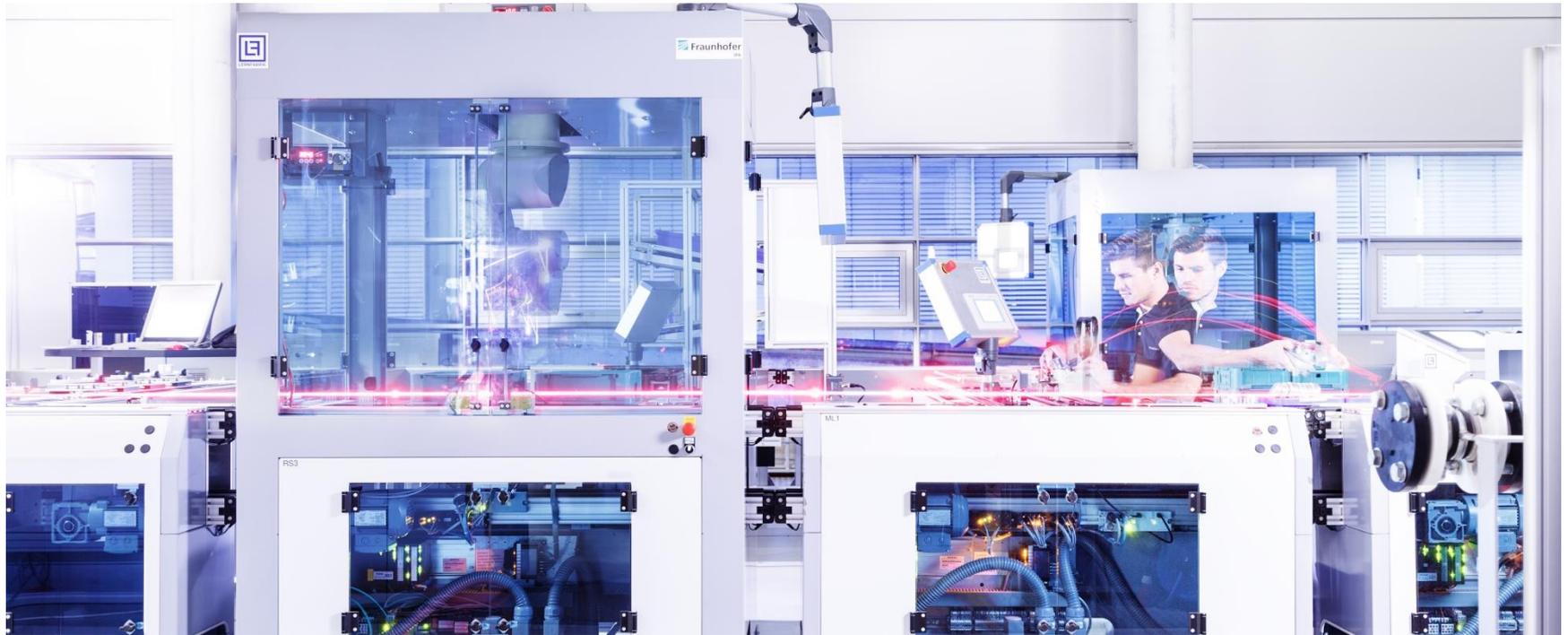


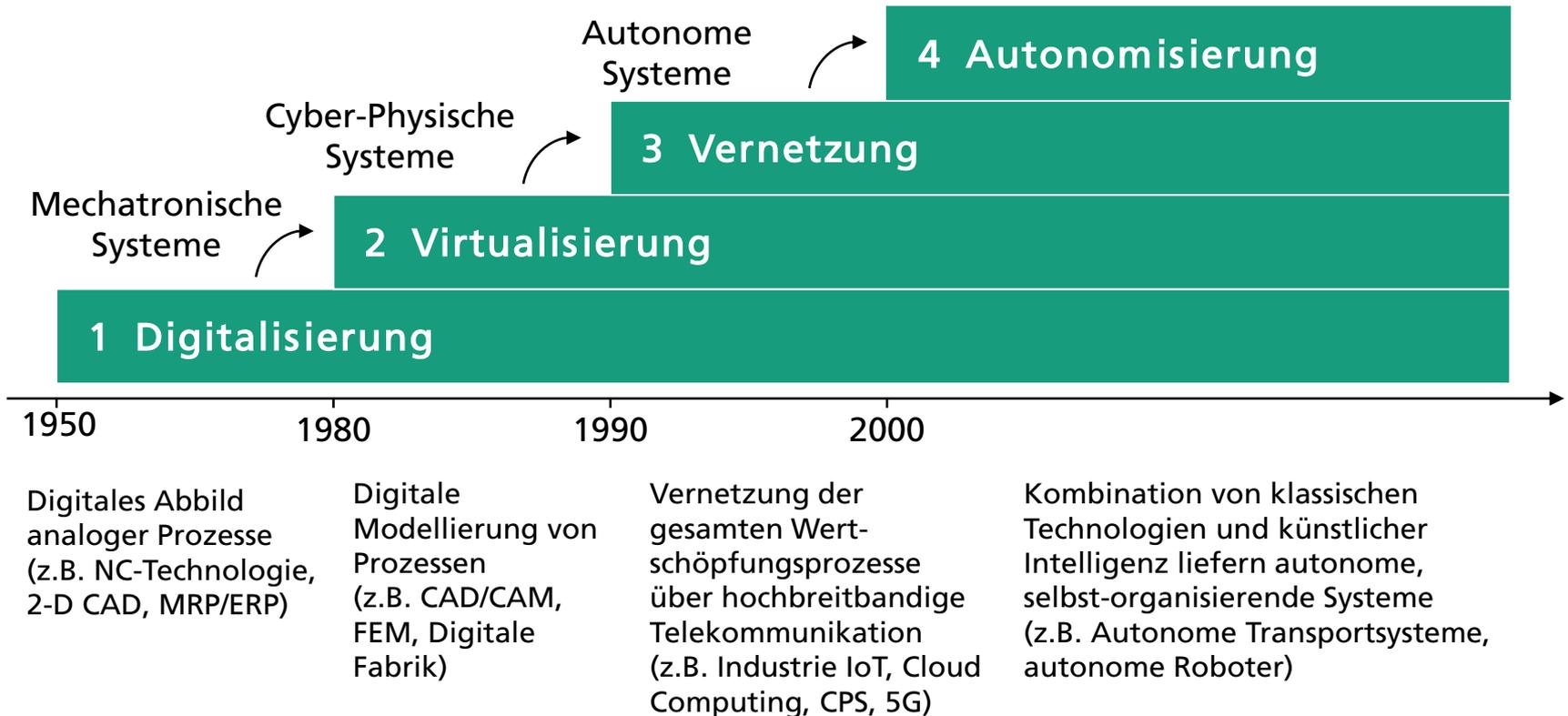
INDUSTRIE 4.0 UND NEW MOBILITY - 2 SEITEN EINER MEDAILLE

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
27. September 2017



Die Entwicklungsstufen der digitalen Transformation

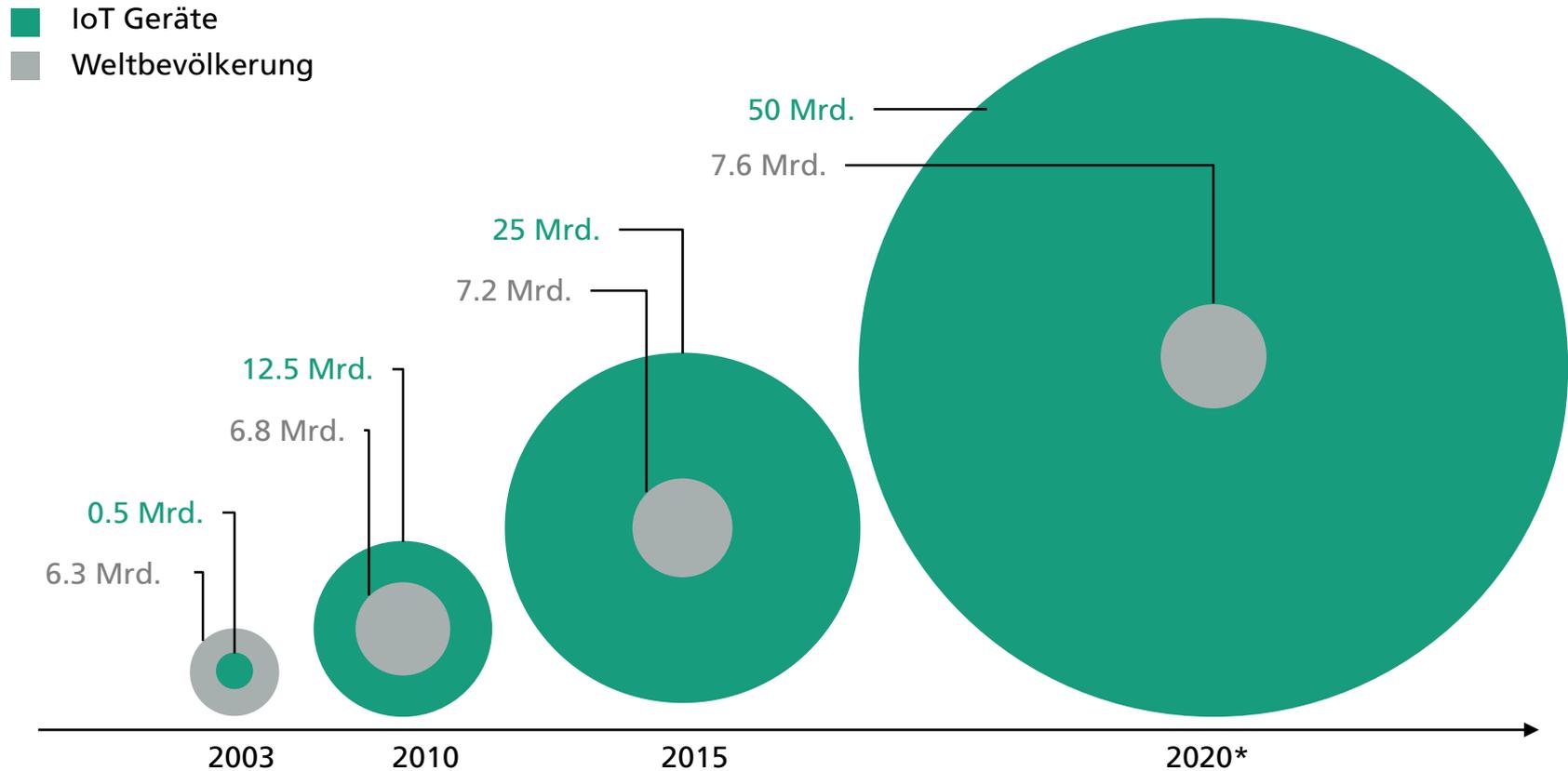
Vom digitalen Abbild zum autonomen System



