

# Industrie 4.0

## Information Driven Manufacturing

Sercos User Conference

Stuttgart, 9.10.2014

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Institutsleiter

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF, Universität Stuttgart
- Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP, Universität Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart



Bildquelle: emmegi.de



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



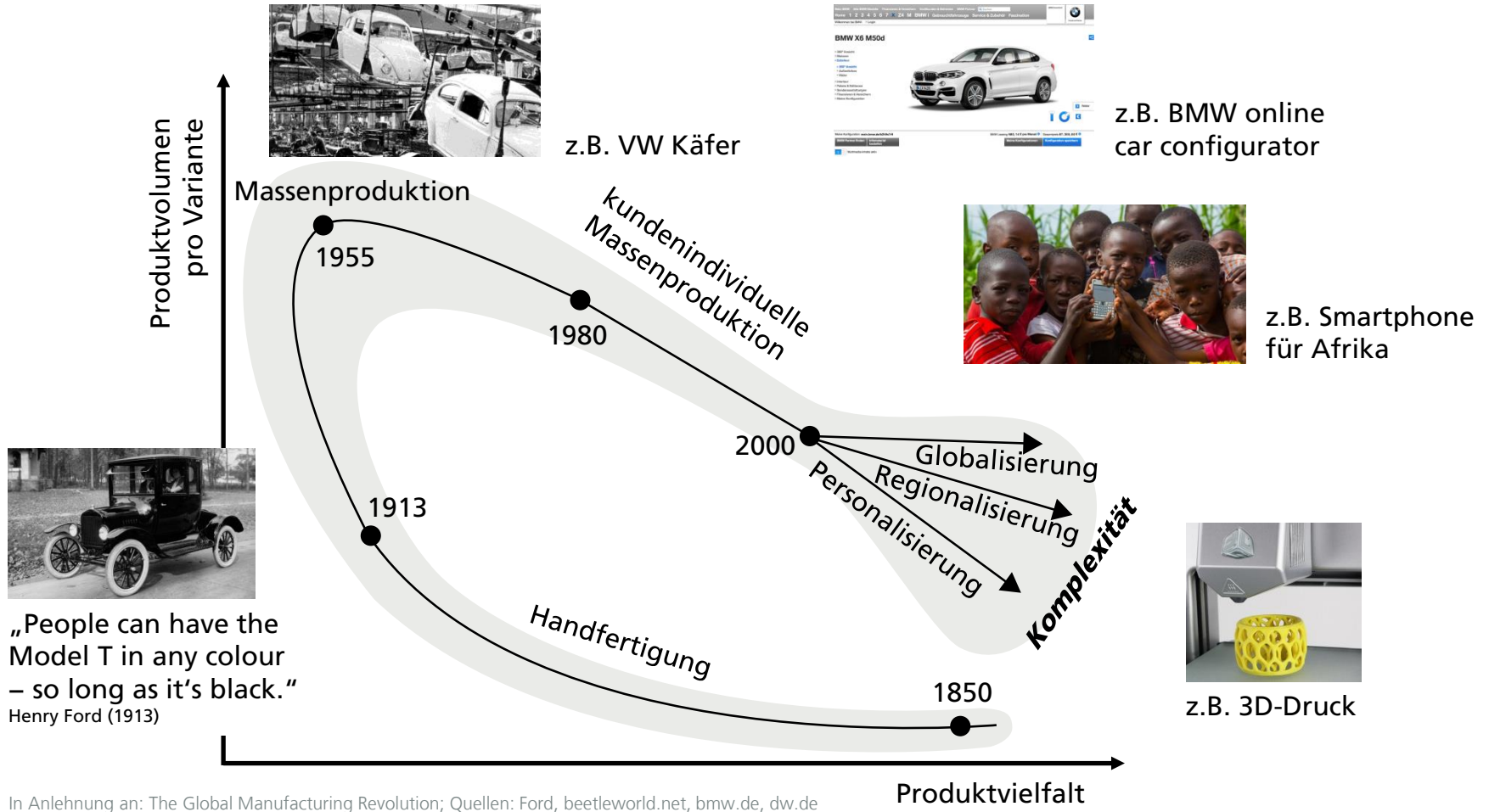
**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# An der Schwelle zur 4. Industriellen Revolution

## Steigende Komplexität führt zu neuen Wertschöpfungs-systemen



# Die Wende in der Produktion

## Von der Wertschöpfung zur Wertschaffung



## Informations- und Kommunikationstechnologie als Enabler

Bildquellen: hbw-cs.de; freemalaysiatoday.com; t2.ftcdn.net; livingwater-online.de; verkehrsrundschau.de; wieland-edelmetalle.de, SEW Eurodrive

