

INDUSTRIE 4.0: ENTWICKLUNGSFELDER FÜR DEN MITTELSTAND

AKTUELLE HEMMNISSE UND KONKRETE BEDARFE





Fraunhofer
IFA



RS3



ML1



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

VORWORT

Noch immer ist Industrie 4.0 für den Mittelstand in der Regel ein sehr schwammiges Konstrukt. Die unterschiedlichsten Vorbehalte, Vorurteile und Hemmnisse erschweren den kleinen und mittleren Unternehmen den Weg zur Produktion der Zukunft.

Ihnen ist der Mehrwert von Produktions-IT in der eigenen Produktion und im eigenen Produkt noch nicht ersichtlich, sie scheuen die vermeintlich nötigen Investitionen oder machen sich Sorgen um die Datensicherheit. Vor allem aber fehlt es den Entscheidern häufig an Wissen und den Unternehmen am entsprechend ausgebildeten Personal. Denn eines ist jedem klar: es sind zahlreiche neue Kenntnisse im Bereich IT und eine verstärkte interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen IT und Produktionsabteilung nötig, wenn Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen gelingen soll.

Die Frage, ob ein Unternehmen, sei es groß oder mittelständisch, bei Industrie 4.0 mitmacht, ist aber nicht mehr offen. Deshalb muss der Mittelstand dringend konkreter und individueller unterstützt werden, um mitziehen zu können. Industrie 4.0 ist Ausdruck der digitalen Transformation, die längst in all unseren Lebensbereichen Einzug gehalten hat.

Das Fraunhofer IPA hat daher den Aufbau des Applikationszentrums Industrie 4.0 angestoßen. Als landesgefördertes (Ministerium für Wirtschaft und Finanzen Baden-Württemberg) anwendungsnahes Demonstrationszentrum, angebunden sowohl an die Universität Stuttgart als auch an Fraunhofer, kann es interessierten Unternehmen konkrete Ansätze greifbar machen und so praktisch und individuell den Nutzen von Industrie-4.0-Anwendungen aufzeigen. Ein weiteres Ziel ist es, Entwicklungen, die aus den Unternehmen selbst kommen, mit ihnen gemeinsam voranzutreiben.

Die vorliegende Studie »Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand« sorgt dafür, dass der weitere Aufbau des Applikationszentrums sich tatsächlich an den realen Bedarfen der Unternehmen orientieren kann. Die Studie fragt nach den Hemmnissen und Bedürfnissen. Unter Einbezug von Experten mit hoher Bewertungskompetenz priorisiert und analysiert sie die Entwicklungsfelder und entwickelt daraus einen Fahrplan für den Mittelstand. Er muss nur noch einsteigen.

Die Ergebnisse dieser Studie spiegeln klar die Sichtweise des Mittelstands wider: Ein pragmatischer Ansatz, reale physische Demonstrationen, kleine und schnell anwendbare Lösungen anstatt Monsterlösungen stehen auf der Wunschliste. Dabei war die Gruppe der Befragten sehr gemischt: Firmen, die beim Thema Industrie 4.0 noch bei Null stehen, und solche, die schon in Pilotprojekten erste Erfahrungen gesammelt haben und bereits über Hemmnisse auf dem Weg gestolpert sind bzw. ihre Bedarfe schon gut kennen.

Aufgabe des Applikationszentrums ist auch der Aufbau von Kooperationsnetzwerken. Erst damit wird es möglich, passende Lösungen, die – beispielsweise im Applikationszentrum selbst oder auch von einem Partner – bereits vorentwickelt wurden, auszuwählen und individuell an das Kunden-Unternehmen anzupassen, weiterzuentwickeln und dort einzusetzen. Dies kann gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA erfolgen oder auch durch andere (Partner-)Unternehmen, die sich im Applikationszentrum Industrie 4.0 treffen und hier zusammenarbeiten.

Als anwendungsorientiertes Forschungsinstitut haben wir das Ziel, den Vorsprung des produzierenden Mittelstands in Baden-Württemberg zu halten und auszubauen, indem wir ihn mit kompetenten Partnern im Bereich Produktions-Ver-netzung und -IT zusammenbringen.

INDUSTRIE 4.0: ENTWICKLUNGSFELDER FÜR DEN MITTELSTAND

AKTUELLE HEMMNISSE UND KONKRETE BEDARFE

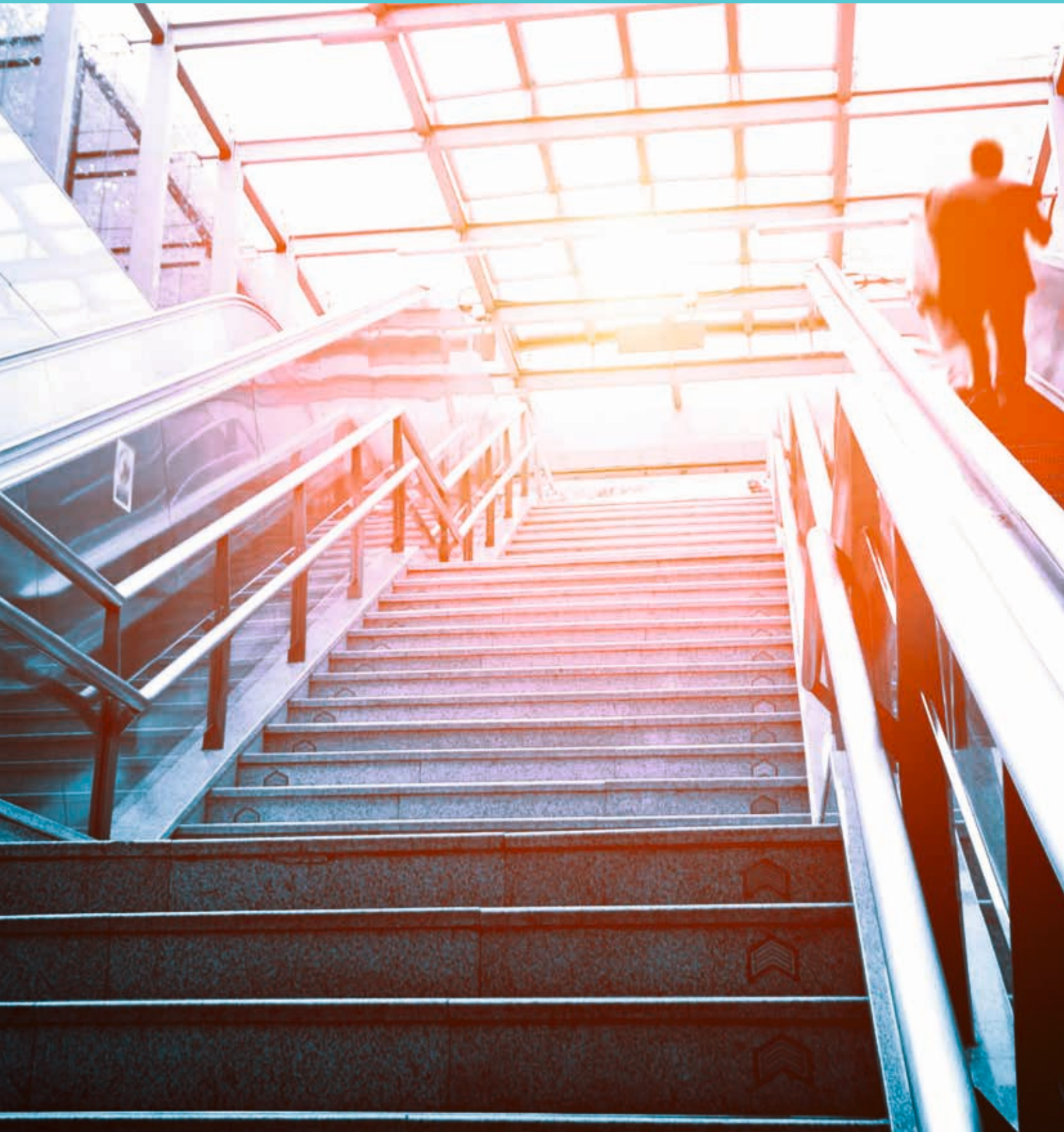
Studie von Dipl.-Ing. Felix Georg Müller, Markus Bressner M.Sc.,
David Görzig MBE und Thomas Röber B.Sc.

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



INHALTSVERZEICHNIS

1	Management Summary	7
2	Einführung	8
2.1	Ausgangslage	8
2.2	Aktueller Kenntnisstand	14
2.3	Zielsetzung der Studie	16
3	Zukünftige Rahmenbedingungen in der Produktion	20
3.1	Herausforderungen zukünftiger Marktanforderungen	20
3.2	Produktvariantenprognose	22
3.3	Veränderung des Planungsaufwands	23
4	Einsatz von Produktions-IT und intelligenten vernetzten Lösungen	28
4.1	Hemmnisse beim Einsatz von Produktions-IT	30
4.2	Aktuelle Einsatzfelder und Auswahl der wirtschaftlich attraktivsten Produktions-IT-Lösung	34
5	Potenziale für die Produktion	38
5.1	Größter Mehrwert durch aktuelle Daten aus der Produktion	38
5.2	Auswirkungen durch die Integration von Produktions-IT für die Planung von Maschinen und Anlagen	40
5.3	Synergieeffekte für additive Fertigungsverfahren durch die vernetzte Produktion	40
6	Schlussfolgerungen für das Applikationszentrum Industrie 4.0	44
6.1	Gliederung der erfassten Bedarfe in fünf Entwicklungsfelder	44
6.2	Nutzenorientierte Betrachtung der fünf Bedarfsfelder	46
6.3	Priorisierung relevanter Entwicklungsfelder für das Applikationszentrum Industrie 4.0	51
7	Stimmungsbild	56
7.1	Stimmungsbild bei den aktuellen Hemmnissen	56
7.2	Stimmungsbild bei den konkreten Bedarfen	60
8	Methodik der Studie	66
8.1	Vorgehensweise	66
8.2	Teilnehmercharakterisierung Onlineumfrage	67
8.3	Teilnehmer bei den Experteninterviews	68
9	Literaturverzeichnis	70
10	Dank und Impressum	74
	Das Applikationszentrum Industrie 4.0	75



1. MANAGEMENT SUMMARY

Die zukünftigen Herausforderungen für produzierende Unternehmen liegen vor allem darin, den sehr dynamischen Kundenanforderungen bei steigendem Rationalisierungsdruck gerecht zu werden. Der Schlüssel dazu sind hochflexible und reaktionsschnelle Planungs-, Steuerungs-, und Produktionssysteme, deren Fundament in einem service-orientierten Aufbau liegt. Sie müssen dazu in der Lage sein, aus einer großen Anzahl an unterschiedlichen Datenquellen Informationen zu erzeugen und sie Menschen, Maschinen und IT-Services kontextbezogen zur Verfügung zu stellen. Dabei gilt es, Medienbrüche und Verzögerungen zu vermeiden und die Verlässlichkeit der den Informationen zugrundeliegenden Daten zu gewährleisten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen, dass ein Trend zu wesentlich häufigeren Umplanungen von Produktionssystemen branchenübergreifend und unabhängig vom Automatisierungsgrad der Produktion vorliegt. Rund zwei Drittel der befragten Unternehmen rechnen zukünftig mit einem wesentlich erhöhten Planungsaufwand. Neben wandlungsfähigen Produktionssystemen werden dafür intelligente Werkzeuge benötigt, die zur Verarbeitung echtzeitnaher Produktionsdaten fähig sind und hieraus den Anpassungsbedarf selbstständig erkennen, um automatisiert Maßnahmen abzuleiten.

Die Untersuchungen, basierend auf der Rückmeldung von 200 Unternehmen und 30 angeschlossenen Experteninterviews, zeigen weitere Hürden auf: 45 % der Befragten haben noch keine konkreten Schritte hin zur Digitalisierung der Produktion unternommen. Ein identifiziertes Hemmnis ist hierbei, dass die Unternehmen aktuell nicht in der Lage sind, den Nutzen von Produktions-IT-Lösungen zu quantifizieren und somit nachhaltig effektive Systeme auszuwählen. Zudem benötigen besonders mittelständische Unternehmen Partner

aus den Bereichen IT und Produktionsvernetzung, um bei Industrie 4.0 und den dadurch entstehenden intelligenten, vernetzten Lösungen mit der Entwicklung Schritt zu halten. Darüber hinaus sind reale Industrie-4.0-Demonstratoren für praxisbezogene Anwendungsfälle notwendig, um den Nutzen zu vermitteln und die Umsetzungswege von Industrie 4.0 aufzuzeigen.

Das Applikationszentrum Industrie 4.0 des Fraunhofer IPA bietet Forschungsdienstleistungen und Partnerschaften an, damit Unternehmen effizient an vorentwickelte Konzepte anknüpfen können. Es zeigt, wie vor allem mittelständisch geprägte Unternehmen Industrie 4.0 in vier Ausbaustufen umsetzen können:

- Digitalisierung des Wertschöpfungssystems: Alle relevanten, korrekten und aktuellen Daten von allen Bestandsmaschinen sind verfügbar.
- Befähigung des Menschen als Dirigent: Der Mensch erfährt sowohl physisch als auch kognitiv effektive Unterstützung, was einen signifikanten Anstieg der Arbeits-, Planungs- und Entscheidungsqualität zur Folge hat.
- Erzeugung personalisierter Produkte: Neue Werkzeuge und Fertigungsverfahren unterstützen die intelligente Konfiguration, die fähigkeitsbasierte Maschinenzuordnung bis hin zur Herstellung.
- Einführung der autonomen Produktion: Neue Auswertungsalgorithmen ermöglichen die automatisierte Auftragsabwicklung. Die Produktion optimiert sich selbst.



2. EINFÜHRUNG

2.1 Ausgangslage

Aufgrund seines großen Erfolgs ist das produzierende Gewerbe in Deutschland zu einem Vorbild für Länder geworden, die nach einer langen Zeit der Priorisierung des Dienstleistungssektors nun einen Wiederaufbau der industriellen Produktion anstreben. Gleichzeitig gilt die deutsche Industrie als eines der wichtigsten Vorbilder für die asiatischen Schwellenländer. Grundlage dieses Erfolgs sind u. a. das dynamische Innovationssystem, die exzellente Produktqualität, das duale Ausbildungssystem und die vergleichsweise hohe Produktivität in den Unternehmen. Angesichts des immer weiter zunehmenden internationalen Wettbewerbsdrucks und der sich dadurch ergebenden Notwendigkeit kontinuierlicher



»**Industrie 4.0** ist eine Vision, die die Industrie der Zukunft beschreibt. Die spezifischen Potenziale liegen vor allem in einer hochflexiblen, hochproduktiven und ressourcenschonenden Produktion, die es ermöglicht, hochindividualisierte Produkte unter den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eines Massenherstellers zu fertigen. Schlussendlich sind in dynamischen, echtzeitoptimierten Wertschöpfungsnetzwerken Engineering, Produktion, Logistik, Service und Vermarktung unternehmensübergreifend gekoppelt.«

(Lichtblau et al. 2015, S. 11)

Innovationen stehen die Unternehmen vor großen Herausforderungen bei der Erhaltung ihrer Wettbewerbsfähigkeit (BMBF 2013, S. 9). Diesen Vorsprung gilt es nicht zu gefährden und durch innovative Lösungsansätze weiter auszubauen. Eines der wichtigsten Konzepte zur nachhaltigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und der Stärkung Deutschlands als Produktionsstandort ist Industrie 4.0 (Bauernhansl et al. 2014, S. 6).

Was wir unter Industrie 4.0 verstehen

Der Ursprung von Industrie 4.0 liegt in der Entwicklung hin zum Internet der Dinge (Engl: Internet of Things – IoT). Kerngedanke ist es, wie im privaten Bereich bereits durch die Einführung von Smartphones geschehen, Gegenstände mit neuen Fähigkeiten, wie Wahrnehmung und Beeinflussung der Umgebung, Intelligenz sowie Kommunikationsfähigkeit, auszustatten. Durch die anschließende Vernetzung werden diese bisher rein physischen Objekte in Form eines digitalen Abbilds im Internet verfügbar. In der Folge können für den Anwender Informationen kontextbezogen bereitgestellt werden. Hierdurch ergeben sich neuartige Produkte und Dienstleistungen sowie damit verbundene Geschäftsmodelle. Als Beispiele können Anwendungen aus dem Bereich der autonomen Mobilität oder dem Bereich Smart Home genannt werden (z. B. der Kühlschrank weiß aufgrund des aktuellen Inhalts und des wochentagspezifischen Verbrauchs, was nachgekauft werden muss).

Übertragen auf die Produktion bedeutet das, dass Industrie 4.0 zukünftige Produktivitätssteigerungen durch die echtzeitnahe Verfügbarkeit der im Kontext notwendigen Informatio-

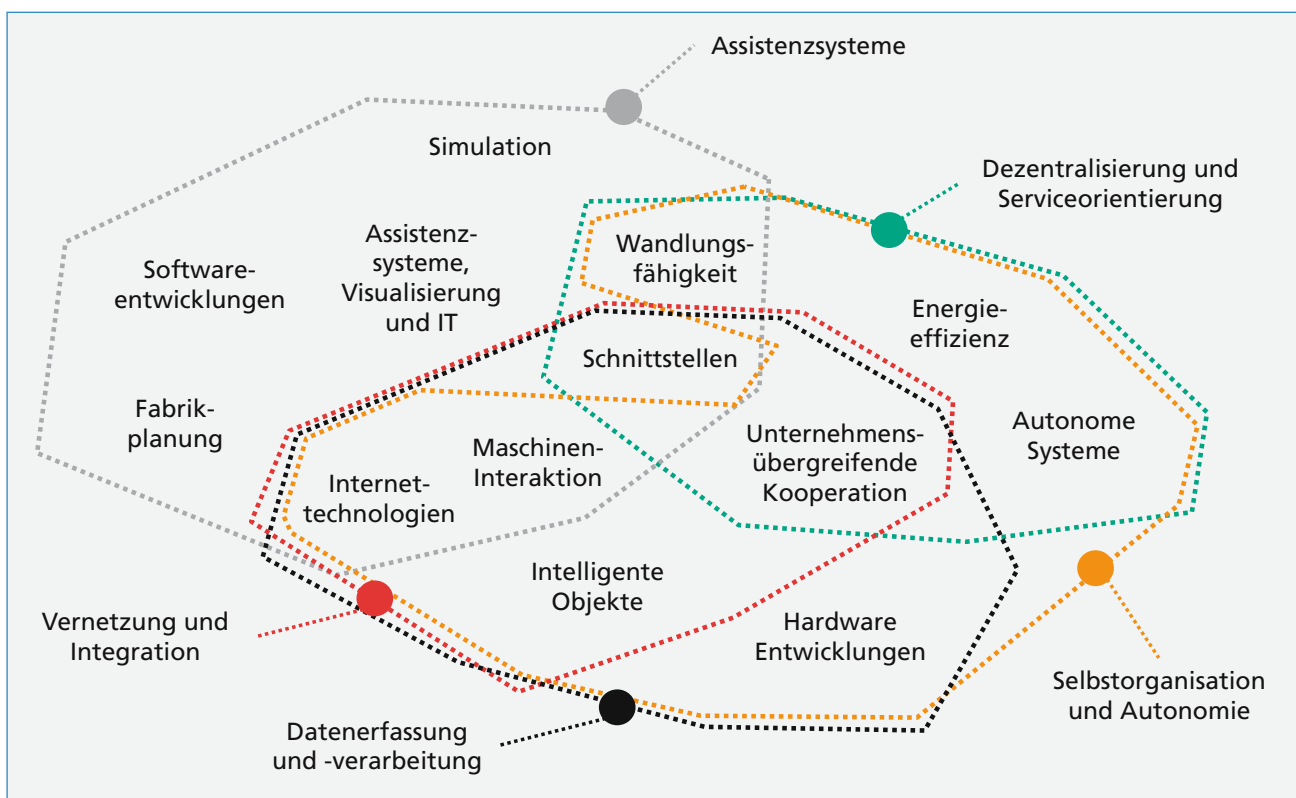
nen realisiert. Dazu wird nicht nur der Informationsfluss innerhalb der Hierarchie eines Unternehmens (vertikal), sondern auch der Informationsaustausch über die gesamte Wertschöpfungskette (horizontal) und den Produktlebenszyklus verbessert. Dies ermöglicht vollkommen neue Ansätze in der Organisation und Steuerung der Produktionssysteme und des Produktlebenszyklus (Kagermann 2013, S.57). Die verbesserte Informationsverfügbarkeit ist gleichzeitig der Schlüssel zur Bewältigung neuer Herausforderungen. Zu nennen ist hierbei vor allem die zunehmende Nachfrage nach personalisierten Produkten, die speziell auf ein Individuum angepasst sind. Ein Beispiel hierfür ist ein auf die individuelle Form der Hand angepasster Stift.

Die zahlreichen Themen, die im Rahmen von Industrie 4.0 diskutiert und erforscht werden, lassen sich in fünf Funktionsbereiche gliedern:

- Assistenzsysteme
- Dezentralisierung und Serviceorientierung
- Selbstorganisation und Autonomie
- Vernetzung und Integration
- Datenerfassung und -verarbeitung

Wie Abbildung 1 zeigt, ist Industrie 4.0 über diese Funktionsbereiche mit zahlreichen weiteren Zukunftsthemen verknüpft. So werden bestehende Themen, wie die Fabrikplanung oder

Abbildung 1: Die fünf Funktionsbereiche von Industrie 4.0 (in Anlehnung an Bischoff et al. 2015, S.12–13)





unternehmensübergreifende Kooperationen, weiterentwickelt. Auf der anderen Seite wird die Produktion beispielsweise durch neue Technologien wie Maschineninteraktion oder intelligente Objekte auf eine neue Stufe gehoben.



Verwandte Begriffe

Die Konzepte von Industrie 4.0 tauchen im Forschungskontext häufig unter folgenden Schlagworten auf (Bauernhansl 2014, S. 11; Bischoff et al. 2015, S. 7; II Consortium 2016):

- Vernetzte intelligente Produktion
- Vierte Industrielle Revolution
- Produktion der Zukunft
- Digitalisierung der Produktion
- Weiterentwicklung der Produktions- und Wertschöpfungssysteme durch die Verknüpfung der realen und der digitalen Welt
- Industrial Internet (of Things)

Die Voraussetzung für Industrie 4.0:

Cyberphysische Systeme

Zentrales Gestaltungsmittel von Industrie 4.0 ist die digitale Vernetzung über »Unternehmensbereiche hinweg und entlang der gesamten Wertschöpfungskette – vom Lieferanten, über die Produzenten bis hin zum Kunden«. Zum Einsatz kommen hierfür sogenannte cyberphysische Systeme (CPS), die sowohl vertikal als auch horizontal die reale mit der digitalen Welt verknüpfen (Bischoff et al. 2015, S.6).

Bei cyberphysischen Systemen handelt es sich um intelligente Objekte, die mit Sensorik, Aktorik und umfassenden Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattet sind. Die Intelligenz dieser Systeme basiert dabei auf sogenannten eingebetteten Systemen (engl. embedded systems), die in Form von leistungsfähigen Minicomputern in Gegenstände und Materialien integriert werden können. Mittels der Sensoren werden Daten aus der Umwelt erfasst und anschließend verarbeitet. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse kann über die Akteure eine Beeinflussung der Umwelt erfolgen (BMBF 2013, S.9). Über das Internet der Daten und Dienste sind die Objekte miteinander vernetzt und können sich selbstständig steuern (Ganschar et al. 2013, S.23). Ziel ist es, den Medienbruch zwischen realer und digitaler Welt aufzuheben (Schlick et al. 2014, S.57).

