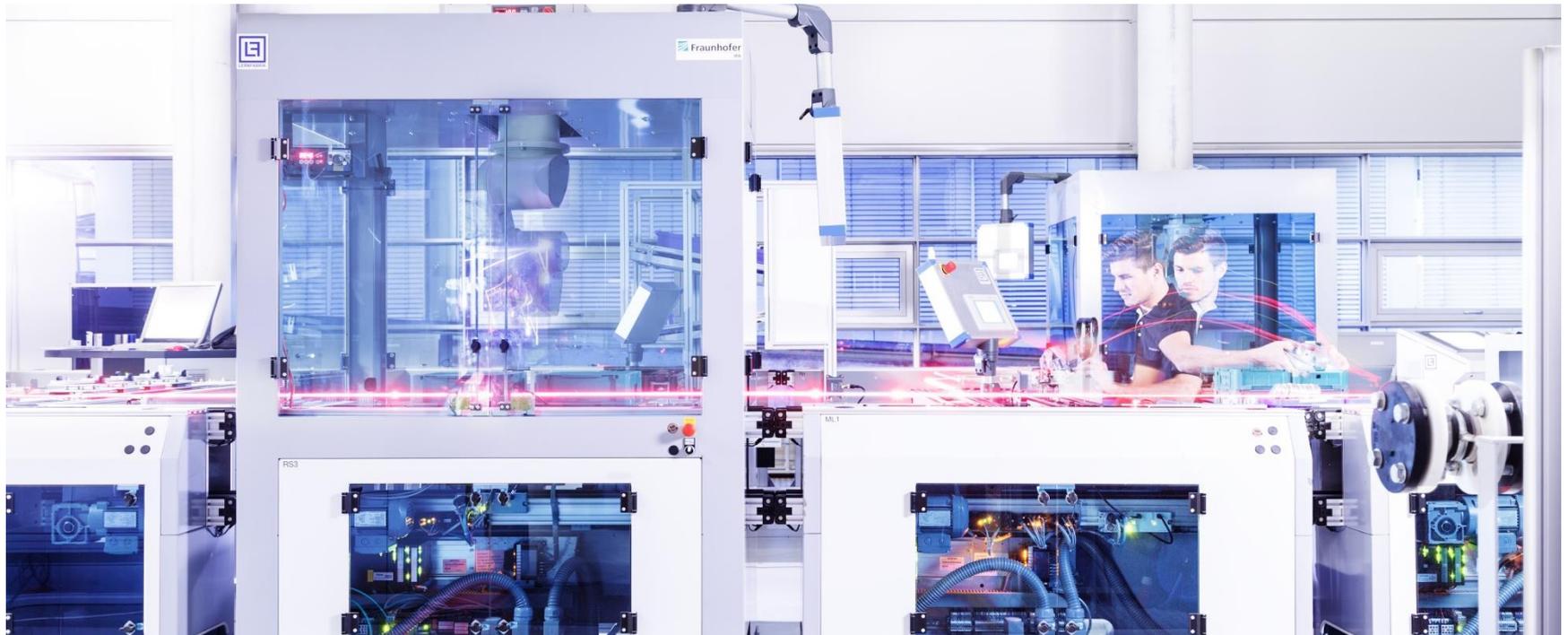


INDUSTRIE 4.0 – CHANCEN FÜR WERTSCHÖPFUNG UND BESCHÄFTIGUNG

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
22. Januar 2016



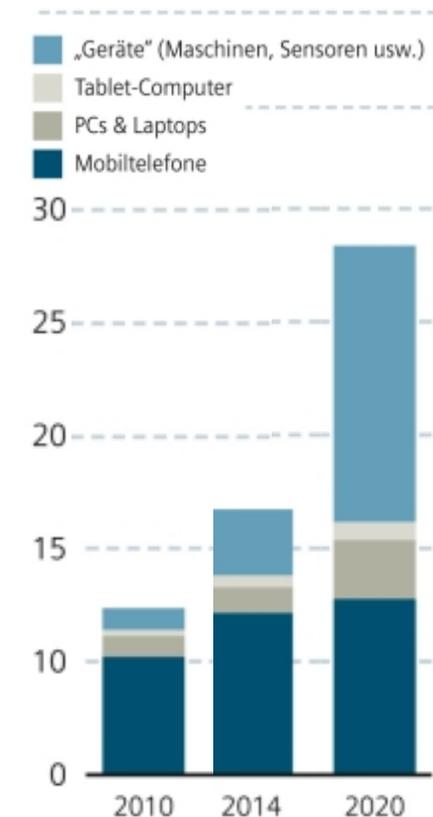
Die digitale Welt von heute und morgen

Internet of Everything

Holistische Vernetzung der Welt als Basis neuer Business Ecosystems

- 3 Milliarden Menschen nutzten im Jahr 2014 das Internet.
- 17 Milliarden Dinge waren im Jahr 2014 über das Internet vernetzt. Im Jahr 2020 werden es voraussichtlich 28 Milliarden Dinge sein.
- Die Anzahl der Services im Internet sind ungezählt. Beispiel Apple Store: > 1 Millionen Apps wurden mehr als 75 Milliarden mal heruntergeladen
- Neue Formen des Wirtschaftens entstehen:
 - Shared Economy
 - Prosumer
 - Industrie 4.0 ...

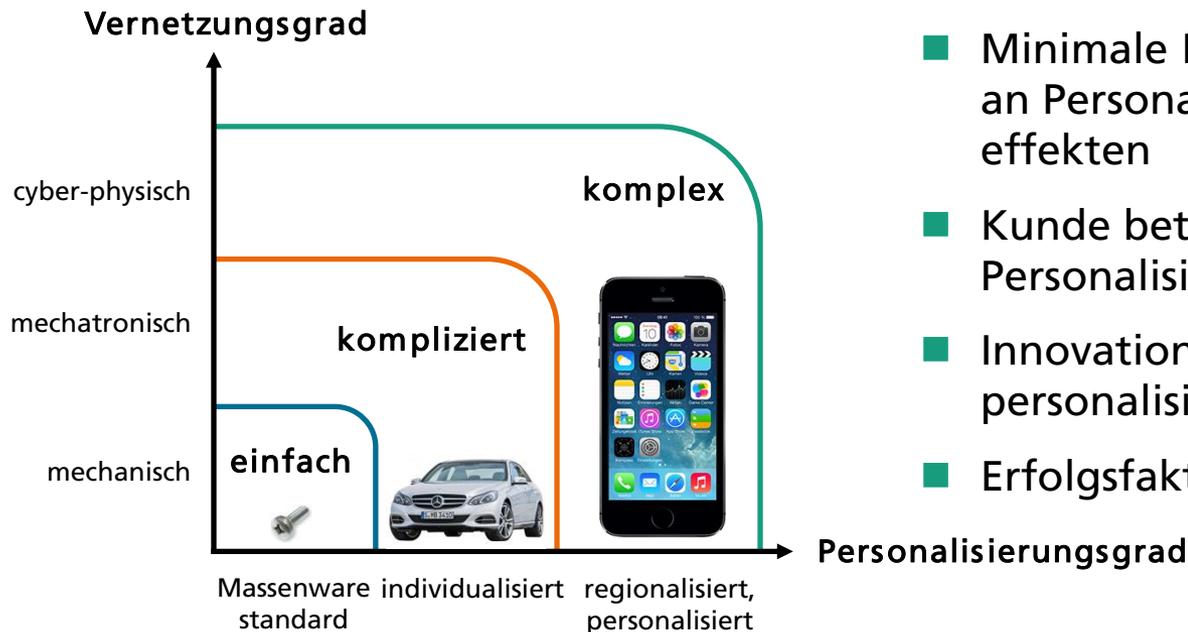
Verbundene Geräte (Milliarden)



Quelle: The Internet of Things, MIT Technology Review, Business Report, Siemens

Wandel der Produktarchitektur aufgrund von steigender Vernetzung und Personalisierung

Offene Architekturen in Verbindung mit cyber-physischen Systeme legen die Basis für „Big Bang Disruptions“

