

Smart Factory – Chancen und Herausforderungen für die Produktionstechnik

Zukunftskongress Logistik – 32. Dortmunder Gespräche

Dortmund, 17.9.2014



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

Quelle: fotolia.de/everythingpossible



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)



Renaissance der Produktion

Der Wettbewerb um Wertschöpfung nimmt massiv zu

USA

Advanced Manufacturing Partnership



- Niedrige Energiekosten
- Handelsbeschränkungen
- Niedrige Zinsen
- Anwendungsorientierte Forschung

Europa

Re-Industrialisierung
(Ziel: 20% am BIP)



- Ressourceneffizienz (Energiewende)
- Indirekte Handelsbeschränkungen (REACH, RoHS, CE)
- Niedrige Zinsen (EZB)
- Horizon 2020

Asien (China)

12. Fünfjahresplan
Automatisierung der Fertigung



- Produktivität
- Ressourcenzugang
- Staatliche Subventionen
- Massive Investitionen in Bildung/Forschung



Gliederung

1. Der Weg in die 4. Industrielle Revolution
2. Vernetzung, Echtzeit, De-Materialisierung, Fragmentierung
3. Die Smart Factory
4. Use Case Robotik

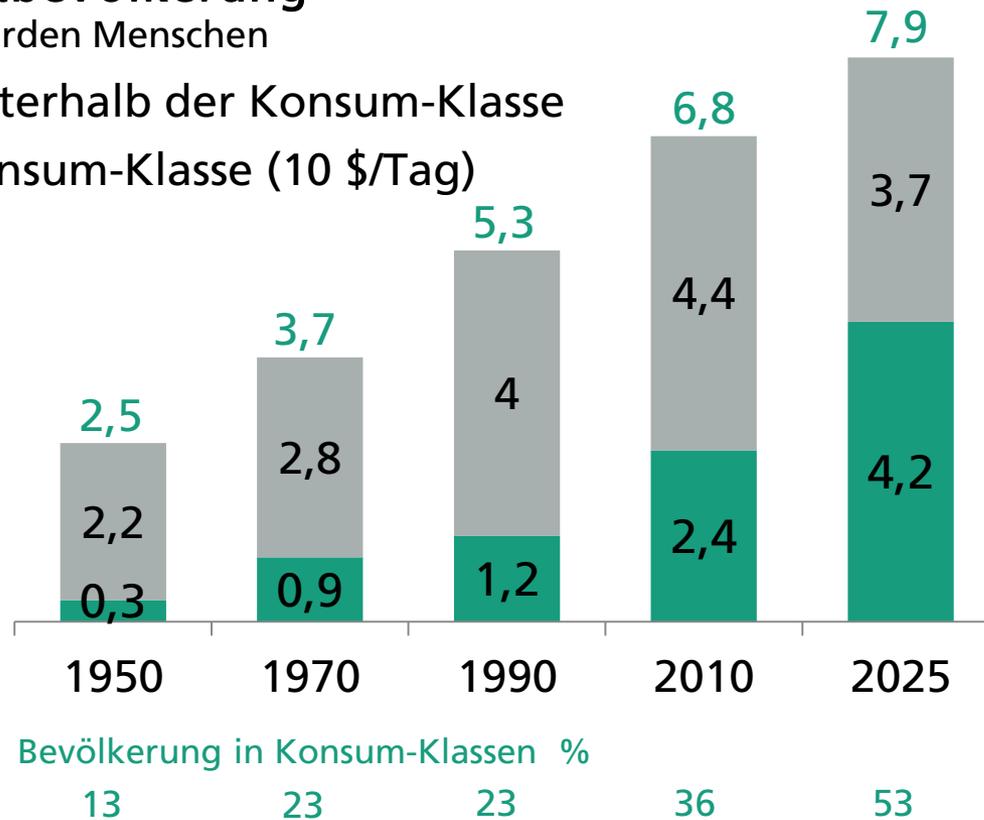


Wir haben kein nachfrageseitiges Wachstumsproblem, aber 2025 wird die Hälfte des globalen Konsums in Entwicklungsländern stattfinden.

Weltbevölkerung

Milliarden Menschen

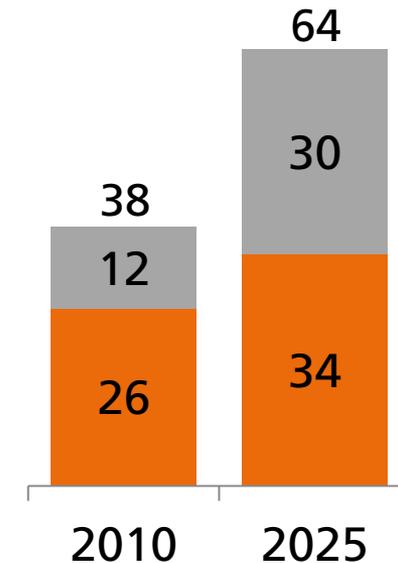
- Unterhalb der Konsum-Klasse
- Konsum-Klasse (10 \$/Tag)



Weltverbrauch

Billiarden USD

- Entwicklungsmärkte
- Entwickelte Märkte



Quelle: Wolfeshorn Center for Development, Brookings Institution); Groningen Growth and Development Centre; McKinsey Global Inst.