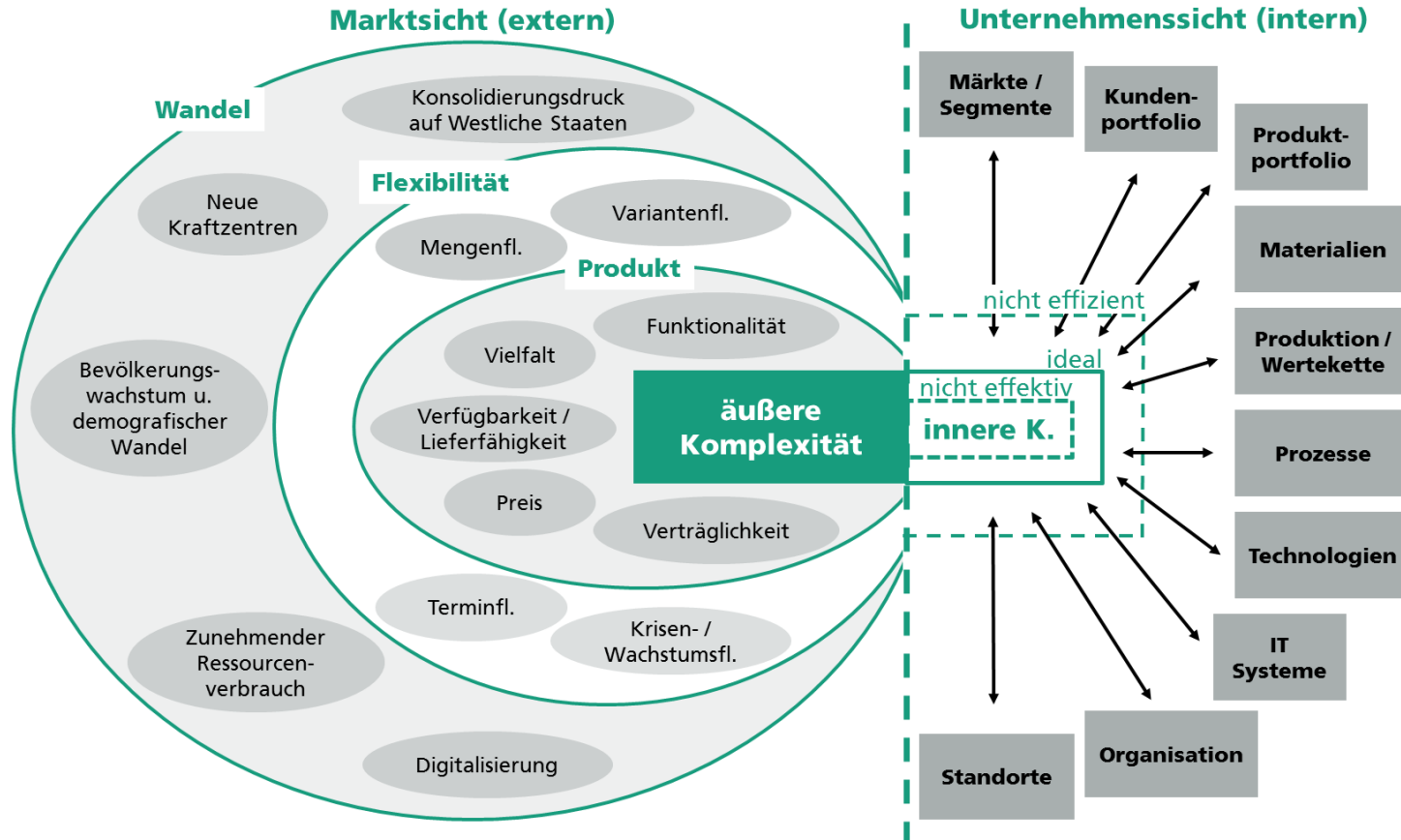
# Gliederung

- Von der Fraktalen Fabrik zum cyber-physischen Produktionssystem
- Neue IKT-Architekturen als Produktivitätshebel
- Szenarien der neuen Produktion



# Gegenüberstellung äußere – innere Komplexität

## Auf der Suche nach dem Gleichgewicht



# Die Realisierung der fraktalen Fabrik: Netzwerk autonomer Cyber-physischer Produktionssysteme



Nach ACATECH, 2012

## Kennzeichen:

- Erfassung unmittelbar physikalische Daten mit Sensoren
- Verwendung weltweit verfügbarer Daten und Dienste
- Daten auswerten und speichern
- Vernetzung über digitale Kommunikationstechnologien
- Einwirken auf physikalische Welt mit Aktoren
- Verwendung multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Kontextmanagement ersetzt die operative Planung

## Die Smarte Fabrik organisiert sich dezentral und selbst in Echtzeit



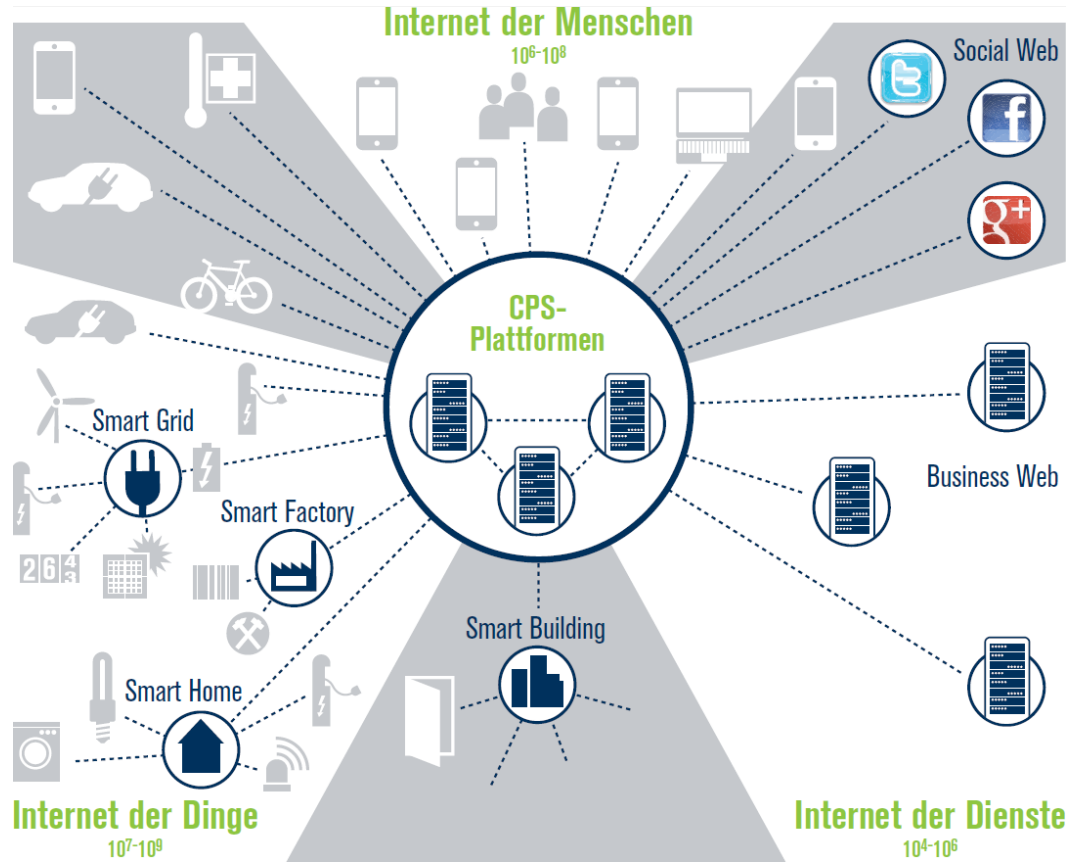
Cyber-physische Systeme (z.B. Maschinen, Anlagen)

