

---

# INDUSTRIE 4.0

## DIE REVOLUTION GEHT WEITER

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
3. Dezember 2015

---



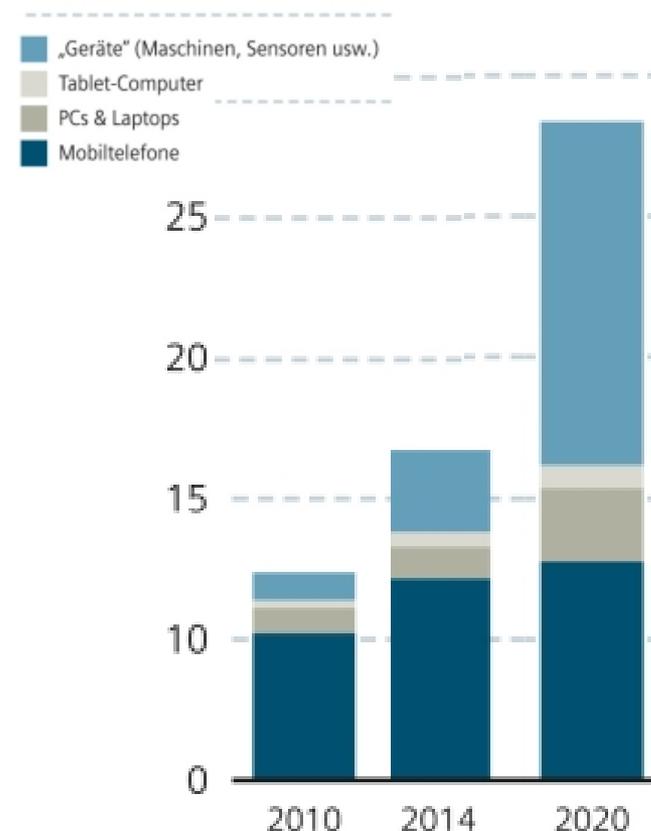
# Die digitale Welt von heute und morgen

## 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 ...

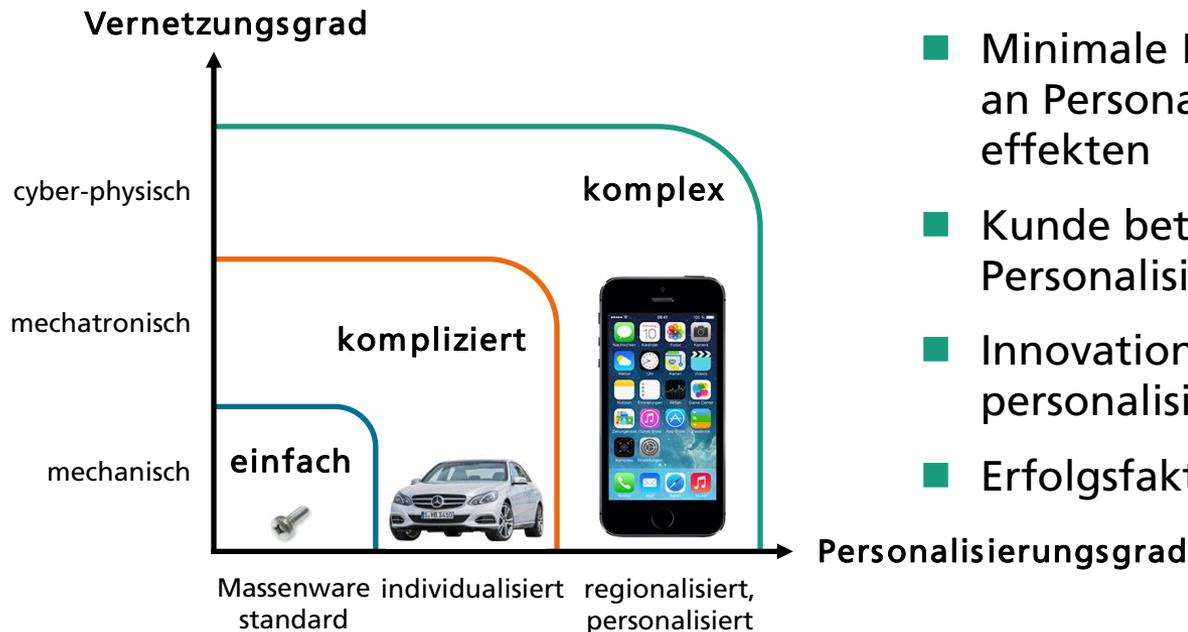
Verbundene Geräte (Milliarden)



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“

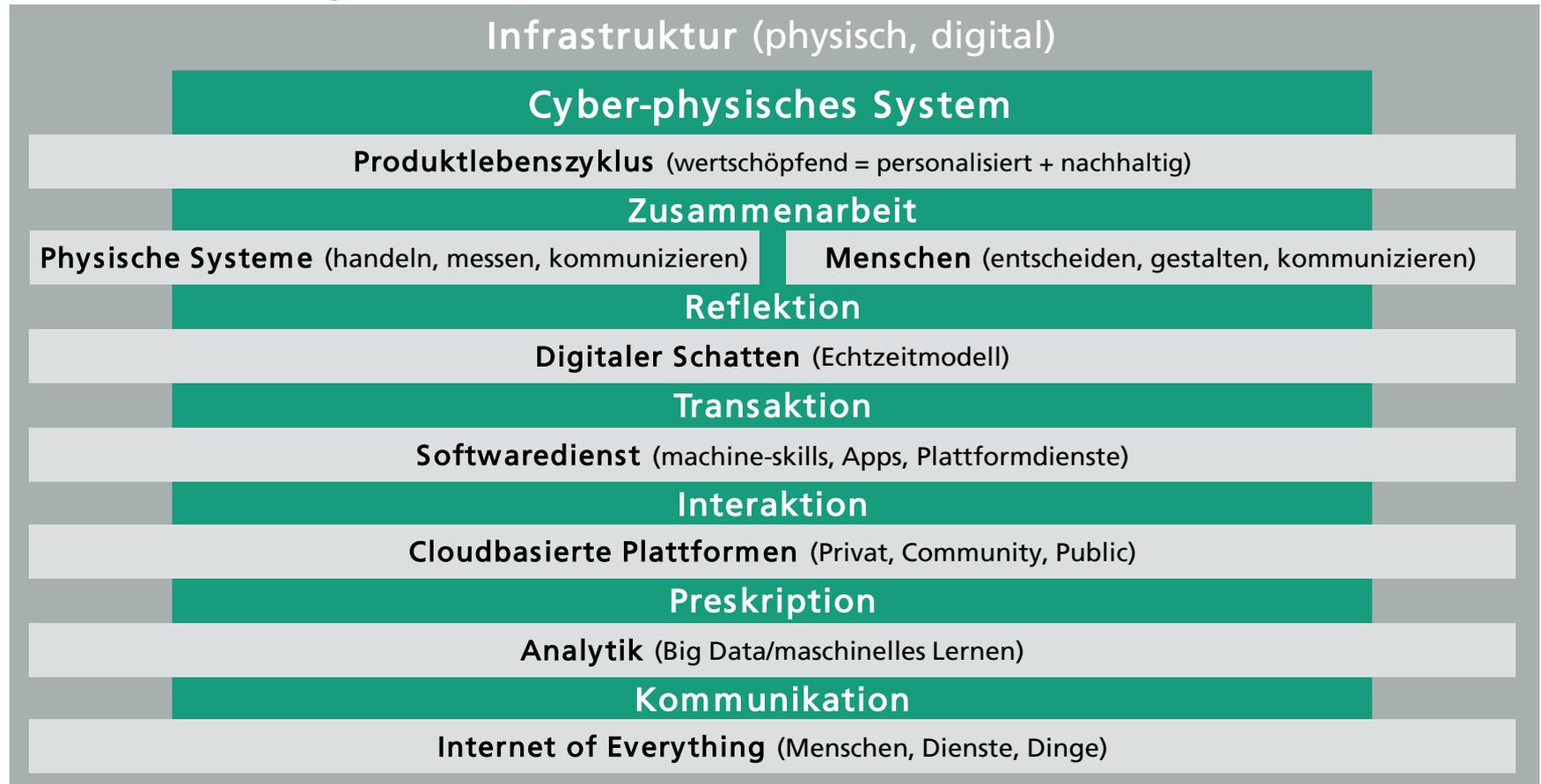


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde beteiligt sich am Personalisierungsprozess
- Innovationsfokus: Eco System, personalisierte Assistenz und HMI
- Erfolgsfaktor: Offenheit

