

# Zukunft der Industrie

IHK Darmstadt, 22.01.2015



# Industrie 4.0: Das Internet der Dinge kommt in die Fabriken



Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. mult.  
**Wolfgang Wahlster**



Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH  
Saarbrücken/Kaiserslautern/Bremen/Berlin/Osnabrück

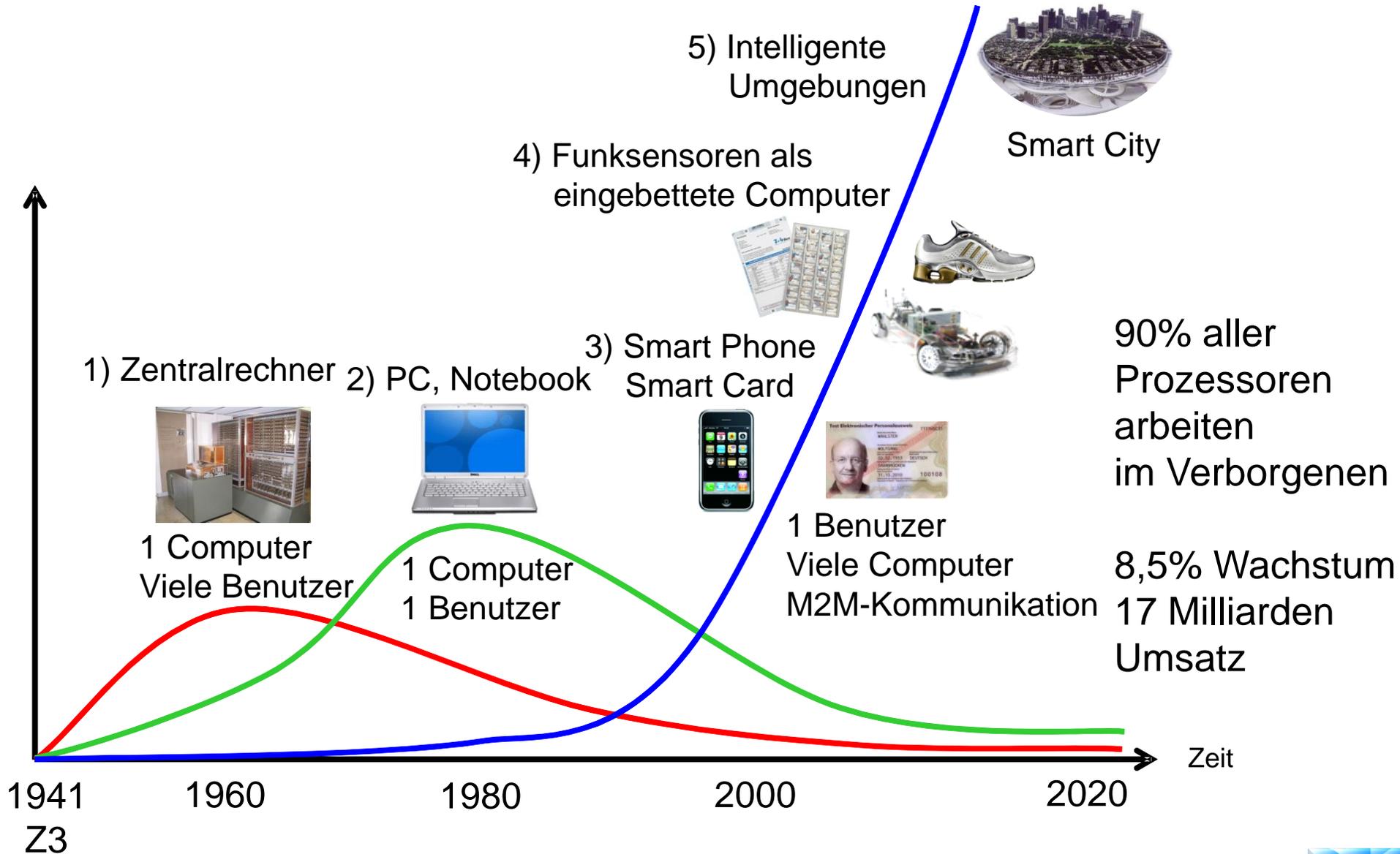
Tel.: (0681) 85775-5252/4162

Fax: (0681) 85775-5383/5341

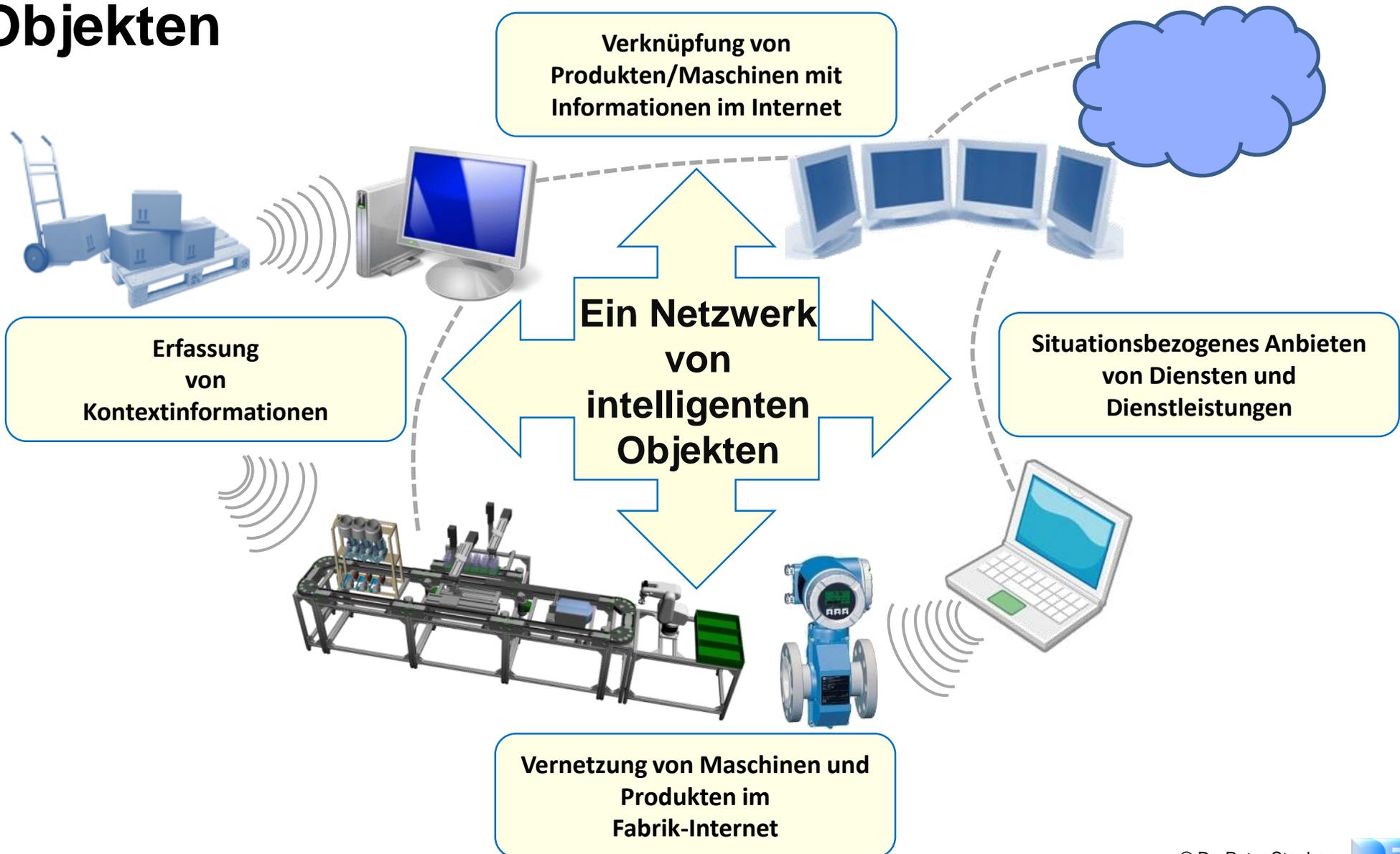
E-mail: [wahlster@dfki.de](mailto:wahlster@dfki.de)

[www.dfki.de/~wahlster](http://www.dfki.de/~wahlster)

# Vom Zentralcomputer über den PC und eingebettete Systeme zur intelligenten Umgebung



# Die Smart Factory im Internet der Dinge: ein Netzwerk von kommunizierenden intelligenten Objekten



- Die Produktion ist das **Rückgrat des deutschen Wohlstands**
  - Arbeitsplätze direkt: 7,7 Mio. indirekt: : 7,1 Mio, damit jeder 2. Arbeitsplatz
  - mehr als **100 Milliarden Handelsüberschuss** durch Industrieexporte, besonders Automobilproduktion, **alleine 8,5 Milliarden Euro Branchenumsatz bei Kunststoff- und Gummimaschinen**
- Durch **zentrale Paradigmenwechsel in der Industrie** verändern sich derzeit die Grundlagen der Produktion:
  1. **Auflösung der klassischen Produktionshierarchie** von zentraler Steuerung hin zu dezentraler Selbstorganisation
  2. Durch **digitale Veredelung** entstehen **intelligente Produkte** (Smart Products)
  3. **Produkt unterstützt den Produktionsprozess** aktiv
  4. Die Produktion folgt dem **Takt des Menschen**
  5. **Ressourcen- und Energieschonung** wird zur neuen Randbedingung für Produktionserfolge