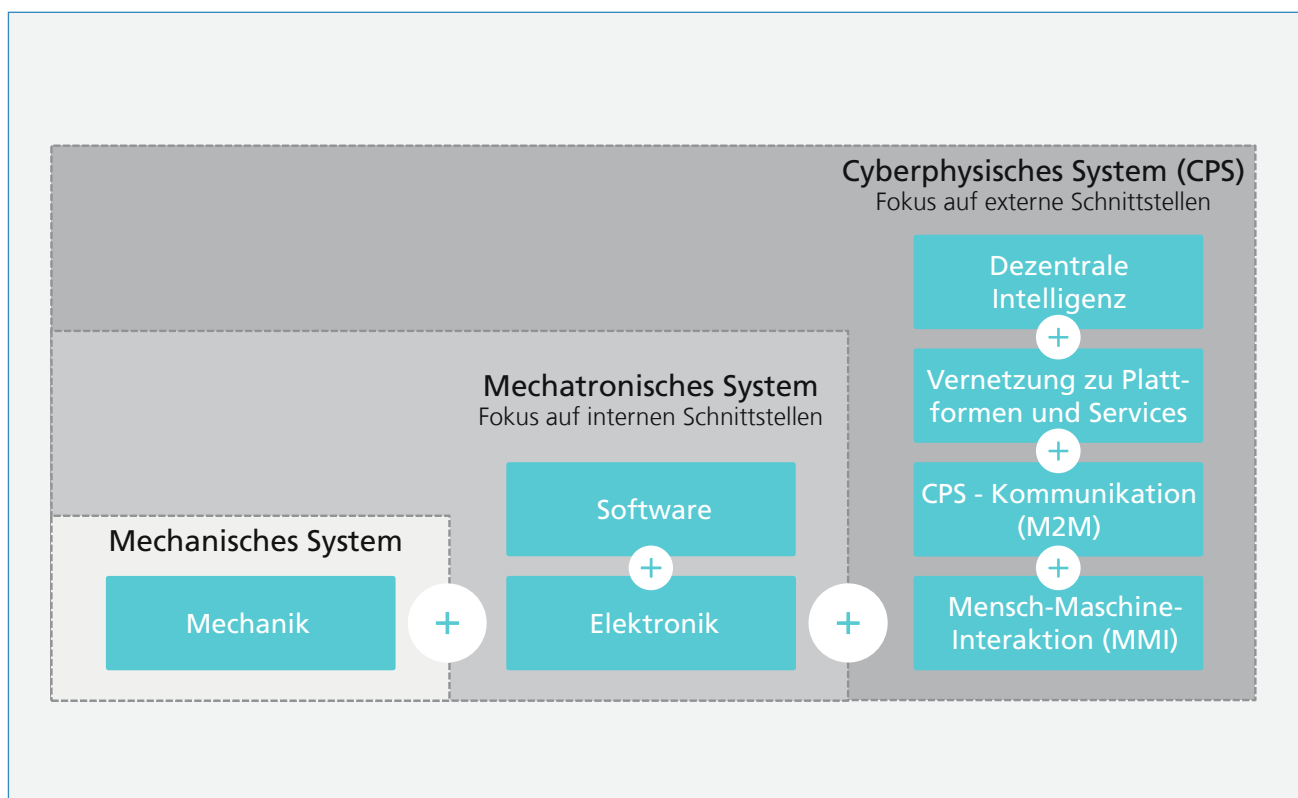
Wie Abbildung 2 zeigt, sind cyberphysische Systeme im Gegensatz zu mechatronischen Systemen zu einer umfassenden Kommunikation mit ihrer Umwelt fähig. Dies umfasst neben der Kommunikation mit anderen cyberphysischen Systemen vor allem den echtzeitnahen Informationsaustausch mit auf Plattformen bereitgestellten Internet-Services. Hierdurch können vollkommen neue Leistungen, wie beispielsweise die

»Live-Rückverfolgung« von Produkten oder die vollautomatische Planung und Steuerung der Produktion in Echtzeit angeboten werden. Auch produktionsnahe Abteilungen wie z. B. die Konstruktion und der Betriebsmittelbau profitieren durch ein belastbares und schnelles Feedback. Darüber hinaus sind cyberphysische Systeme aufgrund ihrer Fähigkeiten zu einer noch intuitiveren Interaktion mit dem Menschen fähig. Dies ist ein nicht zu unterschätzender Faktor bei der Erhöhung der Effektivität in der Produktion.

Intelligente Vernetzung in der »Smart Factory«

Durch den Einsatz von cyberphysischen Systemen im Rahmen von Industrie 4.0 kann die Vision der zukünftigen Fabrik, die sogenannte Smart Factory, umgesetzt werden (Lichtblau et al. 2015, S.11). Hierbei handelt es sich um eine Fabrik, die Menschen und Maschinen durch kontextbezogene Informationen in der Erfüllung ihrer Aufgaben unterstützt (Lucke et al. 2008, S.138). Der größte Nutzen kann im Bereich der »hochflexiblen, hochproduktiven und ressourcenschonenden Produktion« realisiert werden. Unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen können somit hochindividualisierte Pro-

Abbildung 2: Eigenschaften von cyberphysischen Systemen (eigene Darstellung)



dukte zu Kosten von Massenprodukten hergestellt werden (Lichtblau et al. 2015, S.11). Abbildung 3 gibt einen Überblick über weitere wichtige Potenziale durch die Umsetzung der Smart Factory. Besonders hervorzuheben sind neue Geschäftsmodelle, die sich durch den zunehmenden Einsatz von Informationstechnologie ergeben. Dabei wird durch einen verbesserten Informationsaustausch ein zusätzlicher Kundennutzen erzielt. Ein Beispiel hierfür ist die verbesserte Anpassung von Maschinen und Werkzeugen an das Einsatzszenario auf Grundlage der Auswertung umfangreicher Sensordaten der bisherigen Produktion.



Die **Smart Factory** ist eine Fabrik, »die mit Hilfe von Systemen, die im Hintergrund arbeiten (Calm Systems), Menschen und Maschinen in der Ausführung ihrer Aufgaben kontextbezogen assistiert« (Lucke et al. 2008, S. 138).

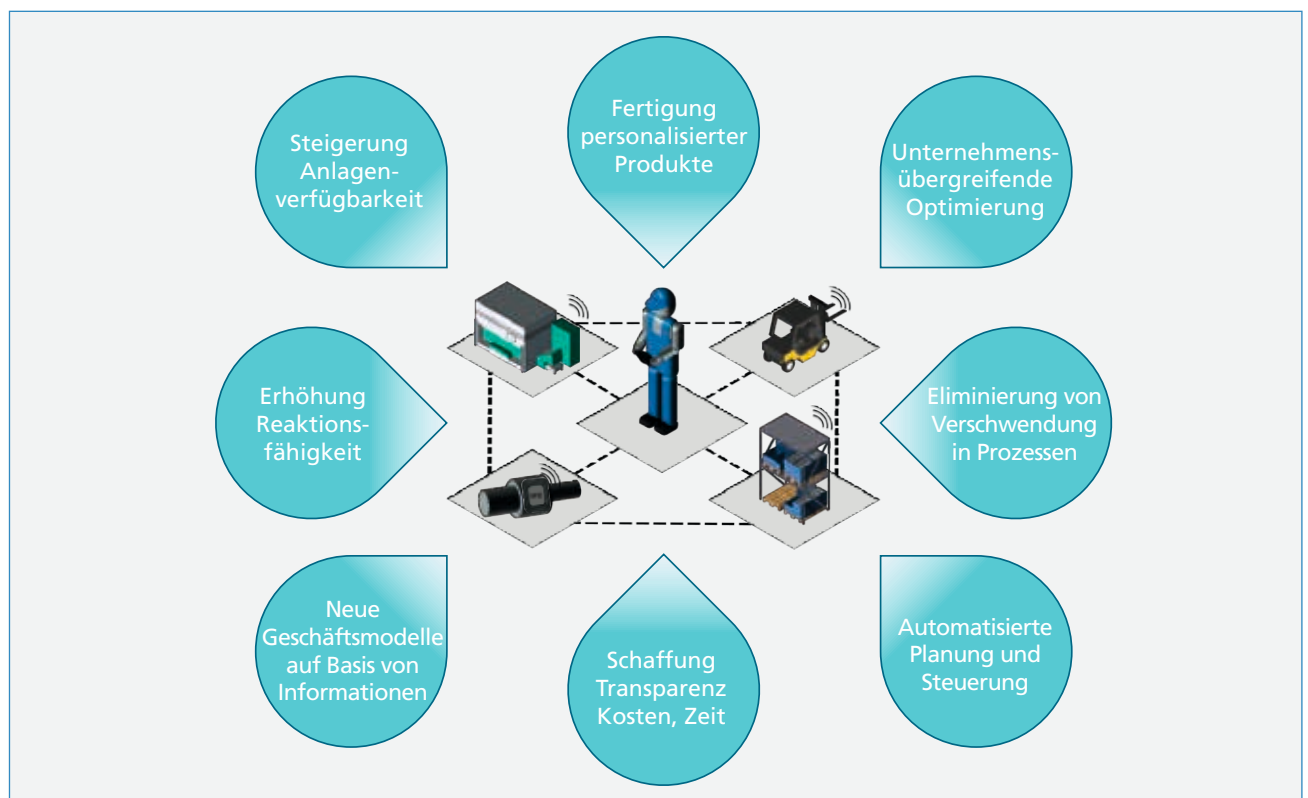


Abbildung 3: Smart Factory und ihre Potenziale (eigene Darstellung)





2.2 Aktueller Kenntnisstand

Heute wird Industrie 4.0 noch als Hype bezeichnet, aber in den nächsten fünf Jahren wird die Theorie Realität werden (Koch et al. 2014, S.18). Daher steht das Thema Industrie 4.0 im Mittelpunkt vieler Zukunftsprojekte von Unternehmen (Lichtblau et al. 2015, S.8).

Dennoch ist die Zahl der Unternehmen, die sich dem Thema »Digitalisierung der Produktion« verschließen, immer noch sehr hoch. Dies betrifft insbesondere die kleinen und mittleren Unternehmen, denen z. B. die finanziellen Mittel für nötige Investitionen fehlen oder die aufgrund gegenwärtiger Erfolge keine Notwendigkeit zur Veränderung sehen. Weitere Hemmnisse sind das Risiko und die große Unsicherheit bezüglich des richtigen Timings. Professor Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, führt dazu in einem Interview mit der Zeitung »Die Welt« an, dass gerade in Deutschland die Unternehmen darauf warten, dass andere den ersten Schritt machen. »Mit dieser Herangehensweise drohen sie sehr viele Chancen zu verpassen, ähnlich wie bei der Einführung des Internets«. (Drescher 2015)

Im Rahmen einer Studie hat der VDMA daher untersucht, wo die Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus bei der Umsetzung von Industrie 4.0 momentan stehen. Dazu wurden die Bereitschaft und die Fähigkeit der Unternehmen bewertet, mit der Industrie-4.0-Konzepten unternehmensintern umgesetzt werden können. Aus den Ergebnissen

wurde anhand eines Einordnungsschemas die Industrie 4.0 Readiness abgeleitet (Lichtblau et al. 2015, S.8). Lediglich 5,6 % der befragten Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau zählen laut Studie zu den »Pionieren« bei der Umsetzung von Industrie 4.0. Knapp ein Fünftel (17,9 %) der Unternehmen zählt zu den sogenannten »Einsteigern«, die sich im Rahmen erster Konzepte und Maßnahmen mit dem Thema befassen. Die übrigen 76,5 % der Befragten entstammen Unternehmen, die bislang noch keine systematischen Schritte zur Umsetzung von Industrie 4.0 eingeleitet haben. Diese Unternehmen bilden die Gruppe der »Neulinge« (Lichtblau et al. 2015, S.8).

Wie sich bei den Ergebnissen der Industrie-4.0-Readiness zeigt, setzen sich hier die Großunternehmen signifikant von den kleinen und mittelständischen Unternehmen ab (Lichtblau et al. 2015, S.27). Insbesondere die Abschätzung des Nutzens von Industrie 4.0, bezogen auf ihr eigenes Unternehmen, stellt für viele KMU eine große Hürde dar, die überwunden werden muss (Wischmann et al. 2015, S.46). Hieraus lässt sich ableiten, dass KMUs Unterstützung bei der Integration und Umsetzung von Industrie 4.0 benötigen. Eine Vielzahl von Themengebieten rund um Industrie 4.0 wurde durch aktuelle Studien beleuchtet. Einen Ausschnitt zeigt Abbildung 4. Der Fokus der vorliegenden Studie basiert auf der Erfassung und Priorisierung von Bedarfen, um hieraus relevante Entwicklungsfelder abzuleiten und zugehörige Demonstratoren zu konzipieren.

Abbildung 4:
Übersicht vorhandener Studien zum Thema Industrie 4.0

Bewertungskriterien		Betrachtete Studien																	
		Zukunftsbild "Industrie 4.0" (BMBF 2013)	Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0 (Ganschar et al. 2013)	Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 (Kagermann et al. 2013)	Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland (Bauer et al. 2014)	Industrie 4.0 - Whitepaper FuE-Themen (Bauernhansl et al. 2014)	Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution (Koch et al. 2014)	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) (Adolphs et al. 2015)	Manufacturing's Next Act (Baur et al. 2015)	Erschließen der Potentiale der Anwendungen von Industrie 4.0 im Mittelstand (Bischoff et al. 2015)	Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft (BMW i 2015)	Cracking The Digital Code (Bughin et al. 2015)	Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 (Dorst et al. 2015)	Industrie 4.0-Readiness (Lichtblau et al. 2015)	Wettbewerbsfaktor Analytics (Gronau et al. 2015)	Zukunftschance Digitalisierung (Radic et al. 2015)	Leitfaden Industrie 4.0 (VDMA 2015)	Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland (Wischmann et al. 2015)	Vorliegende Studie "Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe"
Themengebiete	Potenziale zur Effizienzsteigerung durch intelligente, vernetzte Lsg.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Risiken und Hemmnisse	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Chancen und Potentiale	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Infrastruktur und weitere Voraussetzungen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Standards; Normung	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Datensicherheit	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Rechtliche Rahmenbedingungen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Schaffung von zus. Nutzen durch neue Geschäftsmodelle	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Wirtschaftliche Auswirkungen von Industrie 4.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Effektivere Arbeitsgestaltung für den Menschen in der Produktion	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Ressourceneffizienz	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Aktueller Umsetzungsstand von Industrie 4.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Priorisierte Entwicklungsfelder für Demonstratoren	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Betrachtungsweise	Technisch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ökonomisch		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sozio-technisch		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Legende		● Kern der Studie	● Eines von mehreren Schwerpunktthemen	○ Wird teilweise betrachtet	○ Wird nicht betrachtet	— Nicht beurteilbar													

2.3 Zielsetzung der Studie

Die drei Ziele der vorliegenden Studie mit Fokus auf den produzierenden Mittelstand sind wie folgt gegliedert und bilden die Grundlage für die Vision zur Produktion von morgen (Abbildung 5).

- Erfassung konkreter Bedarfe an intelligenten vernetzten Lösungen zur Effizienzsteigerung in der Produktion und in produktionsnahen Bereichen sowie zur Schaffung von zusätzlichem Nutzen für das Produktionsumfeld
- Identifikation von aktuellen Hemmnissen bei der Entwicklung und Integration von intelligenten, vernetzten Lösungen
- Ableiten von Entwicklungsfeldern zum Aufbau des Applikationszentrums Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA gemäß der industrieorientierten Priorisierung und unter Berücksichtigung der noch zu beseitigenden Hemmnisse

Im Rahmen des Gesamtprojekts Applikationszentrum Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA findet in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart die industrienahere Entwicklung und Demonstration neuer Lösungen für die durchgängig vernetzte, effiziente Produktion statt. Innerhalb von vier Jahren sollen in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern reale Anwendungen entstehen, die den Nutzen sichtbar und greifbar machen.

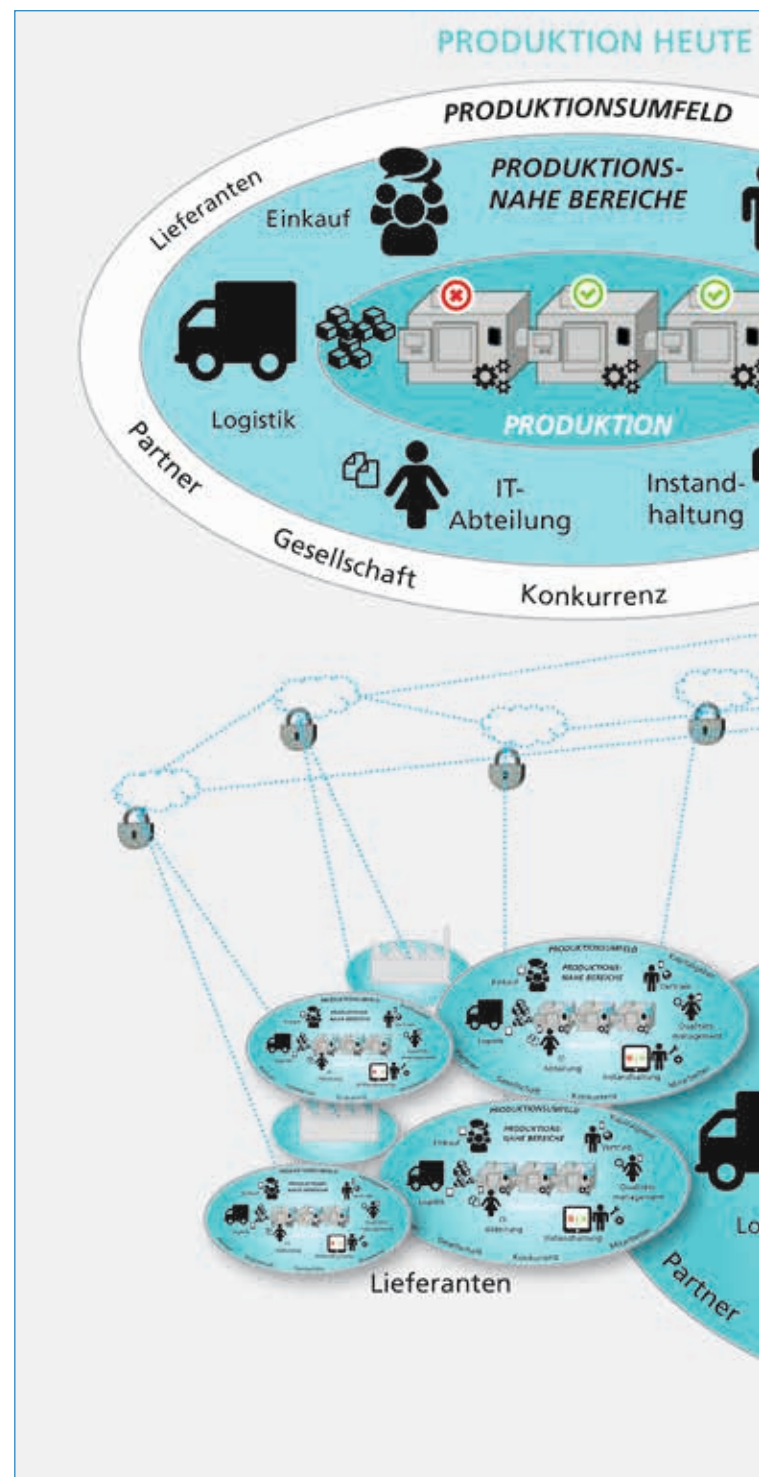
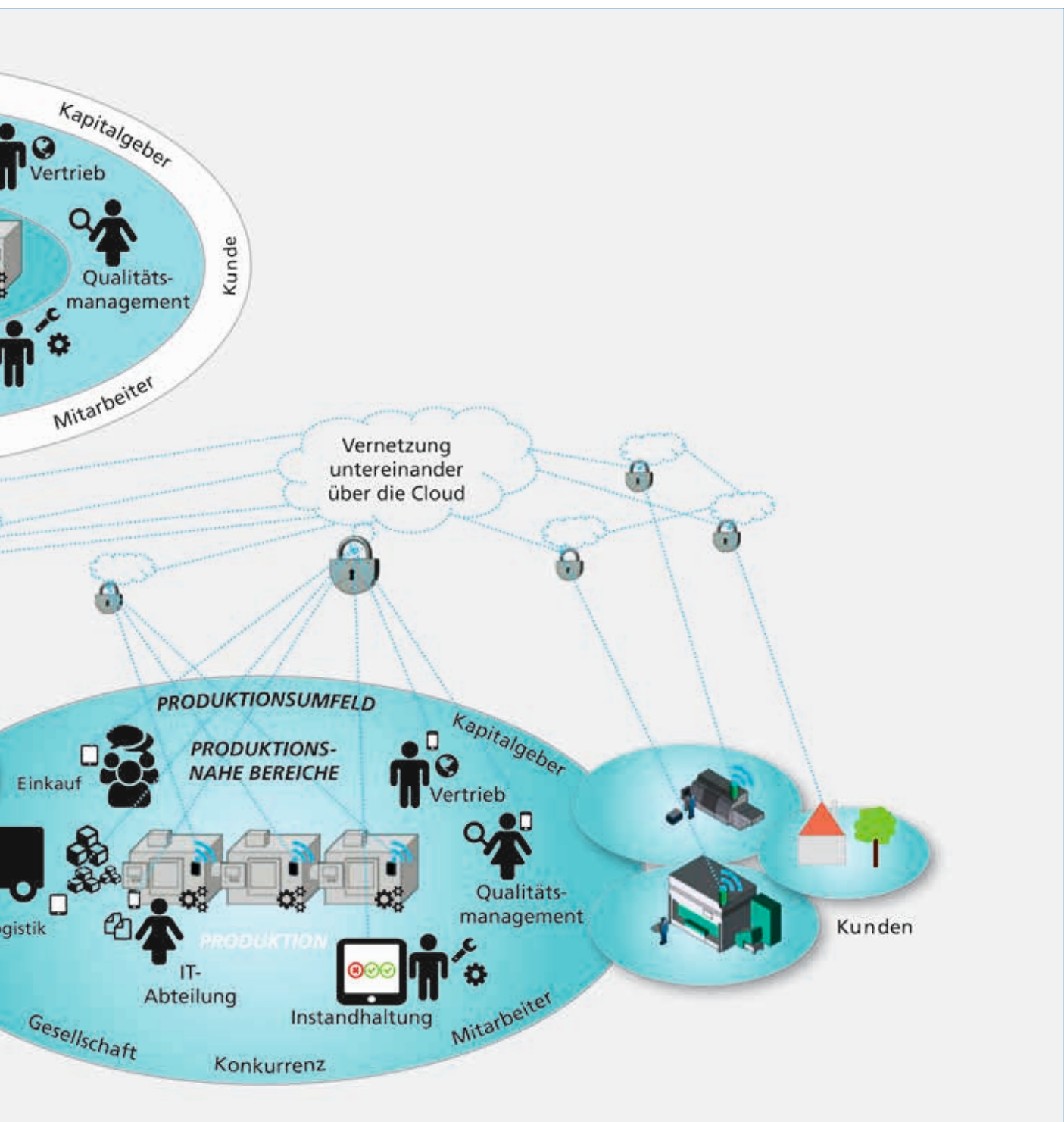


Abbildung 5:

Vision der vernetzten, intelligenten Produktion von morgen







3. ZUKÜNFTIGE RAHMENBEDINGUNGEN IN DER PRODUKTION

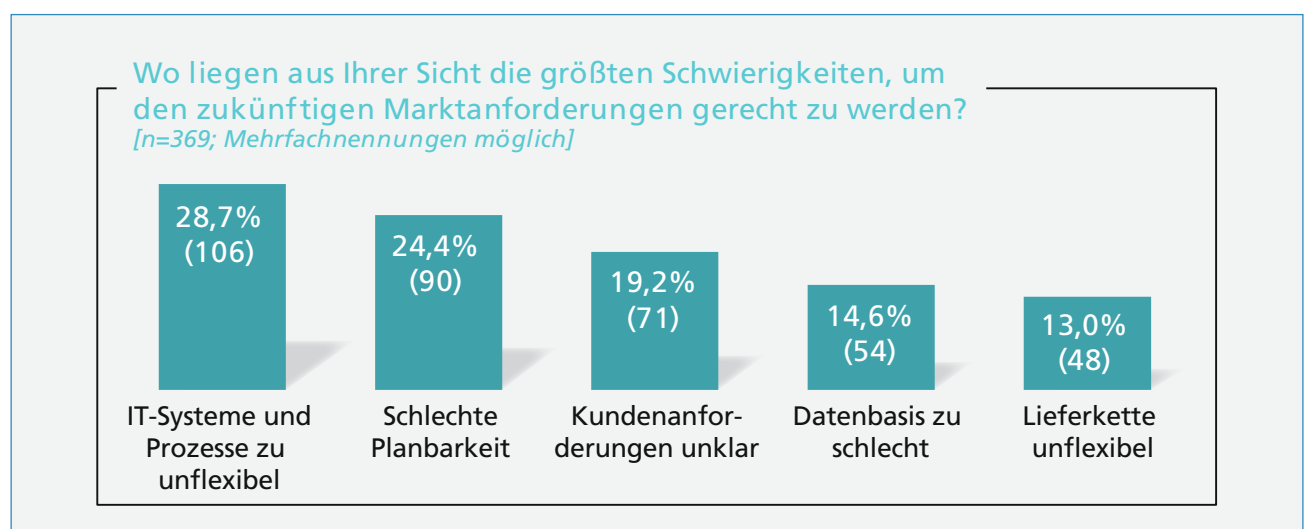
Um die Vision der Industrie 4.0 im Produktionsalltag zu realisieren, müssen die hierfür notwendigen IT-Lösungen anforderungsgerecht und mit Blick auf die zukünftigen Herausforderungen konzipiert sein. Das nachstehende Kapitel gibt einen Überblick über die Herausforderungen in Bezug auf die Marktanforderungen, denen sich die Unternehmen zukünftig stellen müssen. Zunächst werden Befragungsergebnisse über Veränderungen der zukünftigen Produktvarianz sowie über den planerischen Anpassungsbedarf der Betriebsmittel vorgestellt, um im Anschluss die Bedarfe an intelligente vernetzte Lösungen für die Produktion und sich ihr anschließenden Bereiche zu konkretisieren.