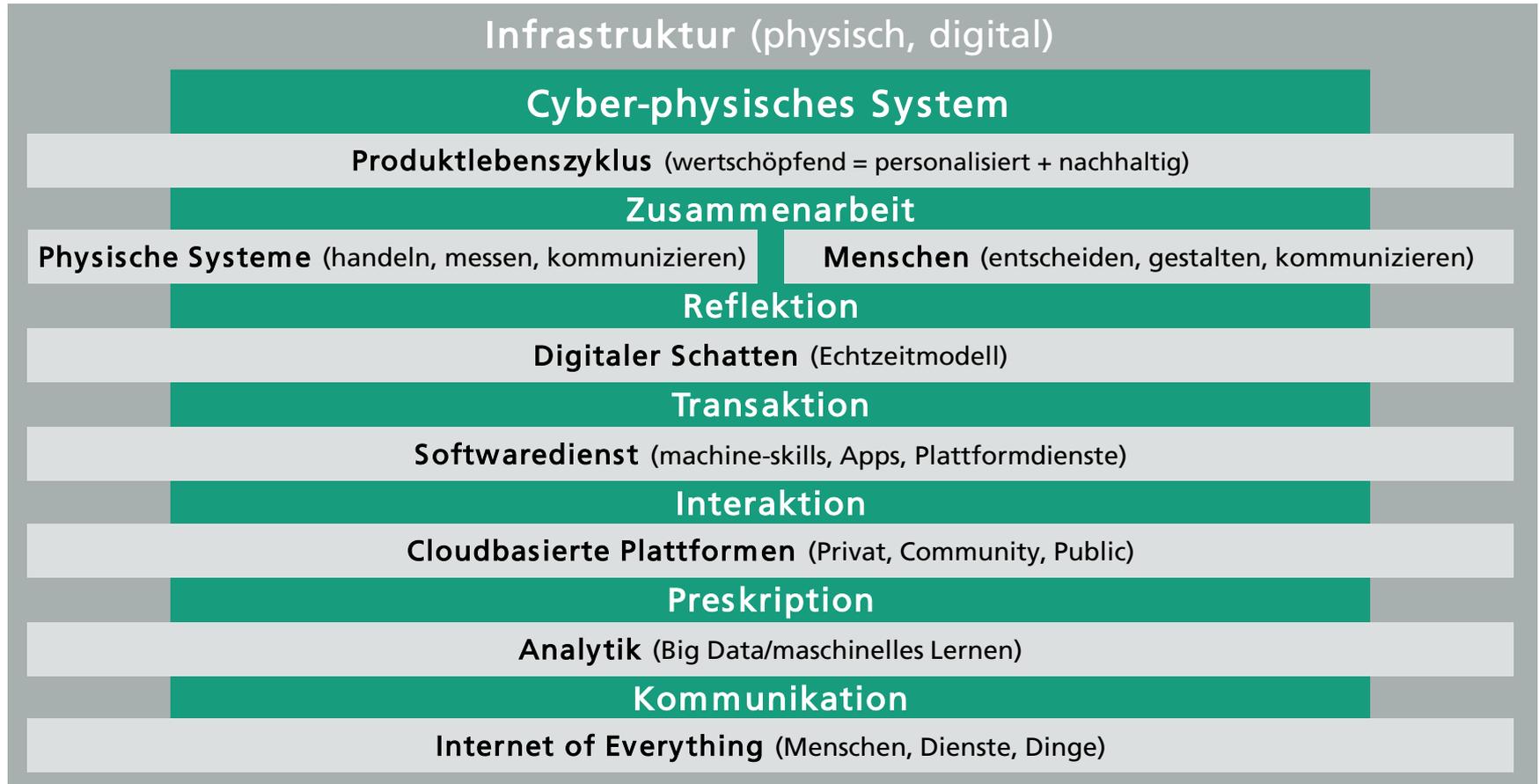


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde beteiligt sich am Personalisierungsprozess
- Innovationsfokus: Eco System, personalisierte Assistenz und HMI
- Erfolgsfaktor: Offenheit

Quellen: Wildemann, H.: Wachstumsorientiertes Kundenbeziehungsmanagement statt König-Kunde-Prinzip; Seemann, T.: Einfach produktiver werden – Komplexität im Unternehmen senken; Bildquellen: apple.de

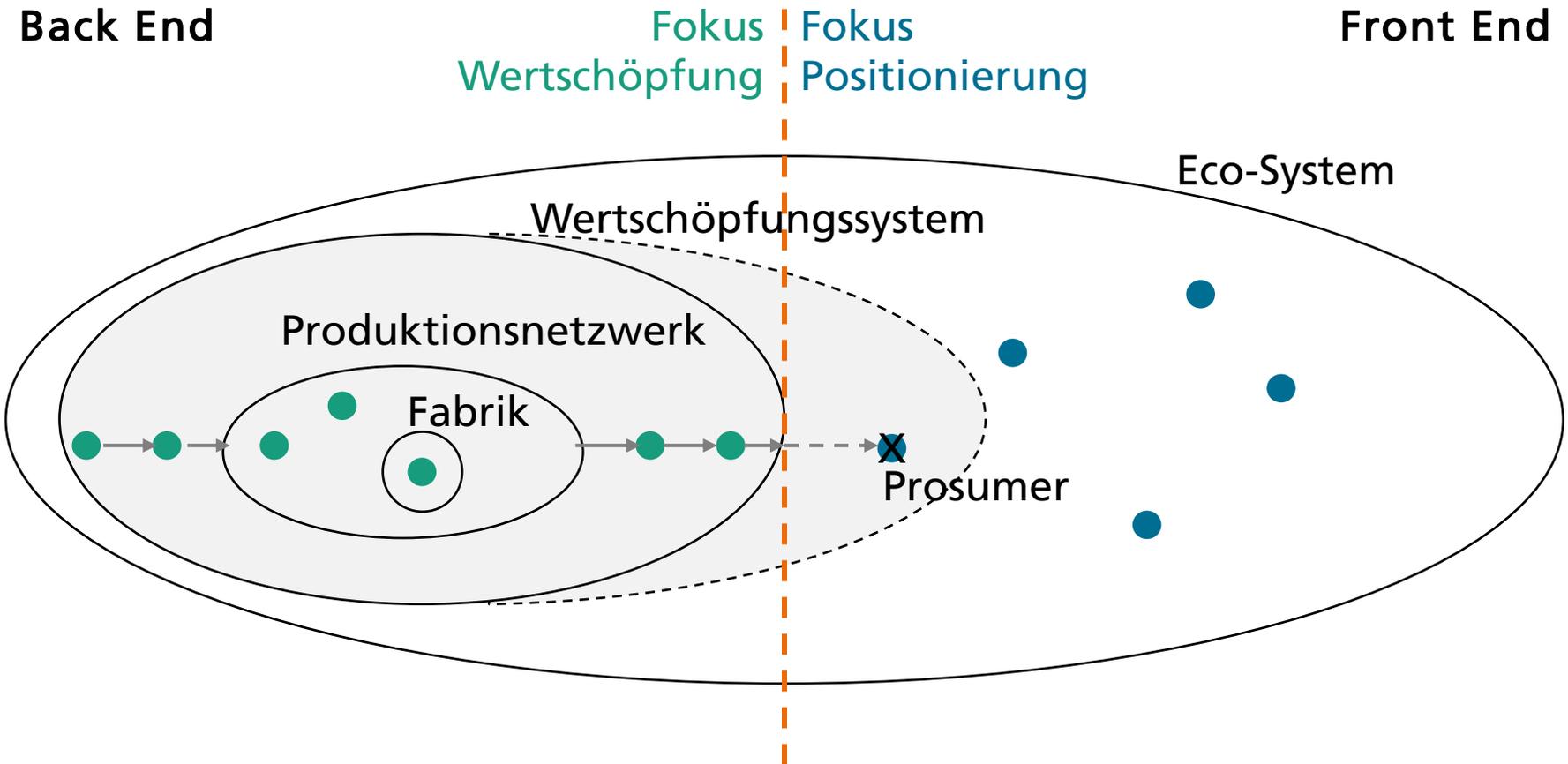
Bausteine der vierten industriellen Revolution

