

# INDUSTRIE 4.0: DIGITAL, AGIL UND RESSOURCENEFFIZIENT IN DIE ZUKUNFT

Univ. Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer  
Eröffnung der Modellfabrik Bodensee, Konstanz, 09. März 2017



# Fraunhofer IPA

## Technologieberater und Innovationstreiber

- Drittgrößtes Institut der Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Stuttgart
- 1.000 Beschäftigte | 64,2 Mio. Euro Betriebshaushalt | 20,4 Mio. Euro Wirtschaftserträge
- Kompetenz in Produktionstechnik und Automatisierung seit 1959



Hinweis: Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2015

# Gliederung

- Digitalisierung und Industrie 4.0
- Konsequenzen für die Wertschöpfung
- Umgang mit begrenzten Ressourcen am Beispiel Energie
- Zusammenfassung

# Gliederung

- Digitalisierung und Industrie 4.0
- Konsequenzen für die Wertschöpfung
- Umgang mit begrenzten Ressourcen am Beispiel Energie
- Zusammenfassung

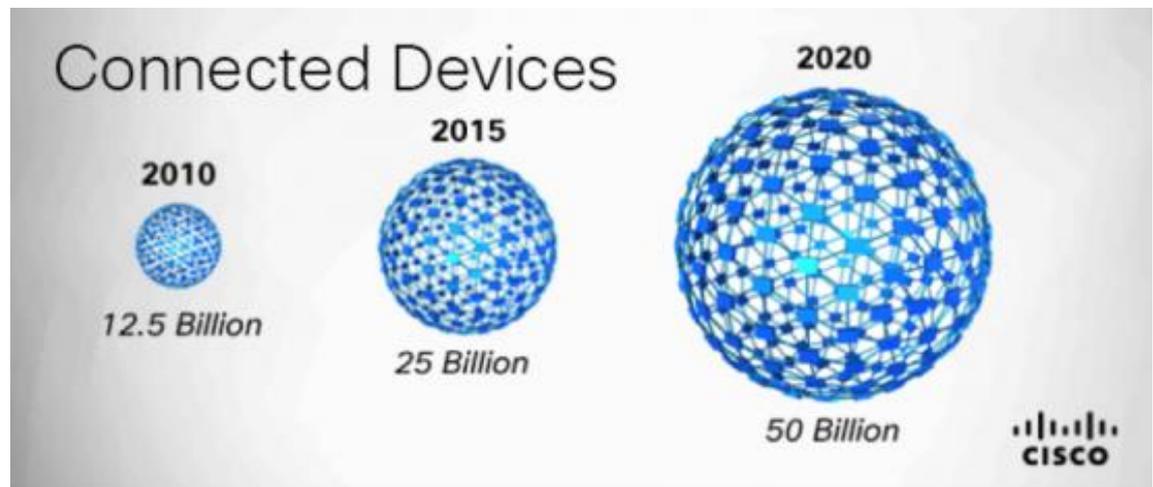
# Die digitale Welt von heute und morgen

## Access-Economy – Holistische Vernetzung der Welt als Basis neuer Business Ecosystems

- Über 3 Milliarden Menschen nutzten im Jahr 2015 das Internet.
- 25 Milliarden Dinge waren im Jahr 2015 über das Internet vernetzt. Im Jahr 2020 werden es voraussichtlich 50 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:

- Sharing Economy
- Prosumer
- Industrie 4.0 ...



Quellen: The Internet of Things, MIT Technology Review, statista, cisco

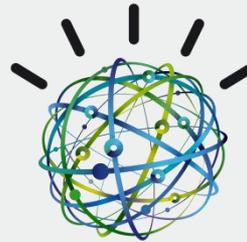
# Die Basis: Rechenleistung und Vernetzung

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

# Sharing Economy

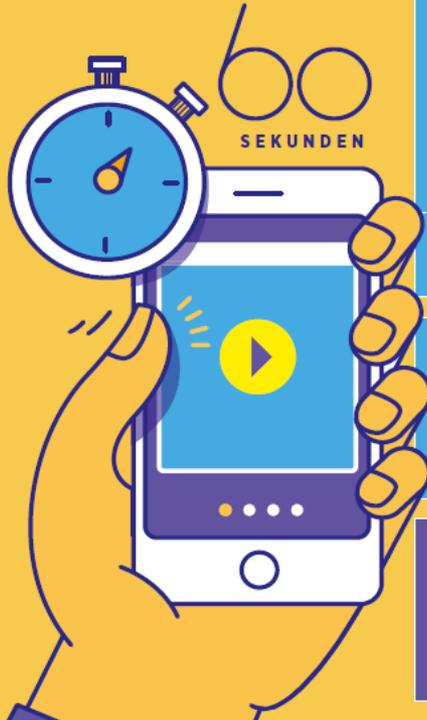
## Kalifornien ist der Treiber der Sharing Economy



# Eine Minute im Internet...

## Digitalisierung Eine Minute im Internet

Schauen Sie auf die Uhr! In den von jetzt an laufenden 60 Sekunden wird Apple gut 100 000 Dollar reicher, und die Nutzer von YouTube schauen rund 2,78 Millionen Videos. Die digitale Welt in Zahlen.