3.1 Herausforderungen zukünftiger Marktanforderungen

Je stärker intelligente und vernetzte IT-Lösungen die Bedarfe der Unternehmen aufgreifen, desto klarer wird für diese der wirtschaftliche Nutzen greifbar und eine Implementierung sinnvoll. Hierzu wurden im Rahmen der Studie die Teilnehmer gefragt, welche die aus ihrer Sicht größten Schwierigkeiten sind, um den zukünftigen Marktanforderungen gerecht zu werden (Abbildung 6).

Dabei sehen 28,7 % der Befragten die Flexibilität der Systeme und Prozesse als Herausforderung. Monolithische Strukturen und stark heterogene Softwarelandschaften sind als Grundstein der Inflexibilität zu identifizieren. Der Flexibilitätskorridor wird vor allem durch die fehlende Kompatibilität der einzelnen koexistierenden Systeme je Unternehmensbereich beschränkt.

Abbildung 6:
Herausforderungen zukünftiger Marktanforderungen





»Eines der zukünftigen Ziele von Softwareherstellern muss es sein, die Flexibilität der Produkte zu erhöhen. Je flexibler IT-Produkte ausgelegt sind, desto besser ist die technische Umsetzung bzw. Implementierung neuer IT-Systeme und die Bewältigung neuer Marktanforderungen zu realisieren.«

Dr. Sebastian Schlund, Leiter Competence Center Produktionsmanagement des Fraunhofer IAO

Unzureichend oder gar nicht vorhandene kompatible Schnittstellen führen zu einer Verlangsamung der Reaktionsfähigkeit und einer Trägheit des Gesamtsystems. Daher entstehen Bedarfe an standardisierten Schnittstellen sowie eine Standardisierung von Datenformaten zur Gewährleistung der Datendurchgängigkeit. Aufgrund der volatilen Anforderungen, denen sich ein Unternehmen heutzutage stellen muss, sind selbst hochgradig individuell angepasste IT-Lösungen bereits nach kurzer Zeit nicht mehr anforderungsgerecht und müssen erneut mit viel Aufwand an aktuelle Bedürfnisse angepasst werden.

»Es gibt sehr viele gute und flexible Lösungen auf dem Markt. Allerdings werden diese bzw. das in ihnen schlummernde Potenzial nicht erkannt.«

Dr. Walter Huber, Senior Expert, Staufen.AG

Allerdings äußerten einige Experten auch gegenläufige Meinungen. So postulieren sie IT-Systeme und Prozesse als sehr flexibel und sehen das Problem im schlechten und diffusen Verständnis der Unternehmen im Bereich Produktions-IT sowie deren Unkenntnis über die bereits am Markt existierenden Lösungen.

An zweiter Stelle wird, mit 24,4 %, die schlechte Planbarkeit, beispielsweise in der Bedarfsplanung, genannt. Diese wird dabei zum Teil durch performanceschwache Systeme begründet bzw. durch die erhöhten Anforderungen an die IT-Systeme und Prozesse. Aus der zweiten Befragungsrunde mit 30 Experten kristallisierte sich heraus, dass der erhöhte Planungsbedarf und damit die Ansprüche an die Produktions- und Unternehmens-IT signifikant durch die immer dynamischer werdenden Kundenanforderungen beeinflusst werden.

Herausforderungen in Bezug auf unklare Kundenanforderungen sehen zukünftig 19,2 % der Befragten. Im Rahmen der Experteninterviews wurde die Bedeutung dieser Thematik teilweise noch höher eingeschätzt. Kundenanforderungen im Vorfeld exakt zu identifizieren und zu erfassen, stellt zukünftig eine große Herausforderung dar. Die realen Kundenbedarfe äußern sich oft erst bei der Bearbeitung des Kundenauftrags, da der Kunde seine realen Bedarfe nicht vollständig vorab benennen kann oder diese sich im Laufe einer Zusammenarbeit noch ändern können. Kunden verlangen zunehmend nach uneingeschränkter Produktverfügbarkeit und individuellen Produktspezifikationen, was zu einer Dynamisierung der Kundenanforderungen führt. Hierbei können flexiblere IT- und Schnittstellenlösungen ein Ansatz sein, um den Abstimmungsbedarf zu reduzieren und Kundenwünsche sowie deren Änderung besser plan- und realisierbar zu machen.



Eine schlechte Datenbasis identifizieren 14,6 % der Befragten als Problem bzgl. zukünftiger Marktanforderungen. Eine Datenbasis ist in vielen Unternehmen in ausreichender Quantität vorhanden, um bereits einen ersten Nutzen zu generieren. Die Herausforderung wird hierbei insbesondere in der Verwertung der Daten gesehen. Diese können aufgrund von fehlendem Wissen und Werkzeugen nicht zu verwertbaren Informationen aggregiert und an die richtigen Stellen weitergeleitet werden.

»Die Daten zu sammeln bzw. zu generieren ist heute gar nicht mehr das Problem, sondern dass Daten nicht zu Informationen verdichtet werden und dadurch Datengräber entstehen.«

Dr. Andreas Schreiber, Abteilungsleiter Industrial Automation, PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG



Zukünftige Herausforderungen liegen vor allem darin, extrem dynamischen Kundenanforderungen gerecht zu werden. Diese erschweren die Planung und erfordern flexiblere und anforderungsgerechtere Produktions-IT-Lösungen. Diese müssen in der Lage sein, aus einer großen Anzahl an unterschiedlichen Datenquellen Informationen zu erzeugen und dem richtigen Nutzer zur Verfügung zu stellen.

3.2 Produktvariantenprognose

Eine große Herausforderung für die Produktion liegt in der Beherrschung stetig steigender Variantenzahlen. Die Komplexität des Variantenmanagements in der Produktion wird dabei maßgeblich durch den Wunsch der Kunden nach personalisierten Produkten beeinflusst. Aktuell werden in der Produktion branchenübergreifend am häufigsten »sehr viele« Produktvarianten hergestellt (siehe Abbildung 7). Bei rund 40 % der befragten Unternehmen treiben kundenspezifische Produkthanpassungen die Anzahl unterschiedlicher Varianten in die Höhe. Produkte in Form von modularisierten Baukästen mit einer definierten Anzahl an Varianten sind in 29 % der befragten Unternehmen zu finden. 21,4 % der Teilnehmer geben an, dass durch das Engineer-to-order eine unbegrenzte Anzahl an Produktvarianten gefertigt wird. Die Massenfertigung, bei der jede Variante auf einem eigenen Fertigungssystem produziert wird, ist mit 9,4 % vertreten.

Vergleicht man den aktuellen Stand mit der Selbsteinschätzung der Unternehmen des zukünftigen Stands in 5 Jahren, ist ein Trend hin zur unbegrenzten Variantenanzahl erkennbar, (+7,4 %). Zustande kommt dies durch die Verlagerung von Anpassungskonstruktionen (-3,7 %) und einer Reduzierung der Massenfertigung (-3,1 %). Obwohl ein eindeutiger Trend hin zu kundenindividuellen Produkten mit geringen Stückzahlen, Engineer-to-Order, sichtbar ist, spielen Anpassungskonstruktionen sowie abgeschlossene Baukästen auch in fünf Jahren noch eine große Rolle.



Fazit

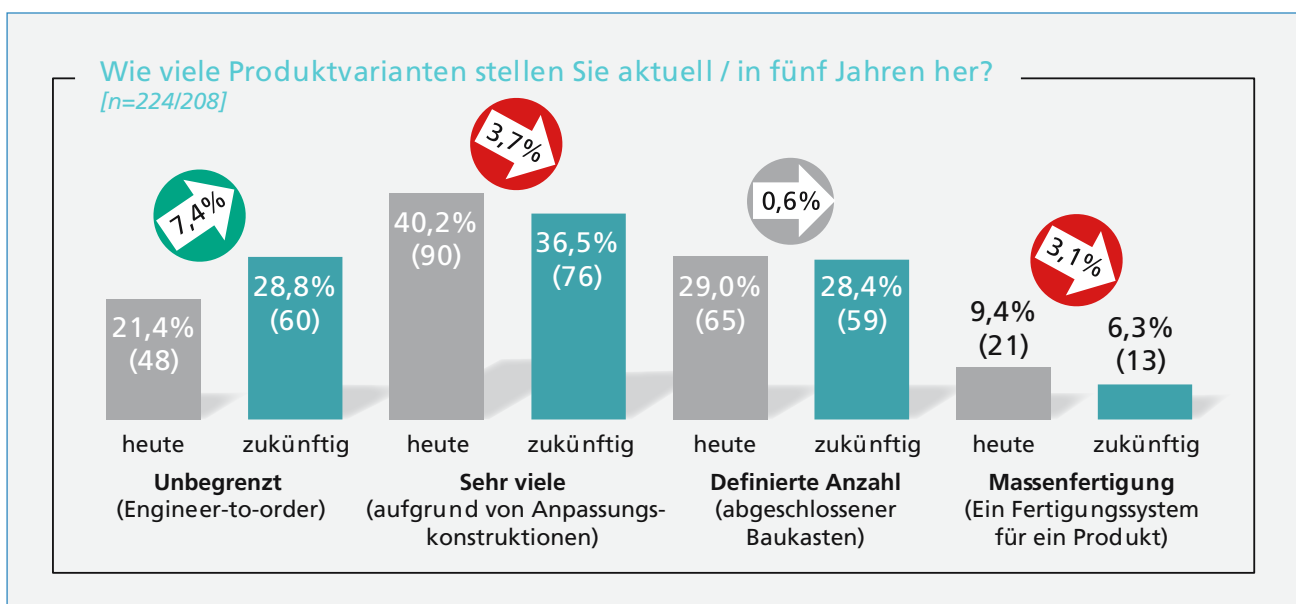
Die stark steigende Individualisierung der Produkte kann durch erweiterte Baukästen oder Erzeugung neuer Varianten durch Anpassungskonstruktionen in der Produktion nicht wirtschaftlich abgebildet werden. Alternative Produktionskonzepte sind somit nötig, um mit einer ungedeckelten Varianz effizient umgehen zu können.

3.3 Veränderung des Planungsaufwands

Bereits 1997 prognostizierte Professor Westkämper, damals Leiter des Fraunhofer IPA, eine Zunahme der Planungshäufigkeit bis 2005 um 300 %, bei gleichzeitiger Reduktion der Planungsdauer von 75 % (Westkämper et al. 1997, S.639). Diese Entwicklung setzt sich bis heute fort und eine Umkehr dieses Trends ist auch in den nächsten Jahren nicht zu erwarten. Deshalb wird es immer öfter nötig werden, Umplanungen des Produktionssystems durchzuführen (Westkämper 2000, S. 92 ff). Hier kann von einem »Prioritätswechsel von der Initialplanung zur kontinuierlichen Fabrikplanung im Unternehmen« (Günthner et al. 2006, S.70) gesprochen werden. Diesen Paradigmenwechsel gilt es nun, möglichst genau zu spezifizieren.

Zur Differenzierung der Befragungsergebnisse wurden die Teilnehmer nach dem Automatisierungsgrad ihrer Produktion

Abbildung 7: Produktvariantenprognose





gefragt (siehe Abbildung 8). Die größte Gruppe, 45,5 % bildet dabei die der überwiegend manuellen Produktion. Ungefähr gleich viele Teilnehmer, 26,5 % bzw. 28 %, arbeiten mit einer ungefähr gleichverteilten (teilautomatisierten) bzw. überwiegend automatisierten Produktion.

Bei der Betrachtung des Antwortverhaltens dieser drei Gruppen bzgl. der Veränderung des Planungsaufwands der Betriebsmittel zeigt sich, dass dieser unabhängig vom Automatisierungsgrad einer Produktion steigt. Eine nach Maschinen- und Anlagenbau, Automobilindustrie und Elektronik und Elektrotechnik weitere branchendifferenzierte Analyse zeigt ebenfalls eine sehr ähnliche Verteilung, weshalb ein branchenübergreifender Zusammenhang angenommen wird.

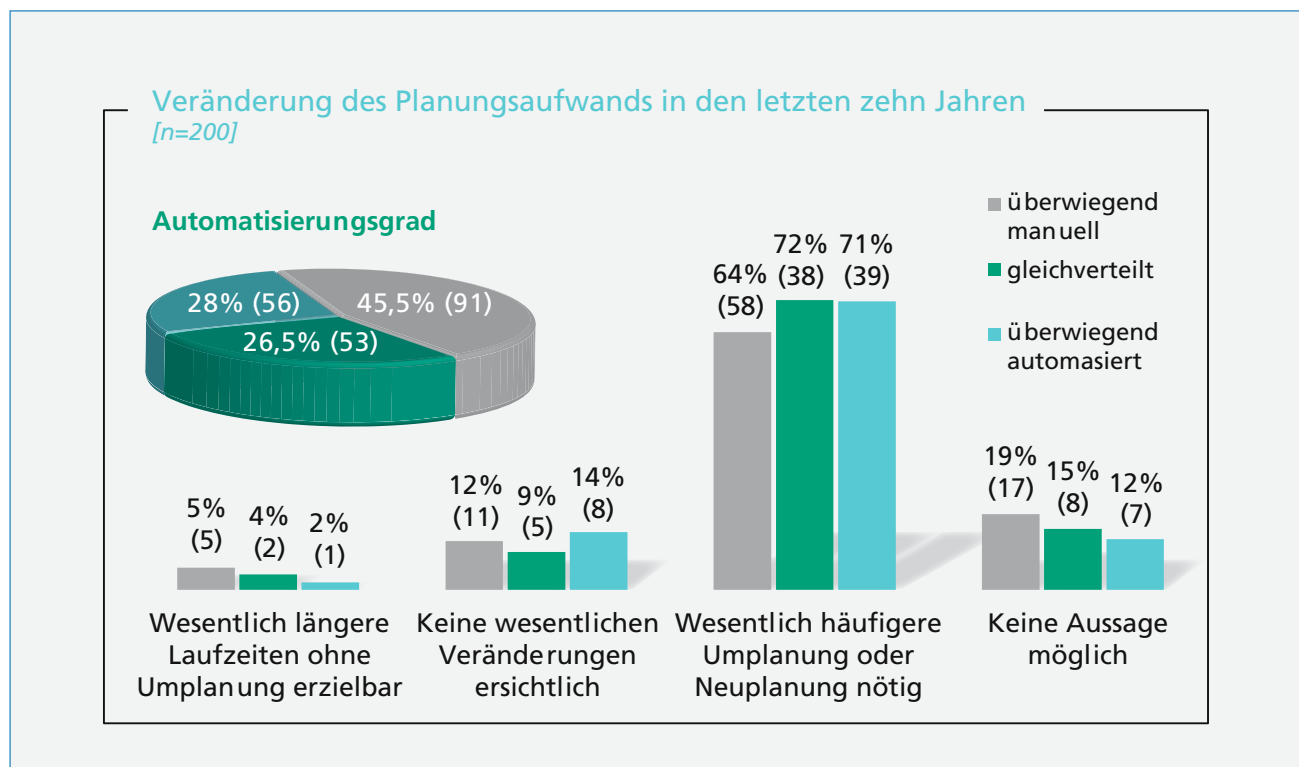


Fazit

Unabhängig vom Automatisierungsgrad zeigt sich über alle Branchen, dass eine signifikant häufigere planerische Anpassung der Produktionssysteme in den nächsten Jahren notwendig sein wird. Somit verschiebt sich die Aufgabe der Planung von Produktionssystemen von einer primär initialen Tätigkeit hin zu einer kontinuierlichen Tätigkeit. Hierbei spielt die automatisierte Erkennung des Anpassungsbedarfs eine zentrale Rolle.

Abbildung 8:

Veränderung des Planungsaufwands in den letzten zehn Jahren







4 EINSATZ VON PRODUKTIONS-IT UND INTELLIGENTEN VERNETZTEN LÖSUNGEN

Nachfolgend wird der Fokus auf den aktuellen Einsatz von Produktions-IT bzw. intelligente vernetzte Lösungen gelegt. Dabei soll zunächst aufgezeigt werden, inwieweit erste Umsetzungen in der Industrie verbreitet sind. Die aktuellen Einsatzgebiete von Produktions-IT werden anschließend näher beleuchtet und vorherrschende Hemmnisse beim Einsatz dieser betrachtet. Das Kapitel schließt mit den Auswahlmethoden der Unternehmen ab, die aktuell zur Ermittlung der wirtschaftlich attraktivsten IT-Lösung eingesetzt werden.

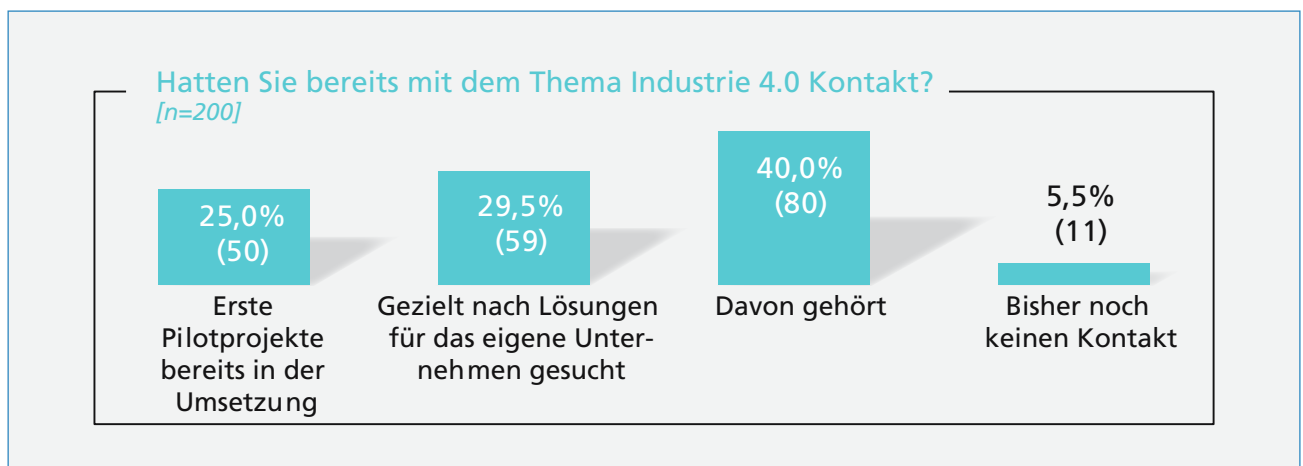
»Demonstratoren und der Aufbau von IT-Kompetenz im Netzwerk im Bereich der Produktion sind besonders für KMU wichtig, da für diese im Gegensatz zu größeren Unternehmen ein interner, wettbewerbsfähiger Kompetenzaufbau nur schwer realisierbar ist.«

Prof. Dr. Sascha Röck, Hochschule Esslingen

Nach einer Studie der International Data Corporation (IDC) gaben 2014 noch 26 % der Befragten an, noch nie etwas von Industrie 4.0 gehört zu haben (Schulte 2014, S.3). Im Vergleich hierzug lässt sich feststellen, dass mittlerweile eine große Mehrheit der befragten Unternehmen bereits Kontakt mit dem Thema Industrie 4.0 hat bzw. hatte (vgl. Abb. 9).

Lediglich 5,5 % der Befragten gaben an, bislang noch keine Berührung mit dem Thema gehabt zu haben. Mehr als die Hälfte der Unternehmen hat sich hingegen bereits näher damit beschäftigt. So haben 29,5 % gezielt nach Lösungen für das eigene Unternehmen gesucht, 25 % sind nochmals einen Schritt weiter und haben aktuell erste Pilotprojekte in der Umsetzung. Die restlichen 40 % der Befragten haben zwar

Abbildung 9: Kontakt mit dem Thema Industrie 4.0





von Industrie 4.0 gehört, sich jedoch noch nicht näher damit beschäftigt. Ein Grund, der hierfür genannt wurde, ist das Management, das sich oft zu wenig mit dem Thema Industrie 4.0 und dem potenziellen unternehmensspezifischen Nutzen befasst.



Fazit

45 % der befragten Unternehmen haben noch keine konkreten Schritte zur Identifikation und Hebung von Potenzialen durch intelligente vernetzte Lösungen unternommen. Die konkrete Identifikation sinnvoller Pilotprojekte im eigenen Unternehmen gestaltet sich schwierig. Der nötige Kompetenzaufbau im Bereich Produktions-IT ist besonders für KMU nur durch ein Partnernetzwerk zeitnah wirtschaftlich realisierbar.