Vernetzung und Rechenleistung öffnet neue Gestaltungs- und Optimierungsdimensionen für Wertschöpfungssysteme (Vertikale Integration)



Aufbau von Eco-Systems

Integrierte Gestaltung von Front und Back End

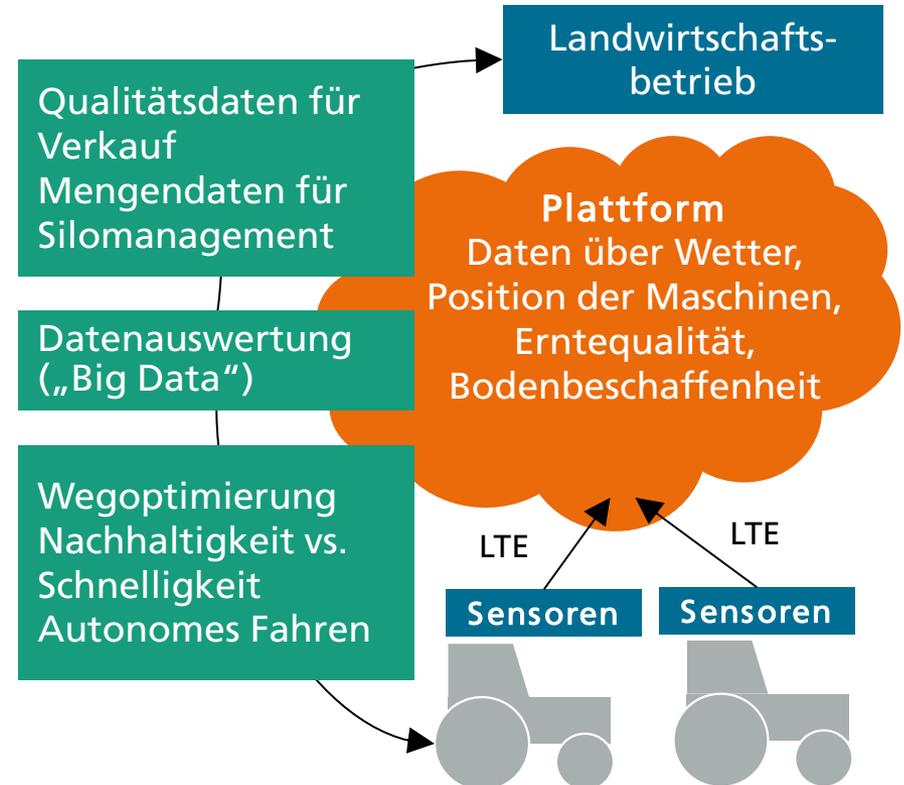


Business Ecosystems

„Farmnet 365“ – eine Initiative aus dem Landmaschinenbau



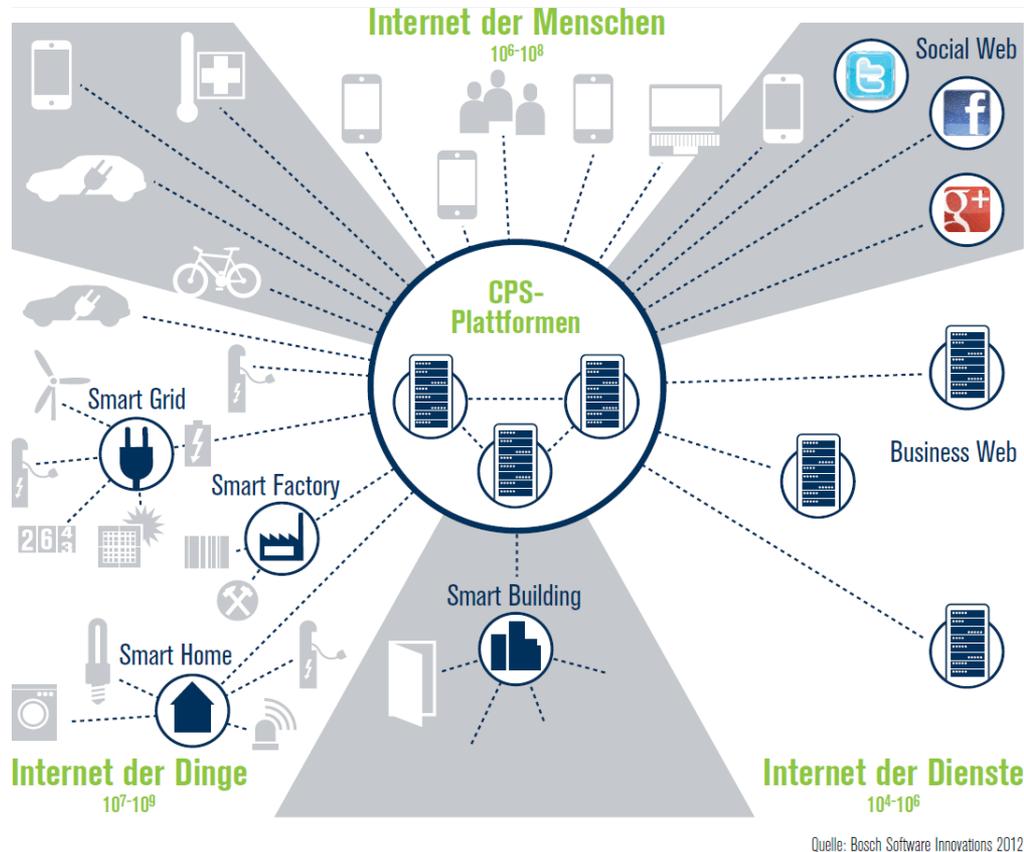
- Pilotprojekt 2013/2014 Digitalisierung der Landwirtschaft zunächst durch Vernetzung der Landmaschinen
- Auswertung der Kundendaten zur Optimierung des gesamten landwirtschaftlichen Betriebs durch Serviceapplikationen
- Bereitstellung der Applikationen durch Partner aus verschiedenen Branchen auf der Online-Plattform von Farmnet
- Speicherung der Daten auf der Plattform als zentraler Zugriffsort
- Mittlerweile: Eco-System mit 15 Partnern rund ums Farmmanagement (u. a. Allianz, GEA, Horsch)



Quelle: Farmnet 365

Digitalisierung von Geschäftsmodellen

Alles wird smart und verändert die Industriesektoren



CPS cyber-physical System, RFID radio-frequency identification

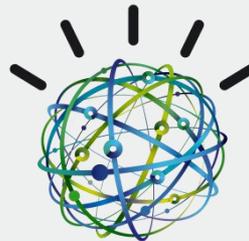
Die Basis: Rechenleistung und Vernetzung

Moore und Metcalfe behalten recht und bestimmen die Möglichkeiten und Wert eines Unternehmens

Vernetzung

Metcalfe:

„Der Nutzen eines Kommunikationssystems wächst mit dem Quadrat der Anzahl der Teilnehmer.“



Leistung

Moore:

„Die Rechnerleistung verdoppelt sich alle 18 Monate.“

Ökosysteme für Smart Business Modelle

Transparenz

- Cyber-physische Systeme
- Internet der Dinge und Dienste
- Real time & at run time
- Everything as a Service

Wissen



Bildquellen: wikipedia.de, ibm.com, abcnews.com



Ökonomische Vorteile der Industrie 4.0

New Innovation	<ul style="list-style-type: none">■ Disruptive Geschäftsmodelle■ Kundenzentrierte Innovationsprozesse■ Open X (- Innovation, - Funding, - Creation, - Source, ...)
Personalisierung	<ul style="list-style-type: none">■ Komplexität als Wettbewerbsfaktor■ Personalisierte Produkte und Dienstleistungen
Regionalisierung	<ul style="list-style-type: none">■ Frugale Produkte■ Lokale Wertschöpfung■ Microfactories
Flexibilität	<ul style="list-style-type: none">■ Dezentrale Arbeitssysteme (Schwarm)■ Plug and Produce (Cyber-physische Systeme)
Kostenoptimierung	<ul style="list-style-type: none">■ Variabilisierung der Kosten (XaaS)■ Komplexitätskostenreduzierung (Prosumer, Plattformen, Communities, ...)■ Datenbasierte Produktivitätsoptimierung (Big Data)
Nachhaltigkeit	<ul style="list-style-type: none">■ Energie- und Materialersparnis (Smart Grid, Zero Waste, ...)■ Ressourcenschonung/Umweltverträglichkeit (Sharing Economy)
Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none">■ Verbesserte Arbeitsbedingungen (Personalisierung der Arbeitsplätze, Verschwendungsreduzierung, Kompetenzaufwertung)■ Neue Arbeitszeitmodelle (Work-Life-Integration)