 E-Mail  
**150 Mio.**  
E-Mails verschickt

 WhatsApp  
**20,8 Mio.**  
Nachrichten zugestellt

**facebook**  
**7000 \$**  
Gewinn  
**701 389**  
Profil-Logins

 Instagram  
**38 194**  
Fotos und Videos geteilt

 LinkedIn  
**-317 \$**  
Verlust  
**120**  
neue Mitglieder

 **amazon** **1137 \$**  
Gewinn  
**203 596 \$**  
Verkaufsumsatz

 Spotify  
**38 052**  
Stunden Musik gestreamt\*  
**-411 \$**  
Verlust

**NETFLIX**  
**69 444**  
Stunden Filme und Serien gestreamt\*  
**234 \$**  
Gewinn

**UBER**  
**-1281 \$**  
Verlust  
**1389**  
Fahrten vermittelt

 YouTube  
**2,78 Mio.**  
Videos gestreamt\*

**tinder**  
**228 \$**  
Gewinn  
**972 222**  
Swipes\*\*

 SnapChat  
**-244 \$**  
Verlust  
**527 760**  
Fotos geteilt

**Google**  
**31 189 \$**  
Gewinn  
**2,4 Mio.**  
Suchabfragen

 Apple  
Nettogewinn des Gesamtkonzerns einschließlich aller Töchter und Sparten  
**101 865 \$**  
Gewinn  
**51 000**  
App-Downloads im AppStore

 Twitter  
**-994 \$**  
Verlust  
**347 222**  
Tweets gesendet

**Vine**  
**1,04 Mio.**  
Videoendloschleifen gezeigt

← Konzernverbund  
Gewinne auf Basis Gesamtjahr 2015; \* auf Gerät geladen und abgespielt; \*\* Streichbewegung, um Gefallen oder Nichtgefallen zu signalisieren

Redaktion: Michael Kroker;  
Grafik: Konstantin Megas,  
Hassan Al Mohtasib;  
Quelle: Excelacom, Bloomberg,  
eigene Recherche

Quelle: Wirtschaftswoche, Nr. 19, 6.5.2016

# Industrie 4.0

## Wohin geht die Reise?



Bildquellen: Fotolia.com / Coloures-pic, <http://www.stahl-blog.de/index.php/industrie-4-0-stahl-vernetzt/>

# Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution

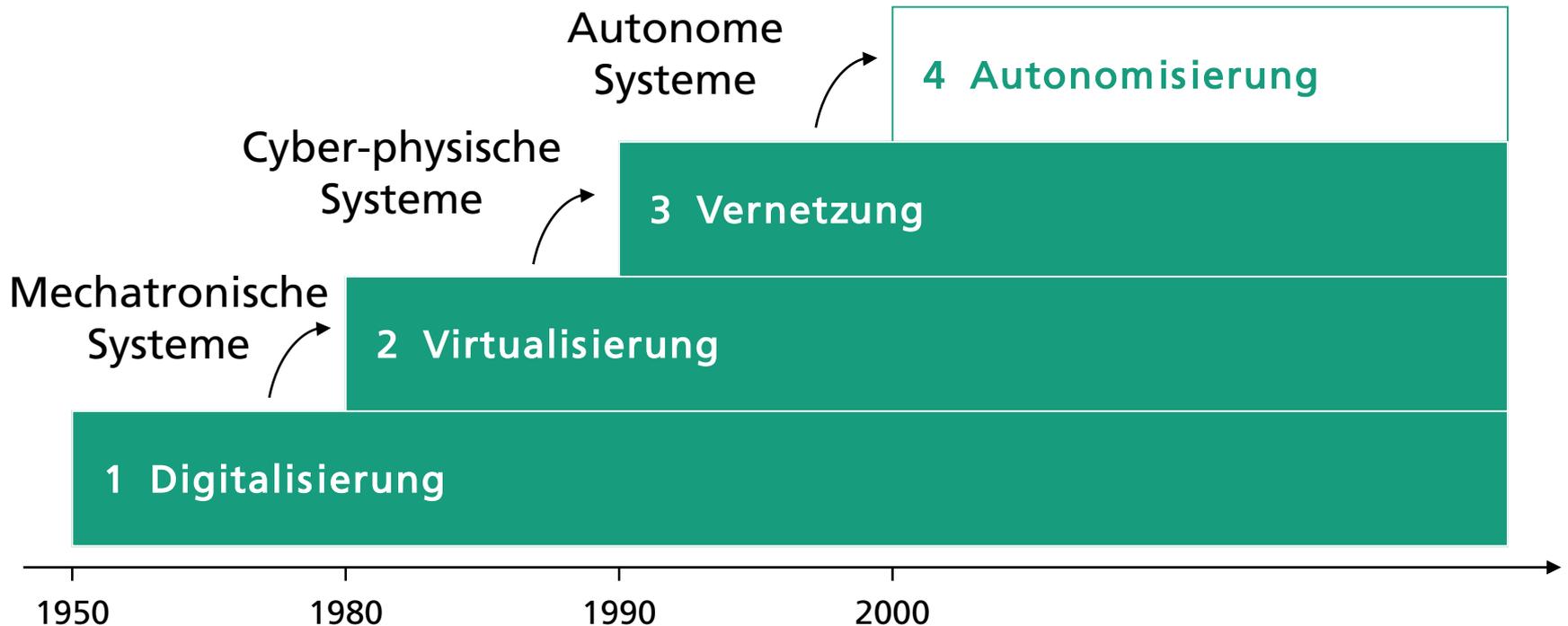
## Ursprüngliche Interpretation des Paradigmenwechsels