Die Wende in der Produktion

Von der Wertschöpfung zur Wertschaffung

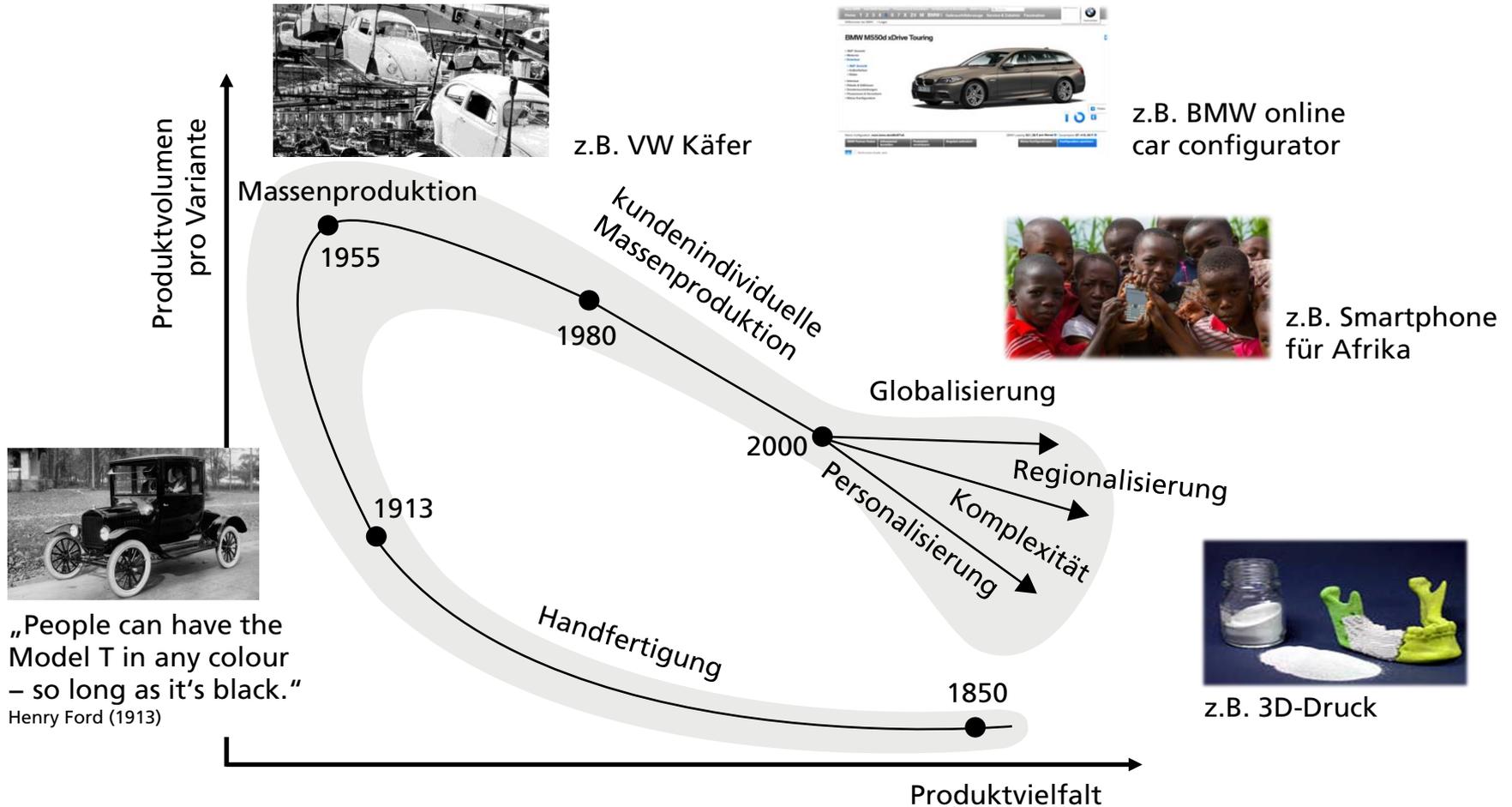


Informations- und Kommunikationstechnologie als Enabler

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

An der Schwelle zur 4. Industriellen Revolution

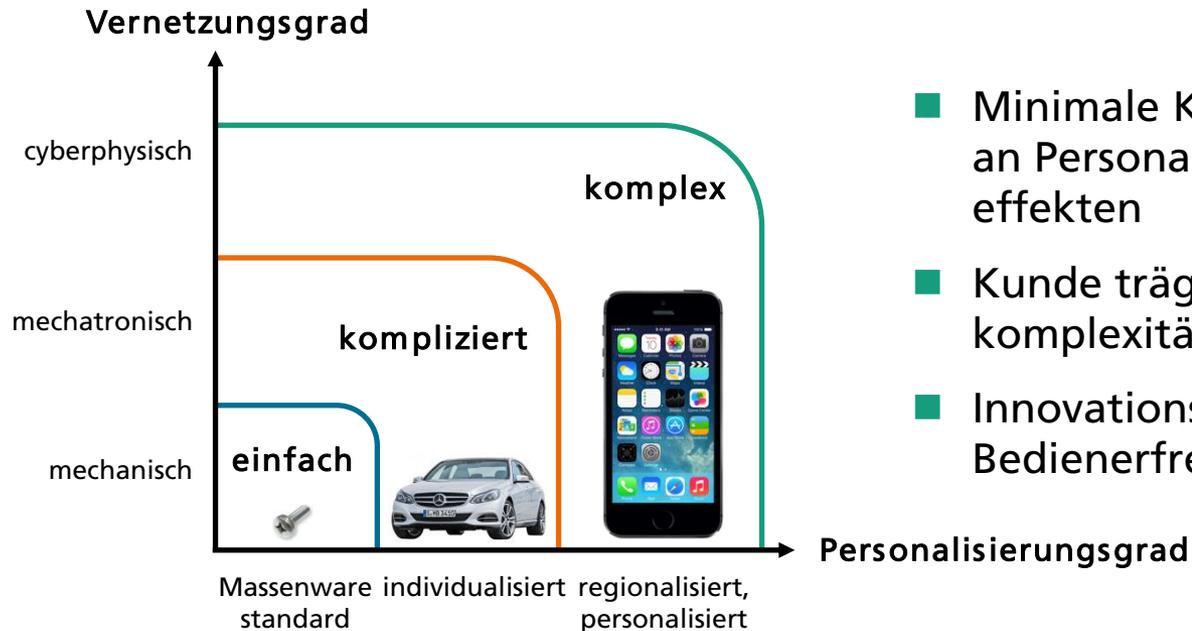
Globalisierung, Nachhaltigkeit und Individualisierung



In Anlehnung an: The Global Manufacturing Revolution; Quellen: Ford, beetleworld.net, bmw.de, dw.de

Vernetzung vs. Personalisierung

Vernetzungs- und Personalisierungsgrad von Produkt und Service

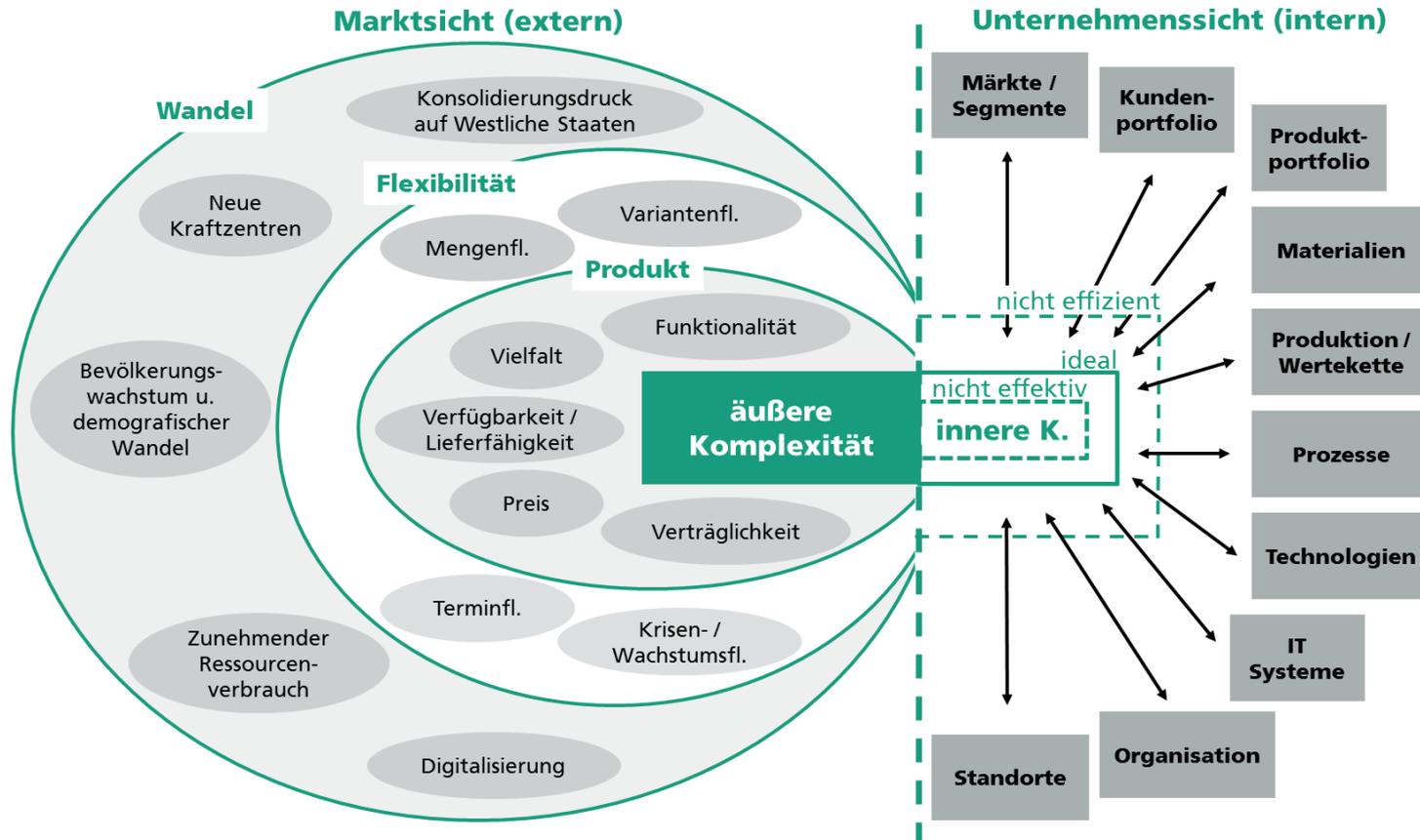


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde trägt Personalisierungskomplexität und zahlt dafür.
- Innovationsfokus: Eco System, Bedienerfreundlichkeit, Design