Quelle: Fraunhofer IPA

Das IoT als Basis der »Zugangsökonomie«

50 Milliarden IoT Devices im Jahr 2020

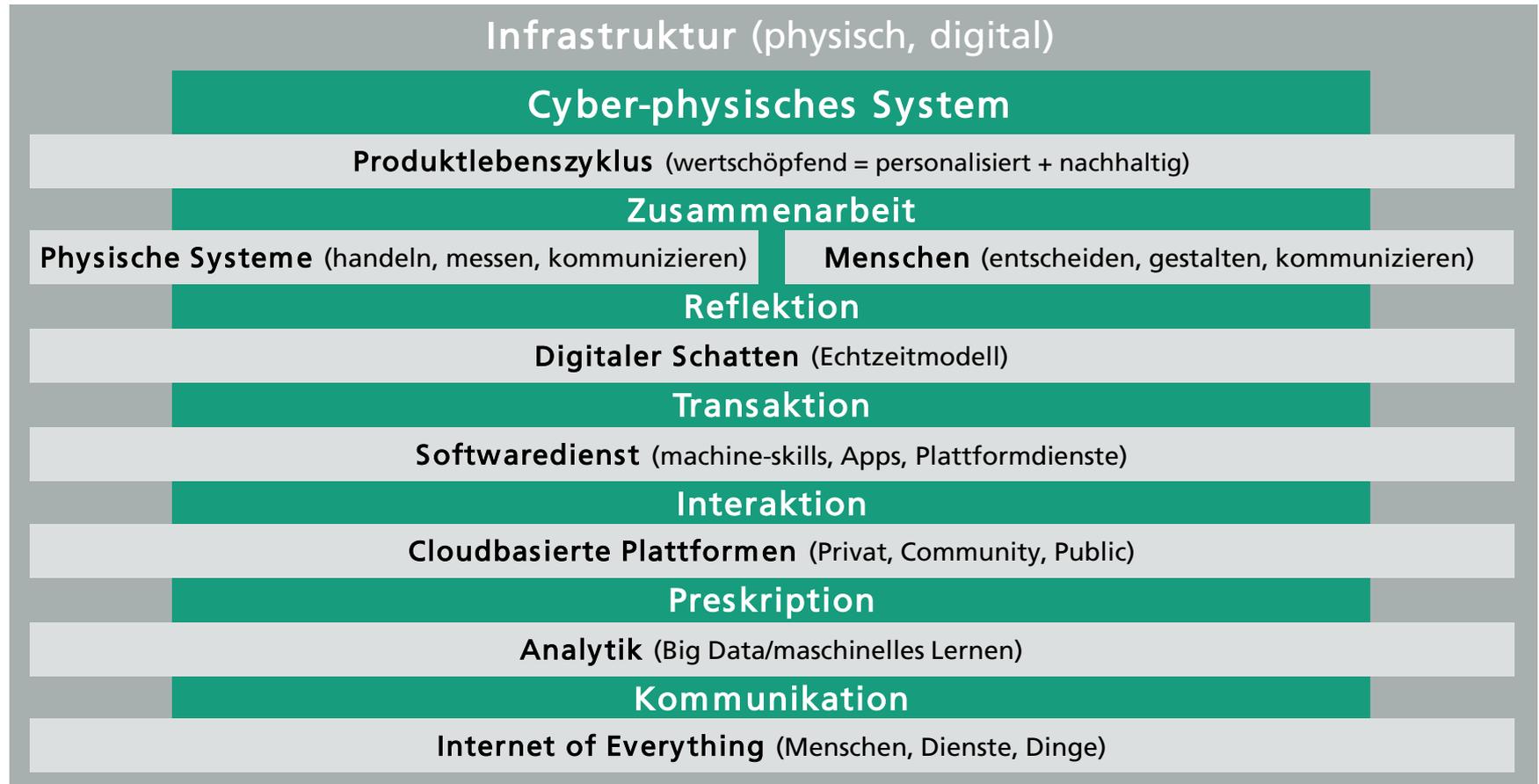


Quelle: Nach Jason Parms in »Internet of Things: A Threat or Blessing« (2014)

*Prognose

Vertikale Integration

Kernelemente der vierten industriellen Revolution



CPS-Architektur setzt sich durch (1/2)

Alles wird zum Smart Phone, die Fahrzeuge ...



Quelle: motor-talk.de

CPS-Architektur setzt sich durch (2/2)

... und die Produktionsmittel



Quelle: IPA

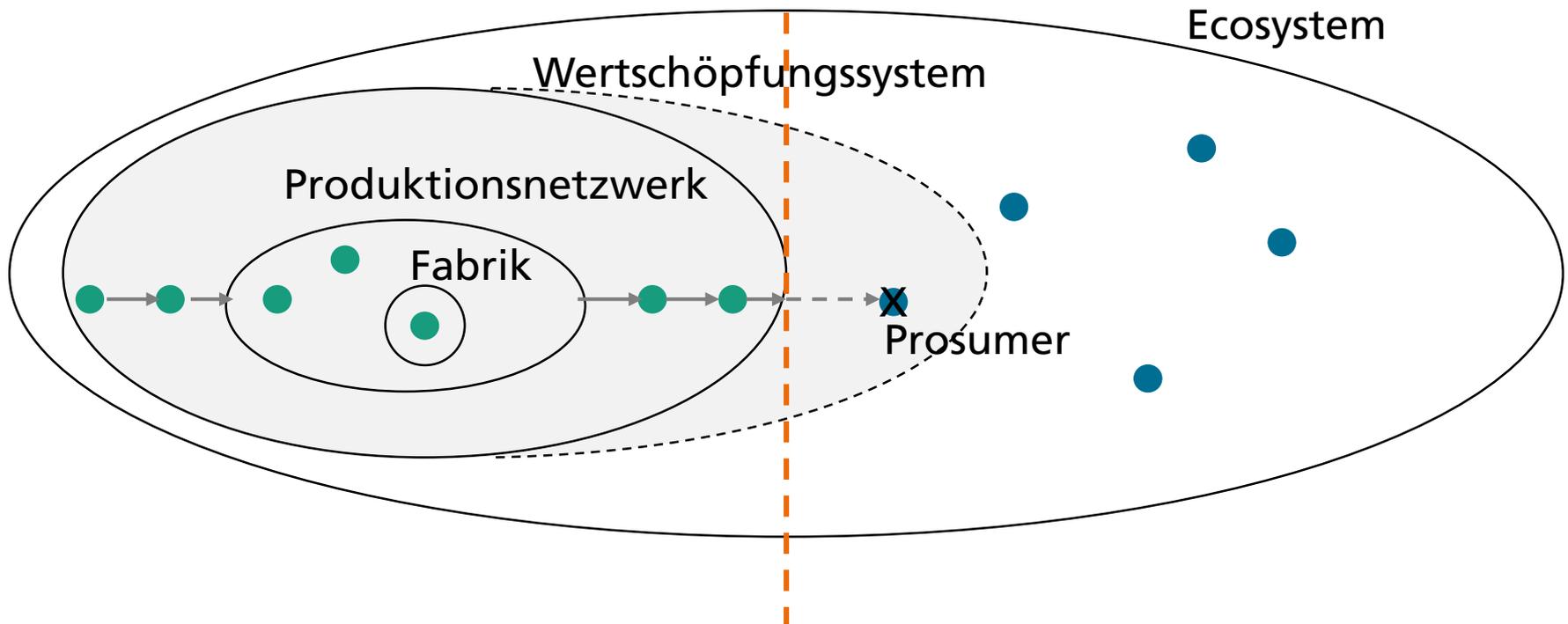
Horizontale Integration

Von B2B und B2C zu Business to User (B2U)

