drei Jahren 37

Tabelle 5: Interviewte Unternehmen 39

Tabelle 6: Verständnis von Industrie 4.0 im Unternehmen 42

Tabelle 7: Geschäftsmodelle gruppiert nach Servicemodellen 46

Tabelle 8: Digitale Technologien aus Anwendersicht 58

Tabelle 9: Digitale Technologien aus Anbietersicht 58

Tabelle 10: Logistisches Regressionsmodell zu betriebsspezifischen Einflussfaktoren hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit, dass ein Betrieb die Digitalisierung in mind. drei Bereichen eingeführt hat 67

Tabelle 11: Branchenzuordnung nach System- und Komponentenanbieter 77

Tabelle 12: Verbreitungsgrad der digitalen Technologien der Anwenderperspektive nach Betriebs- und Produktionscharakteristika 81

Tabelle 13: Verbreitungsgrad der digitalen Technologien der Anbieterperspektive nach Betriebs- und Produktionscharakteristika 82

Abkürzungsverzeichnis

AR:	Augmented Reality
B2B:	Business-to-Business
B2C:	Business-to-Consumer
CAD:	Computer-Aided Design (Rechnerunterstütztes Konstruieren)
CIM:	Computer-integrated Manufacturing (Computerintegrierte Produktion)
CNC:	Computerized Numerical Control (rechnergestützte numerische Steuerung)
DL:	Dienstleistung
ERP:	Enterprise-Resource-Planning (Einsatzplanung der Ressourcen)
IKT:	Informations- und Kommunikationstechniken
ISI:	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
KMU:	Kleine und mittlere Unternehmen
M2M:	Machine-to-Machine
MES:	Manufacturing Execution System
PLM:	Product Lifecycle Management
PPS:	Produktionsplanung und -steuerung
PSS:	Produkt-Service Systeme
RFID:	Radio-Frequency Identification
SCM:	Supply Chain Management
SPS:	Speicherprogrammierbare Steuerung
VG:	Verarbeitendes Gewerbe

1 Executive Summary

Die Digitalisierung durchdringt und vernetzt immer mehr Industriebereiche und Geschäftsprozesse. Eine Schlüsselrolle spielt hier der deutsche Maschinen- und Anlagenbau als Anbieter und Anwender digital vernetzter Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle. Als zentraler Erfolgsfaktor zur Ausschöpfung der sich bietenden Potenziale gilt eine qualifizierte Belegschaft mit den erforderlichen Digitalisierungskompetenzen. Es wurde jedoch noch nicht eingehend untersucht, wie der Maschinen- und Anlagenbau hier aufgestellt ist. Die Studie analysiert, welche Strategien und Maßnahmen die Unternehmen zum Auf- und Ausbau der notwendigen Digitalisierungskompetenzen verfolgen und wie viele ihrer Beschäftigten bereits über die erforderlichen Qualifikationen verfügen. Dazu wurden drei empirische Zugänge gewählt, deren Kombination einen gleichzeitig umfassenden und vertiefenden Einblick ermöglicht:

- Eine spezifische Online-Befragung von insgesamt 335 VDMA-Mitgliedsunternehmen,
- 15 Experteninterviews mit Vertretern von Unternehmen, von denen acht als „Vorreiter“ und sieben eher als „Einsteiger“ im Hinblick auf die Digitalisierung ihrer Produkte und Prozesse charakterisiert werden können,
- eine Auswertung der repräsentativen Erhebung Modernisierung der Produktion 2015 des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI bei 1.282 Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes, davon 223 aus dem Maschinen- und Anlagenbau.

Die zentralen Erkenntnisse der Studie lassen sich in die vier Bereiche Digitalisierungsstrategie, Digitale Technologien und Dienste, Organisation der Digitalisierung und Digitalisierungskompetenzen gliedern.

1. Digitalisierungsstrategie

Die Digitalisierung ist als strategisches Zukunftsthema im deutschen Maschinen- und Anlagenbau angekommen – jedoch selten in der Personalentwicklung
Ein Drittel der befragten Unternehmen hat eine dezidierte Digitalisierungsstrategie, ein weiteres Viertel will in den nächsten drei Jahren eine Digitalisierungsstrategie einführen. Dies schlägt sich auch in spezifischen Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung nieder. Bedenklich ist jedoch, dass sich die Personalentwicklung bislang nur in etwa jedem fünften Unternehmen strategisch mit den Herausforderungen der Digitalisierung auseinandersetzt (Kapitel 2.3).

Eine breite Verankerung der Digitalisierungsstrategie und „Mut zum schnellen Scheitern“ helfen
Digitalisierungsstrategien sind erfolgreicher, wenn Ziele und Herausforderungen transparent kommuniziert werden und in der Belegschaft Verständnis für die anstehenden Veränderungen herrscht. Dabei sollte von Anfang an eine bereichsübergreifende Implementierung angestrebt werden, insbesondere eine konsequente Vernetzung von Service, Produktmanagement, Entwicklung und Produktion. Für solch weitreichende Wandlungsprozesse wie die digitale Transformation ist zudem eine positive Fehlerkultur unumgänglich, um Dinge pragmatisch ausprobieren zu können und aus den gemachten Erfahrungen schnell zu lernen: „be brave and fail fast“! (Kapitel 3.3).

2. Digitale Technologien und Dienste

Der Maschinen- und Anlagenbau ist führend als Anbieter digitaler Technologien, jedoch noch zurückhaltend bei der Anwendung in der eigenen Produktion
Der Maschinen- und Anlagenbau nimmt als Anbieter digitaler Technologien und Services im Verarbeitenden Gewerbe eine Führungsrolle ein, bei der Anwendung digitaler Technologien zur Vernetzung der eigenen Produktion ist er aber nicht führend. Diese Position ist auch Folge seiner strukturellen Bedingungen. Kleine Losgrößen limitieren die Einsatzpotenziale in der eigenen Produktion, andererseits bietet die individuelle

Auftragsfertigung komplexer Investitionsgüter eine hervorragende Basis für digitalisierte Produkt- und Serviceangebote (Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2).

Avancierte digitale Technologien und Dienste werden derzeit noch von wenigen Unternehmen angeboten – aber dann häufig selbst entwickelt
Angesichts der intensiven Diskussion um das hohe Potenzial von Konzepten wie Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, Predictive Maintenance und datenbasierten Diensten als Wegbereiter für neue Geschäftsmodellansätze ist das derzeitige Angebot noch zurückhaltend. Dafür werden diese Technologien überwiegend selbst entwickelt und die Dynamik der in den nächsten drei Jahren geplanten Einführungen ist sehr hoch. Hier scheinen die Unternehmen mehrheitlich Kernkompetenzen zu sehen, mit denen sie einen Mehrwert für ihre Kunden schaffen können. Eine besondere Rolle kommt hier modularen Apps zu, die je nach Wettbewerbsposition auf offenen oder geschlossenen Plattformen angeboten werden können (Kapitel 2.4 und Kapitel 3.4).

3. Organisation der Digitalisierung

Viele Unternehmen gliedern eigene IT- oder Softwarefirmen aus
Bei Neueinstellungen für die Digitalisierung haben kleine Unternehmen eher Schwierigkeiten bei der Rekrutierung entsprechender IT- und Software-Spezialisten als große Unternehmen. Sie betreiben daher häufiger eine Auslagerung der Softwareentwicklung an externe Dienstleister. Eine weitere strategische Option ist die Ausgliederung eigener IT- und Softwareunternehmen, die ein erstaunlich hoher Anteil (ein Fünftel) der befragten Unternehmen anwendet. Gründe hierfür sind die organisatorische Trennung zur Unterstützung der „zwei Entwicklungsgeschwindigkeiten“ von traditionellem Maschinenbau und agiler Softwareentwicklung, der Zugang zu neuen Branchen und Geschäftsmodellen sowie die höhere Anziehungskraft eines eigenständigen, kleinen Softwareunternehmens für die Gewinnung qualifizierten IT-Personals (Kapitel 2.5 und Kapitel 3.5).

Agile Entwicklungsmethoden und Lean Management als wichtige „Befähiger“ für die Digitalisierung von Produkten und Prozessen
Agile oder designorientierte Entwicklungsprozesse werden bislang noch von wenigen Unternehmen eingesetzt. Dabei scheinen diese Methoden die Fähigkeit zur eigenen Entwicklung digitaler Produkte und Services signifikant befruchten zu können. Eine wirksame Alternative können individuelle Freiräume für einzelne Mitarbeiter mit Affinität zum Thema Digitalisierung bieten, um die Entwicklung vernetzter Produkte, Prozesse oder Services voranzutreiben (Kapitel 2.5 und Kapitel 3.5).

Weiterhin zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Lean-Konzepten und der Fähigkeit der Unternehmen zur Nutzung digitaler Produktionsprozesse. Schlanke, geordnete Prozesse nach Lean-Prinzipien scheinen demnach eine wichtige Voraussetzung zu sein, um digitale und vernetzte Technologien in der eigenen Produktion erfolgreich einsetzen zu können (Kapitel 4.2).

4. Digitalisierungskompetenzen

Zentrale Digitalisierungskompetenzen umfassen die Softwareentwicklung, die IT-Sicherheit und das IT-Design
Technische Schlüsselkompetenzen für die Digitalisierung liegen in der Softwareentwicklung von modularen Applikationen (Apps) und in der Programmierung der Maschinen- und Anlagensteuerungen. Zusätzlich wichtig sind Kompetenzen bei der IT-Sicherheit und beim benutzerorientierten IT-Design. Bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services „fortgeschrittene" Unternehmen weisen in diesen Bereichen signifikant höhere Beschäftigtenanteile auf als „Einsteiger" oder „Außenstehende". Ratsam ist zudem, Mitarbeiter der verschiedenen Ingenieur- und IT-Disziplinen, insbesondere der applikationsorientierten Hochsprachenprogrammierung und der Maschinen- und Steuerungsprogrammierung, bei Projekten konsequent zusammenarbeiten zu lassen, um die Sichtweise der „verschiedenen Welten" gegenseitig verstehen zu lernen (Kapitel 2.6 und Kapitel 3.6).

Auch nicht-technische Kompetenzen sind wichtig – zukünftig insbesondere interdisziplinäres Verständnis
Fähigkeiten im Verständnis der Kundenprobleme und in der Analyse komplexer Daten sind eine wichtige Basis dafür, um Mehrwert für den Kunden erkennen und darauf aufbauend eigene, tragfähige Geschäftsmodelle entwickeln zu können. Als zunehmend wichtig werden zudem Fähigkeiten in der interkulturellen Kommunikation und interdisziplinären Zusammenarbeit eingeschätzt. Es besteht ein wachsender Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern, die verschiedene Disziplinen zusammenführen und zwischen verschiedenen Bereichen vermitteln können. Dies zeigt, dass digitale Innovationen immer mehr an Grenzflächen zwischen verschiedenen Disziplinen stattfinden und interdisziplinäres Verständnis benötigen (Kapitel 2.6 und Kapitel 3.6).

5. Online-Benchmarking und Messwerkzeug zur Selbstbewertung für Unternehmen

Die reichhaltigen Ergebnisse der Online-Befragung bieten interessierten Unternehmen die Möglichkeit, ihre eigenen Digitalisierungskompetenzen durch ein Online-Benchmarking im Vergleich zu dieser breiten Datenbasis zu verorten. Dazu können die Unternehmen die Größenklasse der Vergleichsfirmen auswählen, mit denen sie sich vergleichen möchten. Aufgrund ihrer eigenen Eingaben können sie dann herausfinden, ob sie bei spezifischen Indikatoren in den Hauptkategorien „Digitalisierungsstrategie" und „Digitalisierungskompetenzen" jeweils zu den „Außenstehenden", „Einsteigern" oder „Fortgeschrittenen" gehören. Das **Online-Benchmarking** kann unter www.digitalisierungskompetenz-benchmark.de genutzt werden (Kapitel 5.6).

2 Online-Umfrage bei VDMA-Mitgliedsunternehmen

2.1 Einleitung und Zielsetzung

2.1.1 Definition Industrie 4.0

Die Digitalisierung durchdringt aufgrund sich rasant entwickelnder und zusammenwachsender Informations- und Kommunikationstechniken (IKT) zunehmend alle Lebensbereiche. Dies betrifft immer mehr Bereiche der Wirtschaft und nahezu alle Geschäftsprozesse in der Industrie, insbesondere die industrielle Arbeits- und Produktionswelt. Im Kontext dieser Digitalisierung und der damit einhergehenden Vernetzungspotenziale der Produktion, welche die eigentlichen disruptiven Veränderungen ermöglichen, eröffnet sich eine neue Perspektive, die von vielen als die vierte industrielle Revolution gesehen wird – **Industrie 4.0.**

Industrie 4.0 basiert auf der intelligenten, in Echtzeit stattfindenden, horizontalen und vertikalen digitalen Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen und Geschäftsmodellen. Die potenziellen Anwendungsfelder sind vielfältig und reichen von modular aufgebauten Plug-and-Work-Maschinen, intelligenten Logistiklösungen bis hin zur selbststeuernden Fabrik bzw. Wertschöpfungsnetzwerken (Kletti, 2013; Hutle, 2013; Bauernhansl, 2014). Die erwarteten Effekte und Nutzenpotenziale sind ebenso vielfältig, bisweilen sogar radikal. Neben grundlegenden Produktivitätsfortschritten werden sprunghafte Verbesserungen der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit bis hin zu Ressourceneinsparungen in Aussicht gestellt (Jaspernite, 2012; Spath et al., 2013; Heng, 2014; Kagermann, 2014). Im Kern sollen die Voraussetzungen für eine hochflexible und gleichzeitig hocheffiziente Produktion geschaffen werden, die es ermöglicht, hochindividualisierte Produkte unter den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eines Massenherstellers herzustellen (Lichtblau et al., 2015).

Besondere Chancen, aber auch Herausforderungen, bietet die digitale Vernetzung für die Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus. Eine Studie beziffert das zusätzliche Wertschöpfungspotenzial für die Branche bis zum Jahr 2025 auf 23 Milliarden Euro und das entsprechende, jährliche Wertschöpfungswachstum durch Industrie 4.0-Technologien auf 2,2 % (Bitkom/Fraunhofer IAO, 2014). Herausforderungen entstehen insbesondere dadurch, dass klassische Branchengrenzen zwischen Maschinen- und Anlagenbau einerseits und IT andererseits verschoben werden und es zu Regelbrüchen und Markteintritten von Dritten kommen kann (Emmrich et al., 2015). Das prognostizierte, hohe Potenzial ergibt sich aus der spezifischen Möglichkeit der Unternehmen, als Anbieter und Anwender von digital-vernetzten Lösungen zu profitieren:

- Aus Anbietersicht ergeben sich für den Maschinen- und Anlagenbau große Chancen und Differenzierungsmöglichkeiten durch innovative, digitalisierte Produkte und Dienstleistungen sowie neue, datenbasierte Geschäftsmodelle.

- Aus Anwendersicht kann der Maschinen- und Anlagenbau wie andere Industriebranchen auch von optimierten, hochflexiblen und gleichzeitig ressourceneffizienten Produktionsprozessen und Wertschöpfungsnetzwerken und den sich daraus ergebenden Effizienzgewinnen profitieren.

Eine weitere Dimension ergibt sich aus der Tatsache, dass erfolgversprechende Industrie 4.0-Lösungen als sozio-technische Systeme zu verstehen sind. Sie umfassen neben physischen Maschinen und Produkten auch die Interaktion und Verbindung mit den Menschen und der Organisation sowie die virtuelle Abbildung der physischen Dimensionen in entsprechenden IT-Systemen. Damit spannt sich eine Vier-Felder-Matrix auf, die sich in einer Dimension zwischen Produkt-/Anbietersicht und Prozess-/Anwendersicht sowie in der anderen Dimension zwischen physischen und virtuellen Elementen im Innovationssystem eines Unternehmens differenziert (Abbildung 1). Diese Matrix verbindet die vier Felder eines ganzheitlichen Innovationsverständnisses (Kinkel et al., 2005) symbiotisch mit den vier Feldern neuer Industrie 4.0-Lösungen aus der IMPULS Industrie 4.0 Readiness-Studie (Lichtblau et al., 2015) und stellt den konzeptionellen Rahmen für die Analysen im Rahmen dieser Studie dar. Die einzelnen Felder lassen sich für den Maschinen- und Anlagenbau wie folgt verstehen:

- **Smart Products** verfügen über die Fähigkeit, Daten zum eigenen Herstellungs- und Betriebsprozess während der Fertigungs- und Nutzungsphase zu sammeln und zu kommunizieren. Dies ermöglicht das digitale Abbild der Herstellungsprozesse und das Angebot von datenbasierten Dienstleistungen für den Kunden in der Nutzungsphase.

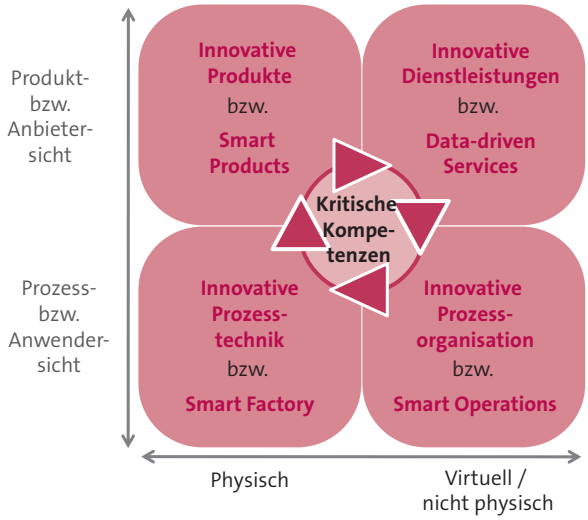
- **Data-driven Services** zielen auf die Steigerung des Kundennutzens durch neue, datenbasierte Geschäftsmodelle ab, die auf der Auswertung und Analyse aufgenommener und gesendeter Daten aus der Betriebs- und Nutzungsphase der „Smart Products" basieren.

- **Smart Factory** beschreibt eine dezentrale und hochautomatisierte Produktionsumgebung, in der sich intelligente Werkstücke, Fertigungsanlagen sowie Logistiksysteme weitgehend selbst organisieren. Die Grundlage hierfür sind digital-vernetzte Systeme, die Maschinen und Ressourcen digital abbilden und über das „Internet der Dinge" eine Kommunikation in Echtzeit ermöglichen.

- **Smart Operations** umfassen die digitalen Voraussetzungen für grundlegend neue Formen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) sowie des Supply-Chain-Managements (SCM) zur Realisierung der Vision des sich selbst steuernden Werkstückes.

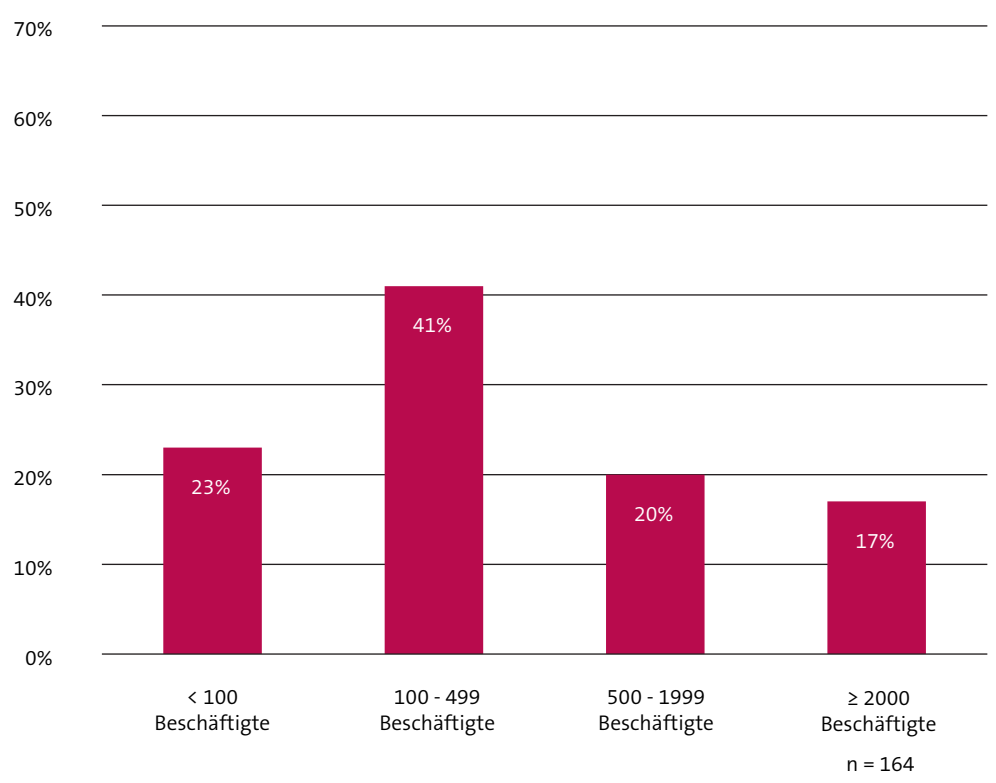
Ein zentraler Erfolgsfaktor zur Erreichung der ambitionierten Ziele digital-vernetzter Prozesse und Geschäftsmodelle ist eine qualifizierte Belegschaft, die über die erforderlichen Digitalisierungskompetenzen verfügt. Die Readiness Studie der IMPULS-Stiftung zeigt, dass etwa 30 % der befragten Unternehmen angeben, betriebsintern keine entsprechenden Kompetenzen zu besitzen, um die bevorstehenden Anforderungen bewältigen zu können (Lichtblau et al., 2015). Die wachsende Digitalisierung und Vernetzung der Produkte und Dienstleitungen stellt den Maschinenbau damit auch vor personelle Herausforderungen. Der aktuellen Trendstudie des VDMA-Forums IT@Automation zufolge ist die Personalverfügbarkeit für zwei Drittel der befragten Unternehmen nach wie vor das größte Hemmnis bei der Entwicklung und Konstruktion von IT und Automatisierungstechnik (VDMA, 2015). Andererseits ist es für viele mittelständische Industrieunternehmen noch weitgehend unklar, welche (sozio-)technischen Kompetenzen sie für den anstehenden, durch die digitale

Abbildung 1: Ganzheitliches Verständnis von Industrie 4.0-Innovationen und dazu benötigten Kompetenzen



Quelle: in Anlehnung an Kinkel et al., 2005; Lichtblau et al., 2015

Abbildung 2: Verteilung befragter Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen



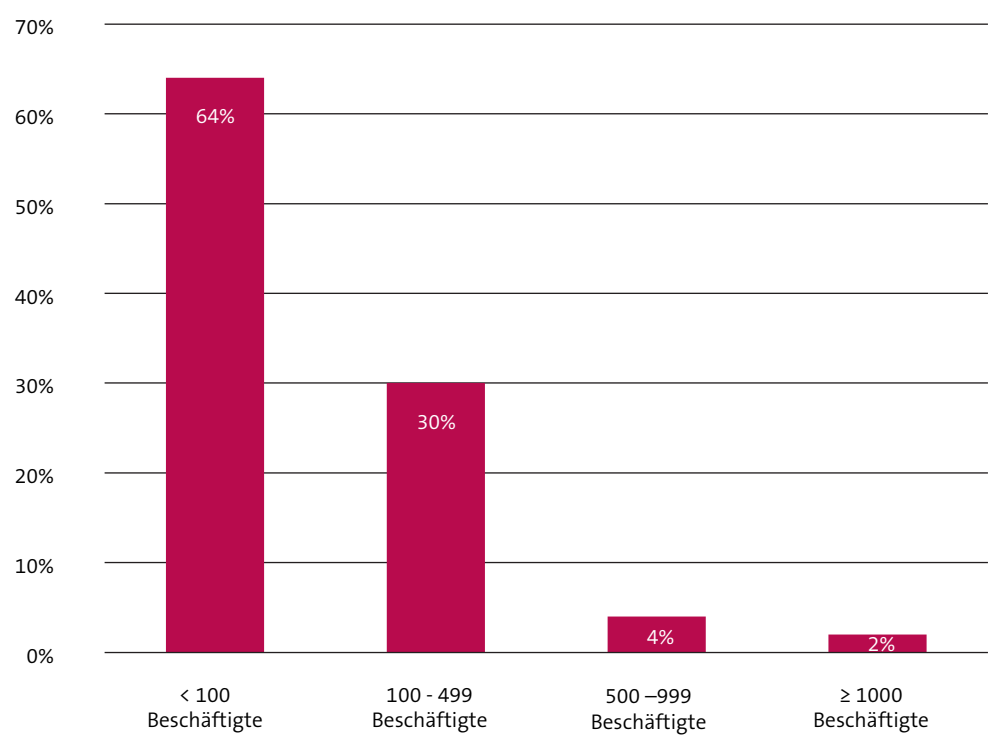
Vernetzung induzierten Strukturwandel benötigen und wie sie mit ihren verfügbaren Kompetenzen dafür gerüstet sind (Zanker et al., 2014).

2.1.2 Forschungsfragen

Vor dem Hintergrund der dargestellten Ausganssituation werden mit der im Folgenden detailliert dargestellten Online-Umfrage von VDMA-Mitgliedsunternehmen folgende **Kernfragen** zu den heutigen und zukünftig geforderten Digitalisierungskompetenzen beantwortet:

- Welche Rolle spielt die Digitalisierung der eigenen Produkte und Prozesse für die Unternehmensstrategie und in welchen Unternehmensbereichen ist ein Kompetenzausbau geplant?
- Wie hoch ist der Digitalisierungsgrad der Produkte und Prozesse im deutschen Maschinen- und Anlagenbau? Welche digitalen Technologien werden von den Unternehmen bereits in ihren Produkten oder Services angeboten, welche in ihren Produktionsprozessen genutzt? Und welche Digitalisierungstechnologien sollen jeweils mittelfristig (innerhalb von drei Jahren) genutzt werden?
- Welche ihrer digitalisierten Produkte und Services entwickeln die Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbau selbst, welche kaufen sie zu? Welche Technologien werden von ihnen mehrheitlich als Kernkompetenz erachtet?
- Welche strategischen Maßnahmen zum Auf- und Ausbau der notwendigen Digitalisierungskompetenzen verfolgen die befragten Unternehmen? Welche Wege zum Kompetenzaufbau sind auch für kleine und mittlere Unternehmen geeignet, welche eher für größere Firmen?
- Wie viele Mitarbeiter in den Unternehmen verfügen über die notwendigen Kompetenzen für den Betrieb und die Entwicklung von IT und Software? Wie hängen diese mit der Fähigkeit der Unternehmen zusammen, selbst digitalisierte Produkte und Services zu entwickeln? Welche Rolle spielen in diesem

Abbildung 3: Verteilung der Grundgesamtheit von Maschinenbauunternehmen in Deutschland 2016 (Statistisches Bundesamt)



Zusammenhang die zunehmend wichtiger werdenden Aspekte der IT-Sicherheit und des nutzerorientierten IT-Designs?

- Welchen Ausbildungshintergrund haben die verfügbaren Softwareentwickler und IT-Mitarbeiter in den befragten Unternehmen?

- Welche nicht-technischen Kompetenzen sind in den befragten Maschinen- und Anlagenbauunternehmen wichtig für die Potenzialausschöpfung der Digitalisierung von Produkten und Prozessen? Welche Maßnahmen zur Sicherung und zum Ausbau dieser nicht-technischen Kompetenzen werden von den Unternehmen genutzt?

2.2 Datenbasis

Um diesen Fragen nachzugehen, führte das ILIN Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken der Hochschule Karlsruhe im Zeitraum vom 29.02.2016 bis 08.04.2016 eine Online-Befragung von VDMA-Mitgliedsunternehmen durch. Der Fokus lag einerseits auf Unternehmensvertretern der Geschäftsführung und andererseits der IT-Leitung. Die Teilnehmer wurden über drei Verteiler (ca. 2900 VDMA-Mitgliedsunternehmen auf Geschäftsleiter-Ebene, ca. 1400 Kontakte des VDMA-Forums Industrie 4.0 und ca. 2300 Kontakte des Fachverbands Software und Digitalisierung) angesprochen. Insgesamt haben 335 Unternehmen an der Studie teilgenommen. Da einige Teilnehmer den Fragebogen nicht vollständig ausgefüllt haben, können die Angaben zu den Teilnehmerzahlen bei den einzelnen Fragen schwanken. Abbildung 2 und 3 stellen die Verteilung der Teilnehmerunternehmen der Umfrage und nach Größenklassen im Vergleich zur Grundgesamtheit der Maschinenbauunternehmen in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2016) dar.

Der Unterschied in den Verteilungen ist leicht erkennbar. Es zeigt sich, wie bei ähnlichen Online-Befragungen von Unternehmensvertretern üblich (Lichtblau et al., 2015), eine überproportionale Teilnahme mittelgroßer und großer Unternehmen in der vorliegenden Befragung, die auf eine allgemein höhere Antwortbereitschaft von Vertretern dieser Unternehmen zurückzuführen ist. Gleichwohl lässt die vorliegende Datenbasis valide Aussagen zu den Digitalisierungsstrategien und -aktivitäten aller Unternehmensgrößenklassen zu.

Die antwortenden Unternehmen wurden zudem den Gruppen System- oder Komponentenanbieter zugeordnet. Von allen Teilnehmern wurden 17 Unternehmen als System- und Komponentenanbieter klassifiziert, der Rest konnte eindeutig jeweils einer der beiden Kategorien zugeordnet werden. Insgesamt überwiegen Systemanbieter mit 64 % gegenüber Komponentenanbietern mit 36 % in der Umfrage. Abbildung 4 stellt die Verteilung der zehn am häufigsten genannten Bereiche dar: Den größten Anteil haben Unternehmen, die Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme herstellen (12 %), gefolgt von Herstellern der Antriebstechnik (9 %) und elektrischer Automatisierungstechnik (8 %). Insgesamt wurden 33 verschiedene Schwerpunkte genannt. Eine detailliertere Zuordnung zu den Teilbranchen des Maschinen- und Anlagenbaus zu System- oder Komponentenanbieter ist in Tabelle 11 im Anhang dargestellt.

2.3 Digitalisierungsstrategie

2.3.1 Implementierung von Digitalisierungsstrategien

Wie die Auswertung der Online-Umfrage bei den befragten VDMA-Mitgliedsunternehmen zeigt, ist die Digitalisierung als wichtiges Zukunftsthema strategisch im Maschinen- und Anlagenbau angekommen. Ein Drittel der befragten Unternehmen hat eine dezidierte Digitalisierungsstrategie. Bei gut einem Fünftel der Unternehmen ist diese auch schriftlich fixiert (Abbildung 5). Zudem ist eine hohe Dynamik bei der zukünftigen Strategieentwicklung erkennbar. Etwa ein Viertel der befragten Maschinenbaubetriebe will in den nächsten drei Jahren eine Digitalisierungsstrategie einführen, sodass dann gut 60 % eine entsprechende Strategie aufweisen. Dies zeigt die heutige und künftige hohe Bedeutung der Digitalisierung der eigenen Leistungen und Geschäftsprozesse für die Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus.

Wie die Differenzierung der Unternehmen nach Größenklassen zeigt (Abbildung 5), ist die Formulierung einer spezifischen Digitalisierungs-

Abbildung 4: TOP 10 der Teilnehmerzugehörigkeit nach Teilbranchen

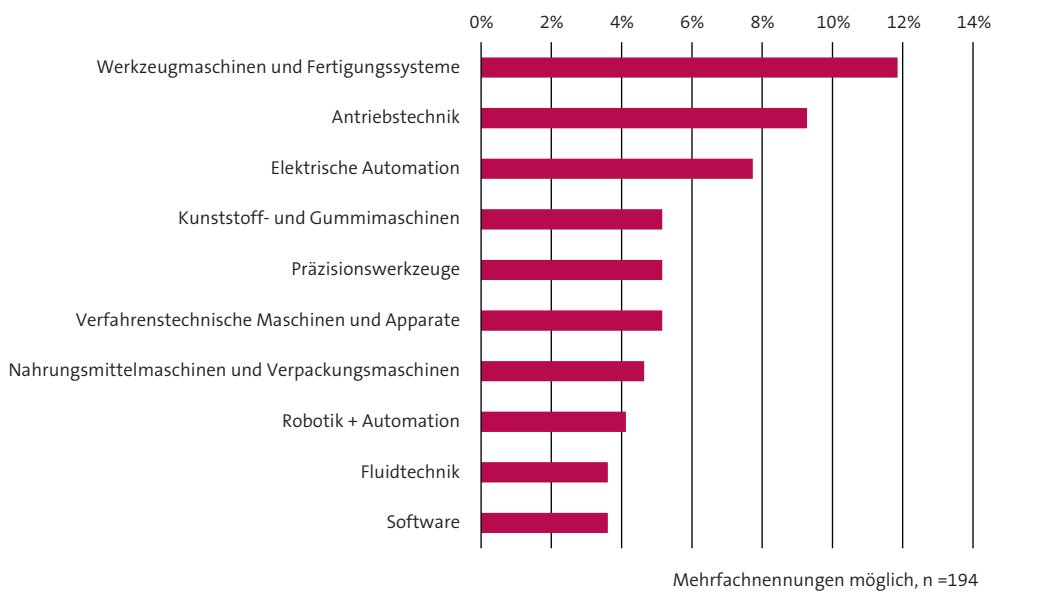
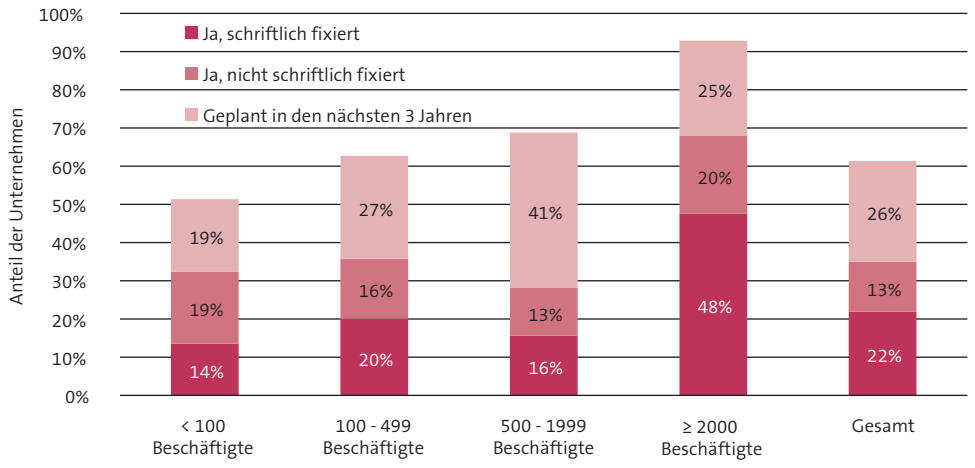


Abbildung 5: Stand der Digitalisierungsstrategien im deutschen Maschinen- und Anlagenbau



Größenklassen: n = 141; Gesamt: n = 335

strategie nicht nur ein Thema für große Unternehmen. Auch bei kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten und bei mittleren Unternehmen mit 100 bis 499 Beschäftigten geben jeweils etwa ein Drittel der Befragten an, eine entsprechende Strategie entwickelt und formuliert zu haben. Am aktivsten präsentieren sich die großen Unternehmen mit 2000 und mehr Beschäftigten, von denen bereits mehr als zwei Drittel eine dezidierte Digitalisierungsstrategie vorweisen. Erstaunlich zurückhaltend zeigt sich die Gruppe der mittleren bis großen Unternehmen (500 bis 1999 Beschäftigte), die zu weniger als 30 % eine entsprechende Strategie entwickelt haben. Allerdings ist in dieser Unternehmensgruppe die größte Planungsdynamik für die kommenden drei Jahre vorhanden. Über 40 % dieser Unternehmen planen in den nächsten drei Jahren eine entsprechende Digitalisierungsstrategie zu entwickeln, während dieser Anteil in den anderen Größenklassen nur bei jeweils 20 bis 25 % liegt.

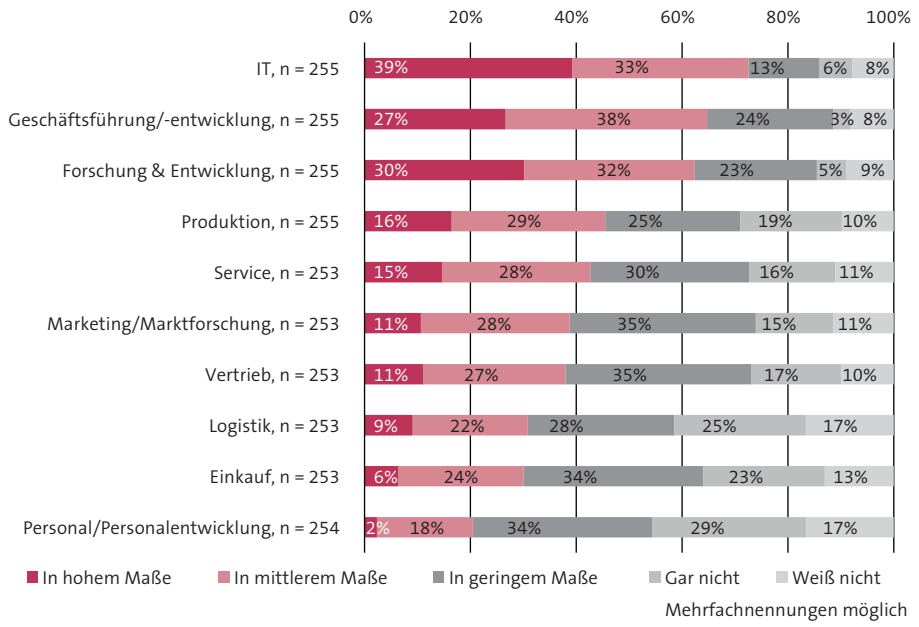
Bei den Unternehmen, die noch keine eigene Digitalisierungsstrategie haben, zeigt sich in den nächsten drei Jahren eine deutliche Dynamik. Der relative Zuwachs der geplanten Einführungen bezogen auf die noch nicht aktiven Unternehmen reicht von 28 % bei kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten über 42 % bei kleinen bis mittleren, 57 % bei mittleren bis großen und 78 % bei großen Unternehmen mit 2000 und mehr Beschäftigten. Insgesamt ist die angegebene Planungsdynamik durchaus bemerkenswert und macht den hohen strategischen Stellenwert der Digitalisierung für Maschinen- und Anlagenbaubetriebe aller Größenklassen deutlich.

Auch bei der schriftlichen Fixierung der entwickelten Digitalisierungsstrategie zeigt sich ein vergleichbares Bild. Von den Unternehmen, die bereits eine eigene Digitalisierungsstrategie haben (Zahlen in Abbildung 5 nicht direkt ausgewiesen), haben etwa 42 % der kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten ihre Digitalisierungsstrategie auch schriftlich fixiert. Bei den mittleren bis großen Unternehmen (mit 100-499 oder 500-1999 Beschäftigten) liegt diese Quote bei 56 % und bei großen Unternehmen mit 2000 oder mehr Beschäftigten bei 70 %. Dies zeigt, dass es für größere Unternehmen wichtiger ist, die erarbeite Strategie auch schriftlich zu fixieren, um sie in die Breite der Belegschaft kommunizieren zu können, während dies in kleineren Betrieben häufiger auch über andere, informelle Wege zu geschehen scheint.

Bei über 60 % der befragten Maschinen- und Anlagebauunternehmen, die eine Digitalisierungsstrategie haben, liegt die Verantwortung dafür in der Geschäftsleitung. Dies zeigt einerseits die hohe Priorität des Themas, andererseits besteht aber auch die Gefahr der „Verschleppung“ aufgrund der hohen zeitlichen Beanspruchung der Unternehmensleitung mit anderen strategischen und operativen Themen, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen.

