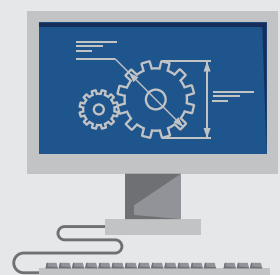
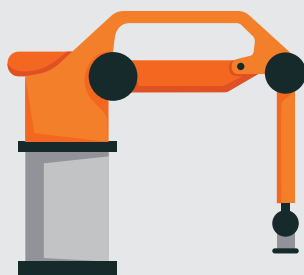
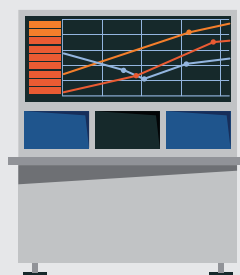
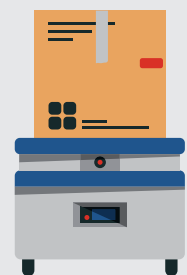
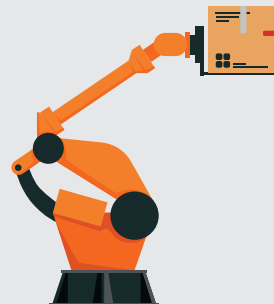
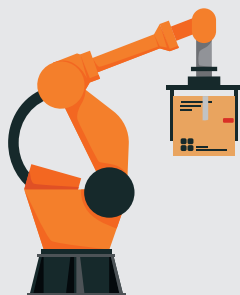
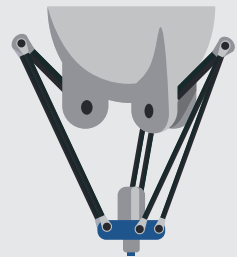
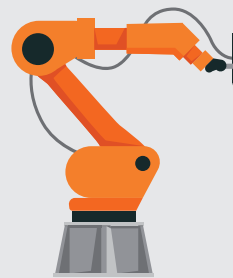
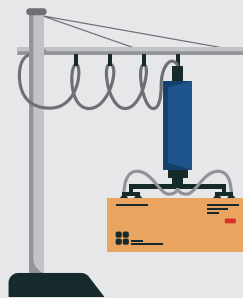
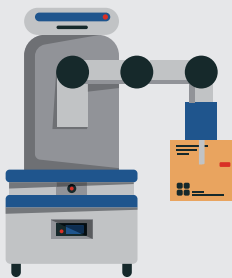
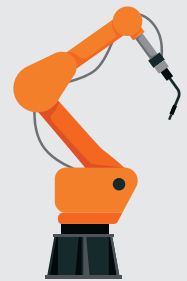
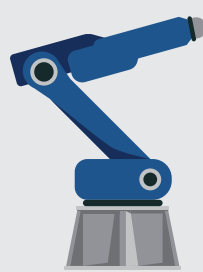
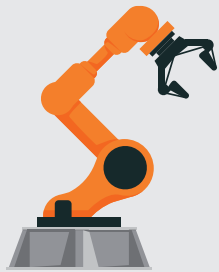


DIE KLUGE FABRIK

INDUSTRIE 4.0 LÖSUNGEN IN DEUTSCHLAND



Inhalt

Begrüßung	3
Ingo Oppelt, Microsoft Deutschland GmbH Dr. Matthias Palzkill, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	
Digitale Transformation in der Fertigungsindustrie	5
Dr. Robert Nahm, Microsoft Deutschland GmbH	
Chancen und Risiken von Industrie 4.0 erkennen und beherrschen	7
Dr. Joachim Lepping, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	
Robotik – die Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0	9
Jun.-Prof. Dr. Andreas Pott, Fraunhofer IPA	
Mensch-Roboter-Kollaboration in der Automobilmontage	11
Marc Ullmann, Dürr Systems GmbH	
Intelligente Produktionsprozesse für „Smarte Bauteile“	13
Holger Blumberg, Krones AG	
IT-Sicherheit in der Produktion	15
Stephan Teuber, Volkswagen AG	
Mensch-Maschine-Interaktion in der digitalisierten Fabrik	17
Prof. Dr. Antonio Krüger, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH	
Smarte Produktionsabläufe in der Verzahnentechnik	19
Dr. Klaus-Werner Finkenwirth, Liebherr-Verzahnentechnik GmbH	
Industrie 4.0@Infineon Dresden – die intelligent vernetzte Fertigung	21
Helmut Warnecke, Infineon Technologies Dresden GmbH	
MAX – Vorausschauender Service für Aufzüge	23
Andreas Schierenbeck, thyssenkrupp Elevator AG	
Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit End-to-End	25
Wolfgang Weber und Dr. Dirk Holbach, Henkel Global Supply Chain B.V.	
Industrie 4.0 Analytics App Plattform	27
Michael Bruns, PricewaterhouseCoopers AG WPG	
Ausblick: Industrie 4.0 – Transformation des ganzen Unternehmens	29
Dr. Reinhard Geissbauer, PricewaterhouseCoopers AG WPG	



Liebe Leserinnen und Leser,

individuellen Kundenwünschen gerecht zu werden und gleichzeitig schnell und in hoher Stückzahl zu produzieren, ist für viele Hersteller eine der größten Herausforderungen dieser Zeit. Die Industrie wartet deshalb mittlerweile mit hoch flexiblen Produktionsabläufen auf. Viele Maschinen übernehmen selbst die „Denkleistung“ und werden daher als klug und intelligent bezeichnet. Wie die kluge Fabrik – die Smart Factory – heute und in Zukunft aussieht, präsentiert diese Publikation.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen Industrie 4.0 Lösungen vor – von Big-Data-Anwendungen über Mensch-Maschine-Interaktionen bis hin zu neuesten Robotiksystemen. Entdecken Sie, inwieweit intelligente Lösungen in realen Produktionsstätten bereits umgesetzt werden und welche Perspektiven sich für Produktion und Geschäftsmodelle bei den führenden Unternehmen der Produktions- und Automatisierungstechnik zukünftig ergeben.

Diese Broschüre entstand in Zusammenarbeit von Firmen, die selbst als Smart Factory produzieren, Forschungsinstitutionen, die Schlüsseltechnologien entwickeln und Unternehmen, die in Bezug auf Strategie und Einschätzung des wissenschaftlich-technischen Risikos innovativer Projekte beraten. Alle zusammen haben 2016 eine deutschlandweite Roadshow zur Smart Factory lanciert.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.



Ingo Oppelt

Industry 4.0 Lead
Microsoft Deutschland GmbH
Konrad-Zuse-Straße 1
85716 Unterschleißheim
Tel.: +49 (0)89 31 76 0
ingo.oppelt@microsoft.com
www.microsoft.com



Dr. Matthias Palzkill

Berater Kommunikationssysteme
und Mensch-Technik-Interaktion
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin
Tel.: +49 (0)30 310078 470
matthias.palzkill@vdivde-it.de
www.vdivde-it.de

Microsoft – Partner der deutschen Wirtschaft

IT spielt in vielen Lebensbereichen eine immer wichtigere Rolle. Microsoft setzt sich für Rahmenbedingungen ein, die Innovationen fördern und den Standort Deutschland stärken.

Die IT-Branche hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem integralen Bereich der deutschen Wirtschaft entwickelt. Die weite Verbreitung seiner Technologien macht Microsoft als zentraler IT-Anbieter zu einem wichtigen Partner der deutschen Wirtschaft und zu einem der größten IT-Arbeitgeber Deutschlands.



Digitale Transformation in der Fertigungsindustrie

Die Digitalisierung ist weiter auf dem Vormarsch, und das in jeder Branche. Neben Effizienz- und Wachstumssteigerungen verspricht die digitale Vernetzung qualitative Vorteile bei Produktionsprozessen, mehr Flexibilität und Kundenzufriedenheit sowie Ressourceneinsparungen.

Herkömmliche Bremsanlagen werden mithilfe elektronischer Steuereinheiten zu modernen Antiblockiersystemen. Waschmaschinen laufen nur dann, wenn der Strom am billigsten ist. Waren in Lagerhäusern kommunizieren mit ihren Beförderungsmitteln.

Das Internet der Dinge vernetzt Objekte und Services miteinander und revolutioniert nicht nur die Industrie, sondern ist auch in unserem Alltag angekommen. Schon jetzt gilt die Neuausrichtung der Wirtschaft, die durch die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung mit dem Internet angetrieben wird, als vierte industrielle Revolution, kurz als Industrie 4.0 bezeichnet. In der programmierbaren Welt steuern und optimieren intelligente Maschinen und Daten Produktionsprozesse. Die Folge: Kosten sinken, Kapazitäten werden besser ausgelastet, Ressourcen sparsamer genutzt und Kundenwünsche individueller bedient. Mit den technologischen Möglichkeiten einer Industrie 4.0 kann selbst die Fertigung von Einzelstücken rentabel organisiert werden.

Neben überdurchschnittlich hohen Umsatzsteigerungen und Kosteneinsparungen sorgt die Digitalisierung in der Wirtschaft noch für weitere tiefgreifende Veränderungen: Mobile- und Cloud-Technologien, Big Data und soziale Netzwerke sind die Basis für innovative Produkte sowie neue Services und Geschäftsmodelle. Das Analystenhaus Gartner prognostiziert, dass schon 2017 die Mehrheit aller neuen Geschäftsmodelle auf Computer-Algorithmen basiert. Darüber hinaus demokratisiert die Digitalisierung die Wirtschaft und eröffnet auch kleinen und mittleren Unternehmen durch Cloud-Technologien die Möglichkeit, in Märkte vorzudringen, die ihnen bisher verschlossen waren. Um wettbewerbsfähig zu sein, sind sie allerdings gefordert, erste Schritte in die Digitalisierung umzusetzen. Auch die Mobilität in der Wirtschaft steigt durch die Digitalisierung weiter an. Über Cloud-basierte Programme und mobile Geräte wird die Zusammenarbeit noch orts- und zeitunabhängiger, was Unternehmen zunehmend flexibel macht.