Back End

Fokus Wertschöpfung | Fokus Positionierung

Front End

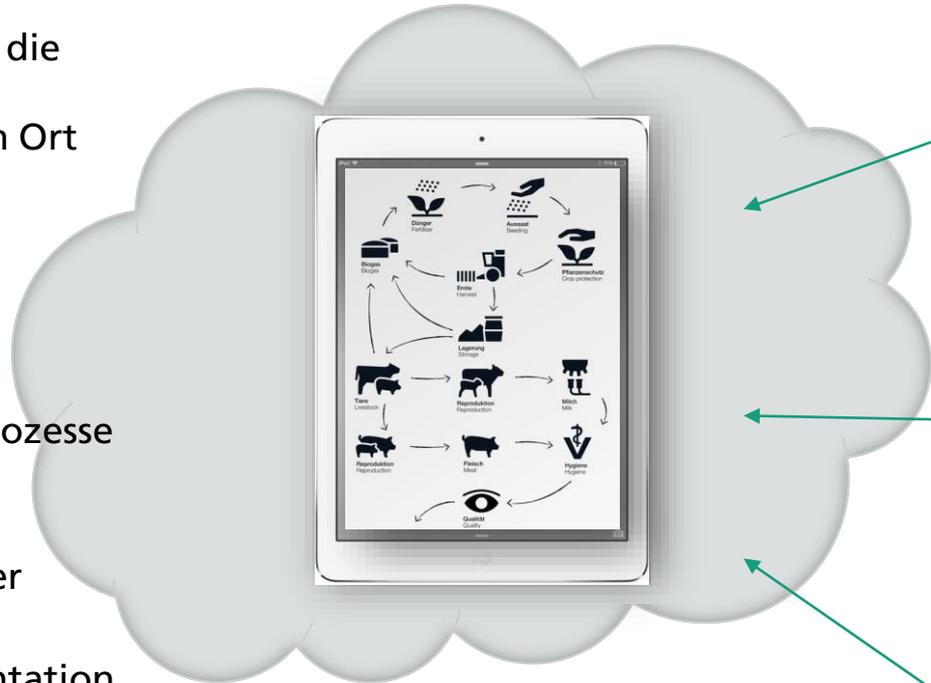


Business Ecosystems

»Farmnet 365« – eine Initiative aus dem Landmaschinenbau



- **Online Tracking**
Echtzeitzugriff auf die Informationen zu jeder Zeit an jedem Ort
- **Traceability**
Lückenlose, automatisierte Dokumentation
- **Transparenz**
Integration aller Prozesse
- **Effizienz**
Entscheidungshilfe und Wissenstransfer
- **Qualität**
Tracking, Dokumentation und rechtzeitige Warnung
- **Analyse**
Vorhersagen, Big Data Verarbeitung



Maschinen

Betriebsmittel

Content

Quelle: farmnet



IoT und IIoT Plattformanbieter

Cloudbasierte Plattformen als Backbone von Manufacturing-Ecosystemen

Konsumenten,
Business und IT

Industrie, Produktion



SIEMENS



ADAMOS



Virtual Fort Knox



ORACLE
CLOUD



PLEX

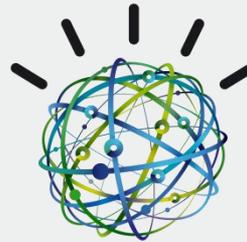
Die Basis: Rechenleistung und Vernetzung

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



Handlungsfelder der Digitalen Transformation



Quelle: Fraunhofer IPA

CP(P)S Cyber Physical Production Systems, IoX Internet of Everything, XaaS Everything as a Service

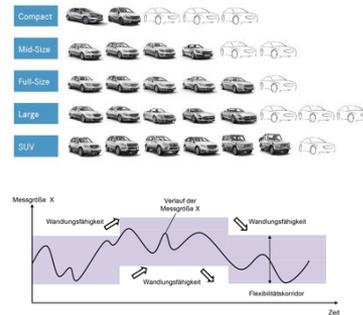
Trends im Bereich Automotive

Elektromobilität



- Veränderung der Wertschöpfung im Antriebsstrang
- Neue Marktteilnehmer
- Leichtbau

Volatile Märkte und Produktportfolios



- Wandlungsfähige Fabriken
- Rückkehr manueller Prozesse, lean Automation
- Datengetriebene Ansätze + QS

Autonomes Fahren



- Neue EE-Architektur
- Neue Fahrzeugkonzepte
- Neue Innenraumkonzepte

Shared mobility, mobility systems



- Neue Fahrzeugarten
- Veränderter Lebenszyklus
- Neue Geschäftsmodelle



E-Fahrzeuge kommen schneller als gedacht

Aktuelle Beispiele

- Chevrolet Bolt, Tesla Model 3
 - Reichweiten über 400km
 - Preise ab €35.000



Studie der UBS zu Fahrzeugen in Massenproduktion
ab Reichweite größer 400 km und Preis unter 40T\$:

- Neuer Chevrolet Bolt hat mehrere Tausend Dollar niedrigere HK als gedacht.
- Es wird von weiter sinkenden Batteriepreisen ausgegangen.
- TCO-Parität kann laut UBS in ersten Ländern Europas bereits 2018 erreicht werden.
(incl. Förderprogramme)

Quelle u.a.: forbes.com/sites/neilwinton/2017/05/22/electric-car-price-parity-expected-next-year-report/

Erwartete Produktion von Evs und PHEVs bis 2018

Land	Inlandsproduktion EV/PHEV ['000 Fzg.]	Top-3-Modelle je Land
	1.230	BYD Tang, BYD Quin, BAIC E150EV
	708	Tesla Model S, Nissan Leaf EV, Chevrolet Volt PHEV
	439	VW Golf GTE PHEV, BMW i3, Audi A3 e-tron
	392	Nissan Leaf EV, Mitsubishi Outlander PHEV, Toyota Prius PHEV
	174	Renault ZOE Z.E., Renault Kangoo Z.E., smart fortwo ED
	50	Chevrolet Spark EV, Kias Soul EV, Hyundai Sonata PHEV

Hinweis: Keine signifikante EV/PHEV-Produktion in Italien erwartet.

Quelle: Index Elektromobilität Quartal 1 2017, fka & Roland Berger

Elektromobilität

Veränderung der Wertschöpfung im Antriebsstrang

OEM, Tier 1, Tier 2

- Mechanische Vereinfachung (Motor, Getriebe)
- Entfall der Abgasnachbehandlung
- Make or buy Entscheidungen müssen neu überdacht werden
- Neue Beschäftigungsstrategie notwendig



Neue Marktteilnehmer

Tier 1, OEM

- Antriebe als Komplettpackages von Tier 1 Zulieferern
- Es wird leichter ein Auto zu bauen
- Neue Marktteilnehmer auf OEM Seite entstehen



Leichtbau

OEM, Tier 1

- Kompensation des höheren Fahrzeuggewichts
- Höhere Varianz von Materialien
- Neue Prozesse
- Fokus scheint von CFK zum Thema Komplexitäts- und Kostenbeherrschung zu schwenken

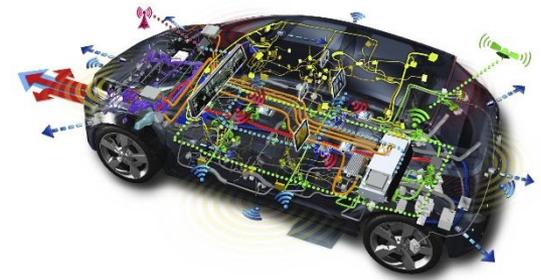


Autonomes Fahren

Neue EE-Architektur des Fahrzeugs

OEM, Tier 1

- Heutige EE-Struktur trägt nicht mehr
- Zentrale vs. verteilte (CPS) EE-Architekturen
- Updatefähigkeit
- Funktionale Sicherheit für neue EE-Konzepte
- Auswirkungen auf die Produktion
(Inbetriebnahme, Testing, Nutzung von Teilfunktionen)



Radikal veränderte Fahrzeugkonzepte und Innenraumkonzepte

OEM

- Fahrzeug als Lebensraum/Arbeitsraum
 - Neue Interieurkonzepte
 - Multifunktionale Interieurs
- Craschanforderungen ans Fahrzeug könnten verschwinden