Es ist wenig überraschend, dass sich vor allem die IT und die Geschäftsführung in Unternehmen mit der Digitalisierung ihrer Produkte oder

Abbildung 6: Aktuelle Beschäftigung der Geschäftsbereiche mit der Digitalisierung



Geschäftsprozesse befassen (Abbildung 6). Jeweils 72 % bzw. 65 % der Unternehmen geben an, dass sich diese Bereiche in hohem oder mittlerem Maße mit der Digitalisierung ihrer Produkte oder Geschäftsprozesse auseinandersetzen. In einer ähnlichen Größenordnung bewegt sich aber auch der Bereich der Forschung und Entwicklung, der von 62 % der Unternehmen entsprechend genannt wird. Dies zeigt deutlich, dass eine konsequente Digitalisierung der Produkte und Geschäftsprozesse noch lange kein reines Einführungsthema ist, sondern weiterhin maßgebliche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erfordert. Mit bereits deutlichem Abstand folgt die Produktion (45 %) an vierter Stelle der Bereiche, die sich in den befragten Unternehmen in hohem oder mittlerem Maße mit der Digitalisierung beschäftigen, dicht gefolgt von Service, Marketing und Vertrieb. Mit weiterem Abstand folgen dann Logistik und Einkauf mit jeweils etwa 30 % der entsprechenden Nennungen. Insgesamt zeigt sich damit ein Bild, wonach die Digitalisierung in den befragten Maschinen- und Anlagenbaubetrieben vorrangig ein Produktentwicklungsthema und derzeit noch weniger ein Produktions- und Prozessthema zu sein scheint. Dies verdeutlicht im weiteren Verlauf auch der Stellenwert der Digitalisierungstechnologien für die eigene Produktgestaltung im Vergleich zur Prozessgestaltung.

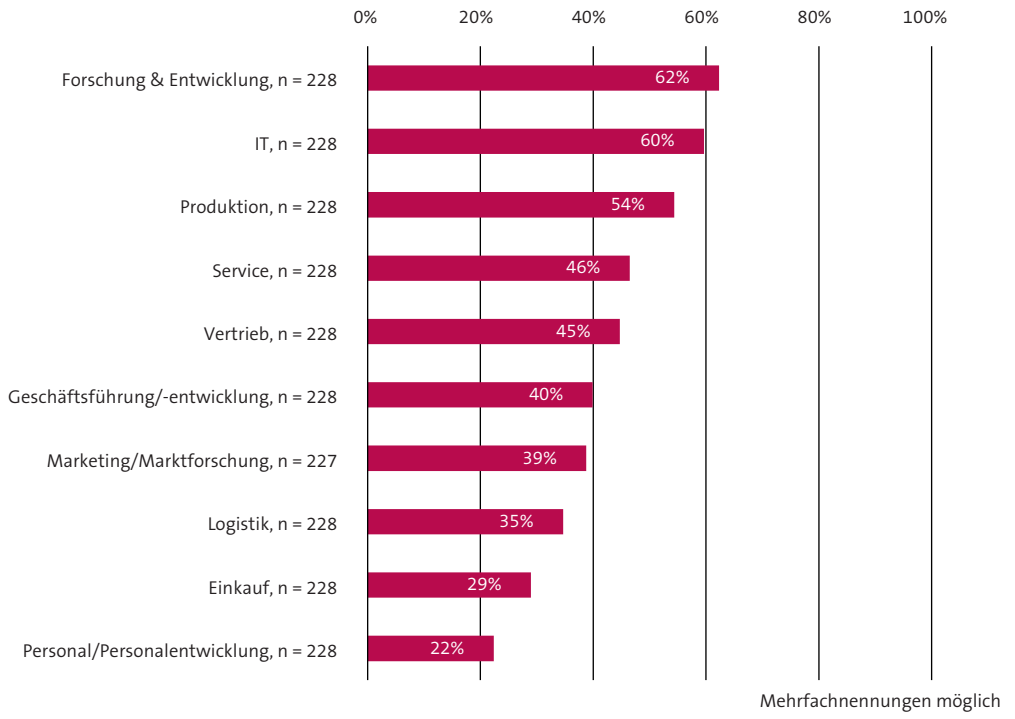
Ein wichtiges Ergebnis und durchaus bedenklich ist, dass sich die Personalentwicklung bislang bei nur etwa 18 % der befragten Unternehmen in mittlerem Maße und gar nur bei 2 % der Unternehmen in hohem Maße mit den aus der Digitalisierung resultierenden Konsequenzen für die Beschäftigten auseinandersetzt. Vor dem Hintergrund dieses kritischen Befundes ist es wichtig, in den folgenden Abschnitten zu analysieren, welche konkreten Strategien zur Sicherung und Entwicklung der benötigten Digitalisierungskompetenzen die Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus anwenden und wo ihr weiterer Bedarf besteht.

In Bereichen, die sich bereits intensiver mit der Digitalisierung beschäftigen, planen die Unternehmen auch am stärksten, Kompetenzen weiter auszubauen (Abbildung 7). Der geplante Kompetenzausbau betrifft demnach vor allem die Forschung und Entwicklung (62 %), die IT (60 %) und die Produktion (54 %). Die Geschäftsführung (40 %) befindet sich als Verantwortliche für die Digitalisierung nur im Mittelfeld, was darauf schließen lässt, dass die vorhandenen Kompetenzen mehrheitlich als ausreichend eingeschätzt werden. Insgesamt zeigt sich jedoch ein Bild, wonach eine breite Verankerung der Digitalisierungskompetenzen in den Unternehmen angestrebt wird. Auffällig ist hier wiederum der geringe Stellenwert der Personalentwicklung, für die nur etwa 20 % der Unternehmen entsprechende Maßnahmen vorsehen.

2.3.2 Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung

Dass die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie nicht nur auf dem Papier stattfindet, sondern auch in konkrete Maßnahmen umgesetzt

Abbildung 7: Geplanter Kompetenzausbau für die Digitalisierung in den Geschäftsbereichen



wird, zeigen die Angaben der befragten Unternehmen zu Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung (Abbildung 8). Demnach haben die Unternehmen im Jahr 2015 im Mittel etwa 1,3 % ihres Umsatzes in die Digitalisierung ihrer Produkte oder Geschäftsprozesse investiert. Dies entspricht etwa einem Drittel ihrer Gesamtinvestitionen. Neueinstellungen für die Digitalisierung machen im Mittel etwa 0,7 % aller Beschäftigten aus. Abbildung 8 zeigt, dass Unternehmen mit einer dezidierten Digitalisierungsstrategie tatsächlich mehr in die Digitalisierung investieren und auch mehr Neueinstellungen betreiben. Demnach scheinen die formulierten Strategien in den Unternehmen auch tatsächlich umgesetzt zu werden.

Eine Differenzierung nach Größenklassen zeigt, dass große Unternehmen (ab 2000 Beschäftigte) bisher signifikant mehr in die Digitalisierung

Abbildung 8: Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung in Abhängigkeit von einer eigenen Digitalisierungsstrategie

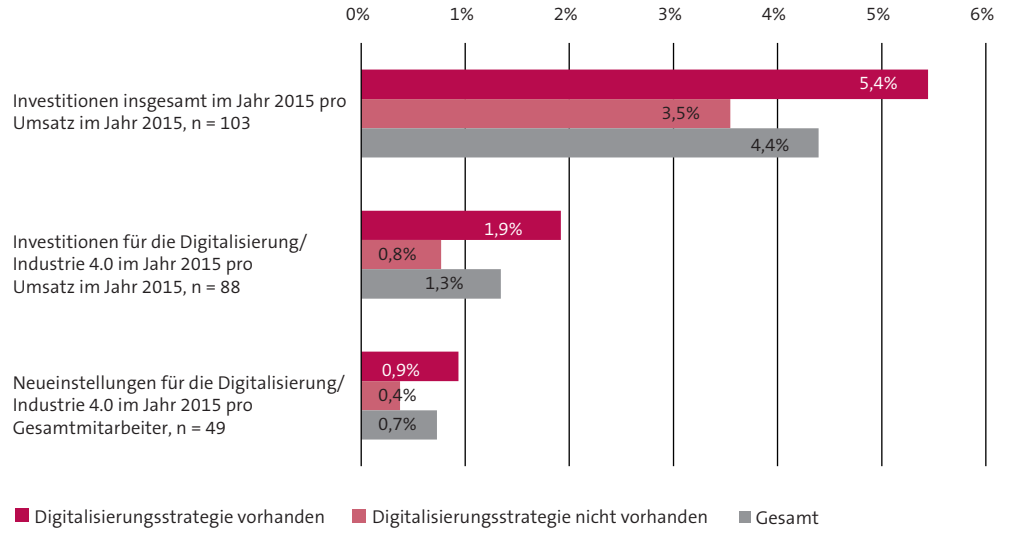
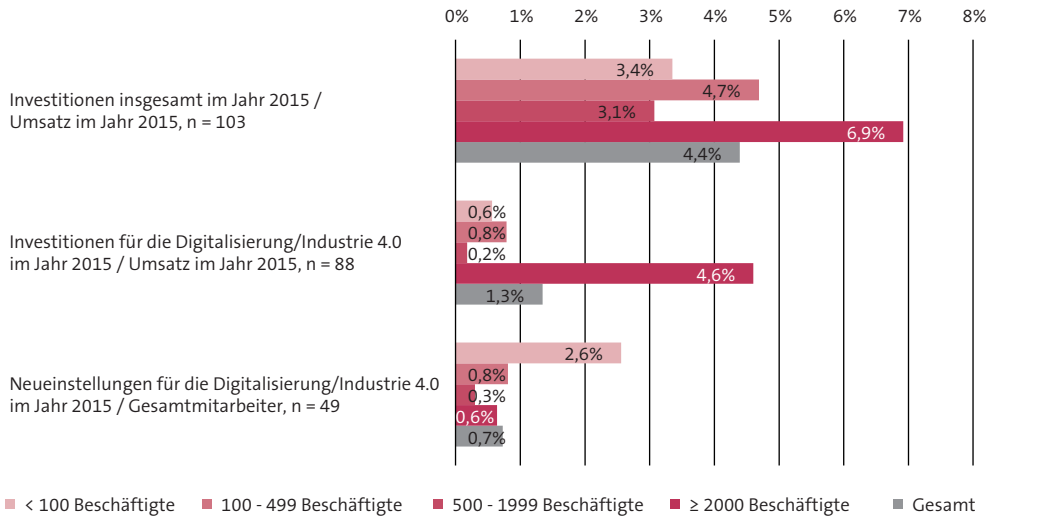


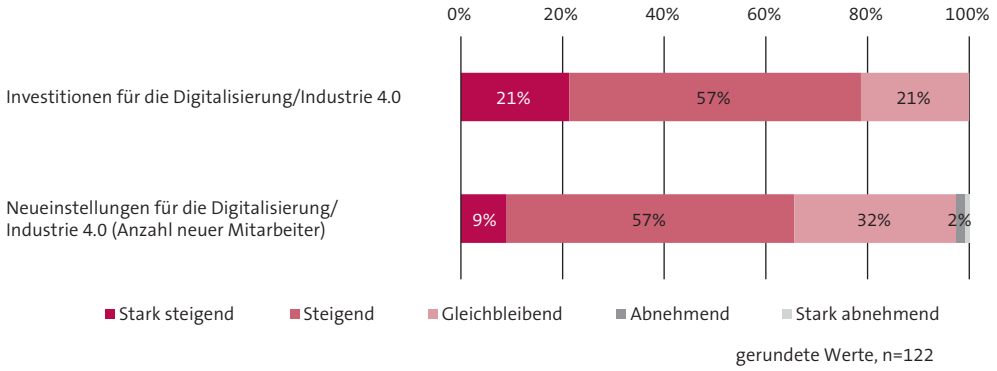
Abbildung 9: Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung nach Größenklassen



ihrer Produkte und Prozesse investieren als kleinere Unternehmen. Kleinere Unternehmen (unter 500 Beschäftigte) setzen dagegen stärker auf Neueinstellungen für die Digitalisierung (Abbildung 9). Besonders verhalten zeigen sich die mittleren bis großen Unternehmen mit 500 bis 1999 Beschäftigten in den Investitionen (0,2 % am Umsatz) und Neueinstellungen (0,3 % der Gesamtbeschäftigung) für die Digitalisierung. Dagegen investieren große Unternehmen mit 2000 und mehr Beschäftigten beispielsweise 4,6 % ihres Umsatzes für die Digitalisierung ihrer Produkte oder Geschäftsprozesse, während kleine Betriebe mit weniger als 100 Beschäftigten Neueinstellungen im Umfang von 2,6 % ihrer Beschäftigten vornehmen. Dies verdeutlicht die unterschiedlichen Innovationspfade der Unternehmen, die bei den großen Unternehmen eher durch Investitionen in die Technologie oder den Zukauf von Kompetenzen und bei den kleinen Unternehmen eher durch einen personellen Kompetenzaufbau geprägt sind. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass wenige Neueinstellungen in kleinen Betrieben im Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung auch stärker zu Buche schlagen als in großen Unternehmen.

Zukünftig schätzen die befragten Unternehmen ihre Investitionen für die Digitalisierung mehrheitlich als stark steigend (21 %) oder steigend (57 %) ein (Abbildung 10). Auch der Bedarf an neuen Mitarbeitern in diesem Bereich nimmt generell weiter zu, wenn auch auf moderatem Level (9 % stark steigend, 57 % steigend). Bei den Neueinstellungen geht folglich auch ein Drittel der Betriebe von einem gleichbleibenden Niveau aus. Welche Rolle hier potenzielle Schwierigkeiten gerade kleiner und mittlerer Unternehmen spielen, geeignete Fachkräfte an sich binden zu können, wird unter anderem im weiteren Verlauf erörtert.

Abbildung 10: Zukünftige Entwicklung von Investitionen und Neueinstellungen für die Digitalisierung



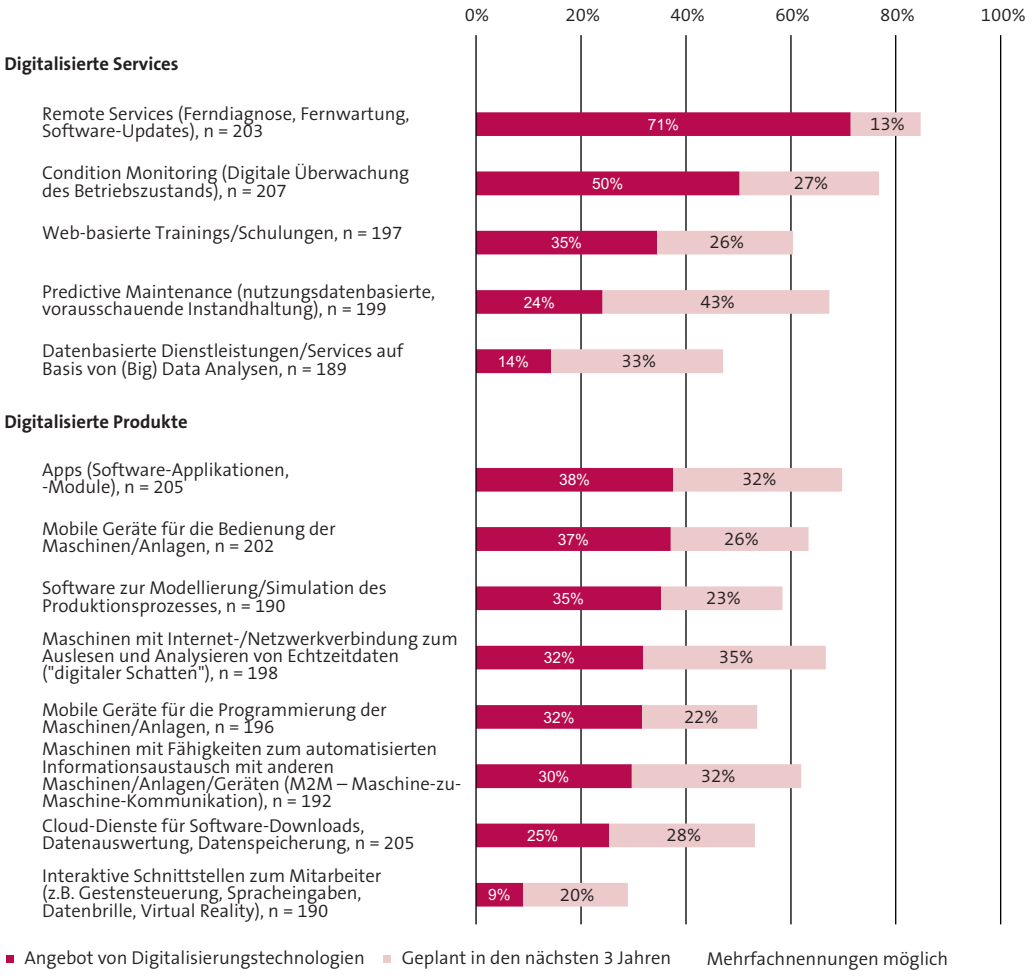
2.4 Digitale Technologien und Dienste

2.4.1 Angebot von Digitalisierungstechnologien in Produkten und Services

Derzeit finden sich Remote Services (71 %) und Condition Monitoring (50 %) am häufigsten im Produkt- und Serviceangebot der befragten Maschinen- und Anlagenbauunternehmen (Abbildung 11) wieder. Sie sind damit schon Quasi-Standards digitaler Services innovativer Maschinen- und Anlagenbauunternehmen. Danach folgen eine Reihe, bereits seit einiger Zeit verfügbarer digitaler Technologien und Angebote wie Apps, mobile Bedien- oder Programmiergeräte, Web-basierte Trainings/Schulungen, Simulationssoftware oder Maschinen mit Internetzugang zur Datenanalyse, die jeweils von etwa einem Drittel der befragten Unternehmen angeboten werden.

Jeweils etwa ein Viertel der befragten Unternehmen gibt an, fortschrittliche digitale Technologien und Konzepte wie beispielsweise automatisierte Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M), Cloud-Dienste oder vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) mit ihren Produkten oder Services anzubieten. Trotz

Abbildung 11: Angebot von Digitalisierungstechnologien (Produkte und begleitende Dienstleistungen)



der intensiven Diskussion über die hohe zukünftige Bedeutung, insbesondere von Cloud- und Predictive-Diensten als maßgebliche Enabler bzw. Geschäftsmodellansätze für digitalisierte Lösungsangebote, bleibt das derzeitige Angebot noch ausbaufähig. Zudem wird neuen datenbasierten Dienstleistungen auf Basis nutzenorientierter Analysen komplexer Datenmengen vielfach ein besonderes Potenzial für die Schaffung innovativer Win-Win-Konstellationen zwischen Ausrüster- und Kundenunternehmen zugesprochen. Doch auch diese werden erst von etwa jedem siebten Maschinenbaubetrieb angeboten. Von den abgefragten Technologien finden sich lediglich interaktive Schnittstellen zum Mitarbeiter im Produktionssystem des Nutzers noch seltener im Angebot der befragten Unternehmen (9 %).

Die Angaben der Unternehmen zu den in den nächsten drei Jahren erstmals geplanten Angeboten (Abbildung 11) zeigen die höchste Dynamik bei der nutzungsdatenbasierten, vorausschauenden Instandhaltung (Predictive Maintenance). Mit einer Planungsrate von mehr als 40 % scheinen die Unternehmen dies zukünftig als besonders nutzbringend einzuordnen. Hohe Raten bei geplanten Einführungen zeigen sich zudem bei Echtzeitdatenzugriffen, Apps, datenbasierten Services und der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M), die jeweils von 30 % der Unternehmen in den nächsten drei Jahren angeboten werden sollen. Dies würde jeweils zu einer annähernden Verdoppelung bis hin zu einer Verdreifachung der Anbieteranteile in dieser vergleichsweise kurzen Zeitspanne führen. Selbst reife Technologien wie das bereits von der Hälfte der Unternehmen angebotene Condition Monitoring zeigen noch eine hohe Einführungsdynamik. Ein weiteres Viertel der befragten Unternehmen plant, dies in den nächsten drei Jahren in sein Produkt- und Serviceangebot einzuführen.

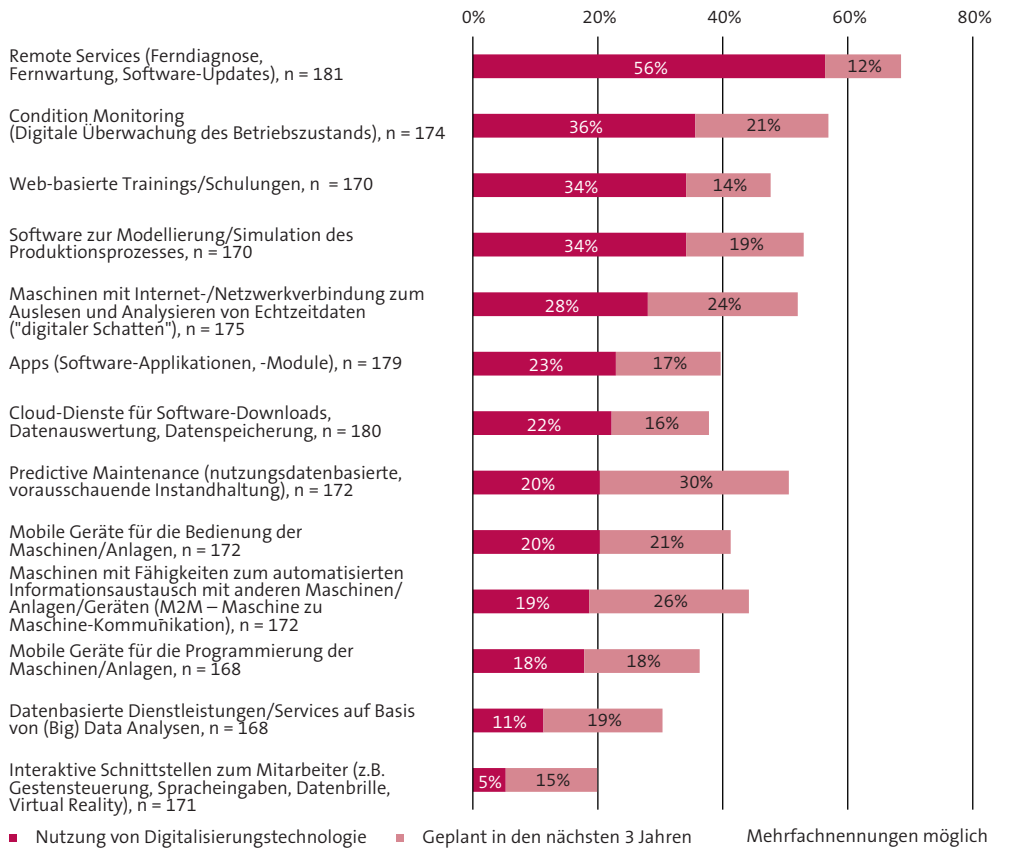
Insgesamt ist die Angebotsdynamik bei den abgefragten, digitalen Produkt- und Servicetechnologien durchaus bemerkenswert. Mit Ausnahme der bereits seit langer Zeit verfügbaren Remote Services zur Ferndiagnose und -wartung, die seit den geförderten Aktivitäten zum Angebot und zur Nutzung von Teleservices in den 90er Jahren zunehmend genutzt werden, liegen die Planungsquoten zwischen 20 % und 40 %. Dies ist für Technologieeinführungen einer Branche wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der stark von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt ist, im Vergleich zu anderen, bekannten Diffusionsverläufen neuer Technologien ungewöhnlich schnell. Diese hohe Angebotsdynamik ist damit auch ein Beleg für die große Bedeutung dieser digitalen Technologien für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Produkte und Leistungen deutscher Maschinenbauunternehmen.

2.4.2 Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen

Bei der Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen zeigt sich ein ganz ähnliches Bild wie beim Angebot digitalisierter Produkte und Dienstleistungen, wenn auch auf etwas niedrigerem Niveau (Abbildung 12). Remote Services werden bereits von über der Hälfte der befragten Unternehmen in ihren eigenen Produktionsprozessen genutzt. Condition Monitoring steht mit einer Nutzungsquote von etwa einem Drittel an zweiter Stelle, mit voraussichtlich starkem Wachstum in den nächsten drei Jahren. Am Ende der Rangfolge stehen auch hier datenbasierte Dienste und interaktive Schnittstellen zu den Beschäftigten via Gestensteuerung, Datenbrillen oder Virtual Reality. Es scheinen also noch signifikante Barrieren für eine ökonomische Nutzung dieser Technologien in den Produktionsprozessen der Maschinen- und Anlagenbauunternehmen vorzuherrschen.

Predictive Maintenance zeigt wie bei den eigenen Produkt- und Serviceangeboten das stärkste geplante Wachstum in den nächsten drei Jahren (30 %) und ist damit das wichtigste Zukunftsthema in der Produktion. Auf den Rängen zwei und drei folgen Technologien der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) und des Echtzeitdatenzugriffs mit geeigneten Schnittstellen mit in den nächsten drei Jahren geplanten Erstnutzern von 26 % bzw. 24 %. Doch auch etablierte Technologien wie beispielsweise Condition Monitoring oder mobile Geräte für die Programmierung der Anlagen zeichnen sich noch durch hohe Einführungsquoten von rund 20 % aus. In Relation zu den bisherigen

Abbildung 12: Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen



Nutzerquoten stellen sich die geplanten Einführungen bei datenbasierten Services und interaktiven Schnittstellen besonders dynamisch dar. Diese könnten zu einer Verdopplung bis hin zu einer Vervierfachung der Technologienutzung in diesen Bereichen führen.

Insgesamt ist die Nutzungsdynamik bei den abgefragten Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen, gerade vor dem Hintergrund der mittelständischen Struktur des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus und der oftmals vorherrschenden Auftragsorientierung und Kleinserienfertigung bei Systemanbietern in diesem Feld, sehr bemerkenswert. Deshalb soll auch die Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen zwischen Systemanbietern und Komponentenanbietern differenziert betrachtet werden.

2.4.3 Muster der Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produkten und Produktionsprozessen

Auffällig ist, dass die Nutzung von Digitalisierungstechnologien bei den eigenen Produkt- und Serviceangeboten insgesamt höher ist als in den Produktionsprozessen (Tabelle 1). Dieser statistisch signifikante Unterschied (Zufallswahrscheinlichkeit jeweils < 5 %) trifft auf Unternehmen aller Größenklassen zu – bis auf mittlere bis große Unternehmen (500-1999 Beschäftigte), bei denen dieser Unterschied nicht signifikant ist.

Die stärkere Produktorientierung bei der Nutzung von Digitalisierungstechnologien konnte man für Maschinen- und Anlagenbauunternehmen durchaus erwarten. In ihrer zentralen Funktion als Ausrüster von Produktionsprozessen ihrer Kunden spielen digitale Technologien eine zunehmend wichtige Rolle, während ihre eigenen Herstellungsprozesse stark durch Auftragsorientierung und Kleinserienfertigung geprägt sind, was deren Digitalisierungspotenziale begrenzt. Vertiefend ist es daher interessant, hier zwischen System- und Komponentenanbietern zu differenzieren, die sehr unterschiedliche Angebots- und Herstellungsprozesse aufweisen (Tabelle 2).

Hier zeigt sich, dass Systemanbieter mehr Digitalisierungstechnologien in ihren Produkten und Dienstleistungen anbieten als Komponentenanbieter. Bei der Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Produktionsprozessen

Tabelle 1: Nutzung von Digitalisierungstechnologien bei Produkten & Dienstleistungen und in der Produktion nach Größenklassen		
Größenklasse	**Anzahl genutzter Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services M (SD)**	**Anzahl genutzter Digitalisierungstechnologien in der Produktion M (SD)**
< 100 Beschäftigte	3,27 (3,10)	2,05 (2,82)
100 – 499 Beschäftigte	3,75 (3,06)	2,91 (2,47)
500 -1999 Beschäftigte	3,72 (3,29)	3,00 (2,49)
≥ 2000 Beschäftigte	6,00 (2,88)	3,79 (3,38)
M = Mittelwert, SD = Standardabweichung		

ist es jedoch umgekehrt. Insgesamt zeigen sich hier, wie vermutet, die unterschiedlichen Strategien und Schwerpunktsetzungen der System- und Komponentenanbieter. Erstere setzen aufgrund ihrer komplexen und erklärungsbedürftigen Produkte und auftragsbezogenen Kleinserienproduktion stärker auf digitale Innovationen ihrer Produkte und Dienstleistungen. Letztere nutzen aufgrund ihrer größeren Losgrößen in der Produktion etwa gleichwertig auch innovative Digitalisierungstechnologien in ihren eigenen Produktionsprozessen. Daher ist der Unterschied in der Technologienutzung zwischen Produkten und Produktion bei Systemanbietern weitaus größer als bei Komponentenanbietern.

Die größten Unterschiede in den eigenen Produktionsprozessen zeigen sich zwischen Komponenten- und Systemanbietern bei digitalen Technologien, die eine datenbasierte Vernetzung der Produktionsmittel unterstützen. Dies umfasst insbesondere Maschinen mit Internetzugang zur Datenanalyse in Echtzeit (33 % der Komponentenanbieter vs. 19 % der Systemanbieter), automatisierte Maschine-zu-Maschine-Kommunikation M2M (23 % der Komponentenanbieter vs. 14 % der Systemanbieter), modulare Softwareapplikationen (Apps) zur Steuerung und Vernetzung der Produktionsprozesse (25 % der Komponentenanbieter vs. 17 % der Systemanbieter) sowie Cloud-Dienste für Datenaustausch, -analyse und -speicherung (25 % der Komponentenanbieter vs. 15 % der Systemanbieter).

Beim eigenen Angebot digitalisierter Produkte und Services zeigen sich Systemanbieter gegenüber Komponentenanbietern insbesondere bei solchen Konzepten aktiver, die dem Kunden einen störungsfreieren und effizienteren Einsatz der gelieferten Produktionssysteme garantieren oder dabei unterstützen. Dies umfasst beispielsweise Remote Services (80 % der Systemanbieter vs. 54 % der Komponentenanbieter) und Condition Monitoring Angebote (54 % der Systemanbieter vs. 42 % der Komponentenanbieter), Software zur Modellierung oder Simulation des Produktionsprozesses (40 % der Systemanbieter vs. 26 % der Komponentenanbieter) sowie mobile Geräte für die Bedienung (39 % der Systemanbieter vs. 28 % der Komponentenanbieter) der Maschinen und Anlagen. Die detaillierten Angebots- und Nutzerzahlen können aus der Abbildung 39 und Abbildung 40 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 2: Nutzung von Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services und in der Produktion nach System- und Komponentenanbietern		
	Anzahl genutzter Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services M (SD)	**Anzahl genutzter Digitalisierungstechnologien in der Produktion M (SD)**
Systemanbieter	4,18 (3,11)	2,52 (2,65)
Komponentenanbieter	3,05 (2,84)	3,65 (3,02)
M = Mittelwert, SD = Standardabweichung		

2.4.4 Eigenentwicklung von Digitalisierungstechnologien für die eigenen Produkte und Dienstleistungen

Ein entscheidender Aspekt für die Innovationsorientierung und die erforderlichen Digitalisierungskompetenzen der befragten Unternehmen ist, ob die mit den Produkten und Dienstleistungen angebotenen digitalen Technologien selbst entwickelt oder zugekauft werden. Dabei zeigt sich, dass insbesondere digitalisierte Serviceangebote wie Predictive Maintenance, Condition Monitoring oder Online-Schulungen sowie Angebote zur M2M-Kommunikation, zur Echtzeit-Datenanalyse und Apps von den Maschinenbauunternehmen überwiegend selbst entwickelt werden (Abbildung 13). Hier scheinen die Unternehmen mehrheitlich Kernkompetenzen zu sehen, mit denen sie sich vom (internationalen) Wettbewerb differenzieren und zusätzlichen Nutzen für ihre Kunden schaffen können.

In etwa ausgeglichen ist die Quote zwischen Eigenentwicklung und Zukauf bei zwei weiteren Serviceangeboten, den Remote Services und datenbasierten Dienstleistungen auf Basis komplexer Datenanalysen. Hier scheinen die Unternehmen etwa gleich verteilt Potenzial für eigene Kernkompetenzen zu sehen oder eher vorhandene Technologien zuzukaufen. Bei datenbasierten Diensten verfügen sie möglicherweise auch nicht über ausreichend eigene Fähigkeiten, um diese selbstständig entwickeln zu können. Dagegen wird vor allem bei mobilen Geräten für die Programmierung und Bedienung der Anlagen sowie bei Cloud-Diensten und Simulationssoftware eher auf vorhandene Technologien „von der Stange“ zurückgegriffen. Hier scheinen die befragten Unternehmen weniger Differenzierungsmöglichkeiten durch eigene Lösungen zu sehen.

Zur Gesamteinschätzung der Eigenentwicklungsinitiativen und der daraus resultierenden Kompetenzanforderungen wurden drei Aktivitätstypen gebildet.

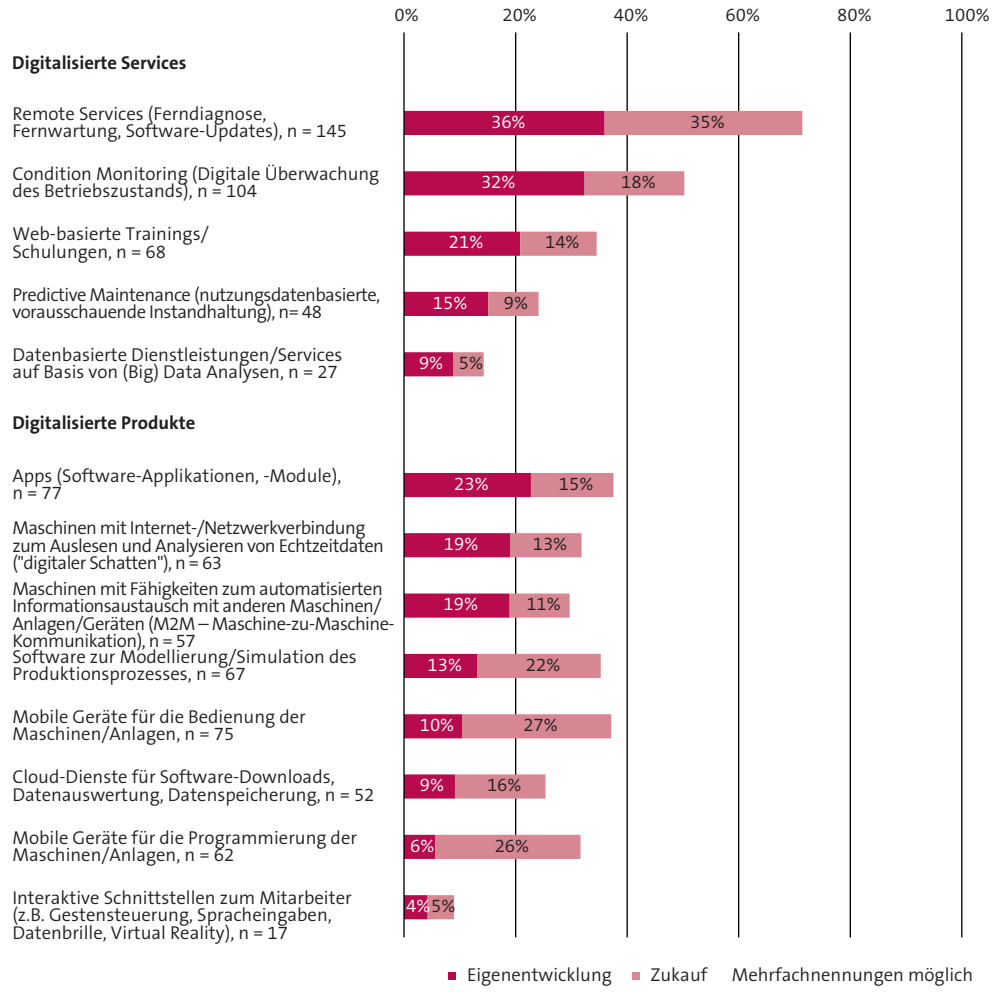
Wie sich zeigt, kann jeweils der größte Teil der befragten Unternehmen bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte und Services als Außenstehende klassifiziert werden (Abbildung 14). 58 % haben noch keine der abgefragten digitalisierten Produkttechnologien und 48 % noch keine der abgefragten digitalisierten Servicetechnologien selbst entwickelt. Etwa die Hälfte der befragten Unternehmen scheint sich bei Eigenentwicklungen in diesen Feldern also grundsätzlich zurückzuhalten. Der Gruppe der

Aktivitätstypen der Eigenentwicklung

Die Aktivitätstypen besagen, in welchem Umfang die befragten Unternehmen digitalisierte Produkte oder Dienstleistungen bereits selbst entwickeln. Zu den fünf digitalisierten Services zählen hierbei Remote Services, Condition Monitoring, Online-Schulungen, Predictive Maintenance und datenbasierte Dienstleistungen. Die acht digitalisierten Produkte umfassen die restlichen der in Abbildung 13 dargestellten Technologien. Die Unternehmen werden als **Außenstehende** klassifiziert, wenn sie keine der jeweiligen Technologien selbst entwickelt haben. **Einsteiger** haben jeweils ein bis zwei der fünf abgefragten digitalisierten Services bzw. der acht abgefragten digitalisierten Produkte eigenständig entwickelt. **Fortgeschrittene** zeichnen sich durch Eigenentwicklungen von jeweils mindestens drei der abgefragten Technologien (Produkte oder Services) aus.

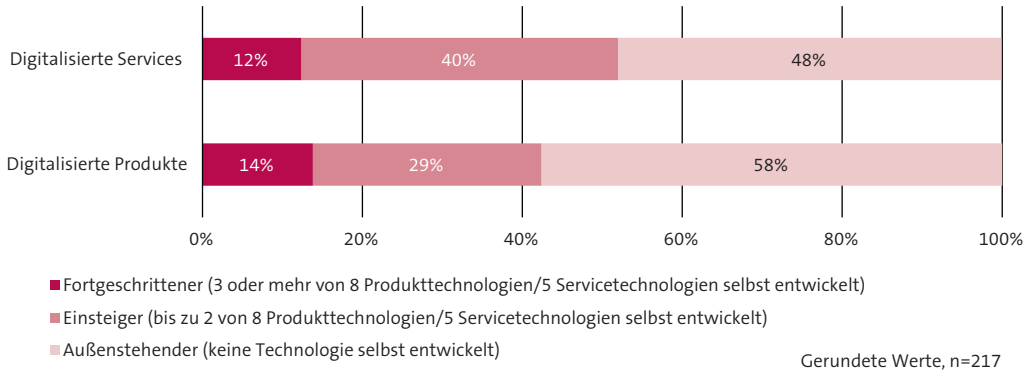
Hinweis: Diese Typisierung umfasst im Unterschied zu anderen Studien wie beispielsweise der IMPULS Industrie 4.0 Readiness-Studie nicht nur das Angebot oder die Nutzung der abgefragten Technologien, sondern auch die Frage von „Make or buy“: Betreiben die befragten Unternehmen eine selbstständige Eigenentwicklung der jeweiligen Technologien oder kaufen sie diese lediglich extern zu? Die selbstständige Entwicklung stellt einen wichtigen Indikator für unterschiedliche Anforderungen an heutige und zukünftige Digitalisierungskompetenzen dar, die es in den folgenden Analysen zu beachten gilt.