- haben eine Identität
- kommunizieren untereinander und mit der Umgebung
- konfigurieren sich selbst (Plug and Produce)
- speichern Informationen

dezentrale Selbstorganisation in Echtzeit



# Cyber-physische Produktionssysteme CPPS: Vom Feldbus zur eigenständigen Kommunikation über IP



Quelle: Bosch Software Innovations 2012



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

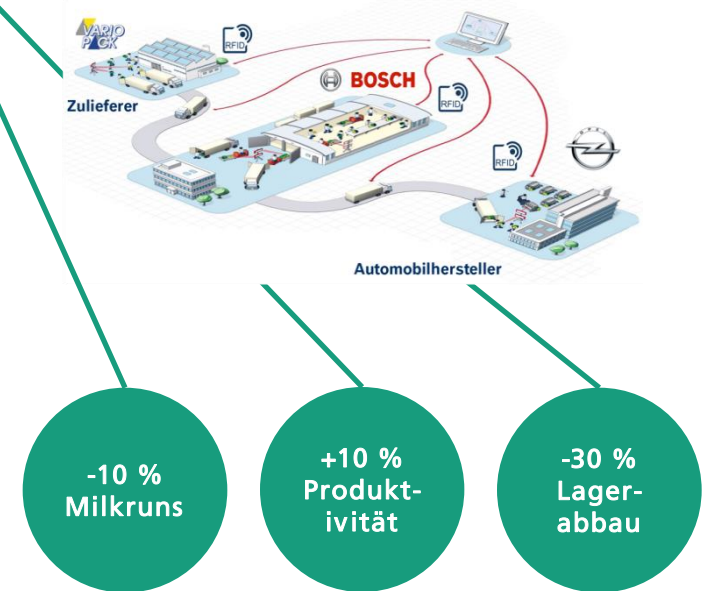
# Unternehmenspotentiale durch Industrie 4.0

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

### Abschätzung der Nutzenpotentiale

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

# Volkswirtschaftliche Potentiale durch Industrie 4.0

## Steigerung Bruttowertschöpfung von 15 % bis 30 % möglich bis 2025

- Geschäftsmodell-potentiale noch nicht ausreichend berücksichtigt
- Konservative Abschätzung
- Kernindustrien von BW haben größten Hebel
- John Chambers, CEO Cisco: „... 2 % zusätzliches Wachstum pro Jahr für die dt. Volkswirtschaft ...“\*

Wirtschaftsbereiche	Bruttowertschöpfung [Mrd. €]		Potenzial durch Industrie 4.0	Jährliche Steigerung	Steigerung [Mrd. €]
	2013	2025*	2013-25	2013-25	2013-25
Chemische Industrie	40,08	52,10	+30%	2,21%	12,02
Kraftwagen- und Kraftwagenteile	74,00	88,80	+20%	1,53%	14,80
Maschinen- und Anlagenbau	76,79	99,83	+30%	2,21%	23,04
Elektrische Ausrüstung	40,27	52,35	+30%	2,21%	12,08
Land- und Forstwirtschaft	18,55	21,33	+15%	1,17%	2,78
Informations- und Kommunikationstechnik	93,65	107,70	+15%	1,17%	14,05
<b>Potenzial der 6 ausgewählten Branchen</b>	<b>343,34</b>	<b>422,11</b>	<b>+23%</b>	<b>1,74%</b>	<b>78,77</b>
Beispielhafte Hochrechnung für die Gesamtbruttowertschöpfung in Deutschland	2.326,61	2.593,06**	+11,5%**	1,27%**	267,45**

\* Bei den Hochrechnungen für 2025 wurde kein Wirtschaftswachstum berücksichtigt. Es handelt sich um eine reine Relativbetrachtung mit und ohne die Industrie 4.0-Potentiale für die sechs ausgewählten Branchen.

\*\* Gesamtsumme enthält die Industrie 4.0-Potentiale für die sechs ausgewählten Branchen sowie die Hochrechnung der restlichen Branchen unter der Annahme, dass für diese ein Potenzial in Höhe von 50% des für die ausgewählten Branchen gilt.