Die Gesellschaft profitiert in hohem Maße von der digitalen Transformation. So wird der Zugang zu Wissen weiter vereinfacht. Der Arbeitsmarkt erlebt durch den technischen Fortschritt eine intensive Veränderung. So werden mehr Menschen besser bezahlt, produktivere Beschäftigungen finden. Berufsbilder, die in die digitale Zeit passen und Talent sowie Kreativität fordern, nehmen zu. Einfache Arbeiten, die automatisiert werden können, entfallen. Weitere Potenziale stecken in den Bereichen Gesundheit und Energie. Von der elektronischen Patientenakte bis zur Transformation des Klinikbetriebs: Digitale Prozesse sorgen dafür, die Gesundheitsversorgung zu verbessern.

Wie wir arbeiten, einkaufen, Musik hören oder mit anderen kommunizieren – das digitale Morgen beginnt jetzt. Mit dem Voranschreiten der Digitalisierung wird die programmierbare Welt mehr und mehr Realität.



Dr. Robert Nahm

„Industrie 4.0 und die Smart Factory sind faszinierende Themen. Besonderes Interesse habe ich am Thema Big Data. So erlaubt Machine Learning die zielgerichtete Optimierung der Smart Factory, z. B. durch die Reduktion von Fehlern oder mittels einer prädiktiven Instandhaltung.“

Dr. Robert Nahm ist Industry Manager bei Microsoft Germany. Hier ist er für das Voranbringen der Automotive-Strategie auf dem deutschen Markt verantwortlich. Robert Nahm ist promovierter Informatiker. Seine berufliche Laufbahn begann er 1994 bei Siemens als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Wirtschaftsberater, bevor er 1998 als Senior Consultant bei Microsoft Consulting Services einstieg.

Kontakt

Dr. Robert Nahm
Microsoft Germany GmbH,
Enterprise and Partner Group
Konrad-Zuse-Straße 1
85716 Unterschleißheim
+49 (0)89 3176 3756
robert.nahm@microsoft.com
www.microsoft.com



VDI/VDE-IT – Damit Industrie 4.0 zum Erfolg wird

Beratung zu Herausforderungen der Industrie 4.0 erfordert interdisziplinäre Kompetenz und Expertenwissen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH ist ein führender Dienstleister für die Analyse, Förderung und Organisation von zukunftsorientierten Projekten. Unsere Kunden im In- und Ausland kommen aus Politik, Forschung, Industrie und Finanzwirtschaft.

Wir begleiten Unternehmen bei der Umsetzung von innovativen Vorhaben. Zuverlässig beraten wir bei der Frage, ob sich eine geplante Pilotanlage am „Leading Edge“ oder „Bleeding Edge“ befinden wird. Wir helfen dabei, Akzeptanzbarrieren bei der Nutzung innovativer Technologien zu überwinden bzw. das wissenschaftlich-technische Risiko einzuschätzen und beherrschbar zu machen. Hier unterstützen wir erfolgreich beim Einsatz von „Predictive Analytics“ und leistungsfähigen Cloud-Technologien. Die sich dabei ergebenden IT-Sicherheitsanforderungen werden anhand von aktuellen Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung im Hinblick auf die technische Machbarkeit, die Datensicherheit und Aspekte des Datenschutzes für den Kunden eingeschätzt und Lösungen zu deren Beherrschung angeboten.

Chancen und Risiken von Industrie 4.0 erkennen und beherrschen

Die Vision der Smart Factory bedeutet in der Umsetzung die weitgehende Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse sowie die Kopplung von Produktion mit maßgeschneiderten Dienstleistungen. Dabei werden zunehmend neue vernetzte Produktionsverfahren eingesetzt. Die Verknüpfung von Produkt- und Dienstleistungen bewirken dabei einen Paradigmenwechsel. Die vierte industrielle Revolution wird die Produktion von Grund auf verändern. Es wird eine Abkehr von der Massenfertigung nach heutigen Standards und dafür eine kleinteiligere Produktion mit individualisierbaren Produkten geben.

Chancen und Risiken für Wirtschaft und Gesellschaft

Für Deutschland bringt Industrie 4.0 die Möglichkeiten, durch verstärkte Vernetzung die Produktion kosteneffizienter zu gestalten. Wie dies genau geschehen soll, ist aber vielen Unternehmen noch nicht ausreichend klar, da viele technologische Ansätze existieren, aber sich auch viele Dinge noch im Forschungs- oder Pilotstatus befinden. In Bezug auf die Forschung hat die Politik diese Herausforderungen erkannt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat für Forschungsarbeiten bisher Fördermittel in Höhe von über 120 Millionen Euro bewilligt. Das Bundeswirtschaftsministerium engagiert sich ebenfalls in der Forschungsförderung mit Fördermitteln bis zu 80 Millionen Euro. Trotzdem gibt es heute nur sehr wenige Produkte oder Umsetzungsleitfäden, die Investitionsentscheidungen erleichtern. Noch nicht definierte Standards erlauben derzeit keine belastbaren Aussagen, welche Technik sich für Industrie 4.0 als zukunftsfähig erweist. Für Anwender in Unternehmen sind die neuen Technologien aus der Forschung erst in vielen Jahren einsatzreif, da entsprechende Forschungsprojekte üblicherweise vorwettbewerblichen Charakter haben. Die betriebsinternen Weichen für die digitale Transformation werden aber jetzt gestellt. Die Entscheidung über den Reifegrad und die Einsatzfähigkeit von neuartigen Technologien und Forschungsergebnissen muss also zeitnah gefällt werden. Hierzu liefert die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH die notwendige Entscheidungshilfe.

Unterstützung von KMU in der Anwendung neuer Technologien

Seit ihrer Gründung im Jahr 1978 berät die VDI/VDE-IT nicht nur Bundes- und Landesministerien sondern insbesondere auch Unternehmen bei der Einschätzung des Reifegrades von aktuellen Technologien und Ergebnissen aus der Forschung. Dabei entstehen Innovationen im Bereich der Industrie 4.0 durch das Zusammenspiel der Disziplinen Ingenieurwesen und der Informatik mit betriebswirtschaftlicher Weitsicht. Der Mittelstand hat eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung dieser regionalen und globalen Umsetzungen. Es gilt den Mittelstand darin zu unterstützen, Antworten auf Fragen der Digitalisierung und der Globalisierung von Innovations- und Wertschöpfungsprozessen zu finden. Ziel muss es sein, eine konkrete Planung und Umsetzung von Pilotanlagen zu realisieren. Die Chancen und Risiken bei der Umsetzung von Industrie 4.0 werden dabei genau in den Blick genommen. Mit erfolgreichen Praxisbeispielen werden Möglichkeiten für die eigene Umsetzung ausgelotet.



Dr.-Ing. Joachim Lepping

„Die Ergebnisse erfolgreicher Forschungsprojekte benötigen meist Jahre, um in marktreife Technologien zu münden. Technologische Entscheidungen für die digitalisierte Produktion müssen aber jetzt getroffen werden. Wir sagen Ihnen, welche Technologien Sie schon heute einsetzen können.“

Joachim Lepping studierte Elektrotechnik an der TU Dortmund und promovierte über Verfahren zur effizienteren Nutzung großer Cloud-Infrastrukturen. Bei der VDI/VDE-IT ist er als Berater für Bundes- und Landesministerien sowie für Unternehmen tätig. Seine Themenschwerpunkte sind IT-Sicherheit, Kommunikationssysteme und Industrie 4.0.

Kontakt

Dr.-Ing. Joachim Lepping
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH,
Industrielle Forschung
und Innovation
Heimeranstraße 37
80339 München
Tel.: +49 (0)89 51089 63 26
joachim.lepping@vdivde-it.de
www.vdivde-it.de



Fraunhofer IPA – Wir produzieren Zukunft

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, ist mit fast 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eines der größten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Methoden, Komponenten und Geräte bis hin zu kompletten Maschinen und Anlagen für die Produktion werden durch das Fraunhofer IPA entwickelt, erprobt und umgesetzt. 14 Abteilungen arbeiten interdisziplinär, koordiniert durch sechs Geschäftsfelder, mit den Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronik und Mikrosystemtechnik, Energiewirtschaft, Medizin- und Biotechnik sowie Prozessindustrie zusammen.

Die Abteilung „Roboter- und Assistenzsysteme“ gestaltet Produktions- und Automatisierungslösungen für industrielle Anwendungen und für den Dienstleistungsbereich. Schlüsseltechnologien werden entwickelt und in innovative Industrieroboter, Serviceroboter und intelligente Maschinen umgesetzt. Mit dem „Applikationszentrum Industrie 4.0“ steht dem Fraunhofer IPA eine Umgebung zur industriegetriebenen Erforschung, gemeinsamen Entwicklung und aussagekräftigen Demonstration von cyberphysischen Systemen zur Verfügung.

Robotik – die Schlüssel-technologie für Industrie 4.0

Roboter bilden den Ausgangspunkt für vielfältige Automatisierungslösungen. Im Jahr 2015 wurden ca. 1,6 Millionen Industrieroboter weltweit erfolgreich eingesetzt, die überwiegende Anzahl für Handhabung, Schweißen und Montage. Ihre Vorteile liegen auf der Hand. So sparen Roboter durch eine Rationalisierung Kosten. Ferner sind Roboter im Vergleich zu starren Automatisierungslösungen, wie zum Beispiel Transferlinien, deutlich flexibler. Roboter sind dank ihrer Programmierbarkeit die optimalen Agenten in der digitalisierten Produktion, da sie die neu gewonnenen Freiheiten der IT in der Produktion umsetzen können.