- Zentrale Steuerung starr, komplex
- Deterministische Entscheidungen
- Etablierte Wertschöpfungsketten
- Vorgeplant betriebene Produktionssysteme
- Erweiterung durch Upscaling
- Werkstücke/Produkte sind passive Objekte der Bearbeitung
- Starre Anwesenheit der Mitarbeiter
- Dezentrale **Selbstorganisation** durch Ad hoc Vernetzung
- Entscheidungen **kontextabhängig**, auf Basis von Echtzeitsimulation
- Virtuelle **Ad hoc Organisation**, Wertschöpfungsnetze
- **Autonome**, sich **selbst organisierende** Produktionseinheiten
- Erweiterung durch „Upnumbering“ (**Modularisierung**)
- **Intelligente Werkstücke/Produkte** unterstützen aktiv den Produktionsprozess
- **Flexibler Einsatz der Mitarbeiter** (Verfügbarkeitskalender, Expertisenkataloge)

Quelle: Plattform Industrie 4.0, 2013, Dr. Bernhard Diegner, ZVEI e.V.

# Industrie 4.0

## Die Entwicklungsstufen der digitalen Transformation



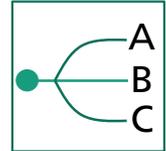
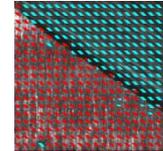
# Die fünf Praxisfälle des »Machine Learning«

## Beitrag zur Autonomisierung

Praxisfall

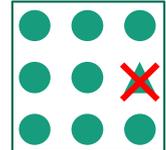
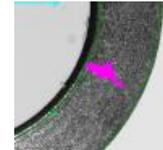
Klassifizierung

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



Erkennung von Anomalien

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



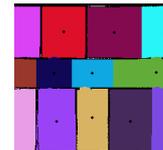
Regression

Vorhersagen:  
 ■ Wie viele? Welcher Zustand?



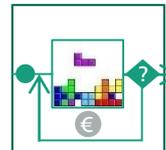
Clustering

Gruppierung unbekannter Daten  
 ■ Was gehört zusammen?



Verstärkungs-  
lernen

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



# Gliederung

- Digitalisierung und Industrie 4.0
- Konsequenzen für die Wertschöpfung
- Umgang mit begrenzten Ressourcen am Beispiel Energie
- Zusammenfassung

# Zukunft der Wertschöpfung

## nachhaltig, personalisiert, smart

### Mass Personalization

Auflösung der Dichotomie  
Economies of Scale and  
Scope

### Cyberphysische Wertschöpfungssysteme

Vision:

- Alle Produkte im Wertschöpfungssystem entstehen zur Befriedung der persönlichen Bedürfnisse der Kunden
- Jeder Kunde ist Teil des Wertschöpfungssystems