Abbildung 13: Make or buy digitaler Technologien für die eigenen Produkte und Dienstleistungen



Einsteiger können bei digitalisierten Produkten etwa 29 % und bei digitalisierten Services etwa 40 % der Unternehmen zugeordnet werden. Die Fortgeschrittenen in der Eigenentwicklung machen sowohl bei digitalisierten Produkten als auch bei digitalisierten Services (14 % bzw. 12 %) die jeweils kleinste Gruppe aus. Nur jeweils jedes siebte bis achte Unternehmen kann demnach als „Fortgeschrittener“ in diesen Bereichen betrachtet werden.

Abbildung 14: Aktivitätstypen bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte und Services



2.5 Organisation der Digitalisierung

2.5.1 Methodeneinsatz zur Software- und IT-Entwicklung

Für eine schnelle und kundenorientierte Entwicklung digitalisierter Produkte und Dienstleistungen ist es von besonderer Relevanz, leistungsfähige und aktuelle Entwicklungsmethoden für die Software- und IT-Entwicklung einzusetzen. In der Umfrage wurde der Einsatz folgender Methoden abgefragt:

- Agile Entwicklungsmethoden (Scrum etc.)
- Designorientierte Entwicklungsmethoden (Design Thinking, User-Centered Design)
- Offene Innovationsprozesse (Open Innovation)
- Gestaltungsrichtlinien/Styleguides (für benutzerfreundliches Design etc.)
- IT-Sicherheitsrichtlinien für Produkte oder Geschäftsprozesse

Ein Blick auf den Methodeneinsatz zur Software- und IT-Entwicklung (Abbildung 15) zeigt, dass IT-Sicherheit als ein zentrales Thema in den Unternehmen angekommen ist. Mehr als die Hälfte der befragten Maschinen- und Anlagenbauer nutzen IT-Sicherheitsrichtlinien. Inwieweit die Richtlinien bereits von Beginn an in die Entwicklung integriert und umgesetzt werden, bleibt allerdings offen. Wird der geplante Anteil hinzugerechnet, sind es nahezu drei Viertel aller Unternehmen, die eine IT-Sicherheitsrichtlinie für Produkte und Geschäftsprozesse zukünftig verwenden. Dies deutet darauf hin, dass bereits auf breiter Fläche ein Bewusstsein für den Sicherheitsaspekt bei der Digitalisierung vorhanden ist.

Auch benutzerfreundliches IT-Design ist ein relevantes Thema und wird am zweithäufigsten von den Unternehmen genannt. Ein Drittel der Unternehmen gibt an, Gestaltungsrichtlinien oder Styleguides zu verwenden, um Benutzeroberflächen bedienungsfreundlich zu gestalten und die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen. Inklusive jener Unternehmen, die eine Einführung planen, ist bei jedem zweiten Unternehmen ein benutzerfreundliches Design als wichtiger Aspekt angekommen. Bei den agilen Entwicklungsprozessen, wie z.B. Scrum, zeigen sich hingegen verschenkte Potenziale. Nur ein Viertel der Unternehmen hat sich bisher mit diesen Methoden beschäftigt und auch die weitere Entwicklung in den nächsten drei Jahren ist eher verhalten. Dies kann durchaus als Warnzeichen gelten, da Unternehmen hier insbesondere an

Abbildung 15: Einsatz von Methoden zur Software- und IT-Entwicklung

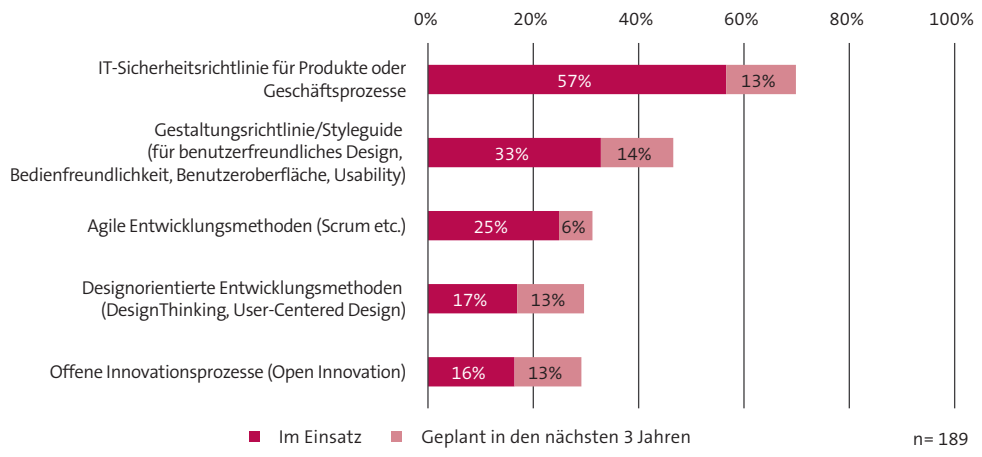
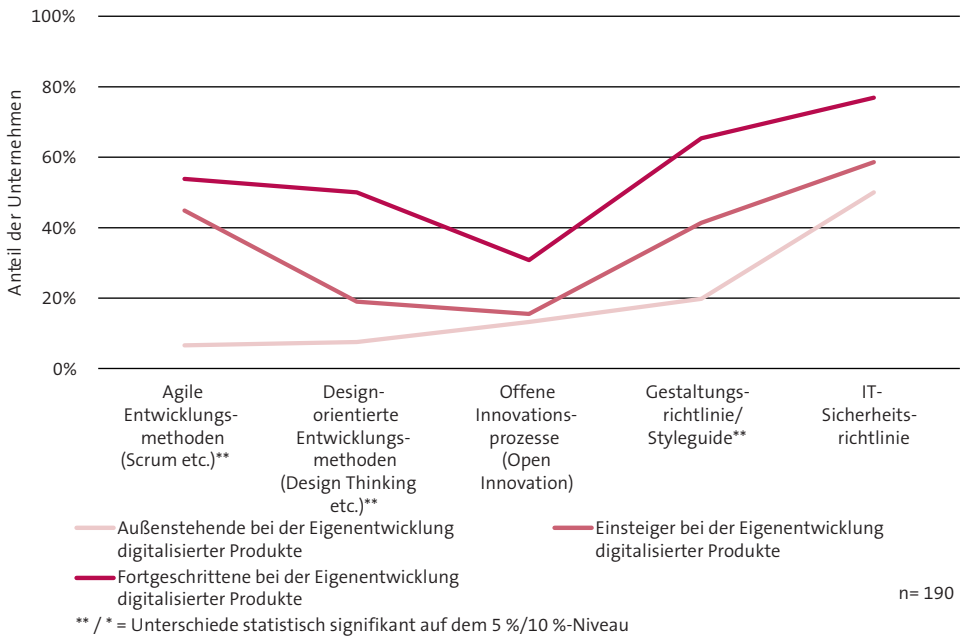


Abbildung 16: Anteil Methodeneinsatz nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte

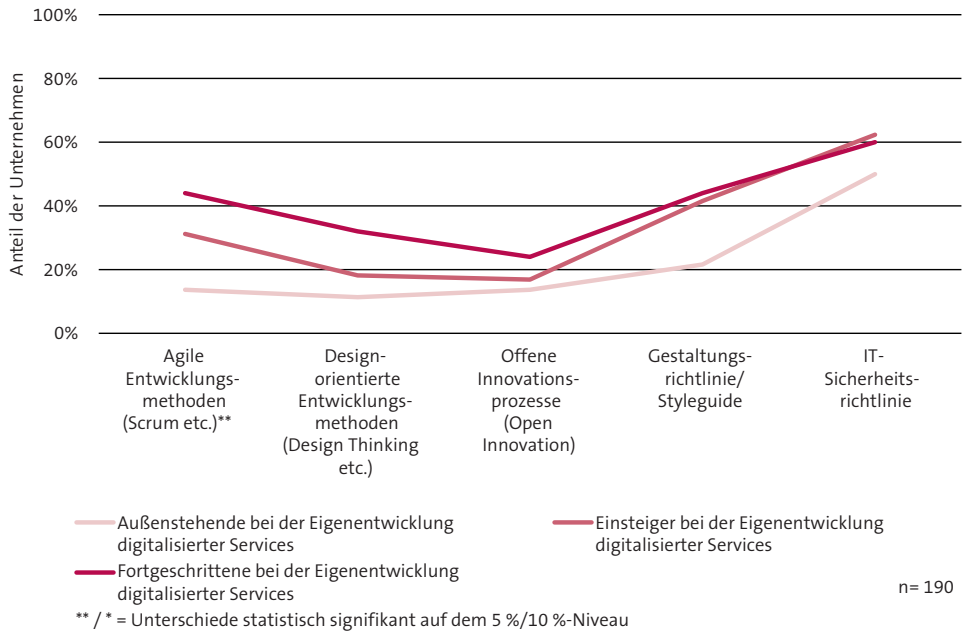


** / * = Unterschiede statistisch signifikant auf dem 5 %/10 %-Niveau

Potenzial für eine schnelle und kundenorientierte Entwicklung von Prototypen und schnellem Kundenfeedback zur Nützlichkeit und Nutzbarkeit bei Digitalisierungslösungen einbüßen.

Nur jedes sechste bis siebte Unternehmen gibt an, designorientierte Entwicklungsmethoden (z.B. Design Thinking) oder offene Innovationsprozesse zu verwenden. Zusammen mit der geplanten Entwicklung sind diese Methoden auf einem ähnlichen Niveau wie agile Entwicklungsmethoden, also bei etwa jedem dritten Unternehmen im Einsatz oder geplant. Dies ist ebenfalls kritisch zu bewerten, da gerade Design Thinking-Ansätze und offene Innovationsprozesse zur Generierung und Integration von spezifischen Einsichten und Wünschen der Nutzer („User Insights“) enormes Potenzial zur Entwicklung neuer Produkte und Services bieten.

Abbildung 17: Anteil Methodeneinsatz nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Services



** / * = Unterschiede statistisch signifikant auf dem 5 %/10 %-Niveau

Die besondere Relevanz einzelner Methoden bestätigt sich mit einem Blick auf die detaillierteren Auswertungen in Abbildung 16 und Abbildung 17, die diese in Zusammenhang mit der Eigenentwicklungsfähigkeit der Unternehmen bei digitalisierten Produkten und Services setzen. Es zeigt sich, dass es signifikante Unterschiede in der Verwendung von agilen Entwicklungsmethoden, designorientierten Entwicklungsmethoden und Gestaltungsrichtlinien/Styleguides bei digitalisierten Produkten gibt. Unternehmen, die in der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte „fortgeschritten" sind, also mindestens drei der abgefragten acht Technologien für digital vernetzte Produkte selbst entwickeln, nutzen etwa acht Mal häufiger agile Entwicklungsmethoden als die Gruppe der „Außenstehenden". Designorientierte Entwicklungsmethoden werden etwa sechs bis sieben Mal häufiger verwendet und Gestaltungsrichtlinien/Styleguides etwa drei Mal so häufig. Bei den digitalisierten Services zeigt sich eine ähnliche Tendenz, aber der Unterschied zwischen den Aktivitätstypen ist nur bei den agilen Entwicklungsmethoden signifikant. Hier verwendet die Gruppe der „fortgeschrittenen" Unternehmen etwa drei Mal häufiger jene Methoden als die Gruppe der „Außenstehenden" (Abbildung 17). Insgesamt zeigt sich, dass insbesondere agile und designorientierte Entwicklungsmethoden die Eigenentwicklungsfähigkeit der Unternehmen bei digitalisierten Produkten signifikant befruchten können. Agilität und häufige Interaktion mit den Kunden und Nutzern spielen außerdem eine wichtige Rolle für die erfolgreiche Entwicklung digitalisierter Dienstleistungen.

2.5.2 Strategische Maßnahmen zum Auf- und Ausbau der notwendigen Digitalisierungskompetenzen

Die häufigsten Maßnahmen zum Auf- und Ausbau der notwendigen Digitalisierungskompetenzen bei den befragten Maschinenbauunternehmen sind die Schulung eigener Mitarbeiter zu IT- bzw. Software-Spezialisten sowie die Nutzung interner Wissensmanagementsysteme, die jeweils etwa acht von zehn Unternehmen einsetzen, jeweils etwa die Hälfte in hohem oder mittlerem Maße (Abbildung 18). Es folgen die Einstellung von IT- und Software-Spezialisten, eine regelmäßige Zusammenarbeit von Unternehmens-IT und Produkt-IT, die Auslagerung der Softwareentwicklung an externe Dienstleister sowie Kooperationen mit IT- oder Softwareunternehmen, auf die jeweils etwa 70 bis 75 % der befragten Unternehmen setzen, dabei jeweils etwa 40 bis 45 % in hohem oder mittlerem Maße.

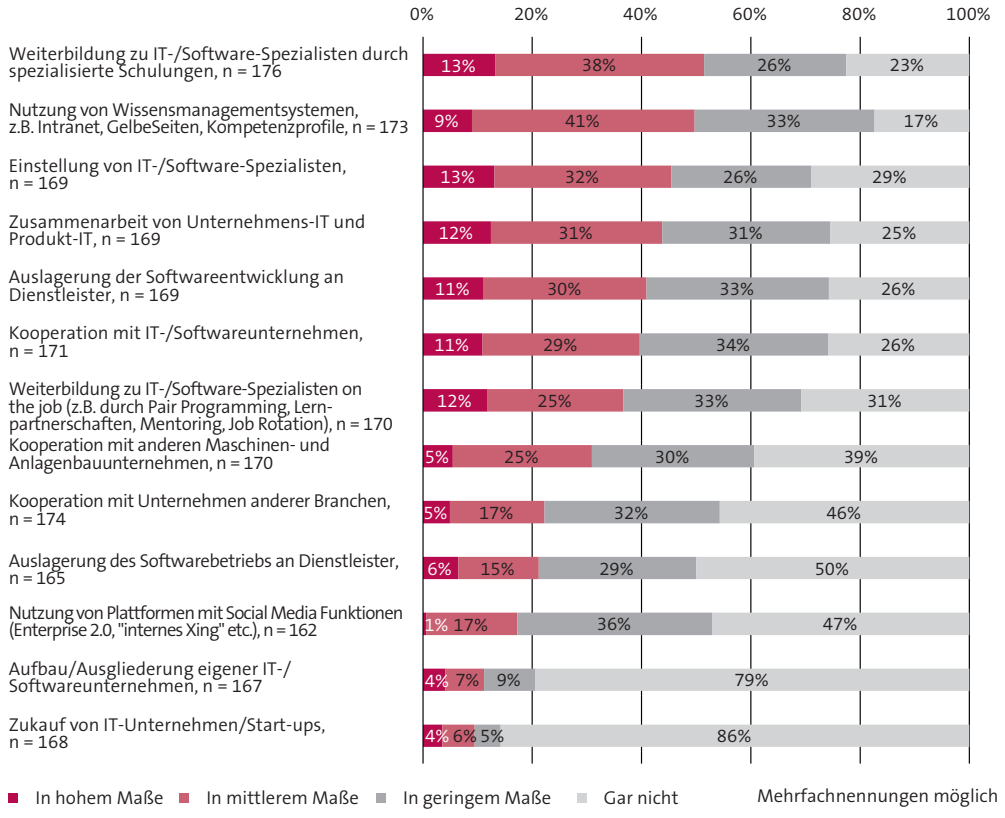
Schon deutlich seltener und weniger intensiv genutzt werden Kooperationen mit anderen Unternehmen sowie die Auslagerung der Softwareentwicklung an externe Dienstleister. Letzteres zeigt, dass die meisten Unternehmen die Softwareentwicklung als zentrale Kernkompetenz für die Digitalisierung ansehen und deshalb nur in wenigen Fällen in großem Umfang an externe Dienstleister auslagern.

Plattformen mit Social Media Funktionen als innovatives Konzept zur Verbesserung der Transparenz und Vernetzung der entsprechenden Kompetenzträger im Betriebe werden bislang nur von einem Bruchteil der Unternehmen intensiv genutzt.

Mit einem Fünftel gibt ein erstaunlich hoher Anteil der Maschinen- und Anlagenbauunternehmen an, einen Aufbau bzw. eine Ausgliederung eigener IT- bzw. Softwareunternehmen zu betreiben. Noch erstaunlicher ist die bemerkenswert hohe Nutzerquote dieser Strategie bei kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten (15 %) und mittleren Unternehmen mit 100 bis 499 Beschäftigten (25 %) (Abbildung 19). Die wichtigsten Gründe für diese strategische Option sind, wie die begleitenden Experteninterviews zeigen (Kapitel 3), die organisatorische Trennung zur Unterstützung der „zwei Entwicklungsgeschwindigkeiten" von traditionellem Maschinenbau und agiler Softwareentwicklung, der Zugang zu neuen Branchen und Geschäftsmodellen sowie die höhere Anziehungskraft eines eigenständigen, kleinen Softwareunternehmens für die Gewinnung qualifizierten IT-Personals.

Der Zukauf von IT-Unternehmen bzw. Start-ups findet sich am Ende der Rangliste, da diese Strategie aufgrund der dafür notwendigen finanziellen Ressourcen stark auf große Unternehmen beschränkt bleibt (Abbildung 19).

Abbildung 18: Strategische Maßnahmen zum Auf- und Ausbau von Digitalisierungskompetenzen



Aus der Differenzierung der Nutzung der abgefragten Maßnahmen nach Größenklassen der Unternehmen (Abbildung 19) ergeben sich weitere interessante Einsichten. So werden Einstellungen von IT- und Software-Spezialisten absolut deutlich seltener von kleinen Unternehmen genutzt, was auf Schwierigkeiten bei der Rekrutierung entsprechender Fachkräfte schließen lässt. Auch die Weiterbildung zu IT- oder Software-Spezialisten wird viel stärker von mittleren und großen Firmen genutzt. Hier stellen die verfügbaren Ressourcen und finanziellen Mittel in den kleinen Betrieben manchmal einen entscheidenden Engpass dar.

Dagegen wird die Auslagerung der Softwareentwicklung an externe Dienstleister sogar häufiger von kleinen Unternehmen genutzt. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere kleinere Firmen bei zukunftsfähigen Digitalisierungskompetenzen häufig von externen Anbietern abhängig sind und selten alle notwendigen Kompetenzen im eigenen Haus vorhalten können.

2.6 Digitalisierungskompetenzen

2.6.1 Eigene Mitarbeiter und Kompetenzen für die Digitalisierung

Die interne Fähigkeit von Unternehmen, die Herausforderungen der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung ihrer Produkte und Prozesse zu meistern, hängt in starkem Maße davon ab, ob und in welchem Umfang sie eigene Mitarbeiter haben, die über die notwendigen Digitalisierungskompetenzen verfügen. Wichtige Digitalisierungskompetenzen, die im Rahmen dieser Studie erfasst wurden, sind:

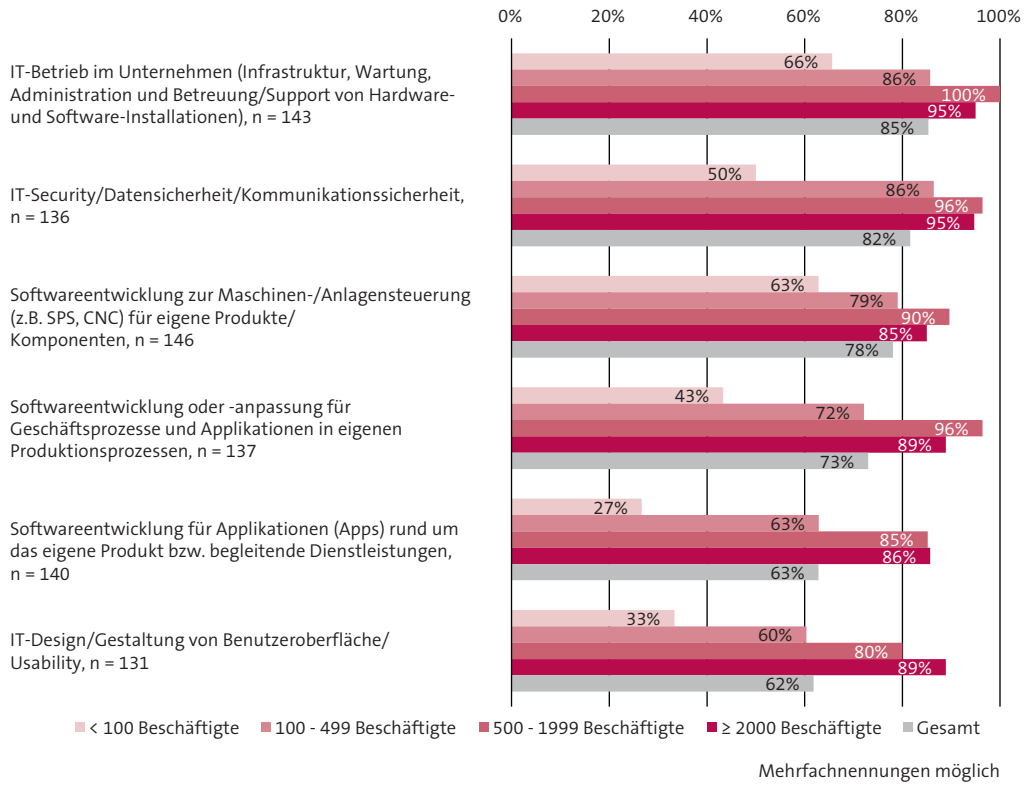
- die Softwareentwicklung zur Maschinen- und Anlagensteuerung mittels klassischer SPS- oder CNC-Programmierung,
- die Softwareentwicklung für Applikationen (Apps) für eigene Produkte bzw. Dienstleistungen,
- die Softwareentwicklung für Applikationen (Apps) für eigene Produktionsprozesse,
- den IT-Betrieb im Unternehmen,

Abbildung 19: Strategische Maßnahmen zum Auf- und Ausbau von Digitalisierungskompetenzen nach Größenklassen

- die IT-Sicherheit und Datensicherheit,
- das IT-Design bzw. die benutzerorientierte Gestaltung von Bedienoberflächen.

Wie sich zeigt, haben 85 % der befragten Maschinenbauunternehmen eigene Mitarbeiter für den IT-Betrieb im Unternehmen und betreiben ihre IT-Infrastruktur und -Anwendungen damit zumindest in Teilen intern (Abbildung 20).

Abbildung 20: Betriebe mit eigenen Mitarbeitern bei ausgewählten Digitalisierungskompetenzen



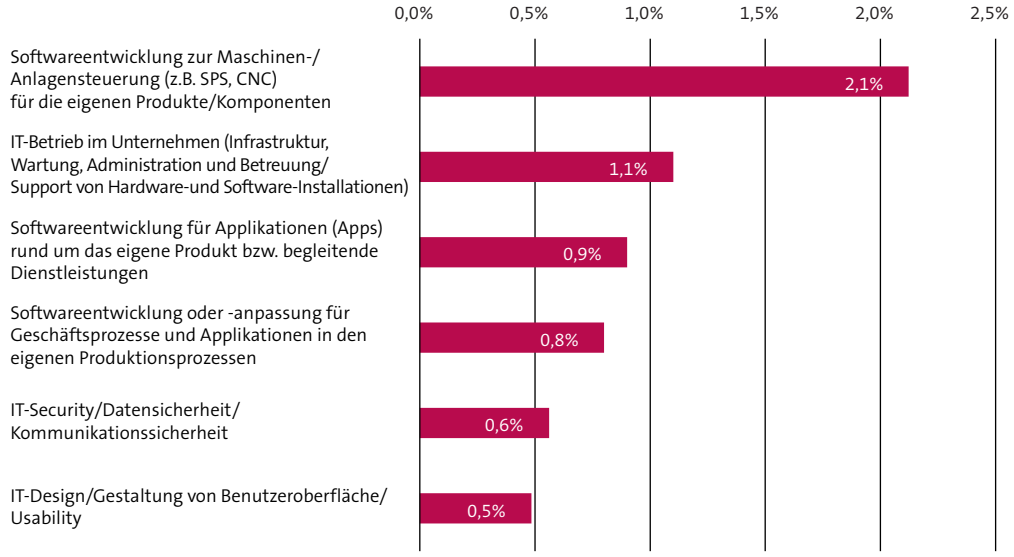
Jeweils etwa 80 % der befragten Unternehmen geben an, über eigene Mitarbeiter für die IT- und Datensicherheit sowie die Softwareentwicklung zur Maschinen- und Anlagensteuerung mittels klassischer SPS- oder CNC-Programmierung zu verfügen. Etwa drei Viertel der Maschinenbaubetriebe weisen eigene Mitarbeiter für die Softwareentwicklung von Applikationen (Apps) für eigene Produktionsprozesse auf. Diese Kompetenzen werden damit von einem Großteil der befragten Unternehmen zumindest in Teilen intern vorgehalten, eine komplette Auslagerung dieser Leistungen betreibt nur etwa jedes vierte bis fünfte Unternehmen.

Etwas anders stellt sich die Situation für die Softwareentwicklung von Applikationen (Apps) rund um eigene Produkte bzw. eigene Dienstleistungen sowie die benutzerorientierte Gestaltung von Bedienflächen dar. Hier geben im Durchschnitt jeweils mehr als 60 % der befragten Unternehmen an, über eigene Mitarbeiter mit diesen Kompetenzen zu verfügen. Im Umkehrschluss haben damit etwa vier von zehn Maschinenbauunternehmen keine eigenen Mitarbeiter und damit auch keine internen Kompetenzen für diese zunehmend wichtiger werdenden Themen.

Bei kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten haben sogar jeweils etwa sieben von zehn Unternehmen keine eigenen Mitarbeiter in diesen Bereichen. Auch beim Kernthema IT-Sicherheit gibt die Hälfte dieser Unternehmen an, über keine eigenen Mitarbeiter und internen Kompetenzen zu verfügen. Gerade kleine Unternehmen des deutschen Maschinenbaus scheinen daher zu großen Anteilen wichtige Kernkompetenzen für die Digitalisierung ihrer Produkte und Prozesse extern zuzukaufen oder in Kooperationen mit IT- bzw. Softwareunternehmen zu betreiben, um die anstehenden Herausforderungen meistern zu können. Gegebenenfalls misst ein relevanter Anteil von kleinen Unternehmen diesen Bereichen auch noch nicht die entsprechende strategische Bedeutung zu, um hierfür interne Kompetenzen aufzubauen.

Neben der Frage, ob Maschinen- und Anlagenbauunternehmen überhaupt über eigene Mitarbeiter in den angesprochenen Bereichen verfügen, ist für die Einschätzung der internen Digitalisierungskompetenzen zudem relevant, wie viele Mitarbeiter mit diesen Kompetenzen beschäftigt werden. Mit einem mittleren Anteil von etwa 2 % an der Gesamtbeschäftigung weisen die befragten Unternehmen am meisten eigene Mitarbeiter in der Softwareentwicklung zur Maschinen- und Anlagensteuerung mittels

Abbildung 21: Anteil der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung

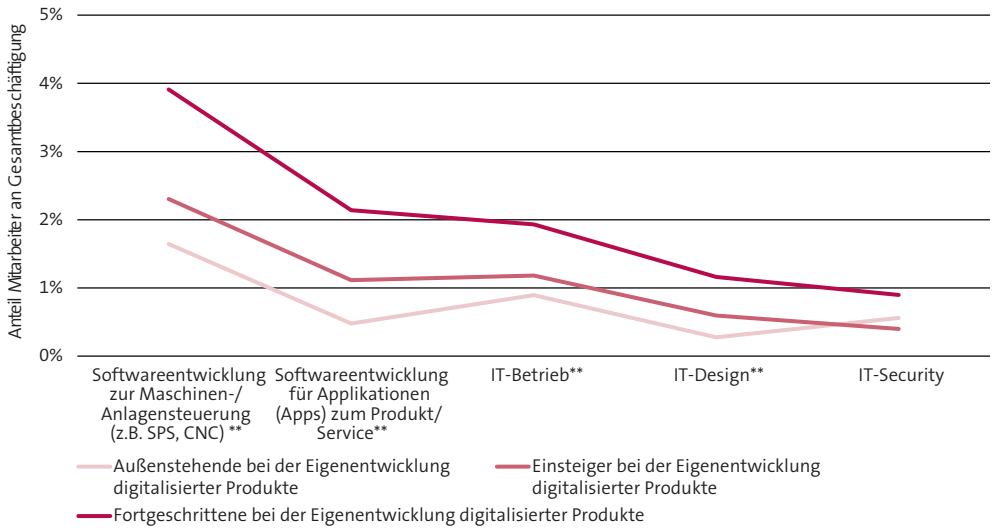


um Ausreißer bereinigt, n= 139

klassischer SPS- oder CNC-Programmierung auf (Abbildung 21). Mit einem Anteil von jeweils etwa 1 % an der Gesamtbeschäftigung sind in den befragten Unternehmen schon deutlich weniger Mitarbeiter intern für die zunehmend wichtiger werdende Softwareentwicklung von Applikationen (Apps) für die eigenen Produkte oder Produktionsprozesse sowie den internen IT-Betrieb zuständig. In den ebenfalls wichtigen Bereichen IT-Sicherheit und benutzerorientiertes IT-Design sind jeweils nur etwa 0,5 % aller Mitarbeiter tätig.

Setzt man die ausgewiesenen Mitarbeiteranteile bei den jeweiligen Digitalisierungskompetenzen in Bezug zu den in Abbildung 14 dargestellten Aktivitätstypen bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services, so zeigen sich unterschiedliche Muster (Abbildung 22). So weisen Unternehmen, die in der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte „fortgeschritten" sind, also mindestens drei der abgefragten acht Technologien für digital vernetzte Produkte selbst entwickeln, signifikant überdurchschnittliche Mitarbeiteranteile bei der Softwareentwicklung für die Maschinen- und Anlagensteuerung auf.

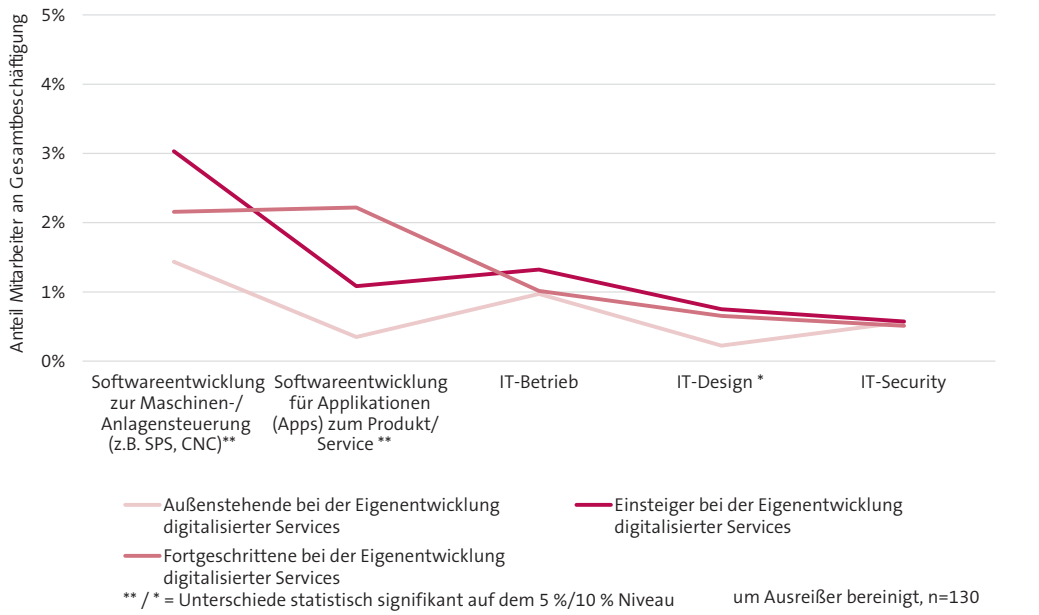
Abbildung 22: Anteile der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte



** / * = Unterschiede statistisch signifikant auf dem 5 %/10 %-Niveau

um Ausreißer bereinigt, n= 130

Abbildung 23: Anteile der Mitarbeiter mit Digitalisierungskompetenzen an der Gesamtbeschäftigung nach Aktivitätstypen der Eigenentwicklung digitalisierter Services



Gleiches gilt für Applikationen rund um eigene Produkte, den internen IT-Betrieb und für das benutzerorientierte IT-Design. Die entsprechenden Mitarbeiteranteile mit diesen Kompetenzen sind etwa doppelt so hoch wie bei „Einsteigern“ (ein bis zwei der abgefragten digitalisierten Produkttechnologien werden selbst entwickelt) und bis zu viermal höher als bei den „Außenstehenden“ (keine digitalisierten Produkte selbst entwickelt).

Dies zeigt erwartungsgemäß, dass eigene Kompetenzen bei der Softwareentwicklung für die eigenen Produkte und Komponenten eine wichtige Voraussetzung für die Fähigkeit sind, eigenständig digitalisierte Produkte entwickeln und anbieten zu können. Auch eine entsprechende Ausstattung mit internen Kompetenzen beim benutzerorientierten IT-Design der eigenen Produkte scheint eine wichtige Voraussetzung für die Eigenentwicklungsfähigkeit von digitalisierten Technologien zu sein. Neben den technischen IT- und Softwarekompetenzen scheinen demnach auch Fähigkeiten zur kundenorientierten Gestaltung benutzerfreundlicher IT-Oberflächen eine wesentliche Voraussetzung zu sein, um digitalisierte Lösungen erfolgreich in den Markt einführen und an den Kunden bringen zu können.

Ebenfalls signifikant ist der positive Zusammenhang zwischen internen Kapazitäten beim IT-Betrieb und der Eigenentwicklungsfähigkeit digitalisierter Produkte. Demnach scheint es einigen Unternehmen zu gelingen, die technischen IT-Kompetenzen des eigenen IT-Betriebs auch für spezifische Produktentwicklungsprojekte zur Ausgestaltung digitalisierter Lösungen nutzbar zu machen. Dieser Zusammenhang zeigt sich allerdings nicht bei der Eigenentwicklung digitalisierter Services (Abbildung 23). Hier scheinen der Kundenbezug und das Verständnis der konkreten Kundenprobleme noch wichtiger zu sein, was für den internen IT-Betrieb kaum vorausgesetzt werden kann.

Ansonsten zeigen sich für die Eigenentwicklungsfähigkeit digitalisierter Services ähnliche Muster des Zusammenhangs in Bezug auf wichtige Digitalisierungskompetenzen wie bei den digitalisierten Produkten. Für Fortgeschrittene sind interne Kompetenzen bei der Softwareentwicklung zur Maschinen- und Anlagensteuerung etwas weniger wichtig, die Fähigkeit zur Softwareentwicklung von Apps zur Unterstützung der eigenen Services dagegen noch etwas wichtiger als für die Eigenentwicklung digitalisierter Produkte. Auch das benutzerorientierte IT-Design spielt für die erfolgreiche Entwicklung digitalisierter Services eine wichtige Rolle.

Das Kernthema IT-Sicherheit scheint für alle Unternehmen unabhängig von ihren Strategien und Fähigkeiten zur Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services gleichermaßen ein wichtiges Querschnittsthema zu sein. Da Fragen der IT- und Datensicherheit in der Zwischenzeit für viele weitere betriebliche Aspekte und Geschäftsprozesse relevant sind, zeigt sich hier kein signifikanter Zusammenhang.

Bei der Einschätzung der zukünftigen Bedarfe für die abgefragten Digitalisierungskompetenzen zeigt sich ein differenziertes Bild (Abbildung 24). Bei den für die Produkt- und Serviceentwicklung wichtigen Kompetenzen in der Softwareentwicklung für entsprechende Applikationen oder für die Maschinen- und Anlagensteuerung geben die Hälfte beziehungsweise mehr als 50 % der befragten Maschinenbauunternehmen an, dass sie hier von „stark steigenden“ oder „steigenden“ Bedarfen ausgehen. Gerade bei diesen produktbezogenen Digitalisierungskompetenzen ist daher zukünftig mit steigender Nachfrage und möglichen Engpässen auf der Angebotsseite zu rechnen. Bei den anderen abgefragten Digitalisierungskompetenzen gehen die befragten Unternehmen mehrheitlich von einem „gleichbleibenden“ Bedarf aus. Dennoch rechnen auch bei der Softwareentwicklung für die eigenen Geschäftsprozesse, beim IT-Design und bei der IT-Sicherheit jeweils etwa 35 bis 40 % der Maschinenbauunternehmen mit „(stark) steigenden“ Bedarfen. Lediglich beim IT-Betrieb beträgt der Anteil der Unternehmen, die hier eine Nachfragezunahme erwarten, unter 30 %. Allerdings bleibt für alle der abgefragten Digitalisierungskompetenzen zu konstatieren, dass der Anteil der Firmen, die von einem „stark steigenden“ Bedarf ausgehen, mit jeweils unter 10 % eher moderat ist. In der Fläche ist daher wohl auch mit einem eher moderaten Beschäftigungsausbau bei diesen Kompetenzen zu rechnen, was sich mit dem Bild zu den geplanten Neueinstellungen (Abbildung 10) durchaus deckt.

Die dargestellte, erwartete Bedarfsentwicklung bei den abgefragten Digitalisierungskompetenzen kann nun in Bezug gesetzt werden zu den mittleren Mitarbeiterbeständen der „Fortgeschrittenen“ und „Einsteiger“ bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte und Services in diesen Kompetenzfeldern. Daraus lassen sich „Reflexionswerte“ ableiten, die Unternehmen zum Nachdenken und zur Sensibilisierung für eine ausreichende Ressourcenausstattung anregen sollen, wenn sie sich zum „Einsteiger“ oder „Fortgeschrittenen“ bei der Eigenentwicklungsfähigkeit digitalisierter Angebote entwickeln wollen. Die entsprechenden Werte sind qualitativ aus den mittleren Mitarbeiteranteilen abgeleitet und können als Anreiz zur kritischen Reflexion für eine interne Diskussion herangezogen werden (Tabelle 3). Beispielsweise könnte dies ein Unternehmen, das weniger als 2 % eigene Mitarbeiter mit Kompetenzen in der Applikationsentwicklung (Apps) für neue Produkte oder Services hat, dazu anregen zu prüfen: Reicht dies für die eigenen Ansprüche als „Fortgeschrittener“ oder gar „Vorreiter“ bei der Eigenentwicklung digitalisierter Angebote mittelfristig wirklich aus? Ähnliche Anregungen können auch aus den „Reflexionswerten“ zu den anderen Digitalisierungskompetenzen gezogen werden.