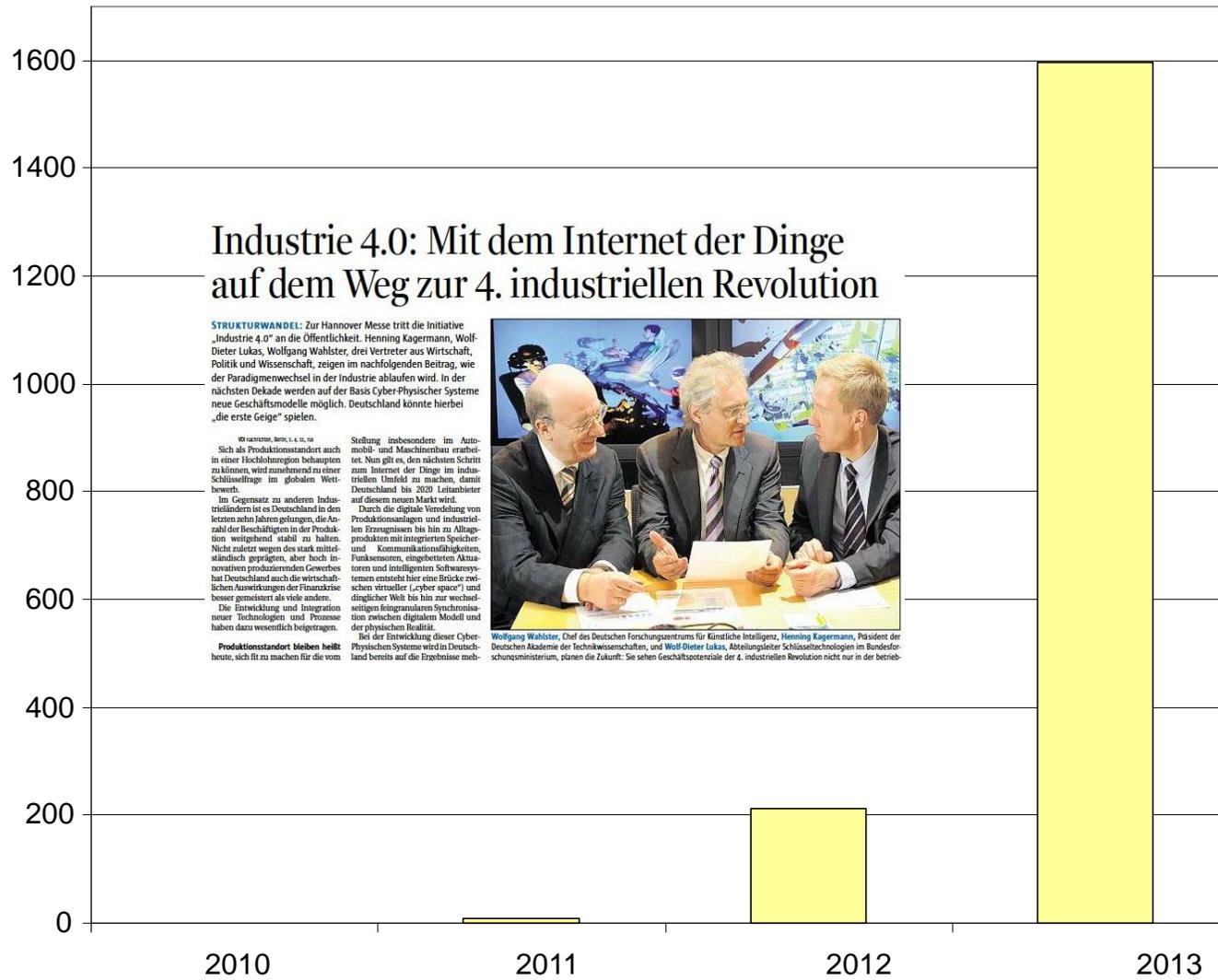
**Deutschland muss diese 4. Industrielle Revolution maßgeblich mitgestalten, um sich auch in Zukunft erfolgreich als Produktionsstandort behaupten zu können!**

# Die drei Väter von Industrie 4.0



**Prof. Wolfgang Wahlster (DFKI),  
Prof. Henning Kagermann (acatech),  
Prof. Wolf-Dieter Lukas (BMBF)**

# Exponentieller Anstieg der Publikationen zum Thema „Industrie 4.0“ seit unserem ersten Artikel 2011



## Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution

**STRUKTURWANDEL:** Zur Hannover Messe tritt die Initiative „Industrie 4.0“ an die Öffentlichkeit. Henning Kagermann, Wolf Dieter Lukas, Wolfgang Wahlster, drei Vertreter aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, zeigen im nachfolgenden Beitrag, wie der Paradigmenwechsel in der Industrie ablaufen wird. In der nächsten Dekade werden auf der Basis Cyber-Physischer Systeme neue Geschäftsmodelle möglich. Deutschland könnte hierbei „die erste Geige“ spielen.

Wirtschaft, Berlin, 1.4.13, 10  
 Sich als Produktionsstandort auch in einer Hochlohngeregion behaupten zu können, wird zunehmend zu einer Schlüsselfrage im globalen Wettbewerb.

Im Gegensatz zu anderen Industrieländern ist es Deutschland in den letzten zehn Jahren gelungen, die Anzahl der Beschäftigten in der Produktion weitgehend stabil zu halten. Nicht zuletzt wegen des stark mittelständisch geprägten, aber hoch innovativen produzierenden Gewerbes hat Deutschland auch die wirtschaftlichen Auswirkungen der Finanzkrise besser gemeistert als viele andere.

Die Entwicklung und Integration neuer Technologien und Prozesse haben dazu wesentlich beigetragen.

Produktionsstandort bleiben heißt heute, sich fit zu machen für die vom

Stellung insbesondere im Automobil- und Maschinenbau erarbeitet. Nun gilt es, den nächsten Schritt zum Internet der Dinge im industriellen Umfeld zu machen, damit Deutschland bis 2020 Leitanbieter auf diesem neuen Markt wird.

Durch die digitale Veredelung von Produktionsanlagen und industriellen Erzeugnissen bis hin zu Alltagsprodukten mit integrierten Speicher- und Kommunikationsfähigkeiten, Funkensensoren, eingebetteten Aktoren und intelligenten Softwaresystemen entsteht hier eine Brücke zwischen virtueller („cyber space“) und dinglicher Welt bis hin zur wechselseitigen feingranularen Synchronisation zwischen digitalem Modell und der physischen Realität.

Bei der Entwicklung dieser Cyber-Physischen Systeme wird in Deutschland bereits auf die Ergebnisse meh-

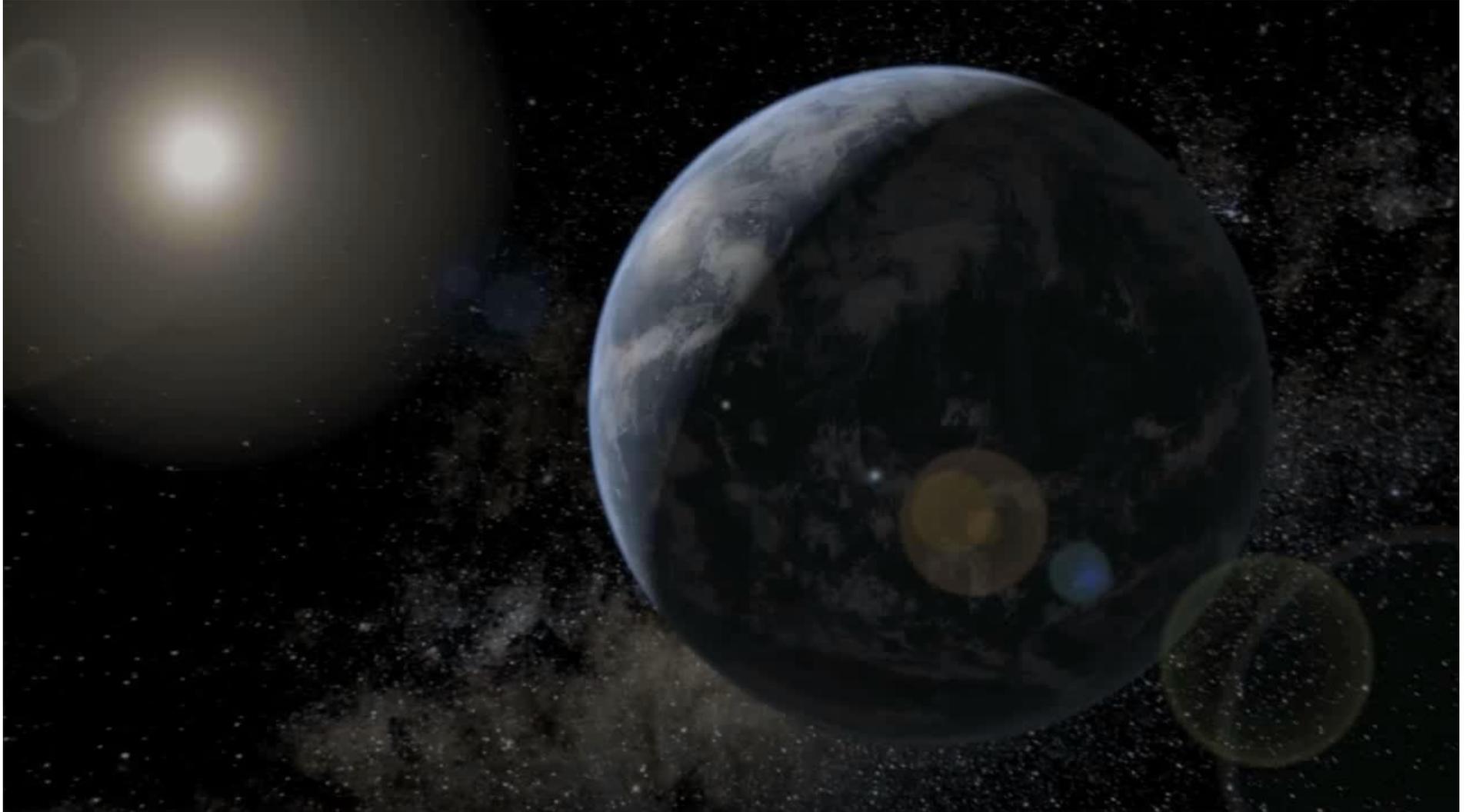


Wolfgang Wahlster, Chef des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz, Henning Kagermann, Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften, und Wolf Dieter Lukas, Abteilungsleiter Schlüsseltechnologien im Bundesforschungsministerium, planen die Zukunft: Sie sehen Geschäftspotenziale der 4. industriellen Revolution nicht nur in der betrieb-