Quelle: Bitkom/IAO 2014, \*sueddeutsche.de



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

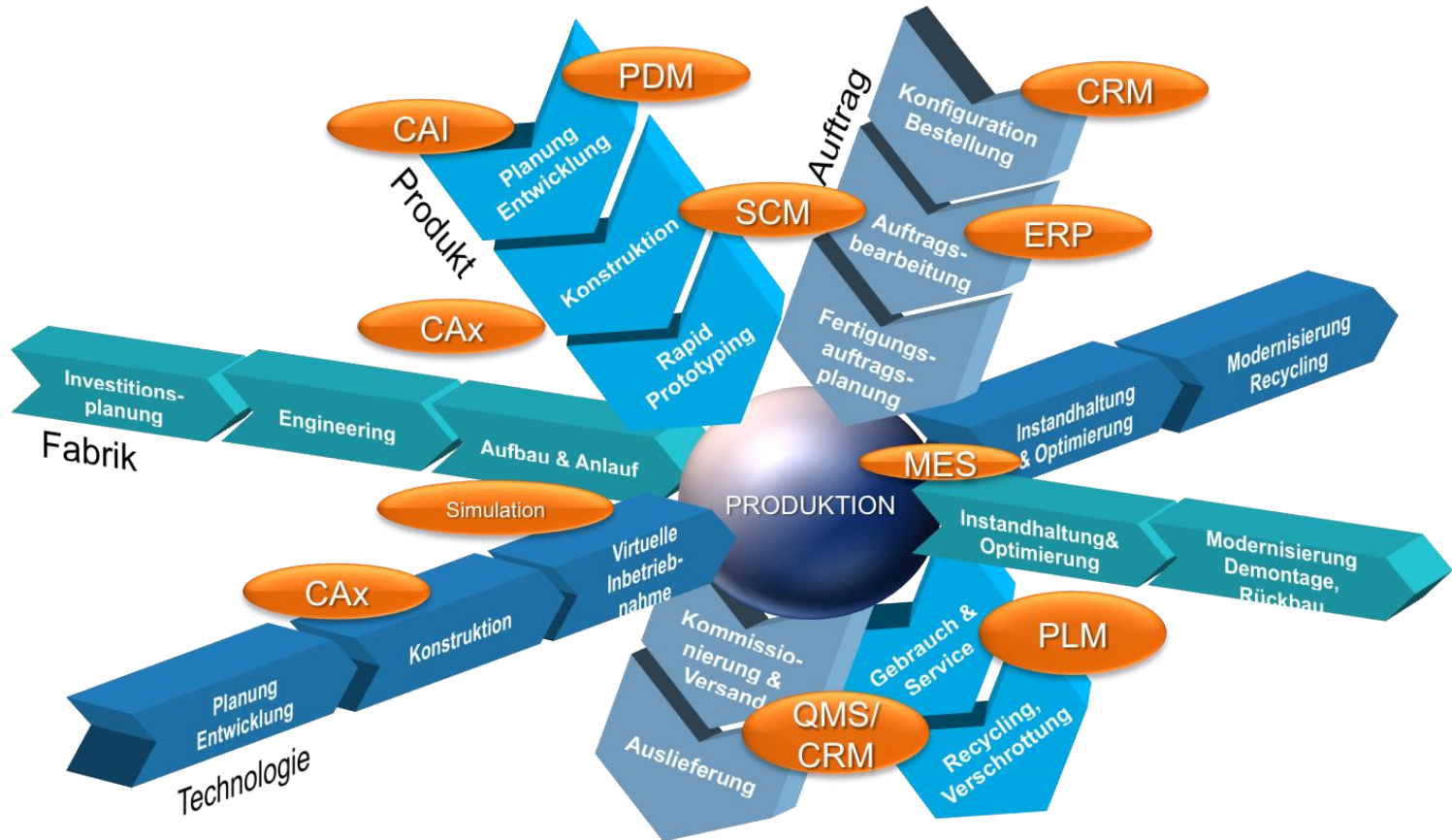
# Gliederung

- Von der Fraktalen Fabrik zum cyber-physischen Produktionssystem
- Neue IKT-Architekturen als Produktivitätshebel
- Szenarien der neuen Produktion



# IT Tools in den Lebenszyklen der industriellen Produktion

## Heute isolierte Inseln – morgen ein Netzwerk von Apps



# IKT und Effektivität in der Produktion

## Wissensbasierte Optimierung in Echtzeit durch intelligente Vernetzung

### Komplexität

Professor Warnecke:

*„Mit wachsender Komplexität steigt die Dezentralität und Autonomie von Systemen“*

### Vernetzung

Metcalf:

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

### Leistung

Moore:

*„Die Rechnerleistung verdoppelt sich alle 18 Monate.“*

### Transparenz

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

### Wissen

## Smart Production

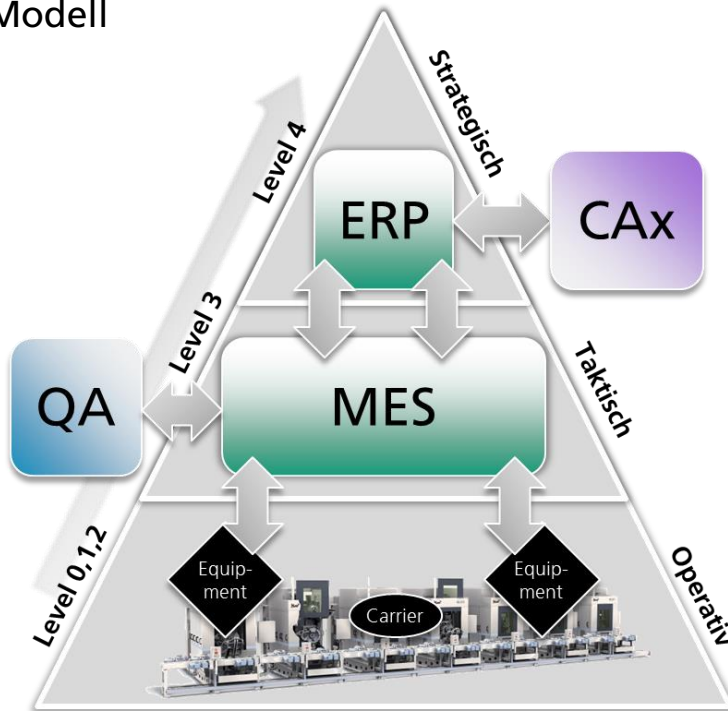


# Alte IT-Architekturen lösen sich auf

## 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



Universität Stuttgart  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Leitprojekt Virtual Fort Knox

## Sicherheit und Transparenz schafft Vertrauen

Sichere, föderative Plattform für service-orientierte Anwendungen (eApps) im Maschinen- und Anlagenbau

Gefördert durch:



Baden-Württemberg  
MFW



Universität Stuttgart  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Gliederung