Abbildung 24: Zukünftiger Bedarf für ausgewählte Digitalisierungskompetenzen

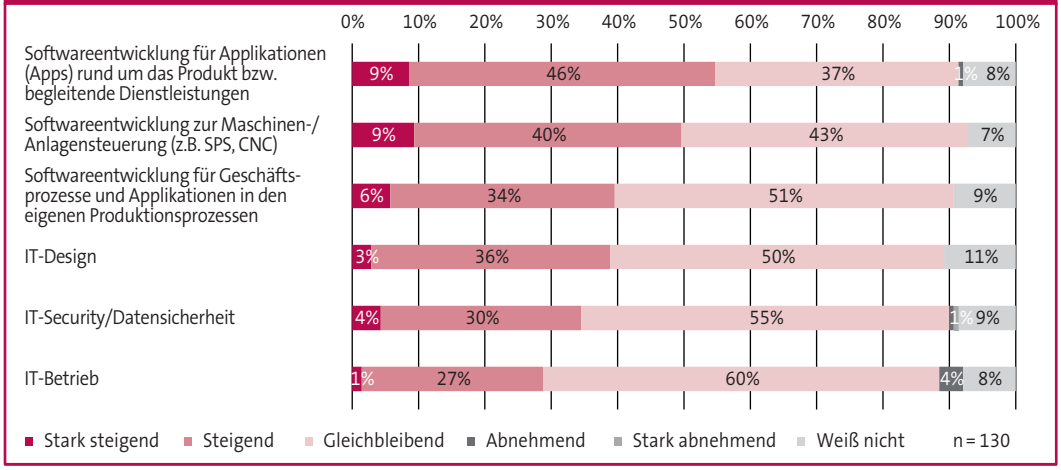


Tabelle 3: Reflexionswerte zur ausreichenden Ressourcenausstattung für eine erfolgreiche Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services

	Softwareentwicklung zur Maschinen- und Anlagensteuerung	Softwareentwicklung für Applikationen (Apps) zum Produkt/ Service	IT-Betrieb	IT-Security	IT-Design
Reflexionswert Mitarbeiteranteil (an Gesamtbeschäftigung) für „Einsteiger“ (bei der Eigenentwicklung digitalisierter Produkte oder Services)	2,5 %	1,0 %	1,0 %	0,5 %	0,5 %
Reflexionswert Mitarbeiteranteil (an Gesamtbeschäftigung) für „Fortgeschrittene“ (bei der Eigenent-wicklung digitalisierter Produkte oder Services)	3,0 %	2,0 %	1,5 %	1,0 %	1,0 %

2.6.2 Ausbildungshintergrund der Mitarbeiter in der Softwareentwicklung und im IT-Betrieb

Die befragten Unternehmen geben überwiegend an, Mitarbeiter mit ingenieurtechnischem (etwa neun von zehn Unternehmen) und informationstechnischem Hintergrund (drei von vier Unternehmen) in der Softwareentwicklung zu beschäftigen (Abbildung 25). Knapp die Hälfte der Maschinenbauunternehmen gibt allerdings an, auch Quereinsteiger einzusetzen. Nur bei etwa einem Drittel der befragten Unternehmen gibt es offenbar Softwareentwickler mit naturwissenschaftlichem Hintergrund wie Mathematik und Physik. Gerade bei komplexen Datenanalysen und Algorithmen-Entwicklungen ist oftmals eine naturwissenschaftliche Ausbildung von Vorteil, hier könnte noch Entwicklungspotenzial liegen.

Bei Mitarbeitern im IT-Betrieb wird wie erwartet ein informationstechnischer Hintergrund am häufigsten genannt (etwa drei von vier Unternehmen), gefolgt von einem ingenieurtechnischen Hintergrund der Mitarbeiter (etwa zwei Drittel der Unternehmen). Quereinsteiger sind im IT-Betrieb bei etwa gleich vielen und

Abbildung 25: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen in der Softwareentwicklung und im IT-Betrieb

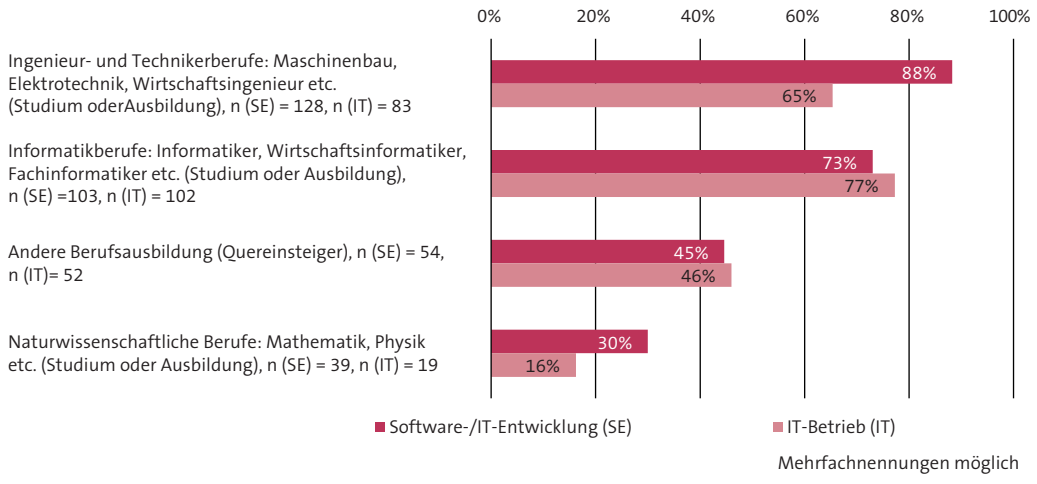
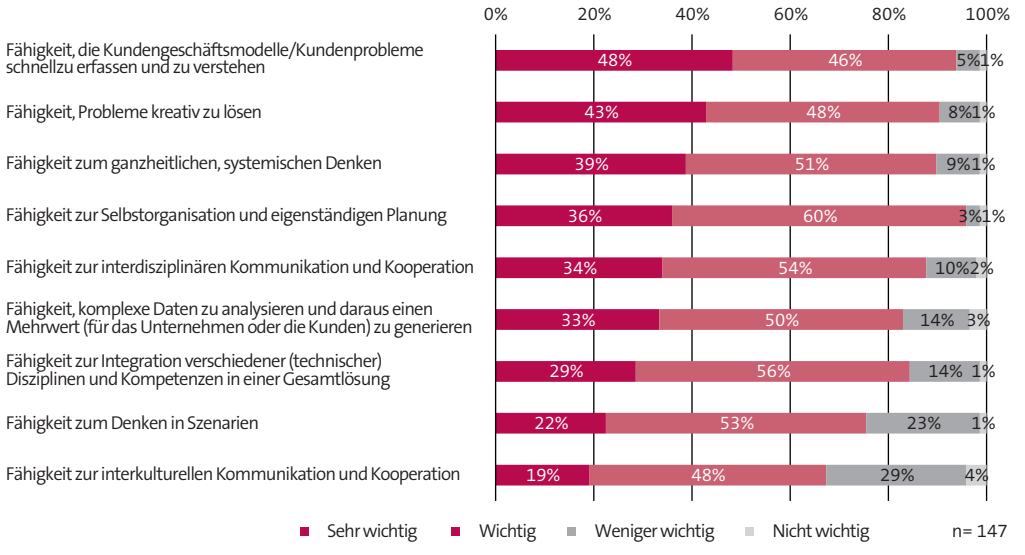


Abbildung 26: Bedeutung nicht-technischer Kompetenzen für die Potenzialausschöpfung der Digitalisierung von Produkten und Prozessen



Mitarbeiter mit einem naturwissenschaftlichen Ausbildungshintergrund nur in halb so vielen Betrieben zu finden wie in der Softwareentwicklung.

In allen Größenklassen zeigen sich sehr ähnliche Angaben bei der ingenieurtechnischen Ausbildung von Softwareentwicklern. Ein deutlicher Unterschied offenbart sich bei Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten, die wesentlich seltener Mitarbeiter mit informationstechnischem Hintergrund (25 %), naturwissenschaftlichem Hintergrund (13 %) oder Quereinsteiger (25 %) beschäftigen und stattdessen einen größeren Anteil Ingenieure aufweisen. Mögliche Gründe könnten in der geringeren Attraktivität kleiner Maschinenbaubetriebe als Arbeitgeber, insbesondere für Informatiker und Naturwissenschaftler, liegen. Dies mag einer der Gründe sein, warum bereits jedes sechste dieser kleinen Unternehmen, trotz der Limitierungen durch seine Größe, einen Aufbau bzw. eine Ausgliederung eigener IT- bzw. Softwareunternehmen betreibt (vgl. Abschnitt 2.5.2), um die höhere Anziehungskraft eines eigenständigen Softwareunternehmens für die Gewinnung von Personal mit IT-Kompetenzen zu nutzen. Überdurchschnittlich zeigen sich dagegen Unternehmen mit 2000 und mehr Beschäftigten, die circa doppelt so häufig Quereinsteiger und circa 80 % häufiger Softwareentwickler mit naturwissenschaftlichem Hintergrund beschäftigen als der Durchschnitt über alle Größenklassen. Dies könnte auf die spezialisierten Tätigkeitsprofile in diesen Unternehmen zurückzuführen sein, in die sich Quereinsteiger besser einarbeiten können als in kleinen Unternehmen, wo vielfach eine breiter qualifizierte Person umfangreichere Aufgabenfelder abdecken muss. Eine Aufschlüsselung der Ausbildungshintergründe nach Größenklassen für Softwareentwickler und den IT-Bereich befindet sich im Anhang (Abbildung 41 und Abbildung 42).

2.6.3 Nicht-technische Kompetenzen

Um die zukünftigen Potenziale der Digitalisierung ihrer Produkte und Prozesse möglichst umfassend ausschöpfen zu können, sind neben IT-Kompetenzen auch eine Reihe von nicht-technischen Kompetenzen der zuständigen Beschäftigten äußerst wichtig (Abbildung 26). An erster Stelle wird von der Hälfte der Unternehmen als sehr wichtig die Fähigkeit genannt, die Kundengeschäftsmodelle und Kundenprobleme schnell zu erfassen und zu verstehen. An zweiter und dritter Stelle folgen die Fähigkeit, die identifizierten Probleme kreativ zu lösen sowie die Fähigkeit zum ganzheitlichen, systemischen Denken, die von jeweils etwa vier von zehn Maschinen- und Anlagenbaufirmen als sehr wichtig erachtet wird. Diese drei am häufigsten genannten nicht-technischen Kompetenzen zeigen sehr deutlich, dass viele Unternehmen sehr klar die Notwendigkeit sehen, Kundenprobleme bzw. Kundengeschäftsmodelle zu verstehen, ganzheitlich zu durchdringen und stärker zu integrieren. Dies ist eine wichtige Basis dafür, innovative digitalisierte Produkte und Services anbieten zu können und darauf aufbauend tragfähige, nachhaltige Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Diese Einschätzung wird nochmal dadurch verstärkt, dass etwa zwei Drittel aller Unternehmen diese Kompetenz in den nächsten drei Jahren als

Tabelle 4: Bedeutung nicht-technischer Fähigkeiten (Mittelwerte) heute und in drei Jahren			
Nicht-technische Fähigkeit	**Heute**	**In drei Jahren**	**Differenz**
Fähigkeit, komplexe Daten zu analysieren und daraus einen Mehrwert (für das Unternehmen oder die Kunden) zu generieren	3,13	3,46	0,33
Fähigkeit zur interkulturellen Kommunikation und Kooperation	2,82	3,08	0,26
Fähigkeit zur Integration verschiedener (technischer) Disziplinen und Kompetenzen in einer Gesamtlösung	3,12	3,38	0,26
Fähigkeit zur interdisziplinären Kommunikation und Kooperation	3,20	3,42	0,22
Fähigkeit zum ganzheitlichen, systemischen Denken	3,27	3,48	0,21
Fähigkeit zum Denken in Szenarien	2,97	3,18	0,21
Fähigkeit, die Kundengeschäftsmodelle/ Kundenprobleme schnell zu erfassen und zu verstehen	3,41	3,56	0,15
Fähigkeit zur Selbstorganisation und eigenständigen Planung	3,31	3,39	0,08
Fähigkeit, Probleme kreativ zu lösen	3,56	3,39	-0,17
1 = *weniger wichtig* bis 4 = *sehr wichtig*, n = 147			

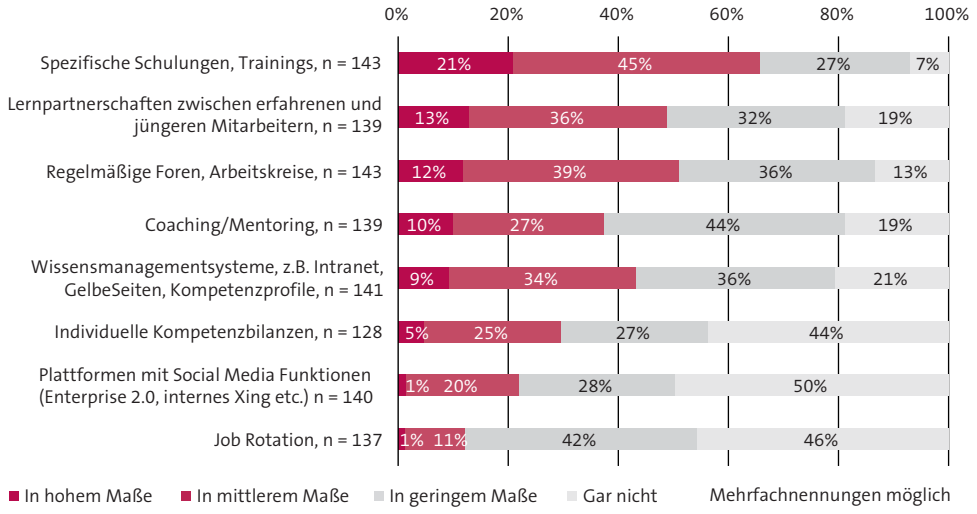
sehr wichtig und vorrangig ansehen (Tabelle 4 und Abbildung 43 im Anhang). Die Tabelle zeigt, dass die zukünftig wichtigsten Fähigkeiten (Kundengeschäftsmodelle verstehen und systemisches Denken) bereits heute als kritische Kompetenzen erkannt wurden. Die Unternehmen sind sich bereits der Relevanz dieser Bereiche bewusst und die Differenz zwischen heutiger und zukünftiger Bedeutung ist eher gering. Die heute am wichtigsten eingeschätzte Fähigkeit, Probleme kreativ zu lösen, wird auch in Zukunft wichtig bleiben, verliert jedoch ihren Spitzenplatz an die eben genannten, eher analytischen Fähigkeiten. Diese sind für die konkrete und erfolgreiche Umsetzung der Digitalisierung in den nächsten drei Jahren besonders relevant. Die größte Differenz zwischen heutigen und zukünftigen Anforderungen wird hingegen bei Fähigkeiten zu komplexen Datenanalysen, interkultureller Kommunikation und Kooperation sowie transdisziplinärer Zusammenarbeit und interdisziplinärer Kommunikation gesehen. Die beiden letzten Punkte wurden auch in den Interviews (Kapitel 3) von den Gesprächspartnern immer wieder betont. Es besteht demnach in fast allen Unternehmen ein wachsender Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern, die verschiedene Disziplinen zusammenführen und zwischen verschiedenen Bereichen vermitteln können.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Innovationen und neue Entwicklungen im Zuge der Digitalisierung der Produkte und Prozesse immer mehr an Grenzflächen zwischen verschiedenen Disziplinen stattfinden und zunehmend interdisziplinäres Verständnis benötigen. Zudem sind Fähigkeiten, wie insbesondere komplexe Daten zu analysieren und daraus einen Mehrwert für den Kunden oder für das eigene Geschäftsmodell zu generieren, in diesem Kontext als besonders relevant anzusehen. Die Differenz zwischen der heutigen und zukünftigen Bedeutung ist bei dieser Fähigkeit am größten, was darauf schließen lässt, dass deren Potenzial von manchen Unternehmen derzeit noch unterschätzt wird. Dies deckt sich mit dem Befund aus Abschnitt 2.4.4, wonach lediglich jedes zehnte Maschinenbauunternehmen datenbasierte Dienstleistungen auf Basis komplexer Datenanalysen selbst entwickelt und seinen Kunden anbietet, da hier möglicherweise bei einigen Unternehmen die eigenen Fähigkeiten noch wenig ausgeprägt sind.

Um nicht-technische Kompetenzen zu sichern, werden als Maßnahmen vorrangig klassische Schulungen und Trainings genutzt (Abbildung 27). Etwa jedes fünfte Unternehmen wendet diese Maßnahme in hohem Maße an. Lernpartnerschaften, Mentoring-Modelle, Foren und Wissensmanagementsysteme stehen an zweiter Stelle und werden von etwa jedem

siebten Unternehmen intensiv angewendet. Hier bietet der geregelte Kontakt zwischen den Mitarbeitern bzw. die Möglichkeit der Kontaktanbahnung offenbar einen wichtigen Mehrwert. Ein wenig abgeschlagen sind sogenannte „Enterprise Social Networks“. Weniger als die Hälfte der Unternehmen nutzt diese modernen sozio-technischen Netzwerke zur Unterstützung der internen Kommunikation, der Kommunikation mit Partnern und zur Vernetzung von wichtigen Kompetenzträgern, und nur ein sehr kleiner Teil nutzt sie wirklich intensiv. Insgesamt zeigt dieses Bild, dass einige Maßnahmen sehr zögerlich zur Sicherung und Verbreitung von nicht-technischen Kompetenzen angewendet werden und noch großes Potenzial vorhanden ist, diese intensiver und zielorientierter zu nutzen. Gerade die Vernetzung von Kompetenzen jüngerer und älterer Mitarbeiter mittels Face-to-Face-Ansätzen und unterstützenden, sozio-technischen Netzwerken bietet gute Möglichkeiten, bestehende Erfahrungen auszutauschen, bestehende Ansätze gemeinsam weiterzuentwickeln und neue Ideen bzw. Herangehensweisen in neue Produkte und Services umzusetzen.

Abbildung 27: Einsatz von Maßnahmen zur Sicherung und Verbreitung von nicht-technischen Kompetenzen



3 Experteninterviews

3.1 Einleitung und Zielsetzung

Die Experteninterviews, die im Anschluss oder vereinzelt bereits parallel zur Online-Umfrage durchgeführt wurden, dienen einerseits dazu, die Ergebnisse aus der Online-Studie besser zu verstehen. Andererseits können durch die Einsichten der Expertinnen und Experten auch neue Perspektiven und individuelle Erfahrungen berücksichtigt werden, die in einer quantitativen Umfrage nicht zum Vorschein kommen. Dieser Teil der Studie soll somit einen erweiterten, erklärenden und mit Beispielen versetzten Einblick geben, wie der digitale Wandel in den Unternehmen heute schon umgesetzt wird und welche Pläne es für die Zukunft gibt. Dazu werden vorrangig die Themen Strategie, Umsetzung (in der Fertigung, bei Produkten und in Services) und Kompetenzen in Zeiten der Digitalisierung beleuchtet; aber auch die Herausforderungen, die die Digitalisierung mit sich bringt, und die Einschätzung der Rahmenbedingungen in Deutschland werden in der Auswertung berücksichtigt. Dadurch wird ein nuanciertes Bild der digitalen Transformation im deutschen Maschinen- und Anlagenbau gezeichnet.

3.2 Methode

3.2.1 Teilnehmer

Im Rahmen der IMPULS Studie wurden 15 Experteninterviews oder Gruppengespräche durchgeführt und ausgewertet (Tabelle 5). Sieben der befragten Unternehmen werden eher als Einsteiger im Bereich Industrie 4.0 gesehen (U2, U4, U5, U7, U8, U13, U14), acht der Unternehmen sind schon in einem fortgeschrittenen Stadium (U1, U3, U6, U9, U10, U11, U12, U15). Experten waren Produkt- oder Entwicklungsleiter, Technologie-Entwicklungsleiter, Innovationsleiter, Technische Geschäftsführer und Geschäftsführer. Die Daten werden anonym und in aggregierter Form wiedergegeben.

Tabelle 5: Interviewte Unternehmen

Nr.	Beschreibung Unternehmen	Mitarbeiter Größenklasse	Umsatz
U1	Lackierungen	≥ 2000	100 Mio. - 1 Mrd.
U2	Fabrikausrüstung, Produktionsausrüstung	≥ 2000	> 1 Mrd.
U3	Software für Produktionsabläufe	< 100	k.A.
U4	Energiemanagement	100 - 499	> 1 Mrd.
U5	Mineralölumschlag	k.A.	k.A.
U6	Pumpen und Armaturen	≥ 2000	> 1 Mrd.
U7	Schleifmaschinen	100 - 499	15 - 100 Mio.
U8	Verpackungen	≥ 2000	> 1 Mrd.
U9	Fertigungssysteme	500 - 1999	k.A.
U10	Lohnfertiger, Zulieferer Stahl	< 100	k.A.
U11	Pumpen und Armaturen	k.A.	> 1 Mrd.
U12	Fertigungssysteme für die Elektronikindustrie	500 - 1999	100 Mio. - 1 Mrd.
U13	Umformtechnik	≥ 2000	> 1 Mrd.
U14	Fräsmaschinen	100 - 499	15 - 100 Mio.
U15	Sensortechnik	≥ 2000	> 1 Mrd.

3.2.2 Durchführung und Analyse

Die Interviews wurden mithilfe von teilstandardisierten Leitfäden durchgeführt, waren jedoch noch individuell gestaltbar, um den einzelnen Unternehmen gerecht zu werden. Zum Teil wurden Interviews vor Ort durchgeführt und zum Teil telefonisch.

Die Interviews und Fallstudien wurden aufgenommen und transkribiert, in Einzelfällen wurde basierend auf Notizen ein Gedächtnisprotokoll erstellt. Die Auswertung, die von zwei Codierern unabhängig mit der qualitativen Datenanalyse-Software MAXQDA durchgeführt wurde, erfolgte anhand der folgenden Kategorien: Digitalisierungsstrategie, Implementierung der Digitalisierung in Technologien und Diensten, Umsetzung der Digitalisierung in der Organisation, Kompetenzen für die Digitalisierung und schließlich übergreifende Rahmenbedingungen und Herausforderungen.

3.3 Digitalisierungsstrategie

3.3.1 Wichtigkeit

Die meisten Unternehmen halten das Thema für relevant, unabhängig vom aktuellen Status der Umsetzung. Unternehmen 9 bringt dabei das allgemeine Sentiment gut auf den Punkt:

„Wir könnten es lassen und dann werden wir irgendwann von Fernost überholt, ganz bestimmt.“ (U9)

Die digitale Transformation wird von diesen Unternehmen als essentiell angesehen, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben. Die digitale Vernetzung ist dabei ein logisches Mittel, um sich gegen die „gefürchteten Wettbewerber“ (U10) durchzusetzen, oder auch – explizit im Kontext der Unternehmensnachfolge – um für zukünftige Generationen zu sorgen (U7). Daher ist das Thema Industrie 4.0 auch meistens auf oberster Ebene in der Geschäftsführung und/oder dem Vorstand angesiedelt.

Einige Gesprächspartner bemerken allerdings auch, dass der Begriff Industrie 4.0 mit einem gewissen Hype verbunden ist. So gibt Unternehmen 1 zu bedenken, dass es schon seit 50 Jahren Automatisierung betreibt. Unternehmen 11 war vor 10 Jahren schon bei der Gründung einer Smart Factory dabei, Unternehmen 5 merkt an, dass man durch wenige Veränderungen die Neuerungen, die CIM versprochen hat, auf Industrie 4.0 übertragen kann und Unternehmen 3 erklärt, dass CIM nie konsequent durchgesetzt wurde, sonst würden weniger Aspekte von Industrie 4.0 heute noch als neu angesehen werden.

Zum Teil ist die Digitalisierung der Grundbaustein des gesamten Unternehmens (U3 als ausgegründetes Softwareunternehmen). Da, wo die Digitalisierung als weniger wichtig eingestuft wird, liegt es entweder an den Eigentümern, die an dem Thema nicht interessiert sind (U4, wegen hoher Investitionen), oder an der Ausrichtung, besonders bei Unternehmen mit geringen Fertigungsanteilen (U1) und im Bereich des Sondermaschinenbaus (U2).

3.3.2 Treiber

Digitalisierung wird in erster Linie durch den erwarteten Kundennutzen und damit durch erhoffte Wettbewerbsvorteile getrieben. Die Unternehmen sind sich einig, dass sie attraktiver werden, sobald sie einen Mehrwert schaffen und berichten, dass sie das einerseits in Form von Kundenwünschen und -erwartungen merken, die an sie herangetragen werden, andererseits anhand der Entwicklungen im Wettbewerb um sie herum.

„Das eine ist Differenzierung vom Wettbewerb, insbesondere im Standard-Serienbereich, weil dort natürlich eine hohe Vergleichbarkeit der Produkte herrscht, also Stichwort Added Value. Das zweite Thema, was da eine Rolle spielt, ist natürlich auch die Erwartungshaltung unserer Kunden im Sinne der Kosteneinsparung im Betrieb.“ (U11)

Unternehmen 8 ergänzt dabei, dass seine Kunden „sehr stark von der Smart Factory angesteckt worden sind“ (U8) und zum Teil auch die Umstellungen bei Kunden zwangsläufig eine eigene

Anpassung und den Einsatz von mehr Software erforderlich machen. Zudem treibt die Internationalisierung auch die Digitalisierung voran; Industrie 4.0 hilft dabei, weltweit die gleichen Standards zu erreichen. Andererseits betont Unternehmen 12 auch, dass die Ausgestaltung an den einzelnen Standorten unterschiedlich verläuft. So unterscheiden sich beispielweise die notwendigen Anleitungen von Beschäftigten in Deutschland und Asien; und auch rechtliche Rahmenbedingungen machen einen Unterschied, beispielsweise im Umfang der Überwachung der einzelnen Arbeitsschritte.

Durch die Hinwendung zu mehr Software sehen sich die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus auch mit neuen Wettbewerbern wie Google oder Amazon konfrontiert, die im Bereich der Online-Dienstleistungen ihre Kernkompetenz besitzen. Unternehmen 1 ist mit dieser Situation eher unglücklich, doch Unternehmen 6 merkt an, dass man sich von diesen Vorreitern auch inspirieren lassen kann. In den meisten Fällen liegt eine erfolgsversprechende Positionierung auf dem Markt wahrscheinlich irgendwo dazwischen. Durch eine Adaption in diese Richtung können die einzelnen Unternehmen einerseits die Angebote und Ideen der großen Anbieter auch für sich selbst nutzen; andererseits können sie differenzierte, maßgeschneiderte Produkte und Services anbieten, die von diesen großen Online-Wettbewerbern nicht abgedeckt werden können.

Insgesamt ist die Präsenz mobiler Geräte und die Verbreitung von Apps, auch im Consumer Bereich, ein großer Treiber (U2). Unternehmen 3 deutet hier auf den Generationenwandel hin:

„Was heute im Business zum Consumer-Markt gang und gäbe ist – dass ich mir aussuche, was auf meinem Smartphone läuft – bei B2B sind wir da Lichtjahre von weg, sodass die Consumer-Welt uns eigentlich davonrennt. Die Generation, die nach uns kommt, wird das nicht mehr akzeptieren können.“ (U3)

Demnach dient der B2C Markt zunehmend als Vorbild für die Wahlfreiheit, die Kunden nun auch in der Industrie erwarten. Kunden möchten selbst entscheiden, welche Plattform sie benutzen und welche Apps auf ihren Geräten verwendet werden sollen. Der Consumer Kontext beeinflusst die digitale Transformation außerdem, da die Vielfalt der Kundenwünsche auf die befragten Unternehmen zurückschlägt (U8). Der Trend zu mehr Individualisierung bei Konsumenten ist daher auch ein Grund, weiter in die Digitalisierung zu investieren.

Tipp aus der Praxis

Ein vielversprechendes Geschäftsfeld sind kundennutzenorientierte Apps auf offenen Plattformen für Maschinen- und Anlagenbauer oder eine spezifische Kundenklientel (U2).

Ein weiterer Treiber ist die zunehmende Verbreitung von Sensorik. Hier folgen einige Unternehmen der Logik, dass man Daten, die ohnehin vorliegen, weil man ungefragt Sensorik erhält, auch da auswerten kann, wo es Sinn macht (U1, U5). Die Unternehmen sind sich dabei einig, dass Daten nicht als Selbstzweck erzeugt werden sollen, doch wenn man einen Kundennutzen vermuten kann, es sinnvoll ist, die vorhandenen Ressourcen auch zu nutzen.

Weitere Punkte, die die Unternehmen in Richtung Digitalisierung und Vernetzung vorantreiben, sind:

- Zunehmende Dokumentationspflichten (U10), die man mithilfe von Digitalisierung besser in den Griff bekommen kann,
- die starke Präsenz des Themas in den Medien (U5),
- die leichtere Inklusion von Beschäftigten mit Behinderung (U12),
- der Einsatz aller Mitarbeiter an allen Stationen in der Fertigung (U12),
- das Interesse und der Einsatz von Seiten der Mitarbeiter selbst (U9).

Zu dem letzten Punkt teilt Unternehmen 9 eine Erfahrung mit, aus der es gelernt hat:

Tabelle 6: Verständnis von Industrie 4.0 im Unternehmen	
Unternehmen	**Zitat**
U1	„Die richtige - oder die echte - Industrie 4.0 zeigt sich in ganz anderen Themen als in irgendwelchen mehr oder weniger inkrementell besseren Automatisierungslösungen, und zwar in fortschrittlichen Geschäftsmodellen und in zusätzlichen Mehrwerten, die ich durch die Technologie beim Kunden schaffe.“
U9	„Ich glaube, es gibt sehr viele Leute die das gar nicht verstehen, was es ist und dazu gehören zum Beispiel auch einige von unseren Chefs. Die verstehen unter Industrie 4.0 komplett was Anderes. Bei denen geht es darum, dass in Asien die Lohnkosten steigen. Die müssen sich dagegen wehren, also sind bei denen Roboter Industrie 4.0. Und wenn wir Roboter hören, sagen wir, das ist so Industrie 2.0 für uns. Das brauchen wir nicht...die sagen halt, ja klebt ein Aufkleber Industrie 4.0 „Made in Germany“ drauf und muss keiner wissen, was es ist, aber es verkauft sich gut. Das ist einfach eine Katastrophe und wir verstehen darunter was komplett Anderes. Und innerhalb von Deutschland gibt es... also innerhalb von unserer Firma gibt es noch jede Menge anderer Definitionen.“
U11	„Da haben wir aber auch 15 Monate, ja, Arbeit hinter uns, um dieses Einheitsgebilde zu generieren.“ (zu Definition von I 4.0 im Unternehmen)
U15	„Es ist eine geschickte Verknüpfung bereits bestehender Technologien. Was ich unter Industrie 4.0 verstehe, gerade in Hinblick auf Produktion, sind tatsächlich solche dezentralen Konzepte. Also eben dass Produktionsmittel miteinander kommunizieren. Dass sie vielleicht auch mit dem Produkt kommunizieren.“

„Wir hatten jetzt auch Glück gehabt, dass wir jemanden eingestellt haben, der sich dafür auch selber ... ja, interessiert hatte und da einfach gesagt hatte, wisst ihr was, ich finde wir sollten so etwas machen und wenn ich von euch nicht die Zeit dazu bekomme dann mach ich das eben in meiner Freizeit. Und dann saß der halt abends um 8 Uhr da und hat angefangen zu programmieren oder am Wochenende und so was, und dann plötzlich hat er ein Produkt gehabt und dann waren alle plötzlich so, oh, das ist ja eigentlich ganz cool. Vielleicht sollten wir davon mehr machen.“ (U9)

> Tipp aus der Praxis
>
> Unterstützen Sie einzelne Mitarbeiter dabei, eigene Digitalisierungsprojekte zu verfolgen. Langfristig kann das ganze Unternehmen davon profitierten (U9).

3.3.3 Ausgestaltung der Digitalisierungsstrategie

Bis auf eine Ausnahme (U4) haben alle Unternehmen eine Digitalisierungsstrategie. Im Unternehmen 4 besteht zwar von Seiten der Belegschaft großes Interesse, die Umsetzung wird von der Konzernleitung allerdings nicht unterstützt. Abgesehen davon haben die Unternehmen mehr oder weniger fortgeschrittene Strategien. Oftmals bildet die Definition davon, was Industrie 4.0 für das eigene Unternehmen konkret bedeutet, den Ausgangspunkt für die Strategie.

So greift eine rein technische Definition von Industrie 4.0 nach Ansicht von Unternehmen 1 zu kurz. Unternehmen 15 hingegen setzt den Fokus genau an der Technologie an. Unternehmen 9 sieht eine Herausforderung darin, innerhalb des eigenen Unternehmens und dann auch noch zwischen verschiedenen Standorten eine einheitliche Definition zu finden. Unternehmen 11 bestätigt diese Erfahrung und zeigt, dass der Weg hin zu einem gemeinsamen Verständnis langwierig sein kann (Tabelle 6).

> Tipp aus der Praxis
>
> Setzen Sie ausreichend Ressourcen ein, um Industrie 4.0 für das eigene Unternehmen konkret zu definieren und eine Strategie zu fixieren. Dadurch werden unterschiedliche Erwartungshaltungen klar (U9) und die Notwendigkeit und der Nutzen können Beschäftigten besser kommuniziert werden (U11).

Die festgelegten Strategien haben dann einige Gemeinsamkeiten. So sind Vernetzung, Standardisierung, Portierbarkeit, Optimierung und Effizienzsteigerung immer wiederkehrende Motive und Ziele in den Interviews. Damit steht der Nutzen der Digitalisierung in der Strategie im Vordergrund. Andererseits geht es auch darum,

„bisherige Abläufe und Geschäftsmodelle in Frage zu stellen und neu zu konzipieren“ (U14). Industrie 4.0 ist damit ein Thema, das sowohl kurz- und mittelfristig auf der Produktebene als auch langfristig mit einem Planungsrahmen von 20 bis 25 Jahren umgesetzt werden muss (U5). Unternehmen 3, als ausgegründetes Softwareunternehmen, bringt einen weiteren Aspekt ins Gespräch; es hält Kollaboration für eines der wichtigsten Ziele und für einen oft übersehenen Mehrwert, den die Digitalisierung bringen kann. Dabei sieht es sich selbst jedoch auch in einer privilegierten Situation, da sein Wettbewerb meist in einem anderen Feld unterwegs ist. Dennoch betont der Gesprächspartner, dass man durch bessere Vernetzung Doppelungen in der Entwicklung vermeiden und sich stärker auf Lösungen konzentrieren kann.

„Ich glaube, wir haben heute neue Möglichkeiten. Deswegen wird es nicht einfacher, aber ich glaube, wir müssen es tun. Und dazu müssen wir auch Grenzen vom Unternehmen soweit sprengen, dass man sich nicht immer als Konkurrent sieht, sondern man eventuell auch gemeinschaftlich was tut.“ (U3)

Allgemein wird Industrie 4.0 von den Unternehmen als ein Querschnittsthema verstanden, das bereichsübergreifend implementiert werden muss. Zwar muss die Umstellung von oben gewollt und unterstützt sein; allerdings betonen die meisten Gesprächspartner, dass für den Erfolg vom Auftragseingang über den Einkauf und die Fertigung bis hin zu Vertrieb und After Sales Services eine sehr viel stärkere Vernetzung zwischen den verschiedenen Bereichen und Mitarbeitern notwendig ist. Dabei betont Unternehmen 9 die Reihenfolge „erst Menschen, dann Prozesse, dann kommen die Tools“ (U9) für den Erfolg der Umsetzung der Strategie. Auch Unternehmen 5 hat die Erfahrung gemacht, dass gerade ältere und gering qualifizierte Beschäftigte sich der Veränderung verweigern können. Sie versuchen daher, Beschäftigte über Multiplikatoren an Bord zu bekommen. Auch Unternehmen 12 kennt diese Problematik und berichtet, dass zum Teil der Betriebsrat die Entwicklungen bremst aufgrund von Bedenken bezüglich der immer stärker werdenden Transparenz der Einzelleistungen in den Arbeitsprozessen. Es stellt die Beschäftigten stark in den Fokus seiner Überlegungen und setzt bewusst nicht alles um, was digital möglich wäre. Stattdessen fährt das Unternehmen eine Hybridstrategie aus Digitalisierung und Handshake-Prinzip in der Fertigung. Dadurch soll das Beste von beidem im Unternehmen verankert werden: Modernität, Schnelligkeit, Fehlerreduktion und gleichzeitig Verantwortungsbewusstsein, Identifikation mit der Arbeit und dem Unternehmen und eine gute Zusammenarbeit unter den Beschäftigten. Beide, Unternehmen 9 und Unternehmen 12, sind tendenziell größere Unternehmen. Kleinere Unternehmen (U10) betonen diesen Aspekt weniger, da durch die familiärere Atmosphäre hier die Identifikation mit der Arbeit und dem Unternehmen wahrscheinlich ohnehin gegeben ist.

3.4 Digitale Technologien und Dienste

3.4.1 Geschäftsmodelle und Services

Die befragten Unternehmen zeigen breitgefächerte Ansätze, wie sie die Digitalisierung in Form von neuen Geschäftsmodellen umsetzen wollen. Dabei liegt der Fokus eindeutig auf zusätzlichem Kundennutzen. Die Gesprächspartner sind sich einig, dass sie nur Services und Produkte entwickeln, die einen konkreten Mehrwert für Kunden schaffen und nicht nur ungezielt Datenmassen erzeugen. Zudem ist insgesamt ein Wandel hin zu mehr Service, langfristiger Planung und der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus‘ eines Produktes zu beobachten, selbst in einer Branche, in der bislang das Prinzip „supply and forget“ galt, also nach der eigentlichen Geschäftsabwicklung kaum mehr der Kontakt zum Kunden gesucht wurde. Unternehmen 2 drückt es so aus:

„Wir liefern und weg. Und alles Weitere sind neue Geschäftsprozesse, die dann immer wieder gestartet werden. Und jetzt tritt dieses Produkt während seines Lifecycles mit uns in Interaktion. Dass es seine Ersatzteile sogar selbst ordert. Solche Dinge sind ganz spannend.“ (U2)

Und auch Unternehmen 11 macht diese Beobachtung:

„Was ich ihnen vielleicht noch sagen kann, ist, dass wir uns bei unseren Geschäftsmodellen und Digitalisierungsansätzen jetzt nicht nur auf die Betriebsphase beschränken, sondern das natürlich über den gesamten Lebenszyklus des Produktes betrachten. Also, von der Entwicklung bis hin zur Entsorgung. Und dort auch Ansätze suchen (...) beispielsweise in der Optimierung der Logistik, in der Optimierung der Verkaufsprozesse etc. Und natürlich auch darüber nachdenken (...) rein datengetriebene Geschäftsmodelle zu etablieren." (U11)

Hier zeigt sich ein neues Bewusstsein, das eine längerfristige Beschäftigung mit dem eigenen Produkt im Auge hat. So sind gerade auch Geschäftsmodelle, die auf der fortwährenden Beobachtung des eigenen Produktes beruhen, die meistgenannten Ansatzpunkte in den Unternehmen. Weitere Punkte sind additive Fertigungsverfahren bzw. 3D Druck und personalisierte Produkte, Leasing, Monitoring und Datenanalysen, mobile Geräte und Plattformen. Die folgende Tabelle (Tabelle 7) fasst die explizit genannten Geschäftsmodelle zusammen, ergänzt mit Beispielen und Erläuterungen aus den Interviews. Diese Liste hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sie gibt aber eine ganz gute Übersicht über die Entwicklungen in diesem Feld.

Tipp aus der Praxis

Vielversprechende Geschäftsmodelle basieren vielfach auf der Idee von „Servitization", also dem konsequenten Ausbau des Servicegeschäfts im Unternehmen.

Ergänzend zu dieser Liste lässt sich sagen, dass die neuen Geschäftsmodelle zum Teil so erfolgreich oder vielversprechend waren, dass aus ihnen eigenständige Start-ups gegründet wurden. Zudem merkten einige Unternehmen an, dass sie ihre neusten Ideen verständlicherweise nicht mitteilen konnten. Unternehmen 1 und 11 ließen aber anklingen, dass sie in nächster Zeit spannende neue Geschäftsmodelle ausprobieren werden. Als größtes Hemmnis dieser Entwicklung wird von einigen Unternehmen die Abschottung der Kunden und damit der fehlende Zugriff auf die notwendigen Daten genannt (z.B. U2). Zudem ist eine gewisse Investitions- und Risikobereitschaft notwendig, um neue Bereiche zu erschließen (U2, U4, U15). Nur zwei Unternehmen gaben an, dass bei ihnen kurzfristig kein neues Geschäftsmodell angedacht ist bzw. umsetzbar wäre (U4, U6).

3.4.2 Digitalisierung in den eignen Produktionsprozessen

In der Produktion zeigt sich, dass es zwar schon einige Unternehmen gibt, die bei der Digitalisierung ihrer Prozesse fortgeschritten sind. Dennoch bleiben Aufgaben, die sich als zukünftige Herausforderungen darstellen.

