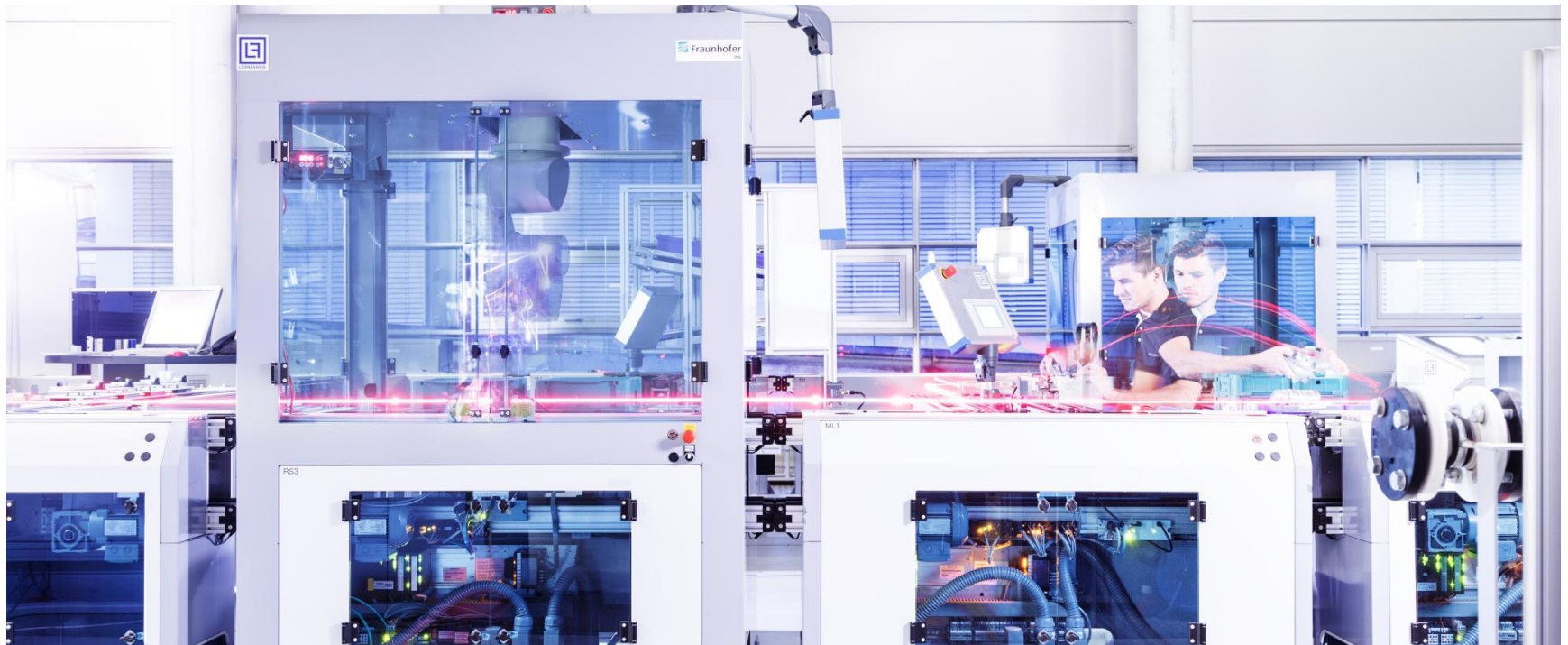


# INDUSTRIE 4.0 – CHANCEN UND RISIKEN FÜR DEN MITTELSTAND

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
21. März 2016



# Das Fraunhofer IPA in der Fraunhofer-Gesellschaft



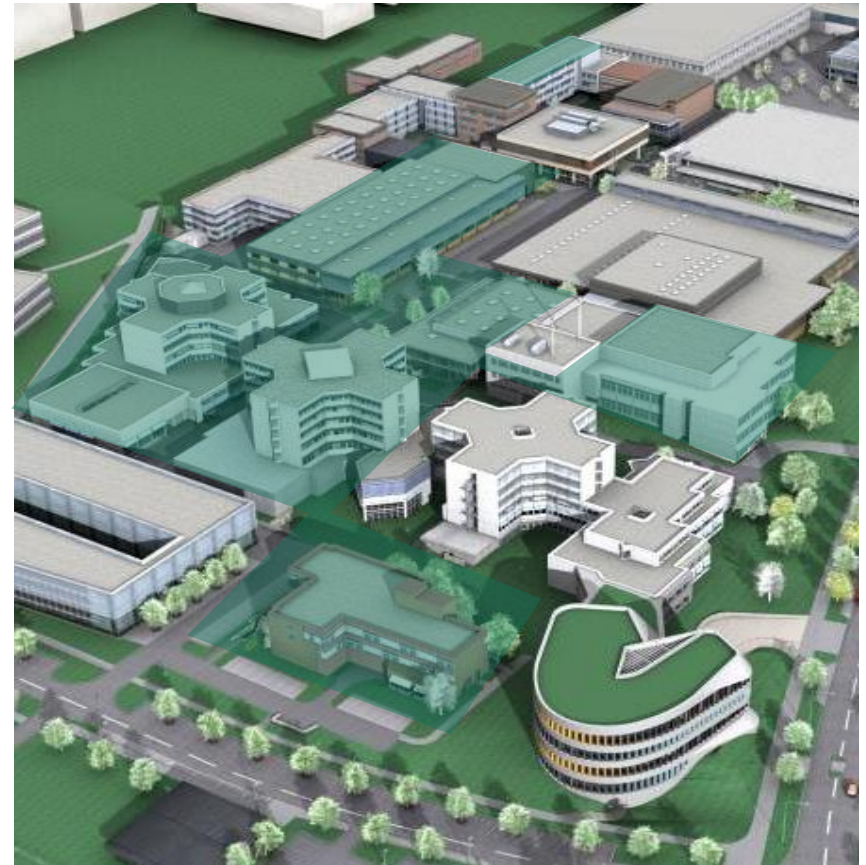
Fraunhofer-Institut  
für Produktionstechnik und  
Automatisierung IPA

- Top 3 von annähernd 70 Fraunhofer-Instituten
- Über 50 Jahre Erfahrung
- Kernkompetenzen in der industriellen Produktion und Automatisierung



# Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart

- 68 Mio Euro Budget
- 22 Mio Wirtschaftsertrag
- über 1.000 Mitarbeiter
- Geschäftsfelder
  - Automotive
  - Maschinen- und Anlagenbau
  - Energiewirtschaft
  - Elektronik und Mikrosystemtechnik
  - Medizin- und Biotechnik
  - Prozessindustrie
- Forschungshighlights
  - ARENA2036
  - Virtual Fort Knox
  - FastStorageBW
  - Care-O-bot® 4



A close-up photograph of a hand typing on a black keyboard. The image is heavily stylized with a blue and green color palette. A semi-transparent white rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the text 'Digitalisierung der Wertschöpfung'. The background features a grid of white lines and scattered binary code (0s and 1s) on a dark blue background, suggesting a digital or data environment. The lighting is soft, highlighting the texture of the hand and the keys.

# Digitalisierung der Wertschöpfung

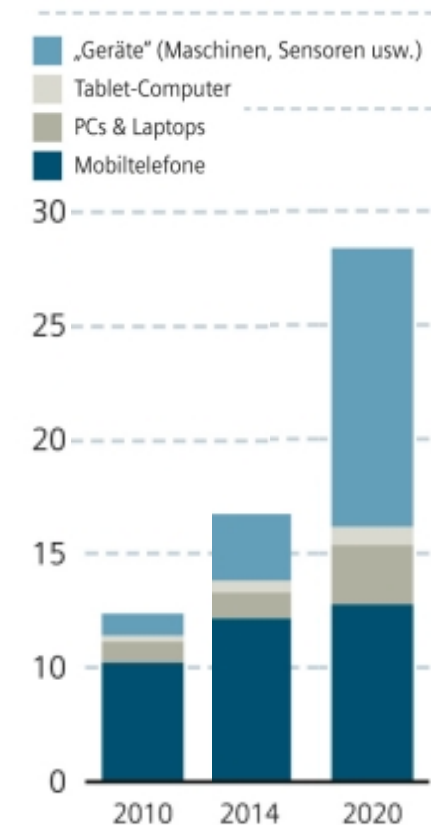
# Die digitale Welt von heute und morgen