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)



# Beispiel: Moonshot Project Google Robotics

## Google entwickelt den „Smart Robot“ mit höchster Priorität

### Google-Unternehmenskäufe in der Robotik & AI

- Schaft Inc. (Japan): humanoide Roboter
- Industrial Perception, Inc (USA): Roboterarme, Computer Vision
- Redwood Robotics (USA): Roboterarme
- Meka Robotics (USA): humanoide Roboter
- Holomini (USA): High-Tech Räder für omnidirektionale Bewegungen
- Bot & Dolly (USA): Roboterkamerasysteme
- Boston Dynamics (USA): mobile Roboter
- DeepMind Technologies (UK): künstliche Intelligenz
- Titan Aerospace (USA): solarbetriebene Drohnen



**Anthony Mullen (Senior Analyst Forrester):**

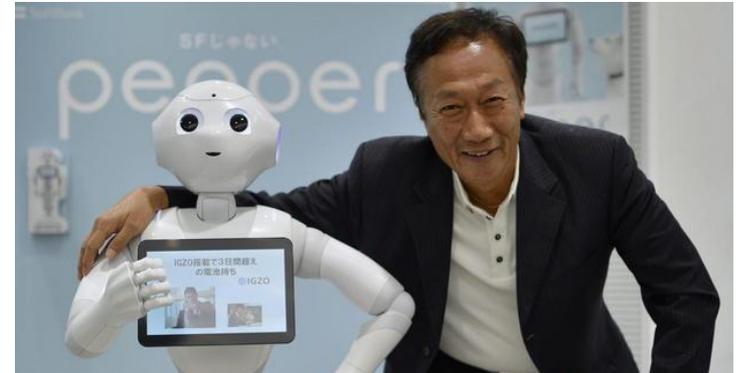
„Robots, like smartphones, are a platform for products and services. Both require data and intelligence to operate well and Google is very good at data and algorithms. To ensure that they aren't disintermediated in the 'last mile' to the consumer (or employee) means getting involved in the physical world with hardware.“

Bildquelle: zdnet.de

# Asiatische Firmen werden in Kooperation mit amerikanischen Firmen völlig neue Roboter entwickeln

## Der Foxbot kommt schneller als uns lieb sein kann

- Foxconn, größter High-Tech-Zulieferer der Welt, will künftig Produktionsroboter einsetzen
- Foxconn-Chef Terry Gou verkündet, bald 10.000 Fertigungsroboter anzuschaffen
- Foxconn hat mit Google einen Kooperationsvertrag geschlossen
- Apple soll Foxconn unterstützen: Apple-Jahresbericht von 2013 weist eine Investition von 10,5 Mrd Dollar für „fortgeschrittene Zuliefertchnik“ aus