Vernetzung mit Lieferanten
Unternehmen 1, 8 und 10 sind schon etwas fortgeschritten in diesem Bereich; durch ihre Vernetzung zu Lieferanten können sie beispielsweise Zeichnungen austauschen. Diese Vernetzung wird als eine große Erleichterung wahrgenommen und Unternehmen 1 bringt sich bei seinen Lieferanten aktiv mit Ideen für weitere Vernetzungslösungen ein. Hinzu kommt, dass Lieferanten proaktiv Sensorik in ihre Komponenten einbauen, was das Unternehmen bei der Konzipierung der eigenen Anlagen nutzt. Das MES-System hat das Unternehmen selbst entwickelt und für weitere darüber hinausgehende Aufgaben, wie beispielsweise mobile Applikationen, eine Tochterfirma gegründet, die als Softwarehaus die Software für die Anlagen entwickelt.

„Wir als Anlagenbauer fertigen traditionell sehr wenig selbst. Das heißt, die Lieferantenbeziehungen, Datenaustausch, standardisierte Datenschnittstellen, das ist für uns eigentlich schon ein Standard, mit dem wir sehr lange arbeiten." (U1)

Tipp aus der Praxis

Für Unternehmen mit geringer eigener Wertschöpfungstiefe ist eine unternehmensübergreifende Vernetzung besonders wertvoll (U1).

Tabelle 7: Geschäftsmodelle gruppiert nach Servicemodellen	
Geschäftsmodell (Liste der Nennungen durch Unternehmen)	**Mehrwert und ausgewählte Beispiele**
Individualisierte Produktion	**Mehrwert: Individuelle Produkte und Ersatzteile**
Additive Fertigungsverfahren, 3D Druck (U8)	Drucken von Ersatzteilen lokal in Brasilien, China, Indien. Das ist schneller und billiger als die Lieferung von anderen Standorten und bietet dadurch einen Kundennutzen. Auch notwendig, da es sonst von sogenannten Piraten angeboten wird.
Personalisierte Produkte (U15)	Personalisierte Produktion: „Also, die Erwartung ist tatsächlich, oder das Ziel, dass zukünftig ein Kunde über die Firmen-Homepage über einen Konfigurator ein Produkt zusammenklicken kann. Und da purzelt dann am Ende auch direkt ein Fertigungsauftrag in der Fertigung raus. Inklusive sämtlicher Parameter, die ich dann benötige, um das Produkt auch zu fertigen.“
Leasing	**Mehrwert: Fixkostenreduktion, Senkung der Finanzierungsrisiken**
Verleasen/Lizenzen (U8, U9)	Maschinen werden verleast statt verkauft, was zudem als zusätzliches Argument für die Online-Schaltung der Maschinen zum Datenaustausch genutzt werden kann (U8) Mehr in Richtung Lizenzen denken, wie bei Software, auch bei Wartung. Wenn man monatliche Gebühren verlangt, muss sich aber auch das Mindset der Kunden wandeln (U9) _____ Im Gegensatz dazu: Kunde kauft Presse und Werkzeuge wegen Insolvenzrisiko des Zulieferers und Verlagerungsfähigkeit (U13)
Professionalisierung und Digitalisierung des Services	**Mehrwert: Kundenzufriedenheit, Kundenbindung**
Service und Kundendienst (U2, U3, U7, U14)	Eine direkte Vernetzung in die Dokumentation der Anlage anbieten, um schnelleren Service zu bieten; ermöglicht beispielsweise durch die Integration von Kennzeichnungstechnologien wie Barcodes, Data Matrix Codes oder QR Codes (U2) Transparenz und Vergleichsmöglichkeiten wie 5-Sterne-Bewertungen für den Kunden schaffen, z.B. über Kollaborationen: „Das was heute im Business zum Consumer-Markt gang und gäbe ist - dass ich mir aussuche, was auf meinem Telefon läuft - bei B2B sind wir da Lichtjahre von weg, sodass die Consumer-Welt uns eigentlich davonrennt.“ (U3) Gefühlt ist eine Verdoppelung des Umsatzes durch Service möglich; Idee z.B. simultane Softwareupdates weltweit (U7) After Sales ausbauen und vom Maschinenpreis entkoppeln, mehr auf Software und Softwareupdates setzen; z.B. ist die Inbetriebnahme von Maschinen bei den Kunden weitestgehend digitalisiert (schneller und weniger fehleranfällig), die Technologieberatung funktioniert dank Digitalisierung besser und sie erwägen ein Werkzeugmanagement direkt auf der Maschine mit einer Anbindung an ihren Online-Shop (U14): „Wir als kleiner, flexibler Maschinenbauer, der die Softwareentwicklung in der eigenen Hand hat, können die Kunden ein Stück weit besser bedienen als ein Großkonzern (...), da dauern solche Sachen womöglich länger.“ (U14)
Monitoring und Vorhersage der Maschinenzustände	**Mehrwert: Kosteneinsparung, Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit, Vermeidung ungeplanter Ausfälle und Wartung**
Fehlertracking (U14)	Fehlertracking optimieren, dazu Orientierung am Consumer Bereich, es muss einfach sein, Feedback zu geben (U14)

Tabelle 7: Geschäftsmodelle gruppiert nach Servicemodellen (Fortsetzung)	
Geschäftsmodell (Liste der Nennungen durch Unternehmen)	**Mehrwert und ausgewählte Beispiele**
Monitoring und Vorhersage der Maschinenzustände	**Mehrwert: Kosteneinsparung, Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit, Vermeidung ungeplanter Ausfälle und Wartung**
Condition Monitoring (U7, U8, U11, U13, U14)	Neue Geschäftsfelder beim Monitoring von Maschinenzuständen und bei der Sicherstellung von höchster Maschinenverfügbarkeit. Vorhandene und neue Services umfassen beispielsweise Softwarelizenzen mit Wartungsverträgen, Verfügbarkeitsgarantien und On-Demand Services (U7) Optimierung der Betriebsphase, Effizienzsteigerung und Reduzierung der Instandhaltungskosten beim Kunden (U14)
Predictive Maintenance (U1, U2, U7, U8, U11, U13)	„Predictive Maintenance ist ganz massiv auf dem Vormarsch. Da sehe ich einen sehr großen, unmittelbaren Nutzen, den wir realisieren können." (U1) Vorhersage der Maschinenzustände als kosteneinsparender Faktor (U11) Condition Monitoring integriert in allen Automotive-Linien, um aus den Analysen von Motorausfällen zukünftige Ausfälle vorhersagen zu können. Ziel ist die Vorhersage der Restlebensdauer von Bauteilen oder ganzen Produkten (U13) Mehr Predictive Maintenance und dann als Folge mehr Ersatzteile und Ersatzteil-Lieferlogistik (hier dann schnell Wettbewerb mit Konsumbereich, was ein Problem sein kann, z.B. Amazon Marketplace); Erwartungshaltung bei Kunden steigt, wollen z.B. Zustandsinformationen über Maschinen und Produkte auf dem Smartphone (U2)
Datenanalysen (U1, U5, U8, U11)	Schneller Mehrwert: „Was haben wir bereits an Daten vorliegen und was haben wir an Sensordaten hier zur Verfügung stehen und wo fehlt uns eventuell noch eine Kleinigkeit, so dass man noch zusätzliche Sensorik einbringen müsste, aber nicht gleich die Maschine neu erfindet und damit sich dann sehr, sehr viele Produktideen daraus ergeben." (U5) Z.T. mit Vorbehalt: „Bislang konnte mir aber noch keiner sagen, welche Muster kann ich denn aus den Daten erkennen; also, das ist im Moment noch sehr getrieben von den Firmen, die die Big Data Datenbanken handhaben." (U8) Problematisch: viele Kunden sind sehr konservativ im Umgang mit Daten (U9)
Plattformdienste (PaaS)	**Mehrwert: Modulare Produktionssysteme aus einer Hand, Integration der Partner entlang der Wertschöpfungskette**
Apps (U3, U11, U13) und Plattformen (U3)	Die Unternehmen U3, U11 und U13 bieten zwar bereits Dienste an, aber der Schritt in Richtung übergeordnete Plattform ist noch nicht gemacht. Beobachtung der Plattformen, die sich in Geschäftsmodellen entwickeln und wer sich wo anschließt; U14 hat selbst keine konkreten Pläne, schlägt aber eine bessere Abstimmung unter Maschinenbauern vor: „Da könnte ich mir vorstellen, dass es mehr Initiative von den Maschinenbauern insgesamt gibt, eine gemeinsame Plattform zu schaffen und man gemeinsam eine Lösung oder Geschäftsmodell anbietet mit den einzelnen Sparten." (U14) Kunden stellen für Benchmarkanalysen Daten anonymisiert zur Verfügung, die aggregierte Zusammenfassung stellt dann für alle Kunden und das Unternehmen selbst einen Mehrwert dar; weiteres Ziel: eine Art Netzwerkrouter zu schaffen, der mit unterschiedlichen „Steckern" verbunden werden kann und unterschiedliche Protokolle verarbeitet, um Konnektivität und Kollaboration zu vereinfachen. Sicherheitsrisiken werden genau kalkuliert: „Es gibt ja auch Private Clouds, das kann man auch betreiben. Cloud ist ja nicht gleich geklaut. In Deutschland muss man das immer mal wieder dazusagen." (U3) Vorbehalt: Die Thematik wird sehr stark von großen Unternehmen getrieben und die Möglichkeiten zur Mustererkennung und Mehrwertgenerierung erscheint noch unklar (U8).

Für die Interaktion mit seinen Lieferanten verwendet Unternehmen 8 ein Electronic Interface. Das heißt, dass Lieferanten beispielsweise Zeichnungen zur Verfügung gestellt werden, ohne dass Einkäufer zusätzliche Arbeitsschritte leisten müssen. In der Montage ist das Unternehmen mittlerweile dabei, Zeichnungen zu verbannen. Man setzt zukünftig auf 3D CAD Modelle. Bei Unternehmen 10 zeigt sich ein ähnlicher Vernetzungsgrad, allerdings stärker in Vertriebsrichtung. Das ERP-System ist mit dem CAD-Modul verknüpft, was die Abwicklung der Angebotslegung und Überführung in die Produktion verbessert.

Vernetzung der internen Systeme zur Vermeidung von Medienbrüchen und Transparenzverlusten

Andere Unternehmen sind noch nicht so weit und haben noch viele händische Prozesse in der Produktion. Ein zum Teil noch hohes Entwicklungspotenzial weisen die Unternehmen 2 und 4 auf. So findet bei Unternehmen 2 eine Vernetzung der Prozesse bisher noch nicht automatisiert statt und die Auslastungsplanung wird noch manuell gemacht. Im Unternehmen 4 gibt es strategisch und finanziell Präferenzen für die Themen Produktivitätssteigerung und Arbeitssicherheit, weniger für eindeutige Digitalisierungsthemen. Das Unternehmen sieht allerdings ein hohes Verbesserungspotenzial, da es viele Excel-basierte Insellösungen gibt und Daten aus dem System generiert werden und nach Bearbeitung wieder im System gemeldet werden. Hier besteht eindeutig ein Hebel, um Aufwand und Kosten zu senken. Im Unternehmen 5 werden beispielsweise die Bauteile des Endproduktes bislang selbständig von Mitarbeitern zusammengesucht und zusammengebaut. Erst am Ende wird ein Qualitätscheck durchgeführt, so dass der Einbau falscher Teile erst spät auffällt. Bei Unternehmen 9 sind Medienbrüche zwischen der technischen Angebotslegung und der Überführung in die Entwicklung ein Problem und Unternehmen 14 klagt etwa über Papierberge. Unternehmen 10 weist grundsätzlich darauf hin, dass es in der Fertigung zwar oft tolle PPS-Systeme gibt,

„aber am Ende greifen die Fertiger, auch die großen Unternehmen, die selbst SAP haben, immer wieder auf Excel-Tabellen zurück.“ (U10)

Tipp aus der Praxis

Die Software, die Papier ersetzen und Medienbrüche verringern soll, muss simpel zu bedienen und auch Laien intuitiv zugänglich sein, um erfolgreich zu sein (U10). Gleichzeitig kann man überlegen, wo bewusst Medienbrüche genutzt werden, um die Vorteile menschlicher Interaktion gezielt zu nutzen und zu fördern (U12).

Die zunehmende Standardisierung in der Fertigung ist ein Thema, das auch für andere Unternehmen eine Rolle spielt (z.B. U11, U12). Unternehmen 11 sieht in der Produktion noch große Aufgaben vor sich, um die heterogene Fertigungslandschaft hinsichtlich Benutzungssystemen zu vereinheitlichen. Das beinhaltet die Vereinheitlichung der Produktionssysteme, die Integration von Produktions- und ERP-System sowie die Integration von Vertriebssystemen. Das Unternehmen sieht aktuell eine Schwierigkeit darin, Industrie 4.0 in die bestehende Fertigung zu integrieren, insbesondere was Schnittstellen und Kommunikation zwischen den Maschinen angeht. Unternehmen 12 erklärt, dass eine Vereinheitlichung der Produktion gerade für international operierende Unternehmen wichtig ist, weil Kunden unter keinen Umständen einen Unterschied zwischen Maschinen von verschiedenen Standorten feststellen dürfen.

Schließlich ist damit die Transparenz in den Prozessen, die durch eine zunehmende Digitalisierung erreicht werden kann, ein Anliegen der Unternehmen. Unternehmen 9 und 12 merken beide an, dass sie dadurch Fortschritte machen könnten in der frühzeitigen Problemerkennung in der Produktion. Unternehmen 12 betont außerdem, dass es sich durch mehr Transparenz leichter verbessern kann und Transparenz es ihm erlauben würde, Kunden gegenüber konkretere und verlässlichere Aussagen über Lieferungen zu tätigen.

Dezentrale Servicelogik in der eigenen Produktion

Relativ viele händische Vorgänge in der Produktion weist auch Unternehmen 15 auf. Nach eigener Aussage liegt dies wahrscheinlich daran, dass die kritischen Stückzahlen nicht erreicht

werden, bei denen sich eine komplette Automatisierung rechnen würde. Es erklärt aber, dass eine neue Anlage bereits im Aufbau ist, die so flexibel gestaltet ist, dass sogar Produkte verschiedenster Gerätekategorien gefertigt werden können. Dabei können die Fertigungsschritte auch in einer anderen Reihenfolge durchlaufen werden, was enorme Anforderungen an die Steuerungskonzepte stellt. Das Ziel ist die sogenannte kooperierende Produktion, in der die einzelnen Fertigungsschritte als eigenständige, dezentrale Services miteinander kommunizieren und quasi untereinander entschieden wird, in welcher Reihenfolge Aufträge durch die Linien gehen. Der Idealfall sieht aus der Sicht des Unternehmens so aus, dass dem Kunden mit dem Konfigurator alle möglichen Freiheitsgrade zur Verfügung gestellt werden und die Übersetzung in komplette Fertigungsaufträge und Produktionsparametersätze dann automatisch funktioniert. Zunehmend wichtiger wird eine Abstimmung der Produktion mit der (Produkt)-Entwicklung. Die neuen Konzepte in der Produktion mit Standardisierung und wiederverwendbaren Fertigungsschritten werden nur funktionieren, wenn das in der Produktentwicklung auch entsprechend berücksichtigt wird. Stichwort: „Design for Manufacturing“:

„Aber ganz klar, wenn ich nicht bei der Produktentwicklung da schon ein bisschen Rücksicht drauf nehme, dann wird das mit diesen Konzepten so auch nicht funktionieren. Das heißt, diese Abstimmung mit der Entwicklung, das wird zunehmend wichtiger. Letztendlich wollen wir in der Produktion ein Stück weit standardisieren, Dienste, Fertigungsschritte wiederverwendbar gestalten. Und ähnliches muss jetzt in der Entwicklung eigentlich auch passieren.“ (U15)

3.5 Organisation der Digitalisierung

Bei der organisatorischen Neuaufstellung für die Herausforderungen der Digitalisierung gibt es drei Hauptmuster:

1. Eine mehrfach beobachtete Reaktion auf die Herausforderungen der Digitalisierung ist die Ausgründung von Softwareunternehmen aus Maschinen- und Anlagenbauunternehmen (z.B. U1, U2, U8, U9). Die Gründung von Tochterunternehmen oder IT Start-ups ist nicht außergewöhnlich, aber sinnvoll, um die IT- und die Maschinenbau- und Anlagenbauwelt zu verzahnen, merkt Unternehmen 1 an. „Da wird sich der Trend noch weiter in Richtung Wertschöpfung in der Software und weg von der physischen Anlage verschieben“ (U1).

   Zudem kann man durch eine organisatorische Trennung die unterschiedliche Geschwindigkeit in den beiden Welten, Maschinen- und Anlagenbau sowie Softwareentwicklung, berücksichtigen. Diese Branchen unterscheiden sich stark in ihren Abläufen, ihren Arbeitsweisen und gerade bezüglich ihrer Flexibilität bei der Entwicklung neuer Produkte und im Umgang mit Problemen. Unternehmen 11 bemerkt, dass es „ein wesentliches Zeichen der Digitalisierung (...) ist, dass wir schneller werden müssen und dass wir natürlich sehr viel agiler werden müssen“ (U11). Unternehmen 2 fügt außerdem hinzu, dass es unter Umständen ein Vorteil sein kann, das Softwareunternehmen von der Marke zu trennen. Da man sich in einer neuen Branche bewegt, kann die Marke unter Umständen sogar eine Vorbelastung darstellen und ein neutraler Ansprechpartner kann erfolgreicher sein.

> **Tipp aus der Praxis**
>
> Unternehmen, für die eine eigene Entwicklung digitalisierter Produkte und Services sehr wichtig ist, können durch die Ausgründung eigener Softwarefirmen mehr Freiraum für diese Tätigkeiten und dadurch mehr Flexibilität und Geschwindigkeit gewinnen (U11).

2. Umgekehrt haben sich auch einige Unternehmen entschlossen, Softwarefirmen zuzukaufen. Solche organisatorischen Erweiterungen fordern Investitionen, die vor allem von großen Firmen genutzt werden, die sie finanzieren können. Auch Unternehmen 14 und Unternehmen 15 halten sich diese Option der Zukäufe offen. Sie ist eine unmittelbare Erweiterung des Unternehmens. Allerdings merken sowohl

Unternehmen 9 als auch Unternehmen 11 an, dass die Integration der hinzugekauften Unternehmen nicht unterschätzt werden darf; gut integrierte Beschäftigte sind weitaus wertvoller als solche, die sich wie Fremdkörper fühlen (siehe auch Abschnitt 3.6). Insgesamt bemerken die Unternehmen einen Umbruch in der Unternehmensstruktur in Form einer stärkeren organisatorischen Vernetzung und der Notwendigkeit, interdisziplinär zusammenzuarbeiten und neue, größere Teams abteilungsübergreifend zu bilden.

„Industrie 4.0-Themen sind Themen, die nicht in einer F&E-Abteilung bearbeitet werden können, die auch ein Engineering nicht alleine kann, sondern das sind übergreifende Themen. Der Nutzen hier ist praktisch der Kundendienst mit einem Geschäftsmodell, das sich mit Servicethemen beschäftigt. Bis dato konnten wir das alles schön separieren und waren sehr arbeitsteilig unterwegs. Industrie 4.0-Geschäftsmodelle bringen uns jetzt an dieser Front zusammen. Jetzt müssen wir erst lernen, wie das im Unternehmen implementiert wird.“ (U2)

Tipp aus der Praxis

Die Digitalisierungsstrategie muss bereichsübergreifend implementiert werden. Insbesondere muss die anwendungsorientierte Entwicklung gut mit dem Produktmanagement und dem Service- und Produktionsbereich vernetzt werden (U15).

Und auch Unternehmen 9 merkt, dass ein notwendiger Wandel bevorsteht, der die gesamte Beschäftigtenstruktur betrifft:

„Das bedeutet auch, dass sich die Organisation ändern muss. Das ist eigentlich die größte Herausforderung. Wenn Sie sich das mal anschauen, da gibt es so Statistiken die sagen, so sah eine Werkzeugmaschinenfirma in den 1960er aus; 80 % Mechaniker und vielleicht noch ein paar Elektriker, irgendwann. Und das hat sich dann sehr stark gewandelt. Mehr Leute in Richtung Mechatronik und Systemtechniker, also viel mit Informatik. Und wir werden uns auf Dauer auch nicht mehr halten können, als reine Mechaniker. Und leider sind die Werkzeugmaschinenfirmen heute immer noch so aufgestellt. Wir sind eine davon.“ (U9)

- Einen Lösungsansatz für solche Herausforderungen hat Unternehmen 6 für sich in Form eines Business Developers gefunden, der äußerst kreativ ist und ein besonderes Kundenverständnis hat. Auch Unternehmen 12 betont einzelne personelle Änderungen; beispielweise wurde hier eine Position geschaffen für eine Mitarbeiterin, deren Aufgabe es ist, Technologien zu scouten, die im Zuge von Industrie 4.0 sinnvoll und passend für das Unternehmen sind.

3. Auch Kollaboration kann ein erfolgsversprechender Lösungsansatz sein. Nicht nur Unternehmen 3 verfolgt diese Strategie, wie oben bereits erwähnt, „weil wir behaupten, dass Industrie 4.0 nur funktionieren wird, wenn die Unternehmen zum Wohle der Kunden miteinander arbeiten.“ (U3) Auch Unternehmen 14 ist grundsätzlich an mehr Kollaboration interessiert. Im Zuge von unternehmensübergreifenden Vernetzungen sowohl mit Lieferanten als auch mit Kunden mit dem Ziel einer Entwicklung von gemeinsamen Standards scheint es nicht unwahrscheinlich, dass sich dieser Ansatz noch weiter verbreiten wird.

3.6 Digitalisierungskompetenzen

3.6.1 Aktuelle Kompetenzen

Kompetenzen im Bereich Softwareentwicklung sind in den Unternehmen unterschiedlich stark vorhanden. Einige Unternehmen berichten eine „Affinität zur Materie“ (U5) und sehen sich selbst gut aufgestellt in dem Bereich (U4, U14, U3, U10). Unternehmen 14 streicht heraus, dass sie als Maschinenbauer ungewöhnlich stark besetzt sind in diesem Bereich, andere haben ihr gesamtes Geschäftsmodell basierend auf Software entwickelt (U3, U10), so dass diese Aussage weniger überraschend kommt.

Viele Unternehmen betreiben selbst Aus- und Weiterbildungsprogramme, etwa Unternehmen 1. Zum Teil sind diese Programme recht elaboriert und haben die Form einer firmeneigenen Universität (U8) oder von Trainingszentren (U11). Unternehmen 14 berichtet ebenfalls ein starkes Engagement in diesem Bereich, gerade bezüglich Softwareentwicklung. Hier gibt es externe Mitarbeiter, die zu 50 % regulär in den Betriebsablauf eingebunden sind und in ihrer zweiten Hälfte als Trainer on-the-job die anderen Mitarbeiter im Unternehmen weiterbilden. Unternehmen 9 merkt hierzu an, dass Fortbildungen nicht in allen Bereichen sinnvoll sind. Wenn man in ganz neue Themenfelder vorstößt, braucht man zum Teil neue Mitarbeiter wie z.B. Mathematiker, Statistiker, die durch eigene Weiterbildungen nicht zu erreichen sind. Unternehmen 12 weist schließlich auf die Eigeninitiative der Beschäftigten hin. Gerade Jungfacharbeiter bilden sich selbst oft über Abendschulen zum Techniker weiter (U12). Diese Dynamik in der Belegschaft wird insgesamt als ein wichtiges Zeichen gewertet, um den neuen Herausforderungen zu begegnen.

3.6.2 Erfahrungen im Ausbau von Kompetenzen

Erfolgsfaktoren für den aktuellen Stand sehen die Unternehmen zum Beispiel in der ganz gezielten Auswahl von Mitarbeitern, was gerade in kleinen Betrieben unersetzlich ist (U10). Dabei ist auch die Bedeutung des Wandels in der Altersstruktur im Unternehmen nicht zu unterschätzen. Unternehmen 11 und 12 geben an, dass sie stark von jungen, kreativen Köpfen profitieren, die es aktuell braucht und die der Digitalisierung grundsätzlich offener gegenüberstehen.

„Dass sie sich einen mechanischen Arbeitsplatz digital vorstellen können. Und wenn Sie sagen, morgen schraubst du nicht mehr zusammen, du machst einfach mal irgendwie Programme, Zeichnungen … Diese Leute haben keine Angst davor, für die ist es auch eine willkommene Abwechslung, diese Generation kommt erst jetzt.“ (U12)

Allerdings, merkt Unternehmen 14 an, ist es gerade auch bei jungen Beschäftigten wichtig, ihnen die Kundensicht zu vermitteln. Diese Kompetenz bringen sie nicht notwendigerweise von den Hochschulen und Universitäten mit. Viele Unternehmen begegnen solchen Herausforderungen dadurch, dass sie Teams aus jüngeren und älteren Beschäftigten bilden. Dadurch können die Jungen von den Erfahrungen der Älteren profitieren und gleichzeitig bringen sie einen neuen Wissensstand und ihre eigenen Ideen mit in das Unternehmen ein, wenn ihnen dazu Raum gelassen wird. Die Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen wird so allgemein auch als positive Erfahrung bewertet (z.B. U1). Auch wenn Unternehmen 8 bemerkt, dass junge Leute zum Teil mit unpassenden Vorstellungen in die Unternehmen kommen (z.B. erwarten sie umfangreiche Einsatzfelder für Hochsprachenprogrammierung und eine Vernetzung der Fabrik über WLAN), überwiegt der Nutzen. Wenn man in die Hochschulausbildung involviert ist, handelt sich um langfristige Investitionen, die nicht aktuelle Engpässe ausgleichen können (U14). Dafür profitiert man von studentischen Abschlussarbeiten (U14) und kann im Kontakt zu Hochschulen Wissen und Erfahrungen „abtanken“ (U15).

Tipp aus der Praxis

Bilden Sie Teams aus jungen und älteren Mitarbeitern, um die Kreativität und Digitalisierungsaffinität der Jungen mit dem Verständnis der Kundenperspektive, der Erfahrung und dem Kontextwissen der Älteren zu kombinieren (U12, U14).

Dabei kommt es allerdings auch auf die Region an, betonen einige Unternehmen. So werden Standorte von Software- oder IT-Ausgründungen gerne in der Umgebung von starken IT-Forschungs- und Bildungseinrichtungen gewählt. Andere sehen den Einfluss der Region vor allem in Bezug auf den Fachkräftemangel, beispielsweise in der Region um Stuttgart. Unternehmen 3 merkt weiterhin an, dass qualifizierte Kandidaten mittlerweile auch die Firma interviewen und nicht mehr nur die Firma die Kandidaten. Unternehmen 1 und 14 haben hingegen eher das Problem der Hidden Champions, dass sie nicht ausreichend sichtbar sind, um genug

hochqualifizierte Bewerbungen zu erhalten. Unternehmen 14 arbeitet deshalb mit externen Dienstleistern zusammen, um dieses Problem zu lösen.

Ein paar Unternehmen haben zum Ausbau ihrer Kompetenzen auch Firmen hinzugekauft (z.B. U2, U9). Unternehmen 9 berichtet hier von einer Erfahrung, die zeigt, dass diese Neuerwerbungen gut integriert werden müssen, um wirklich von ihnen zu profitieren:

„Wir haben uns schon mal eine Softwarefirma gekauft und haben damit gedacht, wunderbar, dann kriegen wir doch alles hin. Die Schwierigkeit war, die dann in die bestehenden Teams zu integrieren. Die waren immer wie ein Fremdkörper. (...) Ich glaube, die haben einfach viel zu wenig Verständnis gehabt, von dem was wir machen und wir haben viel zu wenig Verständnis gehabt, wie die ticken. (...) Und die sind wie so ein Anhang mitgelaufen anstatt komplett tief integriert zu sein. Es lag vielleicht auch daran, dass die räumlich erstmal weg waren. Aber deswegen haben wir jetzt vor, das Ganze ein bisschen anders zu gestalten. Das Team, das dort entwickelt werden soll, soll dann teilweise aus neuen Leuten bestehen, teilweise aber auch aus alten Eingesessenen, die dann noch die Verbindung haben." (U9)

Eine Verknüpfung von neuen und bestehenden Beschäftigten ist demnach ein sehr wichtiger Erfolgsfaktor, um neue und bestehende Kulturen langfristig miteinander zu verschmelzen. Die Integration von Beschäftigten aus zugekauften Firmen ist schwierig und eine bewusste Eingliederung kann dabei helfen, parallele Kommunikationsstrukturen bei eingesessenen und neuen Beschäftigten zu vermeiden. Die Zusammenführung bietet aber auch – zusätzlich zu dem gewonnenen Fachwissen – Chancen: neue Mitarbeiter bringen neue Blickwinkel und individuelle Erfahrungen mit ins Unternehmen, Faktoren die für innovative Prozesse und Problemlösungen äußerst wertvoll sind.

Tipp aus der Praxis

Beim Zukauf von Firmen sollten neue Mitarbeiter sehr bewusst ins Unternehmen und seine spezifische Kultur integriert werden (U9), zum Beispiel durch gemischte Teams.

Zudem wird auch eine positive Fehlerkultur für die Weiterentwicklung des Unternehmens immer stärker geschätzt (U8, U12). Gerade wenn es im Rahmen von Digitalisierung um Optimierung geht, findet Unternehmen 12, ist eine offene und vertrauensvolle Kommunikation über Missstände sehr wertvoll. Da dies mit einem Wandel in der Unternehmenskultur einhergeht, sind solche Prozesse oft zäh, doch sie finden, dass sie mittlerweile einen guten Standard erreicht haben.

Schließlich bringen die Unternehmen noch Erfahrungen ein, die in ihren Unternehmen hilfreich waren. Unternehmen 10 nutzt beispielsweise den Ansatz, Key User auszubilden. Key User sind Schlüsselpersonen, die sich neues Wissen aneignen, etwa durch Fortbildungen und Selbststudium; sie sind innerhalb des Unternehmens dann die Experten (z.B. für ein bestimmtes Softwareprogramm), die als Ansprechperson dienen und ihr Wissen aktiv weitergeben. Unternehmen 14 berichtet, dass es viele Quereinsteiger in der Softwareentwicklung eingestellt hat und empfiehlt auch anderen Maschinenbauern, hier stärker zu investieren:

„Der Großteil der bisherigen Softwareentwickler waren klassische Quereinsteiger in den Bereich, also entweder Physiker oder Elektrotechniker, die sich in dem Bereich weiterentwickelt haben. Mein Bild ist, dass im Bereich Mechatronik mehr Fokus auf die Softwareentwicklung gelegt werden müsste. Also der Anteil Softwareentwicklung kommt mir im klassischen Maschinenbau zu kurz." (U14)

3.6.3 Zukünftiger Kompetenzbedarf

Um den Bedarf an neuen Kompetenzen abzudecken, ist ein gutes Personalmarketing eine wichtige Maßnahme (z.B. U1). Doch auch Netzwerke und Kooperationen werden genutzt, um Kompetenzen auszubauen (z.B. U3).

Den größten Kompetenzbedarf stellt die Mehrheit der Unternehmen bei der zunehmenden Zusammenarbeit und Interdisziplinarität fest. Die Teams werden größer und es arbeiten Beschäftigte mit ganz verschiedenen Hintergründen zusammen. Daher werden mehr Kompetenzen zur Verständigung und Übersicht gebraucht (U1), mehr Kollaboration und gegenseitige Unterstützung (U3), ganz konkret mehr Zusammenarbeit zwischen Hochsprachen- und Automatisierungsprogrammierern, Mechatronikern und der Steuerungsintelligenz (U8). Ziel ist ein vernetztes Denken bei Mitarbeitern (U9), mehr Teamwork und Übersicht (U10) und die Beschäftigung von mehr Generalisten (U11). Hierzu sind beispielsweise ein höheres Maß an Projektleitungskompetenz und Projektkoordinationskompetenz nötig, was auch schon in der Ausbildung stärker bedacht werden sollte (U14).

„Ich glaube, dass die Zusammenarbeit im interdisziplinären Team ein Thema ist, welches relativ schwer greifbar ist und daher vielleicht auch ein bisschen unterschätzt wird. Aber die Potenziale die daraus erwachsen, oder alleine die Notwendigkeit interdisziplinär zusammenzuarbeiten wird immer wichtiger werden. Da als Unternehmen die Rahmenbedingungen und die kulturellen Voraussetzungen zu schaffen, damit man so bereichsübergreifend zusammenarbeiten kann, halte ich für ein sehr wichtiges Thema.“ (U1)

> Tipp aus der Praxis
>
> Nicht-technische Kompetenzen wie interdisziplinäre Kommunikation und Übersicht sind Erfolgsfaktoren bei der internen Vernetzung von Unternehmen und sollten geschätzt und gefördert werden (U1).

Wie bereits angesprochen ist der Bedarf im Bereich Softwarekompetenz nicht einheitlich. Während einige Unternehmen gut aufgestellt sind, möchten sich vor allem Unternehmen 1, 9 und 11 hier noch vergrößern. Dabei geht es ihnen vor allem um interdisziplinäre Ansätze, die auch die gut aufgestellten Unternehmen als wichtig erachten; so sind Informatik-Ingenieur Kombinationen sehr gefragt, oder auch Mischungen aus den Bereichen Software, Mechanik und Elektrik (U8). Unternehmen 14 ergänzt außerdem, dass Machine Learning in der Ausbildung zu kurz kommt und mehr agile Ansätze und Scrum-Ansätze im Maschinenbau eingesetzt werden sollten.

> Tipp aus der Praxis
>
> Suchen Sie Mitarbeiter mit interdisziplinären Ausbildungshintergründen, die Informatik und Technik vereinen, oder bilden Sie entsprechende Teams, in denen diese Kompetenzträger eng zusammen arbeiten (U8).

Gegenüber der Angst vor Arbeitsplatzverlusten äußert sich Unternehmen 3:

„Das heißt auch nicht, dass ich nur noch menschenleere Maschinenhallen sehe. Ich glaube, da wird es eher eine Kompetenzverschiebung geben. Dass Dinge, die heute von hochqualifizierten Menschen gemacht werden müssen, mit mehr Assistenz auch von weniger qualifizierten Menschen gemacht werden können. Und dass es natürlich eine sehr hohe Kompetenz braucht das Gesamtsystem im Griff zu behalten. Also das Thema Ingenieurwissen trifft Informatik. Und die begehrtesten Experten sind immer die, die an den Schnittstellen sind und beides können müssen. Das wird eine ganz neue Domäne werden.“ (U3)

Diese neue Domäne zeigt sich auch bei Unternehmen 15, das neue Multiagentenkonzepte aus der Informatik implementiert, um smarte Steuerungen von Produktionsprozessen zu entwickeln. Das Ziel ist die Abbildung komplexer Prozesse mit einzelnen Agenten, die jeweils ein bestimmtes Regelwerk im Hintergrund haben. Dadurch soll eine Vereinfachung der Prozesse erreicht

werden. Das Unternehmen stellt an dieser Stelle fest, dass es einen Bedarf hat, es bisher aber niemanden gibt, der in diesem Bereich Erfahrungen gesammelt hat, die man abgreifen könnte. Das heißt, dass man sich gerade bei Innovationen oft selbst entwickeln muss, um neue Produkte zu schaffen. Unternehmen 3 unterstützt diese Ansicht und hofft zukünftig auch auf noch mehr Experimentierwille bei den Beschäftigten.

3.7 Übergreifende Herausforderungen und Rahmenbedingungen

3.7.1 Umbrüche in den internen Strukturen

Unternehmen 1 beschreibt seine organisationalen Herausforderungen mit Angst vor Veränderung und Trägheit in der Organisation, gerade in etablierten Technologiefeldern:

„Grundsätzlich muss man immer mit gewissen Widerständen in einer Unternehmenskultur rechnen, wenn es um etwas Neues geht, um große, tiefgreifende Wandlungen. Das ist natürlich bei Industrie 4.0 umso schwieriger, da ich jetzt die Branchengrenzen massiv erweitere und mich plötzlich auf komplett anderen Spielfeldern befinde. (...) (Wir) rutschen immer mehr in eine Wettbewerbssituation rein, die wir eigentlich nicht gewohnt sind und die uns eigentlich nicht so ganz schmeckt. Es dauert auch nicht mehr lange, dann werden wir uns auch mit Amazon und Google auf demselben Spielfeld treffen und da prallen dann natürlich zwei Welten aufeinander.“ (U1)

Unternehmen 2 spricht in diesem Kontext von zähen Prozessen, gerade in großen Unternehmen und auch Unternehmen 9 bezeichnet die Veränderung einer großen Organisation als sehr große Herausforderung. Unternehmen 10 zeigt auf, dass Organisationen mit zu vielen Ebenen das Problem haben, dass Entscheidungswege zu lang sind.

„Das ist die Herausforderung für die Industrie. Da sitzt dann der hochbezahlte Manager, der dann seinen IT-Chef hat, der vielleicht auch keine Ahnung mehr hat ..., weil sein kleiner Mitarbeiter, der weiß tausendmal besser Bescheid wie er und so wird die Schere immer größer: Je mehr Leute, desto mehr Diskussionen, Für und Wider nimmt zu, die Entscheidungswege werden länger, am Ende ist es ’ne Totgeburt.“ (U10)

Ein weiteres Problem sieht Unternehmen 5 intern und spricht von einer Ablehnungshaltung gegenüber Veränderungen durch Industrie 4.0 bei den gering qualifizierten und älteren Beschäftigten. Auch Unternehmen 12 berichtet, dass insbesondere ältere Beschäftigte dem Wandel kritisch gegenüber stehen:

> **Tipp aus der Praxis**
>
> Integrieren Sie Ihre Beschäftigten frühzeitig in den digitalen Wandel, damit die Digitalisierung angenommen und bestmöglich umgesetzt werden kann (U9).

Unternehmen 9 beklagt darüber hinaus, dass es noch keine einheitliche Definition von Industrie 4.0 im Unternehmen gibt. Weder im Haus, noch zusammen mit der Konzernebene in Asien, die nach ihrem Verständnis eher Industrie 2.0 machen. Zudem wird Transparenz im Betrieb kritisch gesehen, Stichwort Überwachung von Beschäftigten, und es fehlt auch an einer unternehmensübergreifenden Vernetzung. Hier ist die Anschaffung von Software alleine keine Lösung:

„Niemand kümmert sich drum. Nur weil ich die Software installiert habe werde ich nicht besser. Das ist wie die Fitnessstudiomitgliedskarte, die ich in der Hosentasche führe und deswegen werde ich auch nicht stärker und fitter.“ (U9)

Eine weitere Herausforderung ist die Vermittlung der Kundenperspektive, gerade bei Studenten und Softwareentwicklern, bemerkt Unternehmen 14; gleichzeitig beklagt das Unternehmen fehlendes visionäres Denken, das nötig ist, um die Digitalisierung zu stemmen. Es vertritt dabei die Meinung, dass es flexibles Denken, auch interkulturelles Denken, braucht um den Vorsprung zu halten, den es sich bislang

erarbeitet hat. Hier zeigt sich deutlich die Relevanz der Auswahl und Qualifikation von Mitarbeitern und des Ausbaus von Kompetenzen.

Aus organisationaler Sicht beklagt Unternehmen 15 Kapazitätsprobleme als das größte Hemmnis. Sie haben viele Ideen im Unternehmen, die aber parallel zum Alltagsgeschäft umgesetzt werden müssen. Ebenso sieht die Geschäftsführung von Unternehmen 7 einige Ansatzpunkte, mehr Digitalisierung zu betreiben, die Schwierigkeit dabei ist jedoch, die richtigen Projekte in die Wege zu leiten und die verfügbaren Mittel wie Personal und Kapital optimal einzusetzen.