## 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 ...

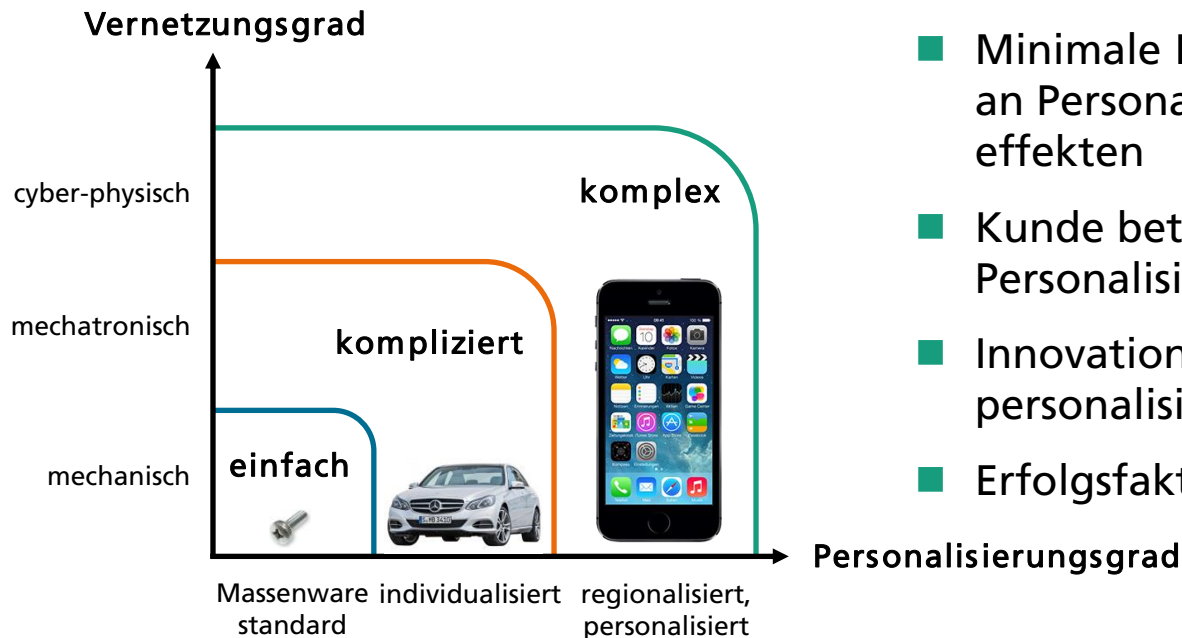
Verbundene Geräte (Milliarden)



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“

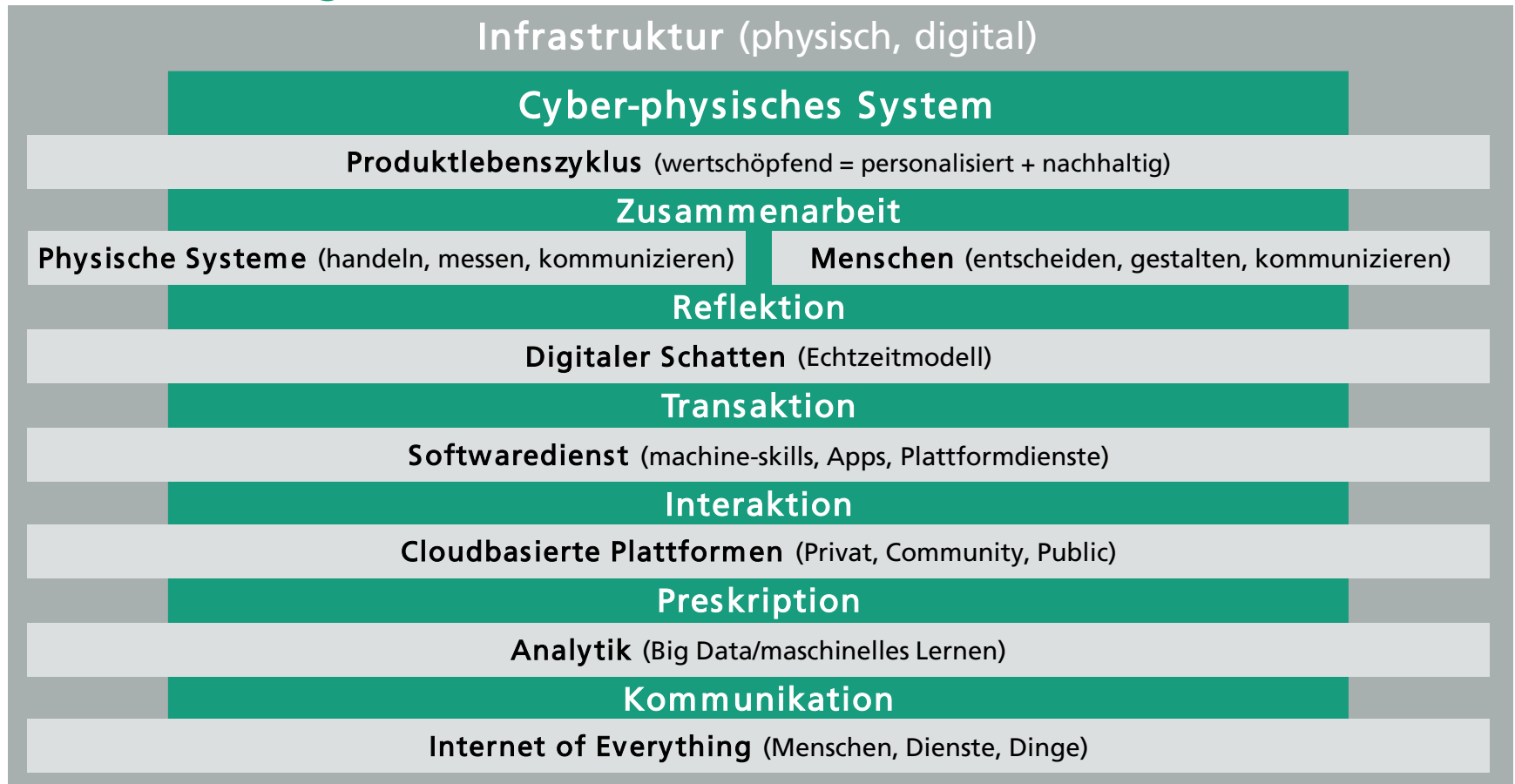


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde beteiligt sich am Personalisierungsprozess
- Innovationsfokus: Eco System, personalisierte Assistenz und HMI
- Erfolgsfaktor: Offenheit

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)