**FOXCONN**<sup>®</sup>  
Advancing Through Innovation



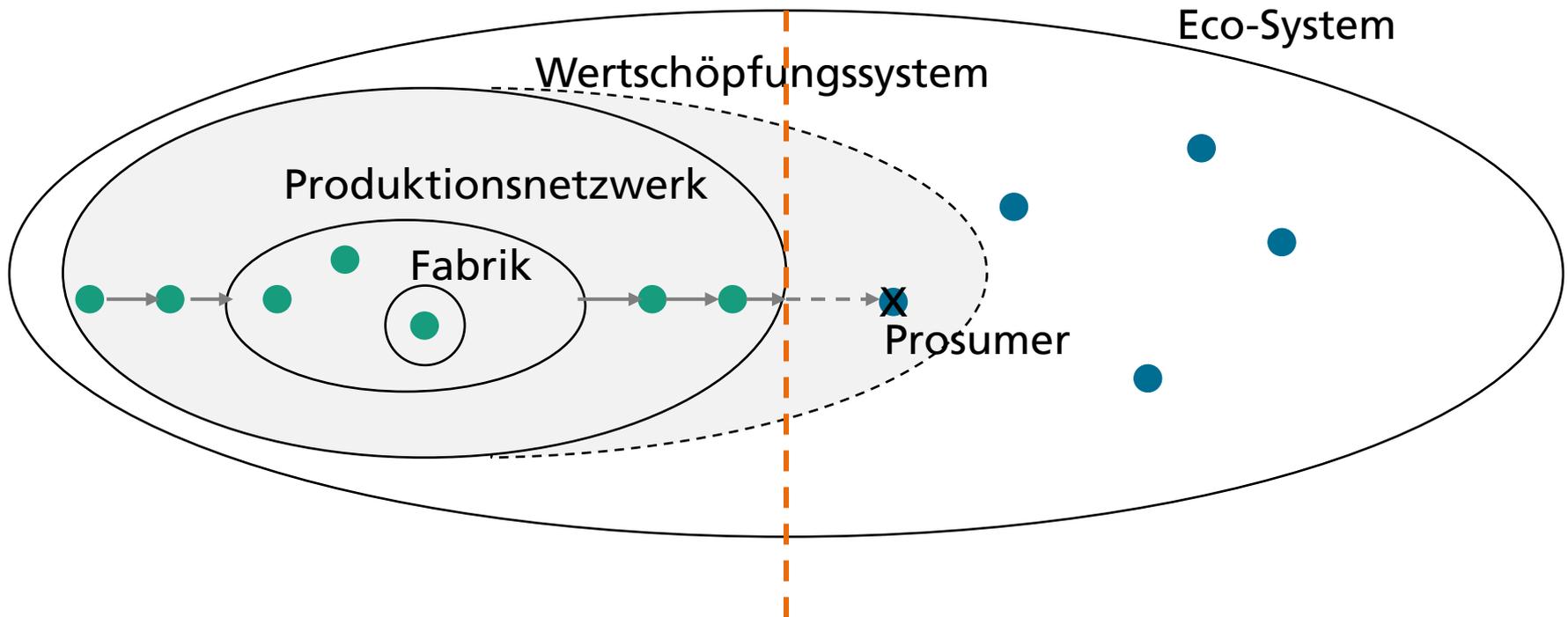
# Aufbau von Eco-Systems

## Integrierte Gestaltung von Front und Back End

Back End

Fokus Wertschöpfung | Fokus Positionierung

Front End

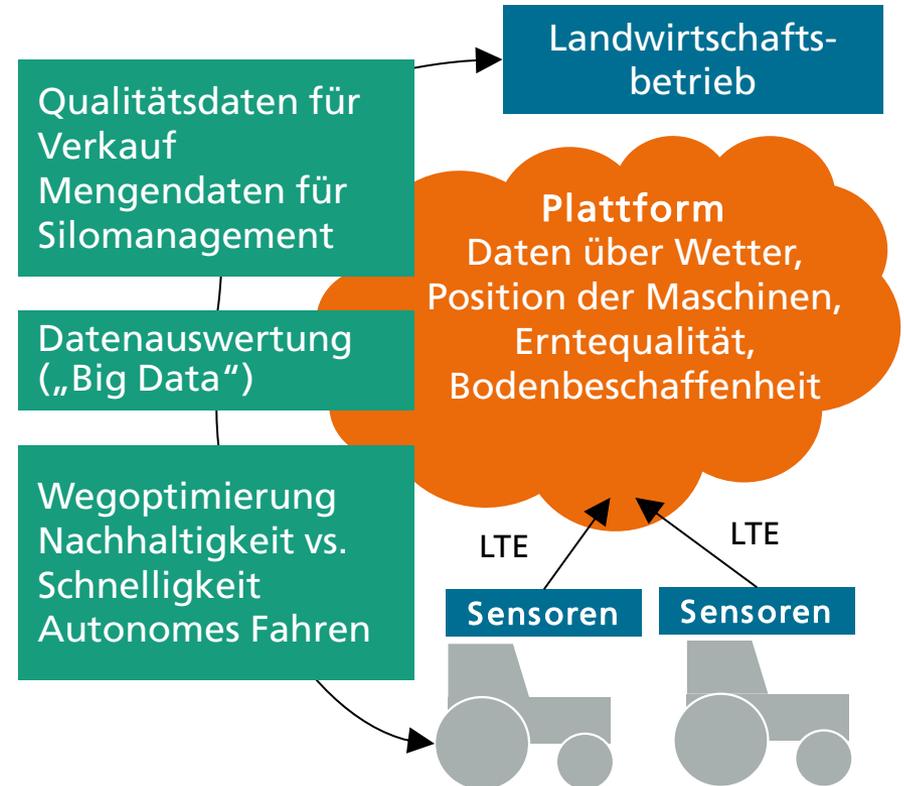


# Business Ecosystems

## „Farmnet 365“ – eine Initiative aus dem Landmaschinenbau



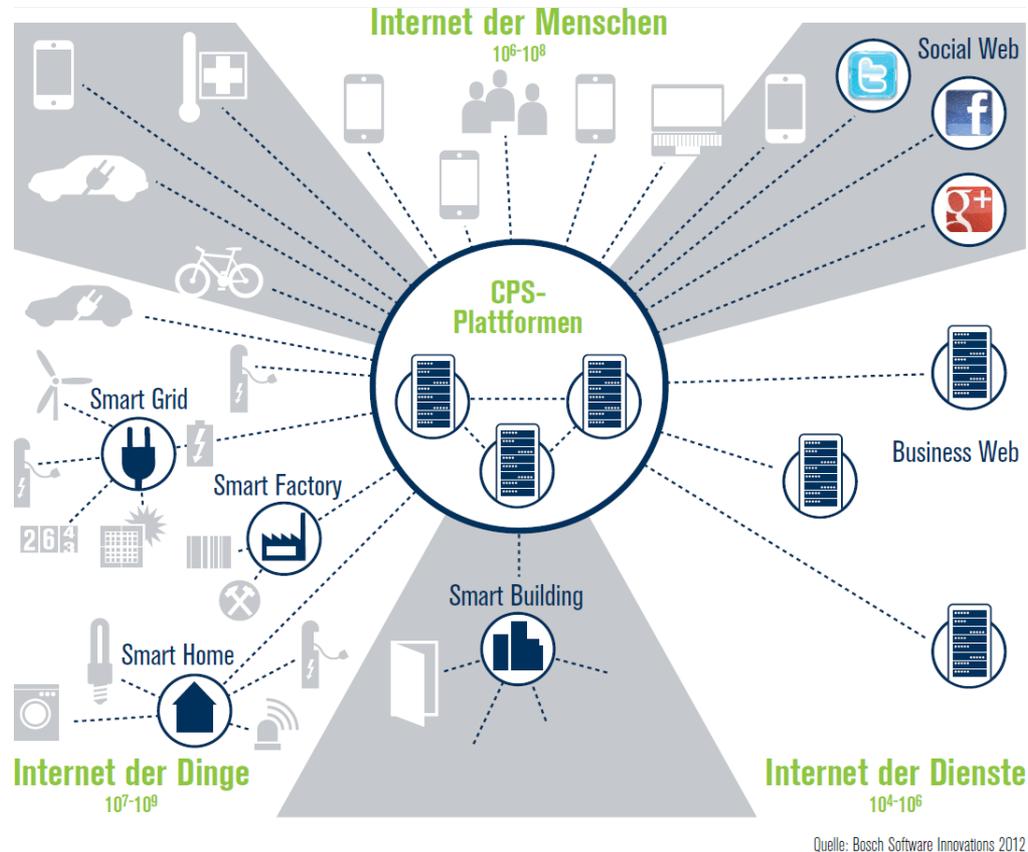
- Pilotprojekt 2013/2014 Digitalisierung der Landwirtschaft zunächst durch Vernetzung der Landmaschinen
- Auswertung der Kundendaten zur Optimierung des gesamten landwirtschaftlichen Betriebs durch Serviceapplikationen
- Bereitstellung der Applikationen durch Partner aus verschiedenen Branchen auf der 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

# Digitalisierung von Geschäftsmodellen

## Alles wird smart und verändert die Industriesektoren



CPS cyber-physical System, RFID radio-frequency identification

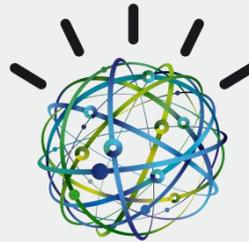
# Die Basis: Rechenleistung und Vernetzung

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





10100110101011110011001101001100000

100100101011011100011001

100000111010111111100110111101100

0001010101111110001100110100

# Veränderungen in der IT

11100

1110

0110100111100010101011101100

10011010011011001110001010101110

100010010100010101011100011001101001101000

1110001010101110001100110100

10100110110011100010101011100011001

10011010011011001110001010101110001

11100010101011100011001101001101100

11100010101011100011001101001101100

0110011111000101010111001001101100

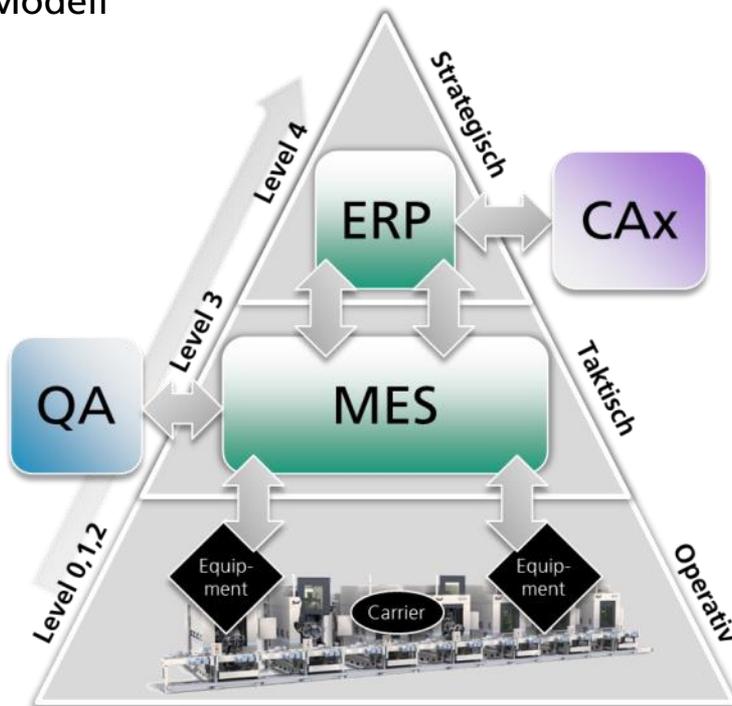
11011100010101010011001101001101

# Alte IT-Architekturen lösen sich auf

## Die Pyramide wird zum Netz in der Cloud

### Bisher

Historisch klar hierarchisch strukturiertes Modell



### Zukünftig

#### ■ Serviceorientierung

- Weitergehende Serviceorientierung (XaaS)
- Serviceorientierte IT-Architekturen (SoA)