Angemeldete Patente zum Autonomen Fahren

Januar 2010 bis Juli 2017

Bosch (D)	958
Audi (D)	516
Continental (D)	439
Ford (USA)	402
General Motors (USA)	380
BMW (D)	370
Toyota (JPN)	362
Volkswagen (D)	343
Daimler (D)	339
Google (USA)	338



Quelle: iwd.de/artikel/autonomes-fahren-kennzeichen-d-361105/; Bildquelle: audi-illustrated.com

Shared Mobility

Fahrzeuge für Shared Mobility

OEM, neue Marktteilnehmer

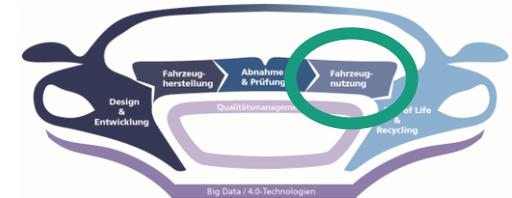
- Minimale Individualisierung in Hardware
- Individualisierung über Software
- Reduktion der Stückzahl
- Nutzung durch zahlreiche Kunden



Veränderter Lebenszyklus

neue Marktteilnehmer

- Längere Nutzungsdauer
- Fahrzeug als Investitionsgut
- Betrieb durch professionellen Betreiber
- Kostenhebel in der Produktion verschieben sich



Neue Geschäftsmodelle

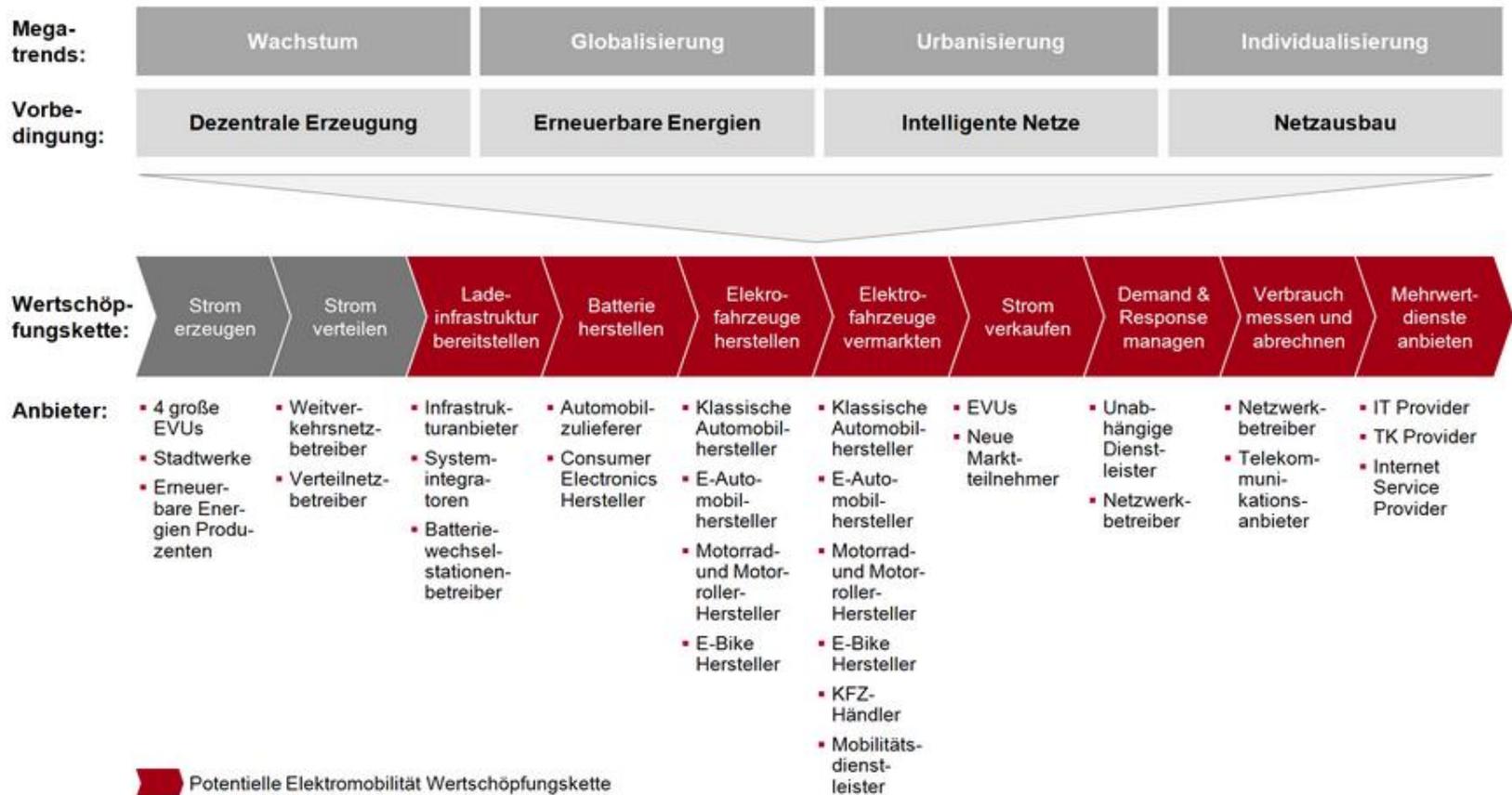
OEM, neue Marktteilnehmer

- Entwertung der Marke des OEM
- Interaktion mit Kunden rein über digitale Plattform
- Neue Wartungskonzepte für Flotten
- Vermitteln von Mobilität als Geschäftsmodell

UBER

moovel

Entwicklung der neuen Wertschöpfungskette für Elektromobilität



Quelle: strategy-transformation.com/elektromobilitaet-geschaeftsmodelle/

Massiver Impact auf Industrie (dt. BW, BY, NRW)

Spielraum für neue Wettbewerber ohne Automotive Erfahrung

Szenario: Keine Neuzulassungen von Verbrennern ab 2030 bedeutet (nach Ifo 2017):

- Über 600.000 aktuelle Industrie-Arbeitsplätze direkt oder indirekt betroffen
- Rund 130.000 Arbeitsplätze in KMU besonders gefährdet
- Aktuell 13 % (49 Mrd. €) der Bruttowertschöpfung der dt. Industrie tangiert
- 3 Mio. zusätzliche E-Autos allein im Jahr 2030 – Verdopplung der Gesamtzahl

Erwartete Folgen:

- Automobilzulieferer im Bereich (Verbrennungs-)Antriebstrang werden deutlichen Rückgang des Umsatzes erleiden
- Langfristig wird auch das lukrative Geschäft im After-Sales-Markt zurückgehen
- Die aktuellen Zulieferer müssen ihr Produkt-Portfolio an neue Bedarfe anpassen
- Neue Lieferanten, hauptsächlich aus dem Elektronik-Bereich - manche neuen Lieferanten haben wenig bis kein Know-how bzgl. der Automobil-Industrie

Volatile Märkte und Produktportfolios

Wandlungsfähige Fabriken

OEM, Tier 1

- Neue Antriebsformen (siehe auch E-mobility)
- Immer mehr Derivate
- Neue Prozesse
- Sehr vage Zukunftsprognosen
- Extreme Skalierung von Stückzahl und Variantenmix



Rückkehr zu manuellen Prozessen, smarte Automatisierung

OEM

- Deautomatisierung, smarte Automatisierung:
 - Reduktion von Investitionsaufwänden
 - Erhöhung der Wandlungsfähigkeit
- Umrüstbare, universelle Betriebsmittel,
- Manuelle Prozesse: Ergonomie, dem. Wandel, Training on the job



Virtuelle Qualitätssicherung und datengetriebene Optimierung

OEM

- Häufige Veränderung: Prozesse müssen schneller in Betrieb genommen werden
- Optimierung und Qualitätssicherung müssen schnell mitgezogen werden
- Nutzung von Prozessdaten um Mehrwert zu generieren
- Supplychain-übergreifende Datenhaltung