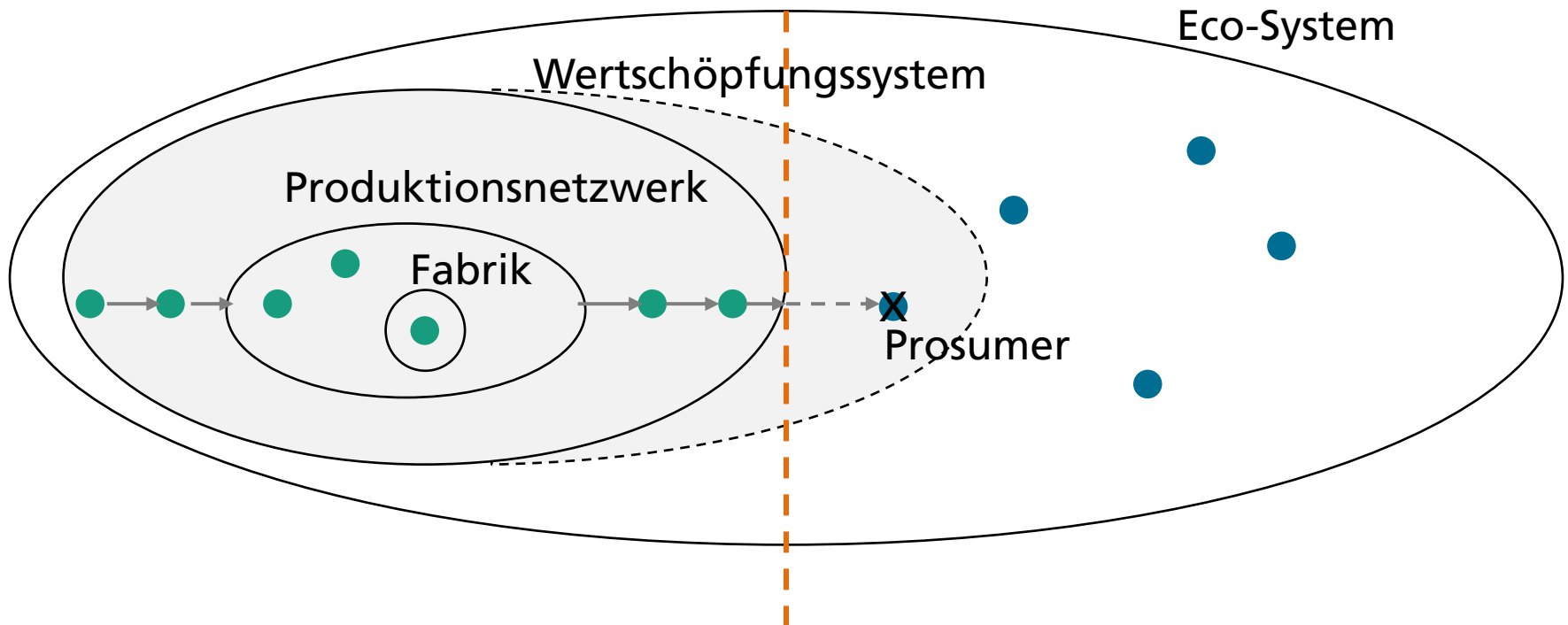
# Aufbau von Eco-Systems

## Integrierte Gestaltung von Front und Back End

Back End

Fokus Wertschöpfung | Fokus Positionierung

Front End

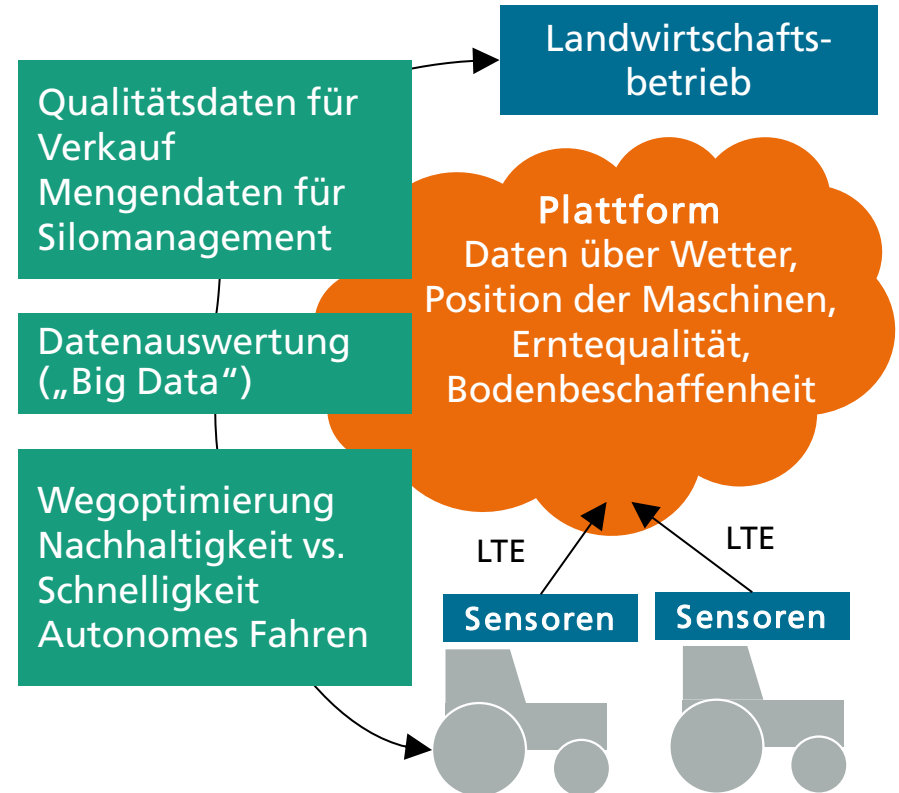


# Business Ecosystems

## „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)

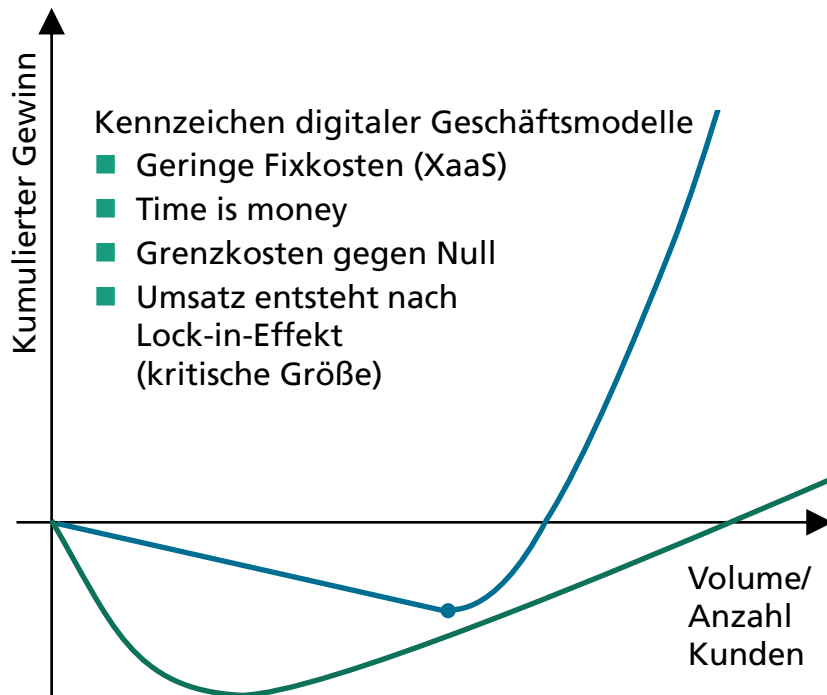


Quelle: Farmnet 365

# Bewertung digitaler „Born Global“ Start-Ups

## Der Lock-in-Effekt besiegelt die Disruption der Branchenlogik

Gewinnentwicklung klassischer Geschäftsmodelle im Vergleich zu digitalen Geschäftsmodellen



Quelle: shopenless.com, instagram.com, wikipedia.de

### ■ Whatsapp

- 2009 gegründet
- April 2015 800 Mio aktive Nutzer
- Februar 2014 für 19 Mrd Dollar an Facebook verkauft
- Zu diesem Zeitpunkt hatte Whatsapp 35 Mitarbeiter
- Mai 2015 sind es 55 Mitarbeiter
- Umsatz 2013 10 Mio Dollar