#### ■ De-Hierarchisierung

- Auflösung der hierarchischen Gliederung
- Neue Funktionen basierend auf Services

#### ■ App-isierung

- App-Entwicklung durch Endanwender
- Simulationen in Echtzeit

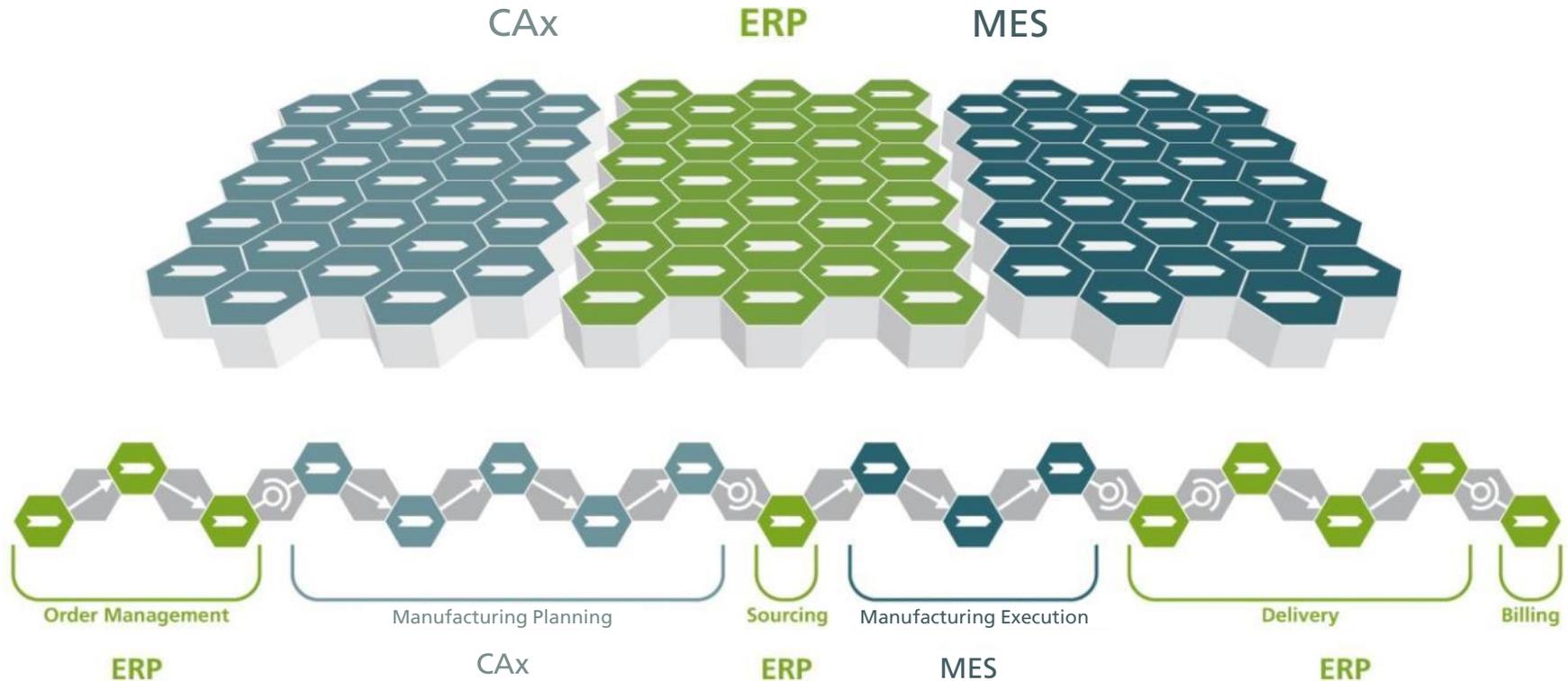
#### ■ Offene Standardisierung

- Effizienzvorteile von IT-Clouds
- Fokus auf Information / Semantik

ERP Enterprise-Resource-Planning, MES Manufacturing Execution System, QA Qualitätssicherung, CAx Computer-Aided x