4.1 Hemmnisse beim Einsatz von Produktions-IT

Der Einsatz von Produktions-IT in den Unternehmen wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren gehemmt. Diese Hemmnisse stellen insbesondere für die Einführung neuer IT-Systeme große Herausforderungen dar (siehe Abbildung 10).

Das größte Hemmnis ist laut den befragten Unternehmen die aufwändige Einführungsphase. Fehlende Kapazitäten der Mitarbeiter, um sich mit der IT-Lösung intensiv auseinanderzusetzen, sind vor allem in dieser Phase oftmals ein großes Problem.

»Die Komplexität der IT-Systeme schreckt viele potenzielle Anwender zunächst von einer Einführung neuer Produktions-IT ab.«

Dr. Andreas Schreiber, Abteilungsleiter Industrial Automation, PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG

Mitverantwortlich für die aufwändige Einführungsphase sind zudem in einem hohen Maße fehlende standardisierte Schnittstellen zwischen den übergeordneten IT-Systemen und der maschineninternen Steuerungssoftware bzw. Anlagensteuerungen. Für viele Unternehmen ist die Schnittstellenkomplexität vorab nicht abschätzbar und wird erst im Zuge der Einführung neuer IT-Systeme erkannt. Ob und welche Daten von einer Maschine bereitgestellt werden, hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren, z. B. dem Alter der Maschine, Steuerungstyp, Grad der Automatisierung, Umbauten, Anlagenintegration, Sonderkonstruktion etc. ab. Großes Potenzial kommt daher der Aufrüstung bestehender Maschinen und Anlagen in der Produktion zu. Vor dem Hin-

tergrund der Vernetzung der Produktion müssen sie nämlich in bestehende und neue IT-Systeme integriert werden. Nicht nur zwischen Maschinen und IT-System, sondern auch innerhalb der verschiedenen IT-Systeme gestaltet sich aktuell das

»Die Einführung neuer Produktions-IT bedeutet immer das Ablösen einer alten und somit eine Migrationsherausforderung, die zusätzliche Komplexität schafft.«

Klaus Gradiscek, Senior Technical Project Manager, Bundesdruckerei GmbH

»Die meisten Unternehmen setzten bei der Einführung neuer IT-Systeme in der Produktion auf den Big Bang, anstatt auf eine agile Einführung, bei der man iterativ auf veränderliche Anforderungen reagieren kann. Solche Lösungen gilt es, besonders für den Mittelstand, fokussiert zu entwickeln«

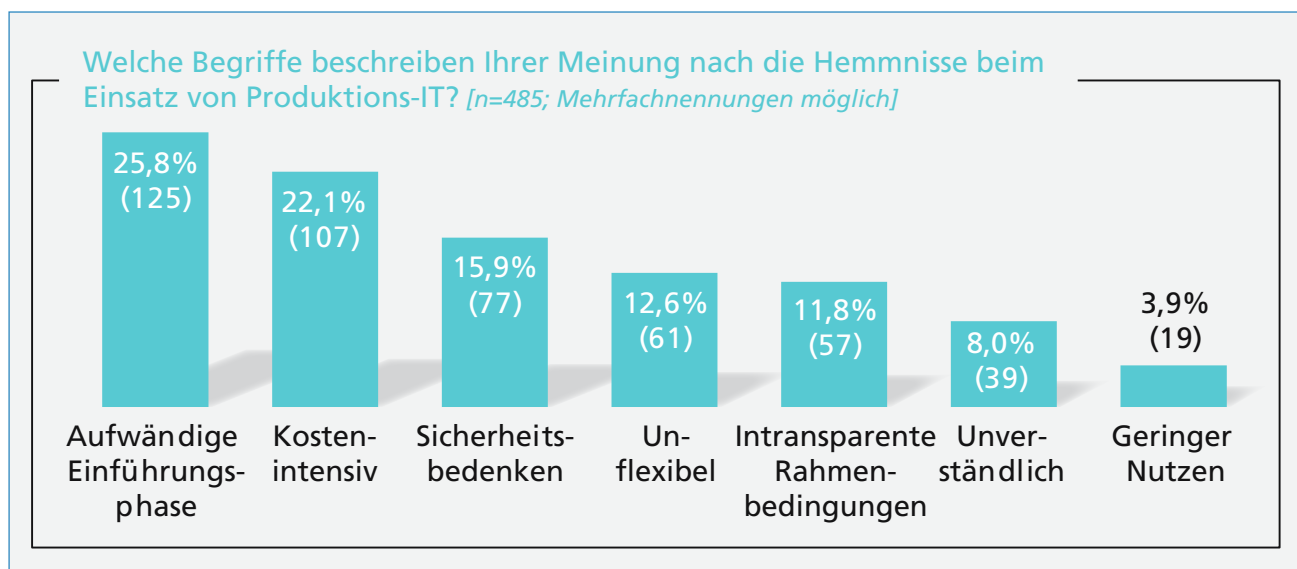
Dr. Walter Huber, Senior Expert, Staufen.AG

Datenmodell zur Datenübernahme bei der Umstellung auf neue Produktions-IT schwierig.

Um den Aufwand der Einführungsphase zu reduzieren, ist daher eine Standardisierung von definierten Schnittstellen notwendig. Der Einsatz von Standardsystemen in Maschinen und Anlagen, auf denen die IT-Hersteller ihre Systeme aufsetzen können, ist ein Schritt in diese Richtung. Das Smartphone kann als Vorbild genutzt werden. Auf diesen Systemen können Sensoren und Features von einer Vielzahl unterschiedlicher Apps genutzt werden.

Von den Unternehmen wird IT nach wie vor als Kostentreiber und nicht als Enabler für die direkte Wertschöpfung gesehen. Oftmals fehlt das Verständnis dafür, welchen Mehrwert IT mit sich bringt. In vielen Unternehmen tragen fehlende interdisziplinäre Kommunikation und Zusammenarbeit ebenfalls zu einer Erhöhung des Aufwands bei.

Abbildung 10: Hemmnisse beim Einsatz von Produktions-IT





»Die Rolle der IT muss sich vom Kosten- zum Wert-schöpfungsfaktor wandeln.«

Dr. Heiner Lasi, Leiter des Ferdinand-Steinbeis-Institut

Mit 22,1 % führt ein Großteil der Teilnehmer hohe Kosten für Produktions-IT als eines der Haupthemmnisse an. Diese resultieren u. a. aus der aufwändigen Einführungsphase und den Anpassungen während des Betriebs. Der Investitionsaufwand stellt insbesondere für KMU ein großes Hemmnis dar. Es ist daher eine der zukünftigen Herausforderungen, finanziell tragbare vernetzte Lösungen für kleine und mittelgroße Produktionsstätten bereitzustellen.

Mit 15,9 % stehen Sicherheitsbedenken im Zusammenhang mit dem Einsatz von Produktions-IT auf dem dritten Platz der Hemmnisse. Dabei geht es nicht nur um die Sicherheit der Daten von Prozessen und Anlagen, sondern auch um die Akzeptanz durch die Mitarbeiter und deren Angst vor dem »transparenten Werker«. Für den Umgang mit mitarbeiterbezogenen Daten und den hieraus möglichen Schlüssen beim Zusammensetzen der Datenfragmente aus verschiedenen Quellen wird ebenfalls eine einheitliche Lösung benötigt. Für

unternehmensübergreifende Fertigungsprozesse ist das Thema IT-Sicherheit eine essentielle Grundvoraussetzung (VDMA 2015, S.28). Im Expertengespräch wurde deshalb das Thema für große Unternehmen oder Fertigungsverbände höher priorisiert.

12,6 % der befragten Unternehmen sehen sich angesichts einer unflexiblen Produktions-IT gehemmt. Experten aus der Softwarebranche führen dazu an, dass die Ursachen dieser Inflexibilität oftmals auf schwer zu erfassende Kundenanforderungen, schlechte Planbarkeit und auf eine mangelhafte Datenbasis zurückgeführt werden können. Angesichts steigender Komplexität der Anforderungen wird der Bedarf an flexiblen und anforderungsgerechten Lösungen weiter steigen.

Nur durch standardisierte Plattformen können diese Netzwerke ermöglicht werden und einsatzfallspezifische Lösungen hinzu- oder auch wieder wegkonfiguriert werden. Dies wird durch Ansätze wie z. B. Software-as-a-Service prinzipiell ermöglicht und muss nun produktionsspezifisch adaptiert werden. Durch den Einsatz flexibler Systeme werden teure Individuallösungen und große monolithische Systeme gleichermaßen substituiert. Die Grundlage hierfür bildet ein Konzept, das die Gesamtheit aller echtzeitnahen digitalen

»Um die geforderte Flexibilität zu gewährleisten, sind insbesondere dezentrale, schnell anwendbare IT-Lösungen, die zu hochflexiblen Netzwerken verknüpft werden, ein vielversprechender Lösungsansatz. Die heute vorherrschenden monolithischen Systeme werden abgelöst. Darauf müssen sich sowohl Anbieter als auch Nutzer dieser IT-Systeme einstellen.«

Dr. Christoph Zanker, Leiter Koordinationstelle
»Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg«,
VDMA Landesverband Baden-Württemberg

Abbilder (Maschinen, Produkte, Aufträge, ...) der Produktion verfügbar macht. Dies kann als Digitaler Schatten der Produktion bezeichnet werden. Dieser bildet die Basis, auf der flexible Apps aufgesetzt werden können. Daraus resultiert neben einer Senkung der Kosten auch eine Verringerung des Aufwands in der Einführungsphase. Zudem können Veränderungen aufwandsarm in der IT abgebildet werden. Intransparente Rahmenbedingungen sind für 11,8 % der Befragten ein Hemmnis, wenn es um den Einsatz von Produktions-IT geht. Dies spiegelt sich auch in dem mangelnden Wissen in Bezug auf die Anforderungen an IT-Systeme wider.

»Es wird keine mächtigen Systemschnittstellen mehr geben, sondern viel mehr einen Datenlayer, auf dem sich die einzelnen Systeme bzw. Apps verbinden.«

Hansjörg Tutsch, Vice President Research, flexis AG

Die mangelnde Interdisziplinarität in vielen Unternehmen führt dazu, dass für 8 % der Befragten die eingesetzte Produktions-IT unverständlich ist. Der geringe Nutzen stellt für die wenigsten Unternehmen ein Hemmnis dar (3,9 %.) Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die große Mehrheit der

»Alle sehen einen Nutzen in intelligenter Software, aber keiner weiß, was dieser Nutzen ist, bzw. keiner kann diesen genau benennen.«

Ernst Esslinger, Leiter IT-Engineering,
HOMAG Holzbearbeitungssysteme GmbH

Befragten den generellen Nutzen von Produktions-IT erkannt hat. Die Quantifizierung des Nutzens im jeweils konkreten Einsatzfall verbleibt aber vorerst als Haupthemmnis.

Industrie 4.0 ist kein Produkt, sondern erzeugt zusätzlichen Nutzen in der Produktion und in Dienstleistungen. Sobald die Erkenntnis da ist, dass der Nutzen höher ist als das Risiko, wird das Projekt Industrie 4.0 erfolgreich sein.«

Volker Schiek, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied,
Kompetenznetzwerk Mechatronik BW



Fazit

Fehlende Standards bei Produktions-IT und intelligenten vernetzten Lösungen führen zu einer hohen Komplexität und intransparenten Kosten. Ein wichtiges Mittel zur Überwindung dieser Hemmnisse ist der Aufbau von Plattformen sowie eines Digitalen Schattens aller Objekte, die für die Produktion relevant sind. Darüber hinaus ist aufgrund eines fehlenden IT-Verständnisses und mangelnder Interdisziplinarität der mögliche Mehrwert von intelligent vernetzter Produktions-IT für viele Unternehmen noch nicht erkennbar.

4.2 Aktuelle Einsatzfelder und Auswahl der wirtschaftlich attraktivsten Produktions-IT-Lösung

Die aktuellen Einsatzgebiete von Produktions-IT in den befragten Unternehmen zeigt Abbildung 11. Am häufigsten sind demnach Produktions-IT-Systeme auf Unternehmensebene zu finden mit 36,4 %. Umgerechnet auf die Anzahl der Befragten lässt sich feststellen, dass rund 82,5 % IT-Systeme im Bereich ERP, SCM etc. einsetzen. Mit jeweils 31,1 % findet sich Produktions-IT auf der Maschinenebene (z. B. SPS) und der Produktionsebene (z. B. MDE, MES). Nur in 1,3 % der Unternehmen wird aktuell keine Produktions-IT eingesetzt.

Dem Einsatz von Produktions-IT im Unternehmen geht die Auswahl eben dieser Systeme voraus. Dabei gilt es, die nach wirtschaftlichen Kriterien attraktivste Lösung auszuwählen. Im Rahmen dieser Studie wurden die Unternehmen weiter nach Ihren Auswahlmethoden für neue IT-Systeme befragt (siehe Abbildung 12).

Die Mehrheit der Unternehmen (37,3 %) nutzt Pilotprojekte, um die Potenziale von IT-Lösungen aufzuzeigen. Im Vorhinein

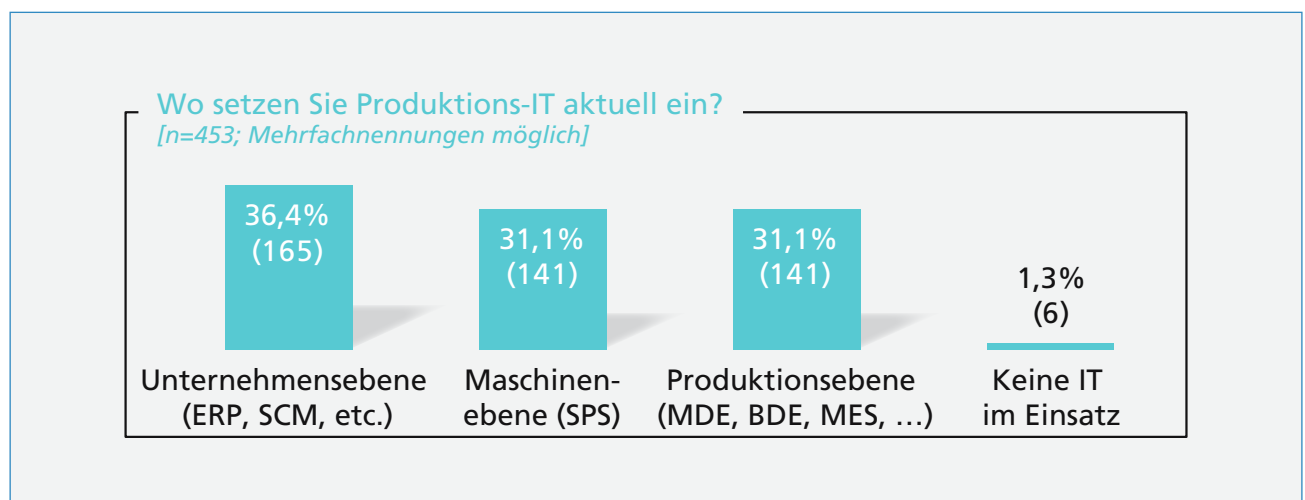
ist eine Nutzeinschätzung für viele Unternehmen nur schwer bis gar nicht möglich. Erst durch den Einsatz im Rahmen von Pilotprojekten wird der Nutzen neuer IT-Lösungen sichtbar und verständlich.

»Viele Mittelständler haben keine Erfahrung mit der Einführung neuer IT. Entscheidungen für eine bestimmte Produktions-IT werden daher häufig aus dem Bauch heraus getroffen.«

Dr. Andreas Schreiber, Abteilungsleiter Industrial Automation, PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG

Für den Anwender ist es wichtig herauszufinden, ob die Software den gewünschten Zweck erfüllt. Insbesondere für die Unternehmen des Mittelstands, für die ein möglichst schneller Return on Investment aufgrund der dünneren Kapitaldecke von existentiellem Interesse ist, bietet sich die testweise Einführung neuer Produktions-IT an. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich auf diese Weise die Mitarbeiter auf dem

Abbildung 11: Aktuelle Einsatzgebiete von Produktions-IT





Shopfloor mit einbeziehen lassen. Die Mehrheit der befragten Experten hält Pilotprojekte derzeit für die praktikabelste Herangehensweise, da Referenzen für erfolgreiche Einführungen bei intelligenten, vernetzten Lösungen aufgrund der Neuheit größtenteils fehlen. Im Vorlauf solcher Projekte wird eine Vorauswahl möglicher IT-Systeme getroffen, da die meisten Unternehmen nicht simultan mehrere Piloten laufen lassen. Hierfür steht nach Ansicht einiger Experten derzeit noch keine adäquate Vorgehensweise zur Verfügung. Insbesondere für KMU werden die Entscheidungen häufig intuitiv getroffen. Piloten scheitern deshalb oftmals daran, dass den Unternehmen nicht klar ist, welche Produktions-IT die richtige gewesen wäre. Ein praktikables Bewertungskonzept ist nicht verfügbar.

Eine weitere Möglichkeit zur Auswahl einer Produktions-IT-Lösung stellt die Investitionsrechnung dar. 26 % der befragten Unternehmen geben an, diese Methode zur Entscheidungsfindung heranzuziehen. Problematisch ist nach Ansicht der Experten hierbei vor allem die Bewertung des Nutzens einer IT-Lösung. Dieser wird oftmals durch eine zu starke Fokussierung der Kosten überlagert.

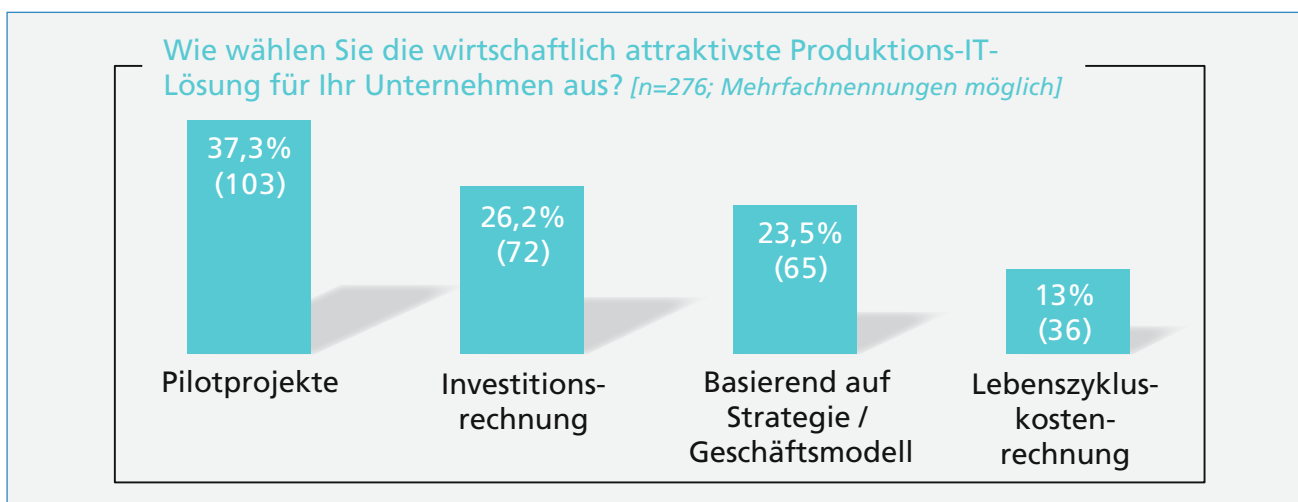
»Das schlechteste IT-System ist nicht das teuerste, sondern das ineffektivste.«

Dr. Bernd C. Schmidt, Partner, A.T. Kearney GmbH

»Viele Unternehmen sehen den Mehrwert intelligenter Produktions-IT bisher nicht. Physische Demonstratoren leisten die beste Überzeugungsarbeit.«

Volker Sieber, Entwicklungsleiter,
Schnaithmann Maschinenbau GmbH

Abbildung 12:
Auswahl der wirtschaftlich attraktivsten Produktions-IT-Lösung



Für 23 % basiert die Auswahl der wirtschaftlich attraktivsten Produktions-IT auf der Strategie des Unternehmens bzw. auf dem zu bedienenden Geschäftsmodell. Nach Expertenmeinung sollten diese beiden Faktoren, unabhängig von der Auswahlmethode, immer zuerst berücksichtigt und bei allen Investitionsentscheidungen mit einbezogen werden.

Am geringsten verbreitet ist die Auswahl anhand einer Lebenszykluskostenrechnung (13 %). Für viele Unternehmen ist dieser Ansatz derzeit noch zu aufwändig und für die industrielle Anwendung nicht praktikabel. Dies liegt u. a. an der Neuartigkeit der Thematik und dem fehlenden Verständnis vieler Entscheidungsträger. Weiter fehlt es an anforderungsgerechten Bewertungskonzepten. Zukünftig wäre eine Verbreitung der Lebenszykluskostenrechnung für viele der befragten Experten wünschenswert, da die vollständigen Kosten und der langfristige Nutzen stärker in den Fokus rücken müssen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Kosten für die Unternehmen transparent werden und der Nutzen von Produktions-IT in den Fokus der Betrachtung gestellt wird bzw. gestellt werden kann.



Fazit

Industrie 4.0 wird nach und nach greifbarer für die Unternehmen. Es werden vermehrt Pilotprojekte umgesetzt. Dennoch existieren immer noch große Hürden. Die Unternehmen sind aktuell nicht in der Lage, den Nutzen von Produktions-IT-Lösungen zu quantifizieren. Es existiert der Bedarf an adäquaten Bewertungskonzepten und Werkzeugen zur Kosten-Nutzen-Rechnung über den gesamten Lebenszyklus.