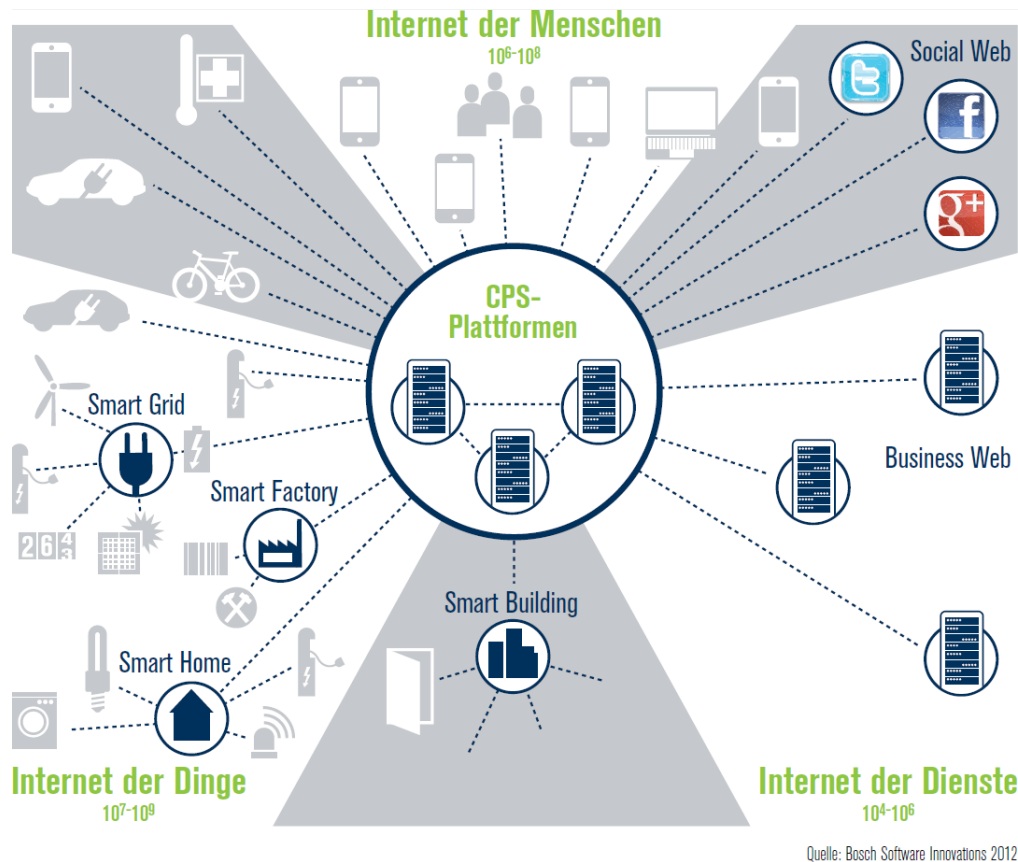
### ■ Instagram

- 2010 veröffentlicht
- Juli 2015 300 Mio aktive Nutzer
- 2012 für rund 1 Mrd Dollar an Facebook verkauft
- Zu diesem Zeitpunkt hatte Instagram 13 Mitarbeiter und kein Ertragsmodell



# Digitalisierung von Geschäftsmodellen

## Alles wird smart und verändert die Industriesektoren



CPS cyber-physical System, RFID radio-frequency identification

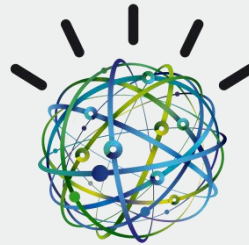
# Die Basis: Rechenleistung und Vernetzung

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

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

A futuristic smart factory interior with multiple robotic arms on a production line. The scene is brightly lit with a clean, white aesthetic. The robotic arms are black and white, mounted on a white track system. The background shows a complex network of pipes and structural elements, suggesting a highly automated and integrated manufacturing environment.

# Smart Factory – Konzept und Potenziale

# Kernthesen für Wertschöpfungsmodelle der Zukunft

- Optimale Verteilung der Wertschöpfung im Eco-System (Prosumer, horizontale Integration) 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.



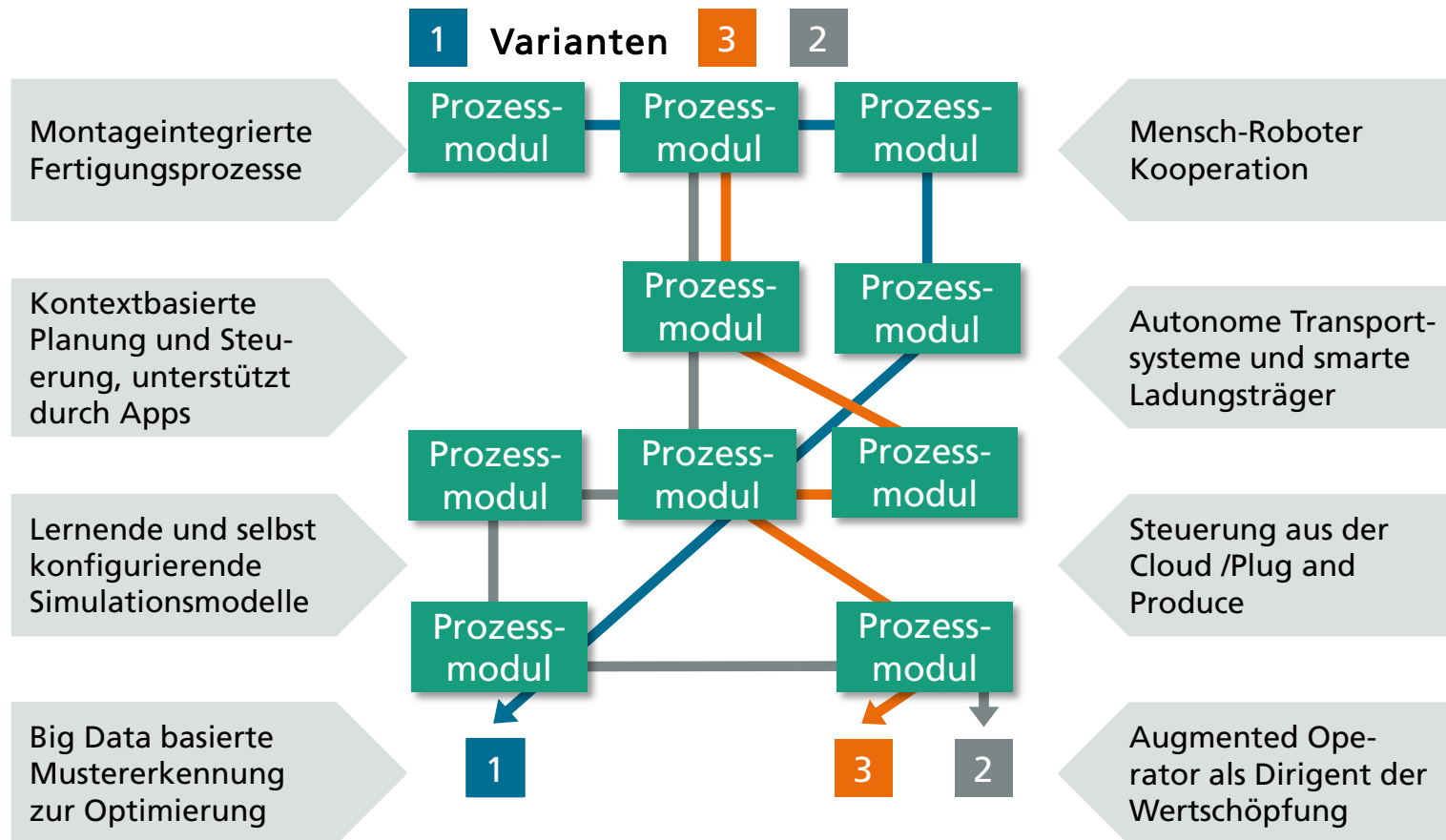
Bildquelle: faz.net, google.de

# ARENA2036 – Stuttgart Research Campus

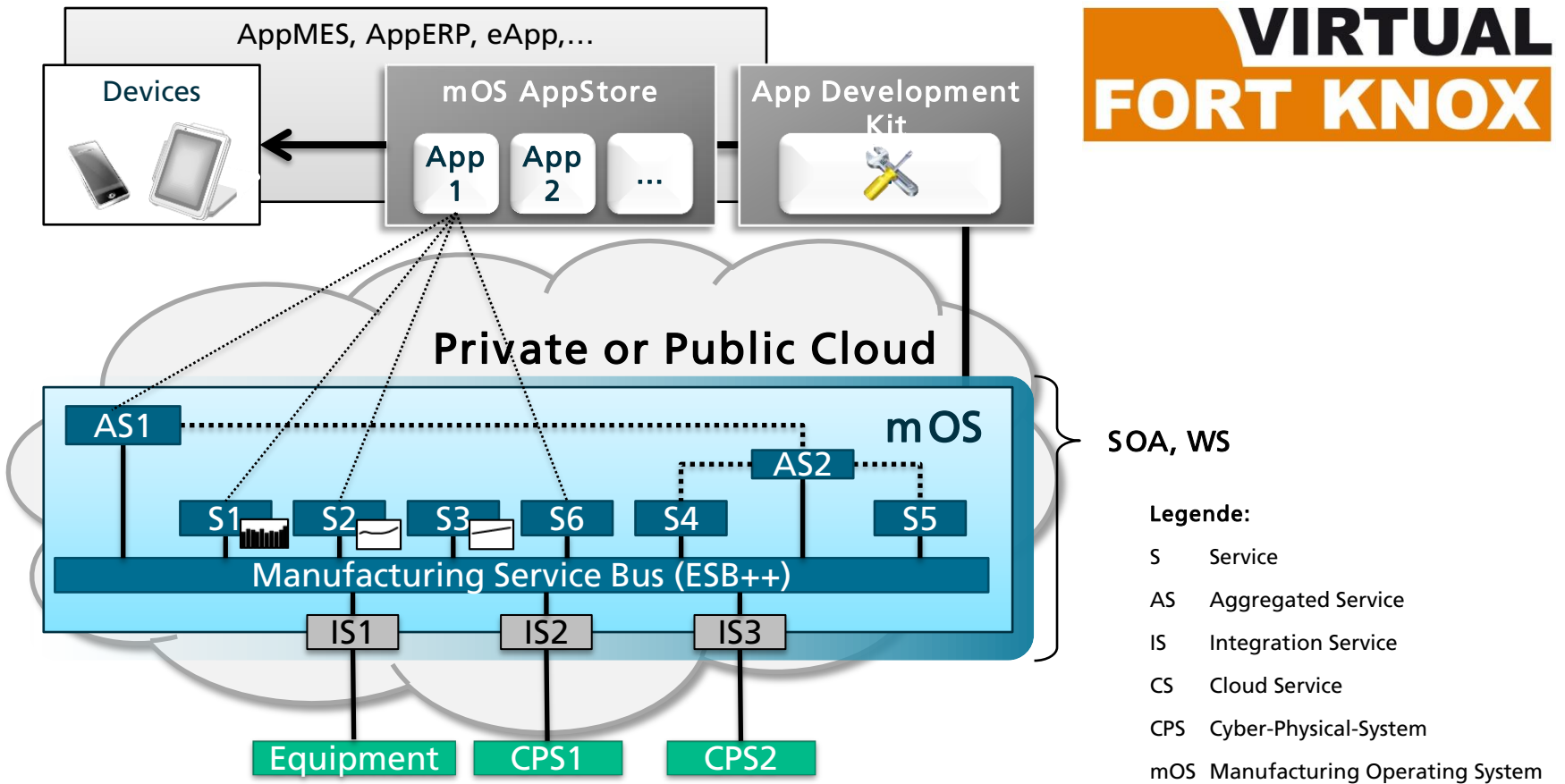
## Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles



# Automobilproduktion morgen – Entkopplung von Band und Takt durch flexibel vernetzbare und skalierbare Prozessmodule im Produktionsraum

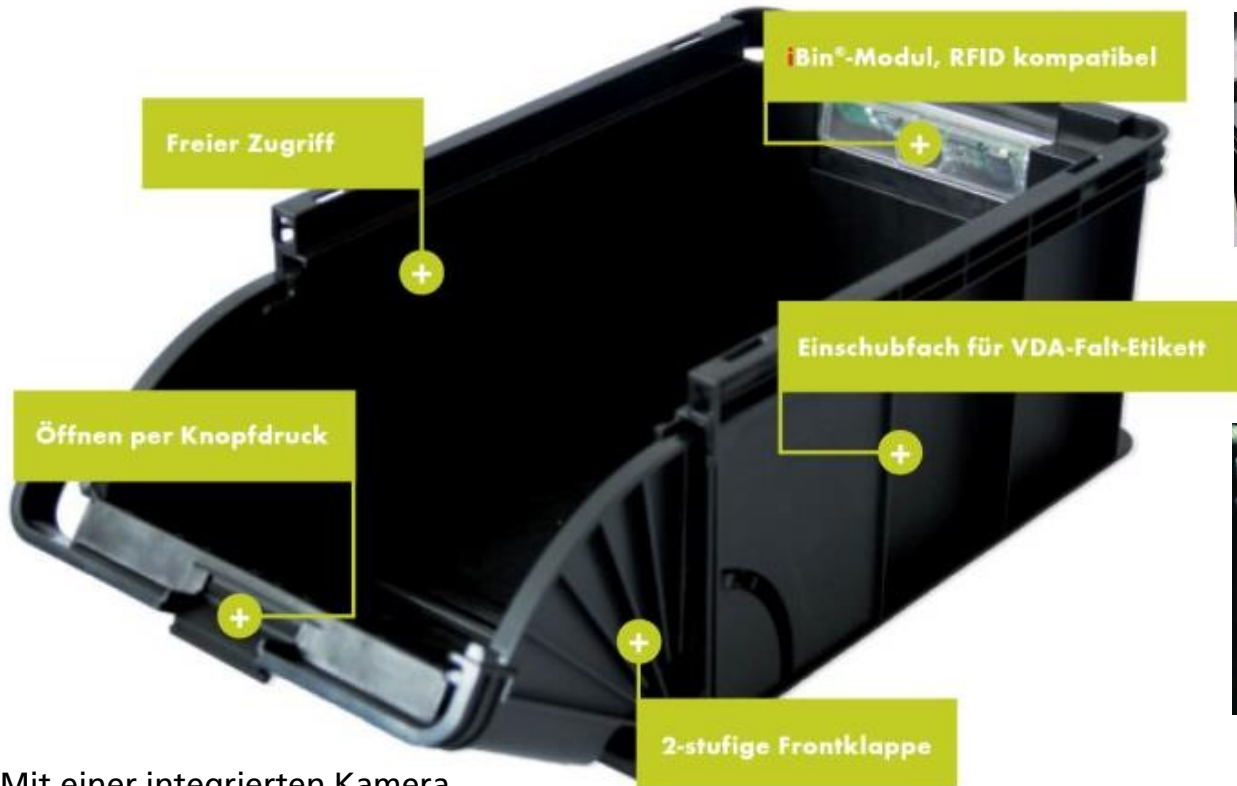


# IT-Architekturen für die Produktion – Anwendungsbeispiel Virtual Fort Knox – Integrationsplattform



# Alle Objekte in der Fabrik werden smart

## iBin – Intelligente Behälter bestellen ihre Befüllung autonom



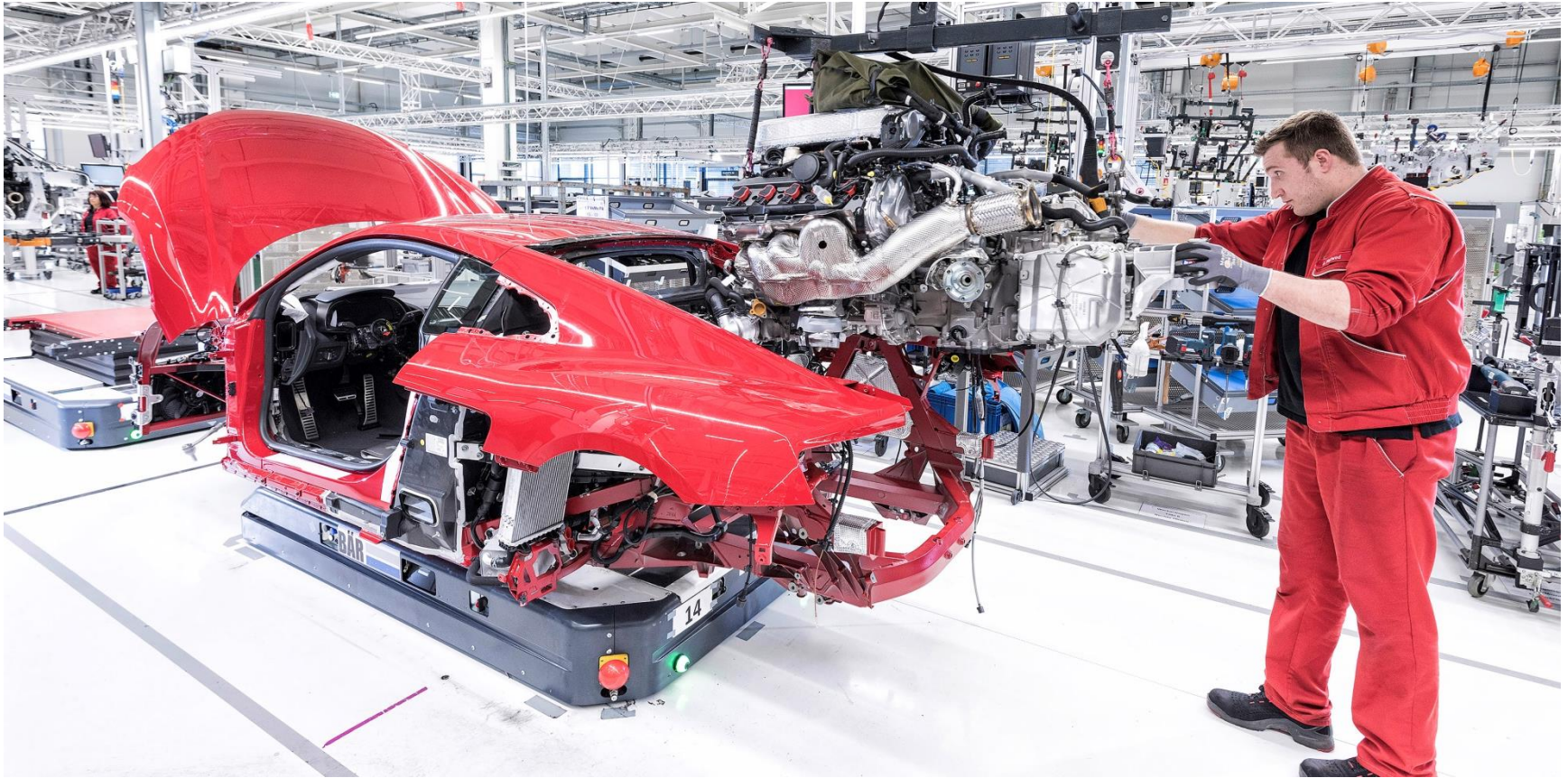
Mit einer integrierten Kamera und im Zusammenspiel mit seiner Cloud zählt der iBin die Teile, die in ihm liegen.