# XaaS in der Cloud sorgt für Komplexitätsreduktion

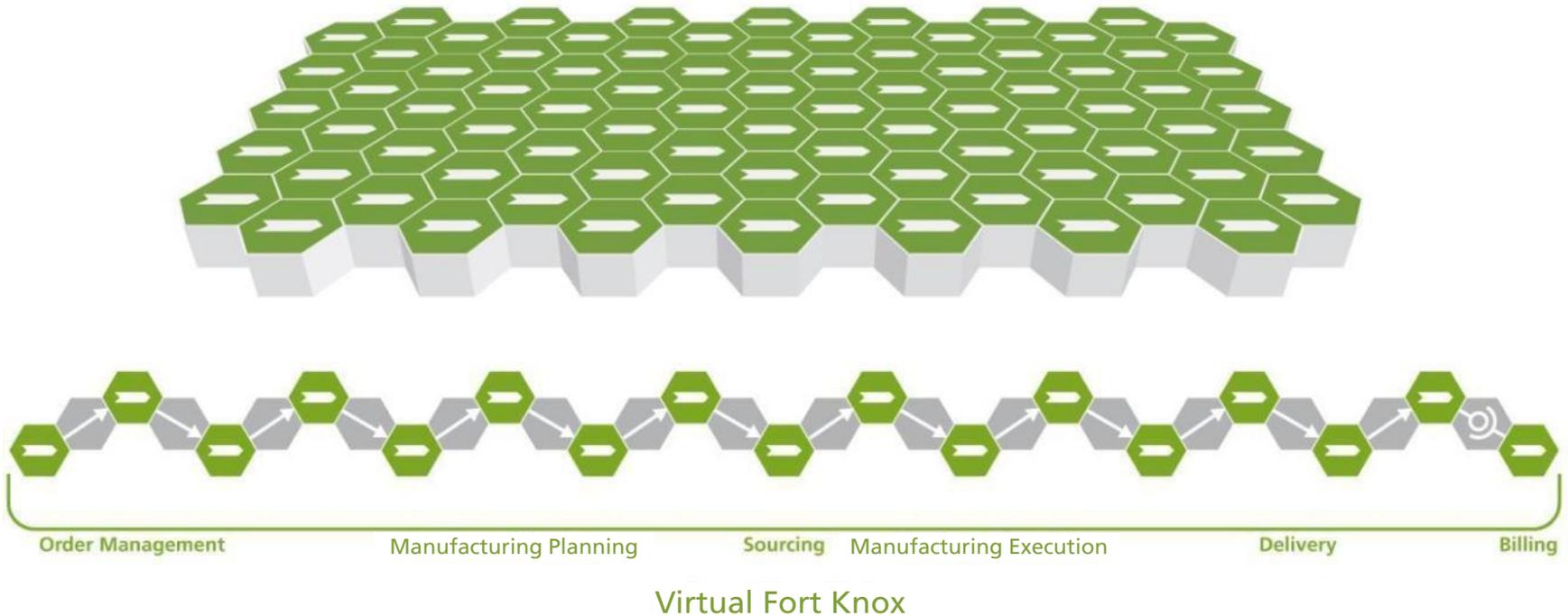
## IT-Landschaft heute



in Anlehnung an: Fraunhofer IML, Prof. Dr. Michael ten Hompel

# XaaS in der Cloud sorgt für Komplexitätsreduktion

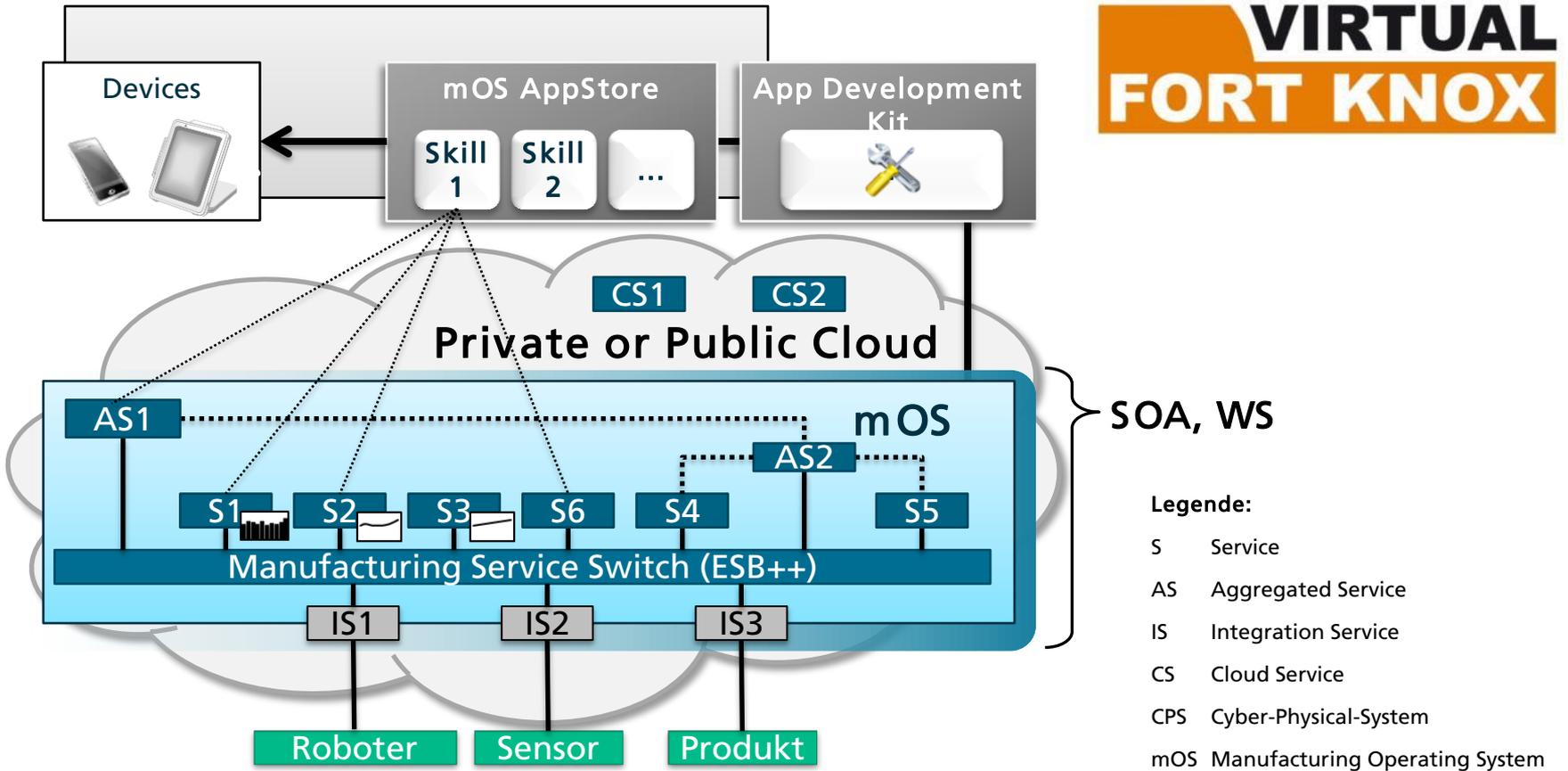
## Virtualisierte IT-Landschaft morgen



in Anlehnung an: Fraunhofer IML, Prof. Dr. Michael ten Hompel

# „Everything as a Service“ (XaaS)

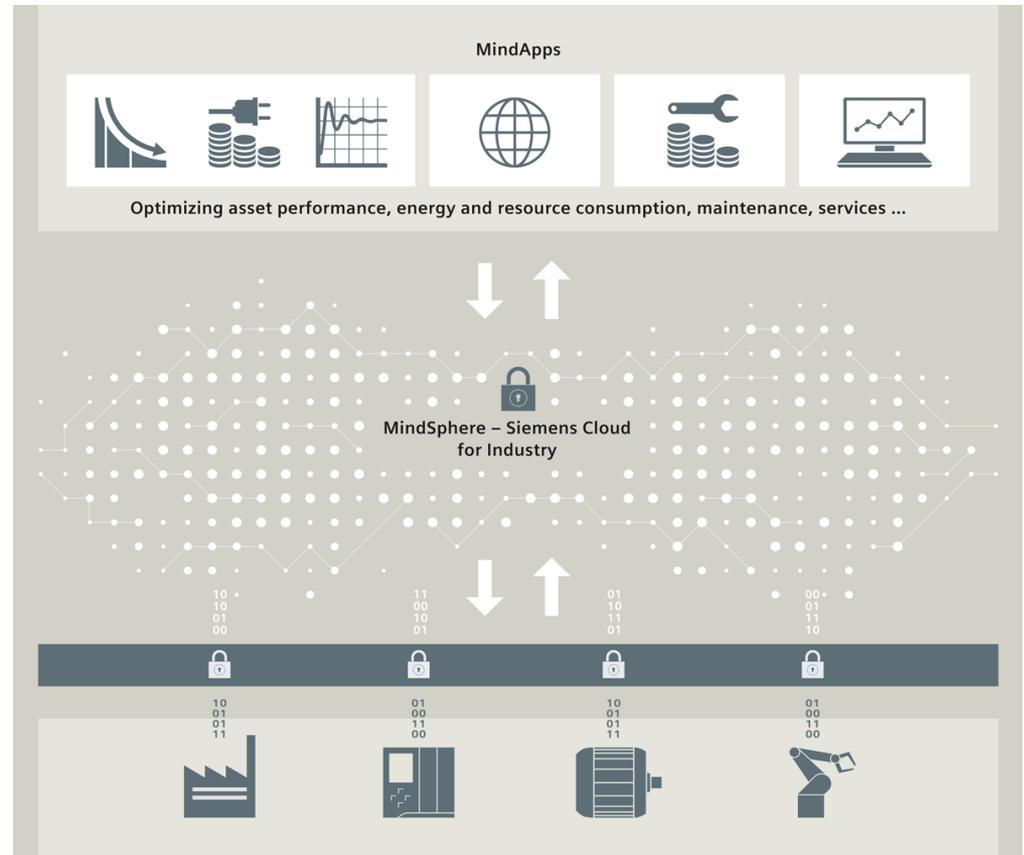
## Anwendungsbeispiel Virtual Fort Knox – Integrationsplattform