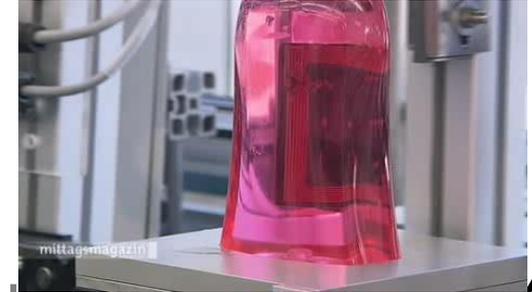
Datenquelle: *wiso-net* von GENIOS , Abfrage: „Industrie 4.0“ im Titel, Oktober 2013

Quelle: Dr. Peter Fettke (DFKI)

# Industrie 4.0: Die technische Revolution geht weiter



# Von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0: Das Internet kommt in die Fabriken



010001101  
001010100  
100101010  
010010101

**4. Industrielle Revolution**  
auf der Basis von Cyber-  
Physischen Systemen

Industrie 4.0

**3. Industrielle Revolution**

durch Einsatz von  
Elektronik und IT zur  
weiteren Automatisierung  
der Produktion

Industrie 3.0

**2. Industrielle Revolution**

durch Einführung arbeitsteiliger  
Massenproduktion mit Hilfe  
von elektrischer Energie

Industrie 2.0

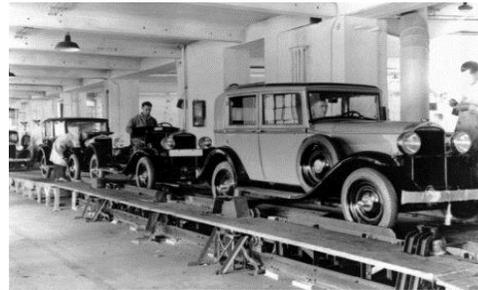
**1. Industrielle Revolution**

durch Einführung  
mechanischer Produktions-  
anlagen mit Hilfe von  
Wasser- und Dampfkraft

Industrie 1.0

Grad der Komplexität

Erster  
mechanischer  
Webstuhl  
1784



Ende  
18. Jhdt.

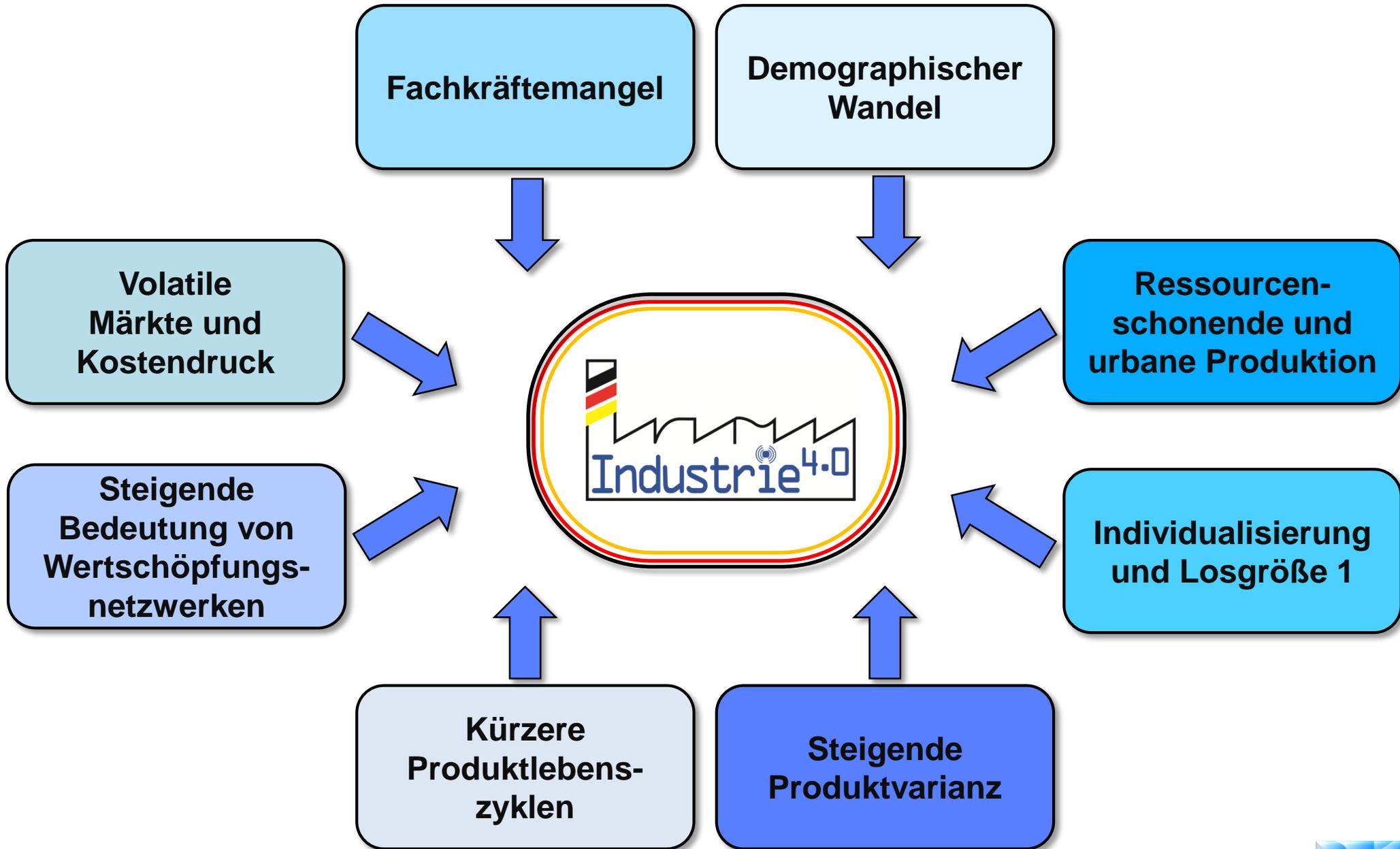
Beginn  
20. Jhdt.

Beginn  
70er Jahre  
20. Jhdt.

heute

t

# Wirtschaftliche Treiber für Industrie 4.0



# Paradigmenwechsel: Das entstehende Produkt als aktive Systemkomponente

- Das **Produkt steuert** seine **Herstellung** durch proaktive M2M-Kommunikation
- Das **Produkt** als **Beobachter** und **Akteur** durch eingebettete Sensorik und Aktuatorik
- Das **Produkt entscheidet autonom** auf Basis übergeordneter Prozessdaten



# Cyber-physische Systeme: Drahtlos über Internet-Protokoll kommunizierende Sensor-Aktuator Systeme



1. Drahtlose M2M-Kommunikation von Microcomputern
2. Kontext-sensitives Verhalten (hier: relative Lage zu anderen Komponenten)

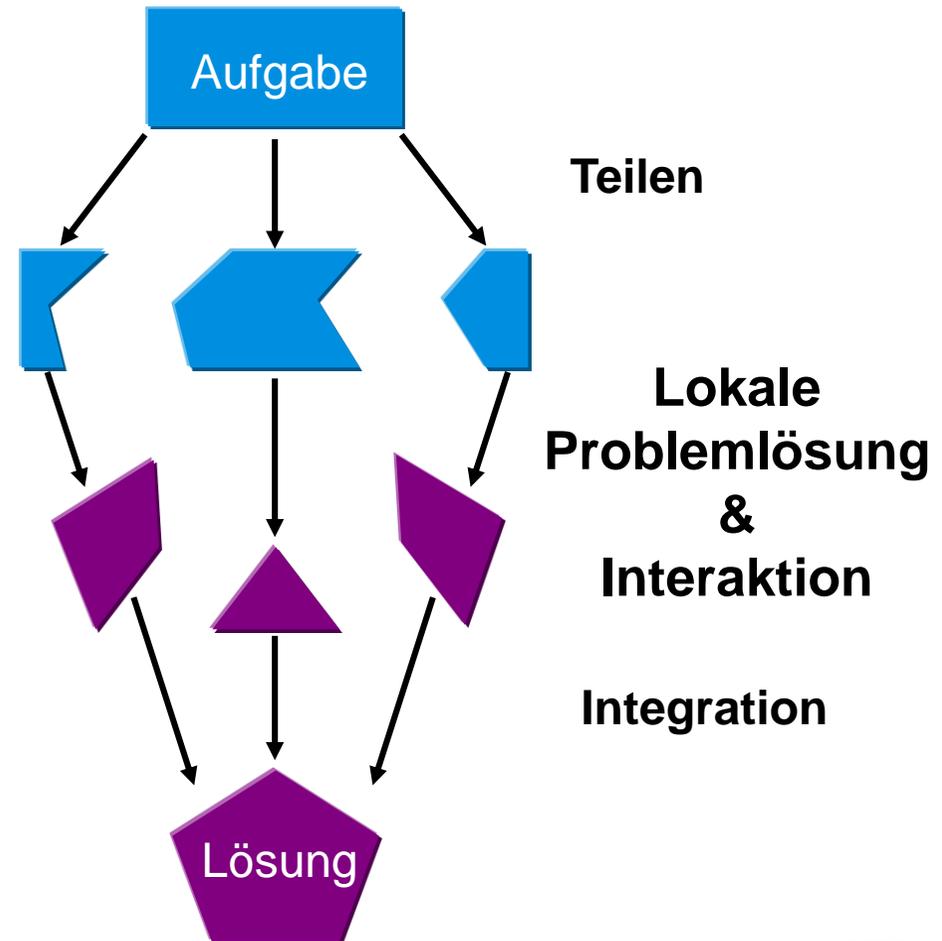
# Viele beschränkt intelligente Wesen können durch soziale Interaktion ein hochintelligentes Verhalten realisieren