- Von der Fraktalen Fabrik zum cyber-physischen Produktionssystem
- Neue IKT-Architekturen als Produktivitätshebel
- Szenarien der neuen Produktion



# iBin

## Intelligente Behälter bestellen ihre Befüllung autonom



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

# Zellulare Fördertechnik

## Schwarmintelligenz für die Logistik

### Beispiel: Schwarm mit 50 autonomen Shuttles



- Agentenbasierte Fahrzeug- und Auftragssteuerung
- Sensorfusion zur Lokalisierung und Schwarmsteuerung
- Ersetzen konventionelle Regalbedienung und Fördertechnik

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



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Monofunktionale Transportfahrzeuge

## Transportfahrzeuge finden autonom und frei planbar den Weg vom Lager zum Produktionsprozess



### Kleine autonome Transporteinheit (KaTe)

- KLT 600mm x 400mm
- Nutzlast 30kg
- Geschwindigkeit 1,5 m/s



### Doppelkufensystem

- Europalette
- Nutzlast 1.000kg (Prototyp 400kg)
- Geschwindigkeit 1 m/s

Quelle: Universität Stuttgart: Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT), Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. K.-H. Wehking



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

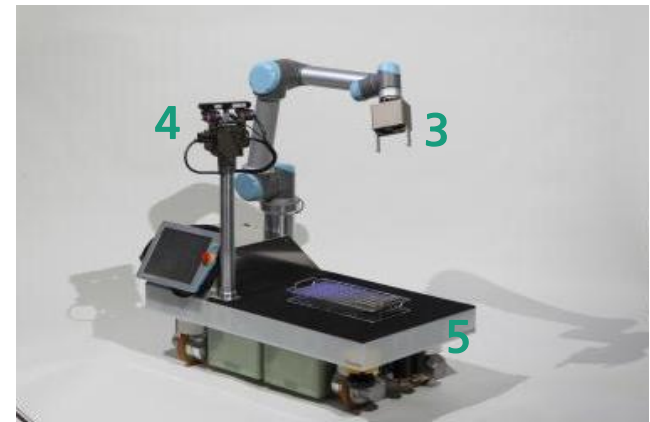
**Fraunhofer**  
IPA

# Beispiel: Roboter CPS in der Intralogistik

## Mobile Helfer im Niedriglohnbereich

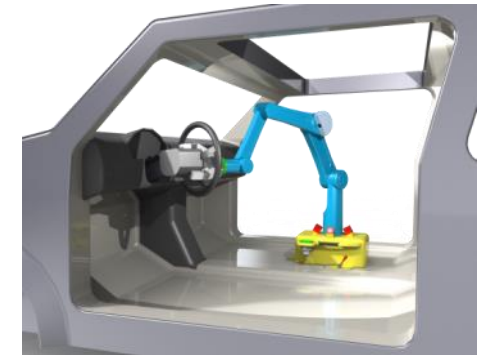
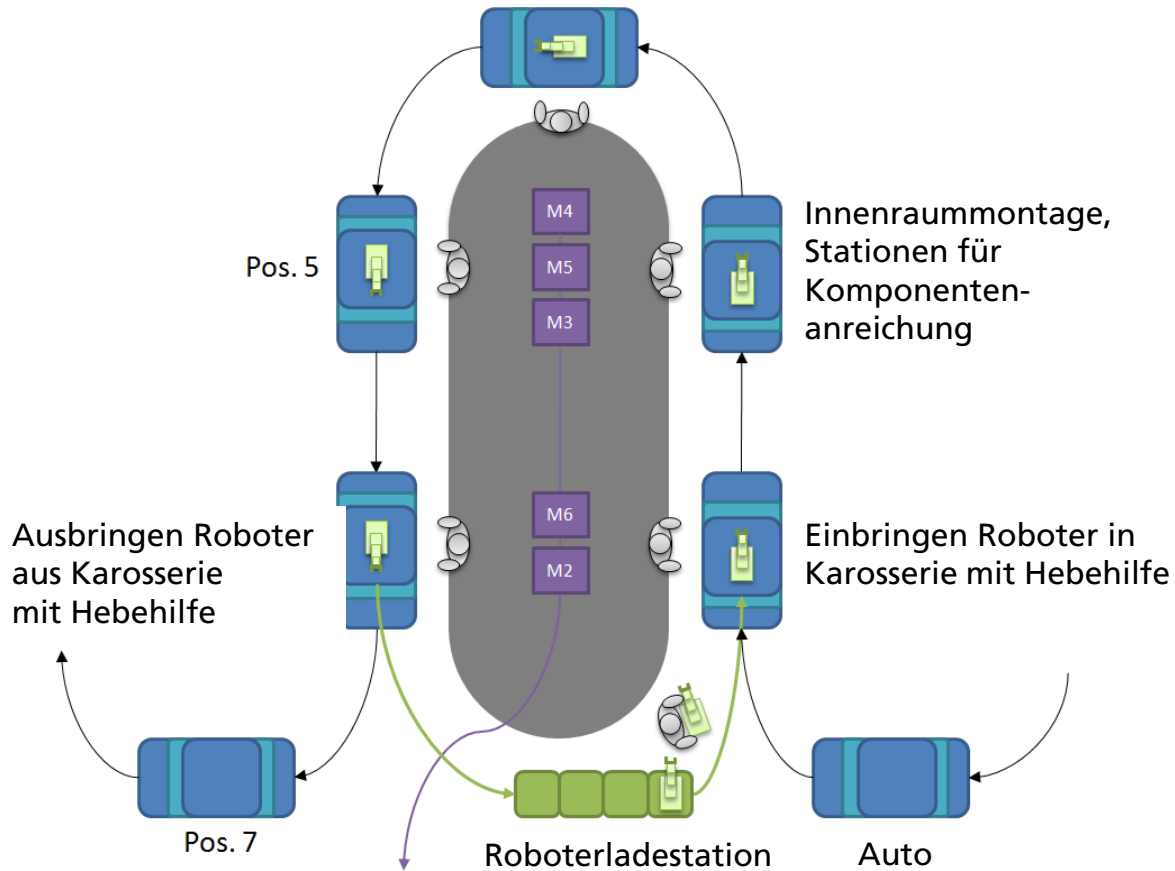
- Mobiler Roboter/Arm füllt Montageplätze nach, nimmt leere Boxen zurück.
- Mobiler Roboter mit ausreichender Speicherkapazität bewegt sich durch den Supermarkt und füllt Artikel in Kisten.