ARENA2036 – Stuttgart Research Campus

Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles



- PPP
- 15 Jahre
- Forschungsfabrik als Integrationsplattform

Beispiel SEW Eurodrive – Flexible Vernetzung von schlanken Wertschöpfungszellen

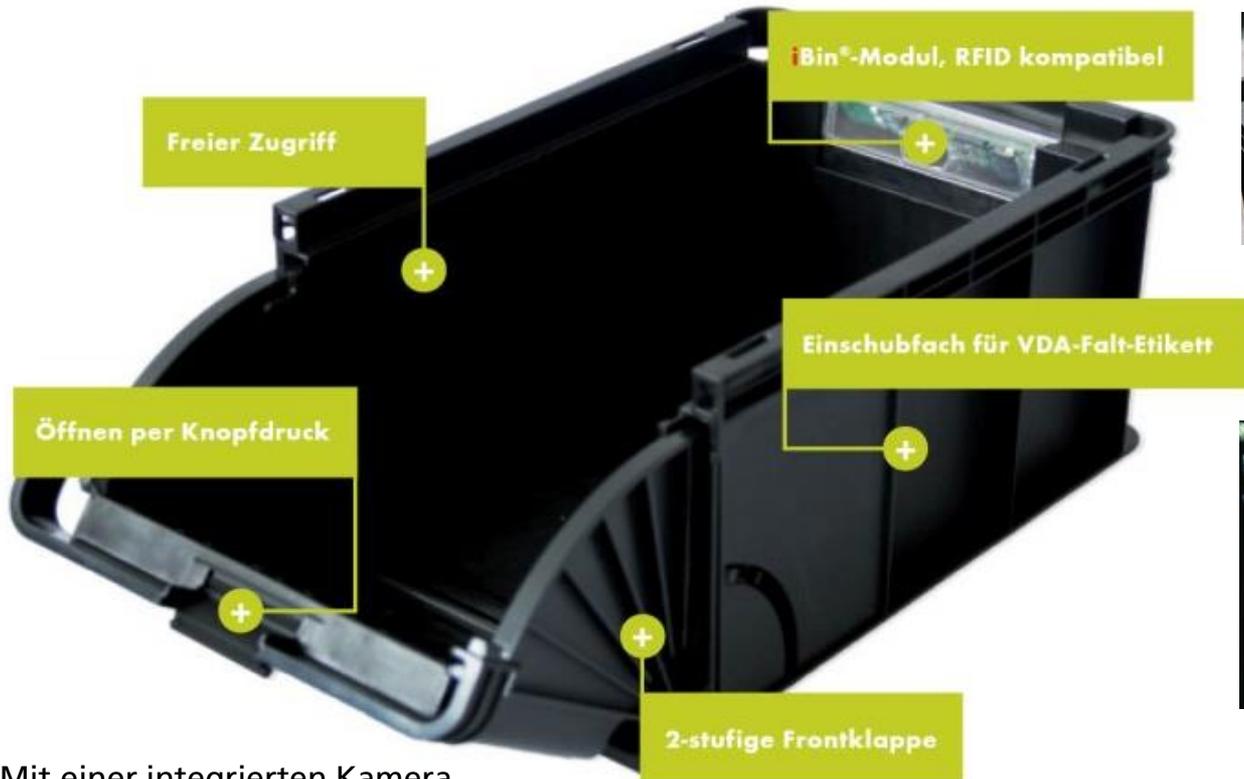
Mitarbeiter als Dirigent der Wertschöpfung



Quelle: SEW Eurodrive

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

Roboter werden mobil, flexibel und sicher

Beispiel: SEW Eurodrive – frei navigierendes FTS trägt Roboter für »Griff in die Kiste«

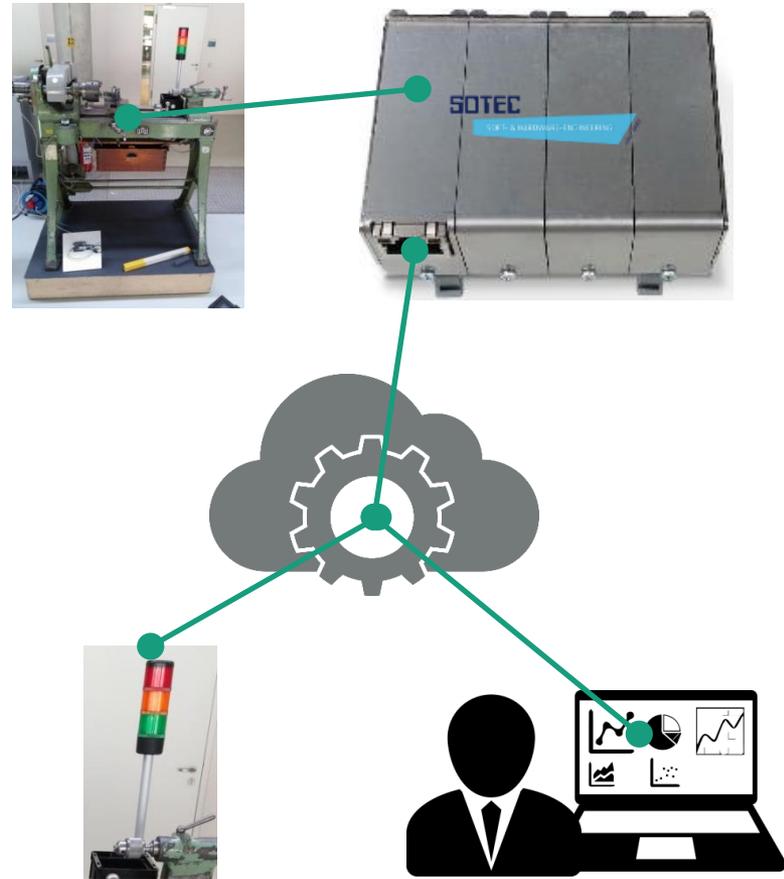


Cloud Plug – CPS Retrofitting

Anwendungsfall

Verknüpfung der Drehmaschine mit Cloud-Service

- Cloud Plug sendet Sensordaten an Sense&Act System
- Bei Erreichen/Unterschreiten eines Schwellwerts wird eine Aktion ausgelöst
- z.B. Maschinenampel oder Email an Techniker

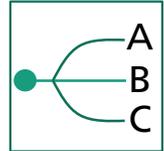
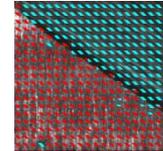


Die fünf Praxisfälle des »Machine Learning«

Praxisfall

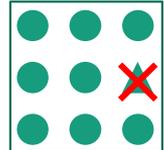
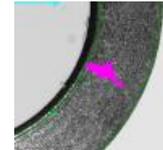
Klassifizierung

Merkmalsunterscheidung
■ Ist das A, B, C ...?



Erkennung von Anomalien

Ausreißer-Erkennung:
■ Ist das i.O.; gehört das hierhin?



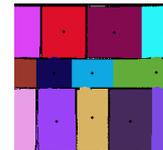
Regression

Vorhersagen:
■ Wie viele? Welcher Zustand?



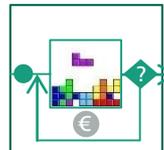
Clustering

Gruppierung unbekannter Daten
■ Was gehört zusammen?



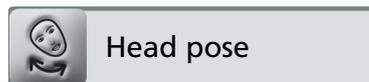
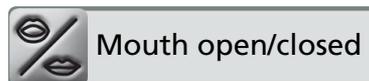
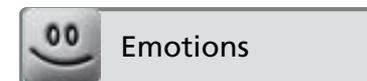
Verstärkungs-
lernen

Passende Strategie lernen
■ War das o.k. so?