Emergentes Problemlösungsverhalten



Metapher der Ameisenkolonie

Teile und Herrsche



# Digitale Produktion von Unikaten

**Internet der Dienste**  
Durchgängige dienstorientierte Architektur für Produktion und Vertrieb  
Bestell-Portale und Apps für Konfigurierung

Zukunftsprojekt:  


**Smart Shop:**  
Innovative Handelssoftware



**Make to Order**

**Smart Factory:**  
Innovative Fabriksoftware



Kundenindividuelle Produktion von Unikaten  
z.B. 566 Milliarden Müslivarianten bei  


**Internet der Dinge**  
Aktive Digitale Produktgedächtnisse  
Dezentrale Fabriksteuerung durch Cyber-Physische Produktionssysteme

Zukunftsprojekt:  


# Industrie 4.0: Die kostengünstige Fertigung kundenindividueller Produkte

chocri  
meine Schokolade

1. BOHNSCHOKOLADE 2. ZUTATEN 3. NAME & VERPACKUNG

MEINE KREATION

Schokolade Zutaten Verpackung

Rechteck, 100 g 3,90 €  
Herz, 100 g 3,90 €  
Stern, 100 g 3,90 €

Rechteck, 30g 0,50 €

Gib Deiner Tafel einen Namen

Wähle eine Verpackung

Standard 0,00 €  
Geburtstag 1,00 €  
Liebe 1,00 €  
Danke 1,00 €

Wahlster Schokolade Akademische Mischung

Cyber-physische Produktion

www.chocri.de

MY PARFUM  
SIE SIND EINZIGARTIG

SELBST DESIGNEN DESIGNEN LASSEN TOP DÜFTE GESCHENKE VOR ORT PHILOSOPHIE

1. Geschlecht 2. Charakter 3. Duftrichtung 4. Duftnoten 5. Flakon 6. Beschriftung 7. Fertig

BOUQUET

Wählen Sie bis zu 5 der Duftnoten

Wie möchten Sie Ihren Flakon beschriften?

Mein Duft Wolfgang Wahlster

Cyber-physische Produktion

www.myparfum.de

spreadshirt

Wähle ein Produkt

Frauen Premium T-Shirt Spreadshirt

15,60 €

Lade Dein Foto, Logo oder Motiv hoch

Cyber-physische Systeme

23,10 €

Cyber-physische Produktion

www.spreadshirt.de

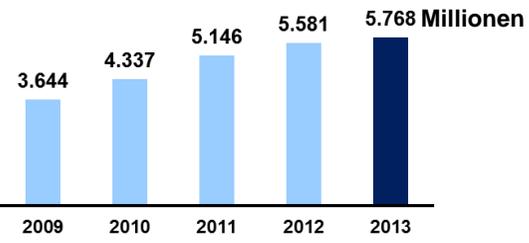
# Individualisierte Parfüm-Produktion



- Aus mehreren Millionen Möglichkeiten an Duftkompositionen, Flakons, Sprayköpfen und Verpackungen kann der Kunde im Webportal wählen.
- Pro Tag werden in der Smart Factory 36000 Parfüm-Unikate samt individualisierter Verpackung produziert.
- Nach 24 Stunden ist das Produkt gemäß der Bestellung über Internet versandbereit.

**Da der Kunde auf selbst konfigurierte Produkte nicht lange warten will, muss die Produktion in Kundennähe erfolgen → Produktionsstätten in Deutschland.**

# CEWE MYPHOTOS: Industrie 4.0-Anlage für die Produktion individueller Photobücher



# Losgröße 1 in cyber-physischen Produktionssystemen

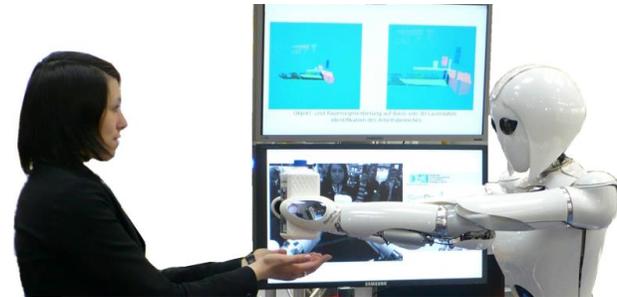


# Industrie 4.0: Roboter werden aus ihren Käfigen befreit und kooperieren mit den Werkern

heute



morgen



Die **neue Generation von Leichtbaurobotern** arbeitet mit dem menschlichen Werker als Assistenzsysteme „hautnah“ zusammen mit humanoidem Ausweichverhalten ohne Verletzungsgefahr für die Mitarbeiter.

# SemProM's Fembot AILA: Benutzung des Semantischen Produktgedächtnisses für Adaptives Greifen

Stereokamera im Kopf und 3D-Kamera im Torso zur Annäherung an ein Objekt

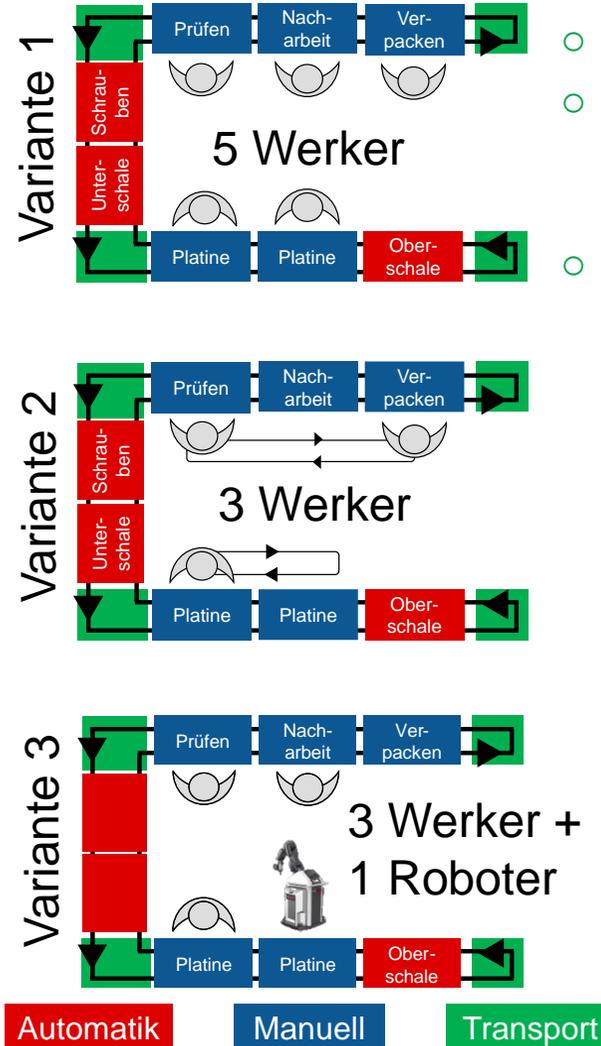


Auslesen von Größe, Gewicht und Griffpunkten aus dem Produktgedächtnis mit einer in der linken Hand integrierten Antenne.

# Mensch-Roboter-Interaktion bei BMW



# Multiadaptives Montagesystem mit hochflexiblen hybriden Arbeitsplätzen



- Nutzung von OMM/OMS als aktives Produktgedächtnis
- Einsatz von Assistenzfunktionen bei Planung und Produktion