1. Mobiler Manipulator (omnidirektional)
2. Lagermöglichkeit
3. Fähigkeit, Behälter zu greifen
4. 3D Umwelterfassung (stereo vision, 3D sensor)
5. Zaunlose Nutzung im industriellen Umfeld



# Kooperierende Montage

## Mitfahrender Roboter unterstützt manuelle Montage



Innenraummontage

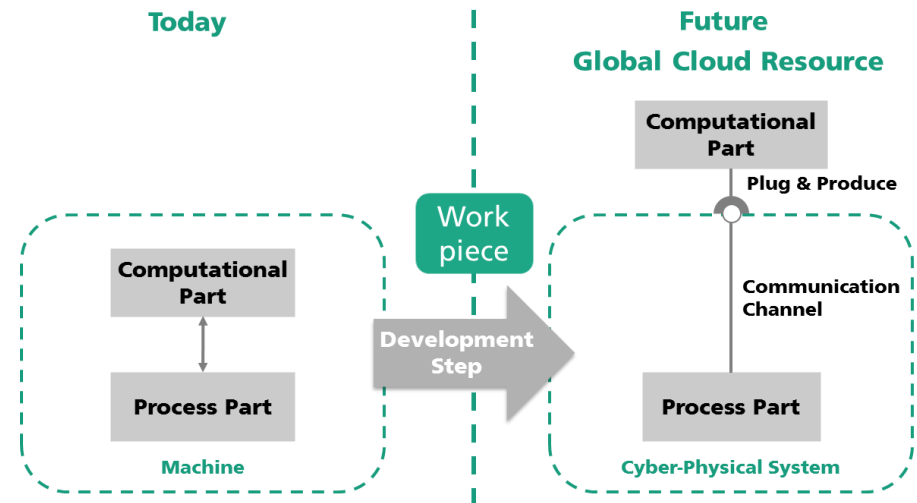


Roboterladestation

# Auswirkungen auf die Steuerungsarchitekturen

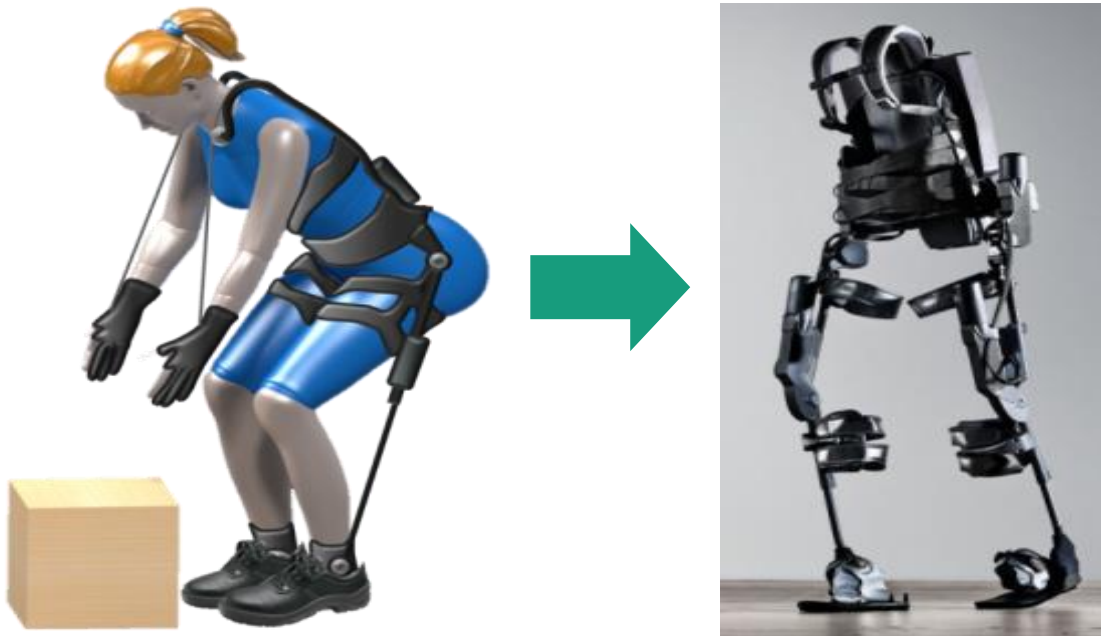
## Automatisierung gesteuert von cloud services

- Neues Produkt (von der Produkt- zur Serviceorientierung)
- Kostenreduzierung durch kombinierte Steuerungseinheiten (gain by scaling)
- Einfachere System-Migration/ Erweiterung, Upgrade
- Vereinfachtes Management der Systemversionen bzw. Test neuer Versionen
- Vertrieb/Verkauf von zusätzlichen Funktionen und Services (Taktzeit-optimierung, Energiesparmodule etc)
- Engere Kundenbeziehungen