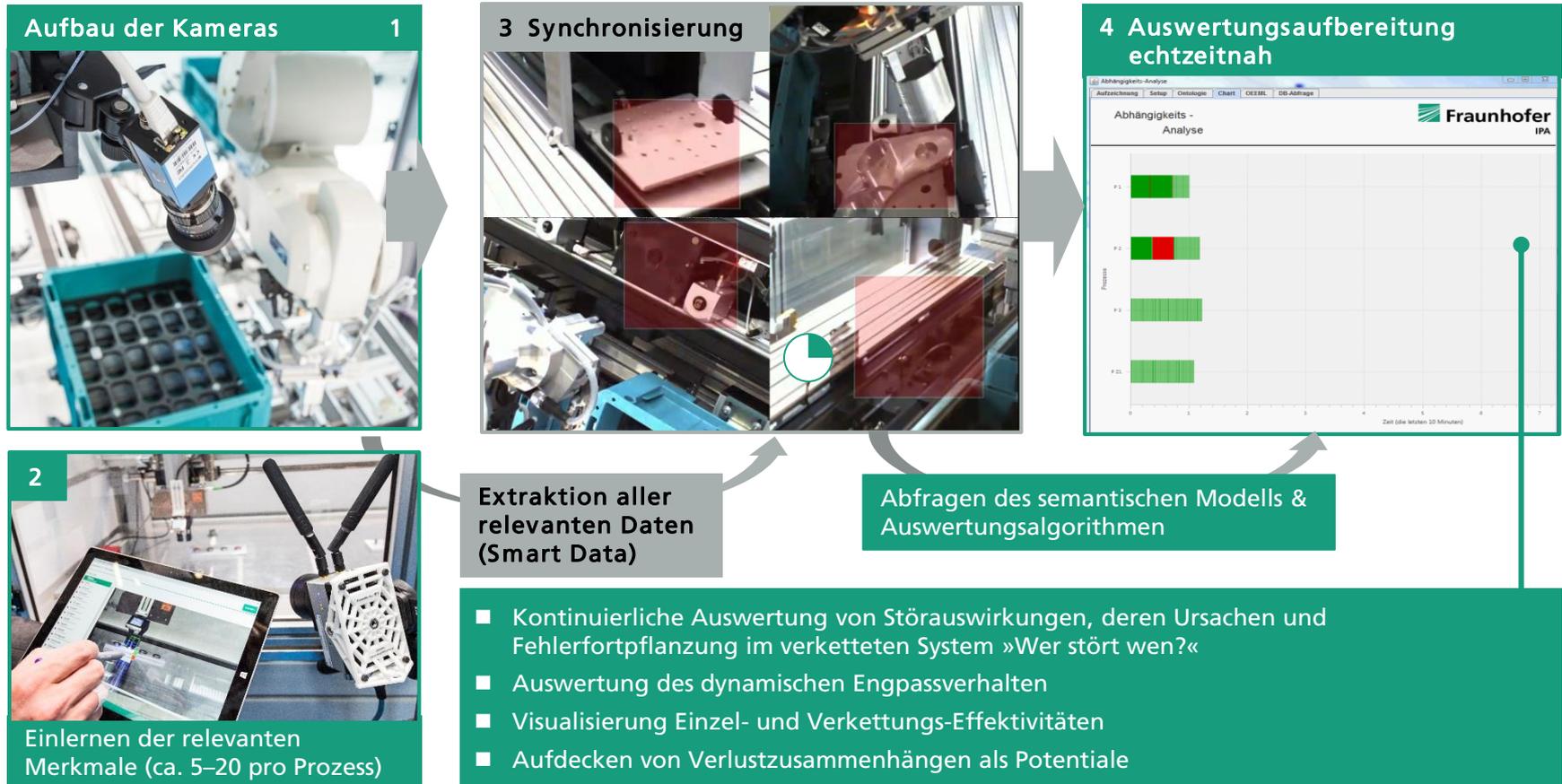


Klassifizierung: SHORE™ Technology Overview

Real-Time Facial Analysis

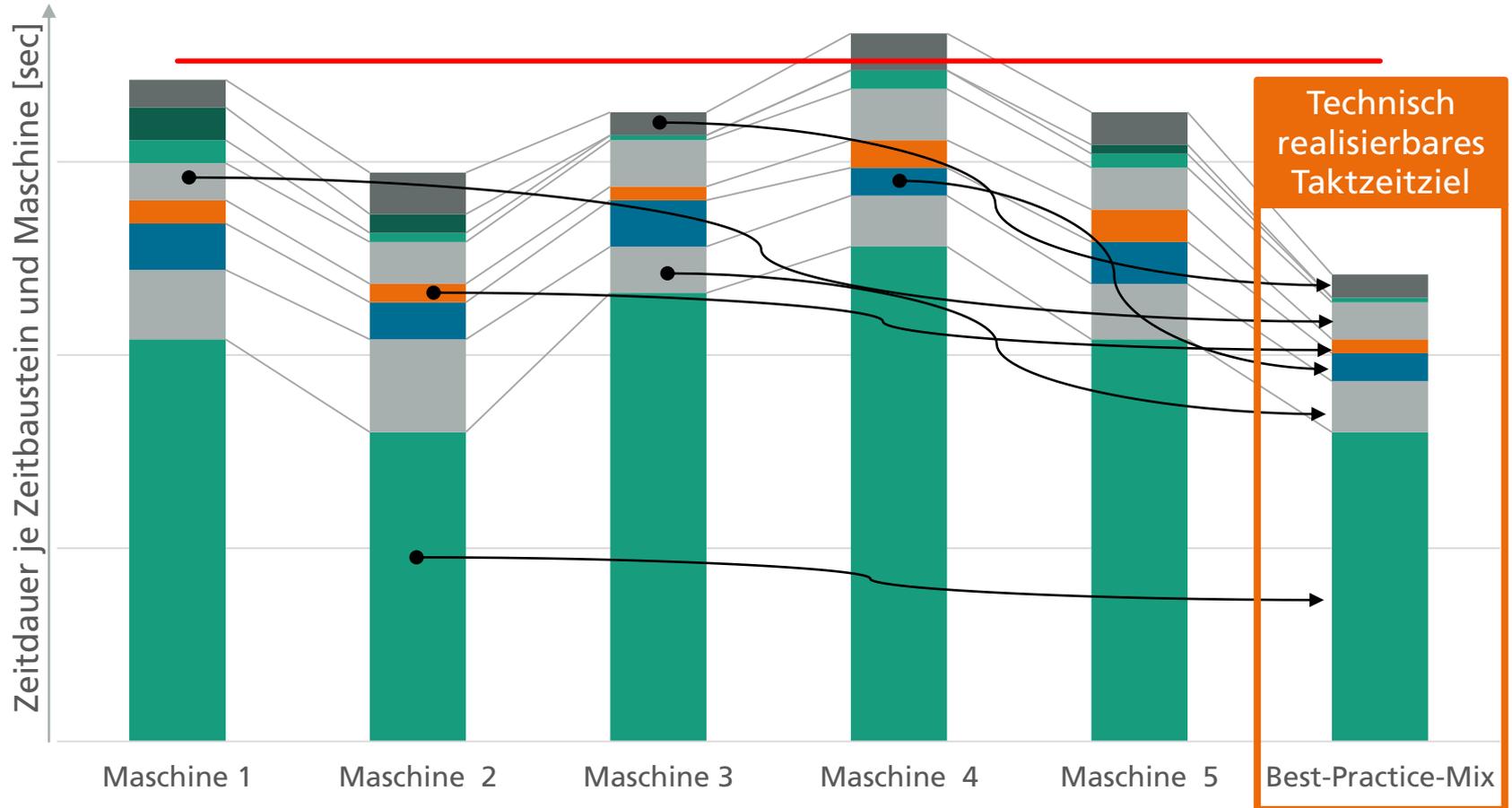


Erkennen von Anomalien: Smarte Systemoptimierung durch gleichzeitige Beobachtung aller In-Line-Prozesse



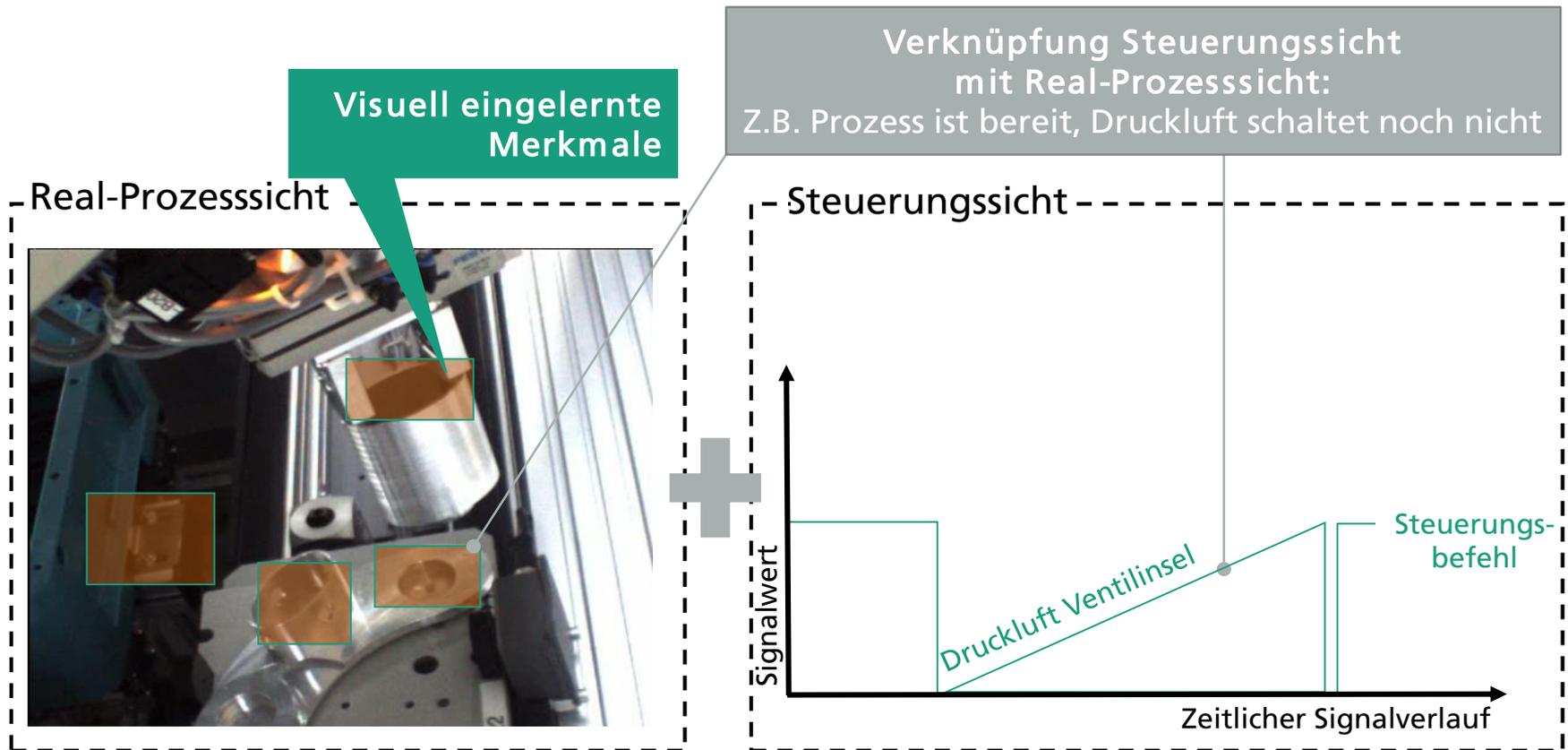
* Hier am Beispiel von nur einem Merkmal je Prozess