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

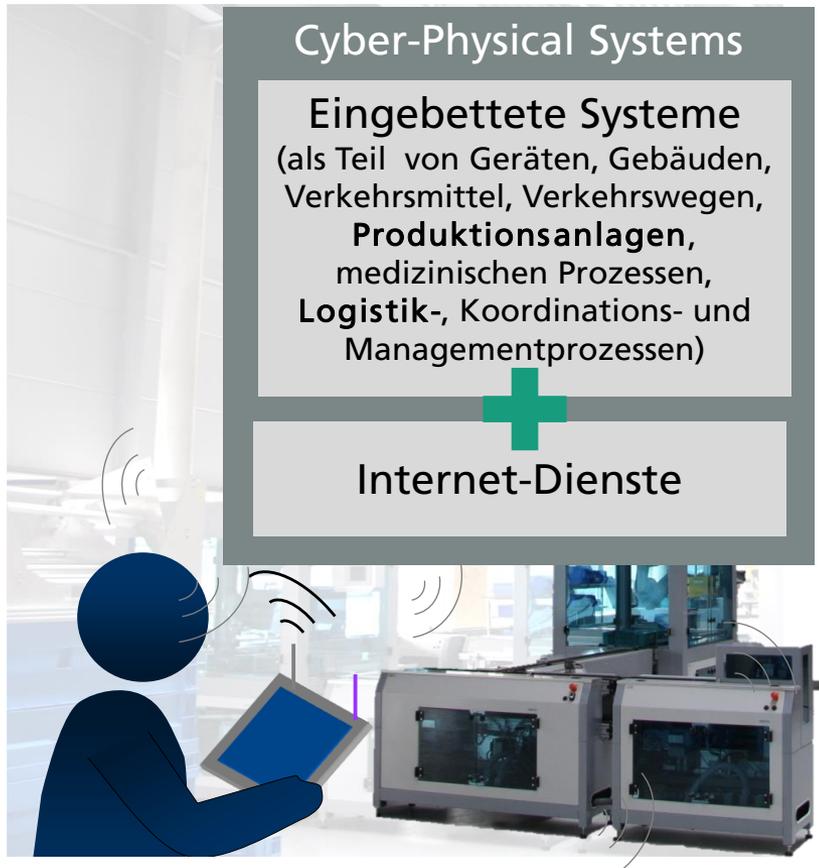
Gegenüberstellung äußere – innere Komplexität

Auf der Suche nach dem Gleichgewicht



Die nächste Ebene der Dezentralisierung

Von der fraktalen Fabrik zum cyber-physischen Produktionssystem



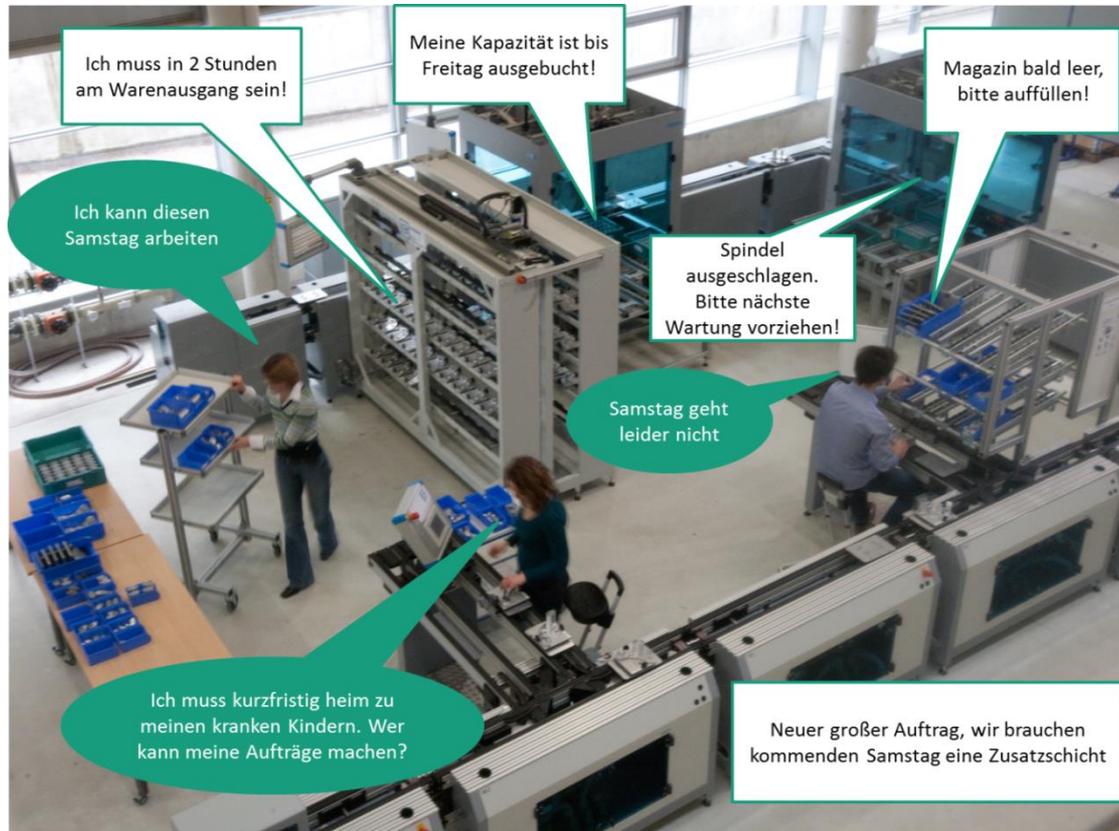
Nach ACATECH, 2012

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

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



Gliederung

1. Der Weg in die 4. Industrielle Revolution
2. Vernetzung, Echtzeit, De-Materialisierung, Fragmentierung
3. Die Smart Factory
4. Use Case Robotik



Fragmentierung und Neuverteilung der Wertschöpfung

Kunden-Integration und Service-Orientierung

Kunde als Teil der Wertschöpfung im Produktlebenszyklus

- Co-Creation (community driven)
- Crowd X (-Innovation, -Funding, -Creation,...)
- XaaS (Infrastruktur, Plattform, Software, Capability)



Manufacturing als Service emachineshop.com



Co-Creation Rally Fighter

Quellen: www.emachineshop.com, <http://localmotors.com/rallyfighter/downloads/>

Maker Movement: Drucke dein personalisiertes Produkt

Additive Manufacturing

Additive Manufacturing (3D-printing)

- 3D-Druck auf dem Höhepunkt für Consumer-Anwendungen (Gartner)
- Der industrielle Bereich erreicht die optimalen Produktivität erst in 2–5 Jahren.

Neuentwicklungen im Bereich

- Materialauswahl und -entwicklung
- Geschwindigkeit
- Zunehmende Präzision
- Zunehmende mechanische Belastbarkeit der Bauteile



Quellen: Arburg, Fraunhofer IPA



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)

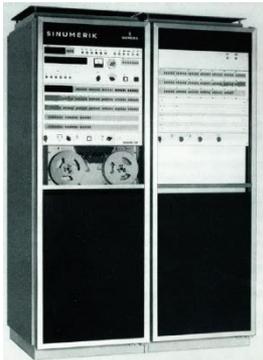


Rechnertechnik früher und heute

Bauraumreduzierung und Weiterentwicklung der IT-Integration

1972–1976

SINUMERIK „System 500“
aus NC wird CNC



- 1 Kanal/bis zu 6 Achsen
- G-Code-Programmierung (ISO (DIN 66025))
- Doppelwickler (Programmspeicher) für 250m Lochstreifen
- Rechneranschluss (online, DNC) an Siemens-Prozessrechner der Familie 300 als Glied in der Kette einer integrierten Datenverarbeitung in einer Fertigung

2005–2014

SINUMERIK 840D sl



- Bis zu 30 Kanäle/93 Achsen
- Multitechnologie-CNC
- Hochsprachen- und Arbeitsschrittprogrammierung, ISO Codes
- CNC Anwenderspeicher 15MB + CF-Card 6GB oder 12 GB auf SSD der PCU
- IT-Integration in die Fertigung standardmäßig über USB, CF-Card und TCP/IP-Ethernet sowie über die Produktsuite SINUMERIK Integrate for Production.