# Biomechatronische Hebehilfen und Exoskelette unterstützen den Mitarbeiter im Zuge alternsgerechter Arbeitsplätze

## Von der Hebehilfe zum Exoskelett



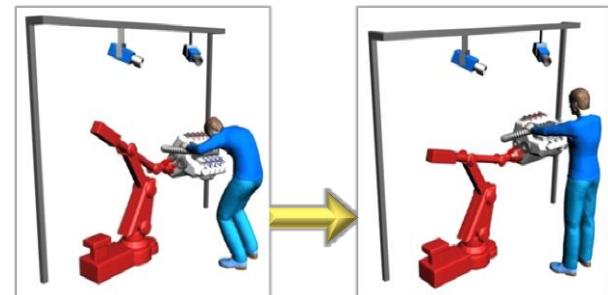
- **Aktive Hebehilfen:** Entlastung der Wirbelsäule (aktive Hebehilfe)
- **Exoskeletons:** Entlastung des ganzen Bewegungsapparats z.B. bei Überkopfarbeiten
- **Konfiguration über Apps** (Cloudbasiert)



# Menschorientierte Maschinschnittstelle: **Intuitive Kommunikation** treibt neue Automatisierungsprinzipien

## Schnittstellen für hybride Montagesysteme

- **Remote** Schnittstellen über
  - Sehen
  - Gesten
  - Stimme
- **Physische** Schnittstellen
  - Haptische Schnittstellen
  - Headmounted Displays
  - Force-feedback Systeme



Quellen u.a.: [google.com/+projectglass](https://www.google.com/+projectglass)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)

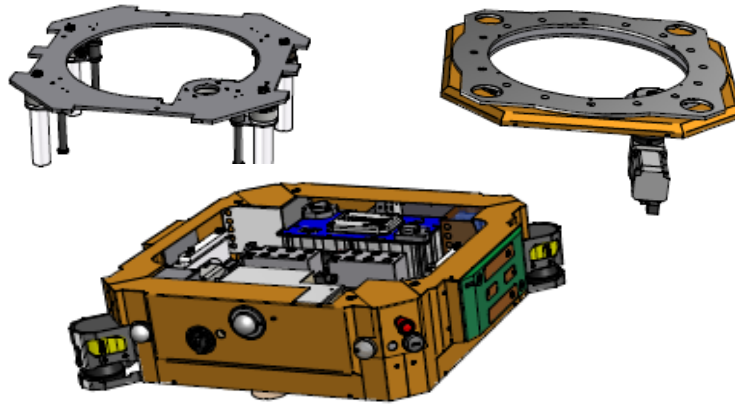


**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Mobile Robotik wird zum Standard



Quelle: Bär Automation; Uni. Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT), Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. K.-H. Wehking



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# Griff in die Kiste wird zum Standard



- Greift Material aus unsortierter Masse
- Schnell, zuverlässig
- Versuchsbewertungssystem am IPA