Der Mensch im Zentrum einer wandelbaren Produktion

Doch während Roboter aus der Serienfertigung, zum Beispiel im Automotive-Bereich, nicht mehr wegzudenken sind, werden in kleinen und mittelständischen Betrieben (KMU) noch zahlreiche nicht ergonomische Arbeiten von Hand durch den Menschen ausgeführt. Durch ihre große Flexibilität ermöglichen Roboter einen variablen Grad der Automatisierung. Hier ist besonders eine Kooperation zwischen Mensch und Roboter interessant, denn in der Zusammenarbeit können Mensch und Maschine ihre Stärken ausspielen. Während sich Roboter durch ihre Ausdauer und Genauigkeit auszeichnen, ist der Mensch manuell deutlich geschickter und kann Entscheidungen spontan treffen sowie ad-hoc Verbesserungen einführen. Die Wandlung von automatisierten Fertigungen wird durch die Reduzierung von starrer Fördertechnik sowie neuen Sicherheitskonzepten ermöglicht. Neue Sensoren bieten dem Menschen in der zaunlosen Fabrik die benötigte Sicherheit. Roboterfahrzeuge in Form von fahrerlosen Transportsystemen lösen zunehmend die fest installierten Fördersysteme ab.

Innovationen für die Smart Factory

Wie im Internet erfolgt auch in der intelligenten Fabrik eine zusätzliche Wertschöpfung aus Informationen. Dazu werden in den meisten Fertigungsschritten mit Hilfe von cyberphysischen Systemen (CPS) Informationen und Daten gewonnen, die sich vielfältig nutzbringend einsetzen lassen. Eine Vorreiterposition nehmen die bildgebenden Sensoren wie Kameras, 3D-Sensoren und Scanner ein, die viele bauteilbezogene Informationen erfassen und für eine Verwendung über das Netzwerk bereitstellen, sodass sie sich in unterschiedlichen Steuerkreisen nutzen lassen. Ein gutes Beispiel für die maschinennahe Verarbeitung ist der sogenannte „Griff-in-die-Kiste“ des Fraunhofer IPA, bei dem für Entnahmevorgänge das Roboterprogramm für jedes Bauteil automatisch generiert wird. Diese innovative Handhabungs-Robotik ist bereits in das Applikationszentrum Industrie 4.0 auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart integriert. In der zweiten Stufe werden die bauteilbezogenen Daten auch zur Optimierung der folgenden Fertigungsschritte verwendet. Aufgrund der Programmierbarkeit des Roboters werden Arbeitsabläufe für jedes einzelne Teil optimal gestaltet. Auf der Ebene der Linie oder Fabrik schließlich werden die Produktionsdaten analysiert, z. B. um die Qualität zu steuern oder die Auslastung auch bei wechselnden Produkten zu gewährleisten.



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Pott

„Die Digitalisierung der Produktion verändert das industrielle Gefüge so stark, wie das Internet und die mobile Kommunikation den Handel und die Gesellschaft verändert haben. Die vierte industrielle Revolution wird enthüllen, welche der vielen neuen Geschäftsideen tragfähig sind.“

Neben seiner Tätigkeit als Juniorprofessor für Simulationstechnik in der Produktion am ISW der Universität Stuttgart ist Andreas Pott Forschungskordinator Robotik am Fraunhofer IPA. Er entwickelt Roboterlösungen für die Handhabung sowie Intralogistik und berät Unternehmen beim Einsatz von Robotersystemen für die Industrie 4.0.

Kontakt

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Pott
Fraunhofer IPA, Roboter- und Assistenzsysteme
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 970 1221
andreas.pott@ipa.fraunhofer.de
www.ipa.fraunhofer.de



Maschinen- und Anlagenbau – digital@Dürr

Der Dürr-Konzern zählt zu den weltweit führenden Maschinen- und Anlagenbauern. Rund 60 Prozent des Umsatzes entfallen auf das Geschäft mit Automobilherstellern und -zulieferern. Für diese produziert Dürr Lackierereien und Endmontagewerke, Robotertechnologien für den automatischen Auftrag von Lack sowie Dicht- und Klebstoffen, Auswucht- und Reinigungsanlagen, Prüf- und Befülltechnik und Abluftreinigungsanlagen.

Die Ansprüche von Industrie 4.0 in der Produktion bedient Dürr mit seiner Strategie digital@Dürr. Diese basiert auf drei Säulen: Unter dem Leitbegriff Smart Products werden intelligente, vernetzte Produkte entwickelt. Smart Services erhöhen die Anlagenverfügbarkeit beim Kunden. Smart Processes steigern die Effizienz in Planung und Auftragsabwicklung – von der Vorab-Simulation bis zur virtuellen Inbetriebnahme. Ein Smart Product von Dürr ist beispielsweise die Mensch-Roboter-Kollaboration: Roboter und Mensch arbeiten Hand in Hand in der Automobilproduktion – Sensortechnik und eine ausgeklügelte Software sorgen für Sicherheit und Produktivitätsgewinne.

Mensch-Roboter-Kollaboration in der Automobilmontage

Nach dem Rohbau und der Lackiererei machen auch die Prozesse in der Endmontage weitere Schritte in Richtung Automatisierung. Sehr häufig sind Klebezellen, in denen Roboter hinter Schutzzäunen agieren, automatisiert. Eine Vollautomatisierung ist in der Endmontage allerdings relativ aufwendig. Viele Arbeitsabläufe erfordern von den Montaguearbeitern komplexe Tätigkeiten, in denen sie immer wieder auf neue Situationen reagieren und entsprechen flexibel handeln müssen. An diesem Punkt eröffnet eine Kooperation zwischen Mensch und Roboter weitere Möglichkeiten und stellt eine Enabler-Technologie für Industrie 4.0 dar.

Künftig arbeiten Werker und Roboter wie Kollegen zusammen und ergänzen sich in der Montage bei unterschiedlichen Aufgaben. Diesen Schritt setzt Dürr jetzt in der Automobilproduktion mit einem neuen Anlagenkonzept um. Dabei werden Mensch-Roboter-Teams das Einkleben von großen Bauteilen in der Endmontage gemeinsam ausführen. Bei der Mensch-Roboter-Kollaboration übernehmen Facharbeiter die komplexen Montageabläufe. Sie sind gefordert, wenn flexibel gehandelt werden muss. Robotersysteme springen dagegen in Situationen ein, in denen der Mensch physisch stark beansprucht wird oder unter ergonomisch ungünstigen Bedingungen arbeiten muss. Sie überzeugen dann, wenn fortwährend gleiche Bewegungen zu verrichten sind, die einen beständigen Rhythmus und hohe Zuverlässigkeit erfordern. Wenn also die Leistungsfähigkeit eines Roboters genutzt und gleichzeitig die Flexibilität des Menschen dazu beitragen kann, den Fertigungsprozess schneller, kostengünstiger und mit höherer Qualität zu gestalten, dann sind die Voraussetzungen für MRK-Systeme gegeben.

So sieht das Anlagenkonzept von Dürr aus: In der Endmontage führt der Facharbeiter das Bauteil mit Hilfe eines Manipulators an einen Tisch, reinigt es und montiert Kunststoffhalter, ein komplexer, aufwendig zu automatisierender Arbeitsschritt. Im Anschluss appliziert der Roboter die Kleberaube mit hoher Genauigkeit bevor der Mensch das Bauteil mit einem Manipulator im Fahrzeug einbaut. Das Beispiel zeigt, wie sich die Stärken von Mensch und Roboter in einer Klebezelle ergänzen.

Obwohl Zäune und Einhausungen fehlen, sind die Sicherheitsanforderungen an die Mensch-Roboter-Kollaboration sehr hoch. Es müssen strenge Vorgaben und Normen erfüllt werden. Im Sicherheitskonzept werden neben dem Roboter auch das Zellenlayout, die Applikationsgeschwindigkeit und die Applikationstechnik berücksichtigt. Der Arbeitsbereich des Roboters muss bspw. so angeordnet werden, dass er nicht im Bereich der besonders empfindlichen Regionen des Menschen (Hals, Kopf) liegt. Von Dürr wurde ein neuer Applikator mit einer Kunststoffhülle entwickelt, um Verletzungen beim Kontakt mit dem Menschen zu verhindern. Kollaborierende Roboter bieten aufgrund ihrer zahlreichen Vorteile wie z. B. der hohen Flexibilität, dem geringen Flächenbedarf, der reduzierten Komplexität und der Nutzung des gleichen Arbeitsbereichs durch Mensch und Roboter großes Potenzial.



Marc Ullmann

„Mit dem Menschen kollaborierende Roboter ermöglichen völlig neue, intelligentere Produktions- und Anlagenkonzepte. Die Möglichkeit, die Stärken des Menschen und des Roboters zu kombinieren, finde ich dabei besonders spannend.“

Dipl.-Ing. Marc Ullmann hat an der RWTH Aachen und TU Braunschweig studiert, war dort wissenschaftlicher Mitarbeiter, bevor er zur Collano AG und dann zur Dürr Systems GmbH wechselte. Seit zwei Jahren beschäftigt er sich mit Klebstoffapplikationen in der automobilen Endmontage in Bezug auf die Automatisierung mit kollaborierenden Robotern.