SINUMERIK 550

Bahnsteuerung, 6 Achsen, Fräsen

SINUMERIK 540

Streckensteuerung, 4 Achsen,
Bohren und Fräsen

SINUMERIK 530/45

Bahnsteuerung, 2 Achsen,
Stanz- und Nibbeln

SINUMERIK 520

Bahnsteuerung, 2 Achsen, Drehen



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)



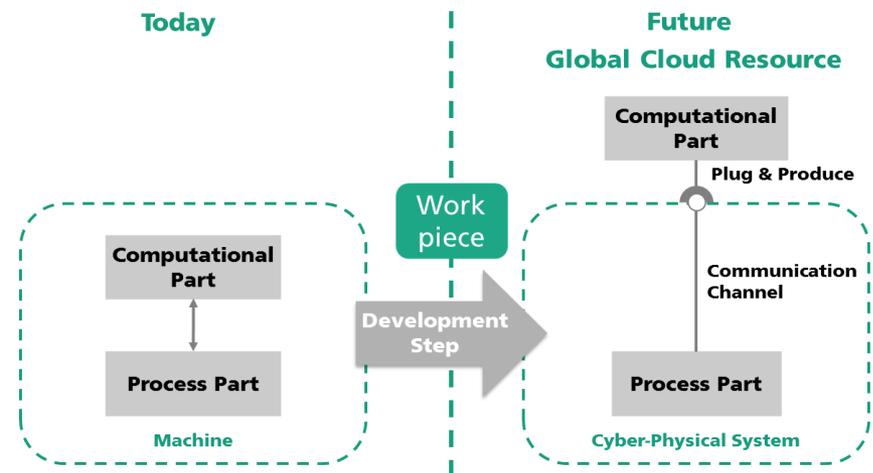
Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)



De-Materialisierung der Software

Beispiel: Über Cloud Services gesteuerte Automation

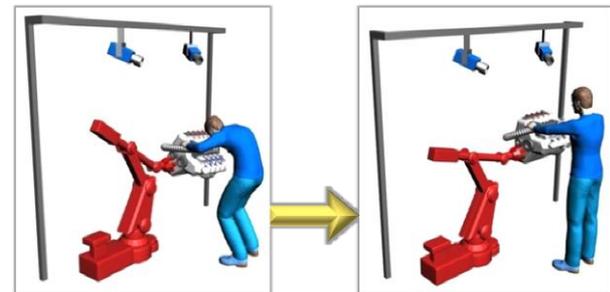
- Neues Produkt (von der Produkt- zur Serviceorientierung)
- Kostenreduzierung durch kombinierte Steuerungseinheiten (gain by scaling)
- Einfachere System-Migration/ Erweiterung, Upgrade
- Vereinfachtes Management der Systemversionen bzw. Test neuer Versionen
- Vertrieb/Verkauf von zusätzlichen Funktionen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



Menschorientierte Maschinenschnittstelle: 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)



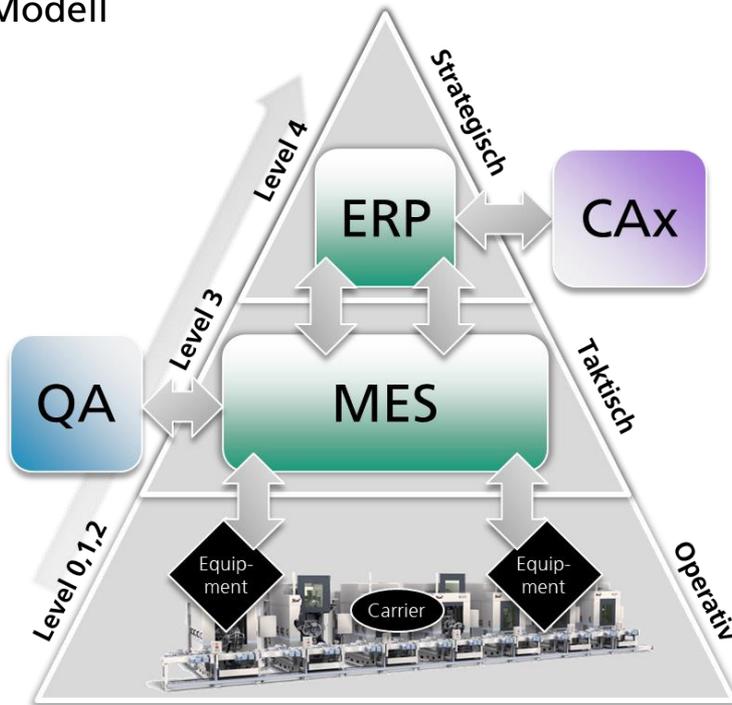
Fraunhofer
IPA

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; Cx: Computer-Aided x



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)



Auf dem Weg in die 4. industrielle Revolution

Paradigmenwechsel in der Informations- und Kommunikationstechnologie

Heute

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

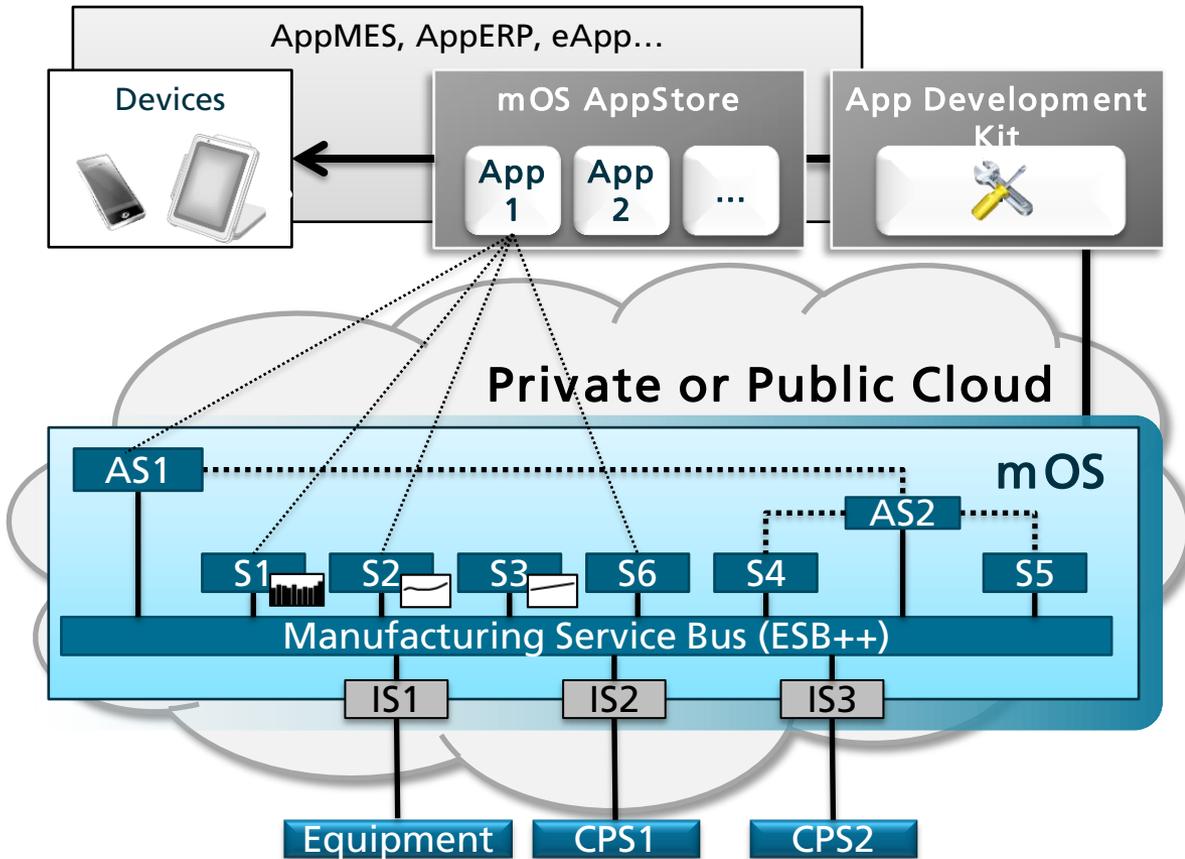
Morgen

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



Beispiel: Virtual Fort Knox

“Everything as a Service” (XaaS)