Quelle: in Anlehnung an Kagermann et al., 2013; Spathet al., 2013

Alle Objekte in der Fabrik werden weitestgehend mobil

Beispiel: Audi R8 – frei navigierendes FTS (navigation as a service)



Quelle: audi-mediaservices.com

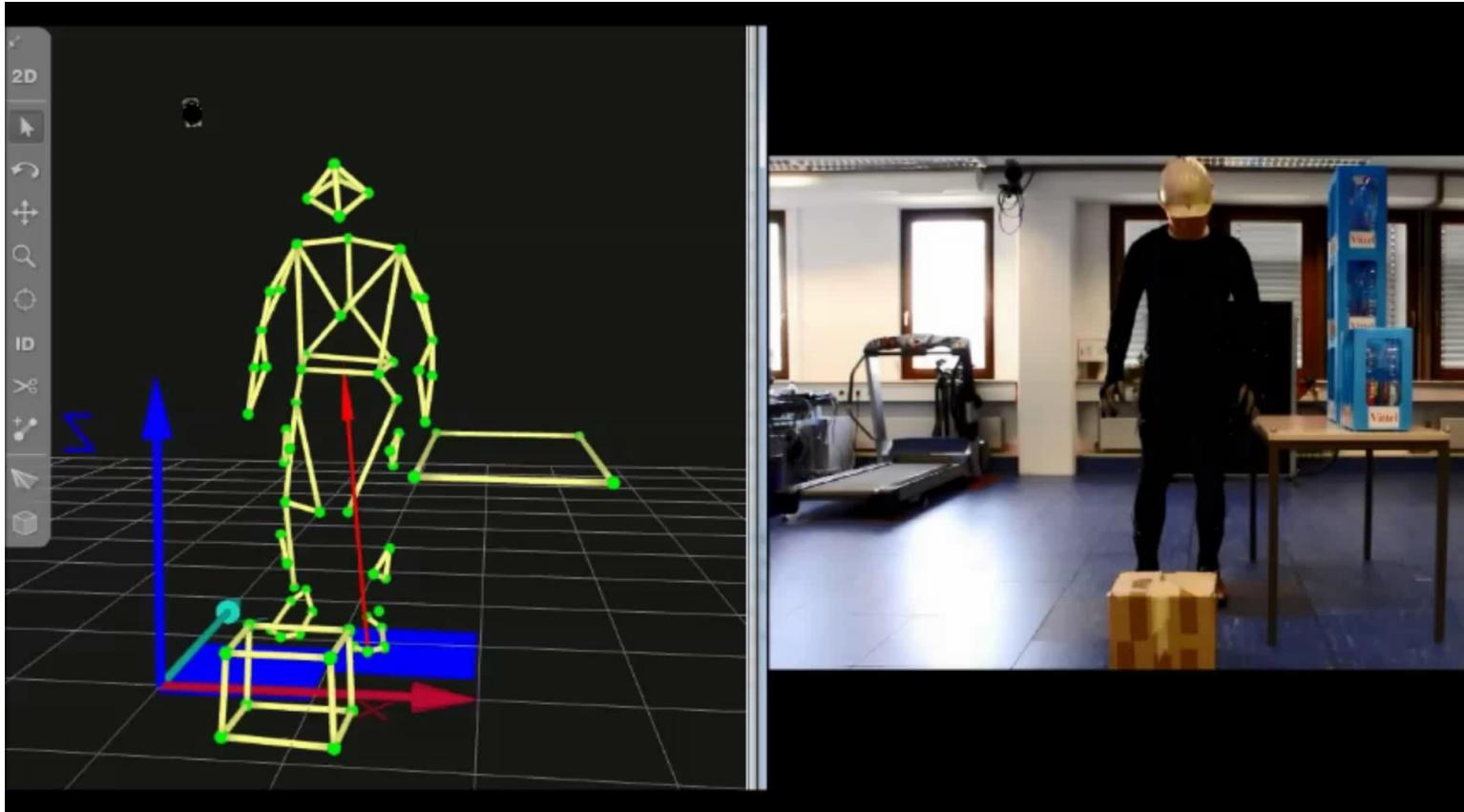
Roboter werden mobil, flexibel und sicher

Beispiel: SEW Eurodrive – frei navigierendes FTS trägt Roboter für „Griff in die Kiste“



Alle Entitäten der Fabrik haben einen „Digitalen Schatten“

Beispiel: Motion Capturing zur Rückführung der realen Abläufe in die Planungsmodelle



Herausforderungen im Umgang mit Big Data

Perspektivenwechsel

Umgang mit komplizierten Zusammenhängen	Umgang mit komplexen Zusammenhängen
Komplizierte Zusammenhänge werden systematisch analysiert (Kausalität)	Komplexe Zusammenhänge werden nicht mehr auf ihre Ursache hin untersucht (Korrelation ersetzt Kausalität)
Dabei wird das komplizierte Geflecht in überschaubarere Einheiten aufgeteilt und Abhängigkeiten untereinander werden untersucht	Aus der Gesamtheit der verfügbaren Daten werden Regelmäßigkeiten abgeleitet (Mustererkennung, z. B. Verhaltensmuster von Kunden)
Stichprobenanalyse, deduktives Vorgehen	Vollständiges Datenbild wird untersucht, induktives Vorgehen
Frage nach dem „Warum“	Frage nach dem „Was“

Smarte Optimierung der Produktivität

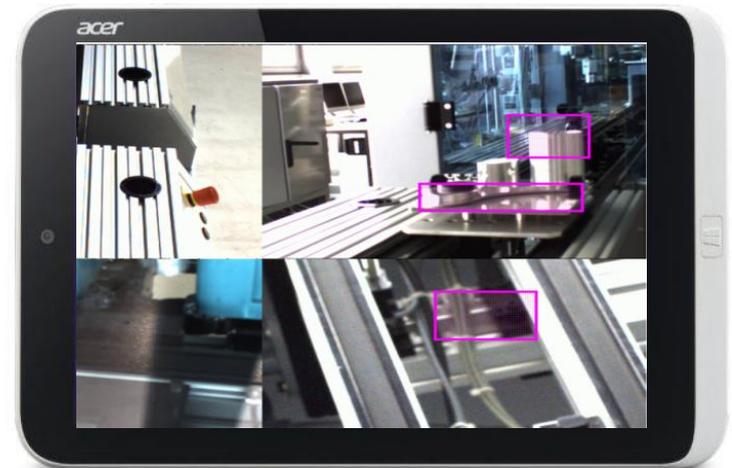
Beispiel: Automatisierte Erkennung von Abhängigkeiten zwischen Prozessen und Ableiten von Verbesserungspotenzialen

Durch

- „Minimalinvasive“ Prozessbeobachtung mit Kameras ohne aufwendige Systemintegration
- Merkmalsbasierte Konfiguration und Wiedererkennung von Zuständen in den Videos mittels adaptiver Auswertelgorithmen

Vorteile

- Echtzeitnahe Prozessanalyse mit direkter Zuordnung von Verlustursachen
- Ermittlung und quantitative Bewertung von Potenzialen zur Prozessoptimierung
- Ständige Transparenz durch Bereitstellung der Störungen und Anlagenzustände für Bediener und Planer



Kernthesen für Wertschöpfungsmodelle der Zukunft

- Optimale Verteilung der Wertschöpfung im Eco-System (Prosumer, horizontale Intergation) führt zu niedrigen Komplexitätskosten und hohen Margen.
- Optimale Verteilung der Funktionalitäten (Services) in der cyber-physical System-Architektur (Cloud vs. Fog, vertikale Integration) führt zu Skaleneffekten und hoher Funktionsadaptivität entlang des Lebenszyklus.
- Die massendatenbasierte Vorhersage von Zukünften auf Basis des digitalen Schattens der Realität (Echtzeit, Big Data) legt die Grundlage für hohe Prozessfähigkeit komplexer Systeme.
- Die Herstellung von personalisierter Hardware durch prozessfähige, generative Fertigung entscheidet über die Wirtschaftlichkeit.
- Verschwendungsfreie Einbindung der Mitarbeiter durch adaptive und selbstlernende Mensch-Maschine-Schnittstellen (remote und physische Schnittstellen) sorgt für umfassende Akzeptanz im Arbeitssystem.