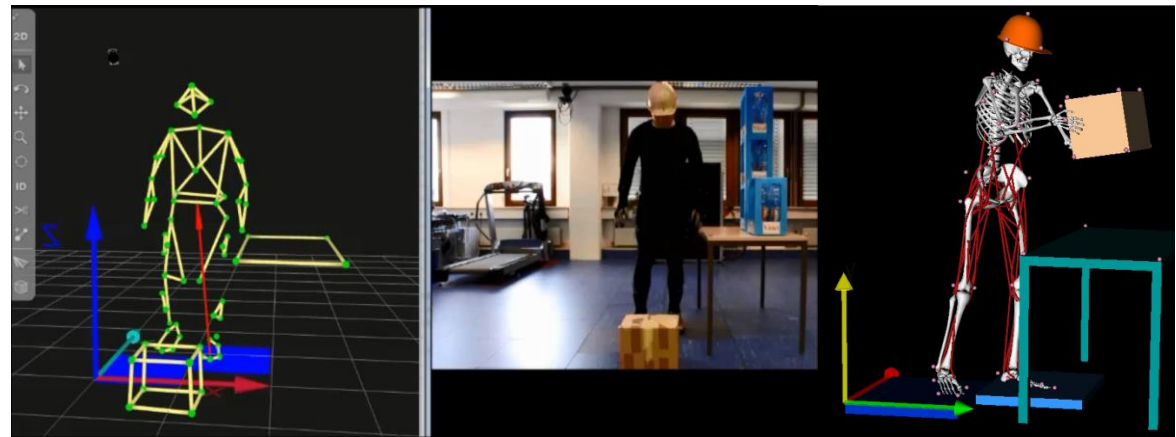


# Smart Feed-back

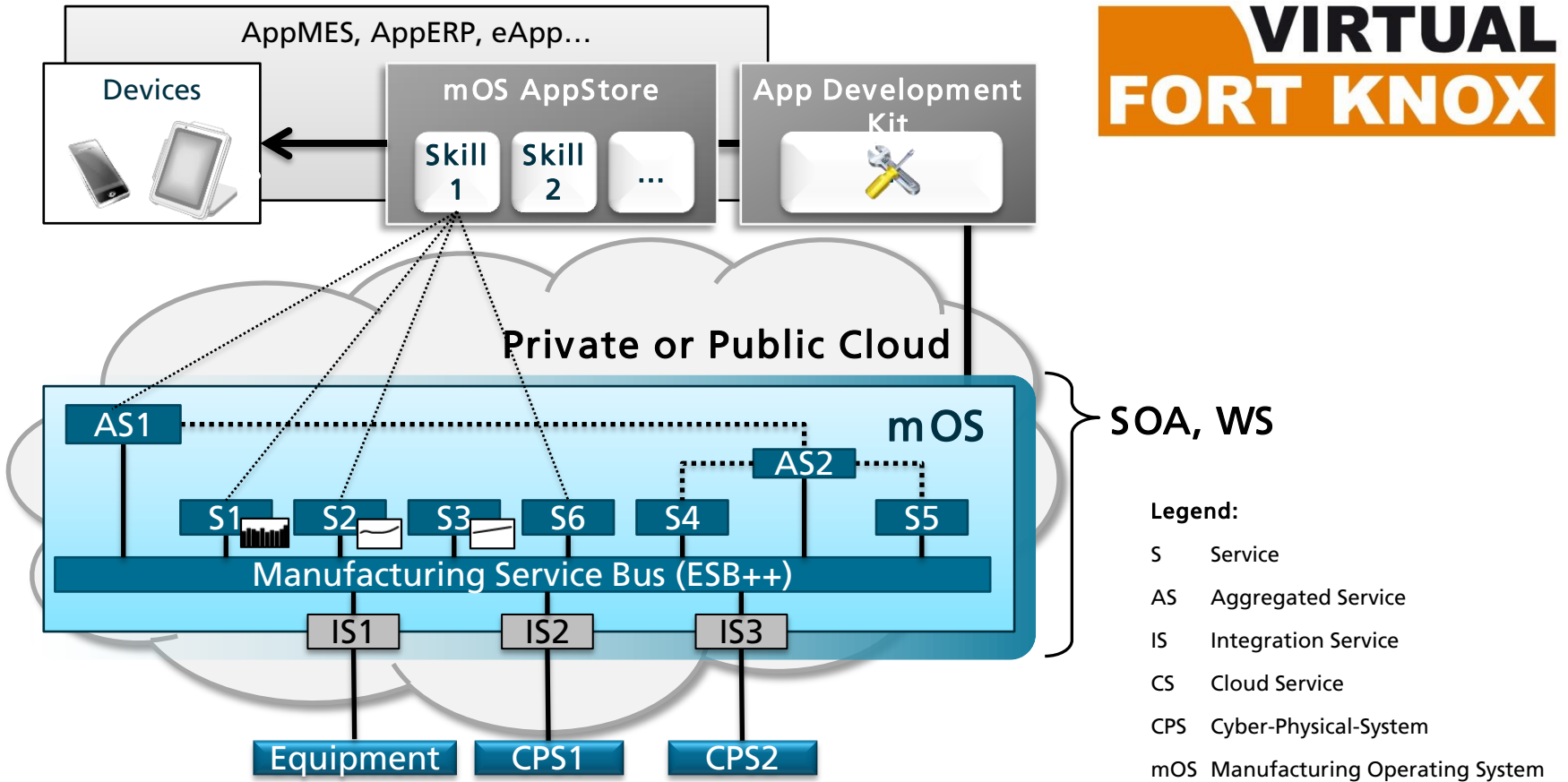
## Beispiel: Motion Capturing zur Rückführung der realen Abläufe in die Planungsmodelle

### Technische Assistenzsysteme

- Bewegungsanalyse-Kompetenz
- Mensch am Arbeitsplatz
- med. Ergonomie, Trainingsavatare
- LEAN & FAST Exoskelett-Entwicklung



# „Everything as a Service“ (XaaS)



# Google Robotics & ROS-Industrial

## 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."

Bild: zdnet.de



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

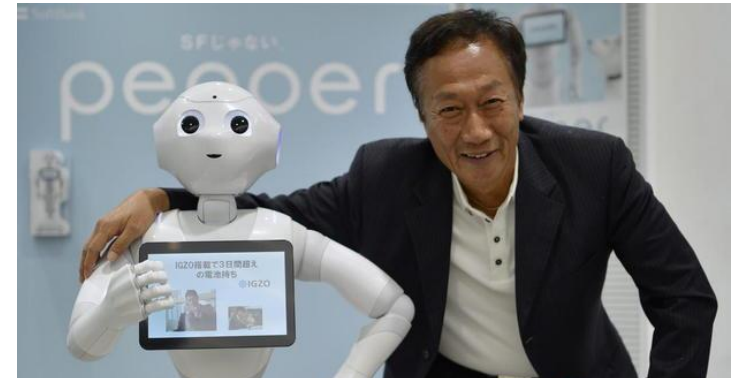
**sercos**  
the automation bus

**Fraunhofer**  
IPA

# 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



# Die deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0

- beschreibt den Normungsbedarf und das aktuelle Umfeld
- identifiziert und beschreibt 12 Themenbereiche
- gibt allgemeine Empfehlungen für die Normung von Industrie 4.0 Technologien
- gibt Empfehlungen zur Normungsstrategie (Herausforderung „System of Systems“)
- gibt konkrete Handlungsempfehlungen für die 12 Themenbereiche
- listet die vorhandenen, für Industrie 4.0 relevanten Normen und Spezifikationen
- wird kontinuierlich weiterentwickelt
- ist Bestandsaufnahme, Wegweiser und Mittel der Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren aus verschiedenen technologischen Sektoren wie der Automatisierungstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik und der Produktionstechnik
- wird vom Fraunhofer IPA aktiv mitentwickelt



<http://www.dke.de/de/std/Seiten/Industrie40.aspx>

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



---

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

---

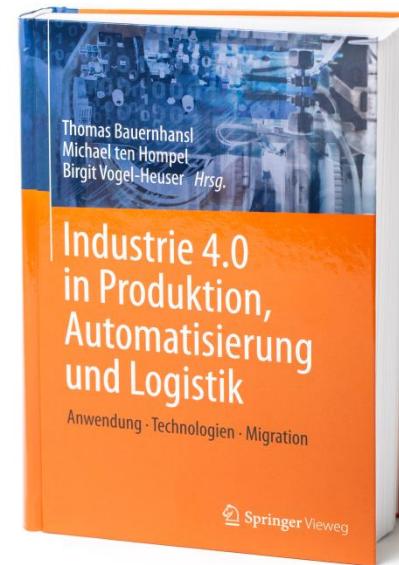
Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

[thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de](mailto:thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de)

[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

[www.iff.uni-stuttgart.de](http://www.iff.uni-stuttgart.de)

[www.eep.uni-stuttgart.de](http://www.eep.uni-stuttgart.de)



- Erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0
- Herausforderungen und Anforderungen an die IT mit Praxisbeispielen
- Ausblick in die Zukunft

ISBN 978-3-658-04681-1



**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb (IFF)



**Universität Stuttgart**  
Institut für Energieeffizienz  
in der Produktion (EEP)

**sercos**  
the automation bus

 **Fraunhofer**  
IPA