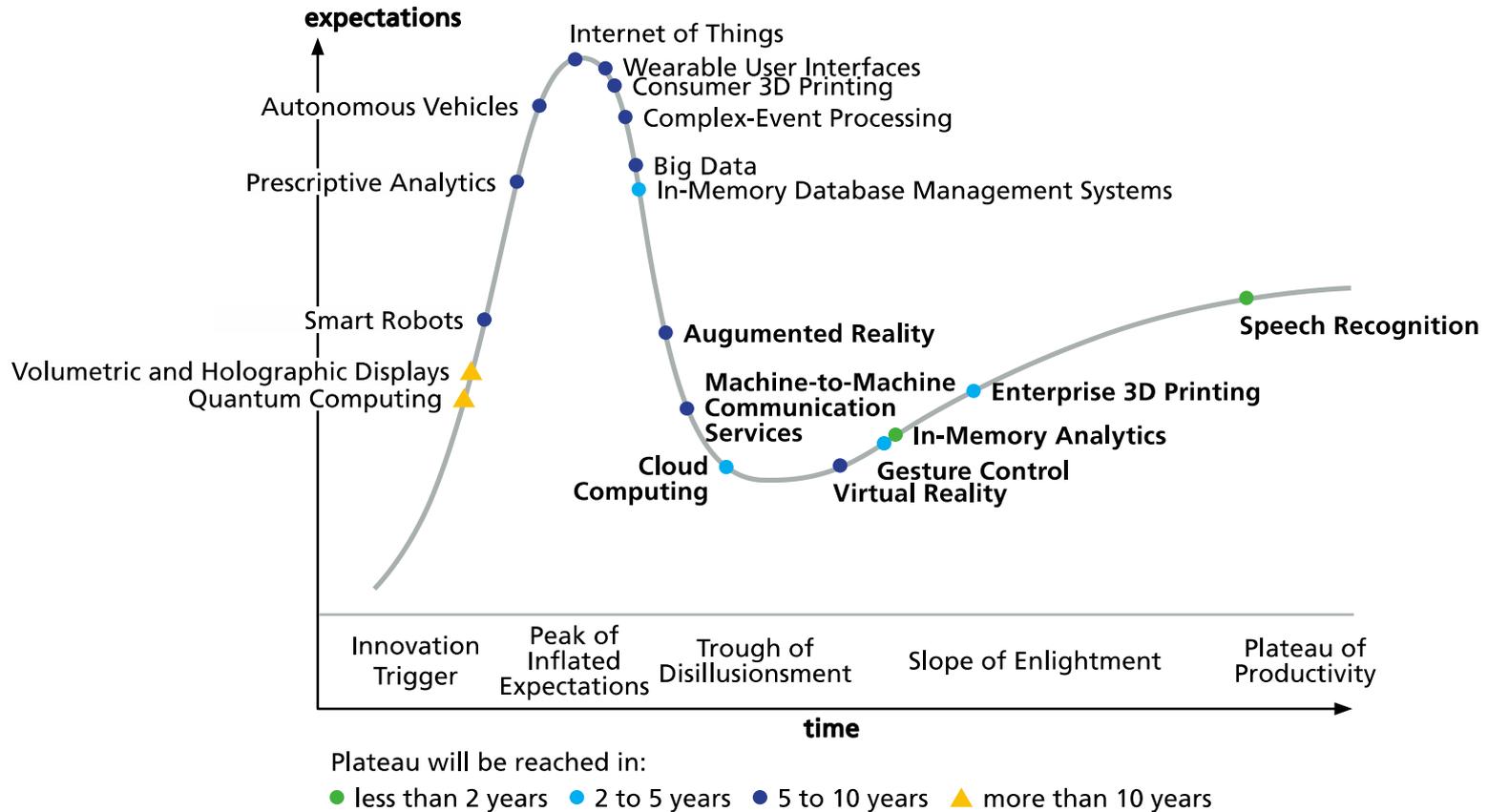
**VIRTUAL
FORT KNOX**

Legend:

- S Service
- AS Aggregated Service
- IS Integration Service
- CS Cloud Service
- CPS Cyber-Physical-System
- mOS Manufacturing Operating System

Hype Cycle for Emerging Technologies

Hypes und Trends für 2015



Quelle: Gartner, Stand: Juli 2014

Gliederung

1. Der Weg in die 4. Industrielle Revolution
2. Vernetzung, Echtzeit, De-Materialisierung, Fragmentierung
3. Die Smart Factory
4. Use Case Robotik



ARENA2036 – Stuttgart Research Campus

Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles



ARENA2036

- PPP
- 15 Jahre
- Forschungsfabrik als Integrationsplattform



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)