Unternehmen 2, 4, 10 und 14 weisen auch auf die finanziellen Herausforderungen hin, die eine Umsetzung von Industrie 4.0 mit sich bringt. Unternehmen 2 beklagt beispielweise die hohen Kosten für die Implementierung von Ideen, von denen man nicht sicher weiß, ob sie sich auszahlen. Unternehmen 4 drückt das folgendermaßen aus:

„Das kostet halt alles Geld und genau da liegt das Problem. Man möchte in diese Dinge möglichst wenig investieren … und so kommt man an der Stelle einfach nicht weiter.“ (U4)

Unternehmen 10 ist der Meinung, dass kleine Unternehmen nicht die nötige Finanzkraft haben und die öffentlichen Förderungen passen nicht zu dem Geschäftsmodell der IT-Branche. Das Risiko wird von den Banken oft zu hoch eingeschätzt, was die Entwicklung in der Branche bremst.

3.7.2 Sicherheit von Daten

Herausforderungen im Bereich Datensicherheit werden von einigen Unternehmen (U2, U3, U5, U8, U15) angesprochen. Unternehmen 2, 8 und 15 beklagen, dass die Kunden verständlicherweise Angst um ihre Daten haben und daher keine Daten rausgeben wollen oder den Zugang zu den Maschinen zum Teil verwehren. Dadurch kann das Potenzial von Industrie 4.0 jedoch nicht voll ausgeschöpft werden. Lösung aus der Sicht des Unternehmens wären eventuell Anonymisierungsalgorithmen, die aber auch wieder Aufwand verursachen, der bezahlt werden will. Zum Thema Sicherheit und Daten hat das Unternehmen 3 eine klare Meinung. Im Zweifelsfall sieht das Unternehmen immer den Kunden als Eigner der Daten und das Unternehmen hält sich streng an die deutschen Datenschutzrichtlinien. Es wird vermieden mit Firmen zu kollaborieren, die Daten dort ablegen, wo amerikanischen Recht gelten könnte. Insgesamt sieht das Unternehmen jedoch am amerikanischen Markt bessere Grundlagen als in Europa was Digitalisierung betrifft. Das Unternehmen drückt es folgendermaßen aus:

„Mit unserem Sicherheitsdenken, das sehr, sehr wichtig ist, aber nicht in einer Blockade, sondern im bewussten Handeln enden sollte. Und wenn ich für jedes Signal einen Sicherheitsalgorithmus brauche, dann könnte es sein, dass wir noch ein paar Jährchen brauchen.“ (U3)

Tipp aus der Praxis

Versuchen Sie gemeinsam mit Ihren Kunden kreative Lösungen zu finden, wenn die Kunden ihre Daten nicht online verfügbar machen wollen, beispielweise durch Intranet-Lösungen oder regelmäßigen Festplattenaustausch (U9).

Unternehmen 5 sieht die Sicherheitsbedenken grundsätzlich als berechtigt an, bemerkt aber, dass das Thema von Beschäftigten auch als Scheinargument benutzt wird, um die gesamte Digitalisierung abzulehnen:

„(Wir sehen, dass) Digitalisierung sehr stark in Diskussionen mit Scheinargumenten zum Thema Datensicherheit bekämpft wird. Sicherheit ist sicherlich ein großes Thema, was man nicht vernachlässigen darf, aber was wir bei uns in betriebsinternen Diskussionen mitbekommen ist es ein sehr beliebtes Argument was erstmal vorgeschoben wird. Digitalisierung, Fremdzugriff, Unsicherheit der Cloud … besser nicht machen, lieber bei Angestammtem bleiben, keine Veränderung, das ist sicher.“ (U5)

3.7.3 Infrastruktur und Standards

Beim Thema Infrastruktur sind sich die Unternehmen 8, 10 und 11 überwiegend einig. Aus der Sicht von Unternehmen 8 fehlen stabile Funknetze an den Standorten und es gibt keinen vernünftigen industriellen Nahfunk. Unternehmen 10 beklagt Probleme mit der Internetverbindung und Unternehmen 11 sieht die Politik in der Verantwortung, Basistechnologien für die große Vernetzung zu fördern bzw. bereitzustellen.

„Um ein Beispiel zu nennen, wenn sie heute ein Telefon haben und fahren mit diesem in den Odenwald, können sie noch nicht mal telefonieren. Da frage ich mich, wie soll ich von dort aus eine gute Vernetzung schaffen. (...) Und ich glaube darauf sollte sich die Politik fokussieren. Das passiert an einzelnen Ecken auch, in Rheinland-Pfalz ist ja da auch die Bestrebung (vorhanden), aber vielleicht sollte man sich da auch mal auf die konkreten Problemstellungen konzentrieren und weniger den Mittelstand durch Parolen motivieren wollen, ich glaube das ist eher nicht nötig. Ich glaube eher, dass es da wirklich an den konkreten Unterstützungen hapert, genau in solchen Einzelthemen." (U11)

Zu möglichen Ansätzen wie man den Herausforderungen begegnen könnte, äußern sich Unternehmen 14 und 15. Sie sind sich einig, dass die Branche in Deutschland mutiger und risikofreudiger werden muss, sich nicht alleine im Planen vergraben darf und dadurch Gefahr laufen könnte, zurückzubleiben. Es fehlt das agile Vorgehen, schnelles Machen, Ausprobieren und Verbessern, sowie der Multiprojektansatz. Beispielsweise auch bei der vielfach gewünschten Standardisierung. Unternehmen 5 ist hier der Ansicht, dass es nicht notwendig ist darauf zu warten, dass es einen Standard oder ein allumfassendes Protokoll für alle Industrien gibt. Auch mit bestehenden Mitteln kann eine Vernetzung zumindest innerhalb einer Industrie stattfinden.

„Das es auch gar nicht notwendig ist für uns jetzt einen Standard zu haben der x Industrien miteinander verbindet, sondern nämlich wir müssen schauen, dass wir in unserer Industrie sicherstellen können, dass dort eine entsprechende Vernetzung stattfinden kann." (U5)

Auch Unternehmen 15 sieht neben der Datensicherheit das Thema Standardisierung als großes Thema.

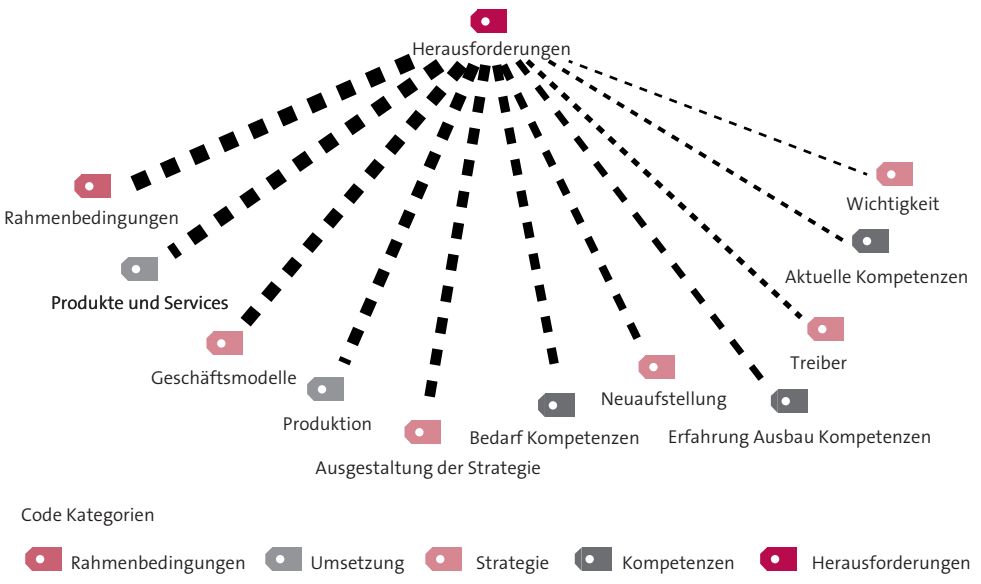
„Wo wir halt so typisch deutsch versuchen alles bis ins letzte Detail zu spezifizieren und das dauert natürlich Jahre. Und ich frage mich manchmal, ob das so zielführend ist. Wenn man mitkriegt wie das beispielsweise in den USA läuft, da krempelt man mal die Arme hoch und macht was. Und dann gibt's vielleicht im Nachhinein einen de facto Standard, wenn sich irgendwas als sinnvoll erweist. Ich glaube das hemmt vielleicht auch so ein bisschen die Entwicklung." (U15)

Tipp aus der Praxis

Statt auf Lösungen von außen zu warten, lieber selbst oder in Kollaboration de facto Standards für die Vernetzung schaffen und sich an der Diskussion um Standards und Sicherheit beteiligen (U15).

Unternehmen 14 plädiert zudem für mehr Initiative von den Maschinenbauern insgesamt, um eine gemeinsame Plattform zu schaffen und gemeinsam eine Lösung für einzelne Sparten anzubieten. Dass es jeweils eine singuläre Plattform wird, ist nach der Ansicht des Unternehmens noch utopisch, aber es sollte zwei bis drei starke Plattformen geben, wo man sich als aktives Unternehmen anbinden könnte, um mitzukommen.

Abbildung 28: Herausforderungen bei der digitalen Transformation



3.7.4 Herausforderungen in der Übersicht

Eine thematische Übersicht der Herausforderungen, die die Unternehmen in den Interviews und Fallstudien identifiziert haben, ist in Abbildung 28 dargestellt. Hier werden die überschneidenden Interview-Codierungen von Strategie-, Geschäftsmodell-, Umsetzungs-, Kompetenz- und Rahmenbedingungen mit Herausforderungen, Risiken und Hemmnissen abgebildet. Die Breite der Verbindung spiegelt die Häufigkeit des gleichzeitigen Vorkommens der Themenbereiche in den Interviews wider und nimmt von links nach rechts ab.

Es zeigt sich, dass die oben genannten Rahmenbedingungen ein sehr häufig angesprochenes Problemfeld darstellen, wohingegen die Wichtigkeit der Digitalisierung kaum umstritten ist und damit eine vergleichsweise geringe Herausforderung darstellt. Obwohl die Darstellung nur die Anzahl der Verbindungen zeigt und nicht ihre Wichtigkeit, gibt sie doch einen guten Eindruck davon, welche Herausforderungen von einer Mehrzahl der Unternehmen wahrgenommen werden und wo man ansetzen könnte, um verbesserte Bedingungen für die digitale Transformation zu schaffen.

Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass der Stand des deutschen Mittelstandes bezüglich der Umsetzung von Industrie 4.0 bei den interviewten Unternehmen als zufriedenstellend bis gut eingeschätzt wird. Dennoch ist bei den meisten Unternehmen herauszuhören, dass es zukünftig weiterer Anstrengungen bedarf, um den aktuellen Vorsprung nicht zu verlieren. Dazu braucht es an einigen Stellen möglicherweise einen Mentalitätswechsel. Unternehmen 14 bringt diese Ansicht auf den Punkt:

„Aber ich hatte in einer Konferenz, da ging es um Digitalisierung und Wandel, ein paar schöne Schlagworte dazu gehört. Was Risiko angeht war das Thema: be brave and fail fast. (...) Ein bisschen mehr Tempo und weniger Bürokratismus, einfach Pragmatismus und das Ganze tun." (U14)

4 Status Quo der Digitalisierung im Maschinen- und Anlagenbau und Vergleich zum sonstigen Verarbeitenden Gewerbe

4.1 Einleitung und Zielsetzung

4.1.1 Zielstellung und Vorgehensweise der breitenempirischen Analyse

Im Folgenden steht die aktuelle Verbreitung digitaler Technologien im gesamten Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland im Mittelpunkt. Hierbei wird sowohl die Anwender- als auch die Anbieterseite berücksichtigt. Die Anwendersicht beschreibt den Einsatz digitaler Technologien durch Industriebetriebe in der eigenen Produktion. Die Anbieterperspektive berücksichtigt digitale Technologien, die Industriebetriebe im Rahmen ihres Produkt- und Dienstleistungsportfolios einsetzen. Hieraus ergibt sich ein umfassendes Bild zum Entwicklungsstand der deutschen Industrie zu den vier Feldern Smart Products, Data-driven Services, Smart Factory und Smart Operations.

Aufbauend auf dem allgemeinen Verbreitungsgrad widmet sich dieser Abschnitt insbesondere einem Vergleich des Maschinen- und Anlagenbaus mit dem sonstigen Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland. Dabei wird der Entwicklungsstand bei der Digitalisierung wiederum sowohl aus Anwender- als auch aus Anbietersicht verglichen. Damit sind belastbare Aussagen zum Status Quo des Maschinen- und Anlagenbaus hinsichtlich einer digital-vernetzten Produktion möglich. Zudem werden Stärken und Schwächen, aber auch Potenziale und Risiken identifiziert. Um dieses Ziel zu erreichen, werden in diesem Abschnitt folgende Leitfragen behandelt:

1. Wie verbreitet sind digitale Technologien aus Anbieter- und Anwendersicht in der deutschen Industrie und wie schneidet dabei der Maschinen- und Anlagenbau ab?

2. Was ist der Status Quo hinsichtlich des digitalen Entwicklungsstands der Betriebe des Maschinen- und Anlagenbaus?

3. Welche Stärken und Schwächen, Potenziale und Risiken existieren im Maschinen- und Anlagenbau hinsichtlich der Anwendung und des Angebots von digitalen Technologien?

4. Welche Rückschlüsse ergeben sich hieraus für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau?

Um diese Leitfragen zu beantworten, wurde die repräsentative Befragung Modernisierung der Produktion ausgewertet. Die aktuelle Erhebungsrunde wurde 2015 durchgeführt und enthält Fragen zu digitalen Technologien für die industrielle Produktion aus Anwender- und Anbietersicht. Die verschiedenen Indikatoren und der Hintergrund zur Erhebung Modernisierung der Produktion 2015 sind in den kommenden Abschnitten erläutert.

4.1.2 Beschreibung der digitalen Technologien aus Anwender- und Anbieterperspektive

Um den aktuellen Verbreitungsgrad von digitalen Technologien im Verarbeitenden Gewerbe zu erfassen, wurden wichtige Techniken erfasst, die als Voraussetzung für die Anwendung und das Angebot einer digital-vernetzten Produktion im Sinne der Industrie 4.0 dienen und die bereits heute in den Betrieben Anwendung finden können. Sie sind teilweise schon länger bekannt und im Einsatz, bilden aber eine wichtige Grundlage, um im Kontext von Industrie 4.0 mit anderen Systemen vernetzt zu werden (z.B. ERP-Systeme) und so eine durchgängige Integration ermöglichen. Oder sie stellen Einzeltechnologien dar (z.B. Tablets zur Anlagenbedienung, Web-Portale), die eine Basis bilden können, auf denen neue, vernetzte Anwendungen oder Geschäftsmodelle aufgebaut werden. Diese werden im Folgenden auf spezifische Anwendungsgebiete der Industrie 4.0 „vorbereitende Technologien“ genannt. Da diese digitalen Technologien sowohl in der eigenen Produktion eingesetzt werden können als auch bei den selbst hergestellten und angebotenen Maschinen und Anlagen, wird in eine Anwender- und Anbieterperspektive unterschieden.

- Die **Anwenderperspektive** berücksichtigt digitale Technologien, die im Rahmen der betriebseigenen Produktionsprozesse eingesetzt werden und entsprechend auf IT-nahe Prozesse und die digital-vernetzte Produktion

Tabelle 8: Digitale Technologien aus Anwendersicht		
Digitale Technologien aus Anwenderperspektive (im Sinne von vorbereitenden Technologien für die Smart Factory bzw. Smart Operations)		
Auf Smart Operations vorbereitende Technologien	1	IT-gestützte Produktionsplanung: Einsatz von Softwaresystemen zur Produktionsplanung und -steuerung (z.B. ERP-System)
	2	System für Product Lifecycle Management: Product Lifecycle Management-Systeme (PLM) oder auch Produkt-Prozessdaten-Management
	3	Mobiler/Drahtloser Zugang zu Arbeitsanweisungen: Einsatz von digitalen Lösungen zum Bereitstellen und Nutzen von Zeichnungen, Arbeitsplänen oder Arbeitsanweisungen direkt am Arbeitsplatz des Werkers (z.B. Tablets, Smartphones)
	4	Mobile/Drahtlose Programmierung von Maschinen: Einsatz von mobilen/drahtlosen Geräten zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen (z.B. Tablets)
Auf Smart Factory vorbereitende Technologien	5	Echtzeitnahes Produktionsleitsystem: Einsatz von echtzeitnahen Produktionsleitsystemen (z.B. Systeme mit zentraler Maschinen-/Prozessdatenerfassung, MES)
	6	IT-System für Supply-Chain-Management: Digitaler Datenaustausch mit Zulieferern bzw. Kunden (Supply-Chain-Management-Systeme)
	7	IT-gestützte Steuerung der internen Logistik: Einsatz von Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik (z.B. Lagerverwaltungssysteme, RFID)
	8	Sichere Mensch-Maschine-Kooperation: Anwendung von Technologien für eine sichere Mensch-Maschine-Kooperation (z.B. kooperative Roboter, „zaunfreie“ Stationen)

fokussieren. Die Anwenderperspektive deckt folglich die Dimension der auf „Smart Factory“, und auf „Smart Operations“ vorbereitenden Technologien ab (vgl. Abbildung 1).

- Die **Anbieterperspektive** analysiert hingegen, in wie weit Betriebe ihre Angebote an Kunden mittels digitaler Komponenten und Systeme ergänzen und zum Einsatz bringen. Die Anbieterperspektive fokussiert entsprechend die Dimension der auf „Smart Products“, und auf „Data-driven Services“ vorbereitenden Technologien (vgl. Abbildung 1).

Tabelle 9: Digitale Technologien aus Anbietersicht		
Digitale Technologien aus Anbieterperspektive (im Sinne von vorbereitenden Technologien für Smart Products bzw. Data-driven Services)		
Auf Data-driven Services vorbereitende Technologien	1	Einsatz des Internets zur Unterstützung von Dienstleistungen (z.B. für Online-Schulungen, Dokumentationen, Fehlerbeschreibungen)
	2	Mobile Endgeräte für Servicetechniker beim Kundeneinsatz (z.B. Smartphone, Tablet, Digitalkamera)
	3	Fernunterstützung für Kunden (z.B. Web-Plattform, Service-Hotline)
Auf Smart Products vorbereitende Technologien	4	Sensortechniken o. Steuerungselemente an Maschinen u. Komponenten für Teleservice-Anwendungen
	5	Virtual-Reality oder Augmented Reality-Anwendungen für Dienstleistungen (z.B. Serviceeinsätze am Produkt, Fern-Schulungen, Produktauslegungen, Produktpräsentationen)
	6	Entwicklung von Software für Kunden

Für jede dieser Dimensionen wurden konkrete Technologien in der Erhebung Modernisierung der Produktion 2015 berücksichtigt. Für die Anwenderperspektive wurden folgende acht Kerntechnologien (vgl. Tabelle 8) ausgewählt:

Konkret wurden die teilnehmenden Betriebe befragt, ob sie entsprechende Technologien bereits einsetzen, planen diese bis 2018 einzusetzen bzw. wann sie diese das erste Mal eingesetzt haben. In Kombination mit den Indikatoren zur Betriebs- und Produktionsstruktur sowie sektoralen Klassifikation können mit diesen Daten zudem strukturelle Rahmenbedingungen für die Verbreitung der acht Technologien identifiziert werden.

Die acht digitalen Technologien der Anwenderperspektive können jeweils einem der beiden Felder Smart Factory bzw. Smart Operations zugeordnet werden. Zu den Technologien, die auf Smart Factory vorbereiten, zählen diejenigen, die auf den technischen Produktionsprozess fokussieren (vgl. Technologien 5 bis 8 aus Tabelle 8). Zu den auf Smart Operations vorbereitenden Technologien zählen dagegen diejenigen, die eine Schnittstelle zum Management oder zu einem organisatorischen Prozess, also einen Bezug zum technischen Umfeld eines Betriebs aufweisen (vgl. Technologien 1 bis 4 aus Tabelle 8). Für die Anbieterperspektive wurden sechs Kerntechnologien (vgl. Tabelle 9) identifiziert und die Betriebe konkret befragt, ob diese digitalen Technologien im Rahmen ihrer Angebote an Kunden genutzt werden.

Auch die sechs digitalen Technologien der Anbieterperspektive sind den beiden Feldern Smart Products und Data-driven Services zugeordnet. Um diese Aufteilung vorzunehmen, wurde danach unterschieden, ob eine digitale Technologie eine Anbindung, entweder in physischer oder digitaler Form, zum Kernprodukt aufweist. Technologien, die in Zusammenhang zum technischen Produkt stehen, wurden zu den auf Smart Products vorbereitenden Technologien gezählt (vgl. Technologien 4 bis 6 aus Tabelle 9). In Abgrenzung dazu sind Technologien, die jenseits des physischen Kernprodukts zum Einsatz kommen und sich auf die reine Dienstleistungserbringung fokussieren, den auf Data-driven Services vorbereitenden Technologien zuzuordnen (vgl. Technologien 1 bis 3 aus Tabelle 9).

Zusätzlich erlauben die Daten eine Analyse, wofür die digital anfallenden Informationen verwendet werden. Die teilnehmenden Betriebe wurden dazu befragt, ob sie im Rahmen der Angebotserbringung anfallende digitale Informationen nutzen und weiterverarbeiten. Bei einer positiven Aussage war dann darüber hinaus von Interesse, ob diese digitalen Informationen zur Verbesserung von Produkten, Dienstleistungen oder der eigenen Geschäftsprozesse verwendet werden.

4.1.3 Hintergrund zur Erhebung Modernisierung der Produktion 2015

Die Erhebung Modernisierung der Produktion wird seit 1993 regelmäßig alle drei Jahre vom Fraunhofer ISI durchgeführt und fokussiert Themen zur Wertschöpfung und Innovation in der Produktion. Dabei werden deutschlandweit Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes zum Stand ihrer Produktion sowie zu verschiedenen Themen befragt. Die Erhebung deckt dabei seit 2006 alle Branchen des Verarbeitenden Gewerbes ab. Ausgehend von einer repräsentativen Stichprobe wird regelmäßig ein Rücklauf von 1.300 bis 1.600 Betrieben erreicht. Die Erhebung Modernisierung der Produktion ist damit die breiteste und umfangreichste Befragung zu Modernisierungsprozessen im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland.

Die aktuellste Erhebungswelle fand im Jahr 2015 statt und umfasst die Angaben von insgesamt 1.282 zufällig ausgewählten Betrieben, darunter 223 aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Sie bietet dabei ein repräsentatives Abbild des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland hinsichtlich Größenklassen, Branchenstruktur und regionaler Verteilung. Die Umfrage adressierte alle Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes (Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008, Klassen 10 bis 33 mit mindestens 20 Beschäftigten, vgl. dazu Jäger et al., 2016).

Als repräsentatives Abbild des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland erlaubt diese Datenbasis eine detaillierte Analyse besonders der klein- und mittelständischen Betriebe mit weniger als 250 Beschäftigten. Diese spielen aufgrund ihres hohen Anteils eine wichtige Rolle im Verarbeitenden Gewerbe (vgl. hierzu auch Abbildung 3). Aufgrund der guten Abbildung der relativen Anteile der kleinen Betriebsgrößenklassen werden diese in den Fokus der Analyse gerückt und es wird auf eine weitere Differenzierung von großen und mittelgroßen Betrieben verzichtet. Daher wird im Folgenden zwischen kleineren Betrieben mit 20 bis 49 Beschäftigten, mittleren Betrieben mit 50 bis 249 Beschäftigten sowie größeren Betrieben mit 250 oder mehr Beschäftigten unterschieden.

4.2 Digitale Technologien und Dienste

4.2.1 Grundsätzliche Erkenntnisse zum Angebot und zur Anwendung von digitalen Technologien im Verarbeitenden Gewerbe

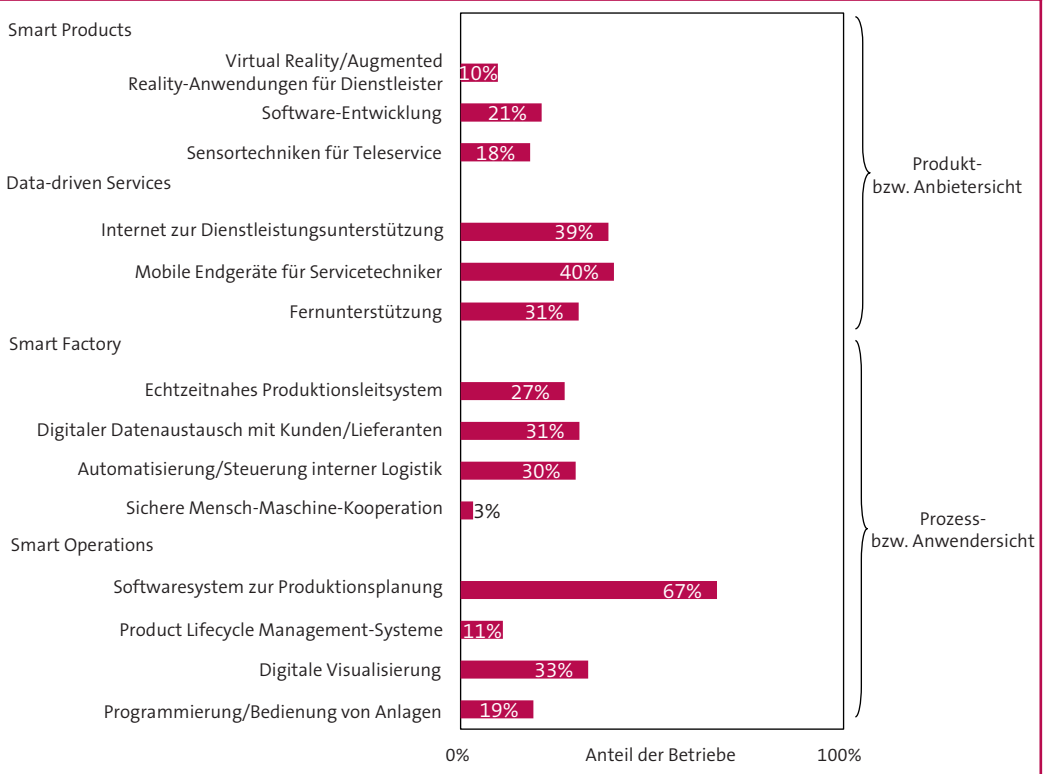
Grundsätzliche Erkenntnisse zur Anwenderperspektive

Bei einem Blick auf den aktuellen Verbreitungsgrad der acht Technologien aus der Anwenderperspektive zeigt sich, dass diese sehr unterschiedlich häufig eingesetzt werden. Dies gilt besonders für diejenigen Technologien, die zu den vorbereitenden Smart Operations zugerechnet werden. So setzen bereits heute 67 % „Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung“ in ihrer Produktion ein. Das „Product-Lifecycle Management-System“, wird hingegen von gerade einmal 11 % der Betriebe genutzt. Demgegenüber sind drei der vier Technologien, die auf eine Smart Factory vorbereiten, zu über einem Viertel in den Betrieben verbreitet. Aus der Reihe fällt lediglich die sichere Mensch-Maschine-Kooperation mit einer Nutzerquote von 3 %. Diese Technologie ist allerdings hier nur eingeschränkt als eigenständig anzusehen, da sie in Deutschland (fast) ausschließlich in Kombination mit Robotern zum Einsatz kommt und als Mensch-Roboter-Kooperation noch in den Anfängen einer breiten industriellen Nutzung steht.

Neben der grundsätzlichen Verbreitung lassen sich auch Zusammenhänge zwischen dem Einsatz der digitalen Technologien und der individuellen Betriebs- und Produktionsmerkmale feststellen. Bei der Neigung von Betrieben digitale Technologien einzusetzen, stellt die Betriebsgröße ein entscheidendes Merkmal dar. In größeren Betrieben mit 250 und mehr Beschäftigten werden diese Technologien deutlich häufiger eingesetzt als bei mittleren Betrieben mit 50 bis 249 Beschäftigten. Am seltensten kommen diese Technologien in kleinen Betrieben mit bis zu 49 Beschäftigten zum Einsatz. So wird beispielweise der digitale Datenaustausch mit Kunden oder Zulieferern von 62 % der größeren Betriebe, von 33 % der mittelgroßen, aber lediglich von 18 % der kleinen Betriebe praktiziert. Dieser Zusammenhang gilt durchweg für alle der acht untersuchten Technologien (vgl. Tabelle 12 im Anhang). Damit ist derzeit der Grad der Digitalisierung in der Produktion abhängig von der Betriebsgröße.

Auch die Produktkomplexität und die Seriengröße sind relevante Merkmale für die Beschreibung der Verbreitung dieser Produktionstechnologien. So ist eine beginnende Digitalisierung der Produktion mit steigender Produktkomplexität eher anzutreffen. Betriebe, die komplexe Produkte fertigen sind zu einem größeren Anteil mit digitalen Technologien ausgestattet als Betriebe mit mittelkomplexen oder gar mit einfacheren Produkten. Hinsichtlich der Seriengröße scheinen größere Losgrößen vorteilhafter für eine Digitalisierung der Produktion zu sein. Insgesamt zeigt sich, dass Betriebe mit einer Einzel- oder Kleinserienfertigung seltener digitale Technologien in ihrer Produktion einsetzen, als Betriebe mit mittleren Losgrößen oder Betriebe die in Großserie fertigen (vgl. hierzu Tabelle 12 im Anhang).

Abbildung 29: Anwendung und Angebote digitaler Technologien in der Industrie



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Grundsätzliche Erkenntnisse zur Anbieterperspektive

Auch bei der Anbieterperspektive weisen die sechs untersuchten Technologien einen stark unterschiedlichen Verbreitungsgrad auf. Technologien, die als Vorbereitung und Grundlage für avanciertere Data-driven Services interpretiert werden können, werden aktuell von etwa einem Drittel aller Betriebe genutzt. Die digitale Fernunterstützung für Kunden mittels Web-Plattformen und Service Hotline hat etwa einer von drei Betrieben (31 %) im Angebotsportfolio. Ebenfalls nutzen 39 % der Betriebe das Internet, um Dienstleistungen an ihren Produkten zu erbringen oder abzuwickeln. 40 % der Betriebe greifen auf mobile Endgeräte für ihre Servicetechniker, wie Tablets oder Smartphones, zurück.

Auf Smart Products vorbereitende Technologien sind insgesamt geringer verbreitet. Deutlich wird dies beispielsweise beim Einsatz von Steuerungselementen und Sensortechniken für Fernzugriffe und Teleservice-Anwendungen. Diese nutzen lediglich 18 % der Betriebe im Rahmen ihrer Angebote für Kunden. 20 % der Betriebe entwickeln für ihre Kunden Software und etwa 10 % der Betriebe nutzen bereits Virtual- oder Augmented-Reality Anwendungen für ihre Kundenangebote.

Auf der Angebotsseite existieren ebenfalls über alle sechs Technologien hinweg Unterschiede hinsichtlich der Produktions- und Betriebsmerkmale (vgl. hierzu Tabelle 13 im Anhang). So zeigt sich, dass der Einsatz digitaler Technologien mit einem zunehmend avancierten Serviceangebot ebenfalls zunimmt. Betriebe, die ihren Kunden sogenannte Produkt-Service Systeme (PSS) anbieten, verwenden sehr viel häufiger digitale Technologien, als Betriebe die einfache Services anbieten. Zu den PSS zählen beispielweise Betreibermodelle, Verfügbarkeitsgarantien oder Miet- und Leasingkonzepte. Entsprechend scheinen positive Zusammenhänge zwischen der Komplexität des Serviceangebots, und der Neigung des Einsatzes digitaler Technologien im Angebotsportfolio zu existieren. Dies lässt sich dadurch erklären, dass PSS zu einer Vorwärtsintegration des Anbieters führen und Hersteller damit sehr viel tiefer in die Wertschöpfungsprozesse und -aktivitäten des Kunden eingreifen, als beim klassischen Produktverkauf. Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Betriebe die Produkt-Service Systeme anbieten, einen stärkeren Fokus auf ihr Angebotsportfolio legen und folglich eher dazu neigen, digitale Technologien einzusetzen.

Auch bei der Anbieterperspektive sind die Produktkomplexität und die Seriengröße entscheidende Merkmale, die den Einsatz digitaler Technologien bedingen. So neigen Betriebe mit komplexen Produkten deutlich häufiger zum Einsatz digitaler Technologien in ihrem Angebotsportfolio, als Betriebe, die Produkte mittlerer oder geringer Komplexität herstellen. Hier existiert ein positiver Zusammenhang zwischen Produktkomplexität und der Neigung digitale Technologien einzusetzen. Bei der Seriengröße verhält es sich bei der Angebotssicht allerdings genau gegensätzlich zur Anwenderperspektive. So setzen Betriebe mit Einzel- oder Kleinserienfertigung häufiger digitale Technologien bei der Angebotserbringung ein, als Betriebe, die in großen Losgrößen produzieren. Betriebe mit Einzel- oder Kleinserienfertigung nutzen beispielweise mobile Endgeräte zur Steuerung und Programmierung von Anlagen zu 52 %, Betriebe mit mittleren Losgrößen zu 35 % und Betriebe mit Serienproduktion zu 30 %. Zwischen der Seriengröße und der Neigung digitale Technologien zu verwenden existiert folglich ein negativer Zusammenhang (vgl. hierzu Tabelle 13 im Anhang).

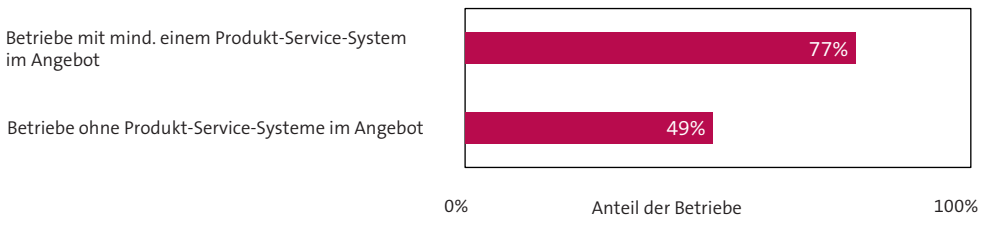
Hinsichtlich der Seriengröße lassen sich folglich zwei Tendenzen feststellen: Einerseits führt eine Großserienproduktion zu einem höheren Grad der Digitalisierung in den innerbetrieblichen Produktionsprozessen. Andererseits werden komplexe, kundenindividuelle Produkte, die in Einzel- oder Kleinserie gefertigt werden, häufiger mit digitalen Komponenten versehen, um Vorstufen der Smart Products oder Data-driven Services anbieten zu können.

Mit Blick auf die digitale Datennutzung und -verwertung scheinen die Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Chancen dieser Art der Informationsnutzung zu erkennen. Bereits heute greift die Mehrzahl der Betriebe auf digitale Informationen zurück, um anhand dieser Verbesserungen und inkrementelle Innovationen vorzunehmen. 59 % der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes nutzen Informationen aus digitalen Daten, die im Rahmen der Angebotserbringung beim Kunden anfallen. 83 % dieser Betriebe nutzen digitale Informationen, um Verbesserungen am Kernprodukt vorzunehmen. Immerhin 46 % verwenden digitale Informationen für Verbesserungen in Geschäftsprozessen und 30 % dieser Betriebe verbessern damit ihre Serviceangebote oder entwickeln sogar völlig neue Services.

Auch bei der Nutzung digitaler Informationen existiert ein Zusammenhang zum Serviceangebot des Betriebes (vgl. Abbildung 30). Betriebe mit einem avancierten und komplexen Angebot aus Produkt-Service Systemen verwenden digitale Informationen für inkrementelle Verbesserungen deutlich häufiger als Betriebe mit einfachen Serviceangeboten. Besonders stark ist dieser Zusammenhang, sobald digitale Informationen von den Betrieben für die Entwicklung oder Verbesserung von Services genutzt werden. Das Serviceangebot scheint folglich angebotsseitig ein zentrales Kriterium bzgl. digitaler Technologien einerseits, und dem Umgang mit anfallenden digitalen Daten andererseits, einzunehmen.

Ebenfalls existieren deutliche Unterschiede für die beiden Perspektiven zwischen den Branchen des Verarbeitenden Gewerbes. Diese, und

Abbildung 30: Anteil der Betriebe mit Nutzung digitaler Informationen



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

insbesondere die Besonderheiten des Maschinen- und Anlagenbaus, sind in den nächsten Abschnitten dargestellt.

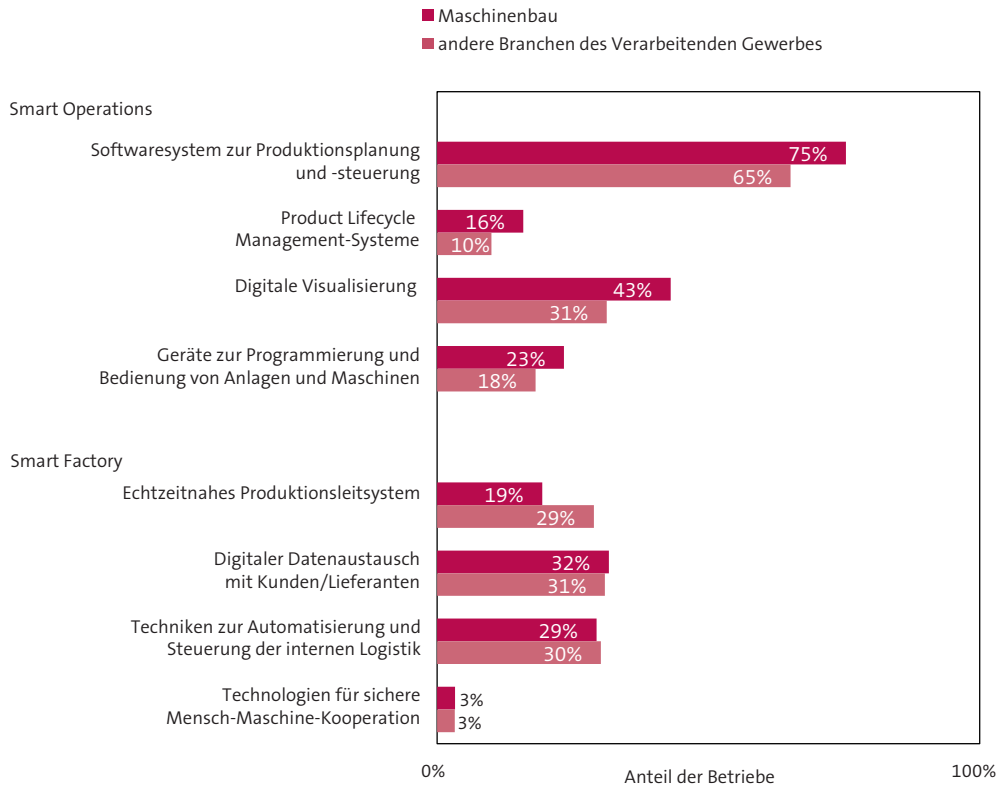
4.2.2 Digitalisierung des Maschinen- und Anlagenbaus aus der Anwenderperspektive

Verbreitung von digitalen Technologien aus der Anwenderperspektive
Der Verbreitungsgrad digitaler Technologien aus der Anwenderperspektive im Maschinen- und Anlagenbau im Vergleich zum restlichen Verarbeitenden Gewerbe wird in Abbildung 31 deutlich. So sind keinerlei Unterschiede beim digitalen Datenaustausch mit Kunden oder Lieferanten, bei der Automatisierung der internen Logistik und bei Techniken zur sicheren Mensch-Maschine-Kooperation festzustellen. Bei diesen Technologien liegt der Maschinen- und Anlagenbau im industriellen Durchschnitt.