### Innovationstreiber Digitalisierung

Stufen der digitalen  
Transformation

1. Digitalisierung
2. Virtualisierung
3. Vernetzung
4. Autonomisierung

### Mass Sustainability

Entkopplung von  
Ressourcenverbrauch und  
Wohlstand

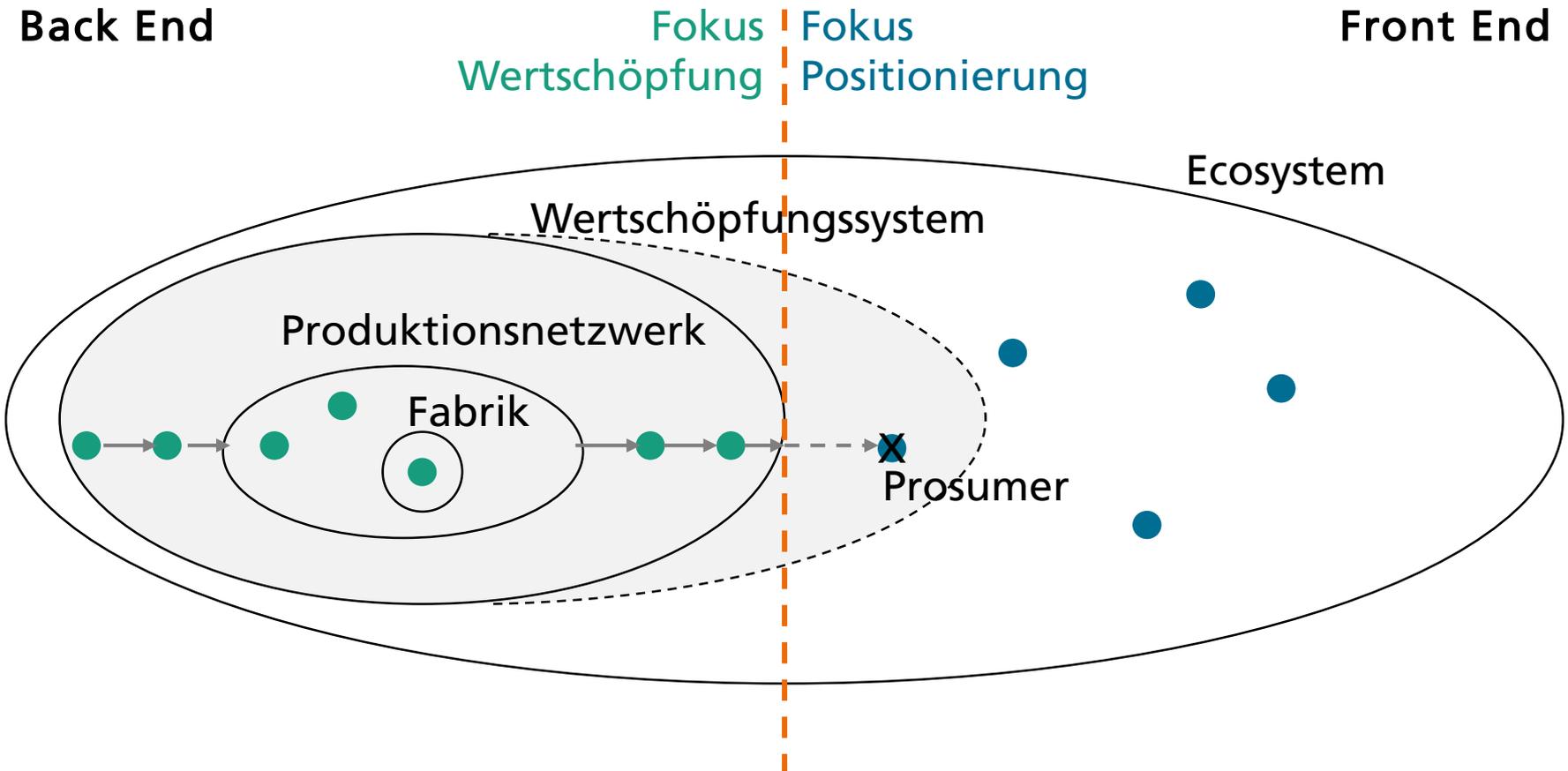
### Ultraeffiziente Wertschöpfungssysteme

Vision:

- Alle Produktionsfaktoren im Wertschöpfungssystem fließen in Produkte
- Alle Produkte bleiben im Wertschöpfungssystem

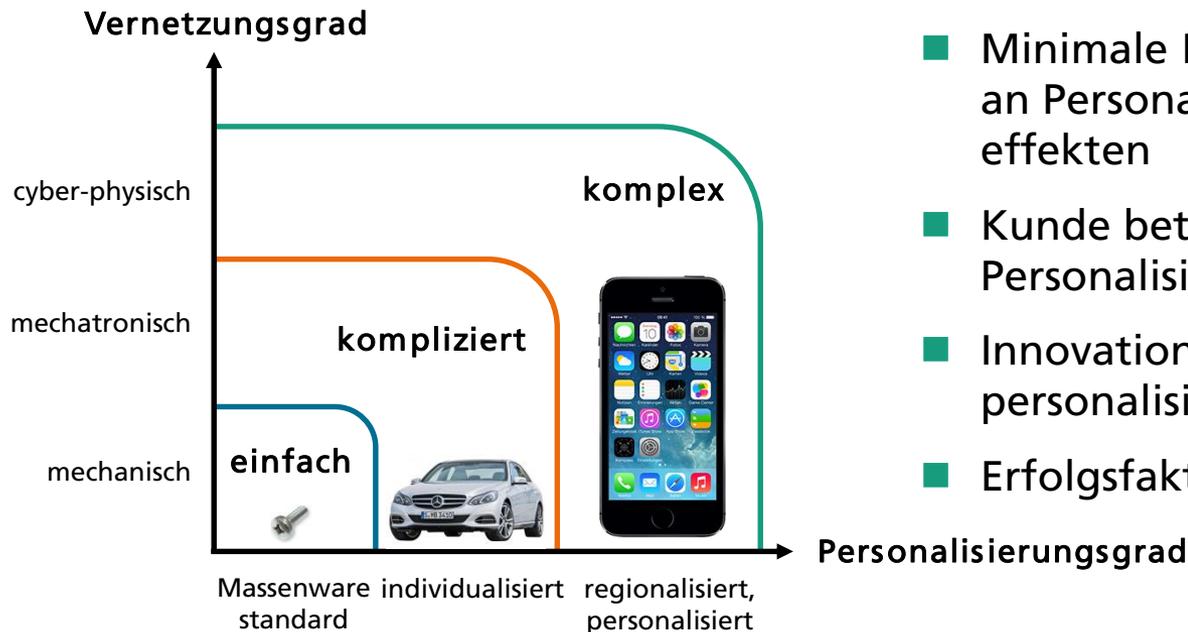
# Aufbau von Ecosystems

## Integrierte Gestaltung von Front und Back End



# Wandel der Produktarchitektur aufgrund von steigender Vernetzung und Personalisierung

Offene Architekturen in Verbindung mit cyber-physischen Systeme legen die Basis für „Big Bang Disruptions“