Kontakt

Dipl.-Ing. Marc Ullmann
Dürr Systems GmbH, Application
Technology / Gluing Final Assembly
Carl-Benz-Straße 34
74321 Bietigheim-Bissingen
Tel.: +49 (0)7142 78 2473
marc.ullmann@durr.com
www.durr.com



Das intelligente Werkstück der Krones AG

Die Krones AG mit Sitz in Neutraubling plant, entwickelt, fertigt und installiert Maschinen und komplette Anlagen für die Bereiche Prozess-, Abfüll- und Verpackungstechnik. Die Verbindung von Maschinenbau, Anlagen-Know-how, Verfahrenstechnik, Mikrobiologie und Informationstechnik machen das Unternehmen zum weltweit führenden Anbieter von Systemtechnik. Hauptabnehmergruppen sind Brauereien und Getränkehersteller, die Nahrungsmittel- sowie die chemische, pharmazeutische und kosmetische Industrie.

Im Fertigungsbereich Rohrproduktion der Krones wurde eine intelligente Prozess- und Systemlösung verwirklicht, die den Fertigungsprozess vollständig papierlos umsetzt. Das „Smarte Werkstück“ kennt seinen Kundenauftrag und alle notwendigen Fertigungsinformationen. Es kann jederzeit identifiziert werden und sein Fertigungsfortschritt ist vollständig transparent.

Intelligente Produktionsprozesse für „Smarte Bauteile“

Die Digitalisierung wird den Maschinen- und Anlagenbau in den kommenden Jahren nachhaltig beeinflussen. Es ist davon auszugehen, dass auf der Kundenseite neben den digitalisierten Produkten auch digitalisierte Services eine größere Rolle spielen werden.

Die neuen Technologien und Möglichkeiten werden aber nicht nur die Produkte, sondern auch die Produktionsprozesse verändern. So entsteht die Möglichkeit, durch intelligente Prozesse „Smarte Produkte“ zu steuern: So ist beispielsweise die Einzelteilfertigung eine der Herausforderungen bei der Fertigung von Maschinen und Anlagen für die Getränkeindustrie. Diese werden in der Bauteilfertigung in der „Stückzahl 1“ produziert und in der Montage letztlich zur kundenindividuellen Anlage zusammengefügt. Die Steuerung dieser Prozesse ist jedoch aufwendig und komplex. Demgegenüber stehen der hohe Wettbewerbsdruck und die zwingende Notwendigkeit, am Standort Deutschland wirtschaftlich und effizient zu fertigen. Zusätzlich müssen die geforderten Qualitätsanforderungen und Prüfkriterien eingehalten werden.

Im Beispielfall der „smarten“ Rohrproduktion der Krones AG wurde eine Lösung geschaffen, die diesem Ziel deutlich näher kommt. Die komplexe Fertigung kundenindividueller Rohrkomponenten wurde neu gestaltet. Eine rüstoptimierte Produktionsplanung ermöglicht hier eine optimierte Durchlaufzeit, die Fertigung erfolgt nun papierlos und ermöglicht eine automatisierte Dokumentationserstellung. Hierdurch gewährleistet Krones maximale Fertigungstransparenz und eine reproduzierbare Qualität.

Auf der Prozess- und Systemebene wurden die Engineering- und Produktionsapplikationen intelligent verbunden, sodass ein schnittstellenfreier und automatisierter Datentransfer möglich ist. Die Daten des Fließschemas (P&ID), des 3D-CAD-Modells und der Rohr-Isometrie werden an das ERP- und MES-System weitergeleitet. Die notwendigen Fertigungsinformationen werden direkt am Bildschirm des Arbeitsplatzes angezeigt und der Fertigungsfortschritt zurückgemeldet. Jede einzelne Rohrkomponente wird durch einen Datamatrix-Code, eine Materialnummer und ein RFID-Tag gekennzeichnet. So ist sichergestellt, dass bei den einzelnen Fertigungsschritten eine eindeutige Identifikation möglich ist.

Diese Lösung zeigt, dass sich durch den Einsatz moderner IT-Lösungen auch Fertigungsbereiche „digitalisieren“ lassen, die durch einen hohen Anteil an individuellen Tätigkeiten geprägt sind. Zudem wird so eine intelligente Produktion „Smarter Bauteile“ ermöglicht.



Holger Blumberg

„Die intelligente Steuerung des einzelnen Bauteils und Technologien wie der 3D-Druck ermöglichen eine neue Form von Produktion und Montage. Diesen Veränderungsprozess aktiv zu gestalten, sehe ich als eine der Schlüsselaufgaben in meiner Rolle als Manager in der IT.“

Seit 2011 ist Holger Blumberg für die weltweite IT der Krones AG verantwortlich. Weitere Stationen seines beruflichen Werdegangs waren die Maschinenbauer Barmag AG (heutige Oerlikon Textile) und MAN Diesel & Turbo SE. Er blickt auf 30 Jahre Erfahrung in der IT im Maschinen- und Anlagenbau zurück.

Kontakt

Holger Blumberg
Krones AG
Head of Information Management
Böhmerwaldstraße 5
93073 Neutraubling
Tel.: +49 (0)9401 70 2232
holger.blumberg@krones.com
www.krones.com/de

The background of the entire page is a photograph of a modern automotive manufacturing plant. In the upper half, there are large, dark, industrial pipes and structural elements of the ceiling. In the lower half, a car chassis is being assembled on a production line, with robotic arms and bright welding sparks visible. The lighting is industrial, with a mix of cool blue tones and warm orange from the welding process.

Volkswagen – Industrie 4.0 in der Automobilindustrie

Der Volkswagen Konzern ist einer der weltweit führenden Automobilhersteller und vereint zwölf eigenständig agierende Marken. Rund um den Globus fertigen die Beschäftigten an 119 Produktionsstandorten über 40.000 Autos pro Tag. In einem sich stark wandelnden Unternehmensumfeld und im Zuge der Digitalisierung steht der Konzern täglich vor neuen Herausforderungen.

Diesen stellt sich der Konzern: Schon heute werden Industrie 4.0 Prinzipien sowie die Vision einer Smart Factory vorbereitet, eingeführt und erprobt. So wird Industrie 4.0 in aktuelle Megatrends wie Internet der Dinge und Big Data eingeordnet, um das Verständnis zu schärfen. Zudem wird aktiv gestaltet: Pilotprojekte, in Innovation Labs initiiert, werden in der Produktion umgesetzt. So gibt es in der Logistik Datenbrillen zur Kommissionierung von Teilen oder Mensch-Roboter-Kooperation zur Unterstützung ergonomisch ungünstiger Arbeitsschritte in der Produktion. Das Gesamtbild rundet die Mitarbeit an öffentlich geförderten Forschungsprojekten ab: In IUNO forschen die Projektteilnehmer zur IT-Sicherheit in Industrie 4.0 Produktionsanlagen.

IT-Sicherheit in der Produktion

Die automobilen Welt befindet sich in einem überaus interessanten Wandel: Durch die Digitalisierung verschmelzen IT, Produktion und Produkt zunehmend. Die Zeiten abgeschlossener Netzwerke sind vorbei – die Zukunft gehört der Kommunikation zwischen Kunde, Fahrzeug und Umwelt. Im Rahmen der Industrie 4.0 entwickeln sich neue Strukturen und Kommunikationswege. Durch die steigende Vernetzung ergeben sich zahlreiche Wettbewerbsvorteile, die jedoch durch die gleichermaßen steigenden Anforderungen an IT-Sicherheit zu schützen sind. Die Fertigungssteuerung kann agiler handeln, Partner können schneller in die Wertschöpfungsprozesse eingebunden werden und die Logistik erhält ein besseres Bild über die aktuelle Versorgungslage. Um diese Vorteile für die Produktion aber langfristig absichern zu können, müssen neue Herausforderungen an die IT-Sicherheit kontrolliert bewältigt werden.

Heutige Kontroll- und Überwachungssysteme in der Produktion beschränken sich verstärkt auf die sichere Verfügbarkeit der Anlagen und Robotersysteme. Die Vermeidung von Ausfall- und Störzeiten hat oberste Priorität, insbesondere auch weil andere Schutzziele (z. B. Integrität oder Authentizität) in einer klassischen Industrie nicht so stark angreifbar sind. Die als Leitstand bezeichneten Systeme berechnen aggregierte Informationen aus den Sensorwerten, führen zum Teil Condition-Monitoring-Maßnahmen durch, um Prozesse zu überwachen und die Güte des Produkts zu sichern. Aufgrund heterogener Strukturen in der Produktion sind all diese Systeme dezentral in den jeweiligen Bereichen und nicht einheitlich.

In einer Smart Factory gilt die Annahme, dass eine Beeinträchtigung der Verfügbarkeit das größte Risiko sei, nicht mehr. Gezielte Angriffe auf die Produktions-IT können zu Manipulationen der Produkte führen, die damit auch Jahre danach noch Schaden anrichten können – im Vergleich zu einem klassischen Produktionsausfall. Um derartige Anomalien zu erkennen, gibt es im Produktionsbereich keine universell einsetzbaren Lösungen. Momentan auf dem Markt verfügbare Software aus der Office-Welt ist nicht direkt übertragbar.

Volkswagen forscht daher an einem Security-Leitstand für die Produktion, um die Anlagen von morgen auf aktuelle und künftige Angriffe vorzubereiten. Hierfür sind insbesondere Komponenten zur Bewertung des Echtzeitstatus der IT-Sicherheit in der Produktion notwendig, um Risiken begrenzen zu können. Ein durchgängiges IAM (Identity & Access Management) ermöglicht die nachvollziehbare und sichere Kommunikation innerhalb der Produktionsnetzwerke.