Bildquelle: faz.net, google.de

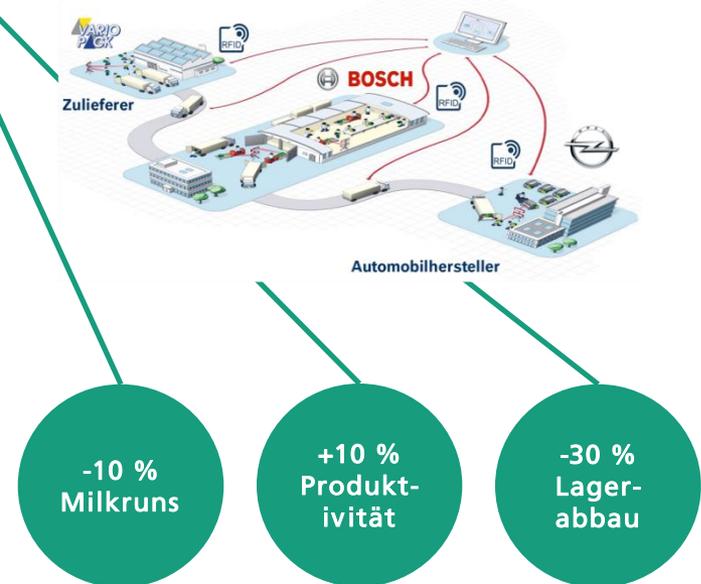
Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

Experten erwarten eine Gesamt-Performance-Steigerung von 30–50 % in der Wertschöpfung

Abschätzung der Nutzenpotenziale

Kosten	Effekte	Potenziale
Bestandskosten	<ul style="list-style-type: none"> Reduzierung Sicherheitsbestände Vermeidung Bullwhip- und Burbidge-Effekt 	-30 bis -40 %
Fertigungskosten	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung OEE Prozessregelkreise Verbesserung vertikaler und horizontaler Personalflexibilität 	-10 bis -20 %
Logistikkosten	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhung Automatisierungsgrad (milk run, picking, ...) 	-10 bis -20 %
Komplexitätskosten	<ul style="list-style-type: none"> Erweiterung Leitungsspannen Reduktion trouble shooting Prosumer Modell XaaS Everything as a Service 	-60 bis -70 %
Qualitätskosten	<ul style="list-style-type: none"> Echtzeitnahe Qualitätsregelkreise 	-10 bis -20 %
Instandhaltungskosten	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung Lagerbestände Ersatzteile Zustandsorientierte Wartung (Prozessdaten, Messdaten) Dynamische Priorisierung 	-20 bis -30 %

Pilotprojekt von Bosch, bei dem der gesamte Versandprozess über das werksinterne Logistikzentrum in einem Industrie 4.0-Projekt neu strukturiert wurde.



Quelle: IPA/Bauernhansl, Bosch

Hemmnisse Industrie 4.0 umzusetzen aus Sicht mittelständischer Unternehmen

„Gesundes Halbwissen“ führt zu Fehleinschätzungen

- Anforderungen an IT-Sicherheit, Datenschutz
- Hohe Investitionskosten/mangelnde Investitionsbereitschaft
- Unzureichende Kompetenzen der Mitarbeiter/verfügbare Fachkräfte
- Rechtliche Unsicherheiten, Urheberrecht
- Fehlende Transparenz des wirtschaftlichen Nutzen
- Notwendige Prozesse/Arbeitsorganisation
- Fehlende technische oder anerkannte Standards
- Nicht ausreichender Breitbandanschluss
- Fehlende Forschung



Quelle: u.a. Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung „Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun“, 2014, tecchannel.de/bildzoom/2076641/1/947033/EL_mediaN-1006F/; Bildquelle: manager-magazin.de

Bedeutung für die Beschäftigung



Ausgangssituation/Motivation (1/2)

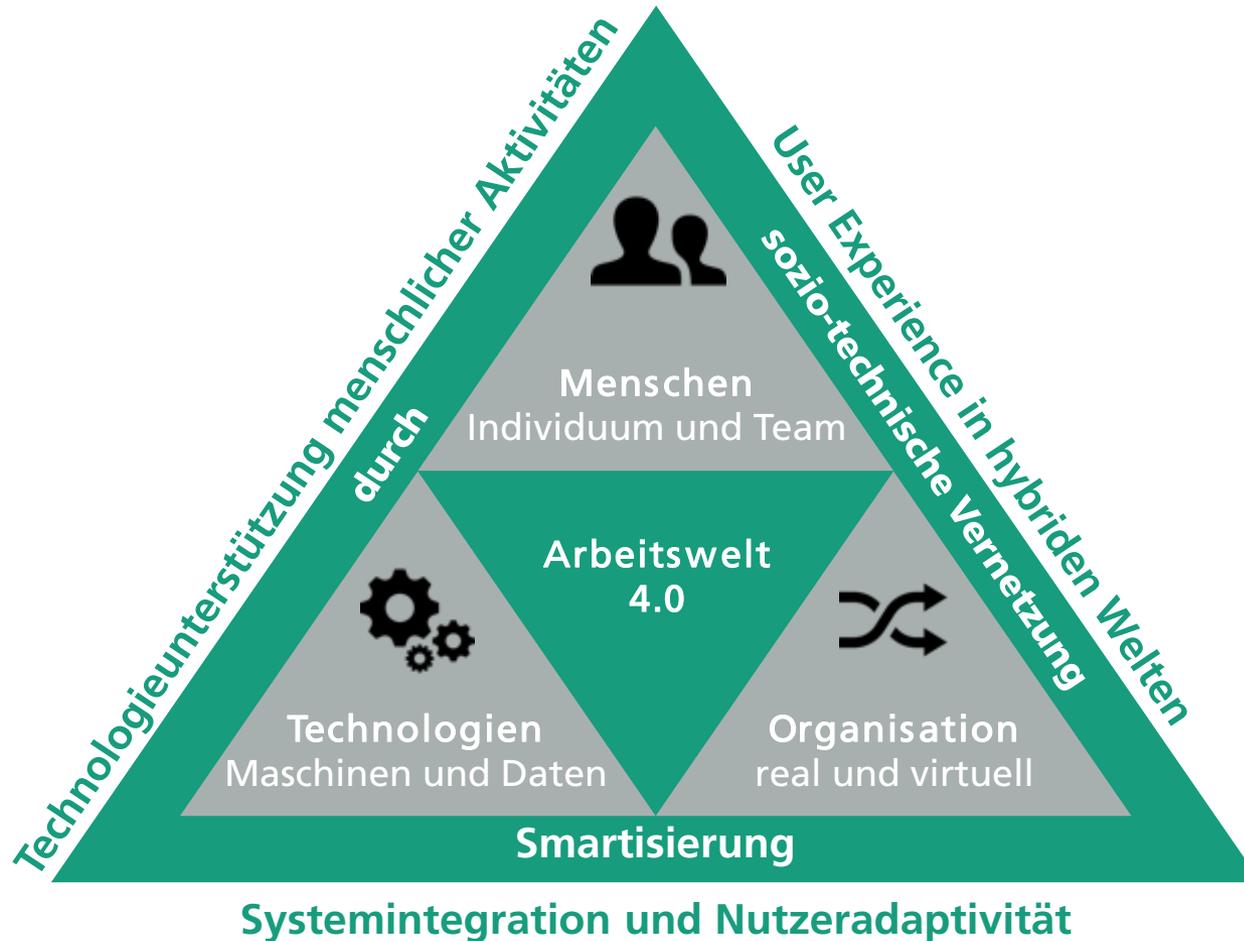
Arbeitswelt verändert sich in Zeiten der Digitalisierung



Quelle: IAO/Schlund, Quelle Grafik: www.mpsservice.net/productivity.php?id=3

Ausgangssituation/Motivation (2/2)

Das TOP-Dreieck der Arbeit bleibt erhalten...aber definiert sich neu!