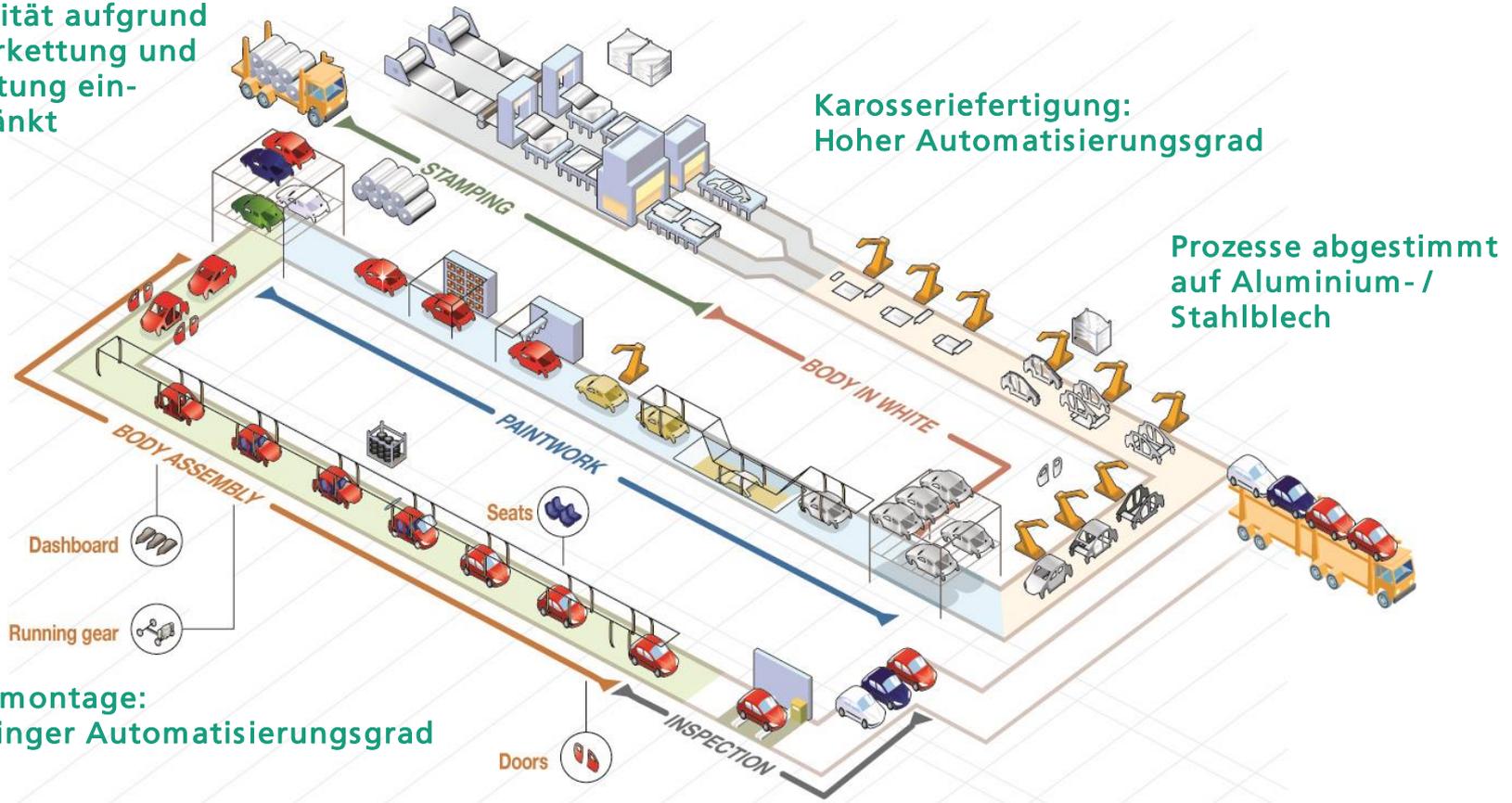


Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)



Automobilproduktion heute – Band und Takt sind der Herzschlag der Supply Chain und limitieren Agilität

Flexibilität aufgrund von Verkettung und Ausstattung eingeschränkt



Karosseriefertigung:
Hoher Automatisierungsgrad

Prozesse abgestimmt
auf Aluminium- /
Stahlblech

Endmontage:
Geringer Automatisierungsgrad

Quelle: PSA



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)

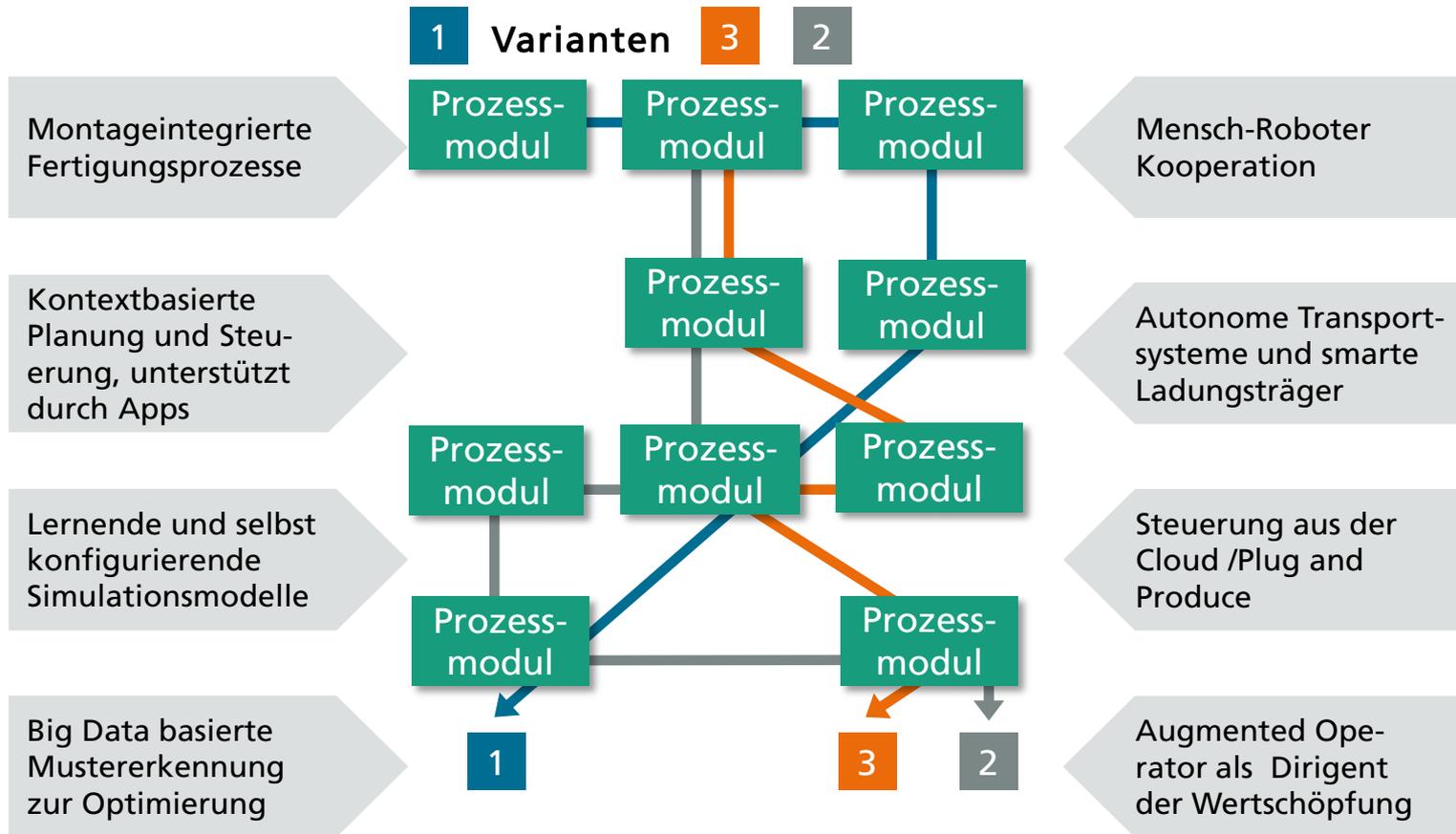


Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)

ZUKUNFTSKONGRESS
LOGISTIK
32. Dortmunder Gespräche

Fraunhofer
IPA

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

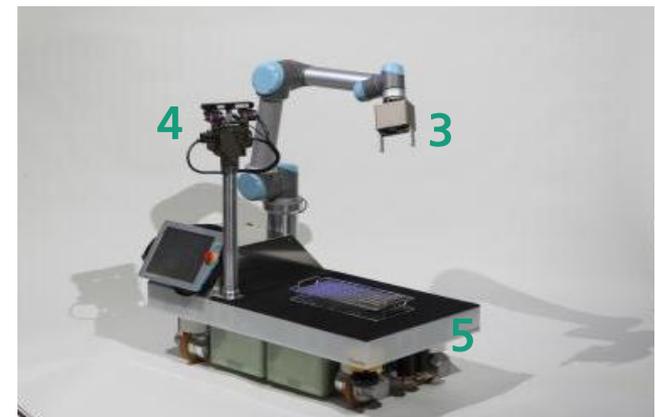


Beispiel: Roboter CPS in der Intralogistik

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



Die Zukunft der Planung

Planung und Umsetzung verschmelzen zu einem echtzeitnahen lernenden Optimierungszyklus

Planung

- Digitales Mensch-Modell als Basis
- Zeitwirtschaft, Ergonomie und Virtuelle Planung verschmelzen in der Digitalen Fabrik



Ramp-Up

- Training der Abläufe mit Augmented Reality
- Echtzeitnahe Kopplung der Virtuellen Realität

Feedback

- Echtzeitnahes Tracking der Abläufe
- Rückführung der Erkenntnisse in die Modelle