Quelle: Fraunhofer IML, Prof. Dr. Michael ten Hompel



# Alle Objekte in der Fabrik werden weitestgehend mobil

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



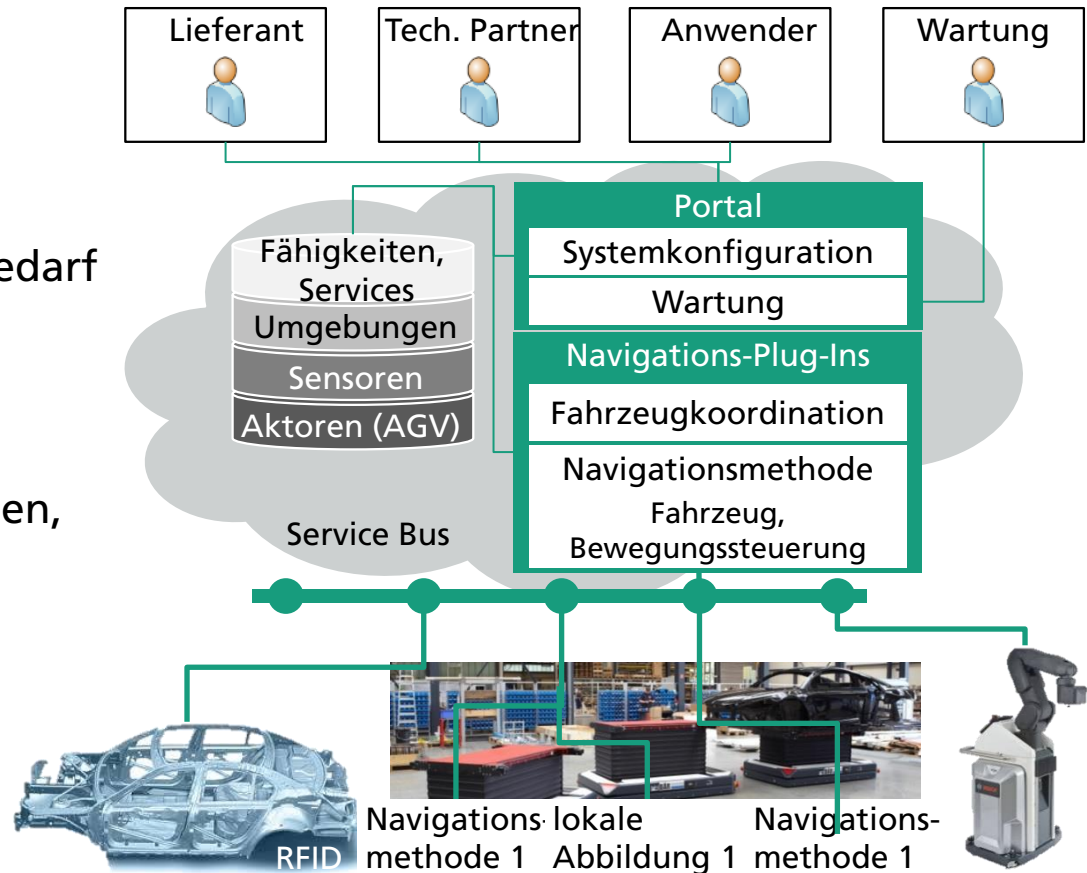
Quelle: audi-mediaservices.com

# Was, wenn es AGV Cloud Navigation gäbe?

## Vorteil

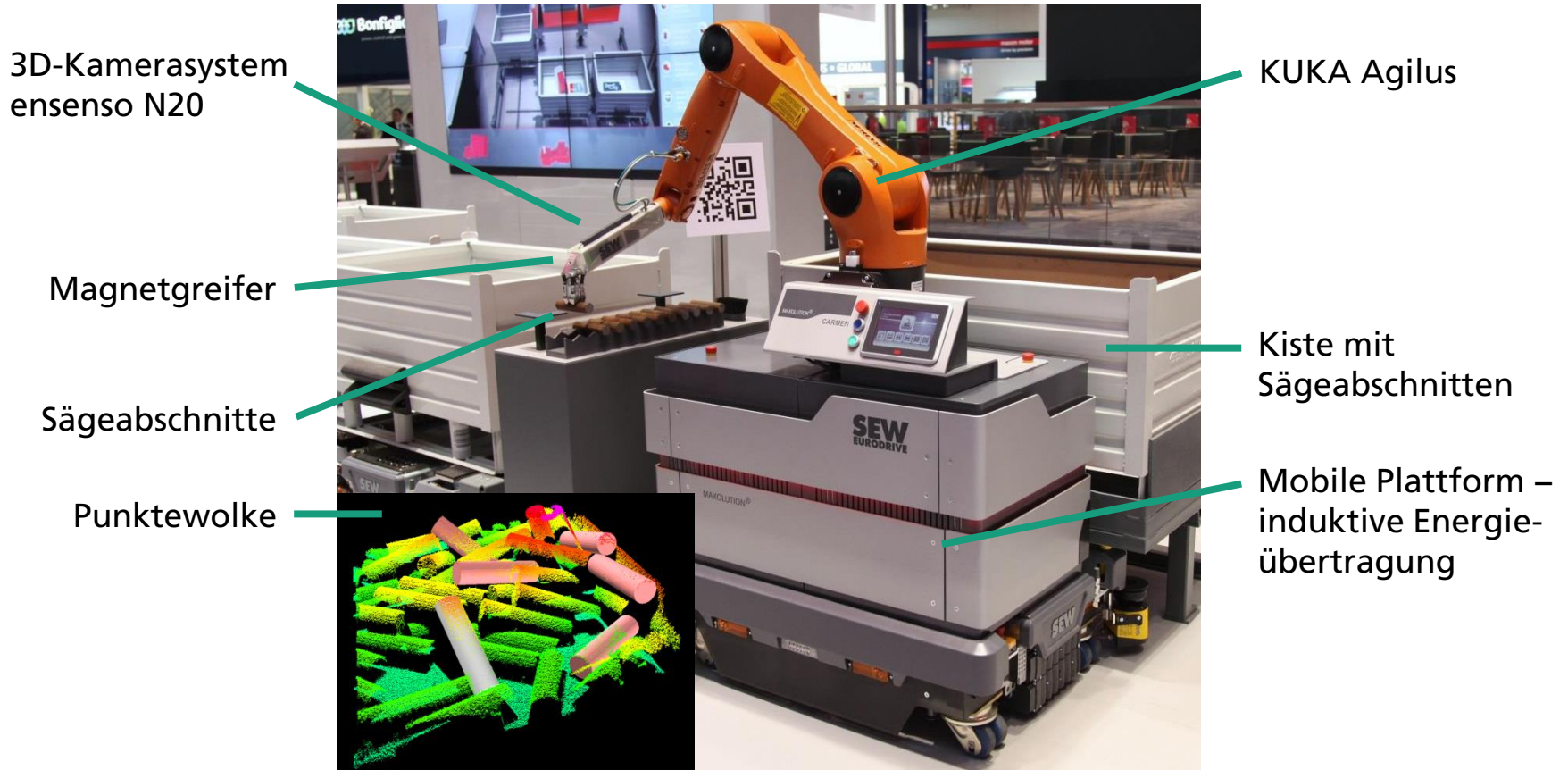
- Logistik: zentrale Fahrzeugkoordination (Stand heute)
- „Lean Client“ AGVs; Navigationsfähigkeit nach Bedarf
- Zentrale Datensammlung
  - Optimierung durch statistisches Lernen (Anpassung von Fähigkeiten, Zustandsüberwachung)
- Partnerschaft mit Technologieanbietern und externen Dienstleistern