Ziel des Maschinenbenchmark: Optimierte Taktzeit ermitteln und Einstellungen zur Erreichung ableiten



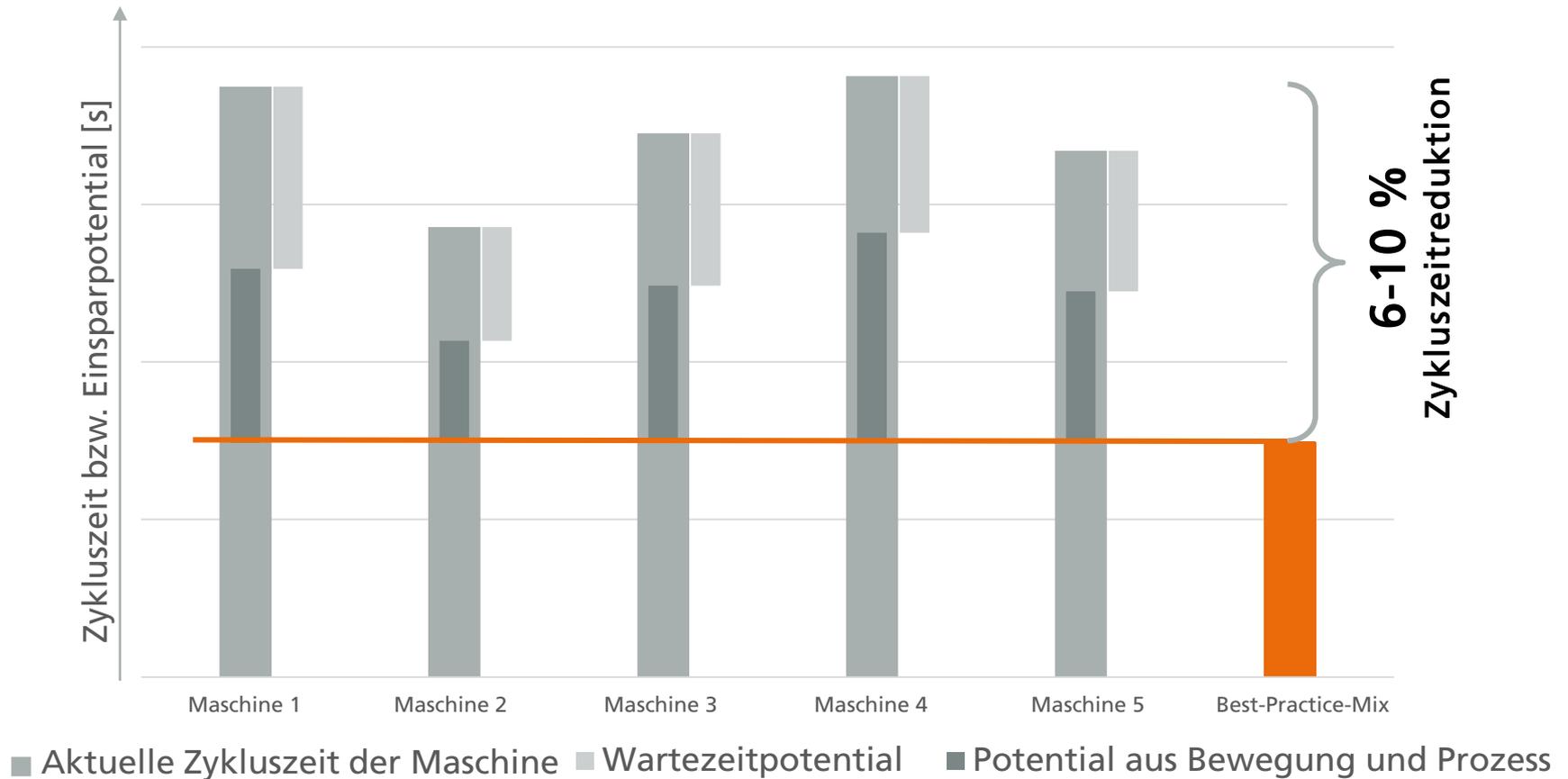
Datenfusion aus interner und externer Sensorik

Verknüpfung der Steuerungssicht mit Real-Prozesssicht



Transparenz über technisches Maschinenverhalten und Erklärungen hierzu

Ergebnis des Maschinenbenchmark: Aufgedecktes Potenzial zur Zykluszeitreduktion je Maschine 6-10 %



Regression: Qualitätsprognose beim Spritzprägen

Aufgabenstellung

- Herstellung von Petrischalen mit nanostrukturierten Oberflächen zur selektiven Zellanhaftung

Lösung

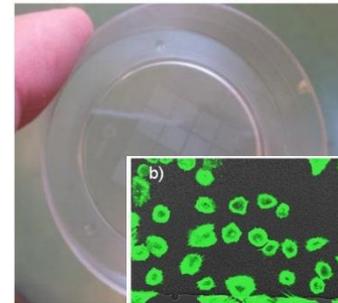
- Qualitätsprognose basierend auf Sensorik im Werkzeug (Druck, Temperatur) und weiteren Kenngrößen aus der Maschinensteuerung

Kundennutzen

- Schnellere Identifikation von fehlerhaften Zuständen im Fertigungsprozess
 - Vorhersagegüte bis zu $> 98\%$



Spritzprägemaschine Fa. Billion



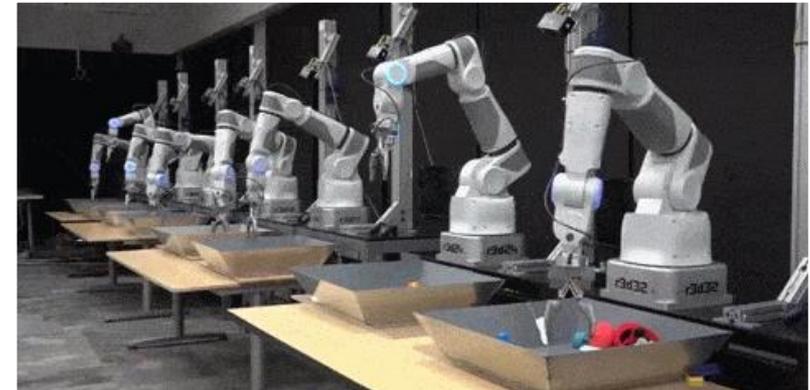
Schwache/
starke Zellanhaftung

Der »Griff aus der Kiste« als Industrie-4.0-Anwendung

Cloud Picking

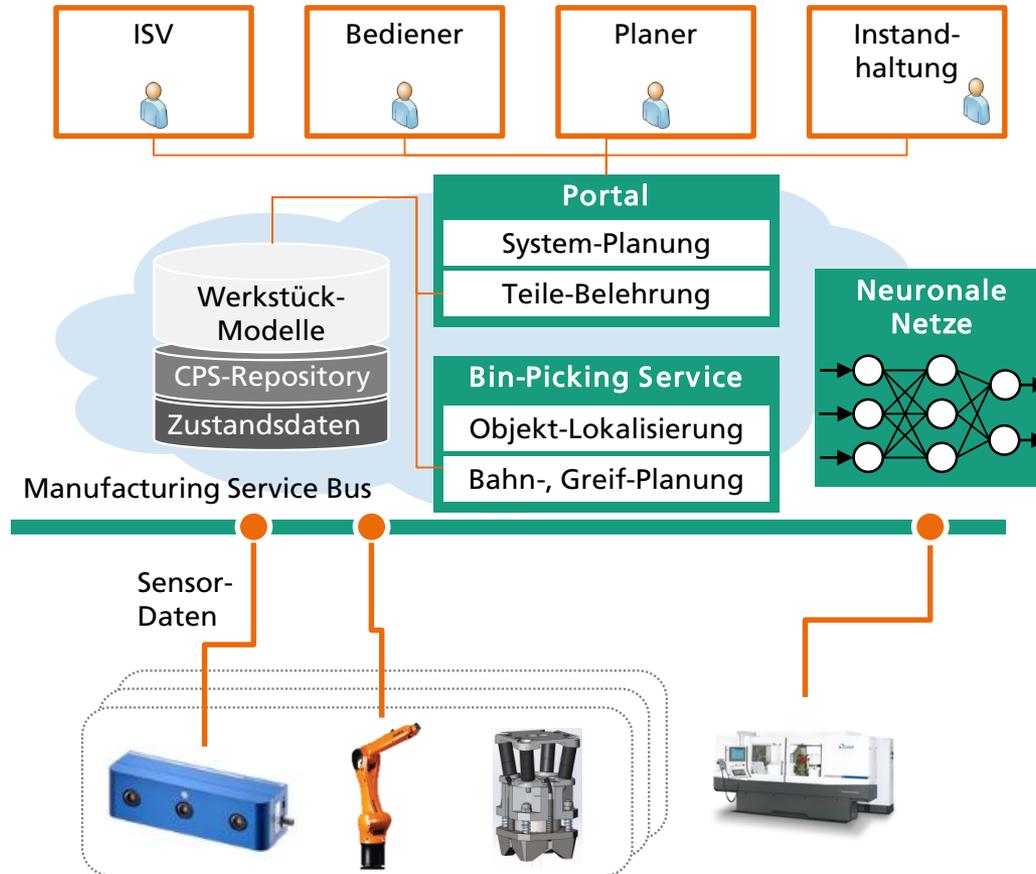
Hand-Auge-Koordination bei Robotern (Google)