Häufiger zum Einsatz kommen bei den Maschinen- und Anlagenbauern hingegen die Product Lifecycle Management Systeme (16 % vs. 10 %), Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung (75 % vs. 65 %), Geräte zur Programmierung von Maschinen- und Anlagen (23 % vs. 18 %) und die digitale Visualisierung (43 % vs. 31 %).

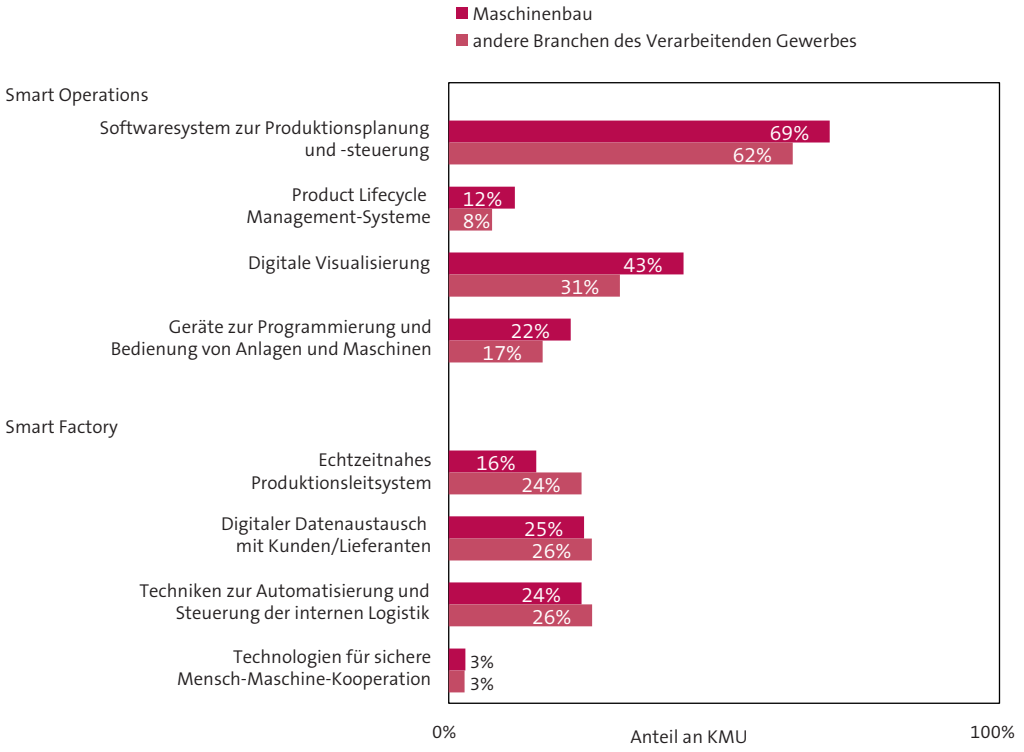
Das echtzeitnahe Produktionsleitsystem wird als einzige der acht untersuchten Technologien aus der Anwenderperspektive deutlich seltener eingesetzt. Während lediglich 19 % der Maschinen- und Anlagenbauer diese Technologie einsetzen, sind dies bei den restlichen Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes 29 %.

Abbildung 31: Nutzung von digitalen Technologien in Vorbereitung auf Smart Factory und Smart Operations



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Abbildung 32: Nutzung von digitalen Technologien in kleinen und mittleren Betrieben (KMU)



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Insgesamt ergibt sich daraus, dass Betriebe des Maschinen- und Anlagenbaus anscheinend eher dazu neigen, digitale Technologien aus dem Bereich der Smart Operations einzusetzen, als Betriebe aus anderen Branchen. Digitale Technologien in Vorbereitung auf eine Smart Factory werden hingegen im Maschinen- und Anlagenbau lediglich durchschnittlich oder sogar unterdurchschnittlich eingesetzt.

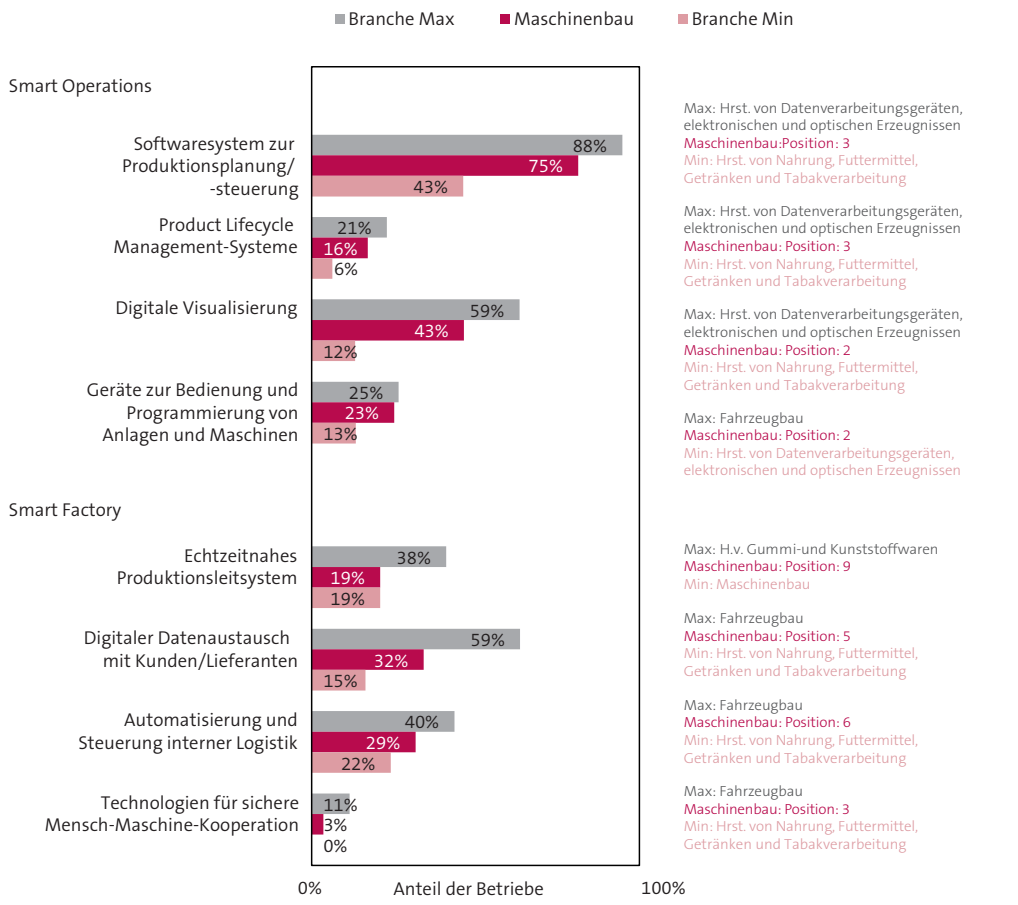
Warum Maschinen- und Anlagenbauer tendenziell eher Technologien aus dem Bereich Smart Operations einsetzen, kann ein Blick auf strukturelle Zusammenhänge mit verschiedenen Interpretationen erhellen. Zum Ersten weisen Großserien in der Produktion einen strukturellen Vorteil darin auf, dass Betriebe digitale Technologien einsetzen. Folglich ist davon auszugehen, dass derzeit die Smart Factory davon geprägt ist, insbesondere Automatisierungspotenziale zu heben. Da der Maschinen- und Anlagenbau jedoch traditionell durch Einzel- oder Kleinserienfertigung geprägt ist, sind diese Technologien für eine Smart Factory aufgrund der strukturellen Gegebenheiten für Maschinen- und Anlagenbauer von geringerem Vorteil.

Zum Zweiten zeichnen sich die Technologien der Smart Factory insgesamt durch ein höheres Investitionsvolumen aus, als die Technologien der Smart Operations. Da der Maschinen- und Anlagenbau eher aus mittelständischen Strukturen besteht, und gerade KMU zu größeren Investitionshemmnissen neigen, kann aufgrund der Betriebsgröße von einem strukturellen Nachteil bei Smart Factory vorbereitenden Technologien ausgegangen werden.

Zum Dritten scheinen auf Smart Operations vorbereitende Technologien gerade bei Einzel- oder Kleinserienfertigung eine sehr viel höhere Bedeutung zu haben als vorbereitende Technologien für eine Smart Factory. Bei individuellen Produktionsprozessen mit teilweise manueller Fertigung steht nicht die Automatisierung einer Prozesskette im Vordergrund, sondern die Verbesserung der individuellen Arbeitsprozesse durch digitale Hilfsmittel und deren smarte Vernetzung untereinander.

Betrachtet man die Verbreitung der Technologien lediglich für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), ergibt sich ein sehr ähnliches Bild für die Verortung des Maschinenbaus (vgl. Abbildung 32). Auch KMU aus dem Maschinen- und Anlagenbau setzen vergleichsweise eher Techniken aus dem Bereich Smart Operations ein, während der Bereich Smart Factory eher unterdurchschnittlich genutzt wird. Insgesamt geht aus dieser Darstellung zudem hervor, dass KMU

Abbildung 33: Maschinen- und Anlagenbau als Anwender von digitalen Technologien im Branchenvergleich



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

insgesamt weniger digitale Technologien in ihrer Produktion einsetzen, als größere Unternehmen mit 250 oder mehr Mitarbeitern.

In Abbildung 33 ist jeweils die Branche mit dem maximalen Nutzeranteil einer Technologie (oberer Balken), sowie die Branche mit dem minimalen Nutzeranteil dargestellt (unterer Balken). Der mittlere Balken zeigt den Nutzeranteil einer Technologie im Maschinen- und Anlagenbau und gibt in der Legende auch die Position des Maschinen- und Anlagenbaus innerhalb der insgesamt 9 betrachteten Branchengruppen des Verarbeitenden Gewerbes an. Hieraus lässt sich gut die Positionierung der Maschinen- und Anlagenbauer gegenüber anderen Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes auf einen Blick ablesen.

Dabei wird deutlich, dass der Maschinen- und Anlagenbau bei keiner der acht untersuchten Anwender-Technologien eine Führungsposition einnimmt. Bei den meisten digitalen Technologien liegen die Betriebe aus dem Maschinen- und Anlagenbau im Mittelfeld. Ersichtlich wird erneut der Fokus auf vorbereitende Technologien aus dem Bereich der Smart Operations. Hier liegt der Maschinen- und Anlagenbau stets auf dem zweiten oder dritten Platz. Lediglich die Elektrobranche oder der Fahrzeugbau weist höhere Nutzeranteile auf.

Im Gegensatz dazu belegt der Maschinen- und Anlagenbau bei denjenigen Technologien, die überwiegend Elemente einer Smart Factory aufweisen, Plätze in der unteren Hälfte des Verarbeitenden Gewerbes. Beim digitalen Datenaustausch mit Kunden oder Zulieferern wird der fünfte Platz eingenommen, bei der Automatisierung der internen Logistik nur der sechste Platz, und bei den echtzeitnahen Produktionsleitsystemen belegt der Maschinen- und Anlagenbau sogar die letzte Position. Die vorderen Ränge nehmen erneut meist Hersteller aus der Elektrobranche oder aus dem Fahrzeugbau ein. Das Schlusslicht ist in der Mehrzahl der Fälle die Nahrungs- und Getränkeindustrie.

Insgesamt lässt sich für die Anwenderperspektive schlussfolgern, dass der Maschinen- und Anlagenbau im Branchenvergleich im Mittelfeld des Verarbeitenden Gewerbes anzusiedeln ist. Positiv ist insbesondere die überdurchschnittlich

hohe Neigung zum Einsatz von auf Smart Operations vorbereitende Technologien. Während bei den vorbereitenden Technologien für die Smart Operations vergleichsweise hohe Nutzeranteile zu finden sind, befindet sich der Maschinen- und Anlagenbau bei der Vorbereitung auf die Smart Factory derzeit in der unteren Hälfte des Verarbeitenden Gewerbes. Der Fahrzeugbau und die Elektrobranche nehmen bei der Anwendung von digitalen Technologien in der Produktion durchweg eine Führungsrolle ein.

Lean Management und Digitalisierung der Produktion

Weiterhin lassen sich Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Lean Management und der Digitalisierung der Produktion anstellen. Das Lean Management beschreibt Methoden und Verfahrensweisen für die effiziente Gestaltung der industriellen Wertschöpfungskette. Um mögliche Zusammenhänge zu identifizieren wurden die acht digitalen Technologien zu vier unterschiedlichen Digitalisierungsbereichen zusammengefasst (vgl. hierzu auch Tabelle 8):

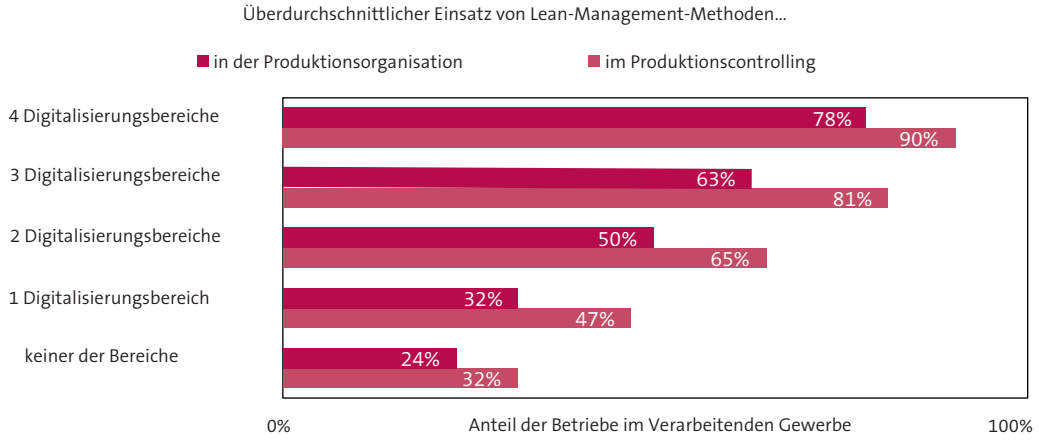
- **Digitalisierungsbereich I** (Produktionsprozesssteuerung): Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung sowie echtzeitnahe Produktionsleitsysteme
- **Digitalisierungsbereich II** (Interne und externe Logistik): Automatisierung der internen Logistik sowie digitaler Datenaustausch mit Kunden/Zulieferern
- **Digitalisierungsbereich III** (Produktplanung): Product-Life-Cycle Management Systeme
- **Digitalisierungsbereich IV** (Mensch-Maschine Interaktion): Mobile Geräte zur Programmierung und Steuerung, digitale Visualisierung sowie Mensch-Maschine Kooperation

Aus dem Bereich des Lean Managements wurden in der Erhebung Modernisierung der Produktion 2015 insgesamt sechs Instrumente abgefragt, die sich wiederum in Konzepte der Produktionsorganisation sowie in Konzepte zum Produktionscontrolling unterteilen lassen.

Konzepte der Produktionsorganisation sind hier:

- „Verbesserungen zur innerbetrieblichen Logistik“
- „Aufgliederung der Produktion“
- „Produktionssteuerung nach Zugprinzip“

Abbildung 34: Betriebe, die mindestens zwei Lean-Konzepte im Bereich Produktionsorganisation bzw. Produktionscontrolling nutzen, nach Anzahl der Digitalisierungsbereiche



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Tabelle 10: Logistisches Regressionsmodell zu betriebsspezifischen Einflussfaktoren hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit, dass ein Betrieb die Digitalisierung in mind. drei Bereichen eingeführt hat				
Konstrukt	**Indikator**	**Einflussfaktor (odds ratio)**	**Signifikanz**	
Betriebsgröße	Logarithmus der Anzahl an Beschäftigten	1,5	0,000	***
Branche (1)	Metallindustrie (24, 25)	0,8	0,310	
	Elektronikindustrie (26)	1,1	0,691	
	Elektrische Ausrüstungen (27)	1,3	0,493	
	Fahrzeugbau (29, 30)	0,7	0,372	
	Chemie-/Pharmaindustrie (20, 21)	0,4	0,032	**
	Gummi- und Kunststoffindustrie (22)	1,1	0,671	
	Nahrungs- und Genussmittel (10, 11, 12)	0,3	0,008	**
	Sonstige Branchen	0,8	0,411	
Seriengröße (2)	Mittlere Seriengröße	1,3	0,128	
	Großserie	2,4	0,001	***
Produkt-komplexität (3)	Einfache Produkte	1,1	0,812	
	Mittelkomplexe Produkte	1,5	0,132	
Lean-Methoden (4)	Mind. 2 der 3 ProdOrga Konzepte	1,8	0,000	***
	Mind. 2 der 3 ProdControlling Konzepte	3,3	0,000	***
	Konstante	0,0	0,000	***
Modellgüte	-2 Log-Likelihood		1089,84	***
	Cox & Snell R2		0,194	
	Nagelkerkes R-Quadrat		0,282	
	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi2 = 10,9 (df = 8) (n.s.)		

Anmerkung: Abhängiges Konstrukt: Einsatz von Digitalisierungstechnologien in mind. 3 Bereichen vs. in weniger Bereichen oder keine Digitalisierungstechnologien eingesetzt.
Modellspezifikation: Logistisches Regressionsmodell. N = 1148. Signifikanzniveau: *** p< 0.001, ** p< 0.05, * p<0.1, n.s. p> 0.1.
Referenzgruppen: (1) Maschinenbau, (2) Einzelfertigung, (3) Fertigung komplexer Produkte, (4) nur zwei oder weniger der Konzepte im Bereich Produktionsorganisation eingesetzt, (4) nur zwei oder weniger der Konzepte im Bereich Produktionscontrolling eingesetzt.

Als Konzepte zum Produktionscontrolling sind berücksichtigt:

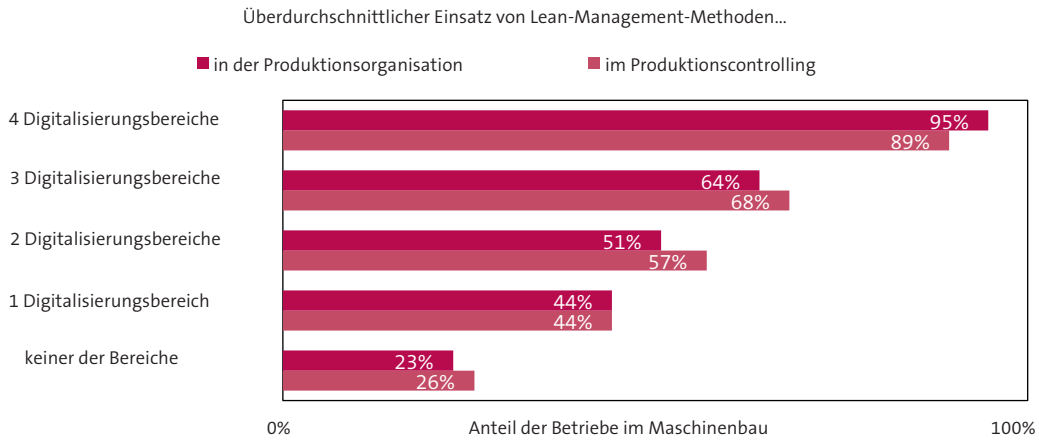
- „Visual Management und Schautafeln“
- „Methoden der Qualitätssicherung“
- „Verfahren zur kontinuierlichen Verbesserung“

Diese Methoden und Verfahrensweisen des Lean Managements haben im Verarbeitenden Gewerbe mittlerweile durchaus Verbreitung gefunden. Maßnahmen zur „Verbesserungen der internen Logistik“ werden von 64 % der Betriebe genutzt, die „Aufgliederung der Produktion“ von 45 % und die „Produktionssteuerung nach dem Zugprinzip“ immerhin von 31 %. Bei den Methoden des Produktionscontrollings ergeben sich ähnliche Verbreitungsgrade. Das „Visual Management“ kommt bei 40 % aller Betriebe zum Einsatz, „Methoden der Qualitätssicherung“ bei 69 % und „Verfahren zur kontinuierlichen Verbesserung“ bei 59 % der Betriebe.

Insgesamt zeigt sich, dass Betriebe, die in größerem Umfang auf Methoden des Lean Managements zurückgreifen auch eher dazu neigen, digitale Technologien in der Produktion einzusetzen. Dieser positive Zusammenhang ergibt sich sowohl für Methoden der Produktionsorganisation wie auch des Produktionscontrollings. Für das gesamte Verarbeitende Gewerbe ist dieser Zusammenhang in Abbildung 34 dargestellt.

Es wird deutlich, dass Betriebe, die überdurchschnittlich Lean-Methoden in der Produktionsorganisation bzw. im Produktionscontrolling einsetzen auch eher dazu neigen, digitale Technologien in der Produktion einzusetzen. So nutzen nur 24 % bzw. 32 % der Betriebe, die in keinem der vier Digitalisierungsbereiche aktiv sind, mindestens zwei der drei untersuchten Lean-Methoden in der Produktionsorganisation

Abbildung 35: Maschinen- und Anlagenbauer, die mindestens zwei Lean-Konzepte im Bereich Produktionsorganisation bzw. Produktionscontrolling nutzen, nach Anzahl der Digitalisierungsbereiche



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

bzw. im Produktionscontrolling. Dieser Anteil nimmt mit der Anzahl der Digitalisierungsbereiche stetig zu. So setzen über Dreiviertel (78 %) bzw. nahezu alle (90 %) der Betriebe, die Technologien aller vier Digitalisierungsbereiche nutzen, überdurchschnittlich Lean Methoden in der Produktionsorganisation bzw. im Produktionscontrolling ein. Insgesamt zeigt sich damit deutlich ein positiver Zusammenhang zwischen Lean Management und digitalen Technologien: Betriebe, die verstärkt Konzepte des Lean Management nutzen, weisen auch eine deutlich stärkere Neigung auf, digitale Technologien in der Produktion einzusetzen.

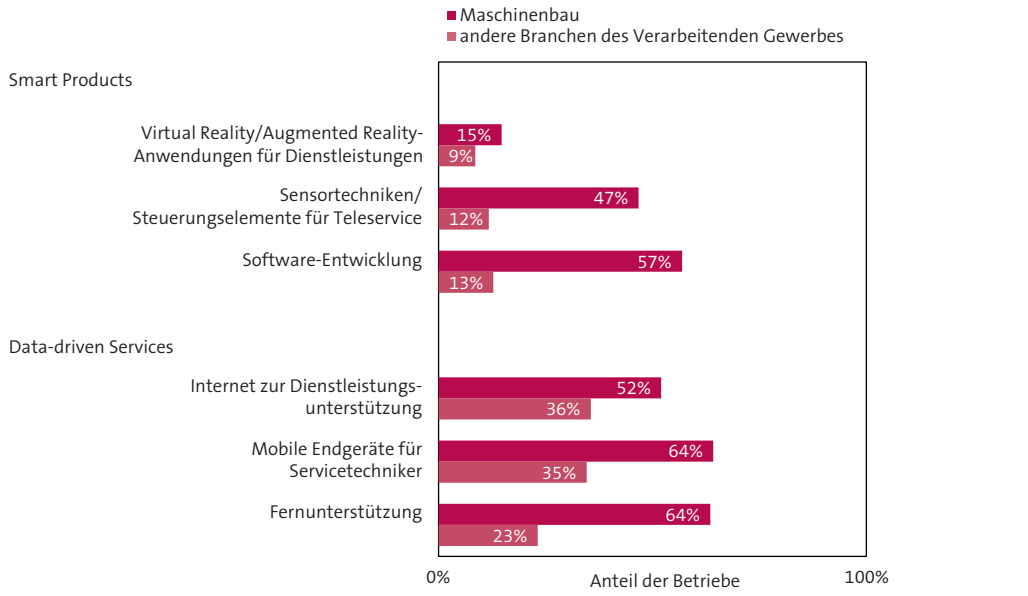
Vertiefende Analysen zeigen, dass dieser Befund auch standhält, wenn relevante Produktionscharakteristika und Betriebsmerkmale gleichzeitig mit geprüft werden. Anhand einer Regressionsanalyse kann gezeigt werden, dass der höhere Grad an Digitalisierung bei Betrieben mit Lean-Methoden im Vergleich zu Betrieben ohne Lean-Methoden nicht alleine der Betriebsgröße, Branche, Produktkomplexität oder der Seriengröße der Produktion geschuldet ist. Betriebe mit überdurchschnittlichem Einsatz von Lean-Methoden in der Produktionsorganisation und/oder -controlling haben unabhängig von diesen Strukturmerkmalen eine größere Chance, Digitalisierungstechnologien in mindestens drei der betrachteten Digitalisierungsbereiche einzusetzen (Tabelle 10). Eindrücklich ist, dass diese Aussage auf beide Bereiche (Produktionsorganisation und -controlling) zutrifft und schon der Einsatz von Lean in nur einem Bereich einen positiven Effekt zeigt. Deutlich wird darüber hinaus, dass bei Beachtung der Produktionscharakteristika nur noch die Nahrungsmittel- sowie die Chemieindustrie signifikant seltener Digitalisierungstechnologien in der Breite einsetzen.

Dieser grundsätzliche Zusammenhang gilt auch für Betriebe des Maschinen- und Anlagenbaus und ist in Abbildung 35 dargestellt.

Hier liegt der Anteil der Maschinen- und Anlagenbauer in zwei der fünf verschiedenen Kategorien höher. Dies gilt für die Kategorie „1 Digitalisierungsbereich“ und für die Kategorie „4 Digitalisierungsbereiche“. Besonders auffällig ist dieser Befund für den Bereich der Produktionsorganisation. Die größte Abweichung lässt sich bei Betrieben feststellen, die in allen vier Digitalisierungsbereichen aktiv sind. Hier setzen 95 % aller Maschinen- und Anlagenbauer mindestens zwei der drei Organisationskonzepte des Lean Managements ein, während dies durchschnittlich für das gesamte Verarbeitende Gewerbe nur 78 % sind. In den anderen Kategorien sind keine Unterschiede zwischen Betrieben des Maschinen- und Anlagenbaus und des restlichen Verarbeitenden Gewerbes festzustellen.

Dieser positive Zusammenhang zeigt sich auch für Controllingkonzepte des Lean Managements und dem Einsatz digitaler Technologien in der Produktion. So setzen nur 26 % der Maschinen- und Anlagenbauer, die in keinem der Digitalisierungsbereiche aktiv sind, mindestens zwei der drei Konzepte des Produktionscontrollings ein. Im Gegensatz dazu greifen 89 % der Maschinen- und Anlagenbauer, die in allen vier Digitalisierungsbereichen aktiv sind, auch auf mindestens zwei Konzepte des Produktionscontrollings in der Produktion zurück. Damit zeigt sich, dass Betriebe, die verstärkt Controllingkonzepte des

Abbildung 36: Einsatz von digitalen Technologien in Vorbereitung auf Smart Products und Data-driven Services

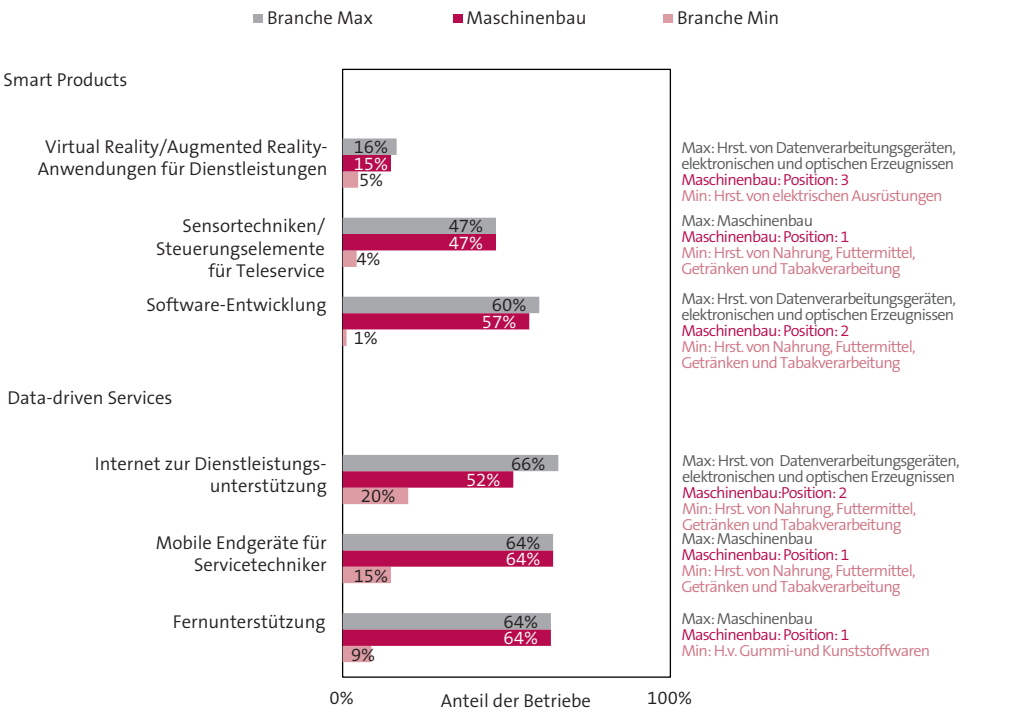


Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Lean Managements einsetzen auch eher dazu neigen, digitale Technologien in der Produktion zu nutzen.

Insgesamt zeigt sich ein deutlicher, positiver Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Lean-Konzepten und der Fähigkeit zur Nutzung digitaler Produktionsprozesse. Schlanke, geordnete Prozesse nach Lean-Prinzipien scheinen demnach eine wichtige Voraussetzung zu sein,

Abbildung 37: Maschinen- und Anlagenbau als Anbieter im Branchenvergleich



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

um digitale und vernetzte Technologien in der eigenen Produktion erfolgreich einführen und nutzen zu können.

4.2.3 Digitalisierung des Maschinen- und Anlagenbaus aus der Anbieterperspektive

Verbreitung von digitalen Technologien aus der Anbieterperspektive

Bei einem Blick auf die Anbieterperspektive zeigt sich für den Maschinen- und Anlagenbau ein deutlich anderes Bild. Alle sechs untersuchten Technologien, die im Rahmen von Kundenangeboten genutzt werden, werden im Maschinen- und Anlagenbau deutlich häufiger eingesetzt, als im sonstigen Verarbeitenden Gewerbe (vgl. Abbildung 36). Der kleinste Vorsprung besteht für den Maschinen- und Anlagenbau bei Virtual oder Augmented Reality-Anwendungen (15 % vs. 9 %). Eine größere Differenz existiert beim Einsatz des Internets zur Unterstützung der Dienstleistungserbringung (52 % vs. 36 %) und bei der Nutzung von mobilen Endgeräten des Servicetechnikers bei Kundeneinsätzen (64 % vs. 35 %). Eine sehr große Differenz kommt bei der Entwicklung von Software für den Kunden (57 % vs. 13 %) und bei der Fernunterstützung durch Web-Portale und Hotlines (64 % vs. 23 %), sowie bei Technologien für Fernzugriffe und Teleservice-Anwendungen (47 % vs. 12 %) zum Vorschein.

Im Gegensatz zur Anwenderperspektive ist bei diesen sechs untersuchten Technologien keine besondere Neigung der Maschinen- und Anlagenbauer auf eine der beiden Technologiefelder festzustellen. Der Maschinen- und Anlagenbau ist durchweg, sowohl bei Technologien für die Vorbereitung auf Smart Products als auch auf Data-driven Services, äußerst gut aufgestellt. Der geringste Vorsprung ist bei Virtual- und Augmented-Reality Anwendungen festzustellen. Auch hier kann davon ausgegangen werden, dass strukturelle Nachteile für den Maschinen- und Anlagenbau bestehen, da diese überwiegend von größeren Betrieben genutzt werden.

Beim Einsatz digitaler Technologien im Angebotsportfolio ist der Maschinen- und Anlagenbau deutlich stärker aufgestellt, als bei der Nutzung dieser Technologien in der eigenen Produktion. Die anbieterseitige Stärke wird beim Branchenvergleich nochmals ersichtlich (vgl. Abbildung 37). Gleich bei drei der sechs untersuchten digitalen Technologien nimmt der Maschinen- und Anlagenbau die Spitzenposition ein. Hierzu gehören die mobilen Endgeräte der Servicetechniker, die Fernunterstützung durch Web-Portale und Hotlines, sowie die Technologien für Teleservice-Anwendungen.

Bei der Nutzung des Internets zur Dienstleistungserbringung und -abwicklung, sowie bei der Entwicklung von Software für den Kunden nimmt der Maschinen- und Anlagenbau die zweite Position ein. Lediglich bei Virtual- bzw. Augmented-Reality Anwendungen belegen die Betriebe des Maschinen- und Anlagenbaus die dritte Position. Aus Anbietersicht, bzw. bei der Nutzung digitaler Technologien im Angebotsportfolio für Kunden, nimmt der Maschinen- und Anlagenbau also durchaus die Rolle eines Leitanbieters ein.

Die Einschätzung des Maschinen- und Anlagenbaus variiert stark zwischen Anbieter- und Anwenderperspektive. Dabei ist die Stärke der Maschinen- und Anlagenbauer bei der Anbieterperspektive ebenfalls durch strukturelle Rahmenbedingungen zu erklären. Denn der Maschinen- und Anlagenbau ist im industriellen Vergleich in hohem Maße serviceorientiert und bietet entsprechend häufiger komplexe Produkt-Service Systeme an. Wie weiter oben beschrieben, stehen diese in einem positiven Zusammenhang zur Einsatzhäufigkeit digitaler Technologien, sowie zur Neigung digitale Informationen für inkrementelle Innovationen zu verwenden. Diese vergleichsweise hohe Servicekomplexität, verbunden mit einer Einzel- und Kleinserienfertigung zur Herstellung komplexer Produkte, befähigt den Maschinen- und Anlagenbau zu dieser angebotsseitigen Vorreiterrolle.

Nutzung digitaler Informationen für inkrementelle Verbesserungen

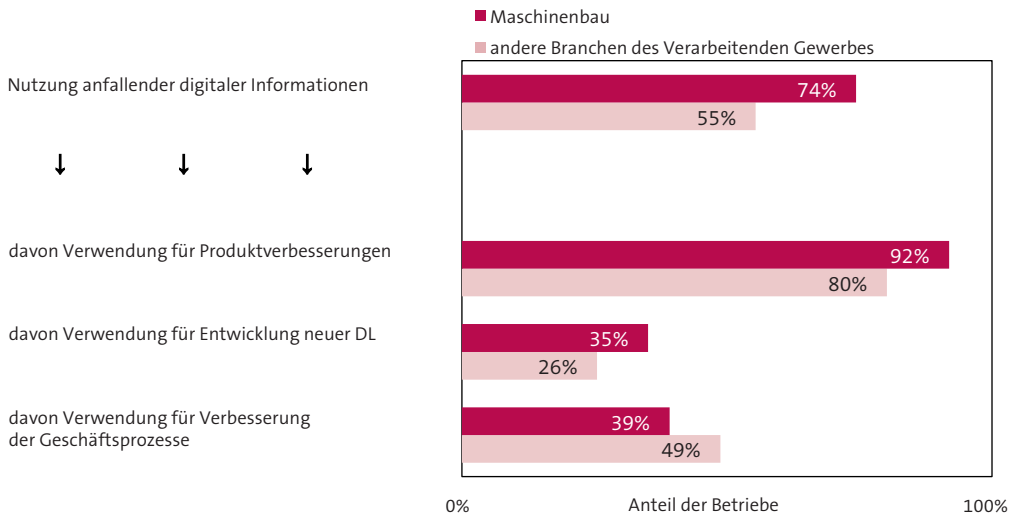
Gestützt wird diese Vermutung weiter, wenn man die Nutzung und Verwertung von digitalen Informationen, die im Rahmen von Kundenangeboten anfallen, mit in Betracht zieht. Während drei von vier Unternehmen (74 %) des Maschinen- und Anlagenbaus solche digitalen Informationen für sich nutzen können, sind dies im

restlichen Verarbeitenden Gewerbe lediglich 55 %. Maschinen- und Anlagenbauer sind also deutlich häufiger in der Lage, Informationen, die in digitaler Form anfallen, entsprechend aufzubereiten und so zu verwerten, dass sich daraus Verbesserungen und inkrementelle Innovationen entwickeln lassen.

Bei einem Blick darauf, wofür diese digitalen Informationen genutzt werden, wird die jeweilige Rolle des Maschinen- und Anlagenbaus aus Anwender- und Anbietersicht noch einmal untermauert (vgl. Abbildung 38). Betriebe des Maschinen- und Anlagenbaus nutzen digitale Informationen deutlich häufiger für die Verbesserung von Produkten oder Services, als das restliche Verarbeitende Gewerbe. Von denjenigen Betrieben, die digitale Informationen nutzen, verwenden 92 % der Maschinen- und Anlagenbauer diese Daten, um daraus Produktverbesserungen zu generieren. Der Vergleichswert zum sonstigen Verarbeitenden Gewerbe liegt bei lediglich 80 %. Bei der Verbesserung und Entwicklung von Dienstleistungen sind dies 35 % (Maschinen- und Anlagenbau) gegenüber 26 % (sonstiges Verarbeitendes Gewerbe).

Im Gegensatz dazu, verhält es sich bei der Nutzung digitaler Informationen für Verbesserungen bei Geschäftsprozessen genau gegenteilig. So kann etwa jedes zweite Unternehmen (49 %) außerhalb des Maschinen- und Anlagenbaus Geschäftsprozesse mittels digitaler Informationen verbessern. Dieser Wert liegt bei den Maschinen- und Anlagenbauern hingegen bei 39 %. Diese Tatsache in Verbindung mit den vorherigen Befunden zu der lediglich durchschnittlichen Verbreitung der auf Smart Operations vorbereitenden Technologien und der unterdurchschnittlichen Verbreitung vorbereitender Technologien für die Smart Factory lässt den Rückschluss zu, dass der Fokus der Maschinen- und Anlagenbauer aktuell stärker auf der Produkt- und Serviceseite, als auf der Prozessperspektive liegt.

Abbildung 38: Nutzung digitaler Informationen für neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsprozesse



Quelle: Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

4.3 Zentrale Erkenntnisse und Implikationen

Aus der Anwenderperspektive zeigt sich insgesamt, dass Betriebs- und Produktionscharakteristika in wesentlichem Umfang die Neigung eines Betriebs, digitale Technologien einzusetzen, beeinflussen. Folglich steht zu befürchten, dass gerade kleine Betriebe mit (manueller) Einzelfertigung der Digitalisierung nicht folgen und vom digitalen Wandel nicht profitieren (können) und damit möglicherweise in Zukunft abgekoppelt werden. Zudem scheint Digitalisierung noch stark an den Zielen traditioneller Automatisierung ausgerichtet zu sein. Potenziale zur Flexibilisierung oder Wandlungsfähigkeit oder die gezielte Nutzung datenbasierter Innovationspotenziale hingegen scheinen derzeit noch wenig im Entwicklungsfokus digitaler Technologien zu liegen.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass ein direkter Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Lean Management Konzepten und der Nutzung digitaler Technologien besteht. Schlanke, geordnete Prozesse nach Lean-Prinzipien erweisen sich als eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung und Nutzung digitaler und vernetzter Technologien in der Produktion.