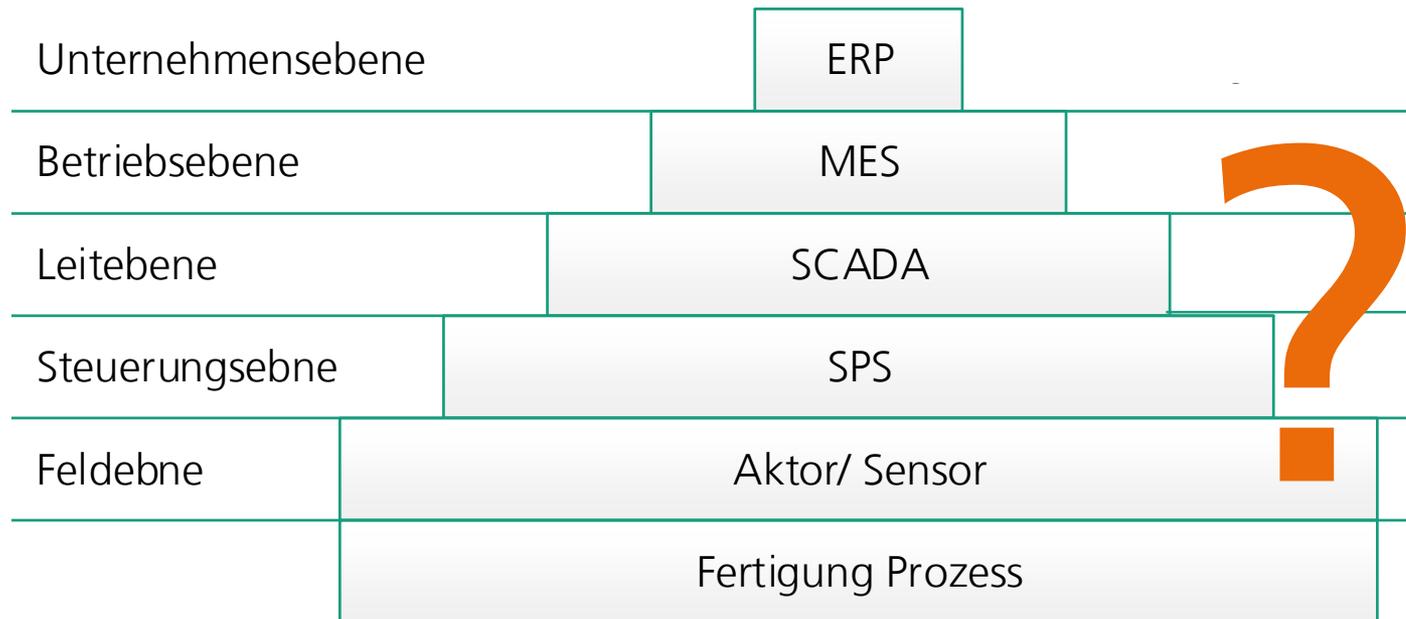


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde beteiligt sich am Personalisierungsprozess
- Innovationsfokus: Ecosystem, personalisierte Assistenz und HMI
- Erfolgsfaktor: Offenheit

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

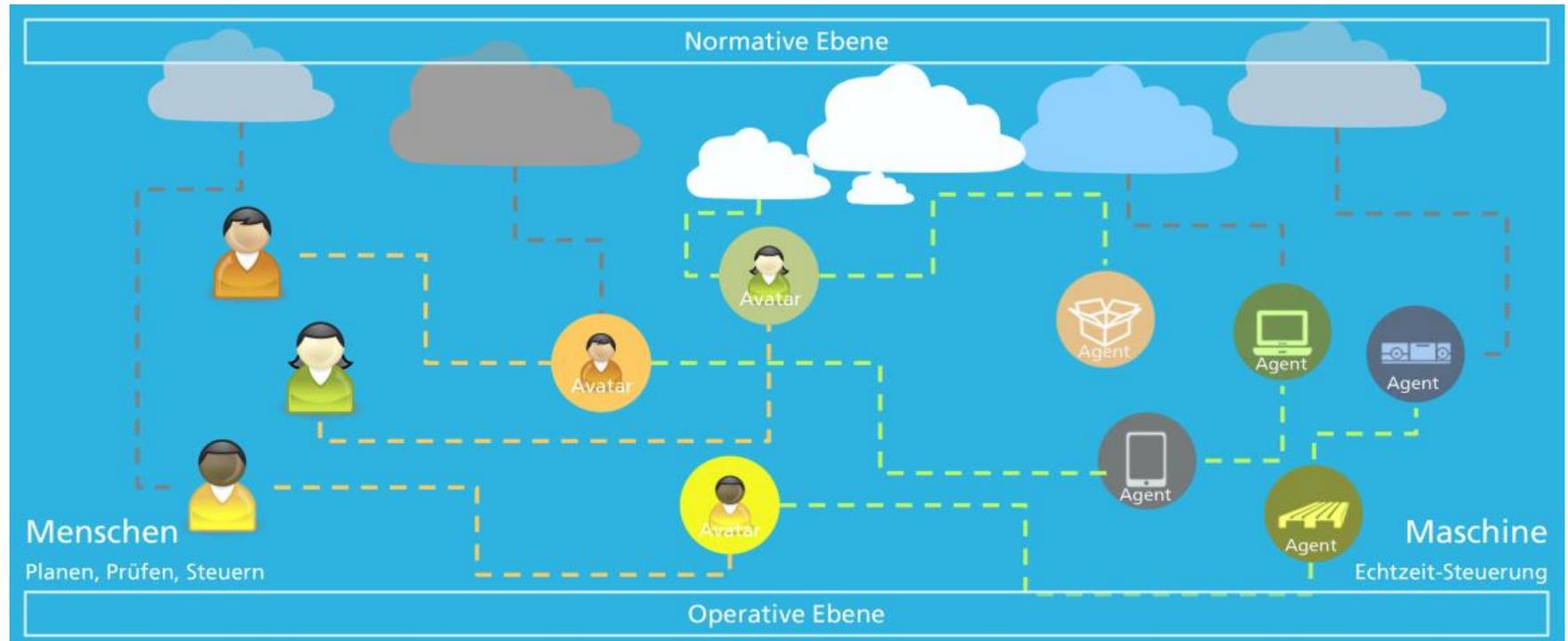
# Automatisierung in der industriellen Produktion