Stephan Teuber

„Industrie 4.0 zeigt die Zukunft in der Smart Factory auf und beflügelt damit unsere aktuellen Forschungsvorhaben. Schritt für Schritt setzen wir nun die Vision in die Praxis um und nutzen dabei IT-Sicherheit als Enabler.“

Stephan Teuber hat an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Informatik studiert und promoviert nun im Bereich IT-Sicherheit in Industrie 4.0 an der TU Kaiserslautern über die Erkennung von IT-Angriffen auf Produktionsanlagen.

Kontakt

Stephan Teuber M.Sc.
Volkswagen AG
Konzern Informationssicherheit
Brieffach 011/18030
38436 Wolfsburg
Tel.: +49 (0)5361 933 441
stephan.teuber@volkswagen.de
www.volkswagen.de

DFKI – Menschenzentrierte, intelligente Systeme

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz gGmbH (DFKI) mit den Standorten Kaiserslautern, Saarbrücken, Bremen (mit Außenstelle Osnabrück) und einem Projektbüro in Berlin ist auf dem Gebiet innovativer Softwaretechnologien die führende deutsche Forschungseinrichtung. Das DFKI ist nach Mitarbeiterzahl und Drittmittelvolumen das weltweit größte Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und deren Anwendungen. Maßgeblich beteiligt an der Definition des Konzepts Industrie 4.0, beschäftigen sich das DFKI und seine industriellen Gesellschafter schon lange mit der Frage, wie Fabriken und Produktionslinien künftig gestaltet werden sollten. Mehrere Fachbereiche sind hier tätig: So erforscht beispielsweise der Fachbereich „Intelligente Fabrikssysteme“ modulare Systemstrukturen für Fabriken, Plug&Produce-Ansätze und beleuchtet die künftige Rolle des Werkers. Der Fachbereich „Intelligente Benutzerschnittstellen“ thematisiert die Unterstützung des Werkers durch intelligente Assistenzsysteme und das „Robotics Innovation Center“ entwickelt Roboter, die in der Fertigung eng mit Menschen zusammenarbeiten.



Mensch-Maschine-Interaktion in der digitalisierten Fabrik

Im Mittelpunkt der Forschung des DFKI auf diesem Gebiet steht die Rolle des Werkers in den Fabriken und Produktionsstätten der Zukunft: Dafür werden Schlüsseltechnologien der Mensch-Maschine-Interaktion untersucht. Aktuelle Forschungsbeispiele zeigen, dass der Mensch auch in Zukunft integraler Bestandteil vieler Fertigungsprozesse sein wird. Ein vorherrschender Irrtum ist, dass in naher Zukunft Roboter und komplexe Maschinen den Menschen in der Fabrik überflüssig machen. Doch genau das Gegenteil ist der Fall: Technologie, die an den Menschen und den Fabrikkontext intelligent angepasst ist, verhilft zu einer deutlich höheren Produktivität und insbesondere einer höheren Flexibilität im Vergleich zu heutigen Robotersystemen.

Technologien in der Mensch-Maschine-Interaktion

Der Austausch von Komponenten oder das Umrüsten von Maschinen sind nur zwei Beispiele für den Einsatz innovativer Technologien wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR). Mit ihrer Hilfe werden Werker in der Fabrik mit Informationen unterstützt. So zeigt das Beispiel eines ortsbasierten Wartungsassistenten die Rolle zukünftiger mobiler Systeme im Arbeitslauf ganz anschaulich: Direkt an der Maschine werden Verbrauchsdaten ohne komplexe Interaktion zur Verfügung gestellt. In neuartigen kooperativen Mensch-Robotik-Systemen sitzen Werker und Roboter „an einem Tisch“ und nehmen gemeinsam Fertigungsschritte vor.

Aber nicht nur während der Fertigung spielt die Mensch-Maschine-Interaktion eine immer wichtigere Rolle. Schon bei der Fabrikplanung können intelligente Systeme den Planungsprozess verbessern und menschenzentrierter gestalten. Ein innovativer Planungstisch des DFKI orientiert sich an dem herkömmlichen – analogen – Planungsverfahren, erweitert dies aber um digitale Inhalte. Verbesserte Lern- und Lehrsysteme im Fabrikumfeld sind ebenfalls das Ziel der Forschung. Dies wird z. B. durch die Einbettung von Lehrinhalten direkt am Fertigungsplatz erreicht: Dank deutlich höherer Flexibilität kann der Tätigkeitsbereich eines Werkers schnell und einfach ausgeweitet werden. Ein weiteres Beispiel sind innovative Gamification-Konzepte, die es Werkern erlauben, ihre eigenen motivationsunterstützten digitalen Werkzeuge für den jeweiligen Arbeitsplatz zu entwickeln.

Trends der Mensch-Maschine-Interaktion in der Fertigung

Es zeichnet sich ab, dass der Mensch in der zukünftigen Produktion weiterhin eine sehr wichtige Rolle spielen wird. Durch den Fortschritt auf dem Gebiet der Mensch-Maschine-Interaktion werden Menschen in der Fabrik der Zukunft wesentlich flexibler arbeiten können als heutzutage. Gleichzeitig wird ihr Betätigungsfeld abwechslungsreicher, interessanter und ihre Motivation und Produktivität werden steigen.



Prof. Dr.-Ing. Antonio Krüger

„Die Umsetzung von Industrie 4.0 erfordert von Werkern, Robotern und Maschinen viel Flexibilität, die es nur mit innovativen Konzepten der Mensch-Maschine-Interaktion gibt. Dabei gilt für mich: Die Fabrik der Zukunft muss sich dem Menschen anpassen, nicht umgekehrt.“

Antonio Krüger studierte Informatik an der Universität des Saarlandes, Promotion 1999. Von 2004 bis 2009 Professor für Informatik und Geoinformatik an der Universität Münster, dann Professor an der Universität des Saarlandes, Schwerpunkt Mensch-Maschine-Interaktion, und tätig am DFKI. Zuletzt war er an Industrie 4.0 Projekten beteiligt.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Antonio Krüger
Deutsches Forschungszentrum
für Künstliche Intelligenz
Intelligente Benutzerschnittstellen
Stuhlsatzenhausweg 3
66123 Saarbrücken
Tel.: +49 (0)681 85775 5075
krueger@dfki.de
www.dfki.de

Industrie 4.0 bei der Liebherr-Verzahntechnik

Die Liebherr-Verzahntechnik ist Spezialist für kundenspezifische Sonderlösungen bei Verzahnmaschinen und Automationssystemen, die auf Basis von Standardlösungen und -komponenten konfiguriert und entwickelt werden. Das Thema Industrie 4.0 beeinflusst dabei unsere Produkte und auch unsere Produktionsmittel. Erkennen von Wartungs- und Reparaturbedarf, Optimierung von Produktionsprozessen und Rückverfolgbarkeit von Teilen sind Aufgaben, die uns Kunden immer häufiger in Pflichtenhefte schreiben, die in Ansätzen bereits Stand der Technik sind und deren Weiterentwicklung und Perfektionierung zum Muss wird. Arbeiten Produktentwicklung und Produktion Hand in Hand, unterstützen die Erfahrungen des täglichen Produktionsbetriebs die Entwicklung. Das Resultat zeigt sich in Form besserer Maschinenverfügbarkeit, kürzerer Bearbeitungszeiten, geringerer Werkzeugkosten und sicheren Einhaltens geforderter Termine und Qualitäten. Den Nutzen haben Produkt und Produktion.



Smarte Produktionsabläufe in der Verzahntechnik

Als Partner der Automobilindustrie sind wir ganz besonders gefordert, Lösungen für Industrie 4.0 umzusetzen. Werkzeugmaschinen und Werkzeuge zum Verzahnen einerseits und Automationslösungen u. a. für die Fertigung der Motorkomponenten Kopf, Block und Kurbelwelle andererseits, sind bestens geeignet, um Produktionsabläufe zu vernetzen und zu selbst steuernden und selbst optimierenden Systemen zu entwickeln. Die konkreten Wünsche, die in das Themenfeld von Industrie 4.0 einzuordnen sind, formulieren Kunden und die eigene Produktion mit dem Ziel, Produktivität zu steigern, die Qualität auf hohem Niveau konstant und die Maschinenauslastung bei maximaler Flexibilität hoch zu halten. Bei der Realisierung ist dann festzustellen, dass vielfältige Hürden zu überwinden sind. In der Regel nur dezentral verfügbare Daten, Informationen und Signale stehen mangels standardisierter Schnittstellen nicht zur unmittelbaren Nutzung zur Verfügung. Individuelle Anpassungen von Schnittstellen und Software werden erforderlich. Der Datenaustausch zwischen Maschinen und übergeordneten Leitsystemen wird unumgänglich. Der Zugriff auf diese Daten wird durch vielfältige Bedenken bezüglich des Schutzes firmenspezifischen Know-hows verhindert.

Trotz dieser Hindernisse überzeugen die Potenziale: So kann beispielsweise für Bearbeitungszentren, die an ein Automationssystem zum Speichern, Rüsten und Werkstückwechseln angeschlossen sind, der Planungsaufwand auf die Übergabe der Bedarfstermine reduziert werden. Die Steuerung aller Aktivitäten übernimmt der Leitrechner. Die notwendigen Informationen beispielsweise über die Reststandzeit von Werkzeugen kommen aus der Maschine bzw. vom Werkzeugchip. So wird es möglich, Maschinen mannlos zu betreiben und den Werker losgelöst vom Bearbeitungsprozess für die Aufgaben einzusetzen, die die Maschine nicht leisten kann.