5 POTENZIALE FÜR DIE PRODUKTION

5.1 Größter Mehrwert durch aktuelle Daten aus der Produktion

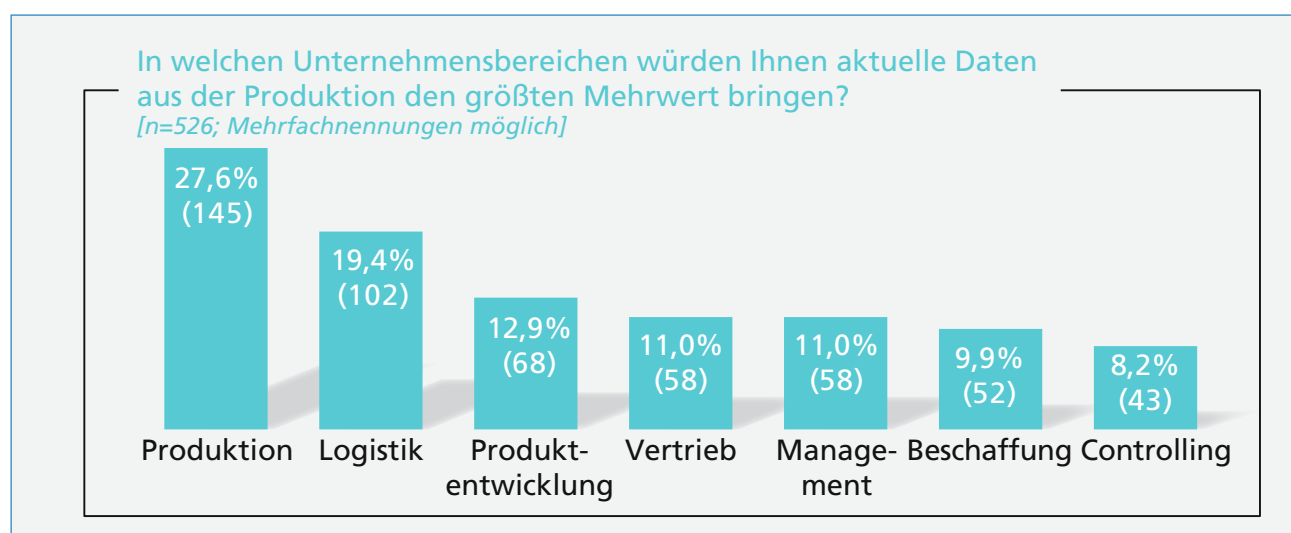
Kurzfristig sieht die Mehrheit der Befragten den Hauptnutzen aktueller Daten aus der Produktion zunächst in den Bereichen Produktion bzw. Produktionsplanung und -steuerung (27 %) und der eng hiermit verknüpften Logistik (19,4 %) (siehe Abbildung 13). Maschinenbelegungen, Kapazitätsplanungen etc. können durch Daten über den aktuellen Zustand der Produktion z. B. besser geplant und gesteuert werden. Dies ermöglicht es, ebenfalls individuell und zeitnah auf auftretende Probleme zu reagieren, alternative Belegungspläne und -reihenfolgen situationsbezogen einzusteuern. Hauptaugenmerk sollte dabei auf der Aktualität der Produktionsdaten liegen. Einen signifikanten Mehrwert durch Echtzeitdaten wird von den Experten aufgrund der meist zu niedrigen Reaktionsgeschwindigkeit von Produktion bzw. Gesamtorganisation nicht gesehen. Aktualisierungsraten in der Größenordnung der je-

weiligen Taktzeiten sind für die meisten Anwendungsfälle ausreichend.

Ein großer Hebel von aktuellen und kontinuierlichen Daten aus der Produktion und hieraus ableitbaren Aussagen existiert auch im Bereich der mittel- und langfristigen Planung auf fertigungstechnologischer Ebene. Beispielsweise können alternative Fertigungssysteme auf Basis der Effektivität und dem Einsatzverhalten der bisher verwendeten Produktionstechnologien akkurater geplant und ausgelegt werden. Dieses Potenzial ist bis dato noch nicht adressiert worden, da erst der schnell sichtbare Nutzen im Bereich der Produktionsplanung und -steuerung Vertrauen in intelligente vernetzte Systeme schaffen muss, bevor langfristige, noch abstraktere Konzepte vermittelbar werden.

Potenziale in den indirekten Bereichen sind für die große Mehrheit bislang noch nicht sichtbar. So sehen nur rund 12,9 % einen Mehrwert für die Produktentwicklung, jeweils

Abbildung 13: Mehrwert aktueller Daten aus der Produktion





»Produktionsplanung und -steuerung können einen starken Nutzen aus der vernetzten Produktion ziehen. Es gilt, den Anwendern diesen Mehrwert aufzuzeigen. Hierbei führt der beste Weg über physische Demonstratoren.«

Dr. Sebastian Schlund, Leiter Competence Center Produktionsmanagement des Fraunhofer IAO

11 % für den Vertrieb und das Management. 9,9 % bzw. 8,2 % der Befragten identifizieren einen zukünftigen Nutzen für die Beschaffung bzw. das Controlling.

Ein Grund dafür, dass das Potenzial zunächst nur im Bereich der Produktion gesehen wird, liegt u. a. darin, dass sich Industrie 4.0 derzeit hauptsächlich auf den Produktionskontext fokussiert. Dies spiegelt sich u. a. in der Verteilung der Forschungsschwerpunkte wider. So beschäftigt sich mit großem Abstand die Mehrheit der Forschungsprojekte mit den direkten Produktionsbereichen. Die produktionsnahen indirekten Bereiche werden bislang nur sehr wenig von Seiten der Forschung betrachtet (Bischoff et al. 2015, S. 10f.).

Jedoch liegt auch oder gerade in den indirekten Bereichen enormes Potenzial, welches mit Hilfe vernetzter Produktions-IT gehoben werden kann. So können aktuelle Daten aus der Produktion beispielsweise die Produktentwicklung dabei unterstützen, Produkte fertigungsgerechter zu konzipieren oder einen Lieferanten dazu befähigen optimal an Kundenanforderungen angepasste Produkte herzustellen. Weiter wird

»Heute sind die Effekte von Produktions-IT-Lösungen noch eher gering, da sie nur partiell betrachtet und umgesetzt werden. Erst wenn eine Einbettung in ein Gesamtkonzept vollzogen wird, kann das Potenzial in Gänze ausgeschöpft werden«

Dr. Heiner Lasi, Leiter, Ferdinand-Steinbeis-Institut

expertenseitig ein noch verborgener Mehrwert insbesondere in den Bereichen des Controllings und Managements gesehen.

Dem Management fehlt es häufig an der nötigen Vorstellungskraft und Ideen, was mit den »neuen« Daten anzufangen ist. Nach Meinung der Experten liegen große Chancen im Bereich neuer Geschäftsmodelle. In diesem Kontext müssen Überlegungen angestrebt werden, ob und wie sich bestehende Geschäftsmodelle in den nächsten Jahren verändern. Ob bestehende durch neue datenbezogene Geschäftsmodelle abgelöst werden. Ob z. B. der Verkauf der Produktionsdaten an Maschinenhersteller oder Serviceangebotserstellung auf Betriebsdatenbasis des Kunden möglich ist. Für die IT-Branche tun sich jetzt schon neue Geschäftsmodelle auf, indem IT-Lösungen nicht mehr verkauft, sondern vermietet werden. Neue Produktions-IT eröffnet darüber hinaus oftmals neue Geschäftsmodelle, die bottom-up entstehen, wenn klar ist, welchen Nutzen die IT-Lösung mit sich bringt und was damit realisiert werden kann.



Fazit

Den größten Mehrwert aktueller Daten aus der Produktion kann die Produktion selbst ziehen. Große Potenziale liegen auch im produktionsnahen Umfeld, wie der Prozessentwicklung. Die Möglichkeiten beispielsweise für die Konstruktion, Produktentwicklung oder das Controlling durch eine vernetzte Produktion sind derzeit für eine Mehrheit der Unternehmen noch nicht sichtbar, bzw. werden als zu weit weg von der industriellen Anwendbarkeit gesehen.



5.2 Auswirkungen durch die Integration von Produktions-IT für die Planung von Maschinen und Anlagen

Wie bereits in Kapitel 4.2 dargestellt, wird von fast allen Befragten ein Nutzen in neuen intelligent vernetzten IT-Lösungen gesehen.

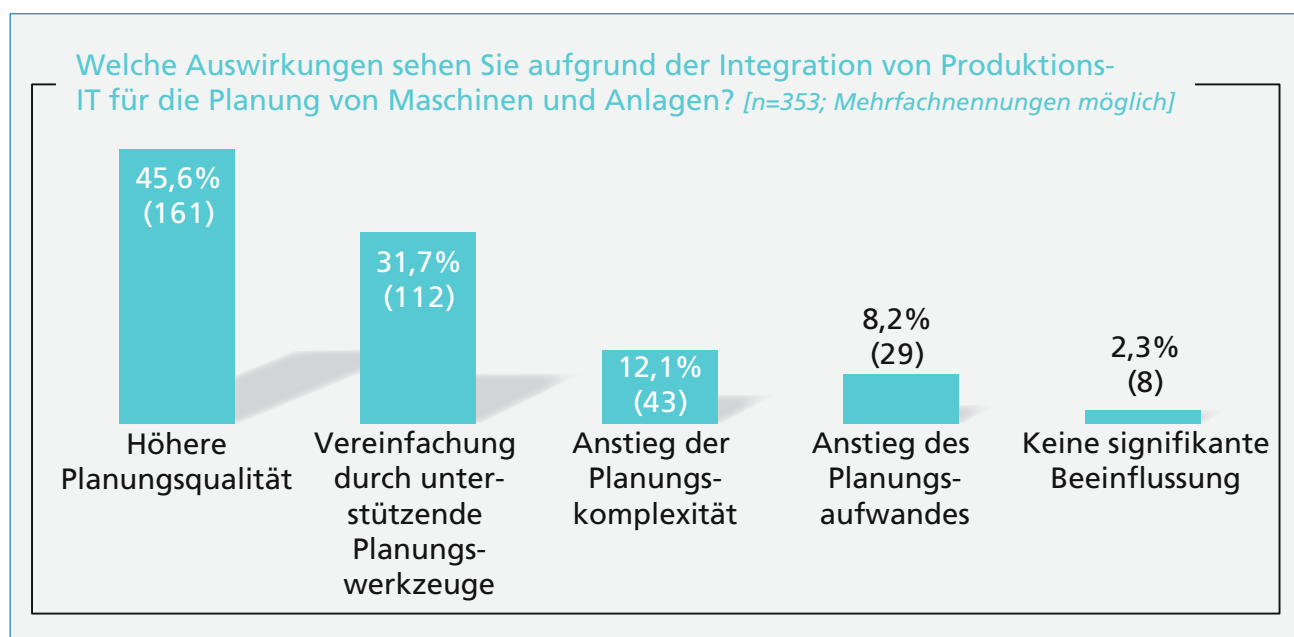
An dieser Stelle wird auf die Auswirkungen durch die Integration von Produktions-IT auf die Planung von Maschinen und Anlagen eingegangen. Rund 46 % der Umfrageteilnehmer sehen die Chancen beim Einsatz von Produktions-IT in einer erhöhten Planungsqualität. Diese stützen sich insbesondere auf den Zugang zu verlässlicheren bzw. aktuelleren Daten und unterstreicht den Mehrwert aktueller Daten für die Planung unterschiedlicher Unternehmensbereiche. Ein weiteres Mal findet sich dies in der Vereinfachung der Planung durch unterstützende Werkzeuge, 32 % (siehe Abbildung 14). Negative Auswirkungen sehen 12 % aufgrund eines Anstiegs der Planungskomplexität. Hierbei wird u. a. mit Schwierigkeiten beim nötigen Kompetenzaufbau gerechnet. Mit einem Anstieg des Planungsaufwands, z. B. aufgrund zusätzlicher Aufgaben, rechnen nur 8 %. Keine signifikante Beeinflussung

wird lediglich von 2 % gesehen. Insgesamt zeigt sich, dass die große Mehrheit der Unternehmen Chancen für die Planung von Maschinen und Anlagen durch die Integration von Produktions-IT sieht.

5.3 Synergieeffekte für additive Fertigungsverfahren durch die vernetzte Produktion

In den letzten Jahren haben sich für additive Verfahren (nach Definition der VDI 3405 12/2014) wie dem 3D-Druck am Markt zahlreiche potenzielle Anwendungen etabliert. Dennoch spielen diese Verfahren für die große Mehrheit der Befragten derzeit keine große Rolle. So sehen rund 40 % keine und ca. 46 % lediglich geringe Anwendungsmöglichkeiten in ihrem Unternehmen. Immerhin für 11 % haben sich die additiven Verfahren zu einem etablierten Fertigungsverfahren entwickelt. Eine herausragende Rolle kommt diesen Verfahren in

Abbildung 14:
Auswirkungen durch die Integration von Produktions-IT für die Planung von Maschinen und Anlagen



rund 3 % der Unternehmen zu. Als Schlüsseltechnologie bezeichnen weniger als 1 % der Teilnehmer die additiven Verfahren.

Gefragt nach der zukünftigen Entwicklung in fünf bis zehn Jahren sehen lediglich 7 % weiterhin keine Rolle innerhalb des eigenen Unternehmens. Hingegen schreiben 28 % ihnen immerhin eine geringe Rolle zu. Die Nennungen als etabliertes Fertigungsverfahren vervierfachen sich nahezu gegenüber dem heutigen Stand und kommen zukünftig auf 43 %. Auch erhöht sich die Zahl der Unternehmen, die den additiven Verfahren eine herausragende Rolle in der eigenen Produktion zuschreibt deutlich auf 15 %. Vom Bereich des Einsatzes als Schlüsseltechnologie gehen 7 % mit Blick auf das eigene Unternehmen aus.

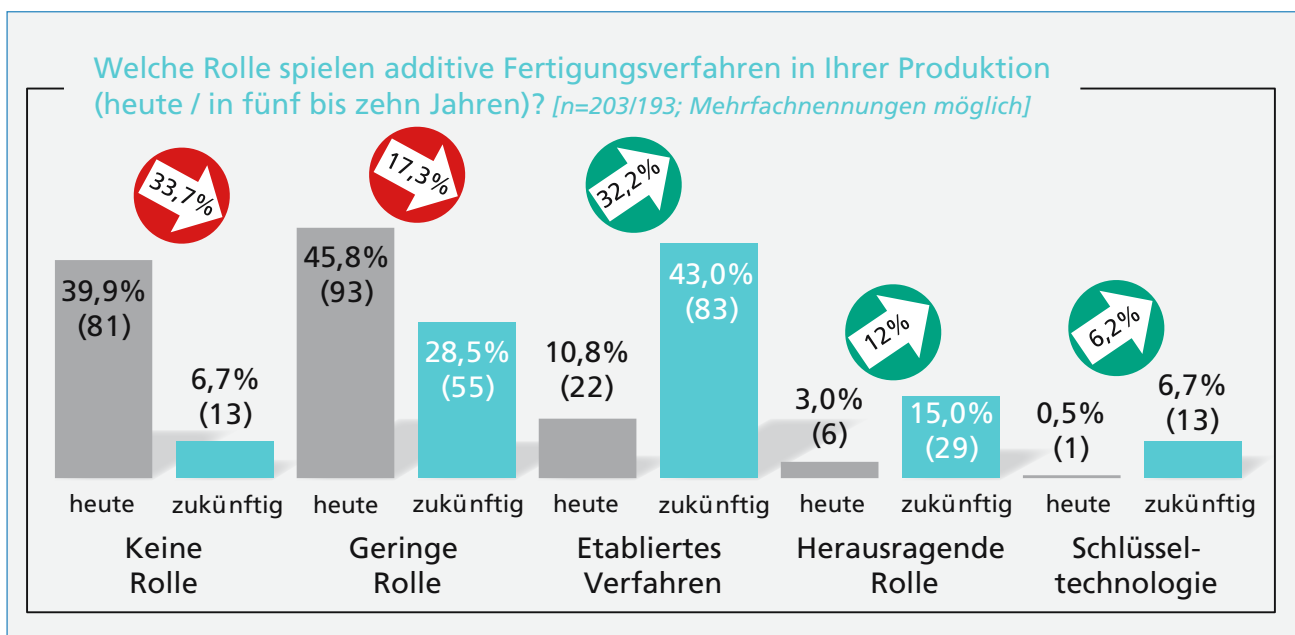
»Zukünftig wird es eine Kombination aus konventionellen und additiven Verfahren geben. Hierbei sind vor allem Zeitrahmen und Qualität relevant. Wenn sich diese verbessern, kann ein revolutionärer Wandel erfolgen.«

Dr. Philipp Dreiss, Geschäftsführer, Xetics GmbH

Dieser Trend wurde auch in den Experteninterviews bestätigt. Zukünftig wird auch von einem Großteil des Expertenkreises von einer steigenden Bedeutung der additiven Verfahren ausgegangen. Eine vollständige Verdrängung der bereits etablierten Verfahren in der Produktion wird jedoch nicht gesehen. Allerdings müssen auch diese zukünftig weiterentwickelt und flexibler gestaltet werden.

Abbildung 15:

Bedeutungsprognose der additiven Verfahren in der Produktion



Potenziale werden vor allem in beschleunigten Produktions- und Entwicklungsprozessen gesehen. Dies verkürzt somit die Time-to-Market bzw. erlaubt mehr Entwicklungsschleifen in einem kürzeren Zeitraum. Quick-Wins sind insbesondere im Bereich der Produktentwicklung und im Speziellen im Prototypenbau zu identifizieren. Mit einer Implementierung in der Großserie ist in den nächsten zehn Jahren laut Experteneinschätzung allerdings nicht zu rechnen.

In Bezug auf die vernetzte Produktion werden der Entwicklung additiver Technologien positive Wechselwirkungen attestiert. Diese sind unter den heutigen Rahmenbedingungen aber eher evolutionär als revolutionär. Mit Hilfe durchgängig vernetzter Prozessketten ist es z. B. möglich, betriebsparallel die Einflüsse minimaler Parametervariationen und die Wirkzusammenhänge zwischen Prozessen automatisiert zu verstehen und hieraus maschinell zu lernen.



Fazit

Generative Verfahren gewinnen zwar in Zukunft stark an Bedeutung, jedoch werden sie bestehende Verfahren nicht verdrängen. Nur durch eine Flexibilisierung der konventionellen Fertigungsverfahren wird daher ein wirtschaftlicher Betrieb bei ansteigender Produktvarianz möglich. Befragte Experten sehen Synergiepotenziale zwischen generativen Verfahren und einer intelligenten vernetzten Produktion. In Zukunft wird die hybride Prozesskette, bestehend aus generativen, konventionellen voll- und teilautomatisierten Prozessen, das Produktionsbild prägen.





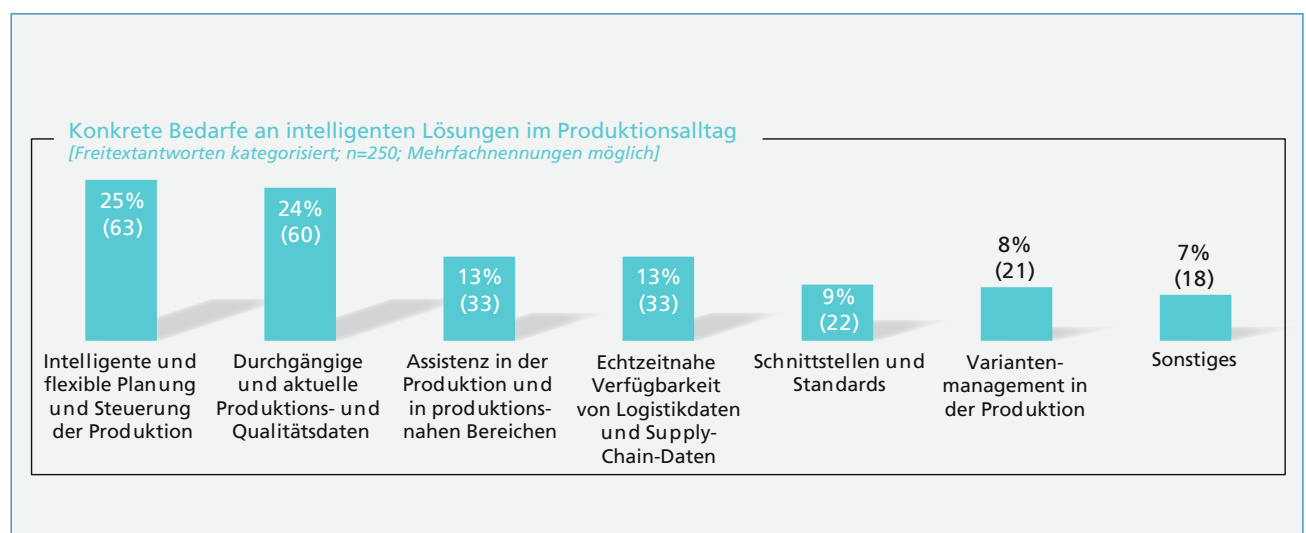
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS APPLIKATIONSZENTRUM INDUSTRIE 4.0

Aus den identifizierten Hemmnissen und erfassten Bedarfen an intelligenten vernetzten Lösungen werden in diesem Abschnitt Maßnahmen extrahiert. Die Priorisierung der Entwicklungsmaßnahmen erfolgt hierbei unter Berücksichtigung des Meinungsbilds des Expertenkreises, bestehend aus 30 Vertretern aus Wirtschaft, Verbänden und Wissenschaft. Ziel ist es, hierdurch einen bedarfsorientierten Aufbau des Applikationszentrums Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA zu vollziehen.

6.1 Gliederung der erfassten Bedarfe in fünf Bedarfscluster

Bei der Auswertung von 200 Freitextantworten zu konkreten Bedarfen an intelligenten Lösungen im Produktionsalltag wurden Gruppen gebildet. Hierbei kommt es teilweise zu Mehrfachzuordnungen bei ausführlichen Bedarfsbeschreibungen (siehe Abbildung 16). Ein Viertel aller Nennungen können einer intelligenten und flexiblen Produktionsplanung und -steuerung zugeordnet werden. 24 % aller Nennungen adressieren die Erfassung von Produktions- und besonders von Qualitätsdaten aus der Produktion. Hierbei sind Lösungen nötig, die die durchgängige Erfassung, die Vollständigkeit und die Aktualität der Produktions- und Qualitätsdaten gewährleisten und somit eine auswertbare Datenbasis schaffen.

Abbildung 16:
Konkrete Bedarfe an intelligenten Lösungen im Produktionsalltag





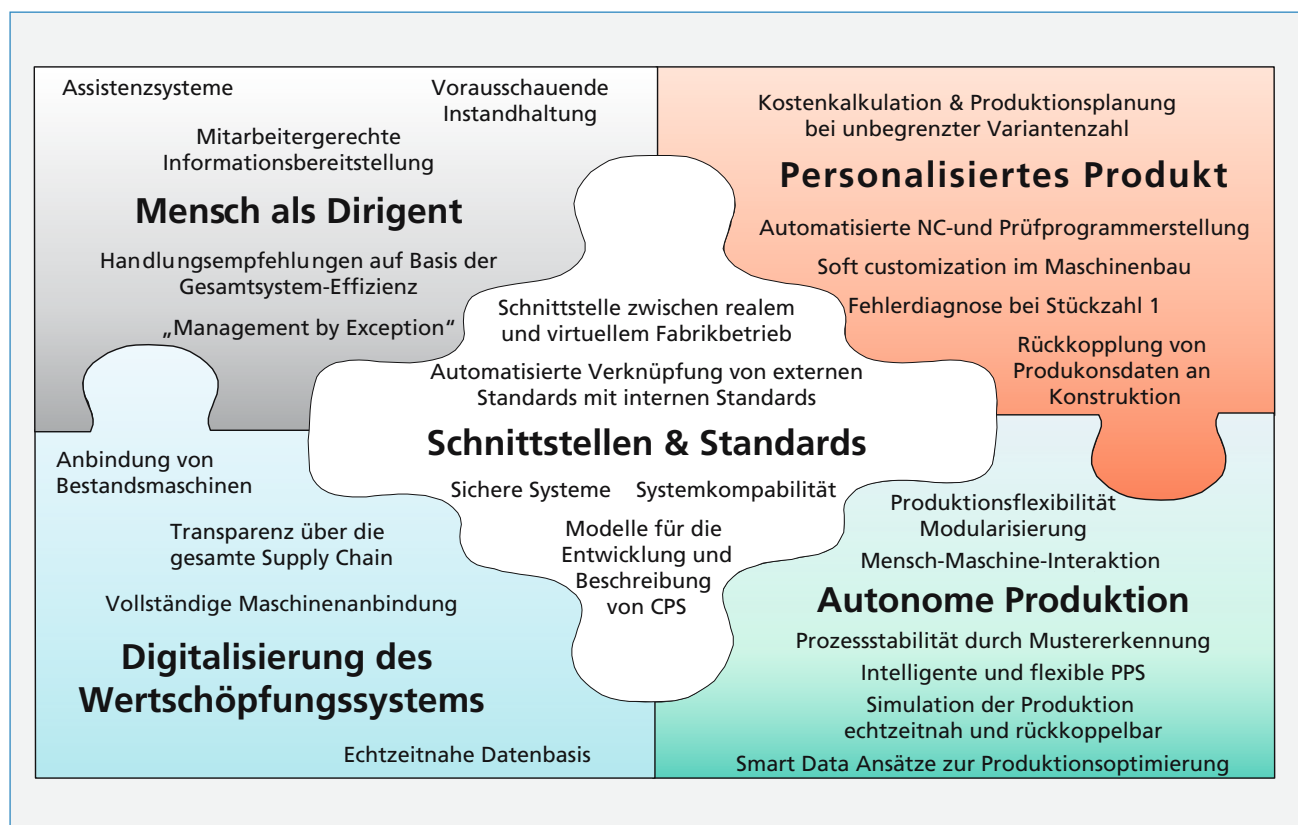
Ein weiteres Cluster bildet die Assistenz des Mitarbeiters in der Produktion bzw. in produktionsnahen Bereichen. Die Nennungen reichen von Unterstützungssystemen für den Mitarbeiter bei manuellen Arbeitsschritten bis hin zur situationspezifischen Daten- bzw. Informationsbereitstellung für verschiedene Benutzergruppen. Zum Beispiel muss ein Instandhalter direkt die Stör- und Wartungsinformationen einer Anlage bereitgestellt bekommen. Der Maschinenbediener benötigt die Reihenfolge und Umrüstpläne der Fertigungsaufträge. Die Arbeitsvorbereitung muss hingegen die prognostizierte Verfügbarkeit der Anlagen für die nächsten Tage kennen. Um die kontextbezogene Bereitstellung dieser Informationen zu ermöglichen, ist ein einheitliches Metamodell der verfügbaren Echtzeitdaten der Produktion erforderlich (Digitaler Schatten der Produktion: Echtzeitnahe Informa-

tionen aus der Produktion). Erst hierdurch kann eine vollständige Transparenz über die Auswirkungen und Zusammenhänge bei Planungsänderungen oder z. B. über Ursachen bei Toleranzabweichungen und Störungen hergestellt werden.