## Die klassische Automatisierungspyramide - Ein Auslaufmodell?!



# Social Networked Industry

## Ein Zukunftsbild der industriellen Produktion



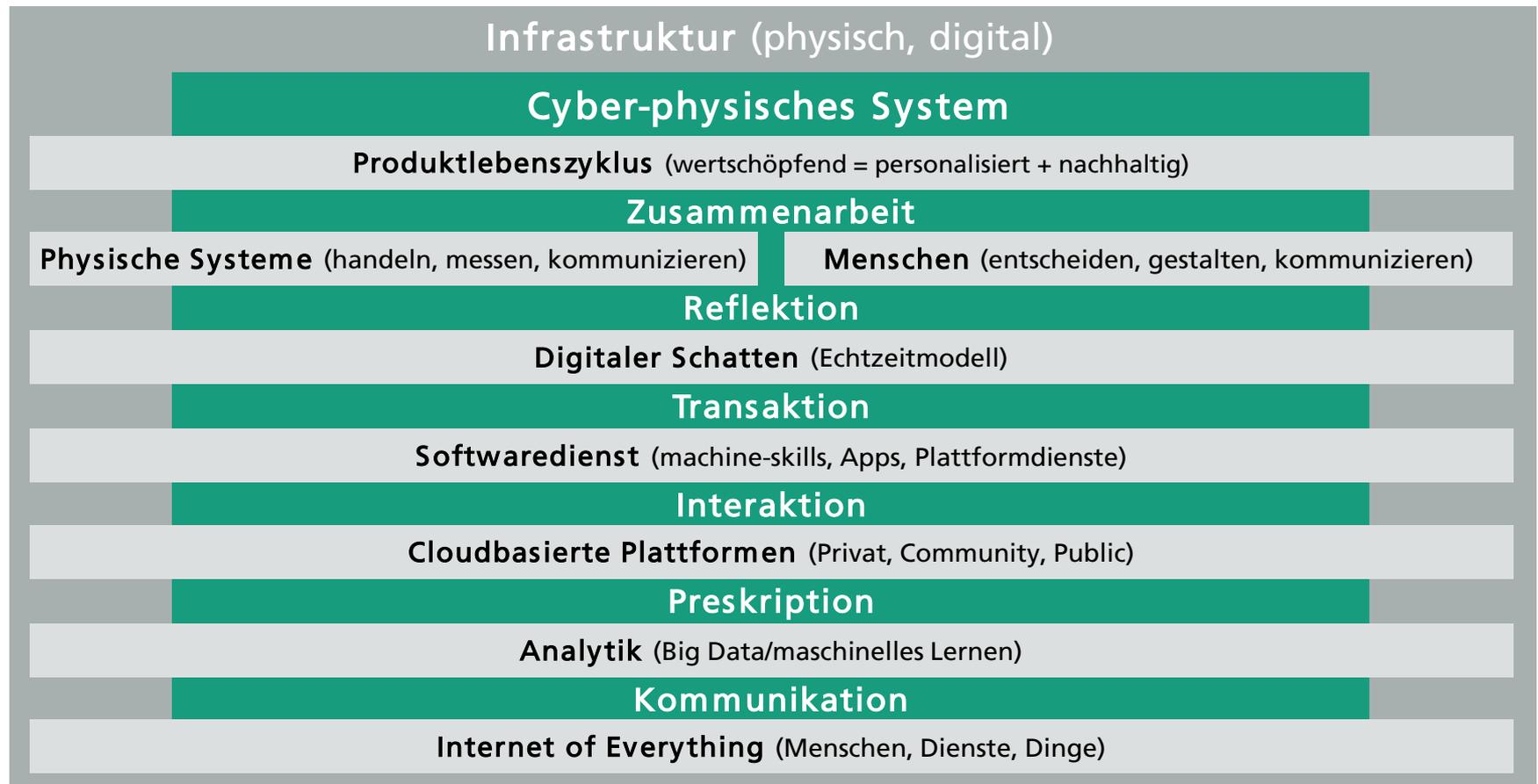
# Cloudbasierte Plattformen als Backbone von Manufacturing-Ecosystemen