Neben Verbesserungen von Produktionsabläufen rücken Themen wie vorbeugende Instandhaltung, adaptive Prozessregelung und Rückverfolgbarkeit in den Fokus. Die Antriebs- und Steuerungssysteme von Werkzeugmaschinen haben bereits heute Daten zur Verfügung, die, sinnvoll ausgewertet, den Ausfall von Maschinenelementen vorhersehbar machen. Notwendige Reparaturen können geplant und nicht durch Maschinenausfall erzwungen erledigt werden. Live können diese Daten genutzt werden, um die Dynamik von Bearbeitungsprozessen zu beeinflussen, um z. B. die Standzeit von Werkzeugen oder die Qualität von Oberflächen zu verbessern. Beschriftungssysteme können Prozessinformationen aus der Produktionsanlage auf den Werkstücken dokumentieren und so im Schadensfall Rückschlüsse auf die Schadensursache ermöglichen.



Dr.-Ing. Klaus-Werner Finkenwirth

„Mit Industrie 4.0 werden Lösungen zur Verfügung gestellt, die Produktionsabläufe wettbewerbsfähiger gestalten. Der Anfangserfolg wird dazu führen, dass immer mehr intelligente Lösungen gefunden werden, die unsere Produktionssysteme besser, schneller, flexibler und wirtschaftlicher machen.“

Dr.-Ing. Klaus-Werner Finkenwirth hat Maschinenbau studiert und über CAD-Systeme promoviert. Er ist Geschäftsführer der Liebherr-Verzahntechnik GmbH und Vorstandsvorsitzender des Forschungsinstituts des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken.

Kontakt

Dr.-Ing. Klaus-Werner Finkenwirth
Geschäftsführer Liebherr-Verzahntechnik GmbH
Kaufbeurer Straße 14
87437 Kempten
Tel.: +49 (0)831 786 1351
jutta.mayer@liebherr.com
www.liebherr.com



Infineon – Part of your life. Part of tomorrow.

Die Infineon Technologies AG ist ein weltweit führender Anbieter von Halbleiterlösungen, die das Leben einfacher, sicherer und umweltfreundlicher machen. Klein, kaum wahrnehmbar, sind Halbleiter unverzichtbare Begleiter unseres täglichen Lebens. Chips von Infineon kommen zum Einsatz, wo Strom effizient erzeugt, übertragen und genutzt wird. Sie sichern unseren digitalen Datenaustausch, senken den Schadstoffausstoß von Autos und sind der Schlüssel für vollautonomes Fahren. Mit weltweit etwa 35.400 Beschäftigten erzielte Infineon 2015 einen Umsatz von rund 5,8 Milliarden Euro.

Infineon betreibt in Dresden mit rund 2.000 Mitarbeitern seinen modernsten Fertigungs- und Technologieentwicklungsstandort. Seit der Gründung im Jahr 1994 wurden hier über 3 Milliarden Euro investiert. Infineon Dresden steht für zukunftsweisende Technologien, eine vollautomatisierte Produktion und erfolgreiche Innovationen und lebt schon heute Industrie 4.0 – sowohl in der weltweit höchstautomatisierten 200mm-Halbleiterfertigung als auch in der ersten und weltweit einzigen Hochvolumenfertigung von Leistungshalbleitern auf 300mm-Wafern.

Industrie 4.0@Infineon

Dresden – die intelligent vernetzte Fertigung

Die Infineon Technologies AG ist bei Industrie 4.0 gleich zweimal engagiert: Infineon entwickelt und fertigt Halbleiter wie z.B. Mikrocontroller, Sensoren oder Leistungsbaulemente, quasi das Gehirn, die Sinne und die Muskeln für die intelligenten Systeme und produziert selbst in Smarten Fabriken wie in Dresden.

Jede Woche durchlaufen hier Tausende von Siliziumscheiben die hochkomplexe Fertigung in den Reinräumen. In der Halbleiterbranche sind Anlagen sehr kapitalintensiv. Daher wird in der Produktion das Ziel verfolgt, die Auslastung bei gleichzeitiger Gewährleistung oberster Qualitätsstandards zu steigern. Mögliche Störungen im Produktionsprozess sind schnell zu identifizieren. Infineon hat erkannt, dass sich diese anspruchsvollen Anforderungen nur durch die konsequente Anwendung von Industrie 4.0 erfüllen lassen.

Die Dresdner Fabrik ist ein Beispiel für eine intelligent vernetzte Fertigung: Wafer-Transport, Anlagenbedienung und Fertigungssteuerung sind miteinander verknüpft und werden von IT-Systemen gesteuert. Darüber hinaus kommuniziert die Fertigung mit anderen Standorten weltweit. Am Standort Dresden wurde ein hoher Automatisierungsgrad als eine wesentliche Voraussetzung für eine „Smart Factory“ erreicht: Die 200-mm-Fabrik von Infineon Dresden ist eine der höchstautomatisierten Fertigungen weltweit. Die 300-mm-Hochvolumenfabrik für Leistungshalbleiter wurde von Anfang an als hochautomatisierte Fabrik konzipiert. Die benutzten Transporthorden mit den zu prozessierenden Wafern sind mit RFID-Chips versehen. Sie ermöglichen, dass kontinuierlich Daten und Informationen geliefert werden, mit denen sich der Herstellungsprozess reibungslos steuern lässt. Die Grundlage für diese Form der Produktion bilden standardisierte Prozesse. So liefert die vernetzte Fabrik Meldungen über Prozesszustände an den Maschinen, wie z. B. über Engpässe oder Störungen, und sie kommuniziert in Echtzeit mit den Maschinen, um die Produktion kontinuierlich zu steuern und zu optimieren.

Die Fertigung stellt mit bis zu 1.200 Prozessschritten einen hochkomplexen Ablauf dar und erfordert reibungslose Abläufe. Mit Hilfe übergreifender Vernetzung ist es zum einen möglich, schnell auf Störungen zu reagieren. Zum anderen lassen sich mit ihrer Unterstützung auch im Normalbetrieb Produktivität und Qualität steigern. Dadurch kann Infineon zugleich seine Position im Wettbewerb verbessern.



Helmut Warnecke

„Auf dem Weg zur heutigen, fabrikübergreifenden Vernetzung ging Infineon schrittweise vor und setzte mehr und mehr Elemente von Industrie 4.0 in der eigenen Fertigung ein. Aus einer gesteigerten Produktivität erwuchs eine höhere Wettbewerbsfähigkeit.“

Helmut Warnecke ist seit mehr als zehn Jahren Geschäftsführer der Infineon Technologies Dresden GmbH und seit 2009 außerdem Vorstandsmitglied des Silicon Saxony e.V.

Kontakt

Helmut Warnecke
Geschäftsführer Infineon
Technologies Dresden GmbH
Königsbrücker Straße 180
01099 Dresden
Tel.: +49 (0)351 8860
helmut.warnecke@infineon.com
www.infineon.com



thyssenkrupp Elevator – The future is now

thyssenkrupp Elevator umfasst die weltweiten Konzernaktivitäten im Geschäftsfeld Personenbeförderungsanlagen. Mit einem Umsatz von 7,2 Mrd. Euro im Geschäftsjahr 2014/2015 und Kunden in 150 Ländern hat sich thyssenkrupp Elevator seit seinem Markteintritt vor 40 Jahren als eines der führenden Aufzugsunternehmen der Welt etabliert. Das Unternehmen mit mehr als 50.000 qualifizierten Mitarbeitern bietet intelligente und energieeffiziente Produkte, entwickelt für die individuellen Anforderungen der Kunden. Innovative Lösungen ermöglichen die Entwicklung von intelligenten Städten. Das Portfolio umfasst Personen- und Lastenaufzüge, Fahrtreppen und Fahrsteige, Fluggastbrücken, Treppen- und Plattformlifte sowie maßgeschneiderte Servicelösungen für das gesamte Produktangebot. Über 900 Standorte rund um den Globus bilden ein dichtes Vertriebs- und Servicenetz und sichern somit eine optimale Nähe zum Kunden.

MAX – Vorausschauender Service für Aufzüge

Rund eine Milliarde Menschen nutzen täglich den Aufzug. Mit zunehmender Urbanisierung wird sich diese Zahl noch weiter erhöhen: Alleine in den nächsten drei Jahrzehnten wird die städtische Bevölkerung um drei Milliarden Menschen zunehmen. Um die Fahrt mit dem Aufzug noch komfortabler und effizienter zu machen, startet thyssenkrupp die vorausschauende Servicelösung MAX. MAX basiert auf den Microsoft Azure IoT-Diensten (Internet of Things). Das Ziel: die Verfügbarkeit von Aufzügen zu erhöhen und Transportkapazitäten in Gebäuden deutlich zu verbessern. Mit MAX können Ausfälle erheblich reduziert werden. Insgesamt bis zu 95 Millionen Stunden an zusätzlicher Verfügbarkeit wären bei einer weltweiten Installation von MAX möglich – pro Jahr.

thyssenkrupp Elevator startet MAX: Eine wegweisende präventive Service- und Wartungslösung mit der Ausfallzeiten vorhandener und neuer Aufzüge um die Hälfte verringert werden können. Aufzüge senden ihre Daten zukünftig in die Cloud und geben Servicetechnikern eine Übersicht über den aktuellen Zustand. In Echtzeit senden die Anlagen Informationen über erforderliche Reparaturen, den Austausch von Komponenten und ermöglichen eine proaktive Systemwartung.