- 14 Roboter lernten simultan in ~800.000 Greifversuchen unterschiedliche Objekte aus einer Kiste zu greifen, verwendet wird je eine monokulare Kamera
- Mehrere Roboter tauschen ihre Erfahrung aus
- Auch unbekannte Objekte werden gegriffen. Abweichungen in Kamerapositionen werden ausgeglichen durch die Robustheit der Algorithmen



Quelle: <https://i.ytimg.com/vi/H4V6NZLNU-c/hqdefault.jpg>

Der Weg vom cyber-physischen zum autonomen System



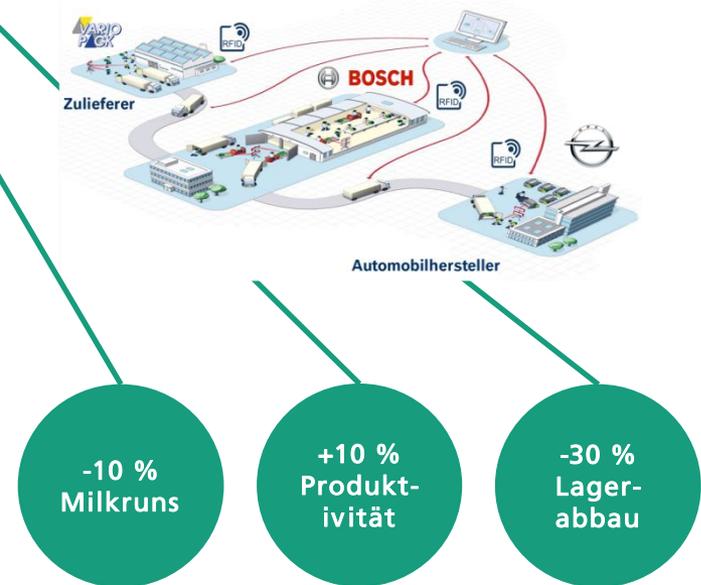
Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

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

Abschätzung der Nutzenpotenziale

Kosten	Effekte	Potenziale
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 Einsatz von Smart Wearables 	-10 bis -30 %
Logistikkosten	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhung Automatisierungsgrad (milk run, picking, ...) Smart Wearables 	-10 bis -30 %
Komplexitätskosten	<ul style="list-style-type: none"> Erweiterung Leitungsspannen Reduktion trouble shooting Prosumer-Modell Everything as a Service (XaaS) 	-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.

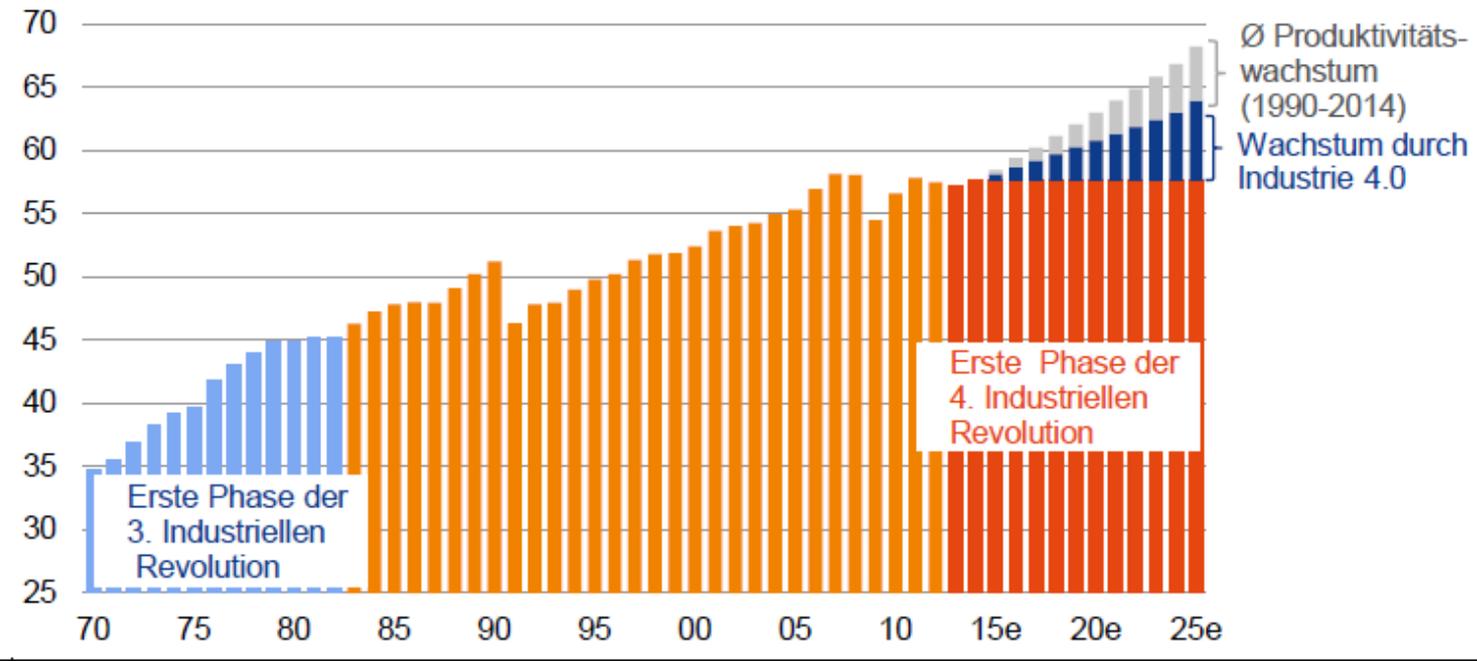


Quelle: IPA/Bauernhansl, Bosch

Industrie 4.0 wird das Produktivitätswachstum beschleunigen

Die Produktivität der dt. Wirtschaft wird bis 2025 um fast 12 Prozent steigen

ARBEITSPRODUKTIVITÄT IN DEUTSCHLAND (BRUTTOWERTSCHÖPFUNG IN 1.000 EURO JE BESCHÄFTIGTEM, REAL)



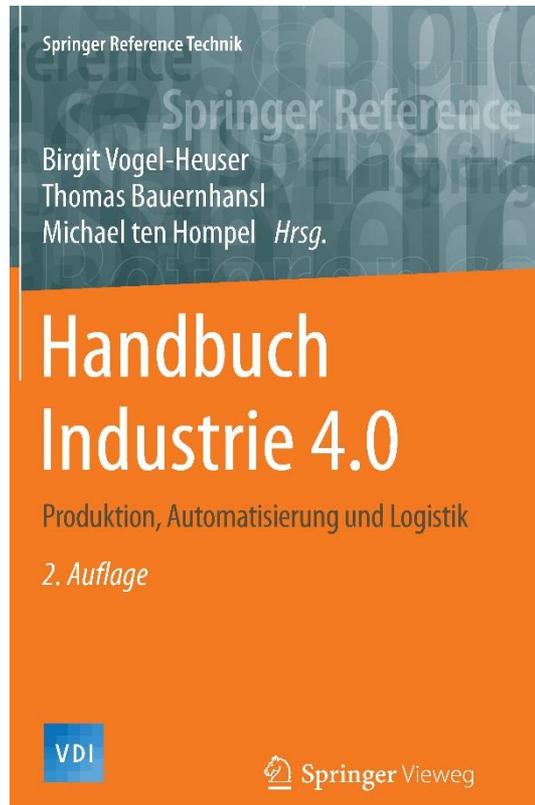
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fraunhofer IAO, IAB, DZ BANK AG



»Wenn der Wind des Wandels weht,
bauen die einen Mauern,
die anderen Windmühlen.«

(chinesisches Sprichwort)

Erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0



- Hervorgegangen aus dem erfolgreichen Werk »Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik«
Detaillierte Einführung in Industrie 4.0
- Zahlreiche Beispiele aus der Praxis
- Anschauliche Beschreibung der Basistechnologien
- 12 neue Kapitel, über 800 Seiten

ISBN 978-3-662-45278-3

INDUSTRIE 4.0 UND NEW MOBILITY - 2 SEITEN EINER MEDAILLE

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
27. September 2017