in Entwicklung



# Roboter werden mobil, flexibel und sicher

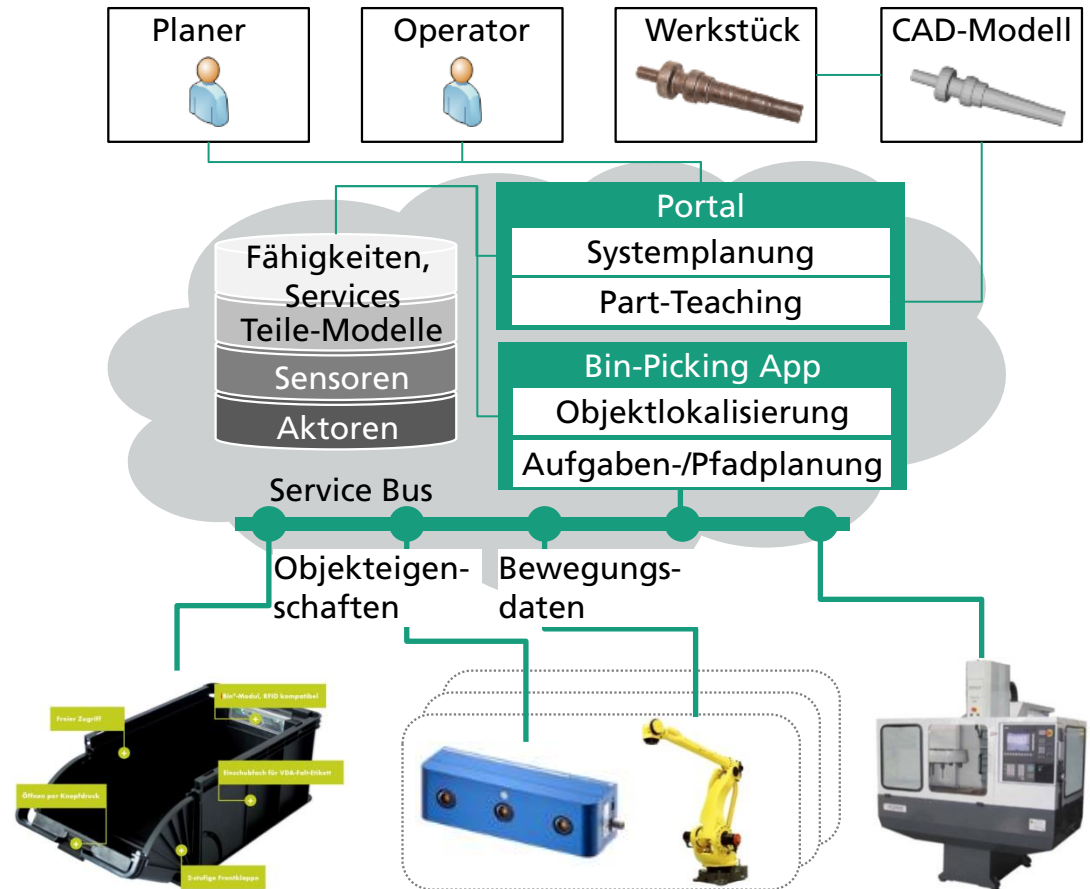
Beispiel: SEW Eurodrive – frei navigierendes FTS trägt Roboter für „Griff in die Kiste“



# Was, wenn Bin-Picking aus der Cloud käme?

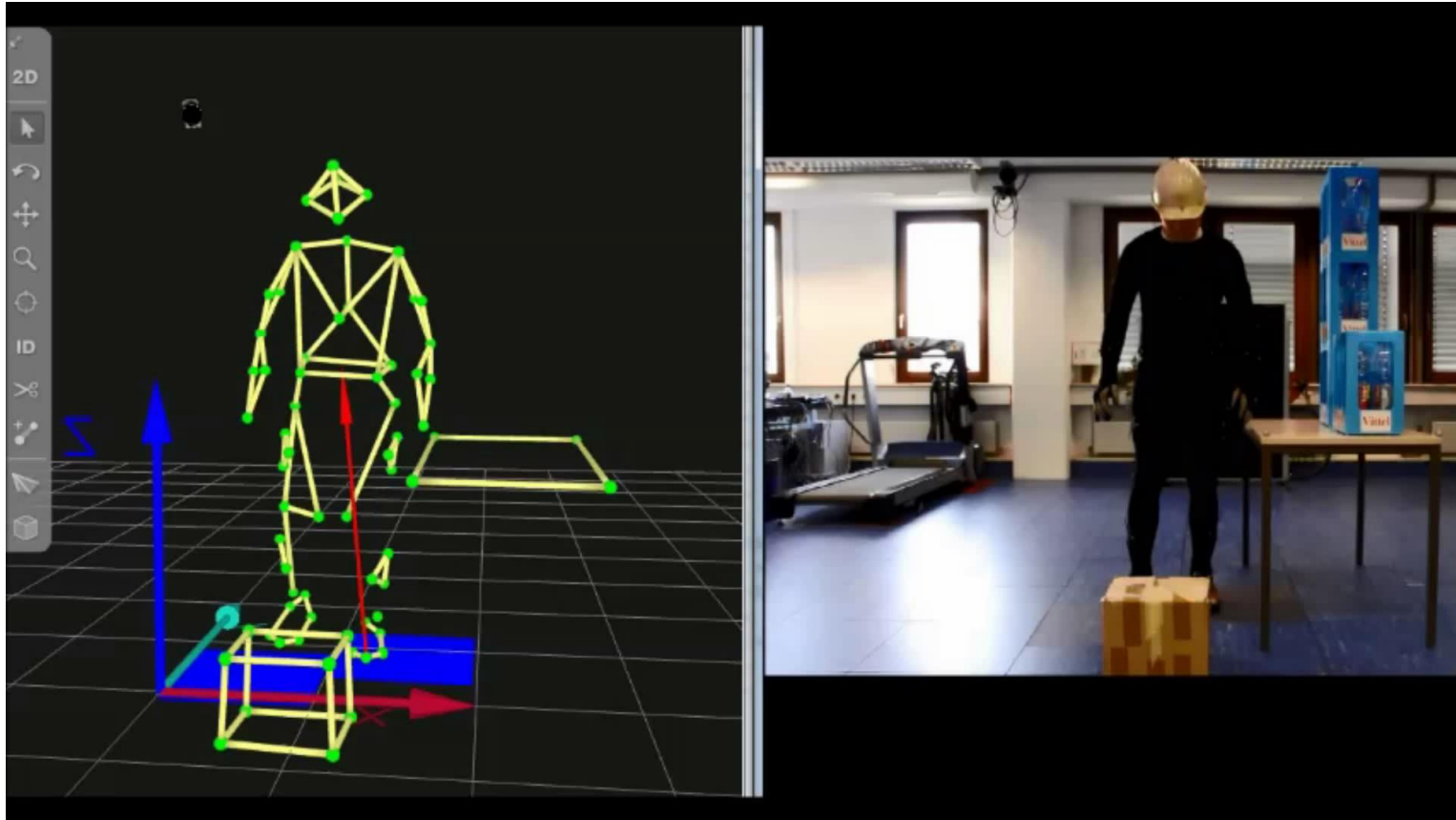
## Vorteil

- Externalisierung von Fähigkeiten, Services, Wartung
- Schlanke Roboter-Zelle („Lean Client“)
- Zentrale Datensammlung
  - Optimierung durch statistisches Lernen
  - Best-Practice-Lösungen sind verfügbar