Derzeit befördern zwölf Millionen Aufzüge weltweit insgesamt eine Milliarde Personen pro Tag. Damit ist der Aufzug das meistgenutzte und gleichzeitig auch sicherste Transportmittel der Welt. Insgesamt sind diese Aufzüge jedoch aufgrund von Wartungsarbeiten 190 Millionen Stunden außer Betrieb. Mit MAX setzt thyssenkrupp genau hier an: Die Ausfallzeiten sollen um die Hälfte verringert werden.

MAX sammelt auf Basis der Microsoft Azure IoT-Dienste in Echtzeit Daten der vernetzten Aufzüge von thyssenkrupp. Mithilfe von Algorithmen wird die verbleibende Lebensdauer wichtiger Systeme und Komponenten berechnet. Rund 20.000 Techniker und Ingenieure von thyssenkrupp bekommen mit MAX nun einen verlässlichen Partner. Mehr noch: Gebäudeeigentümer werden im Voraus informiert, wenn Systeme oder Komponenten repariert oder ausgetauscht werden müssen. Wartungsarbeiten werden rechtzeitig geplant, um Ausfälle von Aufzügen zu vermeiden. In einem mit MAX vernetzten Gebäude sinkt die Wartezeit für Aufzüge spürbar. Für Fahrgäste bedeutet das weniger Stress, zusätzlichen Komfort und mehr Zeit für die wichtigen Dinge.

MAX ist ein Meilenstein in der Strategie von thyssenkrupp Elevator. In den ersten 18 Monaten sollen bereits 180.000 Anlagen in Nordamerika und Europa mit MAX ausgestattet werden. USA, Deutschland und Spanien sind dabei Pilotländer, weitere wichtige Märkte in Europa sowie in Asien und Südamerika folgen kurz darauf. In zwei Jahren soll MAX auf alle Kontinente ausgeweitet werden und dann für rund 80 Prozent aller weltweiten Aufzüge zur Verfügung stehen.



Andreas Schierenbeck

„Wir wollen neue Maßstäbe in unserer Branche setzen. Heutige Städte benötigen dringend innovative Technologien, um zukünftige Herausforderungen der Urbanisierung zu bewältigen. Zusammen mit Microsoft werden wir den Service von Aufzugssystemen revolutionieren.“

Andreas Schierenbeck ist seit Januar 2013 Vorstandsvorsitzender der thyssenkrupp Elevator AG. Er hat einen Abschluss in Elektrotechnik und verfügt aufgrund seines beruflichen Hintergrunds über fundierte Kenntnisse im Softwarebereich.

Kontakt

Dipl.-Ing. Andreas Schierenbeck
CEO thyssenkrupp Elevator AG
thyssenkrupp Allee 1
45143 Essen
Tel.: +49 (0)201 844 563054
Michael.Ridder@thyssenkrupp.com
www.thyssenkrupp.com



Supply Chain 4.0 – Smart Operations bei Henkel

Mit der Vision einer vollständigen Vernetzung der Wertschöpfungskette definiert die Henkel Global Supply Chain B.V. Strategie und Fokusthemen auf der Reise zu einer „Digitalen Supply Chain“. Basierend auf bereits implementierten IT-Standards werden Initiativen neu definiert und ausgerollt, die helfen, sowohl horizontale, als auch vertikale Elemente der Prozesskette lückenlos zu erfassen. Agilität, Flexibilität und Qualität sind Beispiele zahlreicher qualitativer und quantitativer Vorteile, die die nächste Generation dieser Supply Chain mit sich bringt. Erhebliche Synergieeffekte erwartet die Henkel Global Supply Chain B.V. aus gemeinsamen Initiativen auch mit den anderen Henkel Business Units sowie den Einkaufsabteilungen, die unter dem Dach der Firma gemeinsam agieren. Unter dem Motto „Supply Chain 4.0 – Smart Operations“ setzt Dirk Holbachs Team konsequent Entwicklungsstufen der vergangenen Dekade fort, aus denen globalisierte und standardisierte Prozesse als wesentliche Grundlage für die nächste Stufe – DIGITAL – als Grundsteine gelegt wurden.

Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit End-to-End

Das Faszinierende an Industrie 4.0 sind die fantastischen Möglichkeiten, die sich hieraus ergeben; Effizienz, Qualität, Flexibilität und Sicherheit weiter zu verbessern. Daten-Kommunikation über die gesamte Prozesskette der Supply Chain wird sich signifikant verändern, durch die Nutzung und Auswertung von Daten in Echtzeit. Interkonnektivität von Systemen und Vernetzung großer Datenmengen wird die Steuerung von Prozessen sowie die Kommunikation mit Kunden und Lieferanten erleichtern. Das Spannende an Industrie 4.0 ist, dass es nicht die eine Lösung und das beste Tool gibt. Vielmehr hat der Anwender und Nutzer die Chance die Entwicklung mit zu beeinflussen, Lösungsmöglichkeiten zu testen und, orientierend an den Zielen der eigenen Organisation, das Geeignenste zu implementieren. Schnelligkeit, Experimentierfreudigkeit, Offenheit für Neues und das Erkennen von Trends und Technologien zählt!

Seitens der eingesetzten Systeme – Planung, Bestellung, Produktion, Lagerung, Transport – wird die Vernetzung der Daten erheblich zu Steigerung der Effizienz beitragen. So können intelligente Heuristiken Bedarfe besser in Produktionspläne übersetzen. Verbesserung von Sensorik und Analytik erlauben real-time statistische Prozesskontrolle und -steuerung. Der Einsatz solcher Systeme ermöglicht es, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Qualität von Fertigungsprozessen weiter zu verbessern.

Moderne Tools der Visualisierung werden die Kommunikation mit den Mitarbeitern stark verändern, was z. B. weitere Flexibilisierung von Arbeitsprozessen, bedarfsoptimierte Instandhaltung sowie optimiertes Sicherheitsmanagement ermöglichen kann. Insgesamt eröffnet Industrie 4.0 unendlich viele Möglichkeiten, Supply Chain Prozesse zu verbessern. Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung ist die Bereitschaft, angebotene Lösungsmöglichkeiten zu testen und sich selbst aktiv an deren Entwicklung zu beteiligen. Hierbei sollte in Kauf genommen werden, dass nicht 100 Prozent der implementierten Projekte den gewünschten Erfolg bringen.

Die Vorgabe einer Top-Down-Strategie stellt sicher, dass bei allen Entwicklungsschritten der richtige Kurs eingeschlagen wird. Das Involvierender Mitarbeiter – Bottom-up – zu jedem Zeitpunkt der Umsetzung garantiert, dass möglichst viele innovative Ideen berücksichtigt werden, und es im gesamten Team maximale Motivation zur schnellst- und bestmöglichen Umsetzung gibt. DIGITAL Supply Chain und Industrie 4.0 sind eine große Chance, die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu verbessern.

Wie beginnen? Entscheidend für den Umsetzungserfolg ist es, in einem interdisziplinären Team – Verantwortung, Kompetenz und Erfahrung – Prioritäten hinsichtlich der Vielzahl technischer Möglichkeiten zu setzen, deren Eignung in Pilotversuchen bewiesen wird.

Es ist wichtig während der Umsetzung zu erkennen, dass sich die Anforderungen an die Mitarbeiter und deren Qualifikationen ebenfalls verändern werden: Neue, höher spezialisierte Profile werden verstärkt gefragt werden, und Teams werden flexibel und projektbezogen kooperieren.



Wolfgang Weber

„Das Spannende an Industrie 4.0 ist, dass es nicht die eine Lösung und das beste Tool gibt. Vielmehr haben Anwender die Chance, die Entwicklung mit zu beeinflussen, Lösungsmöglichkeiten zu testen und, orientierend an den Zielen der eigenen Organisation, das Geeignenste zu implementieren.“

Dipl.-Ing. Wolfgang Weber ist bei Henkel verantwortlich für „Strategy, Governance, M&A“ und lanciert die Entwicklung und das Rollout von SC's DIGITAL Strategy. Zusammen mit Dr. Dirk Holbach, dem Leiter „Globale Supply Chain Henkel Laundry & Home Care“, koordiniert er die „Supply Chain 4.0 – Smart Operations“ bei Henkel.

Kontakt

Dipl.-Ing. Wolfgang Weber
Henkel Global Supply Chain B.V.
International SC Strategy and Governance
Gustav Mahlerlaan 2970
1081 LA Amsterdam
Niederlande
Tel.: +31 (0)20 517 4083
wolfgang.weber@henkel.com
www.henkel.com



PricewaterhouseCoopers – From Strategy Through Execution

Unsere Mandanten stehen tagtäglich vor vielfältigen Aufgaben, möchten neue Ideen umsetzen und suchen Rat. Industrie 4.0 ist eine dieser Aufgaben. Wir helfen unseren Mandanten, ihre Daten zu speichern, zu analysieren und daraus Inhalte und Wissen zu generieren. Wir liefern damit einen maßgeblichen Beitrag zur Entscheidungssicherheit sowie zu neuen Erkenntnissen. Wir unterstützen dabei, das Geschäft unserer Mandanten zukunftsfähiger zu machen und schaffen Wettbewerbsvorteile. Das schließt die heutigen Möglichkeiten von Big Data und Advanced Analytics mit ein. Darüber hinaus optimieren und automatisieren wir strategische und operative Geschäftsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zur effizienten und nachhaltigen Unternehmenssteuerung. Mit unserer Industrie 4.0 Analytics Plattform verknüpfen wir strategisches Know-how mit industriespezifischem Expertenwissen und tiefgehender technologischer Expertise.