# MindSphere – Siemens Cloud for Industry

## Vereint physikalische Produkte und Produktionsanlagen mit digitalen Daten

- Datahosting Plattform
- Service
  - Erfassung,
  - Übertragung
  - und sichere Speicherung von Daten
  - Bereitstellung des Rahmens für eine Entwicklungsumgebung zur schnellen Erstellung von Anwendungen
- Basiert auf SAP Hana Plattform



Quelle: Siemens

# Axoom

## Trumpf wird zum Softwareanbieter

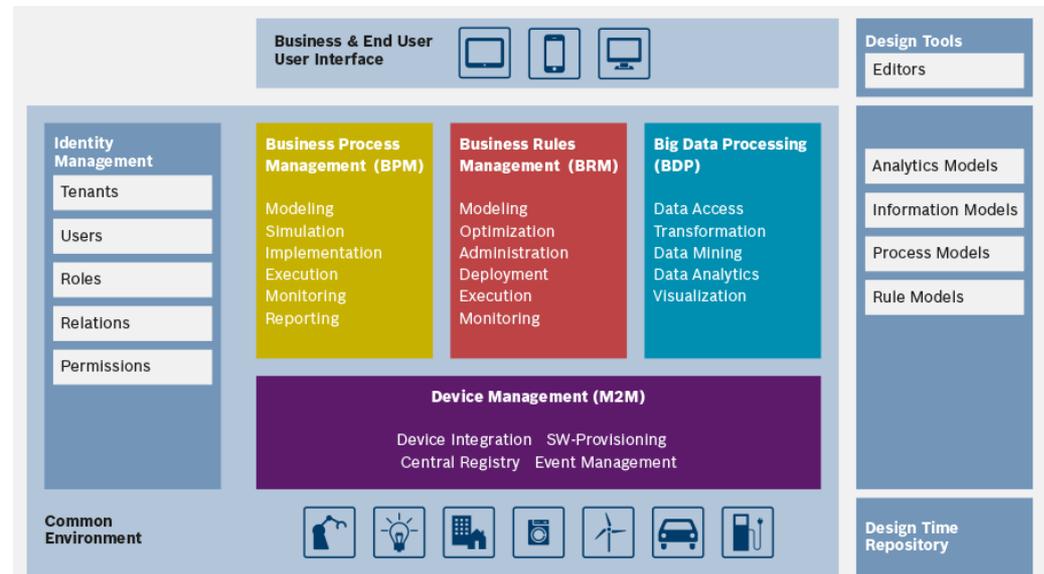
- Offene, herstellerunabhängiges Betriebssystem mit vorinstallierten Apps für die Fertigungswelt
- für den Bereich Fertigung
- Bedient die gesamte Wertschöpfungskette
- Trumpf verspricht sicheren Datentransport sowie die Speicherung und Analyse von Daten



Quelle: Trumpf

# Bosch IOT Software

- Software für die Bearbeitung von Projekten im Internet der Dinge als auch für Enterprise-Anwendungen, die mit Business Process Management (BPM) und Business Rules Management (BRM) umgesetzt werden.
- Direkte Ansteuerung und Überwachung von Geräten sowie Interaktion
- Integration von Benutzern und Drittsystemen in Prozesse.



Quelle: Bosch-si.com

# Auf dem Weg in die 4. industrielle Revolution

## Paradigmenwechsel in der Informations- und Kommunikationstechnologie

### Heute

- Zentral
- Software-Suite
- Integration
- Monolith
- Zeitversetztes Datenabbild
- Lizenzkosten

### Morgen

- Dezentral (CPS, Cloud)
- Apps (SaaS)
- Kommunikation
- Offener Standard im Netz
- Echtzeit Informationen
- Pay-per-use