Optimierung

- Shop Floor Regelkreise
- Optimierungs-Apps aus der Cloud
- Lean 2.0

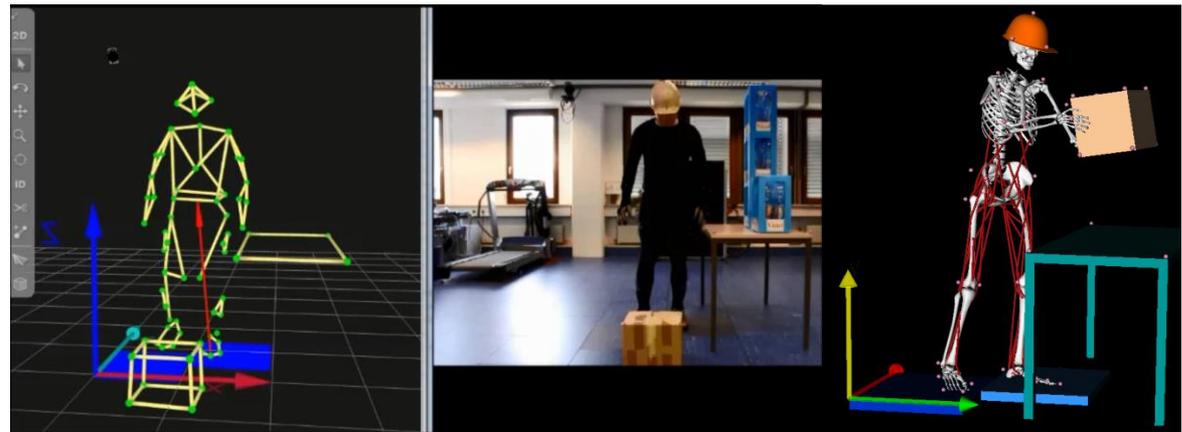


Smart Feed-back

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



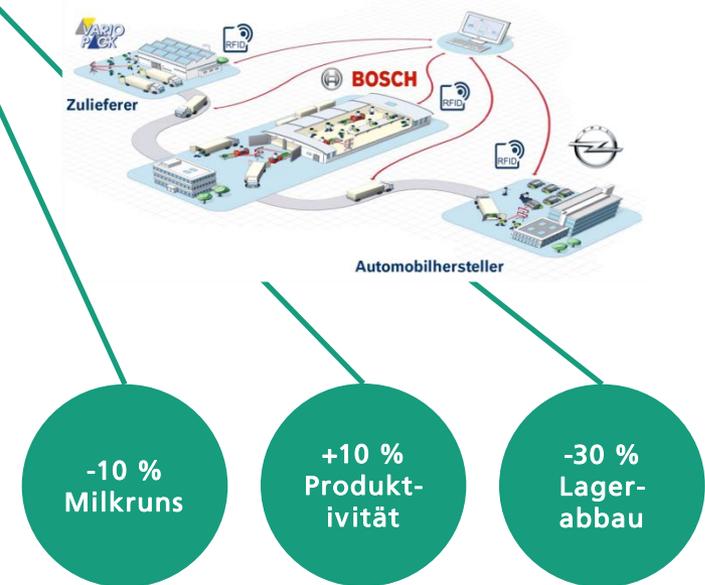
Unternehmenspotentiale durch Industrie 4.0

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

Abschätzung der Nutzenpotentiale

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

Gliederung

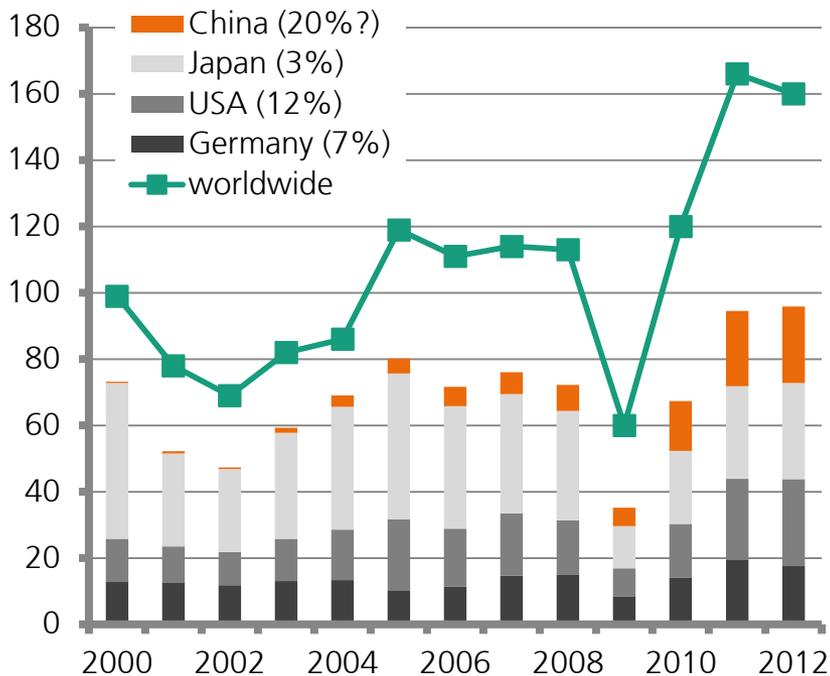
1. Renaissance der Produktion
2. Der Weg in die 4. Industrielle Revolution
3. Vernetzung, Echtzeit, De-Materialisierung, Fragmentierung
4. Die Smart Factory
5. Use Case Robotik



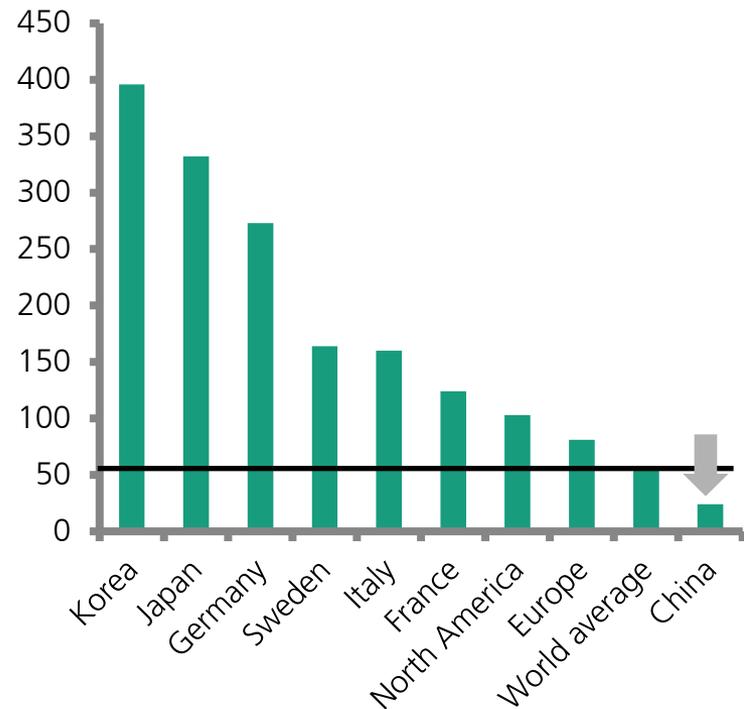
Jährliche Installation von Robotern und Roboterdichte