Dies geht eng mit den nächsten beiden Bedarfskategorien einher: 13 % der Befragten sehen den gleichen Erfassungsbedarf an durchgängigen und aktuellen Daten über die gesamte Wertschöpfungskette eines Produkts hinweg. Darüber hinaus äußern 9 % grundlegenden Bedarf an standardisierten Schnittstellen, um den Produktionsalltag effizienter zu gestalten. Einen zusätzlichen Bedarf an intelligenten Werkzeugen speziell für den Umgang mit der steigenden Pro-

Abbildung 17:

Entwicklungsbedarfe zur Ausschöpfung des Industrie-4.0-Potenzials im produzierenden Mittelstand gliedert in fünf Bedarfscluster



duktvariantenvielfalt sehen 8 % der Fachleute als nötig an. Hierbei wurden explizit durchgängige CAX-Systeme zur vollautomatisierten Fertigung von individuellen Bauteilen z. B. NC-Code-Generierung aus CAD-Modellen je nach Maschinenzuordnung und die mitlernende Werkzeugauswahl bzw. Werkzeugparametrierung genannt. Auch die Anpassung von Prozessketten an neue Produktvarianten und die präventive Erkennung von fertigungstechnischen Grenzwerten oder Instabilitäten fallen in diese Kategorie.

Aus den Umfrageergebnissen bzgl. Produktions-IT und intelligenten vernetzten Lösungen (Kapitel 4) den hieraus erwachsenen Potenzialen für die Produktion (Kapitel 5) und den konkreten Bedarfsgruppen (Abbildung 16) entsteht nun das Gesamtbild in Abbildung 17. Dieses fasst alle direkt genannten und abgeleiteten Entwicklungsbedarfe zusammen, die für die Ausschöpfung der Potenziale, die in Zusammenhang mit Industrie 4.0 heute gesehen werden (siehe Kapitel 2.1). Die in Abbildung 17 verdichteten fünf Bedarfscluster sind eng miteinander verzahnt und können nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Zur besseren Verständlichkeit sind einige Beispiele der konkreten Nennungen aus Umfrage und Experteninterviews mit aufgeführt. Diese Aufzählung ist keineswegs als vollständig zu betrachten.

6.2 Nutzenorientierte Betrachtung der fünf Bedarfsfelder

Im Rahmen der 30 Experteninterviews wurde der technisch-wirtschaftliche Nutzen der fünf Bedarfscluster diskutiert, angepasste Entwicklungsfelder definiert und deren Priorisierung abgeleitet.

▪ Digitalisierung des Wertschöpfungssystems sowie Standards und Schnittstellen

Die Entwicklung von Soft- und Hardwaresystemen zur Erfassung von Produktionsdaten eines Produktes über alle Produktionsschritte und Produktionsstätten hinweg ist ein grundlegender Bedarf, um weiterführenden Nutzen erzeugen zu können. Die Digitalisierung des Wertschöpfungssystems wird zusammen mit den Standards und Schnittstellen seitens der Experten mehrheitlich als Voraussetzung für die weiteren Arbeiten eingestuft. Aus diesem Grund verschmelzen die beiden Bedarfscluster im Folgenden zu einem Entwicklungsfeld. Der größte Nutzen erwächst branchenspezifisch bzw. abhängig vom jeweiligen Produktionsszenario in den drei weiteren Feldern Mensch als Dirigent, personalisiertes Produkt bzw. autonome Produktion.

Die Digitalisierung des Wertschöpfungssystems nimmt die Enabler-Rolle für die Hebung weiterer Potenziale ein. Sie kann aber nicht vorneweg geschoben oder abgekoppelt betrachtet werden, da eine starke Wechselwirkung mit allen darauf aufbauenden Entwicklungsfeldern besteht. Die Entwicklung muss parallel zu allen weiteren Handlungsfeldern angegangen werden, obwohl der Hauptnutzen erst durch die darauf aufbauenden Felder sichtbar wird.

Ähnlich sieht die Rolle der Schnittstellen und Standards aus: Alle vier außenliegenden Felder haben Schnittstellen mit und Einfluss auf potenzielle Standards und bedingen diese. Je nach Anwendungsfall gilt es, hier Lösungen zu entwickeln und zu erproben. Erst nachdem Erfahrungen mit unterschiedlichen potenziellen Standards in verschiedenen Einsatzbereichen, Branchen und Produktionsszenarien



gesammelt wurden, kann hier eine Vereinheitlichung auf detaillierter technischer Ebene durchgeführt werden.

▪ Mensch als Dirigent

Die Expertenbefragung ergab, dass insbesondere bei den größeren produzierenden Unternehmen Verbesserungen der Entscheidungsqualität und -geschwindigkeit durch unterstützende Werkzeuge für den Menschen als größter Nutzen von vernetzten intelligenten Lösungen gesehen werden. In der Gesamtwertung liegt die Nutzenbewertung auf Platz zwei gleichauf mit dem personalisierten Produkt. Menschen und Maschinen kommunizieren bereits heute miteinander. Zum Beispiel werden Auswertungen von Störungen und Auslastungen über einen vergangenen Zeitraum dargestellt. Allerdings ist eine situationspezifische Kommunikation in Echtzeit nicht Stand der Technik. Beispielsweise kann dadurch die direkte Belegungsanpassung von Menschen und Maschinen oder eine vorausschauende Rückmeldung von sich anbahnenden Engpässen an den zuständigen Mitarbeiter gemeldet werden. Es ist bei der Entwicklung solcher Services darauf zu achten, dass der Mensch in der vernetzten Produktion intuitive Anwendungen benötigt, mit denen ein effizienteres Arbeiten unterstützt wird. Es darf keine Überfrachtung mit möglichen Auswertungen und Informationen stattfinden. Informationen werden dem Menschen daher in zukünftigen Systemen auf ganz neuen Wegen bereitgestellt. Ein Beispiel hierfür ist die Augmented Reality. Hierbei werden dem Menschen Informationen situationspezifisch mithilfe einer Brille direkt in sein Sichtfeld eingeblendet. Im Ergebnis können dadurch die Fähigkeiten des Menschen erweitert und fehlendes Wissen ausgeglichen werden.

▪ Personalisiertes Produkt

Die Beherrschung der extremen Produktvarianz in der Fertigung und Montage setzt neben einer vollständig digitalisierten Produktion auch die vollständige Durchgängigkeit des Engineering-Prozesses voraus. Kern ist hier ein intelligenter Produktkonfigurator, der kundenseitig hohe Individualität mit unternehmensseitig möglichst hoher Standar-

»Die automatisierte Erfassung und Verteilung von Fertigungsdaten ist heute bereits möglich. Die entstehende Informationsflut in der Fertigung bedingt umso mehr eine situationsbasierte Daten- bzw. Informationsfilterung, damit der zuständige Mensch schnelle und gute Entscheidungen treffen kann.«

Dr. Richter-Trummer, R&D Manufacturing Engineer,
ELAN-AUSY GmbH

disierung bzw. ähnlichkeitsbasierter Zuordnung ermöglicht. Hierbei sind firmeninterne Schnittstellen zu harmonisieren und Abläufe zu automatisieren. Beispielsweise kann der NC-Code jeder neuen Variante aus CAD-Daten je nach verfügbarem Bearbeitungszentrum vollständig automatisiert generiert werden. Auch die Festlegung von Prüfmerkmalen und daraus resultierenden Prüfplänen bedarf einer automatisierten Generierung.

Der Expertenkreis sieht hierin gleichauf mit dem Mensch als Dirigenten den zweitgrößten Nutzen für die Anwendung von intelligenten vernetzten Lösungen. Es zeichnet sich eine Zunahme der Software in der Wertschöpfung ab: Produktionsseitig ist die Minimierung von Verschwendung

»Die variantenreiche Produktion benötigt ein intelligentes Front-End zur Produktkonfiguration. Die Herausforderung ist, dass ich mich mit meinen Firmenstandards auf den Kunden einstellen können muss. Er hat seinen eigenen Standard. Diese müssen intelligent und automatisiert zusammengebracht werden, um durchgängige und korrekte Daten zu erzeugen. Nur so ist eine wettbewerbsfähige Kostenkalkulation und Produktion bei steigender Varianz realisierbar.«

Karl-Peter Simon, Geschäftsführer,
Bauer Gear Motor GmbH

aller Arten durch intelligente Planungs- und Optimierungswerkzeuge für die Fertigung von individuellen Bauteilen (sogenannte Hard Customization) möglich. Produktseitig muss die Individualisierung durch angepasste Software im Produkt selbst (sogenannte Soft Customization) genutzt werden, um die fertigungsseitige Varianz möglichst gering zu halten. Um personalisierte Produkte bestehend aus Hard- und Software produzieren zu können, muss die Rolle von IT-Abteilungen oder von IT-Partnern und deren Beitrag zum Unternehmenserfolg erst bewusst neu definiert werden.

Das personalisierte Produkt und die damit einhergehende digitale Neuorganisation des Produktentstehungsprozesses werden von den Experten als sehr wichtig, aber auch als sehr schwierig umsetzbar eingestuft. Grund hierfür ist die große Anzahl an Schnittstellen über alle Unternehmensbereiche bis hin zu Lieferanten und Kunden, die ein hochintegriertes System mit sich bringt. Zeitgleich ist das Entwicklungsfeld rund um die personalisierte Produktentstehung ein sehr anschaulicher Potenzialbereich, der sukzessive entwickelt werden kann. Das bietet gerade mittelständischen Unternehmen ideale Einstiegschancen zur schrittweisen Entwicklung von durchgängigen und teils auch intelligenten Systemen zusammen mit Partnern aus dem IT-Bereich.

»Die kontinuierliche Rückkopplung von relevanten Informationen aus der Fertigung z. B. an die Produktentwicklung oder die Betriebs- und Prüfmittelkonstruktion birgt die Chance eines wesentlich schnelleren und präziseren Verbesserungsprozesses. Dafür sind aber ein vollständig durchgängiges Engineering und verlässliche Daten die Voraussetzung.«

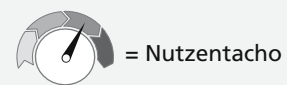
Dr. Marius Pflüger, Head of Process Technology Inspections (EEPTI), Mahle

▪ **Autonome Produktion**

In diesem Cluster werden alle genannten Bedarfe zusammengefasst, die sich mit der vernetzten Produktionsplanung über Standort- bzw. Firmengrenzen hinweg ergeben. Das sind die Selbststeuerung von Aufträgen durch die Produktion, die Selbstoptimierung von Maschinen bis hin zur Selbstorganisation kompletter Prozessketten, der betriebsparallelen Simulation von Fabrikabläufen und die Anwendung von datengetriebenen Optimierungsalgorithmen (Nennungen wie Smart Data bzw. Big Data) für die Produktionsoptimierung.

Dem Entwicklungsfeld autonome Produktion schreiben die befragten Experten den höchsten Nutzen für die Produktion selbst und die produktionsnahen Bereiche zu. Zugleich sieht die Mehrheit der Befragten hierin zukünftige Konzepte, die aktuell noch in Forschungsprojekten untersucht werden müssen bzw. Ansätze, die für neue Anlagen interessant werden. Für KMU ergibt sich hier ein hohes Potenzial, frühzeitig Kompetenzen für die Modellierung von Produktionsabläufen und die Anwendung von neuen Auswertungsalgorithmen z. B. auf bereits heute erfasste Daten in der Produktion mit aufzubauen. Im Entwicklungsfeld der autonomen Produktion sehen die Experten die Chance, besonders für die Maschinen- und Anlagenbauer, jetzt den Vorsprung für die Erzeugung zukünftiger Alleinstellungsmerkmale ihrer Maschinen aufzubauen. Die Verwendung neuer Standards wie OPC-UA zur übergreifenden Maschinenkommunikation ist hier ein Beispiel.





= Nutzentacho

Fabrik 2035



Autonome Produktion

Beispiele

- Optimierung durch Mustererkennung in Produktions- und Qualitätsdaten
- Vernetzte und kooperative Navigation von mobilen Robotern



Personalisiertes Produkt

Beispiele

- Intelligentes Qualitätsmodul zur Inline-Qualitätskontrolle für die Additive Produktion

&



Mensch als Dirigent

Beispiele

- Augmented Reality unterstützte Instandhaltung in der Produktion



Digitalisierung des Wertschöpfungs- systems und der Schnittstellen

Beispiele

- Echtzeitnahe Anbindung von allen Bestandsmaschinen an ein Informationssystem
- Einfache Konfiguration und Auswertung von Sensoren und Aktoren



6.3 Priorisierung relevanter Entwicklungsfelder für das Applikationszentrum Industrie 4.0

Ziel ist es, einen schlüssigen Weg hin zur zukünftigen Fabrik aufzuzeigen, der sowohl inhaltlich fundiert als auch von hoher industrieller Relevanz ist.

Im Folgenden wird die empfohlene Entwicklungsreihenfolge seitens der 30 Experten zu den fünf Entwicklungsfeldern vorgestellt. Dazu kommt eine Auswahl aus den insgesamt über 200 gesammelten Industrie 4.0-Anwendungsfällen. Diese wurden nach Erfüllungsgrad der erfassten Bedarfe bzw. nach Lösungspotenzial bzgl. der genannten Hemmnisse sortiert und unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Positiv beurteilte Anwendungsfälle, die somit eine oder mehrere Bedarfsgruppen ansprechen, werden in Form von Demonstratoren für die Produktion bzw. das Produktionsumfeld im Rahmen des Applikationszentrums Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA entwickelt.

Die höchste Entwicklungspriorität wurde der Digitalisierung des Wertschöpfungssystems mit den dazugehörigen Schnittstellen und Standards, die für die Produktion nötig sind, zugesprochen. Hier liegt das Fundament. Zugleich findet sich an dieser Stelle auch eine schwere Diskrepanz zwischen Aufwand und Nutzen, die durch möglichst rudimentäre und standardisierte Vernetzungskonzepte abgebaut werden muss. Nur wenn die Grundlagen hier gelegt werden, ist es möglich, in den drei darauf folgenden Entwicklungsfeldern einen wirtschaftlichen Nutzen zu kreieren.

Jedes Entwicklungsfeld knüpft an die Arbeiten zur Digitalisierung des Wertschöpfungssystems als Fundament an und baut hierauf auf: So werden im Rahmen des Applikationszentrums in jedem der vier Bereiche Lösungsansätze entwickelt und in Form von Demonstratoren umgesetzt. Das Ziel ist es, funktionsfähige und anschauliche Lösungen in jedem der vier Felder zu erzeugen, um für interessierte Unternehmen den konkreten Nutzen solcher intelligenten vernetzten Lösungen anschaulich bzw. erlebbar zu machen. So werden beispielsweise im Bereich der Digitalisierung des Wertschöpfungssystems Systeme entwickelt, die es ermöglichen, auch Bestandsmaschinen ohne vorhandene Schnittstellen an eine gemeinsame Plattform anzubinden, um eine durchgängige und vollständige Datengrundlage der eigenen Produktion zu erhalten.

In diesem Zusammenhang wird auch eine cloudbasierte Integrationsplattform für die Produktion weiterentwickelt und eingesetzt. Diese ermöglicht es Maschinen, einzelne Sensoren und Aktoren sowohl untereinander als auch mit Produktions-IT-Anwendungen zu verbinden (Demonstrator Manufacturing Service Bus MSB). Dabei bietet die Plattform auch Unterstützung für die Entwicklung eigener IT-Anwendungen für die Produktion sowie die Möglichkeit bereits entwickelte Anwendungen in einem Service-Katalog bereitzustellen (Demonstrator Virtual Fort Knox VFK). Besonderer Fokus liegt auf der Anbindung von Bestandsmaschinen d.h. Betriebsmittel, die zwar für den Materialfluss von Bedeutung sind, aber über keinerlei Datenerfassung verfügen. Diese sollen durch die Installation und Konfiguration von zusätzlichen Sensoren einfach nach-

Abbildung 18:

Elementare Entwicklungsstufen und deren Zusammenhang für die Fabrik 2035



gerüstet werden (Demonstrator easy2sense). Im nächsten Schritt wird auch ein Demonstrator entstehen, der die einfache Verknüpfung von gewonnenen Informationen mit darauf folgende Aktionen ermöglicht. Hierbei liegt der Fokus auf einer einfachen Bedienung dieser Vernetzung und der einfachen Erstellung von Regeln (Demonstrator Sense & Act).

Den Entwicklungen, die den Mensch als Dirigenten der hochvernetzten Produktion befähigen, wurde zusammen mit dem personalisierten Produkt seitens der Experten die zweithöchste Priorität zugesprochen. Im Rahmen der Umfrageauswertungen bekommen Assistenzsysteme für den Menschen sogar einen deutlich höheren Bedarf zugeordnet, als das Produktvariantenmanagement (siehe Abbildung 16). Für den Menschen sollen schnell einführbare Systeme bis zur Demonstrationsfähigkeit entwickelt werden. Diese sollen einerseits den Menschen durch die Schaffung von Transparenz bei Entscheidungen im Produktionsumfeld unterstützen und andererseits durch die Erfassung von physischen Belastungen die situativ angepasste ergonomische Unterstützung liefern. In diesem Kontext werden auch Augmented-Reality-Anwendungen unter Benutzung mobiler Geräte, z. B. zur Unterstützung von Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben in der Produktion, entwickelt.

Im Bereich des personalisierten Produkts stehen die intelligente Produktkonfiguration und die anschließende automatisierte Überführung in Produktionsaufträge z. B. für die additive Fertigung im Mittelpunkt. Hybride Prozessketten, bestehend aus beispielsweise Spritzgießen, Fräsen, Montieren, kombiniert mit neuen Verfahren, wie dem Fused Layer Modeling (FLM) für Kunststoffe, werden hier geplant und aufgebaut. Hierbei steht die Entwicklung einer FLM-Anlage, welche innerhalb dieser digitalen Prozesskette kommuniziert, im Zentrum. Diese Eigenschaft fließt in die Entwicklungen zur automatisierten Beurteilung der Fertigbarkeit von Bauteilen und damit verbundenen Prozessleistungsaussagen mit ein. Für die kontinuierliche Überwachung der Produktionsprozesse werden neue Algorithmen eingesetzt, z. B. um Abweichungen im schichtweisen Aufbau der Bauteile sofort zu erkennen und Maßnahmen noch während der Produktion abzuleiten (z. B. Abbruch des Druckauftrags oder direkte Ausbesserung von Fehlstellen). Ein weiteres Beispiel für Entwicklungsaktivitäten stellt die Konzeptentwicklung und -demonstration der echtzeitnahen Kostenkalkulation für personalisierte Produkte mit Losgröße 1 dar.

Das Entwicklungsfeld der autonomen Produktion wurde seitens der Experten mit dem höchsten Nutzen, aber zugleich auch mit der vierten und somit geringsten Priorität hinsichtlich eines industriellen Bedarfs belegt. Dies ist dadurch begründet, dass der Expertenkreis hier vermehrt noch Grundlagenentwicklung sieht und selbstlernende sowie selbstoptimierende Systeme daher nicht als nächsten Schritt

bei der Einführung von Industrie 4.0 in mittelständisch geprägte Unternehmen sieht. Im Applikationszentrum wird in diesem Bereich an einer vernetzten und kooperativen Flottenavigation von fahrerlosen Transportfahrzeugen gearbeitet. Ein weiteres Beispiel für einen Demonstrator im Bereich autonomer Produktion ist die Entwicklung produktionsspezifischer Algorithmen zur Mustererkennung in Produktions- bzw. Qualitätsdaten. Ziel ist es, einfach anwendbare Systeme zur automatisierten Prozessoptimierung von verketteten Anlagen zu konzipieren (Demonstrator echtzeitnahe Produktivitätsanalyse für Fertigungssysteme). Im Laufe von insgesamt vier Jahren entstehen somit mehr als 20 Demonstratoren. Dadurch wird Industrie 4.0 in vier zusammengesetzten durchgängigen Anwendungsszenarien am Fraunhofer IPA anfassbar und erlebbar gemacht. Somit können sich Unternehmen, je nach eigenem Stand, Branche und vorliegendem Produktionsszenario, vor Ort im Applikationszentrum informieren und zusammen mit den Experten die nächsten Schritte hin zu einer individuellen, intelligenten und vernetzten Produktion gehen.

Eine rein sequentielle Abhandlung der Felder ist nicht angestrebt, da sich auch Standards und Schnittstellen nicht unabhängig von Anwendungsfällen entwickeln lassen. Praxis-taugliche Standards können sich erst mit der Zeit aus einer Vielzahl an Demonstratoren und ersten industriellen Umsetzungen herauskristallisieren. Aus diesem Grund wird zwar im Applikationszentrum der Digitalisierung des Wertschöpfungssystems eine zentrale Rolle zugeschrieben, die darauf aufbauenden drei Felder werden aber bereits parallel mitentwickelt und miteinander verzahnt, um eine nutzenorientierte Entwicklung zu gewährleisten.