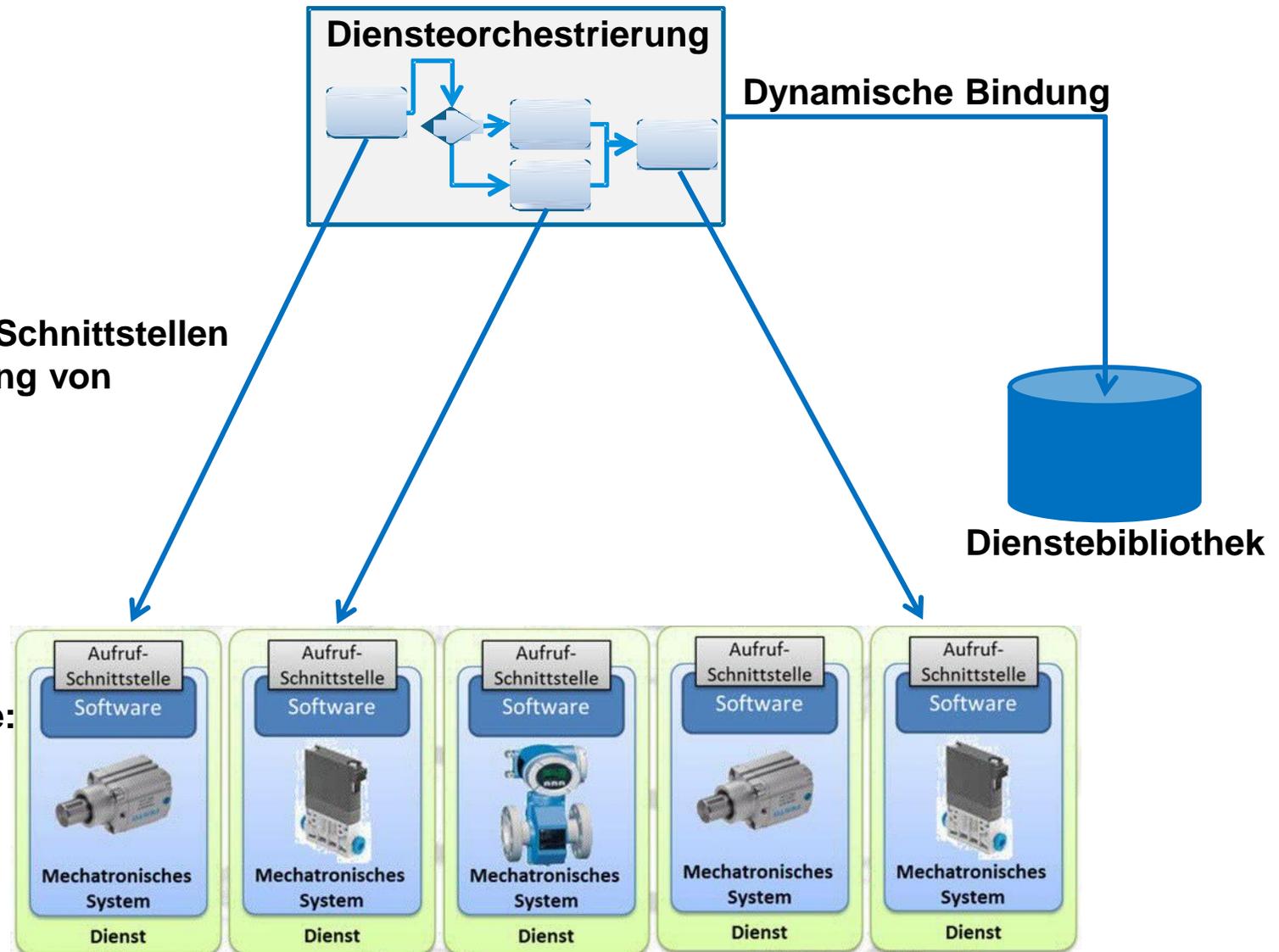


Bosch APAS (Automatische Produktionsassistenten)

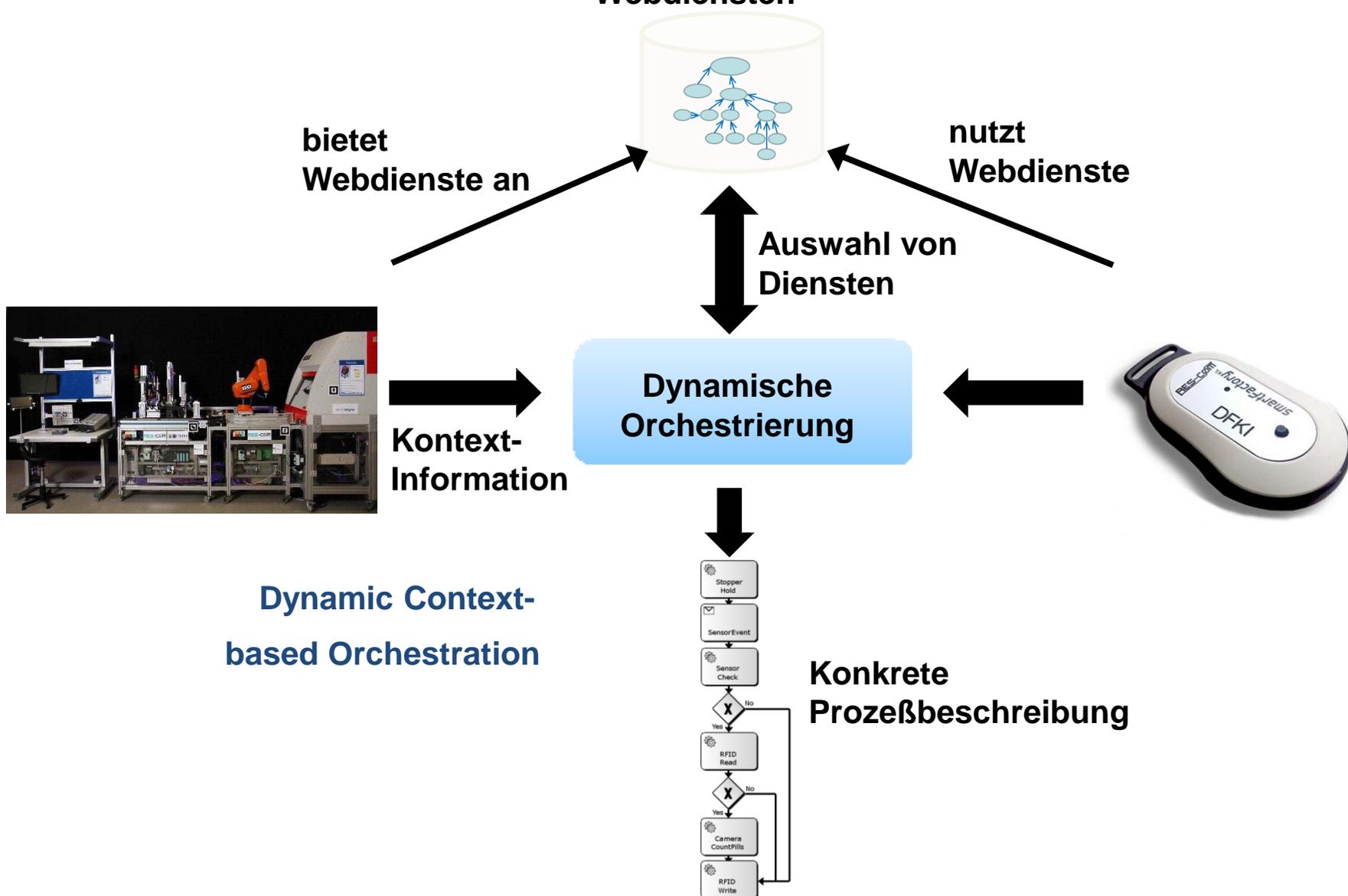
# Industrie 4.0: Dezentrale Produktionsautomatisierung im Diensteparadigma

Standardisierte Schnittstellen für die Aktivierung von Diensten

Mechatronische Funktionen als Dienste: verteilte Intelligenz



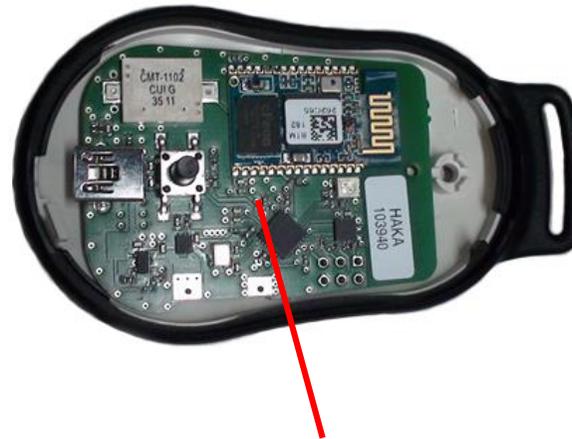
# Industrie 4.0: Dynamische Orchestrierung von Webdiensten