# Optimierung der Wertschöpfung

# 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.



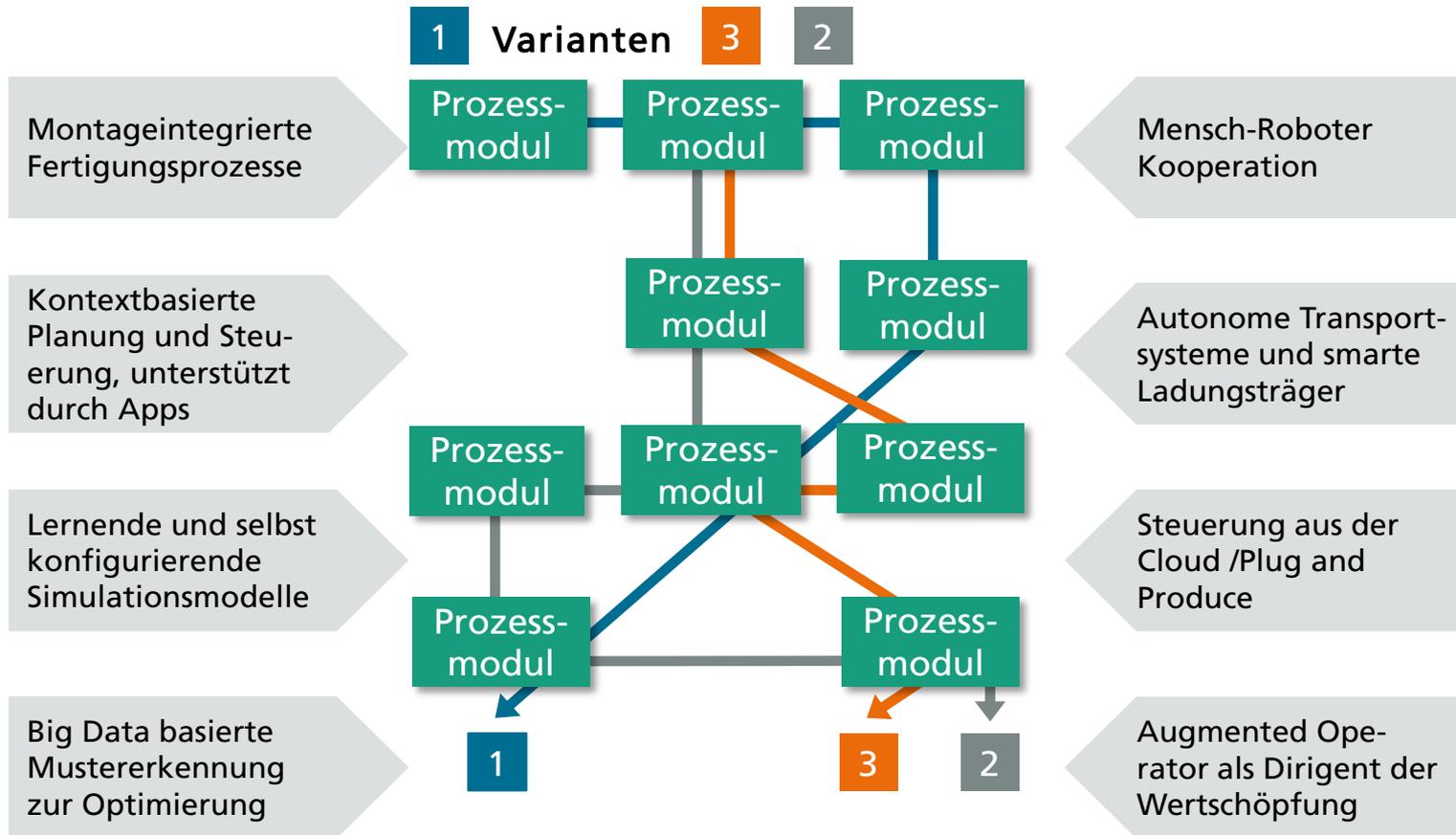
Bildquelle: faz.net, google.de

# ARENA2036 – Stuttgart Research Campus

## Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles

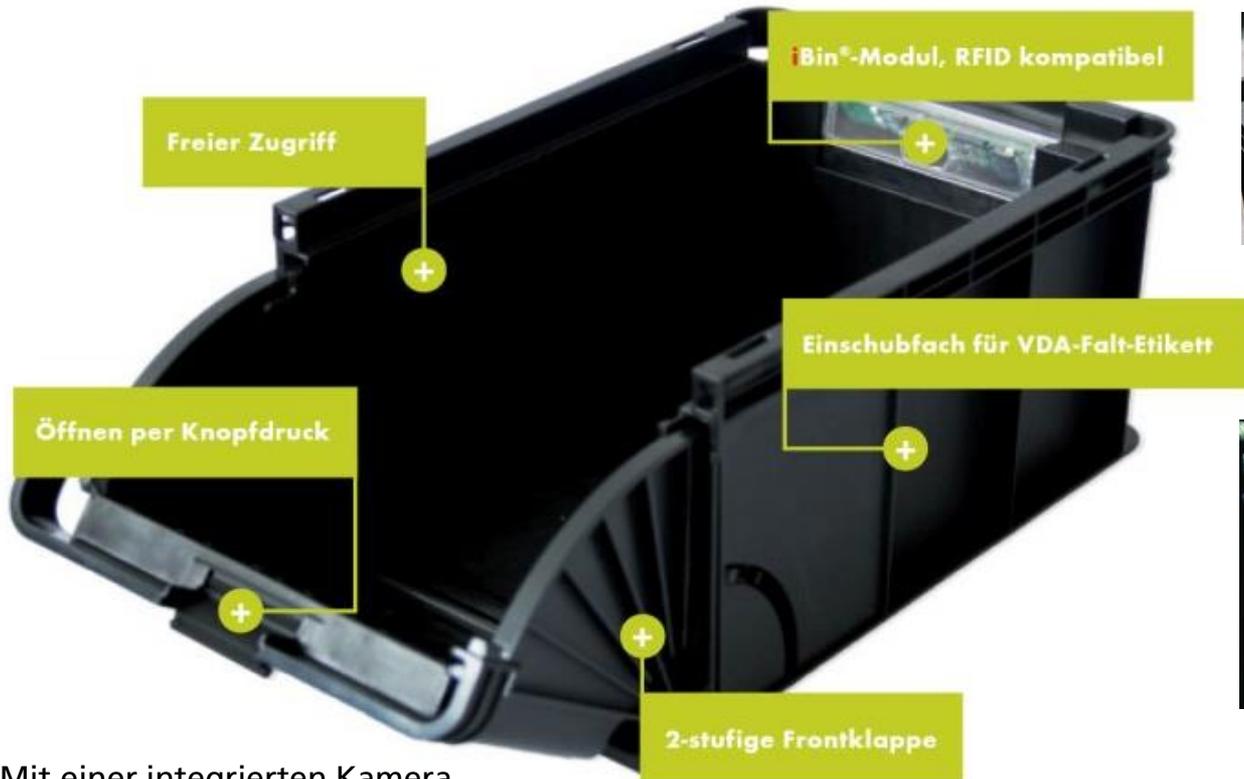


# Automobilproduktion morgen – Entkopplung von Band und Takt durch flexibel vernetzbare und skalierbare Prozessmodule im Produktionsraum



# 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: Schwarmintelligenz für die Logistik



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

# Roboter werden mobil, flexibel und sicher

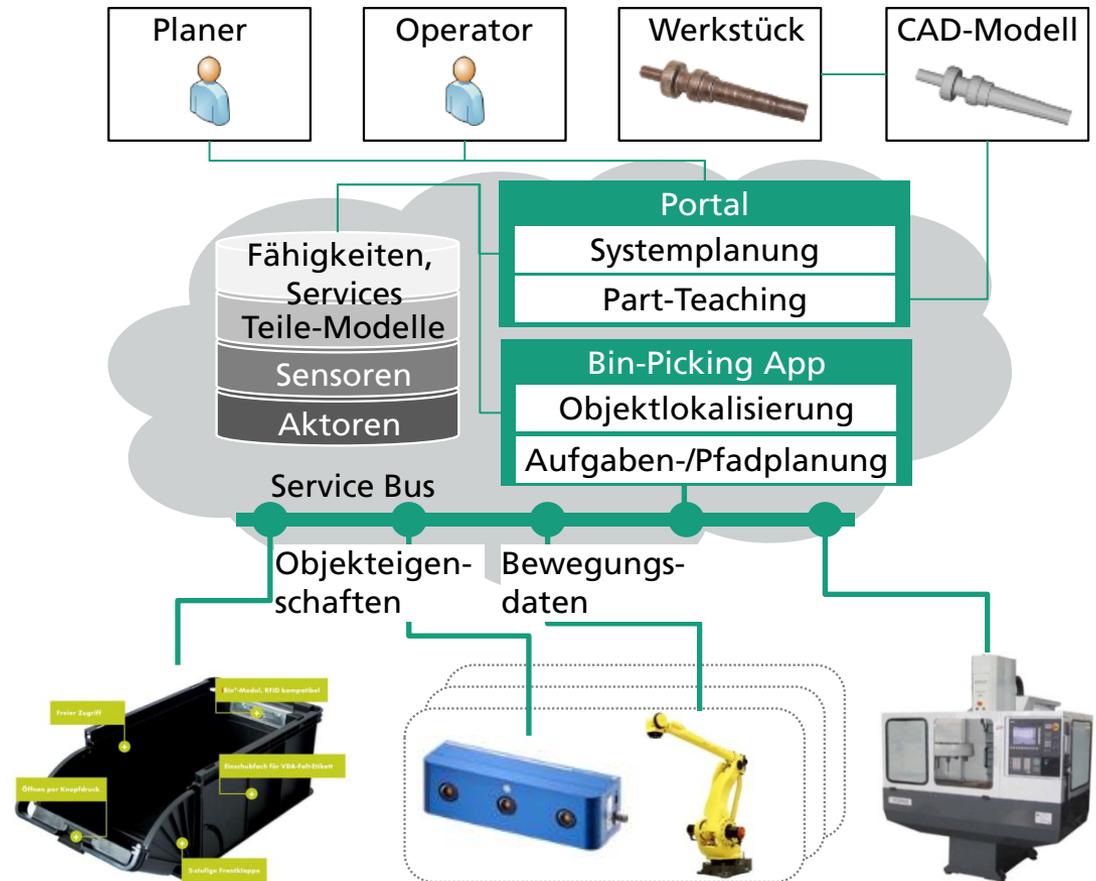
Beispiel: SEW Eurodrive – frei navigierendes FTS trägt Roboter für „Griff in die Kiste“