# 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

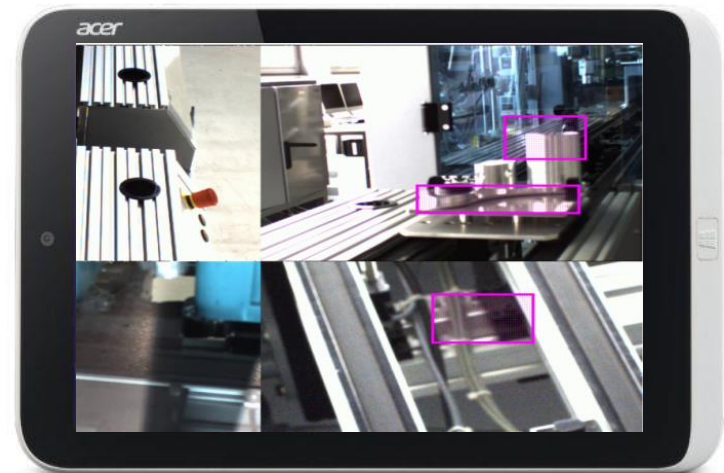
## Beispiel: Automatisierte Erkennung von Abhängigkeiten zwischen Prozessen und Ableiten von Verbesserungspotenzialen

### 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



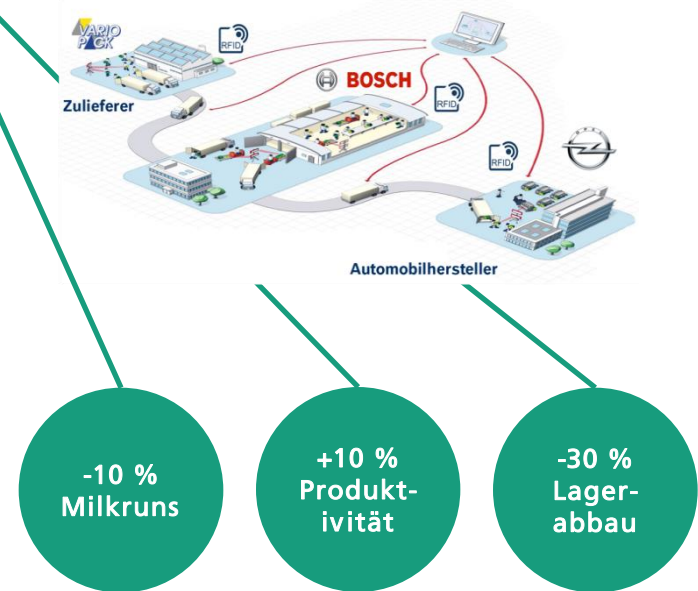
# Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

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

## Abschätzung der Nutzenpotenziale

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

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/](http://tecchannel.de/bildzoom/2076641/1/947033/EL_mediaN-1006F/); Bildquelle: [manager-magazin.de](http://manager-magazin.de)

# Auswirkungen auf die Beschäftigung



# Stimmen zur Änderung in der Beschäftigung durch Industrie 4.0



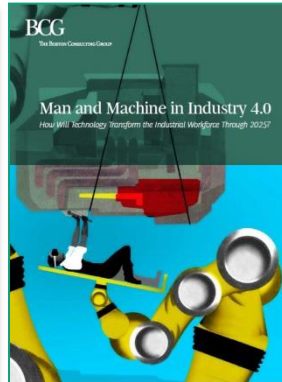
47 % der heutigen US-Jobs in Gefahr (Frey, Osborne), 51 % der dt. Jobs (Bowles)

[Frey, Osborne, 2013; Bowles 2014]



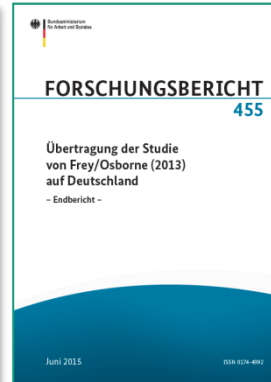
18,3 Mio Arbeitsplätze sind bedroht

[ING DiBa, 2015]



Bis 2025 entstehen in D netto 350.000 Jobs

[BCG, 2015]



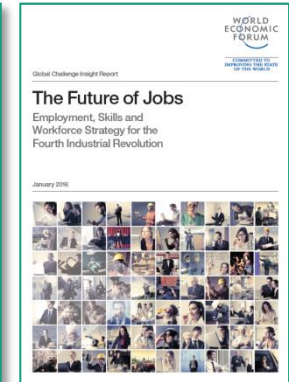
12 % der deutschen und 9 % der US-Jobs in Gefahr

[ZEW, 2015]



Bis 2025 gehen in D netto 60.000 Jobs verloren

[IAB, 2015]



Bis 2020 5 Mio weniger Jobs durch Industrie

[WEF, 2016]

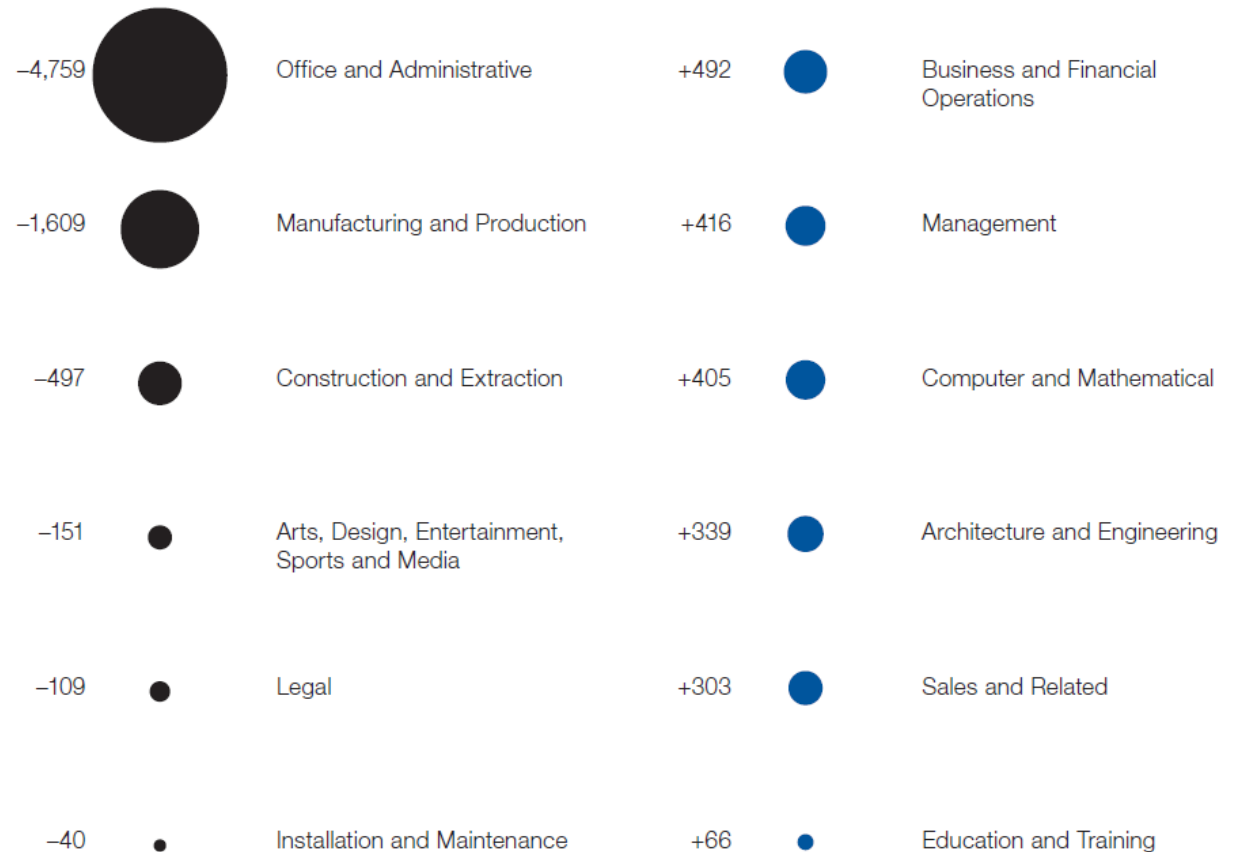
Quelle: [oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf), [ing-diba.de/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf](http://ing-diba.de/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf), [bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/](http://bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/), [bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/forschungsbericht-fb-455.html](http://bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/forschungsbericht-fb-455.html), [doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf](http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf), <http://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs>



# 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](https://3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)


# Folgen für die Beschäftigung

## Der Wandel vollzieht sich vor allem in den indirekten Bereichen

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



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



„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 UND RISIKEN FÜR DEN MITTELSTAND

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
21. März 2016