# Produktion eines intelligenten Schlüsselfinders mit cyber-physischen Technologien in der Smart Factory



Digitales Produktgedächtnis  
im Rohling

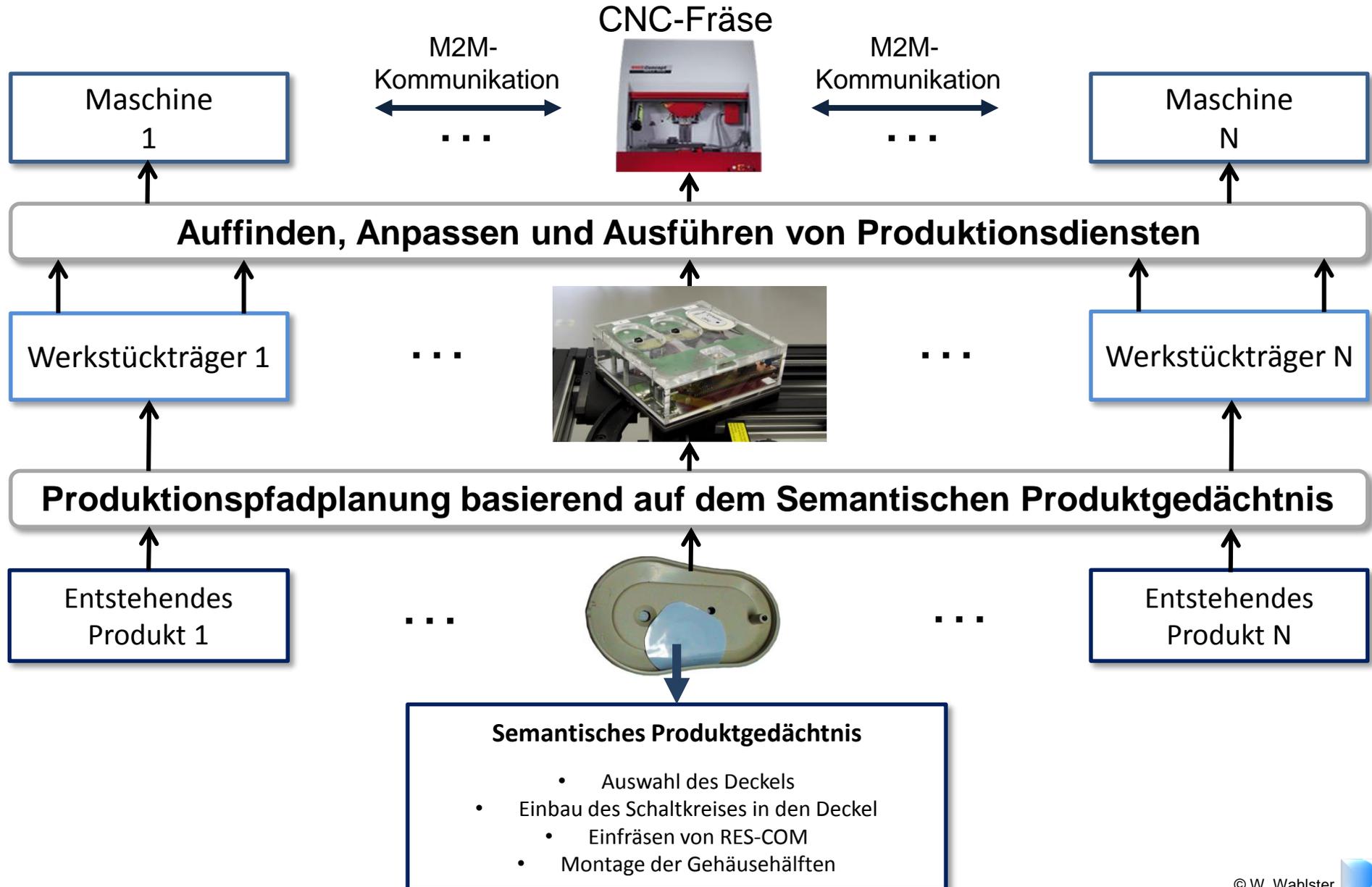


Eingebettetes System  
mit Funkmodul im Schlüssel



Assemblierter intelligenter  
Schlüsselfinder

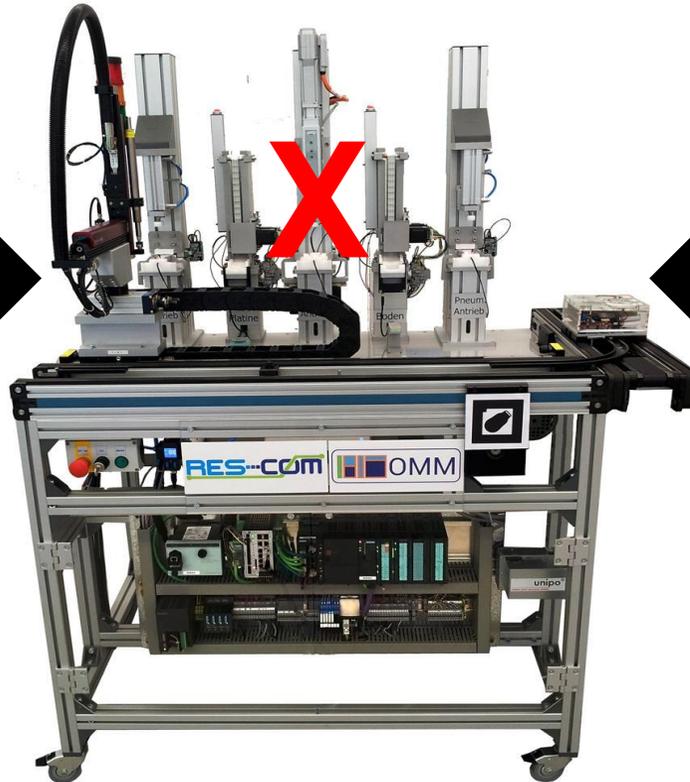
# Das Werkstück sucht sich die passenden Produktionsdienste



# Dynamischen Dienste-Orchestrierung mit Wahl zwischen Ressourcenschonung oder Liefertreue



Plug&Play  
Geräteintegration



Ressourcenschonung

Abstrakte Prozessbeschreibung

Conveyor1.transport  
(lowSpeed)

Pick&Place.insertBottom  
(AssemblyPlace4)

Pick&Place.insertBoard  
(AssemblyPlace4)

Pick&Place.insertCap  
(AssemblyPlace4)

AssemblyPlace4.compress

Adaptiert von Losykl1 2013



# Adaptive Montageassistentenz des DFKI mit elektronischen Funketiketten aus dem Handel (IRL des DFKI)



# App Stores für die Smart Factory: Software-basierte Konfigurierung von Anlagen



# IKT-Technologien der erweiterten und dualen Realität helfen den Beschäftigten beim Erlernen komplexer Arbeitsschritte vor Ort in der Fabrik



Cyber-physische Produktionssysteme



Werker mit Datenbrille



Werkzeuge

Mobiles, Interaktives und Situationsadaptives Lernen  
In-situ Tutorsystem



# Erweiterte Realität für industrielle Assistenzsysteme

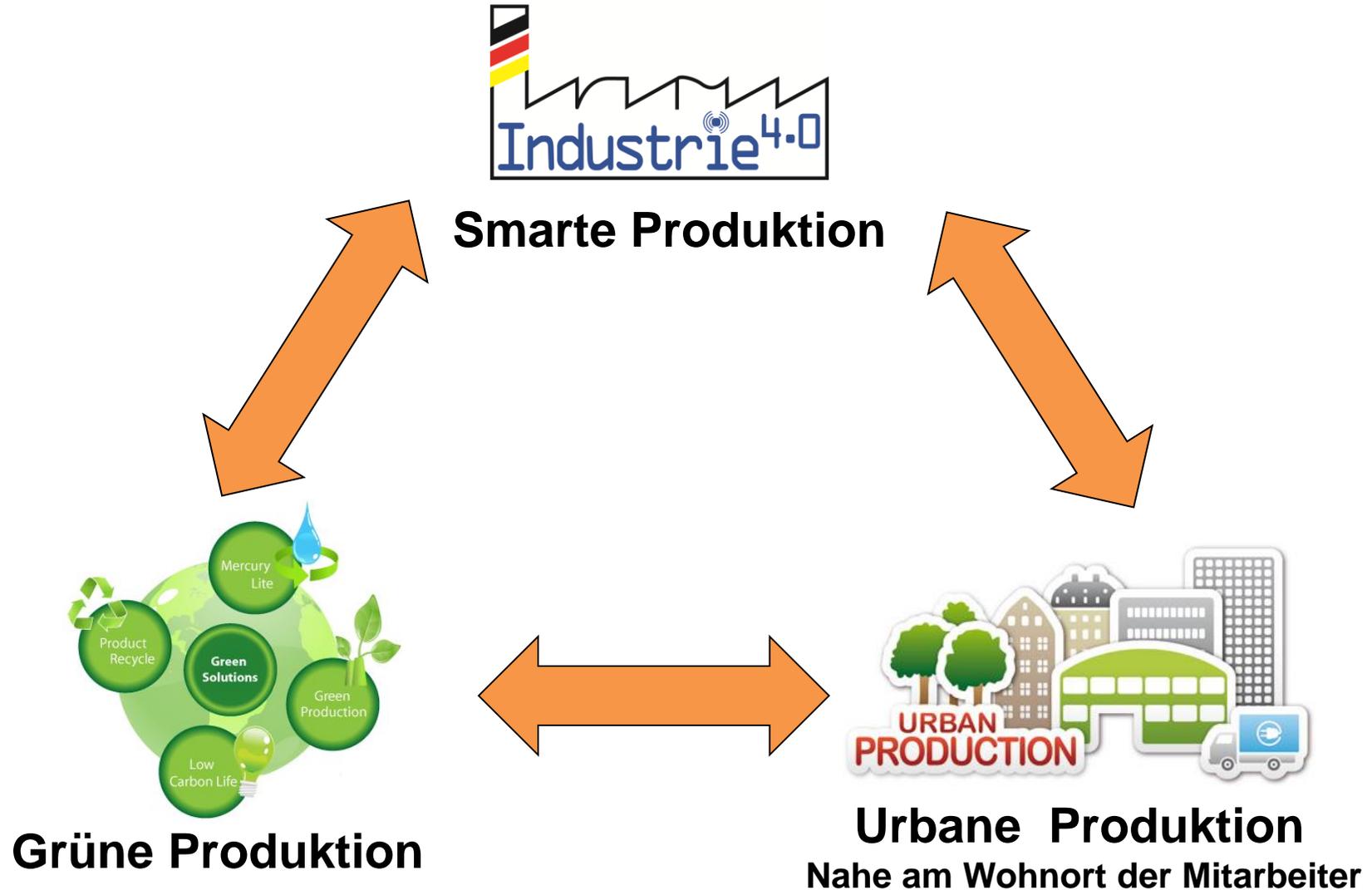


In-Situ Lerntechnologie für neue Prozess- und Wartungsprozeduren

# Industrie 4.0: Digitale Assistenten in der Fabrikwelt von Morgen



# Industrie 4.0: Grüne und nachhaltige urbane Produktion



# Präsident Obama verfolgt in den USA eine Strategie zur “Re-Industrialisierung”

Die hohe Arbeitslosigkeit in den USA wird auf die Aufgabe und Verlagerung von Produktionsstätten ins Ausland zurückgeführt.