Fazit

Die Digitalisierung des Wertschöpfungssystems ist die Basis für den nächsten Schritt, nämlich die effiziente Einbindung des Menschen in die wirtschaftliche Produktion variantenreicher bis hin zu personalisierten Produkten. Im Rahmen von mehr als 20 Demonstratoren werden in den insgesamt vier Entwicklungsfeldern Konzepte und Lösungen bis zur Demonstrationsfähigkeit am Fraunhofer IPA vorentwickelt.





7 STIMMUNGSBILD

7.1 Stimmungsbild bei den aktuellen Hemmnissen

»Das Thema Industrie 4.0 ist für viele Unternehmen noch zu unverständlich. Oft wird erst nach der Einführung realisiert, was IT-Produkte können und was nicht. Für eine erfolgreiche Auswahl und Einführung muss der Mehrwert transparent kommunizierbar sein.«

Christoph Berger, Fraunhofer IWU



»Die Einführung neuer Produktions-IT bedeutet immer das Ablösen einer alten und somit eine Migrationsherausforderung, die zusätzliche Komplexität schafft.«

Klaus Gradischek, Senior Technical Project Manager,
Bundesdruckerei GmbH



»Es gibt bereits ein breites Spektrum an Literatur und eine Vielzahl an Anwendungszentren, um ein Gefühl für das Thema und seine Potenziale für das eigene Unternehmen zu erlangen. Oftmals fehlt jedoch, der Wille oder das Interesse, solche Projekte anzugreifen, vor allem im Management.«

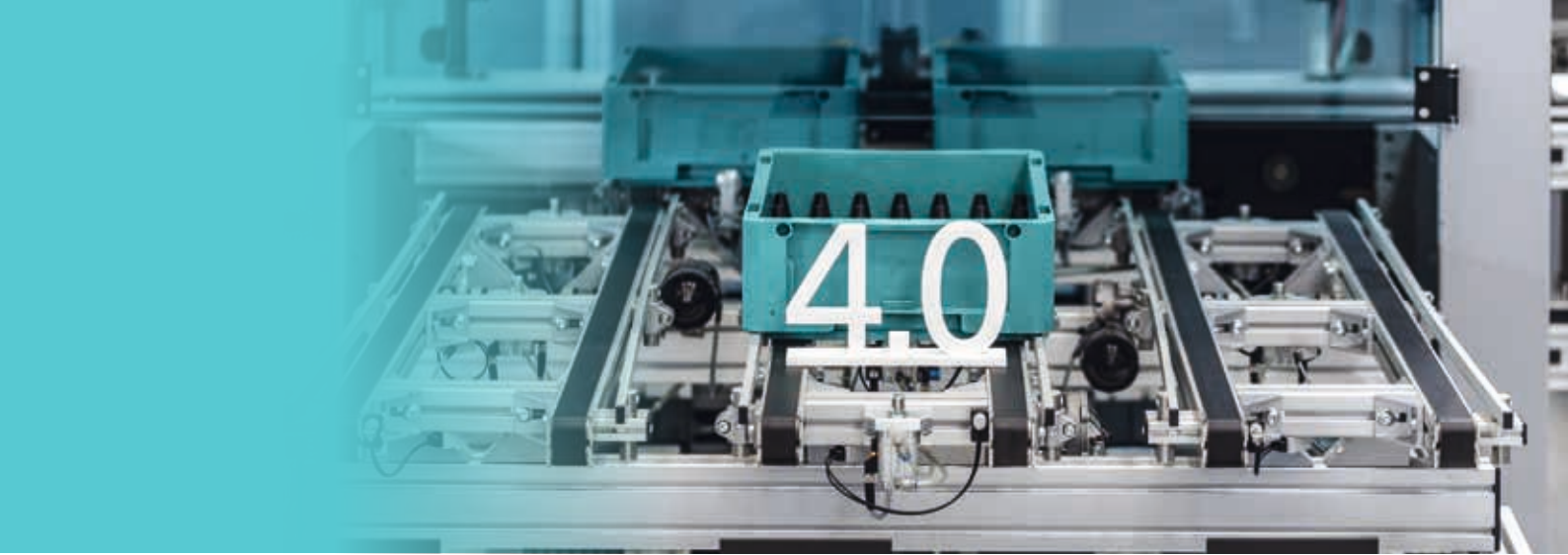
Dr. Walter Huber, Senior Expert, Staufen.AG



»Unternehmer sehen sich heute häufig in einem Dilemma: Sie wissen, IT in der Produktion bringt mir was, aber was es bringt, weiß ich nicht.«

Dr. Heiner Lasi, Leiter des Ferdinand-Steinbeis-Institut





»Für Industrie 4.0 im Sinne der vernetzten und automatischen Anlagensteuerung sehe ich ausreichend Business und Use Cases. Im Bereich Big Data fehlt es aber an solchen Anwendungsfällen bzw. einer Idee, wie die generierten Informationen wertschöpfend verwendet werden können.«

Fabian Lenz, Projektmanager Innovation, GOLDBECK GmbH



»Der Variantenwildwuchs unterschiedlicher koexistierender IT-Systeme in Unternehmen führt dazu, dass IT-Systeme unflexibel werden. Die Einführung von standardisierten Grundsystemen ist erforderlich.«

Christoph Liebrecht, wbk Institut für Produktionstechnik
des Karlsruher Instituts für Technologie



»Für den Mittelstand ist eine Produktion, in der sich das Produkt seinen eigenen Weg durch Maschinen und Anlagen sucht, zu weit weg. Jedoch ist ein Produkt, das seinen Produktionsprozess steuert und beispielsweise die Verwendung des richtigen Schraubprogramms sicherstellt, schon heute realisierbar.«

Prof. Dr. Joachim Metternich, Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt



»Der Mangel an Flexibilität in Bezug auf IT ist darauf zurückzuführen, dass wir momentan am Anfang dieser Thematik stehen. Prozesse sind in den Unternehmen noch nicht eingeführt bzw. ausreichend erprobt. Daraus resultierend haben Unternehmen noch keine Vorstellungen von den Potenzialen neuer Produktions-IT-Lösungen.«

Prof. Dr. Sascha Röck, Hochschule Esslingen

 **Hochschule Esslingen**
University of Applied Sciences

»Das größte Problem ist die Unkenntnis vieler Unternehmer über IT. Das Themenfeld ist für viele nebulös, was zu einer Fehleinschätzung von Kosten und Nutzen führt. IT wird allzu oft als schwarzes Loch für Kosten gesehen.«

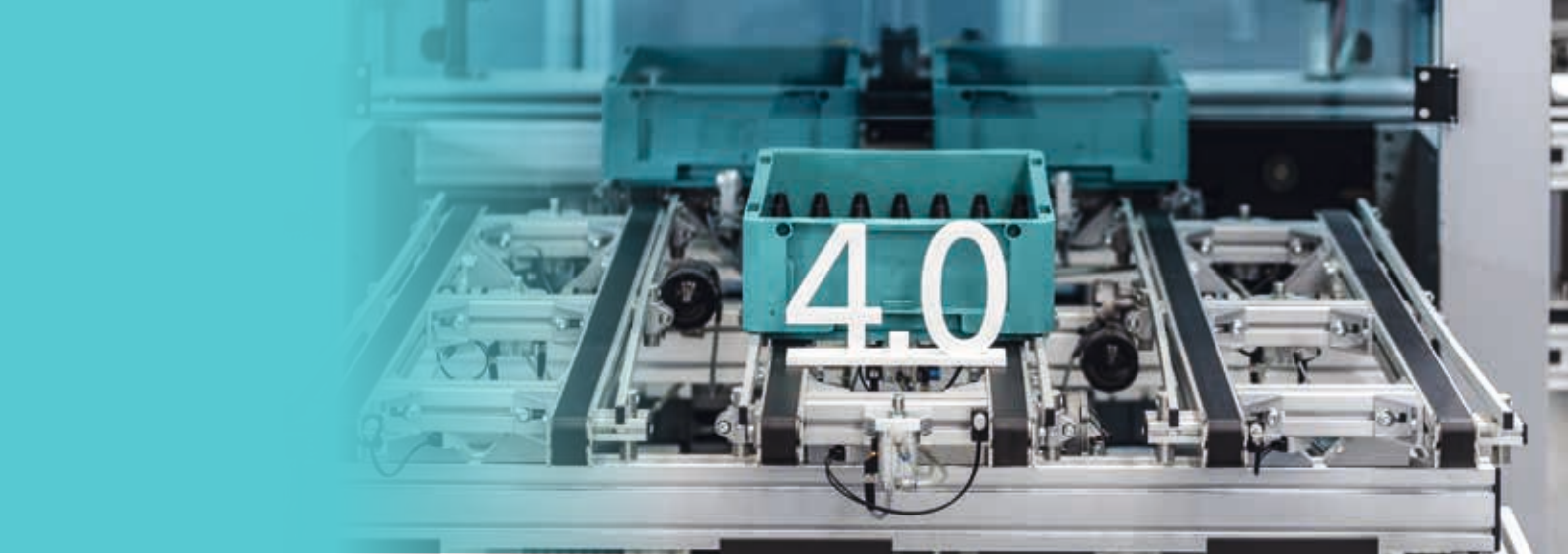
Volker Sieber, Entwicklungsleiter, Schnaithmann Maschinenbau GmbH

 **Schnaithmann**

»Mit LEAN-Werkzeugen können viele Probleme, wie z. B. Qualitätsschwankungen, unvorhergesehene Ausfälle, fehlende Teile, gelöst oder zumindest minimiert werden, mit IT lassen sich diese Versäumnisse nicht aufholen. Die Planung der Produktion bei hoher Varianz ist sehr komplex. Hierzu sind digitale Werkzeuge erforderlich.«

Karl-Peter Simon, Geschäftsführer, Bauer Gear Motor GmbH

 **Bauer®**
Gear Motor
An Altra Industrial Motion Company



»Um die geforderte Flexibilität zu gewährleisten, sind insbesondere dezentrale, schnell anwendbare IT-Lösungen, die zu hochflexiblen Netzwerken verknüpft werden, ein vielversprechender Lösungsansatz. Die heute vorherrschenden monolithischen Systeme werden abgelöst. Darauf müssen sich sowohl Anbieter als auch Nutzer dieser IT-Systeme einstellen.«



Dr. Christoph Zanker, Leiter Koordinationsstelle »Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg«, VDMA Landesverband Baden-Württemberg

7.2 Stimmungsbild bei den konkreten Bedarfen

»Die interdisziplinäre Zusammenarbeit muss gefördert und die IT stärker ins Tagesgeschäft eingebunden werden. Es gilt, spezialisierte IT-Abteilungen aufzubauen bzw. in bestehende Abteilungen zu integrieren.«

Christoph Berger, Fraunhofer IWU



»Bei der Entscheidung für oder gegen eine neue IT-Lösung dürfen nicht die Anschaffungskosten, sondern die Kosten des laufenden Betriebs bzw. die Lebenszykluskosten im Vordergrund stehen.«

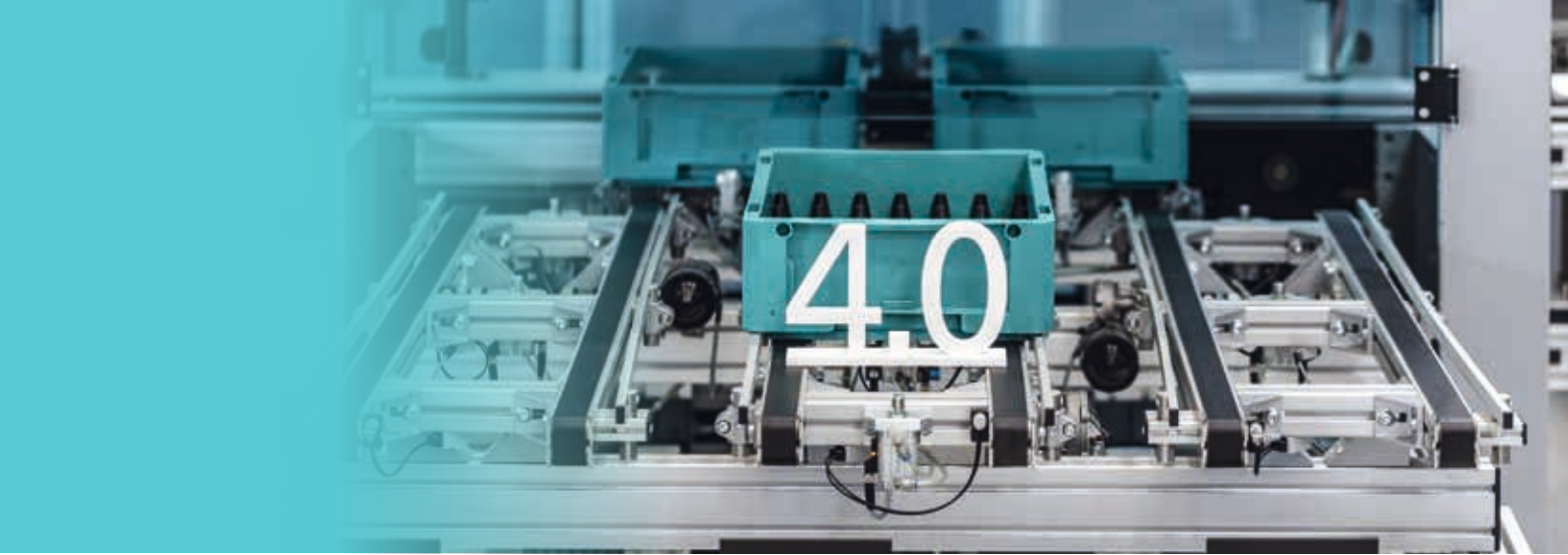
Udo Diemer, Geschäftsführer der
Gebr. Diemer Modell und Formenbau GmbH



»Aufgrund der Neuartigkeit der Thematik und dem fehlenden Verständnis bzw. Gespür der Unternehmen in Bezug auf Industrie 4.0, können neue Lösungen nur überzeugen, wenn es gelingt den Nutzen so einfach bzw. greifbar wie möglich darzustellen. Derzeit gelingt dies noch am besten mit Hilfe der Einführung von Pilotprojekten. Bewertungsansätze, wie beispielsweise das LifeCycleCosting, sind für viele Unternehmen noch weit weg«

Dr. Philipp Dreiss, Geschäftsführer, Xetics GmbH





»Um effektiv und effizient handeln zu können, ist es unabdingbar, dass sich auch Maschinenbauer stärker mit dem Thema der Digitalisierung und Datenverarbeitung auseinandersetzen. Es ist wichtig, dass verstanden wird, dass Industrie 4.0 nicht mehr nur bedeutet, eine Maschine zu produzieren und auszuliefern. Vielmehr gewinnt die Integration der Maschinen in die Prozesse bzw. Systeme beim Kunden an Bedeutung für Maschinen und Anlagenbauer.«

Ernst Esslinger, Leiter IT-Engineering,
HOMAG Holzbearbeitungssysteme GmbH



»Man muss mit dem Menschen anfangen, da alle Lösungen nichts nutzen, wenn die Menschen, die sie anwenden wollen, sie nicht verstehen. Wenn der Mensch in der Produktion Dirigent ist, dann ist er auch integriert. Nur dann kann ein neues System produktiver sein als das Vorherige.«

Dr. Holger Junge, Abteilungsleiter Fachliche Forschungsförderung,
VDI Technologiezentrum GmbH



»In vielen Unternehmen fehlt es an den benötigten Kompetenzen zur Umsetzung der Industrie 4.0-Vision. Das Wissen und die Fähigkeiten müssen zukünftig aufgebaut und hierfür geeignete Partner gefunden werden.«

Dr. Heiner Lasi, Leiter des Ferdinand-Steinbeis-Institut



»Die hohe Reaktionsgeschwindigkeit durch digitale Integration der Wertkette ist eine große Chance für den Produktionsstandort Deutschland. Die Digitalisierung wird eine kundenindividuelle Produktion zu minimalen Lieferzeiten wirtschaftlich machen. Hier kann vor allem der Mittelstand Wettbewerbsvorteile erarbeiten.«



Prof. Dr. Joachim Metternich, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt

»Die kontinuierliche Rückkopplung von relevanten Informationen aus der Fertigung z.B. an die Produktentwicklung oder die Betriebs- und Prüfmittelkonstruktion birgt die Chance eines wesentlich schnelleren und präziseren Verbesserungsprozesses. Dafür sind aber ein vollständig durchgängiges Engineering und verlässliche Daten die Voraussetzung.«



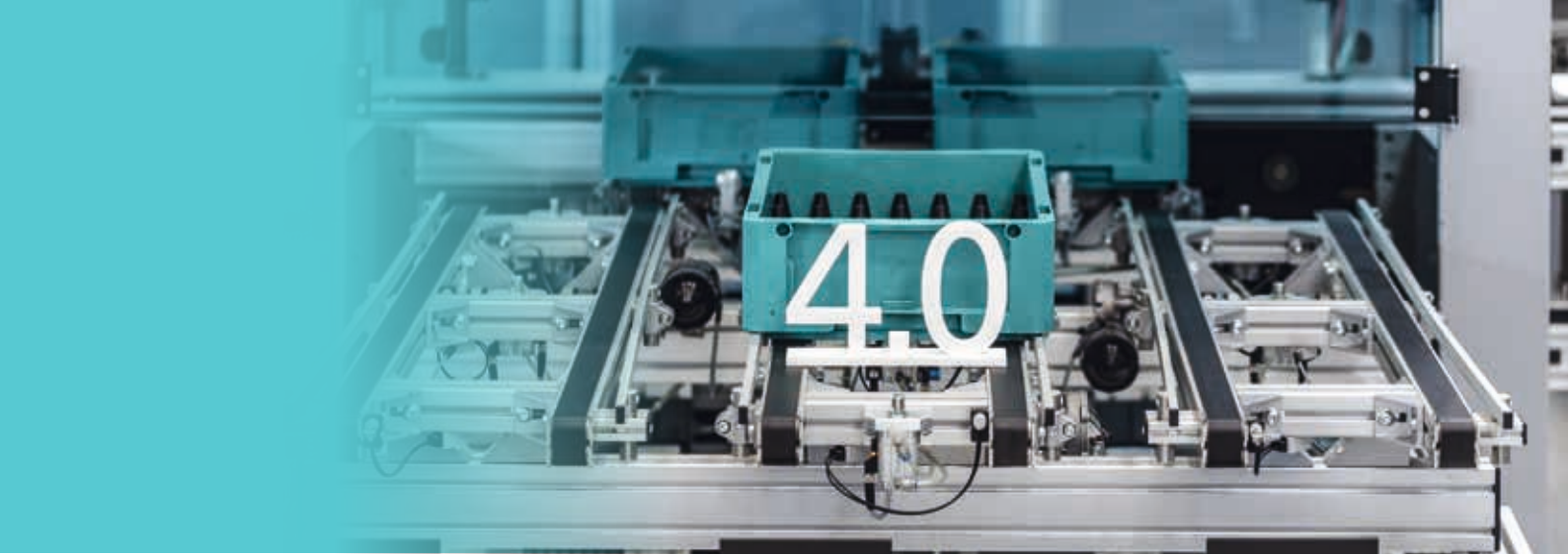
Driven by performance

Dr. Marius Pflüger, Head of Process Technology Inspections (EEPTI), Mahle GmbH

»Die automatisierte Erfassung und Verteilung von Fertigungsdaten ist heute bereits möglich. Die entstehende Informationsflut in der Fertigung bedingt umso mehr eine situationsbasierte Daten- bzw. Informationsfilterung, damit der zuständige Mensch schnelle und gute Entscheidungen treffen kann.«



Dr. Valentin Richter-Trummer, R&D Manufacturing Engineer, ELAN-AUSY GmbH



»Industrie 4.0 ist kein Produkt, sondern erzeugt zusätzlichen Nutzen in der Produktion und in Dienstleistungen. Sobald die Erkenntnis da ist, dass der Nutzen höher ist als das Risiko, wird das Projekt Industrie 4.0 erfolgreich sein.«

Volker Schiek, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Kompetenznetzwerks Mechatronik BW



»Zukünftig gilt es für Softwarehersteller, nicht nur das zu entwickeln, was der Kunde will, sondern vor allem das, was er braucht und ihm den direkten Nutzen verständlich zu machen.«

Dr. Sebastian Schlund, Leiter Competence Center Produktionsmanagement des Fraunhofer IAO



»Nicht endlos auf Standards, Richtlinien, Empfehlungen der Politik und der Großen in der Wirtschaft warten. Das passiert sowieso parallel. Lieber jetzt schon selbst mit vorhandenen Technologien probieren. Schritt für Schritt. Auf IT-Slang verzichten, der verwirrt nur. Den Kundennutzen, nicht Technologien und Fachbegriffe in den Vordergrund stellen, denn im Endeffekt geht es bei Industrie 4.0 doch auch nur um Zeitgewinn, Qualitätssteigerung und Kostensenkung, also um die Effizienzverbesserung. Alles andere wäre ja betriebswirtschaftlicher Unsinn.«

Volker Sieber, Entwicklungsleiter,
Schnaithmann Maschinenbau GmbH



»Zukünftig wäre eine Verbreitung der Lebenszykluskostenrechnung wünschenswert. Voraussetzung hierfür ist, dass die Kosten für die Unternehmen transparent werden und der Nutzen von Produktions-IT in den Fokus der Betrachtung gestellt wird.«

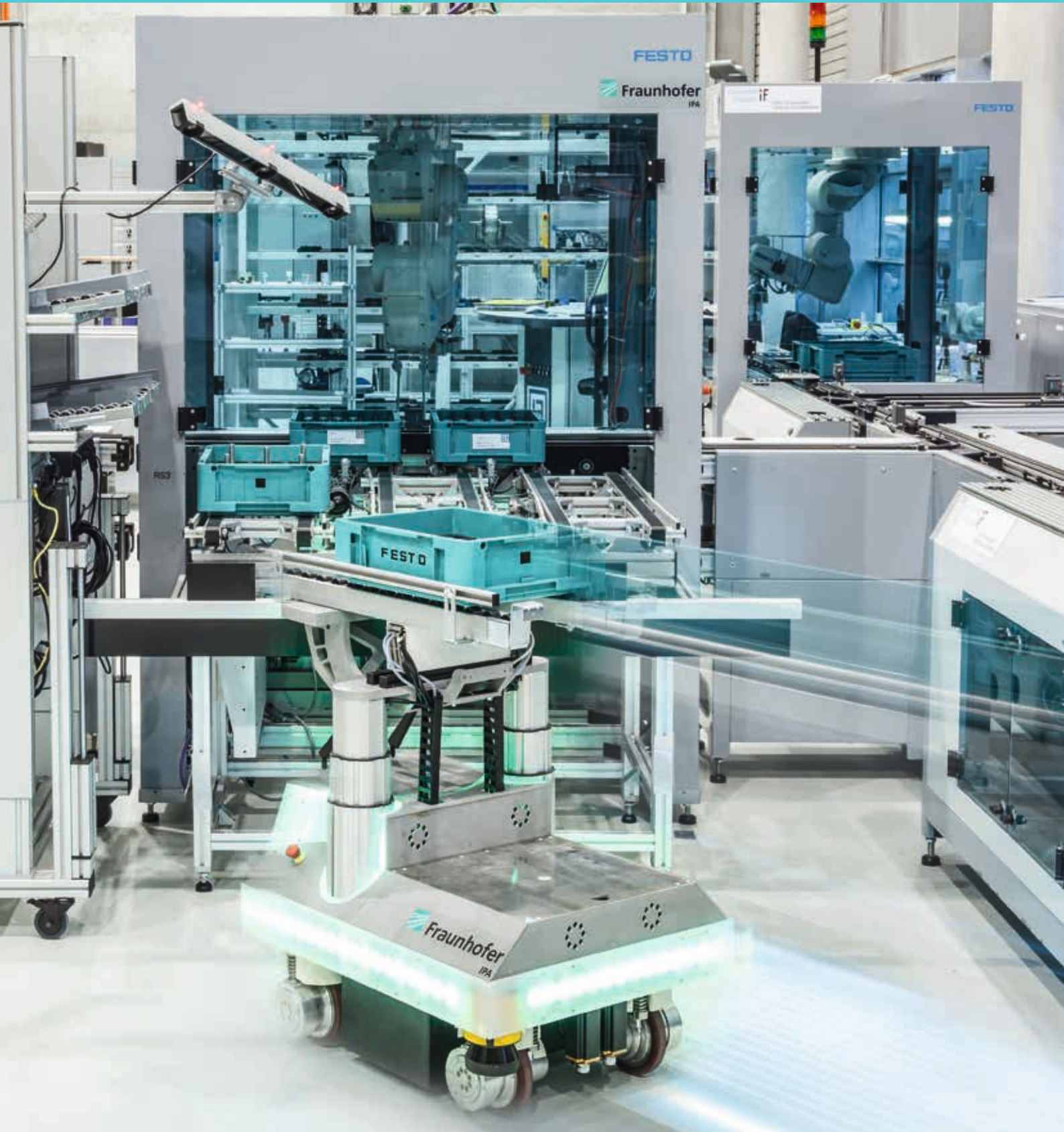
Dr. Bernd C. Schmidt, Partner, A.T. Kearney GmbH

ATKearney

»Durch den Einsatz flexibler Systeme werden teure Individuallösungen substituiert. Grundlage hierfür bildet ein optimiertes Datenmodell, auf dem flexible Apps aufgesetzt werden können. Daraus resultiert neben einer Senkung der Kosten auch eine Verringerung des Aufwands in der Einführungsphase.«

Hansjörg Tutsch, Vice President Research, flexis AG

The logo for flexis AG features a blue swoosh on the left that curves around the word "flexis" in a bold, black, lowercase sans-serif font. A small red circle is positioned above the letter "i".