Quelle: IAO/Schlund

Stimmen/Zahlen zur Änderung in der Beschäftigung durch Industrie 4.0 (1/2)

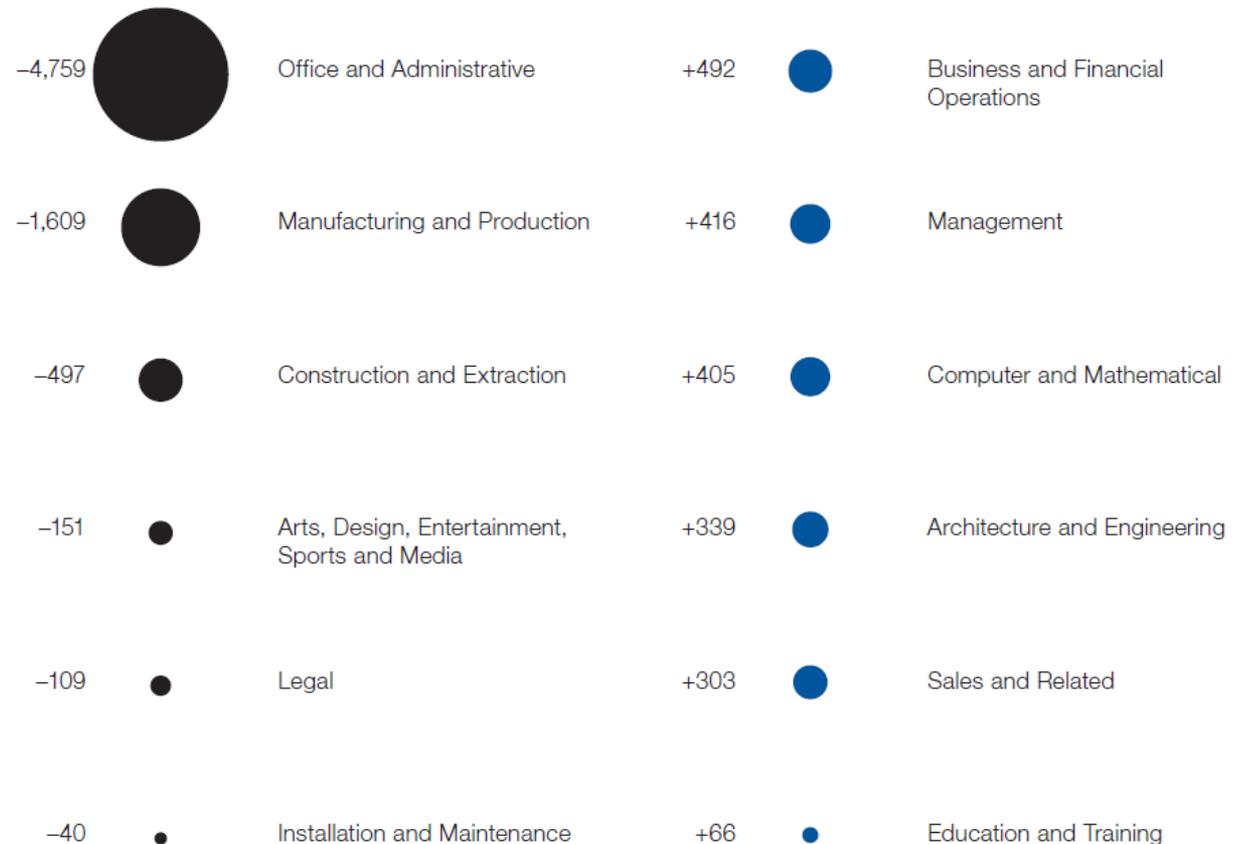
- Carl Frey/Michael Osborne, 2014
 - 47 % der heutigen US-Jobs besitzen ein hohes Substitutionsrisiko durch Digitalisierung/ Automatisierung
- Jeremy Bowles, 2014
 - Substitutionsrisiko liegt europaweit zwischen 46 % (Schweden) und 62 (Rumänien) % der heutigen – für Deutschland bei 51,12 %
- ING DiBa, 2015
 - Substitutionsrisiko liegt für Deutschland bei 59 % – 18,3 Mio Arbeitsplätze sind bedroht
- ZEW, 2015
 - 12 % (5 Mio*) der deutschen und 9 % der US-amerikanischen Arbeitsplätze weisen Tätigkeitsprofile mit „relativ hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit“ auf
- Boston Consulting Group, 2015
 - Bis 2025 werden in Deutschland netto 350.000 Jobs zusätzlich geschaffen; 610.000 fallen in der Produktion weg; 960.000 neue entstehen (v.a. in IT und Data Science)
- IAB, 2015
 - Bis 2025 werden in Deutschland netto 60.000 Jobs verloren gehen; 490.000 fallen weg; 430.000 neue entstehen
- Sabine Pfeiffer/Anne Suphan, 2015
 - „71 % der Erwerbstätigen in Deutschland benötigen lebendiges Arbeitsvermögen im Umgang mit Komplexität und Unwägbarkeiten. Sie haben das dafür nötige Erfahrungswissen entwickelt und bringen es in ihrer Tätigkeit ein.“
- Weltwirtschaftsforum, 2016
 - 5 Mio Industriearbeitsplätze fallen in den Industrieländern in den nächsten 5 Jahren weg; 7 Mio Stellen fallen weg (Büro und Verwaltung), 2 Mio entstehen neu (Computer und Technik)

Quelle: bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/, ing-diba.de/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf,

* netzoekonom.de/2015/06/18/die-digitalisierung-gefaehrdet-5-millionen-jobs-in-deutschland/; bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf; oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf; sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf

Entwicklung der Beschäftigung durch Umsetzung von Industrie 4.0 nach WEF weltweit bis 2020

- 7,165 Mio Arbeitsplätze fallen weg.
- 2,021 Mio Arbeitsplätze entstehen neu.



Quelle: 3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

Auswirkungen von Digitalisierung auf die Beschäftigung

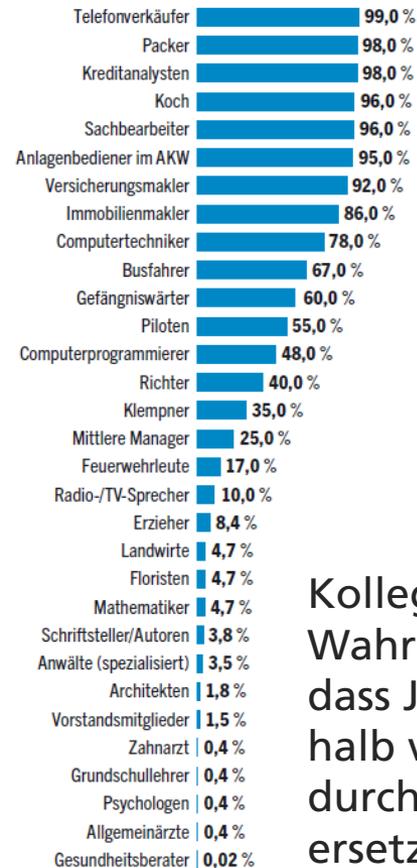
In der Einschätzung scheiden sich die Geister

»Der Standort Deutschland profitiert in den nächsten zehn Jahren deutlich von Industrie 4.0.«

Prognose bis 2025

- Bis zu 390.000 neue Jobs
- BIP-Wachstum von ca. 30 Mrd €
- Investitionsvolumen von ca. 250 Mrd €

Quelle: C. Frey and M. Osborne »The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?«; Economist, 1/2014; WirtschaftsWoche, Nr. 5, 26. Januar 2015; bcgperspectives.com/Images/-Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf



Kollege Computer:
Wahrscheinlichkeit,
dass Jobs inner-
halb von 20 Jahren
durch Maschinen
ersetzt werden

Folgen für die Beschäftigung

- Produktivität steigt.
- Führt zum Verlust von Arbeitsplätzen mit Routine-Tätigkeiten im verarbeitenden Gewerbe.
- Aber Gewinn von Arbeitsplätzen mit Nicht-Routine-Tätigkeiten, die ein höheres Qualifikationsniveau fordern.
- Durch Umsetzung Industrie 4.0. Wandel zur Wertschöpfungsgesellschaft.
- Bleibende Arbeitsplätze erhalten neue Arbeitsabläufe und Tätigkeiten.
- Nachfrage nach im oberen Qualifikationssegment steigt, im mittleren Qualifikationssegment und im niedrigen sinkt die Nachfrage.