Deutschland wird als Vorbild bei der Bewältigung der Krise dargestellt:



“The Germans create new businesses, **not usually through start-ups - the U.S. model** - but **through the transformation of old capabilities and their reapplication, repurposing, and commercialization.**”

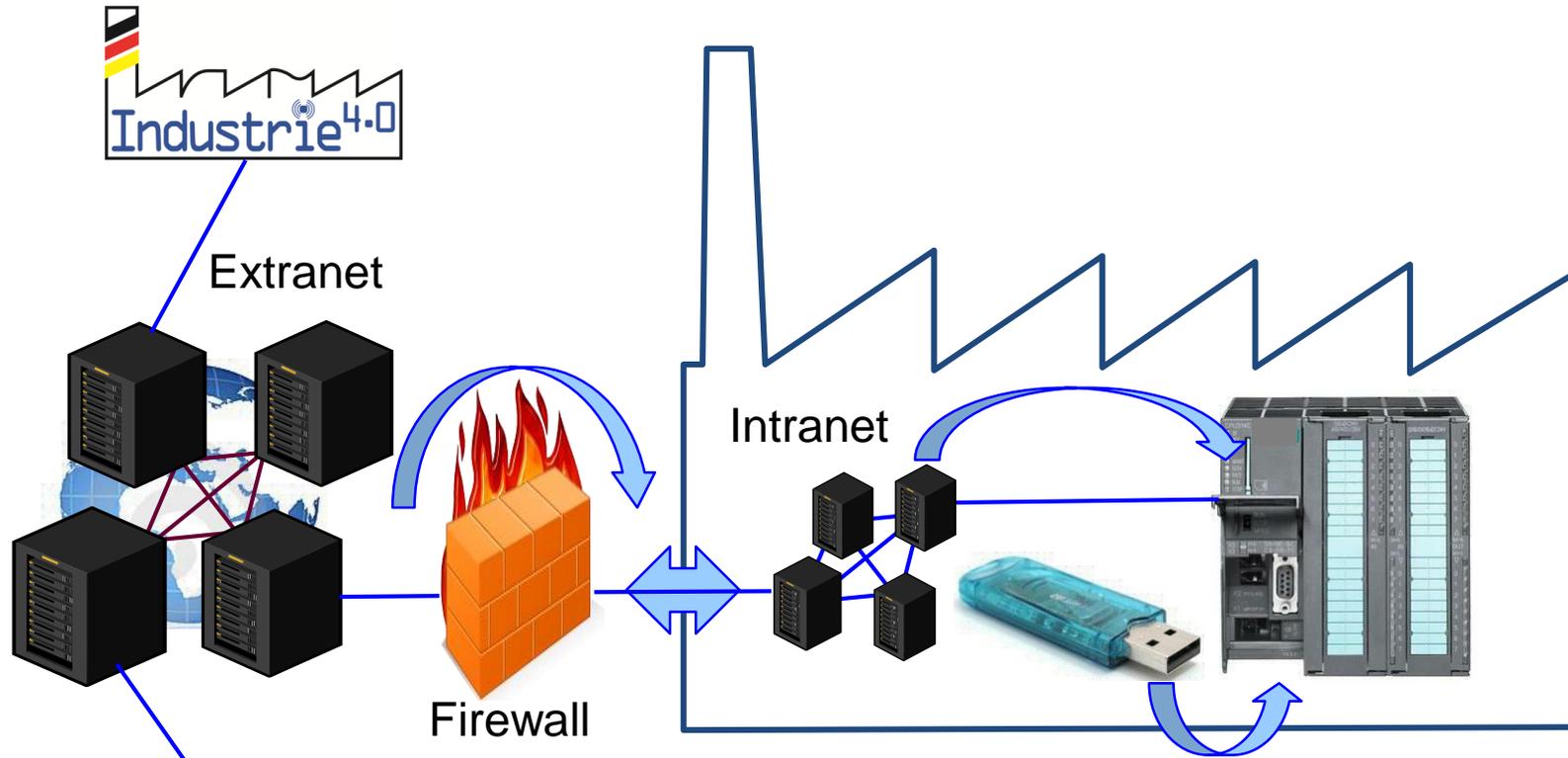
Auch in Frankreich und England wird inzwischen das deutsche Modell der “permanenten Innovation” in klassischen Erfolgsbranchen wie Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau bewundert.



MIT Taskforce zur Innovation und Produktion in den USA:

Ergebnisbericht als Buch: **MAKING IN AMERICA**  
MIT Press, 2013

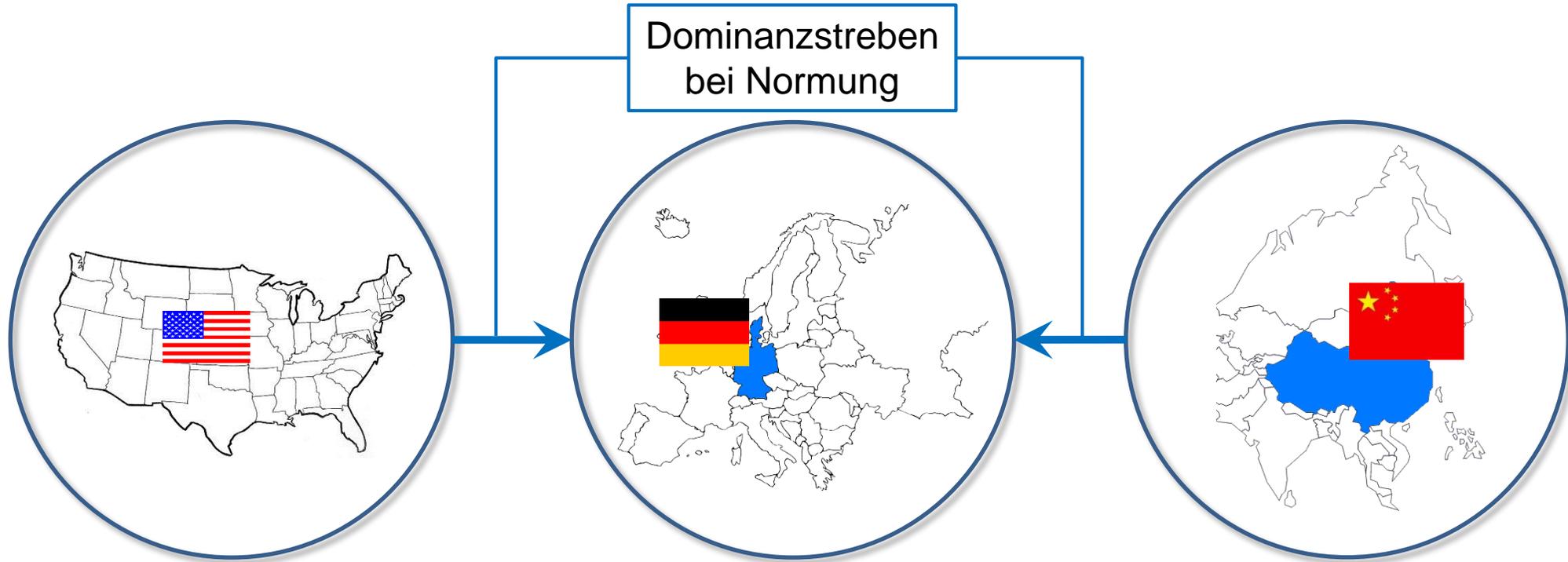
# Ohne Sicherheitsstandards sind Smart Factories bedroht



## Gefahren:

- Infizierte Privatgeräte in der Fabrik (BYO)
- Spezialviren und Trojaner für eingebettete Systeme (Stuxnet und Duqu)

# Die deutsche Wirtschaft muss den Wettlauf um die Normen für Industrie 4.0 gewinnen



- Führende Anbieter von Internetsoftware und genereller IT
- Wenig Maschinenbauer

- Führende Maschinenbauer (Großindustrie und Mittelstand)
- Führende Anbieter von Unternehmenssoftware

- Führende Anbieter von Internethardware
- Großer Markt für Maschinenbauer

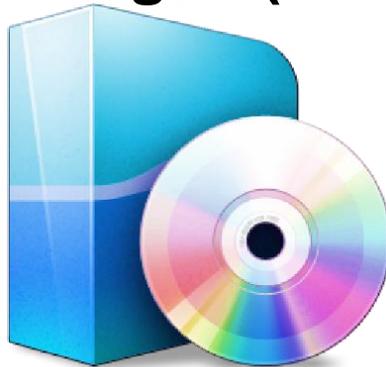
# Die Projekte RES-COM, SemProM und SmartF-IT des DFKI sind Wegbereiter für Industrie 4.0

heute (Industrie 3.0):