FESTO

Fraunhofer
IPA

iF

FESTO

FESTO

Fraunhofer
IPA

8 METHODIK DER STUDIE

8.1 Vorgehensweise

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde eine zweistufige Delphi-Befragung durchgeführt. Zu diesem Zweck orientiert sich diese Studie an einem klassischen Delphi-Design. Hierbei findet eine systematische Sammlung von Experteneinschätzungen über die Entwicklung eines spezifischen Sachverhalts statt. Diese Befragungsmethodik stellt insbesondere im Rahmen von langfristiger Entwicklungs- und Potenzialanalysen neuer Technologien bzw. Techniken ein bewährtes Instrumentarium dar. Abbildung 19 skizziert das angewandte Vorgehen.

In einem ersten Schritt wurden zunächst potenzielle Anwendungsfälle durch die Projektgruppe des Applikationszentrum Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA gesammelt sowie ein thematisch und inhaltlich anforderungsgerechter Fragenkatalog zur

Ermittlung der aktuellen Industriebedarfe konzipiert. Auf dessen Grundlage wurde im Anschluss ein standardisierter Fragebogen für die erste Befragungsrunde erstellt. Zur praktischen Umsetzung der ersten Befragungsphase wurde eine Onlineumfrage mit Hilfe der Umfrage-Plattform Survey Monkey durchgeführt. Insgesamt wurden hierzu ca. 5.000 Fachleute aus der Industrie eingeladen, an der Umfrage zu partizipieren. Die Rücklaufquote betrug 5,54 % (277 Teilnehmer), 200 Antwortbögen waren auswertbar. Nach der Aufbereitung und ersten Analyse der Ergebnisse wurden sie einer ausgewählten Gruppe von 30 Fachexperten in Industrie 4.0 per Einzelinterview präsentiert und diskutiert. Über diese Exper-

Abbildung 19:
Vorgehen zur Ermittlung der Industriebedarfe



teneinschätzungen konnten die quantitativen Erkenntnisse der Onlineumfrage kritisch geprüft und mit qualitativen Aussagen untermauert werden. Außerdem konnten identifizierte Bedarfe weiter konkretisiert werden.

8.2 Teilnehmercharakterisierung Onlineumfrage

Im Fokus der Umfrage standen insbesondere mittelständisch geprägte Unternehmen des produzierenden Gewerbes und somit potenzielle Anwender von Produktions-IT. Der überwiegende Anteil der Befragten arbeitet in Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern. Zu dieser Gruppe gehören rund 59 % der Teilnehmer. In den kleinen und mittleren Unternehmen sind 23,5 % der Befragten tätig. 17,5 % der Teilnehmer beschäftigen zwischen 250 und 1.000 Mitarbeiter. Somit zählen 41 % der Partizipierenden zu den sehr stark mittelständisch geprägten Unternehmen (siehe Abbildung 20). Um ein möglichst praxisorientiertes Bild der Bedarfe und Hemmnisse von Produktions-IT bzw. vernetzten intelligenten IT-Lösungen zu erlangen, waren vordergründig die Sichtweisen von Entscheidern (leitende Funktion), sowie die von Praktikern (Fachkräften und Experten) der Unternehmen von

Interesse. Dies spiegelt sich auch in der Aufteilung der Funktion der Befragungsteilnehmer wider (siehe Abb. 20).

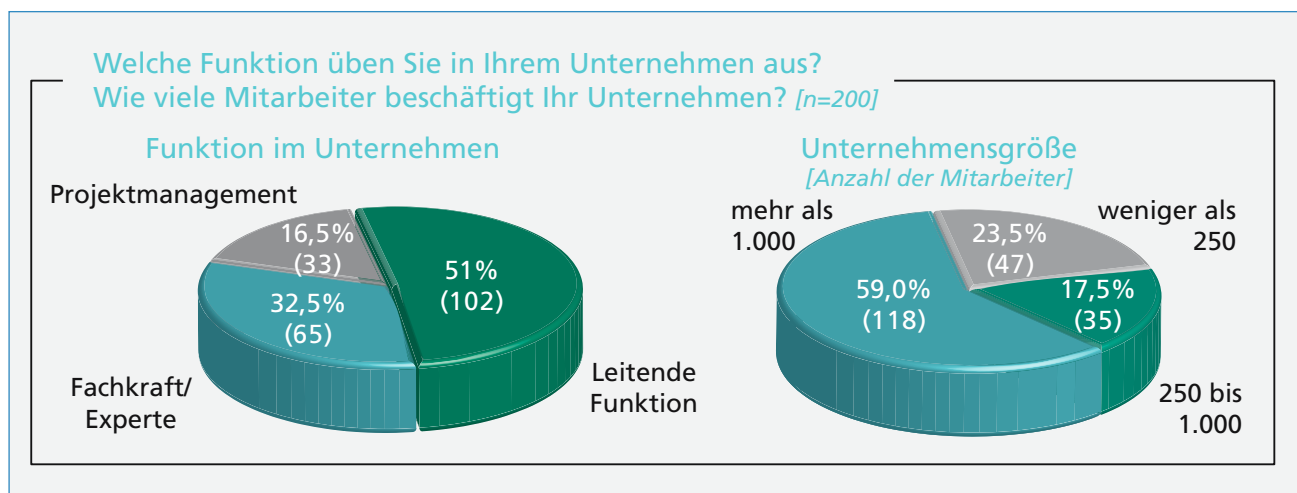
Die Teilnehmer der Befragung differenzieren sich in ihrer Funktion in drei Gruppen. Die Mehrheit ist in einer leitenden Funktion tätig, 51 %. Rund ein Drittel, 32,5 % zählen zu den Fachkräften bzw. Experten und 16,5 % sind im Bereich des Projektmanagements beschäftigt.

Wie in Abbildung 21 dargestellt, sind 38 % der Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau zu verorten und stellen damit die größte Branche. Der Automobilindustrie sind 21 % zuzuordnen. Im Bereich der Elektronik und der Elektrotechnik sind 13 % der Befragten zu finden. Sonstige Branchen (z. B. Flugzeugbau, Medizintechnik) sind mit deutlich geringeren Werten vertreten. Hierzu zählen insgesamt 20 % der Umfrageteilnehmer. Durch weitere 8 % sind die Dienstleistungsunternehmen repräsentiert.

Wie auch die Unternehmen selbst, arbeiten deren wichtigste Kunden ebenfalls hauptsächlich in der Automobilindustrie und dem Maschinen- und Anlagenbau. So stammen 35 % der wichtigsten Kunden der Befragten aus der Automobilindustrie, dicht gefolgt vom Maschinen- und Anlagenbau mit 33 %. 29 % der Umfrageteilnehmer haben Ihren Hauptkundenkreis in den sonstigen Branchen. Insgesamt lässt sich

Abbildung 20:

Funktion der Befragten und Unternehmensgröße



feststellen, dass die große Mehrheit der Unternehmen in den beiden Branchen Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automobilindustrie tätig sind. Die wichtigsten Kunden entfallen ebenfalls auf diese beiden Branchen.

8.3 Teilnehmer bei den Experteninterviews

In der zweiten Befragungsstufe, wurden die Ergebnisse aufbereitet und im Rahmen von Experteninterviews präsentiert und diskutiert. Die Durchführung der Interviews erfolgte größtenteils telefonisch innerhalb eines zeitlichen Rahmens von 20 bis 30 Minuten. Im Zuge der Befragungen wurden Gespräche sowohl mit »Praktikern« (z. B. Produktionsleiter) als auch mit »Entscheidern« (z. B. Geschäftsführern) aus der Industrie geführt. Hierdurch werden verschiedene Anwenderperspektiven bzw. Anwenderanforderung abgebildet. Komplettiert wird die Befragengruppe durch Vertreter der Wissenschaft, und Mitglieder von Verbänden.

Abbildung 22 zeigt die Verteilung der Interviewpartner. Insgesamt wurden Befragungen mit 30 Fachexperten durchgeführt. Den größten Block bildeten dabei die Experten der Wirtschaft (19). Darüber hinaus wurden die Umfrageergebnisse mit neun Experten aus der Wissenschaft sowie drei aus Wirtschaftsverbänden diskutiert.

Abbildung 22:
Interviewte Expertengruppen

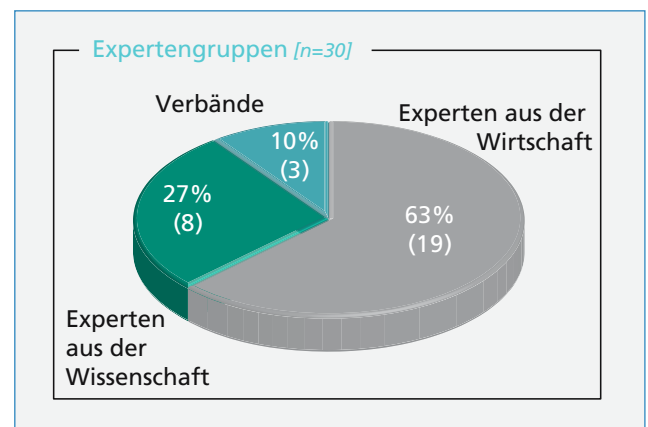
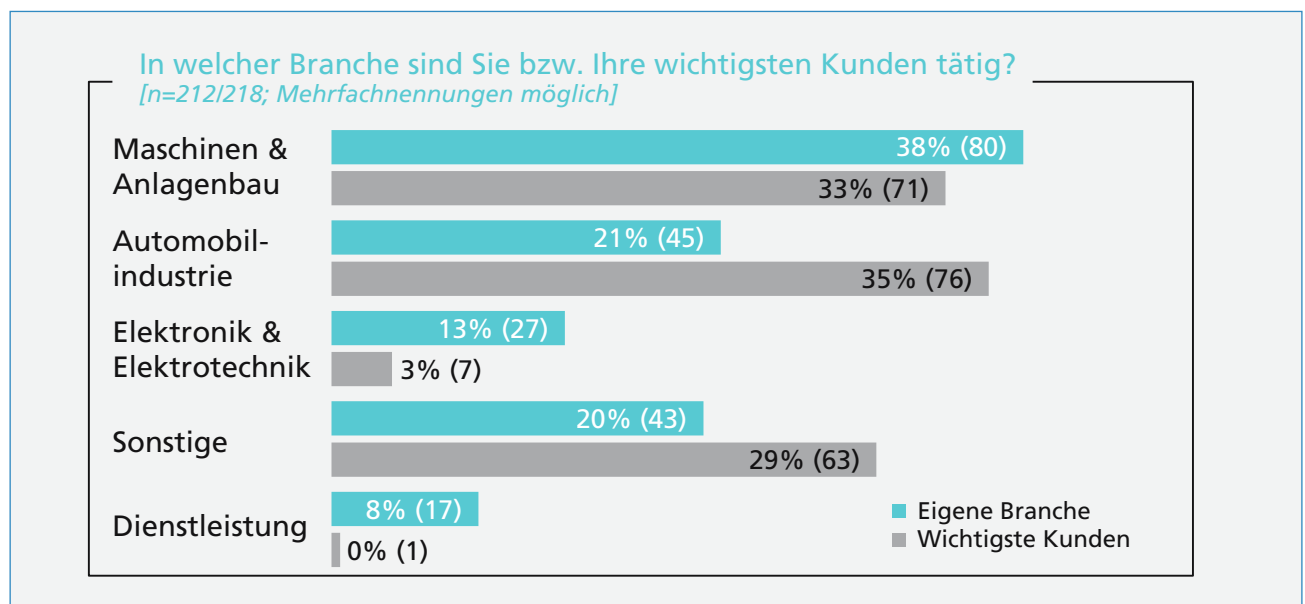


Abbildung 21:

Branchen der Umfrageteilnehmer und ihrer wichtigsten Kunden







10 LITERATURVERZEICHNIS

Adolphs et al. 2015, Adolphs, P. et al. 2015. *Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)*: Düsseldorf, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: http://www.zvei.org/Downloads/Automation/ZVEI-Faktenblatt-Industrie4_0-RAMI-4_0.pdf

Bauer et al. 2014, Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D. & Ganschar, O. 2014. *Industrie 4.0: Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland: Studie*: Berlin, Stuttgart, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj1k4Plj8_KAhUJAxoKHZKbCcgQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.bitkom.org%2FPublikationen%2F2014%2FStudien%2FStudie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland%2FStudie-Industrie-40.pdf&usg=AFQjCNFGXilX-4H__xjCGF6ASgzUvj8IYw

Bauernhansl 2014, Bauernhansl, Thomas. 2014. Die Vierte Industrielle Revolution. In: Bauernhansl, Thomas, ten Hompel, Michael, & Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-04681-1

Bauernhansl et al. 2014, Bauernhansl, T. et al. 2014. *Industrie 4.0: Whitepaper FuE-Themen*: Frankfurt (Main), zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Presseinfos___News/ab_2014/Whitepaper_Industrie_4.0.pdf

Baur et al. 2015, Baur, C. & Wee, D. 2015. *Manufacturing's Next Act: Study*: New York City, USA, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/manufacturings_next_act

Bischoff et al. 2015, Bischoff, J. et al. 2015. *Erschließen der Potentiale der Anwendungen von Industrie 4.0 im Mittelstand: Kurzfassung der Studie*: Berlin, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/manufacturings_next_act

BMBF 2013, BMBF. 2013. *Zukunftsbild »Industrie 4.0«*: Berlin, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf

BMWi 2015, BMWi. 2015. *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft: Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*: Berlin, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

Bughin et al. 2015, Bughin, J., Holley, A. & Mellbye, A. 2015. *Cracking The Digital Code: Study*: New York City, USA, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/cracking_the_digital_code

Dorst et al. 2015, Dorst, W. et al. 2015. *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*: Berlin, Frankfurt (Main), zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <https://www.bitkom.org/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-40/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>

Drescher 2015, Drescher, Ralf. 2015. Deutschland ist bei der Industrie 4.0 auf dem Holzweg. *Die Welt*. 02.11.2015, zuletzt geprüft am 19. November 2015. Verfügbar: <http://www.welt.de/wirtschaft/article148316428/Deutschland-ist-bei-der-Industrie-4-0-auf-dem-Holzweg.html>

Ganschar et al. 2013, Ganschar, Oliver et al. 2013. *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0: [Studie]*: Stuttgart: Fraunhofer-Verl. ISBN 978-3-8396-0570-7

Gronau et al. 2015, Gronau, N., Thim, C. & Fohrholz, C. 2015. *Executive Summary »Manufacturing«: »Wettbewerbsfaktor Analytics – Reifegrad ermitteln, Wirtschaftlichkeitspotenziale entdecken«*: Potsdam:

Günthner et al. 2006, Günthner, W. A., et al. 2006. Produktion individualisierter Produkte. In: Lindemann, U., et al. (Hrsg.): *Individualisierte Produkte*. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 63–89. ISBN 978-3-540-25506-2

II Consortium 2016, II Consortium. 2016. *Homepage Industrial Internet Consortium* Industrial Internet Consortium ICC, zuletzt geprüft am 14. Januar 2016. Verfügbar: <http://www.iiconsortium.org/>



Kagermann 2013, Kagermann, Henning. 2013. Kommunikation und IT. In: Barner, Andreas, et al. (Hrsg.): *Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?*, S. 54–63

Kagermann et al. 2013, Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. 2013. *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern*: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.

Koch et al. 2014, Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R. & Schrauf, S. 2014. *Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*: Frankfurt (Main), zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>

Lichtblau et al. 2015, Lichtblau, K. et al. 2015. *Industrie 4.0-Readiness: Studie*: Aachen, Köln:

Lucke et al. 2008, Lucke, Dominik, Constantinescu, Carmen & Westkämper, Engelbert. 2008. *Smart Factory*. wt Werkstattstechnik online 98 (3), S. 138–142

Radic et al. 2015, Radic, M. et al. 2015. *Zukunftschance Digitalisierung: Gute Geschäfte, zufriedene Kunden, erfolgreicher Mittelstand*: Berlin, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <http://mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF/broschuere-zukunftschance-digitalisierung,property=pdf,bereich=md,sprache=de,rwb=true.pdf>

Schlick et al. 2014, Schlick, J., et al. 2014. Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl, Thomas, ten Hompel, Michael, & Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 57–190. ISBN 978-3-658-04681-1

Schulte 2014, Schulte, Mark Alexander. 2014. *IDC-Studie: Industrie 4.0 durchdringt verarbeitendes Gewerbe in Deutschland, Investitionen für 2015 geplant: Pressemitteilung vom 31.07.2014*: Frankfurt (Main), zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <http://idc.de/de/ueber-idc/press-center/59106-idc-studie-industrie-4-0-durchdringt-verarbeitendes-gewerbe-in-deutschland-investitionen-fur-2015-geplant>

VDI 3405 12-2014, VDI-Gesellschaft. 2014. VDI 3405: *Additive Fertigungsverfahren – Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen*: Berlin: Beuth Verlag GmbH

VDMA 2015, VDMA. (2015). *Leitfaden Industrie 4.0: Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand*: Frankfurt a. M: VDMA Forum Industrie. ISBN 9783816306771, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: <http://industrie40.vdma.org/article/-/article-view/8567185>

Westkämper 2000, Westkämper, Engelbert. 2000. Kontinuierliche und partizipative Fabrikplanung. *wt Werkstattstechnik online* 90 (3), S. 92–95

Westkämper et al. 1997, Westkämper, E., Briel, R. v. & März, L. 1997. Planung in dynamischen Produktionssystemen. *ZWF* 92 (12), S. 639–642

Wischmann et al. 2015, Wischmann, S., Wangler, L. & Botthof, A. 2015. *Industrie 4.0: Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland: Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0*: Berlin, zuletzt geprüft am 28. Januar 2016. Verfügbar: https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/Industrie-4-0-volks-und_20betriebswirtschaftliche-faktoren-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf

10 DANK

Die grundlegende Entwicklung und der Aufbau des Applikationszentrums Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA wird durch das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg gefördert (Aktenzeichen 7-4332.62-IPA/43).



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR FINANZEN UND WIRTSCHAFT

Impressum

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

Autoren:

Dipl.-Ing. Felix Georg Müller, Markus Bressner M.Sc.,
David Görzig MBE und Thomas Röber B.Sc.

Ansprechpartner: Felix Müller, Telefon +49 711 970-1974
felix.mueller@ipa.fraunhofer.de

Gestaltung und Reproduktion:
kom|werb Agentur, Stuttgart

Druck: Wahl-Druck GmbH

Quellenangaben für Bilder

Seite 08: © kras99/Fotolia; Seite 10: © Mimi Potter/Fotolia;
Seite 17: © Mimi Potter/Fotolia; Seite 21: © Dragonstock/
Fotolia; Seite 22: © binary stream/Fotolia; Seite 30: ©
kras99/Fotolia; Seite 32: © Alex/Fotolia; Seite 40: © Vjom/
Fotolia; Seite 47: © alphaspirt/Fotolia; Seite 51: © lasse-
designen/Fotolia; Seite 52: © popyconcept/Fotolia; Seite 67:
© ninog/Fotolia; Seite 70: © italianestro/Shutterstock

Alle nicht näher bezeichneten Aufnahmen:
© Rainer Bez, Fraunhofer IPA

Erscheinungsjahr 2016



DAS APPLIKATIONSZENTRUM INDUSTRIE 4.0

Der Umstieg auf die Produktion der Zukunft stellt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen vor große Herausforderungen. Zur Unterstützung stellt das Applikationszentrum Industrie 4.0 am Fraunhofer IPA eine Umgebung zur industriegetriebenen Erforschung und gemeinsamen Entwicklung cyberphysischer Systeme im Produktionsumfeld dar. Gleichfalls werden hier Leuchtturmprojekte zur Demonstration cyberphysischer Systeme, additiver Produktions- und echtzeitnaher Simulationstechnologien vorangetrieben und in ein industrielles Produktionsumfeld integriert.

Das Applikationszentrum Industrie 4.0 als Entwicklungs- und Forschungsplattform

- Zuverlässige und zukunftsweisende Entwicklung in Projekten rund um das Thema Industrie 4.0 bis zur Realisierung
- Flexible Nutzung von Kapazitäten und Kompetenzen aus einem weitreichenden, vernetzten Pool an Experten
- Nutzung und Partizipation des im Applikationszentrum Industrie 4.0 gemeinsam aufgebauten Know-Hows und öffentlich geförderter Demonstratorentwicklungen

Das Applikationszentrum Industrie 4.0 als Vernetzungsplattform

- Intensive Vernetzung mit anderen Kooperationspartnern und dem Netzwerk der Fraunhofer-Gesellschaft
- Sprungbrett zur Wahrnehmung über Showroom, Führungen, Medienpräsenz und vieles mehr
- Zugang zu Fachkräften im Bereich Industrie 4.0 zu Unterstützungs- und Rekrutierungszwecken

Mögliche Formen der Zusammenarbeit

- Strategische Kooperation mit dem Fraunhofer IPA zur Entwicklung einzigartiger Lösungen mit wissenschaftlichem Fundament und industriellem Pragmatismus
- Rein informativer Wissens- und Erfahrungsaustausch im Rahmen gemeinsamer Diskussions- und Beratungsgremien

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Martin Landherr
Telefon +49 711 970-1851
martin.landherr@ipa.fraunhofer.de