Quelle: in Anlehnung an IAB Forschungsbericht 8/2015, Bildquelle : Bosch Rexroth

**Was macht Baden-
Württemberg?**

4.0



Plattform Industrie 4.0

Zur Sicherung und Ausbau der internationale Spitzenposition Deutschlands in der produzierenden Industrie

- Über 75 mitarbeitende Unternehmen, Gewerkschaften, wissenschaftliche und politische Einrichtungen stehen im Dialog zur Entwicklung einheitliches Gesamtverständnis von der Industrie 4.0
 - Mehr als 55 Unternehmen
 - Neun politische Einrichtungen
 - Sechs Verbände
 - Sechs Vertreter aus dem Bereich der Wissenschaft
 - Eine Gewerkschaft
- Handlungsfelder
 - Arbeit 4.0
 - Neue Sicherheitskonzepte für Industrie 4.0
 - Gemeinsame Sprache für Industrie 4.0-Technologien
 - Rechtsrahmen für Industrie 4.0
 - Interdisziplinäre Zusammenarbeit als Grundlage für komplexe Industrie 4.0-Technologien

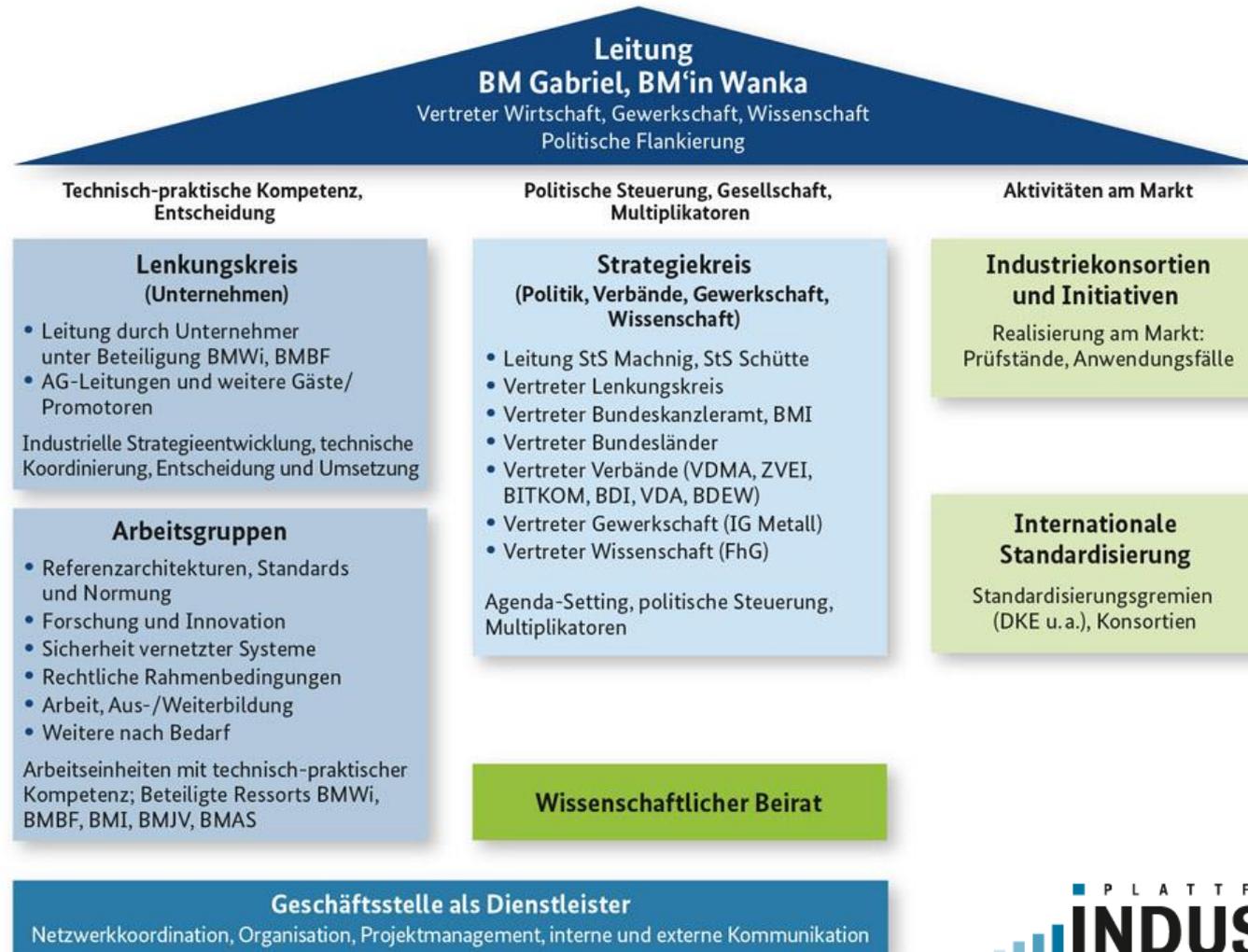
PLATTFORM
INDUSTRIE 4.0

Quelle: plattform-i40.de

28



Organisation der Plattform Industrie 4.0



PLATTFORM
INDUSTRIE 4.0

Baden-Württemberg nutzt die Chancen

Allianz Industrie 4.0

- Vernetzung der wesentlichen Akteure der Industrie 4.0 sowie Maßnahmenbündelung
- Masterplan für die Einführung von Industrie 4.0 und Arbeitsgruppen
- Themensäulen
 - Cyber-physische Systeme
 - IT-Systeme, Vernetzung und Geschäftsmodelle
 - Produktionsplanung und -steuerung
- Partner sind u. a. Arena 2036 e. V., Fraunhofer IPA, IG Metall BaWü, VDI, VDMA, Manufuture BW e.V., Leichtbau BW GmbH



Förderungslandschaft für Industrie 4.0 Projekte in Deutschland und BaWü

- 524 Standorte an denen Fördervorhaben zu Industrie 4.0 in Deutschland durchgeführt werden. Aktiv sind noch 325.
- In BaWü werden an 136 Standorten Industrie 4.0 Vorhaben gefördert. 91 laufen aktuell.