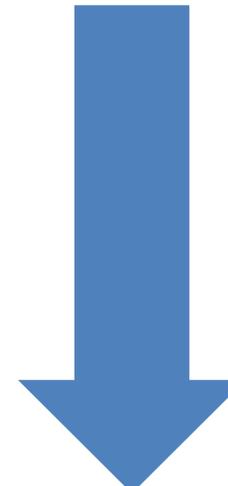


Maschine plus Software

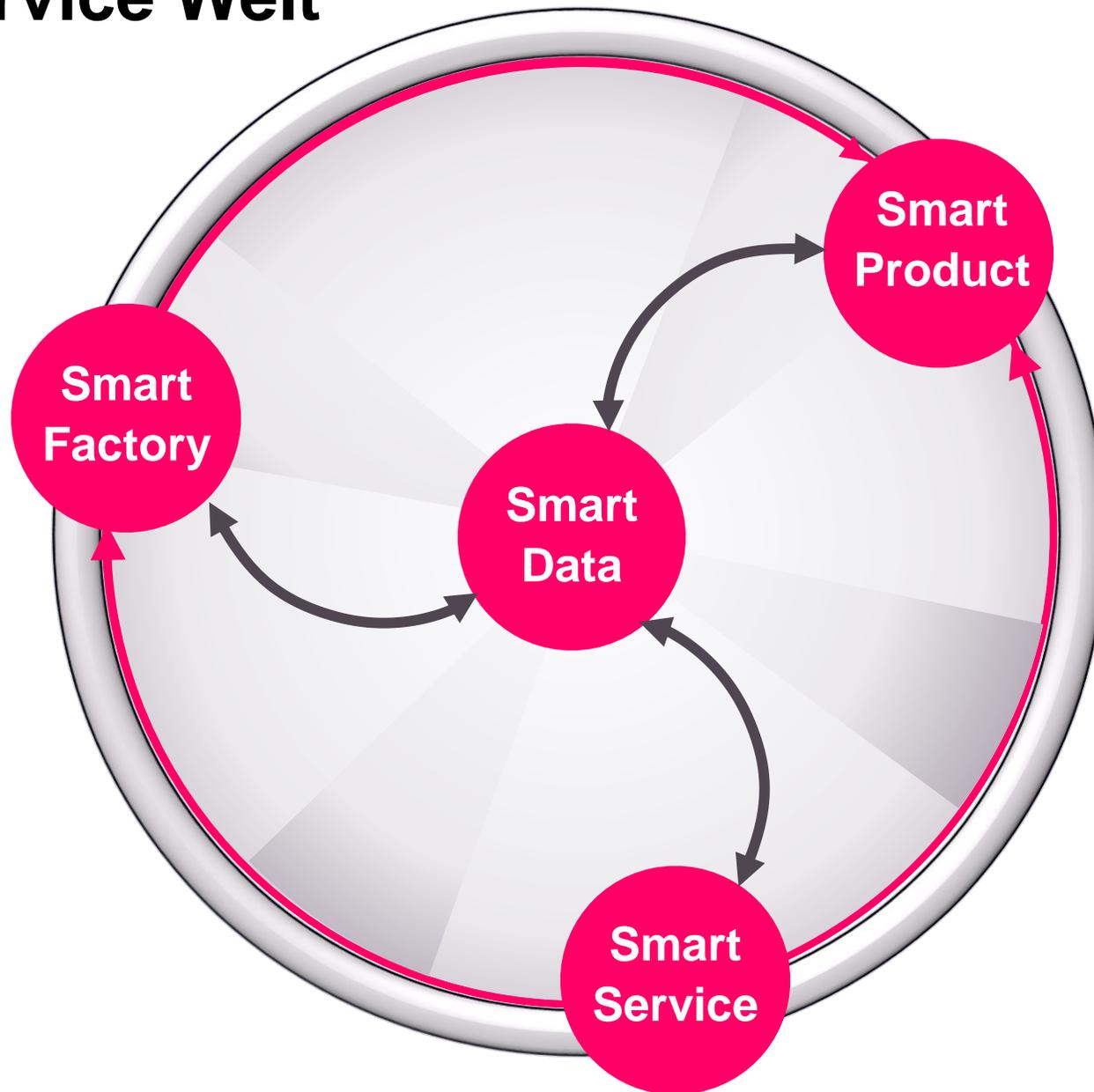
morgen (Industrie 4.0):



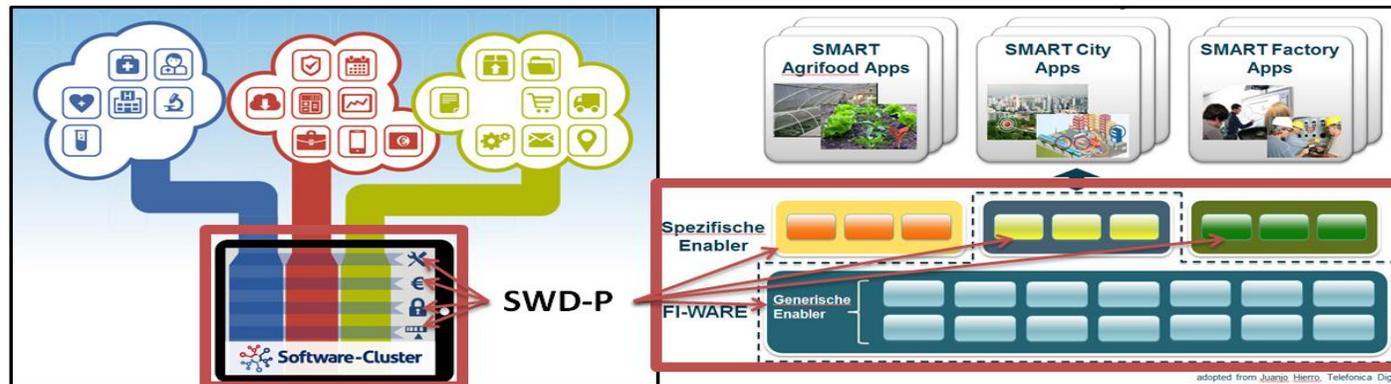
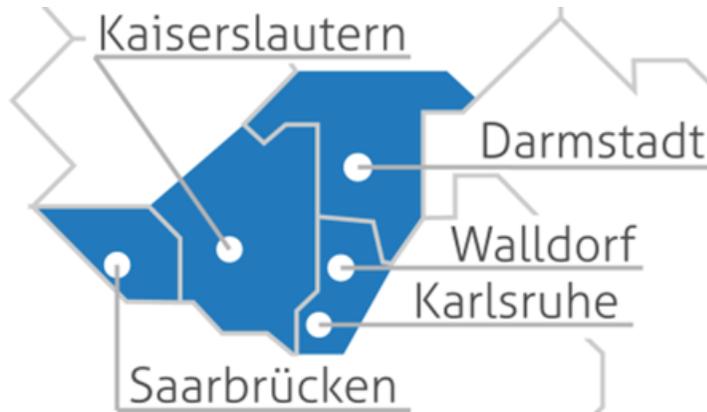
Software plus Maschine



# Smart Data als Turboantrieb der Smart Service Welt

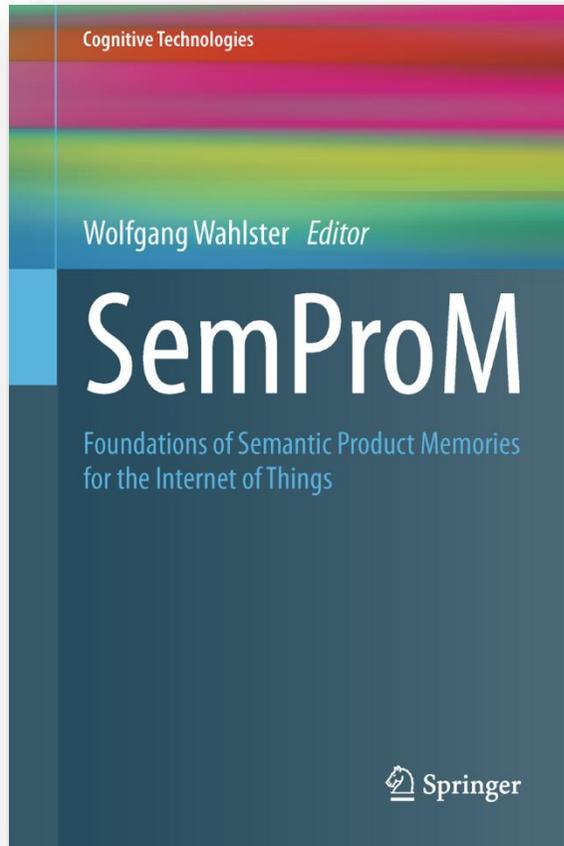


# Option zur Fortführung des Software-Spitzenclusters als Smart Service Kompetenzzentrum im Südwesten

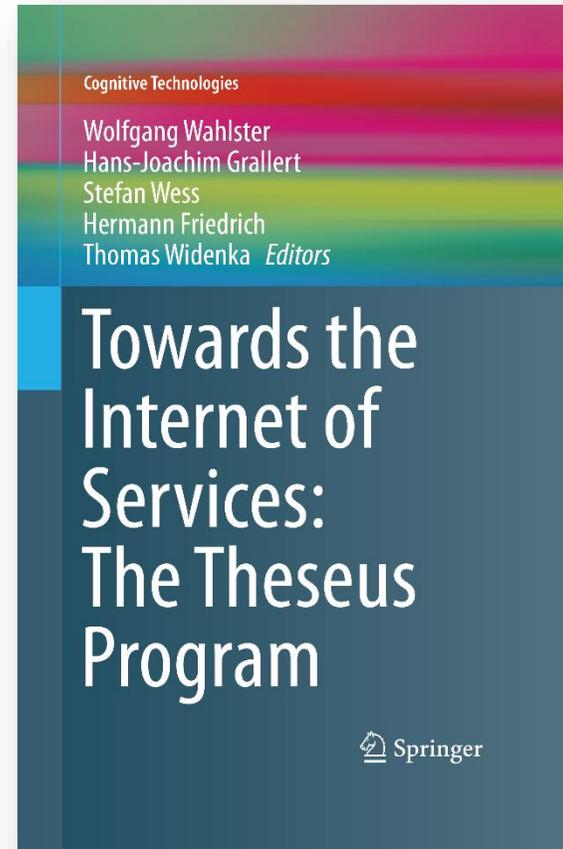


- Im Software-Cluster wurden Grundlagen für Software-definierte Plattformen und Serviceplattformen mit Architekturmustern für mehrere Domänen entwickelt
- Neues Kompetenzzentrum Smart Services als entscheidender Baustein zur Weiterentwicklung und Stärkung des Themas Smart Service Welt

# Zwei Bücher zu den Grundlagen der Zukunftsprojekte Industrie 4.0 und Smart Service Welt



Springer 2013  
400 Seiten



Springer 2014  
500 Seiten

# Konklusionen

1. Industrie 4.0 ist eine konzeptuelle Revolution als Disruption der ggf. über seine Verpackung seine eigene Fertigung steuert. Aber die Umsetzung erfolgt inkrementell durch Migrationslösungen, so dass die Revolution als Evolution realisiert wird.
2. Kurze Umrüstzeiten, adaptive Fabriken und dezentrale Fertigungssteuerung erlauben die kundenindividuelle Produktion und Verpackung zu den Preisen der Massenproduktion (Losgröße 1).
3. Das Internet der Dinge, Sensor-Netze und cyber-physische Systeme sind die technologischen Treiber von Industrie 4.0.
4. Die Qualität der semantischen Kommunikation zwischen dem entstehenden Produkt, den Produktionsmaschinen und Werkern, den Produktionsmaschinen untereinander und mit den Werkern ist einer der Erfolgsfaktoren für Industrie 4.0.
5. Normung und Standardisierung sind bei Industrie 4.0 die Voraussetzung für den Transfer von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte und den schnellen Marktzugang. Deutschland ist in der Pole-Position für die Normung von Smart Factories und muss nun diese in einen Start-Ziel-Sieg umsetzen.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