Das Rennen um die Plattform der Zukunft hat begonnen

The logo for AXOOM, featuring the letters 'A', 'X', 'O', 'O', and 'M' in a bold, black, sans-serif font. The 'A' is stylized with a triangular shape. The background is a solid yellow rectangle.The logo for Bosch IoT Suite, featuring a blue square icon with a white grid pattern and a blue 'i' character. To the right of the icon, the text 'Bosch IoT Suite' is written in a blue, sans-serif font. The background is a light blue rectangle.The logo for MindSphere, featuring a grey square icon with a white padlock and a keyhole. The background is a grey rectangle with a white grid pattern of dots and lines. Below the icon, the text 'MindSphere' is written in a grey, sans-serif font.The logo for Virtual Fort Knox, featuring an orange, stylized, abstract shape resembling a fort or a keyhole. Below the icon, the text 'Virtual Fort Knox' is written in an orange, sans-serif font. The background is a dark grey rectangle.

# Bausteine der vierten industriellen Revolution

## Öffnung neuer Gestaltungs- und Optimierungsdimensionen für Wertschöpfungssysteme (Vertikale Integration)

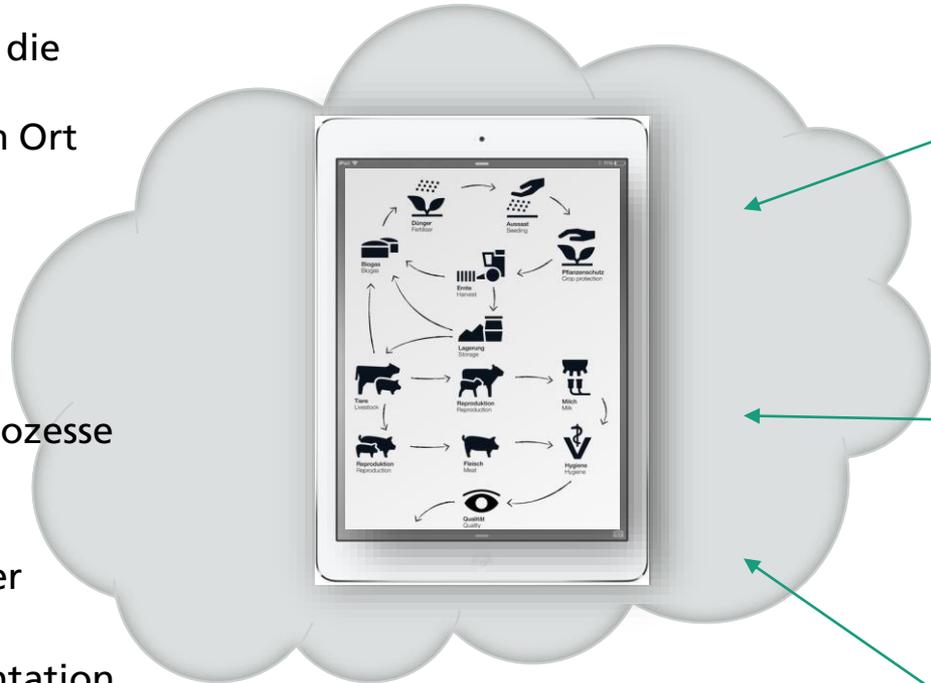


# Business Ecosystems

»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

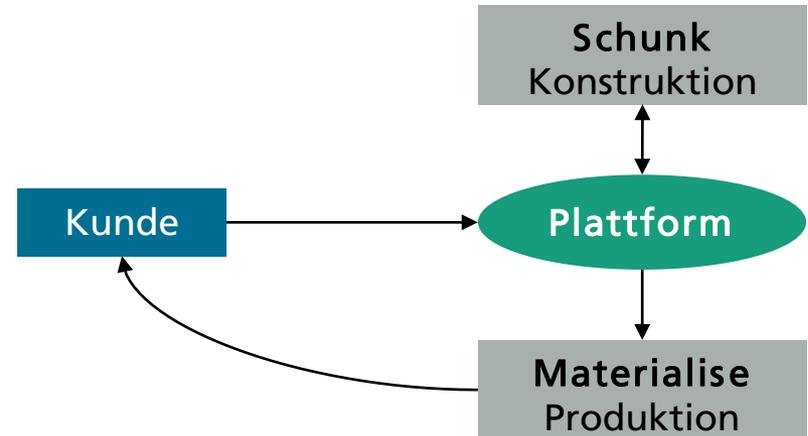
# Geschäftsmodell-Innovation

## Fallbeispiel Schunk: eGRIP



Seit Anfang 2015 sind anhand eines CAD-Files eines zu transportierenden Teils passende Greifer bei Schunk bestellbar.