China wächst um 20 Prozent pro Jahr

Jährliche Installation von Robotern (in T), durchschnittlich jährliches Wachstum



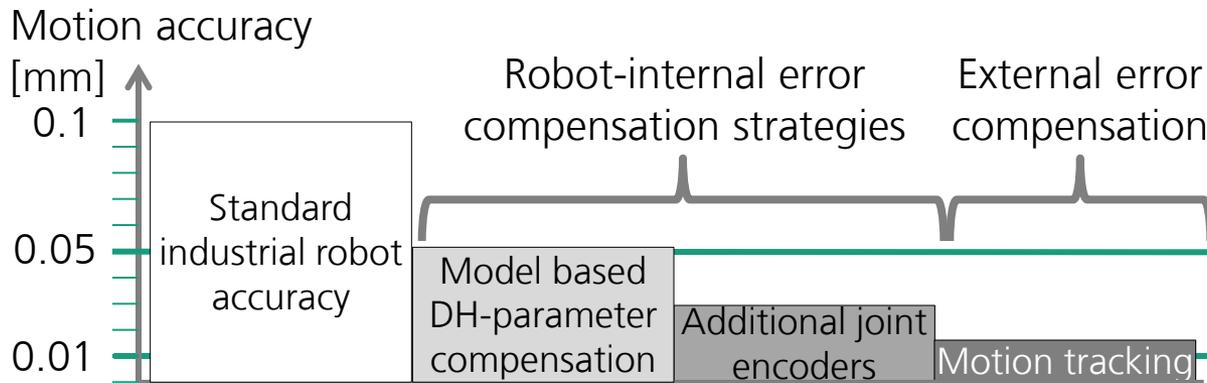
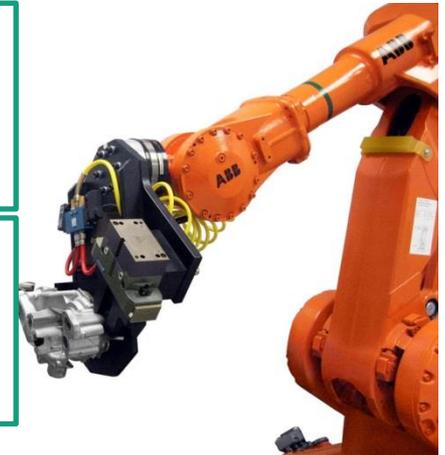
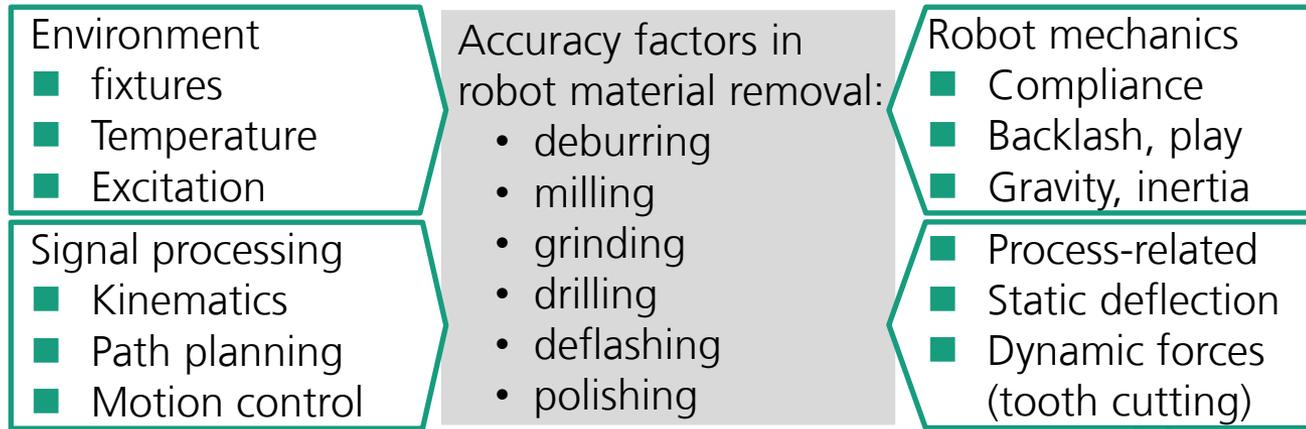
Durchschnittliche „Dichte“ von Robotern pro 10.000 Arbeitern



Quelle: World Robotics 2013, www.worldrobotics.org

Bearbeitung mit Robotern wird zum Standard

Externalisierung von Fähigkeiten schafft neue Potenzial



Quelle: ABB, IPA

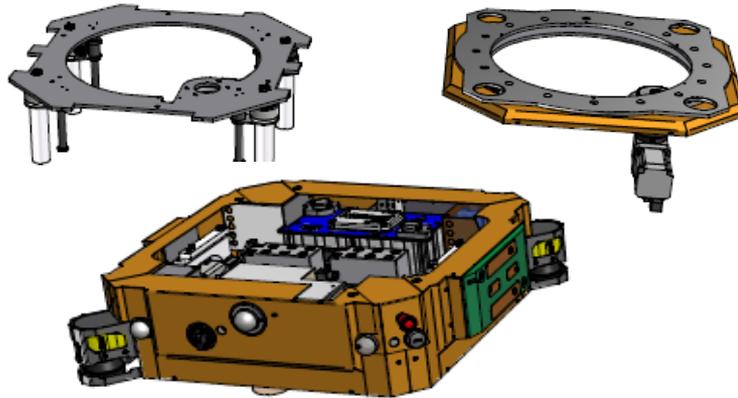
Griff in die Kiste wird zum Standard



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

**ZUKUNFTSKONGRESS
LOGISTIK**
32. Dortmunder Gespräche

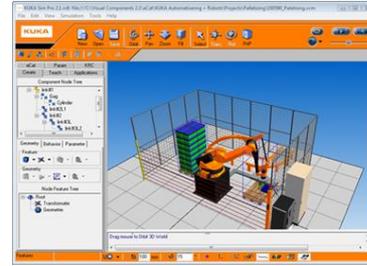
Fraunhofer
IPA

What it takes to build industrial robots



Rapidly increasing cost share

Extreme reliability; (MTBF)



Function packages:
 ■ Processes
 ■ Sensors
 ■ Services

manufacturing application programming

RC
Robot control

PLC
Cell control

MC
Motion control

PC
Process control

SC
Safety control

Communication – synchronization – services

Gears

Cables

Servo,
controller

Arm-
structure

End-
effectors

Mechatronics

Sources: KUKA, Springer Handbook of Robotics (2014)



Universität Stuttgart
 Institut für Industrielle Fertigung
 und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart
 Institut für Energieeffizienz
 in der Produktion (EEP)



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)



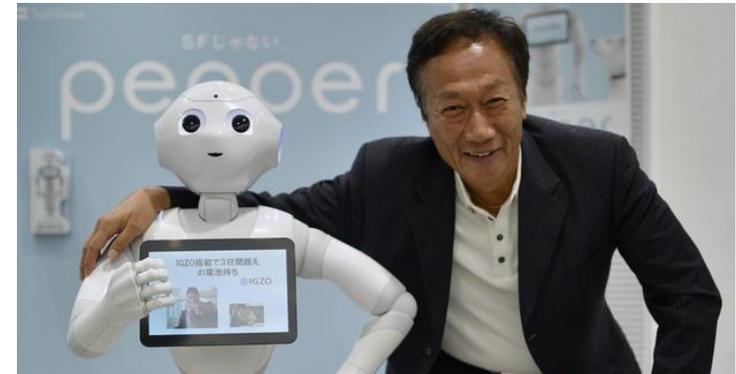
Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)



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[®]
Advancing Through Innovation



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



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

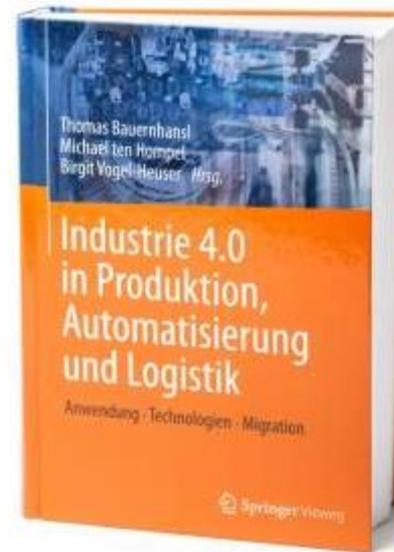
Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de

www.iff.uni-stuttgart.de

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)



 **Fraunhofer**
IPA