Industrie 4.0 Analytics App Plattform

Für viele Unternehmen ist der Begriff Industrie 4.0 schon lange kein „Buzzword“ mehr, sondern Inbegriff für eine Business Transformation hin zu mehr Agilität und Transparenz und damit zu höherer Effizienz und Produktivität. Die aktuellen Diskussionen um das Thema Industrie 4.0 zeigen, dass Daten und insbesondere die Fähigkeit zur intelligenten Kombination und Analyse von Daten immer wichtiger werden. Mit modernster Technologie lassen sich die reale und die virtuelle Welt zu einem Internet der Dinge, Dienste und Daten verbinden und die Wertschöpfungskette in einer Smart Factory mit dezentralen, selbststeuernden Arbeitsabläufen digital vernetzen. Dadurch können nicht nur die Flexibilität und Transparenz der Prozesse in den Produktionshallen erhöht werden, sondern es schafft auch die Grundlage für Innovationen sowie neue Service- und Geschäftsmodelle.

Predictive Maintenance in der Smart Factory

Im Rahmen der Industrie 4.0 spielt die vorausschauende Wartung, die sogenannte Predictive Maintenance, eine große Rolle. Hierbei werden große Mengen von Daten kontinuierlich analysiert und gefiltert, sodass ein Modell entwickelt werden kann um zukünftige Ausfälle zu prognostizieren. Werker und die Produktionsleitung erhalten eine klare Sicht auf den aktuellen Anlagenzustand und Wartungsarbeiten können veranlasst werden, bevor ein Ausfall eintritt oder Ausschuss produziert wird. Verlängerte Rüstzeiten durch z. B. eine erforderliche Maschinenreinigung nach eingetretenen Ausfällen können reduziert werden.

Predictive Production Simulation

Prozessoptimierung und ideale Ressourcenausnutzung sind jederzeit Ziele von Unternehmen. Die Verstärkung der Integration einzelner Industrie 4.0 Lösungen, wie beispielsweise Predictive Maintenance, verändern die Anforderungen an die Planung, da Wartungsintervalle nun dynamisch den ursprünglich geplanten Ablauf kontinuierlich beeinflussen. Es werden realistische Prozessmodelle benötigt, die hinsichtlich des vorhandenen Produktionsrisikos analysiert werden können. Predictive Production Simulation integriert kontinuierlich (Sensor)daten aus dem Produktionsprozess und kombiniert diese mit klassischen Ansätzen der Produktionssimulation. Die kontinuierliche Rückkopplung mit (Sensor)daten aus der Produktion liefert immer zuverlässigere Simulationsergebnisse für zukünftige Zustände der Produktionslinien. Automatische Warnmeldungen helfen Produktionsleitern, frühzeitig Maßnahmen gegen verzögerte Produktionsschritte zu ergreifen, bevor sie eintreten.

Industrie 4.0 Analytics App Plattform

Die Industrie 4.0 Analytics App Plattform bietet umfassende Analytics-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette. Von der Überwachung von Kennzahlen aller Werke über Produktionsüberwachung und -simulation bis hin zur Kundenzufriedenheit werden alle relevanten Daten gesammelt und aufbereitet. Insgesamt ermöglicht die Industrie 4.0 Analytics Apps Plattform eine Steigerung der Transparenz und Flexibilität.



Michael Bruns

„Industrie 4.0 hat die Wirtschaft schon jetzt einschneidend verändert. Mit unseren Smart Manufacturing und Smart Supply Chain Lösungen helfen wir unseren Kunden Ihre Daten so zu verbinden und zu analysieren um das Potential von Industrie 4.0 maximal zu nutzen.“

Michael Bruns ist Senior Manager bei PwC und hat seinen Schwerpunkt im Bereich Industrie 4.0 und IoT Analytics. Er besitzt über zwölf Jahre Erfahrung in der Konzeption und Umsetzung von Business Analytics Lösungen, welche er vornehmlich in Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie bei Automobilzulieferern erworben hat.

Kontakt

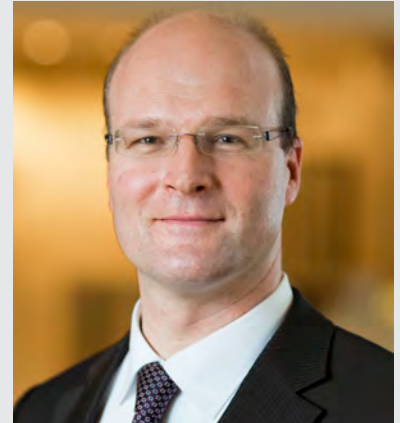
Dipl.-Kfm. Michael Bruns
PricewaterhouseCoopers AG WPG
Business Analytics
Schifferstraße 190
47059 Duisburg
+49 (0)203 3175 110
michael.bruns@de.pwc.com



Ausblick: Industrie 4.0 – Transformation des ganzen Unternehmens

Im vergangenen Jahr haben sich die Gespräche mit Unternehmen zu Industrie 4.0 deutlich verändert – war der Tenor im letzten Jahr noch, dass sie unsicher sind, was Industrie 4.0 für sie konkret bedeutet, so sind heute die meisten Unternehmen überzeugt, Industrie 4.0 für sich nutzen zu wollen. Das Thema ist eine Transformation für das gesamte Unternehmen und gehört daher ganz oben auf die CEO-Agenda. Es handelt sich um einen umfassenden Veränderungs- und Transformationsprozess, den nur die oberste Führungsebene selbst erfolgreich vorantreiben kann. Eine der Schwierigkeiten ist, dass die Wirtschaftlichkeitsrechnung für viele Industrie 4.0 Anwendungen noch nicht ausreichend geklärt ist. Zudem fehlt noch eine Festlegung auf übergreifende Industriestandards, die die Investitionssicherheit erhöhen und die Entwicklung von Lösungen erleichtern werden. Nicht zuletzt müssen Unternehmen ihre Mitarbeiter für die anstehenden Aufgaben fit machen – der Bedarf an Spezialisten für Data Analytics wird rasant zunehmen. Was bleibt ist die Frage, wo die Unternehmen stehen und wie sie das Thema am besten angehen.

Besonders stark wirkt sich Industrie 4.0 auf Geschäftsmodelle und das Produktportfolio aus. Wichtig ist daher, zu fragen, wie sehr Unternehmen Produkte schon jetzt individuell auf Kunden zuschneiden. Industrie 4.0 trägt auch dazu bei, die Wertschöpfungskette im Unternehmen und darüber hinaus stärker zu verknüpfen und damit Kosten zu sparen. Ein weiterer Grund für Unternehmen, sich schon frühzeitig mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Im Zentrum von Industrie 4.0 steht aber vor allem ein neuer Umgang mit Daten. Sie sind Werttreiber und Quelle für neue Produkte und Dienstleistungen. Immer wieder sprechen wir mit unseren Kunden darüber, dass sie die Chancen von Industrie 4.0 nur dann nutzen können, wenn sie Daten stärker nutzbar machen und richtig einsetzen. Industrie 4.0 bedeutet eine umfassende Transformation, die das gesamte Unternehmen betrifft und ein neues Denken erfordert. Es reicht längst nicht aus, nur einen Teil des Unternehmens neu auszurichten. Damit stehen bislang etablierte Prozesse und Abteilungen auf dem Prüfstand. Das setzt bei allen Beteiligten eine Offenheit für Veränderungen voraus.



Dr. Reinhard Geissbauer

„Industrie 4.0 ist eine Transformation für das gesamte Unternehmen und gehört daher ganz oben auf die CEO-Agenda. Es handelt sich um einen umfassenden Veränderungs- und Transformationsprozess, den nur die oberste Führungsebene selbst erfolgreich vorantreiben kann.“

Dr. Reinhard Geissbauer ist Partner bei Strategy&, Teil des PwC Netzwerks. Er leitet den Bereich Industrie 4.0 in EMEA und unterstützt führende Industrieunternehmen von der Entwicklung einer Industrie 4.0 Strategie bis hin zur operativen Umsetzung.

Kontakt

Dr. Reinhard Geissbauer
PricewaterhouseCoopers AG WPG
Bernhard-Wicki-Straße 8
80636 München
Tel.: +49 (0)89 579061 38
reinhard.geissbauer@strategyand.de.pwc.com
www.pwc.com

Impressum

Herausgeber

Microsoft Deutschland GmbH
Konrad-Zuse-Straße 1
85716 Unterschleißheim

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

Text und Redaktion

Microsoft Deutschland GmbH, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH,
Fraunhofer IPA, Dürr Systems GmbH, Krones AG, Volkswagen AG,
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH,
Liebherr-Verzahntechnik GmbH, Infineon Technologies Dresden GmbH,
thyssenkrupp Elevator AG, Henkel Global Supply Chain B.V.,
PricewaterhouseCoopers AG WPG

Gestaltung und Produktion

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, AZ

Stand

Mai 2016

Druck

Druckerei Thiel Gruppe, Ludwigsfelde

Bildnachweis

Thinkstock: Askold Romanov (Titel)
Thinkstock: Wi6995 (S. 2)
Microsoft Deutschland GmbH (S. 3, links)
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (S. 3, rechts)
Microsoft Deutschland GmbH (S. 4-5)
Thinkstock: Ryan McVay (S. 6)
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (S. 7)
Fraunhofer IPA (S. 8-9)
Dürr Systems GmbH (S. 10-11)
Krones AG (S.12-13)
Volkswagen AG (S. 14-15)
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (S. 16-17)
Liebherr-Verzahntechnik GmbH (S. 18-19)
Infineon Technologies Dresden GmbH (S. 20-21)
thyssenkrupp Elevator AG (S. 22-23)
Henkel Global Supply Chain B.V. (S. 24-25)
PricewaterhouseCoopers AG WPG (S. 26-29)