Quelle: bmbf.de

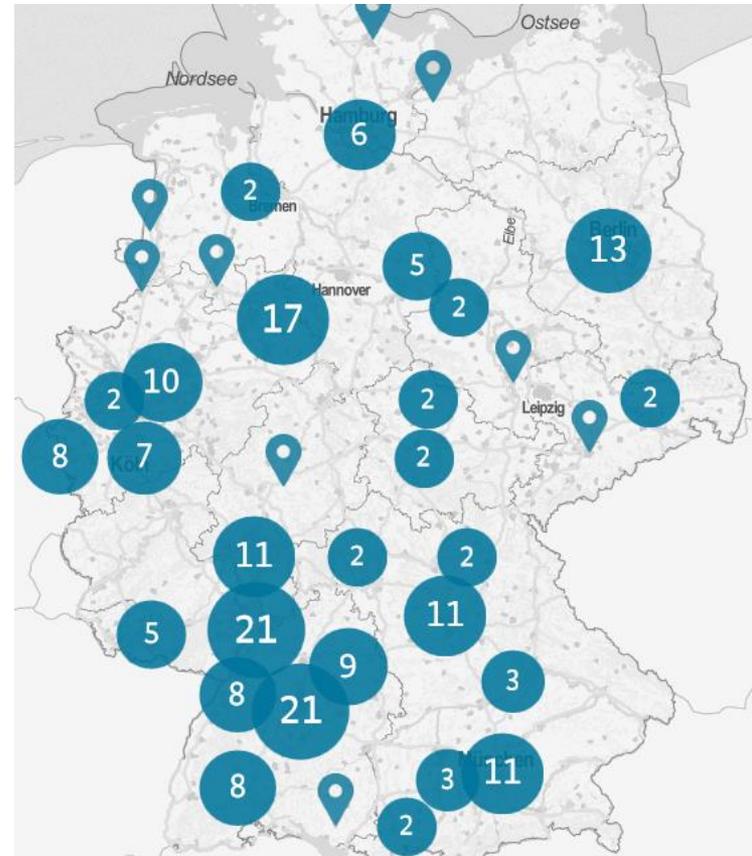
Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse

- Unterstützt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Hilft dem Mittelstand und Handwerk bei der Digitalisierung und Vernetzung sowie der Anwendung von Industrie 4.0.
- Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen soll gestärkt und neue Geschäftsfelder im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0 erschlossen werden.
- Bundesweit stehen
 - vier **Mittelstand 4.0-Agenturen** – Mittelstand 4.0-Agentur „**Cloud**“ (Stuttgart), „**Prozesse**“ (Dortmund), „**Kommunikation**“ (Berlin) und „**Handel**“ (Köln)
 - fünf **Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentren** Darmstadt, Kaiserslautern, Hannover, Berlin und Dortmund
 - ein **Zentrum Digitales Handwerk** (im Aufbau) zur Verfügung.

Anwendungsbeispiele für Industrie 4.0

Hier ist Industrie 4.0 schon heute in Praxis

- 207 Anwendungsbeispiele in ganz Deutschland sind bereits registriert auf der Plattform registriert.
- Davon sind 67 in BaWü.
- Anwendungsbeispiele in der Region Stuttgart
 - **Arena 2036**: Forschungscampus für die nächste Automobilgeneration, Universität Stuttgart
 - **Festo Lernfabrik**: flexible Montagelinien, Ostfildern
 - **SEW Eurodrive Smart Factory**: Konzepte für Aufgaben in der Logistik, Montage und Fertigung, Bruchsal



Quelle: plattform-i40.de

Testumgebungen als Einstiegshilfe für den Mittelstand

Es gibt bereits 20 Testzentren in Deutschland. Davon sind fünf in BaWü.

- **Applikationzentrum Industrie 4.0** am Fraunhofer IPA, Stuttgart
- **Digital Engineering Lab** am Fraunhofer IAO, Stuttgart
- **Smart Data Innovation Lab** am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
- **FZI Living Lab smartAutomation/ Service Robotics**, Fellbach
- **Demo-Center Virtual Engineering**, Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe



Quelle: plattform-i40.de, bmbf.de

Labs Network Industrie 4.0 e.V.

unterstützt den Mittelstand auf dem Weg zu Industrie 4.0

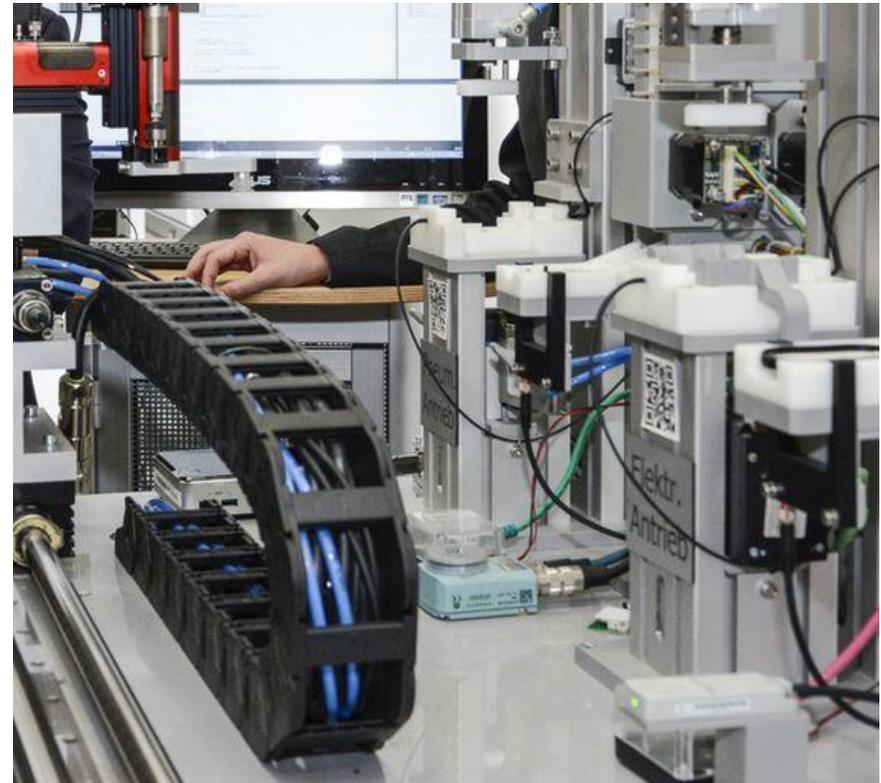
Labs Network
INDUSTRIE 4.0

- Gründungsmitglieder: Siemens, SAP, Hewlett Packard Enterprise, Giesecke & Devrient, Deutsche Telekom, FESTO, Bitkom, VDMA und ZVEI
- Leistung für KMUs
 - Testszenariospezifizieren und passende Testumgebung finden
 - Digitalisierungslösungen erproben
- Ziel des Vereins
 - Intensivierung der Implementierung von Industrie 4.0-Technologien für den dt. Mittelstand
 - Notwendige Struktur der Praxistests initiieren
 - Transfer der Ergebnisse in die Normungsaktivitäten
- Inhaltliche Vernetzung der Testumgebungen durch
 - **Applikationzentrum Industrie 4.0** (Individualisierte Produktion), Fraunhofer IPA, Stuttgart
 - **Smart FactoryOWL** (Produktion in der intelligenten Fabrik/Intelligente Automation), Fraunhofer Gesellschaft, Lemgo
 - **Smart Automation Lab** (Mass Customization), RWTH Aachen
 - **FIR-Innovations-Labs** (Praxisnahe Lösungen für Industrie 4.0-Szenarien mittels smarterer Systeme), RWTH Aachen
 - **Smart Data Innovation Lab** (Data Engineering/Smart Lab), Karlsruher Institut für Technologie
 - **Smart Factory^{KL}** (Modularisierte Fabrik/Hochflexible, automatisierte Fertigung), Kaiserslautern

Quelle: <http://lni40.de>

Nationale Kontakt- und Koordinierungsstelle des BMBF I 4.0 aktiv für KMU

- Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Dominik Lucke
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb IFF
Universität Stuttgart
- Über 15 Mio Euro Förderungsgelder
stehen im Zeitraum von 2016–2018
zur Verfügung.
- Unterstützungsberechtigte Projekte
werden in vier Auswahlrunden pro
Jahr ausgewählt.
- 60–80 Projekte pro Jahr werden in
einem Zeitraum von 4–12 Monaten
bearbeitet.





„Wenn der Wind des Wandels weht,
bauen die einen Mauern,
die anderen Windmühlen.“

(chinesisches Sprichwort)

Erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0



- Herausforderungen und Anforderungen an die IT
- Praxisbeispiele
- Ausblick in die Zukunft

ISBN 978-3-658-04681-1

INDUSTRIE 4.0 – CHANCEN FÜR WERTSCHÖPFUNG UND BESCHÄFTIGUNG

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
22. Januar 2016