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

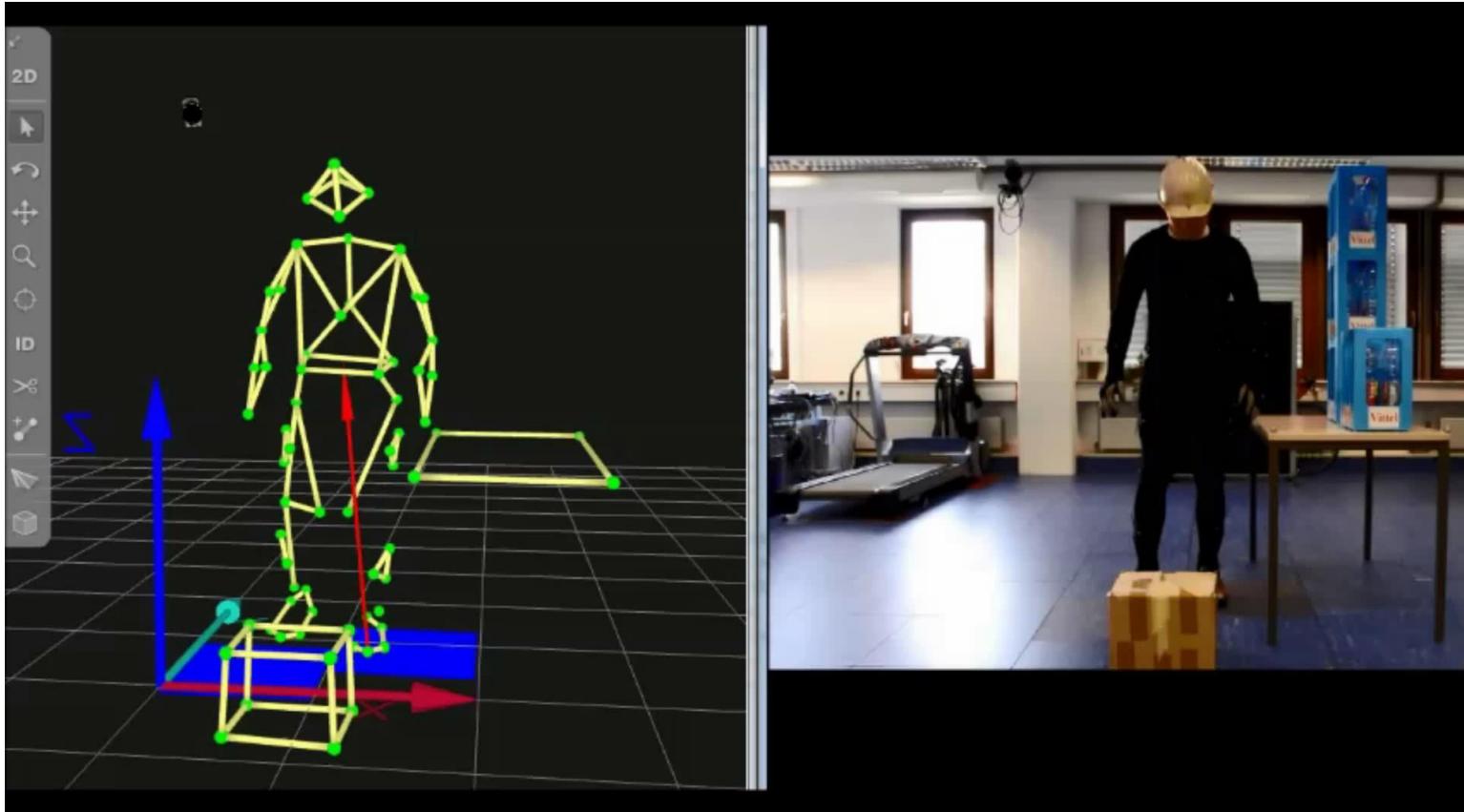
## Vorteil

- 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

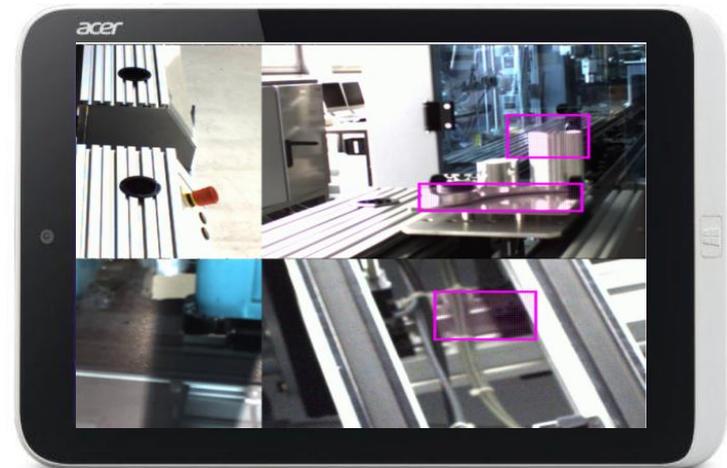
## Beispiel: Automatisierte Erkennung von Abhängigkeiten zwischen Prozessen und Ableiten von Verbesserungspotenzialen

### 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



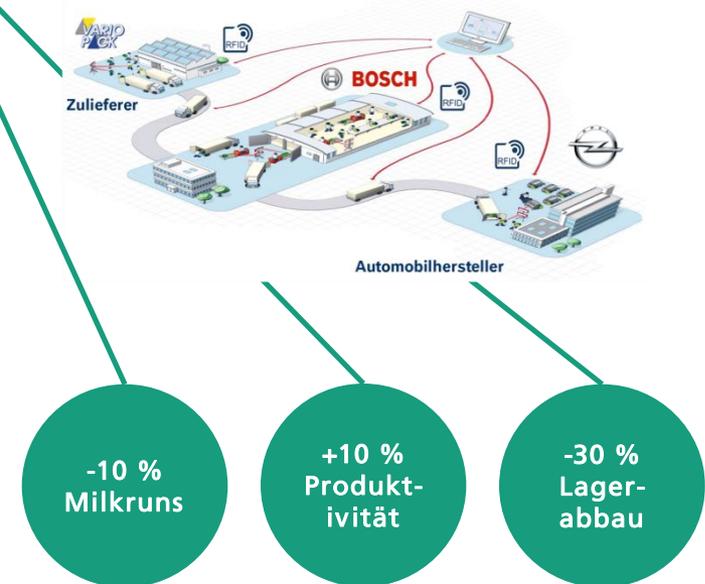
# Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

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

## Abschätzung der Nutzenpotenziale

Kosten	Effekte	Potential
<b>Bestandskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzierung Sicherheitsbestände</li> <li>Vermeidung Bullwhip- und Burbridge-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> </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

# Erfolgsfaktoren für die Industrie

## Maximale Kundennähe bei höchster Produktivität

- **Erweitertes Wertschöpfungssystem**  
(Ecosystem, Geschäftsmodell, Kunden- und Lieferantenintegration, Kundenorientierung)
- **Umfassende Transparenz**  
(Vertikale und horizontale Vernetzung in Echtzeit, Kommunikationsorientierung)
- **Schnelle Prozessfähigkeit**  
(Big Data, Predictive Analytics, Qualifikation, Lernkurvenorientierung)
- **Hohe Flexibilität und Skaleneffekte**  
(Alles wird zum Service/XaaS, Dezentralisierung, Vernetzung, Serviceorientierung)
- **Maximale Effizienz und Verbundeffekte**  
(Zero Waste Technologien, Wandlungsbereitschaft und -fähigkeit, Autonomie, Ressourcenorientierung)
- **Neue Sicherheitskultur**  
(Safety, Security und Privacy, Risikoorientierung)
- **Optimale Rahmenbedingungen**  
(Infrastruktur, Finanzierung, Forschungslandschaft, lebenslanges Lernen)

# Erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0



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

ISBN 978-3-658-04681-1

---

# CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN DER VIERTEN INDUSTRIELLEN REVOLUTION

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
17. November 2015

---