Aus der Anbieterperspektive spielt die Komplexität des Serviceangebots eine entscheidende Rolle für die Potenziale der Digitalisierung. Dabei sind zwei wechselseitige Zusammenhänge zu beachten. Zum einen lassen sich komplexe Dienstleistungsangebote häufig überhaupt nur mittels digitaler Systeme erbringen. Zum anderen ist es für Betriebe, die bereits auf digitale Technologien zurückgreifen, sehr viel einfacher, komplexe Produkt-Service-Systeme (PSS) anzubieten, da ein wichtiger Bestandteil des Serviceangebots bereits im Unternehmen existiert.

Insgesamt lassen sich aus den dargestellten Befunden verschiedene Erkenntnisse und Implikationen für den Maschinen- und Anlagebau ableiten.

- Der Maschinen- und Anlagenbau hat auf der **Anwenderseite** aufgrund seiner mittelständischen Strukturen und kleinen Losgrößen strukturelle Nachteile hinsichtlich der Digitalisierung zu überwinden. Entsprechend folgt hieraus eine vergleichsweise geringe Priorität der Maschinen- und Anlagenbauer für digitale Technologien in der eigenen Produktion: KMU weisen allgemein eine geringere Investitionsneigung in neue Technologien auf. Sie benötigen einfachere, kleinteiligere und flexiblere Lösungen als für große Produktionsstätten.

- Darüber hinaus bergen kleine Seriengrößen ein geringeres Automatisierungspotenzial. Durch die häufig im Maschinen- und Anlagenbau zu findende Kleinserienfertigung, die in komplexen, teilweise in manuellen Arbeitsschritten verrichtet wird, liegt der Fokus folglich weniger auf der Automatisierung ganzer Prozessketten, und somit auch weniger auf einer Smart Factory. Maschinen- und Anlagenbauer priorisieren eher die Digitalisierung der einzelnen Prozessschritte und deren digitale Vernetzung untereinander im Sinne von Smart Operations.

- Auf **Anbieterseite** nimmt der Maschinen- und Anlagenbau hingegen die Rolle eines Leitanbieters im deutschen Verarbeitenden Gewerbe ein. Dies kommt insbesondere durch die traditionell ausgeprägte Kunden- und Serviceorientierung zustande. Komplexe Serviceangebote treten insbesondere in jenen Branchen und Märkten auf, wo ein komplexes, langlebiges Investitionsgut mit individuellen Kundenanpassungen hergestellt und angeboten wird. Da dies in weiten Teilen auf den Maschinen- und Anlagenbau zutrifft, existieren hier auch die weitreichendsten und umfangreichsten Serviceangebote. Um diese anbieten zu können, müssen sowohl im physischen Kernprodukt als auch im sonstigen Angebotsportfolio digitale Systeme eingebettet werden, wodurch eine grundsätzliche Neigung zu Smart Products und Data-driven Services entsteht. Durch die sich hieraus ergebende, stärkere Integration in die Wertschöpfungsprozesse des Kunden können dann auch deutlich einfacher digitale Informationen gesammelt und verwertet werden.

5 Handlungsfelder

5.1 Einleitung

Aufbauend auf drei verschiedenen, empirischen Zugängen wurden in den vorangehenden Kapiteln der Stand und die Strategien der weiteren Entwicklung der notwendigen Digitalisierungskompetenzen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau dargestellt. Im Folgenden werden die Kernaussagen dieser Studie nun praxisnah zusammengefasst, um interessierten Unternehmen die wichtigsten Handlungsfelder zum Auf- und Ausbau eigener Digitalisierungskompetenzen aufzuzeigen. Dies beinhaltet das Angebot eines Benchmarking-Tools, anhand dessen interessierte Unternehmen ihren eigenen Digitalisierungsstand mit anderen Unternehmen ähnlicher Größenklassen vergleichen können.

5.2 Digitalisierungsstrategie

5.2.1 Digitalisierungsstrategie entwickeln und mit konkreten Maßnahmen untersetzen

Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Digitalisierung ist eine unternehmensspezifisch ausgestaltete und ausformulierte Digitalisierungsstrategie. Unternehmen mit einer dezidierten Digitalisierungsstrategie investieren signifikant mehr in die Digitalisierung und tätigen auch mehr spezifische Neueinstellungen. Dabei zeigen sich unterschiedliche Innovationspfade nach der Größe der Betriebe: Große Unternehmen setzen stärker auf Investitionen in Technologien oder den Zukauf von Kompetenzen, während kleine Unternehmen stärker personellen Kompetenzaufbau durch Neueinstellungen betreiben. Zukünftig will die große Mehrheit der befragten Unternehmen sowohl die Investitionen als auch die Neueinstellungen für die Digitalisierung weiter steigern.

5.2.2 Digitalisierungsstrategie breit verankern und Personalentwicklung einbeziehen

Insbesondere die IT, die Geschäftsführung und die Forschung und Entwicklung befassen sich in den befragten Unternehmen mit der Digitalisierung der Produkte oder Geschäftsprozesse. Die Erfahrungen von Vorreiterunternehmen zeigen, dass eine bereichsübergreifende Implementierung und Vernetzung angestrebt werden sollte. Handlungsbedarf besteht vor allem noch in der Personalentwicklung. Dieser Bereich sollte noch stärker in die Digitalisierungsstrategie involviert werden, denn im Zuge des digitalen Wandels spielen auch neue (technische und nicht-technische) Kompetenzen eine wichtige Rolle. Zudem können Personalabteilungen die transparente Kommunikation der Ziele und anstehenden Veränderungen mit den Beschäftigten unterstützen, die einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Digitalisierung darstellt.

5.3 Digitale Technologien und Dienste

5.3.1 Differenzierung durch Eigenentwicklung

Eigene Entwicklungen im Rahmen der Digitalisierung treiben Maschinenbauunternehmen vor allem in den Bereichen Predictive Maintenance, Condition Monitoring, M2M-Kommunikation, Echtzeit-Datenanalyse und modularen Apps voran. Hier sehen Vorreiterunternehmen mehrheitlich Kernkompetenzen, mit denen sie sich vom (internationalen) Wettbewerb differenzieren und zusätzlichen Nutzen für ihre Kunden schaffen können. Zukünftig werden insbesondere auch in datenbasierten Dienstleistungen wichtige Geschäftspotenziale gesehen, doch hier verfügen noch wenige Unternehmen über ausreichend eigene Fähigkeiten, um diese selbstständig entwickeln und anbieten zu können.

5.3.2 Einen Schwerpunkt auf Services setzen

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau hat überdurchschnittlich viele digitale Technologien und darauf basierende Services im Angebotsportfolio, verglichen mit dem gesamten Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland. Vielversprechende Geschäftsmodelle basieren oft auf einer Hinwendung zu mehr Service. Kunden sehen einen klaren Mehrwert in der Service- und Betriebsunterstützung zur Verbesserung des Nutzungsgrades entlang des gesamten Lebenszyklus der eingesetzten Anlage, Maschine oder Komponente (z.B. Condition Monitoring,

Predictive Maintenance, Benchmark-Vergleiche). Solche Dienste können dann in Form von Apps durch zusätzliche Service-Abonnements von den Kunden erworben werden. Bei entsprechenden Kompetenzen oder Kollaborationen entlang der Wertschöpfungskette können die Firmen die entsprechenden Plattformen zur Bereitstellung der Apps selbst koordinieren, ansonsten bieten sich offene Plattformen an.

5.3.3 Prozesse pragmatisch durch Reduktion unnötiger Medienbrüche optimieren

Der Maschinen- und Anlagenbau ist im Produktbereich digital deutlich stärker aufgestellt als bei der Nutzung von Digitalisierungstechnologien in der eigenen Produktion. Diese Position ist auch Folge der strukturellen Bedingungen im Maschinen- und Anlagenbau. Kleine Losgrößen limitieren die Einsatzpotenziale in der eigenen Produktion, andererseits bietet die individuelle Auftragsfertigung komplexer Investitionsgüter eine hervorragende Basis für digitalisierte Produkt- und Serviceangebote. Eine stärkere Digitalisierung wird aber von vielen Unternehmen angestrebt. Gerade die Reduktion von Medienbrüchen entlang des Auftrags- und Erstellungsprozesses birgt Potenzial für signifikante Einsparungen. Sie muss jedoch gut kommuniziert und konsequent umgesetzt werden, und die Konzipierung und Bedienung der hierfür notwendigen Software muss simpel gehalten werden, um allen Beschäftigten leicht zugänglich zu sein.

5.4 Organisation der Digitalisierung

5.4.1 Ausgründungen eigener IT- oder Softwareunternehmen prüfen

Die Maßnahmen zum Auf- und Ausbau der notwendigen Digitalisierungskompetenzen umfassen den klassischen Kanon von Weiterbildung, Einstellungen und Zusammenarbeit mit IT-Unternehmen – aber auch innovative Ansätze wie die Ausgliederung eigener IT- oder Softwareunternehmen. Dabei scheinen Einstellungen von IT- und Software-Spezialisten für kleine Unternehmen schwieriger zu sein als für größere Unternehmen. Daher betreiben kleine Unternehmen häufiger eine Auslagerung der Softwareentwicklung an externe Dienstleister. Dabei gilt es darauf zu achten, die zentralen Kompetenzen auch im eigenen Haus vorzuhalten.

Unternehmen, für die eine eigene Entwicklung digitalisierter Produkte und Services sowie darauf basierender Geschäftsmodelle sehr wichtig ist, können durch die Ausgründung eigener Softwarefirmen mehr Freiraum und Flexibilität für diese Tätigkeiten gewinnen. Zudem kann dadurch ein besserer Zugang zu neuen Branchen und Geschäftsmodellen erreicht werden und die höhere Anziehungskraft eines eigenständigen, kleinen Softwareunternehmens lässt sich für eine bessere Gewinnung von IT-Personal nutzen. Sollte eine eigene Ausgründung oder ein Zukauf eigenständiger IT-Unternehmen aus organisatorischen oder finanziellen Gründen nicht in Frage kommen, bietet sich eine konsequente Kollaboration mit Software- und IT-Unternehmen in den Bereichen an, die nicht zur eigenen Kernkompetenz gehören.

5.4.2 Agile Entwicklungsmethoden, individuelle Freiräume und Lean Management als „Befähiger“ nutzen

Agile Methoden (wie z.B. Scrum) oder designorientierte Entwicklungsprozesse (wie z.B. Design Thinking) können die Fähigkeit zur eigenen Entwicklung digitaler Produkte und Services signifikant befruchten, werden bislang aber nur von wenigen Unternehmen eingesetzt. Doch auch eine Förderung einzelner Mitarbeiter mit Affinität zum Thema Digitalisierung kann sich auszahlen. Unternehmen, die sich eine systematische Übersicht über die Fähigkeiten und Ideen ihrer Beschäftigten verschaffen und ihnen Freiräume geben, diese weiterzuentwickeln, können von neuen Produkten, Prozessen oder Services profitieren, die im eigenen Haus entwickelt wurden.

Für die erfolgreiche Anwendung von digitalen Technologien in der eigenen Produktion spielt die Nutzung von Lean Methoden eine wichtige Rolle. Schlanke, geordnete Prozesse nach Lean-Prinzipien sind den Analysen nach eine

wichtige Voraussetzung, um digitale und vernetzte Technologien in der eigenen Produktion erfolgreich einführen und nutzen zu können.

5.4.3 „Mut zum schnellen Scheitern“ kann helfen

Ein großes Hemmnis für eine erfolgreiche Digitalisierung wird in der abwartenden Haltung vieler Unternehmen gesehen. Die befragten Experten sind jedoch der Meinung, dass Unternehmen nicht untätig darauf warten sollten, dass sich umfassende Standards etablieren, sondern zügig erste Lösungen anbieten. Durch Ausprobieren und Kollaborationen mit anderen Anbietern kann sich ein Weg öffnen, de facto Standards zu schaffen und sich in den Diskurs selbst mit einzubringen. Zudem sollten aktive Unternehmen nicht versuchen, Fehler um jeden Preis zu vermeiden. Für weitreichende Wandlungsprozesse wie die digitale Transformation ist eine positive Fehlerkultur unumgänglich, um Dinge pragmatisch ausprobieren zu können und aus den gemachten Erfahrungen schnell zu lernen: „be brave and fail – and learn – fast“!

5.4.4 Datensicherheit und IT-Sicherheit angehen

Datensicherheit ist ein wichtiges Thema, das von vielen Seiten jedoch auch als Barriere in der Entwicklung der Digitalisierung wahrgenommen wird. Daher werden Lösungen gesucht, die das Risiko minimieren, aber gleichzeitig die Tür für eine weitere Vernetzung öffnen. Beispielweise haben Unternehmen, deren Kunden ihre Daten nicht online zur Verfügung stellen möchten, gemeinsam sichere Lösungen gesucht, gefunden und pragmatisch implementiert. Eine bewusste Auseinandersetzung mit den Chancen und Risiken ist hier ein wichtiger Schritt, da der konkrete Nutzen die vagen Risiken oftmals deutlich überwiegt.

5.5 Digitalisierungskompetenzen

5.5.1 Zusammenarbeit der verschiedenen IT-Domänen im Unternehmen unterstützen

Technische Schlüsselkompetenzen für die Digitalisierung liegen in der Softwareentwicklung von modularen Applikationen (Apps) und in der Programmierung der Maschinen- und Anlagensteuerungen. Es zeigt sich, dass eigene Kompetenzen in diesen Bereichen sowie in der IT-Sicherheit und im IT-Design eine wichtige Voraussetzung für die Fähigkeit sind, eigenständig digitalisierte Produkte und Services entwickeln und anbieten zu können. Vorreiterunternehmen legen besonderen Wert auf die Zusammenarbeit der verschiedenen Ingenieur- und IT-Domänen im Unternehmen, insbesondere der applikationsorientierten Hochsprachenprogrammierung mit der Maschinen- und Steuerungsprogrammierung. Diese sollte konsequent in konkreten Projekten vorangetrieben werden, um die Sichtweise der „verschiedenen Welten“ gegenseitig verstehen zu lernen. Hierfür bieten sich gemeinsame, agile Entwicklungsprozesse nach dem Scrum- oder Lean-Prinzip an.

5.5.2 Nicht-technische Kompetenzen fördern

Auch nicht-technische Kompetenzen werden zunehmend wichtig. Aktuell steht die Fähigkeit, Kundengeschäftsmodelle und Kundenprobleme schnell zu erfassen, im Fokus der Unternehmen. Zukünftig werden vor allem die Fähigkeiten zur interdisziplinären Zusammenarbeit und zu komplexen Datenanalysen relevant. Dies zeigt einerseits, dass digitale Innovationen immer mehr an Grenzflächen zwischen verschiedenen Disziplinen stattfinden und zunehmend interdisziplinäres Verständnis benötigen. Zudem sind Fähigkeiten in der Analyse komplexer Daten zunehmend relevant, um Mehrwert für den Kunden erkennen und eigene, innovative Geschäftsmodelle generieren zu können. Die Förderung entsprechender nicht-technischer Kompetenzen bei Mitarbeitern (z.B. Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams, Kommunikationskompetenz, Übersichtskompetenz und Systemverständnis) ist notwendig für die erfolgreiche Vernetzung innerhalb des Unternehmens und mit Partnern aus anderen Unternehmen und Institutionen.

5.6 Messwerkzeug und Online-Benchmarking zur Selbstbewertung für Unternehmen

Die reichhaltigen Ergebnisse der Studie bieten interessierten Unternehmen die Möglichkeit, ihren derzeitigen Entwicklungsstand beim Aufbau von Digitalisierungskompetenzen anhand definierter Entwicklungsstufen zu ermitteln. Dies erfolgt entlang der Hauptkategorien „Digitalisierungsstrategie“ und „Digitalisierungskompetenzen“. Diese Kategorien sind jeweils mit spezifischen Indikatoren zur Messung des eigenen Entwicklungsstands untersetzt, die eine Einordnung in „Außenstehende“, „Einsteiger“ oder „Fortgeschrittene“ in den jeweiligen Kategorien ermöglichen. Damit können interessierte Unternehmen vorrangige Handlungsfelder auf dem Weg zu einem erfolgreichen Ausbau wichtiger Digitalisierungskompetenzen ableiten und priorisieren.

Zur Selbstbewertung und vergleichenden Einordnung in den genannten Kategorien wird ein Online-Benchmarking angeboten. Interessierte Unternehmen können sich hier im Vergleich zu Unternehmen ähnlicher Größe (die Größenklasse der Vergleichsfirmen kann ausgewählt werden) auf breiter Datenbasis verorten. Das Online-Benchmarking kann unter www.digitalisierungskompetenz-benchmark.de genutzt werden.

6 Anhang

Tabelle 11: Branchenzuordnung nach System- und Komponentenanbieter		
Branche	**System**	**Komponenten**
Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme	✔	
Antriebstechnik		✔
Elektrische Automation		✔
Kunststoff- und Gummimaschinen	✔	
Präzisionswerkzeuge		✔
Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate	✔	
Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen	✔	
Robotik + Automation	✔	
Fluidtechnik		✔
Software und Digitalisierung		✔
Textilmaschinen	✔	
Armaturen		✔
Fördertechnik und Intralogistik	✔	
Bau- und Baustoffmaschinen	✔	
Motoren und Systeme	✔	
Pumpen + Systeme	✔	
Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik	✔	
Abfall- und Recyclingtechnik	✔	
Allgemeine Lufttechnik	✔	
Hütten- und Walzwerkeinrichtungen	✔	
Landtechnik	✔	
Mess- und Prüftechnik	✔	
Power Systems	✔	
Druck- und Papiertechnik	✔	
Gießereimaschinen	✔	
Holzbearbeitungsmaschinen	✔	
Mining (ehemals Bergbaumaschinen)	✔	
Sicherheitssysteme	✔	
Thermoprozesstechnik	✔	
Bekleidungs- und Ledertechnik	✔	
Reinigungssysteme	✔	
Schweiß- und Druckgastechnik	✔	

Abbildung 39: Digitalisierungstechnologien bei Produkten und Services aufgeteilt nach Komponenten- und Systemanbietern

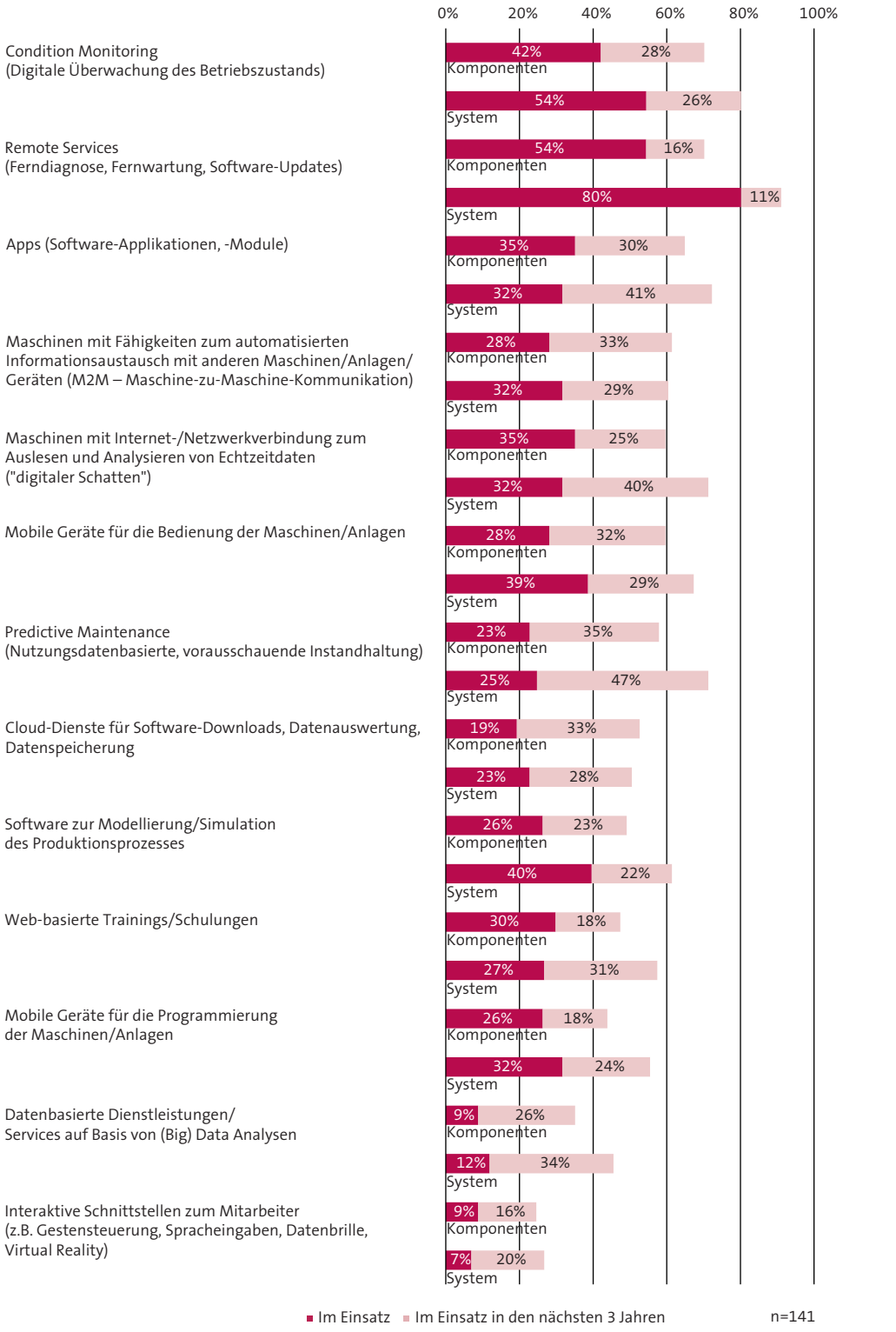


Abbildung 40: Digitalisierungstechnologien in der Produktion aufgeteilt nach Komponenten- und Systemanbietern

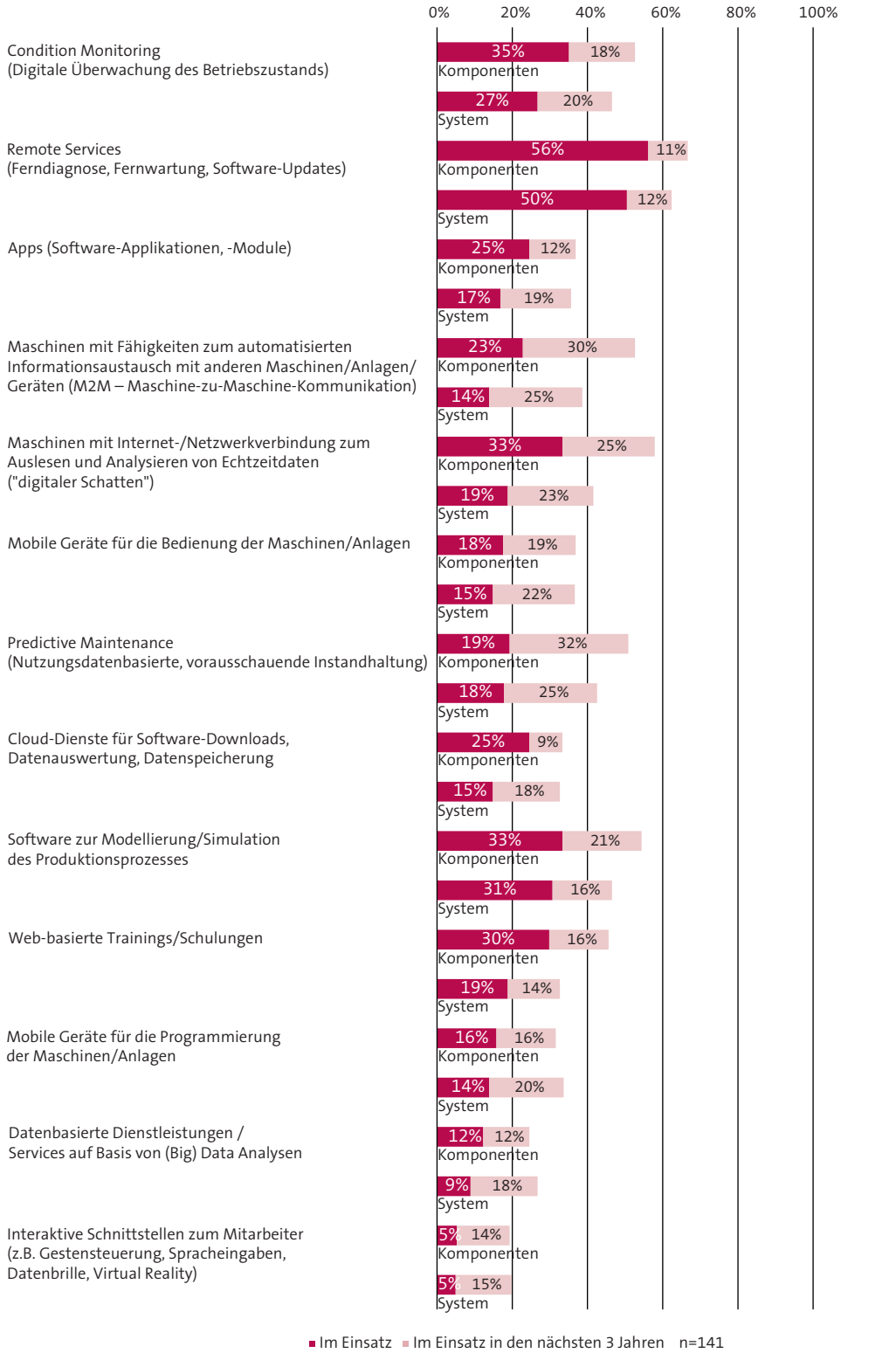


Abbildung 41: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen in der Softwareentwicklung nach Größenklasse

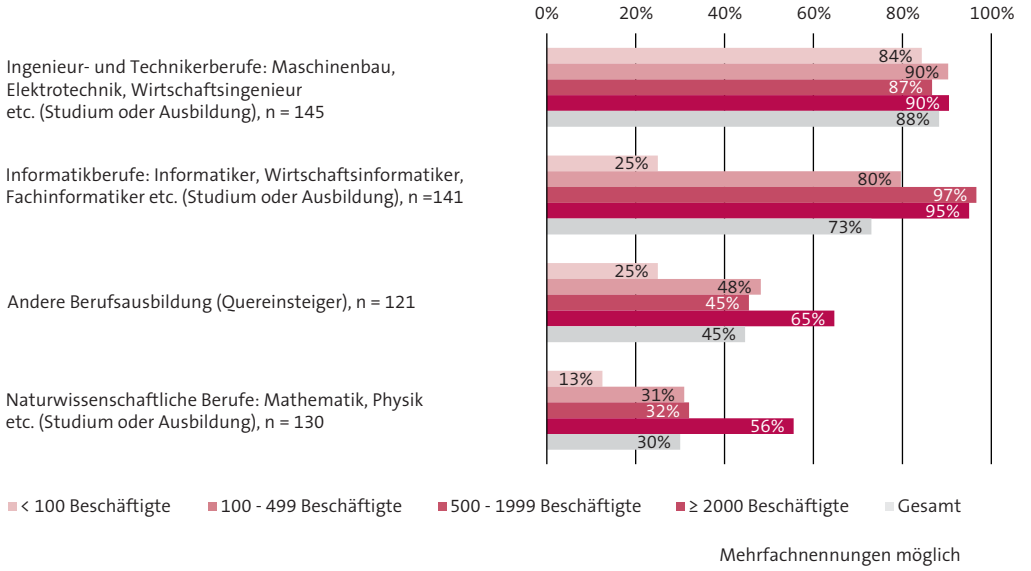


Abbildung 42: Anteil der Unternehmen mit Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen im IT-Betrieb nach Größenklasse

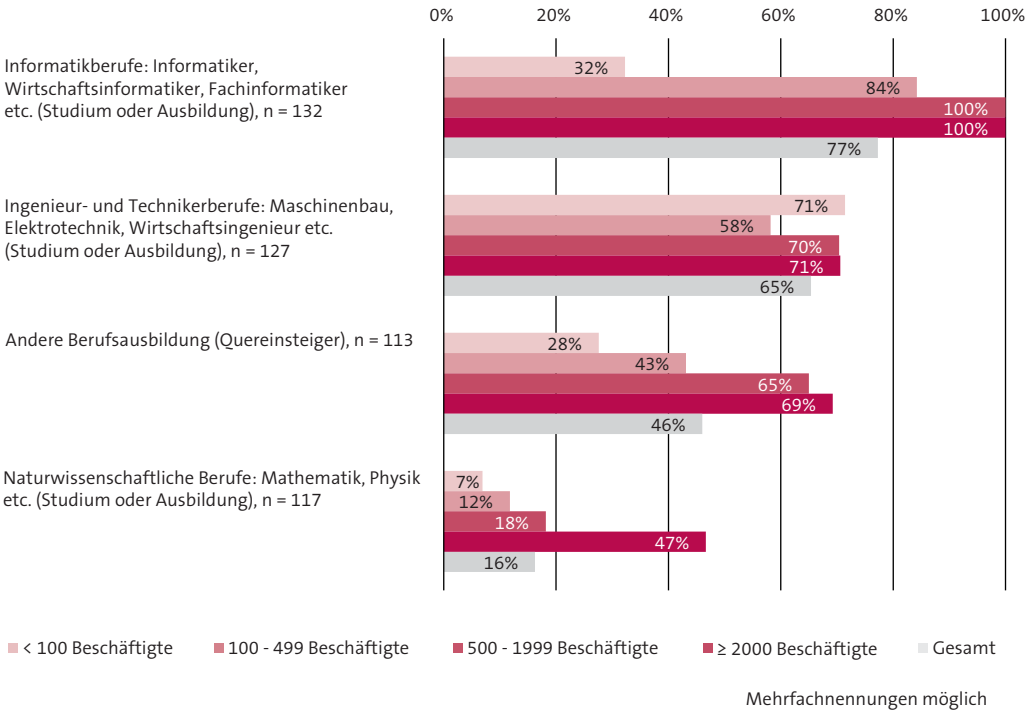


Abbildung 43: Einschätzung der Bedeutung nicht-technischer Kompetenzen in den nächsten drei Jahren

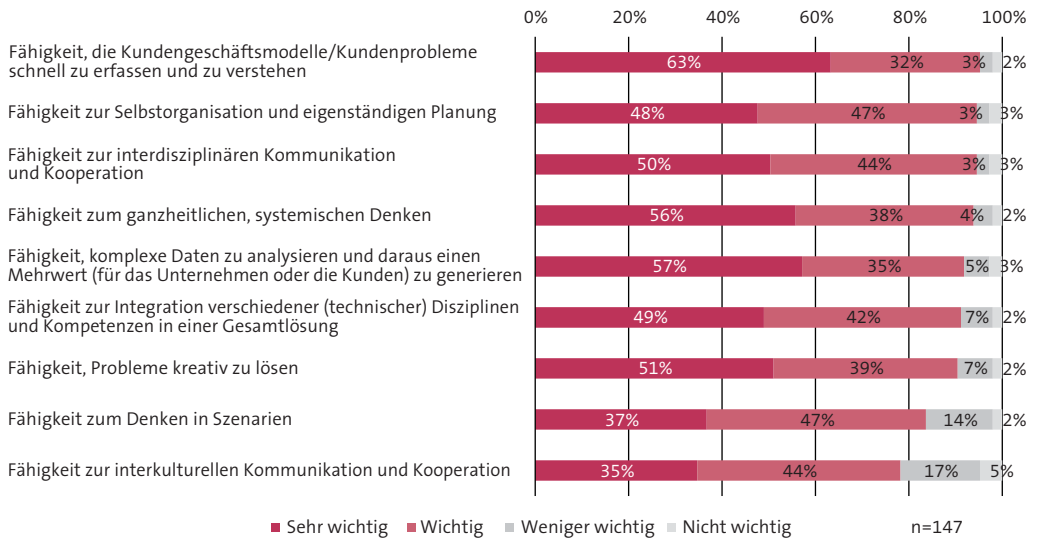


Tabelle 12: Verbreitungsgrad der digitalen Technologien der Anwenderperspektive nach Betriebs- und Produktionscharakteristika

	Betriebsgröße[1]			Seriengröße[2]			Produktkomplexität[3]		
	klein	mittel	groß	klein	mittel	hoch	gering	mittel	hoch
Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung	49%	75%	94%	62%	69%	71%	51%	68%	76%
Product Lifecycle Management-Systeme (PLM)	5%	11%	30%	6%	11%	20%	5%	10%	15%
Digitale Visualisierung	27%	35%	47%	35%	30%	38%	20%	31%	44%
Mobile/drahtlose Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen	13%	21%	31%	17%	16%	27%	16%	16%	25%
Echtzeitnahes Produktionsleitsystem	15%	33%	62%	21%	24%	47%	19%	27%	31%
Digitaler Datenaustausch mit Zulieferern bzw. Kunden	18%	33%	62%	19%	32%	48%	25%	31%	32%
Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik	17%	34%	54%	22%	30%	44%	23%	30%	34%
Sichere Mensch-Maschine-Kooperation	2%	4%	6%	4%	2%	6%	0%	3%	5%

1) Anzahl der Beschäftigten: klein – 20 bis 49 Beschäftigte, mittel – 50 bis 249 Beschäftigte, groß – ab 250 Beschäftigte
2) Die Produktion der Hauptprodukte kann hinsichtlich der Serien-/Chargengröße beschrieben werden als Produktion in: klein – Einzelfertigung, mittel – Klein-/Mittelserien, -chargen, hoch – Großserien, -chargen
3) Die Hauptprodukte können hinsichtlich der Produktkomplexität beschrieben werden als: gering – einfache Erzeugnisse, mittel – Erzeugnisse mittlerer Komplexität, hoch – komplexe Produkte

Tabelle 13: Verbreitungsgrad der digitalen Technologien der Anbieterperspektive nach Betriebs- und Produktionscharakteristika

	Servicekomplexität		Produktkomplexität[1]			Seriengröße[2]		
	Kein PSS	Mind. 1 PSS	gering	mittel	hoch	klein	mittel	hoch
Einsatz des Internets zur Unterstützung von Dienstleistungen	31%	55%	23%	36%	48%	40%	38%	29%
Mobile Endgeräte für Servicetechniker beim Kundeneinsatz	28%	66%	27%	35%	53%	52%	35%	30%
Fernunterstützung für Kunden	18%	57%	14%	23%	48%	41%	27%	15%
Sensortechniken o. Steuerungselemente an Maschinen u. Komponenten für Fernzugriffe	8%	39%	7%	10%	34%	27%	13%	12%
Virtual-Reality oder Augmented Reality-Anwendungen	6%	18%	5%	7%	15%	11%	8%	8%
Entwicklung von Software für Kunden	12%	42%	3%	14%	40%	32%	17%	7%

1) Die Produktion der Hauptprodukte kann hinsichtlich der Serien-/Chargengröße beschrieben werden als Produktion in: klein – Einzelfertigung, mittel – Klein-/Mittelserien, -chargen, hoch – Großserien, -chargen
2) Die Hauptprodukte können hinsichtlich der Produktkomplexität beschrieben werden als: gering – einfache Erzeugnisse, mittel – Erzeugnisse mittlerer Komplexität, hoch – komplexe Produkte

7 Literatur

Bauernhansl, T. (2014): Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in: Bauernhansl, T./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer, S. 5-35.

Bitkom/Fraunhofer IAO (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. URL: https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland/Studie-Industrie-40.pdf Abgerufen: 17.06.2016

Emmrich, V.; Döbele, M.; Bauernhansl, T.; Paulus-Rohmer, D.; Schatz, A., Weskamp, M. (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0. Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. Hg.: Dr. Wieselhuber & Partner GmbH München. Dr. Wieselhuber & Partner GmbH München, Fraunhofer IPA.

Heng, S. (2014): Industrie 4.0 – Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor. DB Research Management: Aktuelle Themen. Frankfurt 2014.

Hutle, M. (2013): Zukunft der Industriesysteme. Vernetzung und Sicherheit, in: Industrie Management 29 (1), S. 62-64.

Jäger, A.; Maloca, S. (2016): Dokumentation der Umfrage Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI.

Jasperneite, J.: Alter Wein in neuen Schläuchen? Computer & Automation 12/2012, WEKA FACHMEDIEN GmbH, Haar, 2012.

Kagermann, H. (2014): Chancen von Industrie 4.0 nutzen, in: Bauernhansl, T./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer, S. 603-603.

Kinkel, S.; Lay, G.; Wengel, J. (2005): Innovation: Mehr als Forschung und Entwicklung. In: Industrie-Management 21 (2005), 3, S. 54-58.

Kletti, J. (2013): Das MES der Zukunft. MES 4.0 unterstützt Industrie 4.0, in: Productivity Management 18 (2), S. 17–20.

Lichtblau, K.; Stich, V.; Bertenrath, R.; Blum, M.; Bleider, M.; Millack, A. et al. (2015): Industrie 4.0-Readiness. Hg.: IMPULS-Stiftung.

Spath, D. (Hg), Oliver Ganschar, Stefan Gerlach, Moritz Hämmerle, Tobias Krause, Sebastian Schlund (2013): Studie Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag 2013.

Statistisches Bundesamt (2016): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe, URL: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=42271-0006wz08x2&startjahr=2013&endjahr=end, Abfragedatum: 25.07.2016

VDMA (2015): IT und Automation im Maschinenbau. VDMA-Trendstudie 2015, Frankfurt.

Zanker, C., Som. O., Buschak, D. (2014): Industrieller Mittelstand: Spitzenstellung in Gefahr? Analyse der Innovationsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen in der Metropolregion Stuttgart. IHK Stuttgart (Hrsg.), Stuttgart 2014.

8 Glossar

Agile Softwareentwicklung: Iteratives Vorgehen (ständige Anpassung der Software durch Abwechslung von kurzen Planungs- und Entwicklungsphasen) in der Softwareentwicklung mit minimalem bürokratischen Aufwand.

Apps (Applikationen): Anwendungssoftware zur Bedienung sowohl mobiler als auch stationärer Computer.

Big Data: Große Datenmengen, die zu komplex und schnelllebig sind, um sie mit den herkömmlichen Methoden der Datenverarbeitung auszuwerten.

Cloud: Vernetzung von Rechnern, die beispielsweise den Zugang zu Software oder Speicherraum aus der Ferne erlaubt.

Design Thinking: Nutzerzentrierter Ansatz zur Problemlösung in der Innovationsentwicklung.

Lean Management (Schlankes Management): Managementansatz zur Optimierung der Prozesse in einem Unternehmen, der die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt.

Open Innovation: Öffnung des Innovationsprozesses in Unternehmen, um Innovation durch den Austausch mit der Außenwelt voranzutreiben.

QR Codes (Quick Response Code): Code zur individuellen Identifizierung, z.B. von Produkten im Fertigungsprozess.

RFID (Radio-frequency Identification): Technologie zur Identifizierung mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen. Kann unter anderem zur Überwachung des Fertigungsprozesses verwendet werden.

Scrum: Schneller, anpassungsfähiger und lösungsorientierter Ansatz aus dem Projekt- und Produktmanagement mit dem Ziel, möglichst kostengünstig und flexibel neue Produkte zu entwickeln.

User-Centered Design (Nutzerorientierte Gestaltung): Der Nutzer des Produktes wird in der Entwicklung interaktiver Produkte in den Mittelpunkt gestellt.

IMPULS-
STIFTUNG

Dr. Johannes Gernandt
Geschäftsführender Vorstand

Stefan Röger
Geschäftsführender Vorstand

IMPULS-Stiftung
für den Maschinenbau,
den Anlagenbau und
die Informationstechnik

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt

Telefon +49 69 6603 1332
Fax +49 69 6603 2332
Internet www.impuls-stiftung.de
E-Mail info@impuls-stiftung.de