- Reduzierung der Bestellzeit und Sicherstellen von hohem Nutzen für den Kunden durch Integration des Kunden in den Entwicklungsprozess
- Kommunikation erfolgt über eine Online-Plattform
- Fertigung mit 3D-Druck wird vom Partnerunternehmen Materialise übernommen



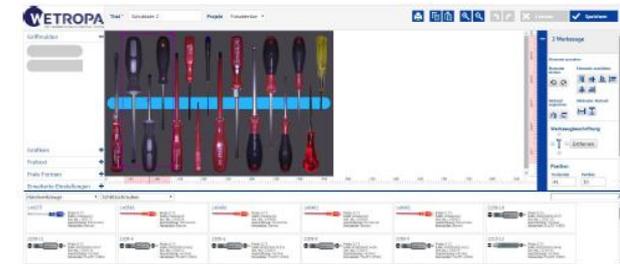
[Schunk GmbH; Materialise]

# Geschäftsmodell-Innovation

## Fallbeispiel Wetropa: myFoam.net

Seit Anfang 2016 sind Fräseinlagen über eine Online-Plattform bestellbar.

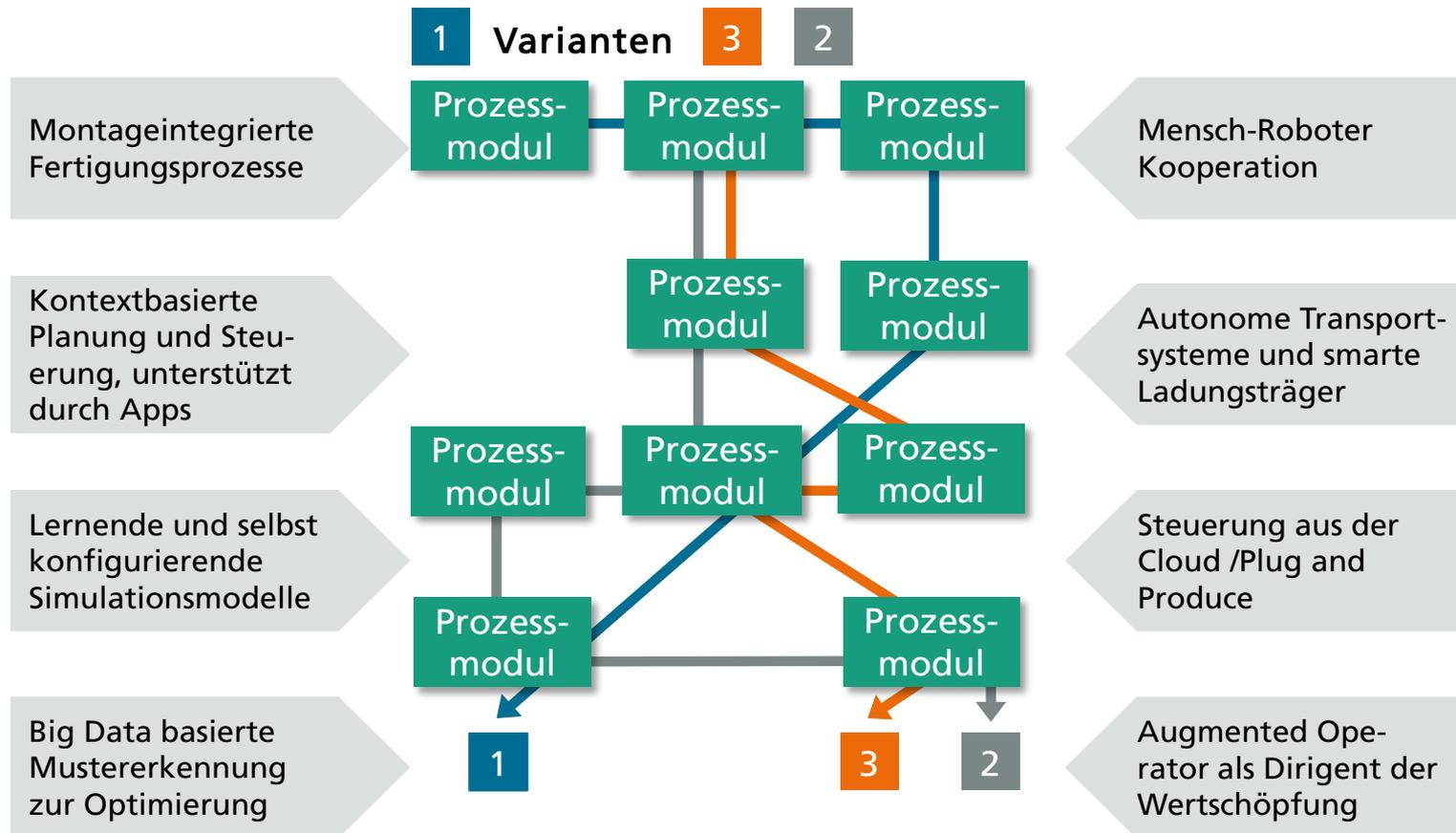
- Erfassung der zu platzierenden Werkzeuge per Smartphone
- Konfiguration der Einlage über eine Online-Plattform
- Ableitung und Einsteuerung der Fertigungsaufträge direkt aus der Online-Plattform
- Reduzierung der Bestellzeit und Sicherstellen von hohem Nutzen für den Kunden durch Integration des Kunden in den Entwicklungsprozess



[Quelle: Wetropa, bright solutions]

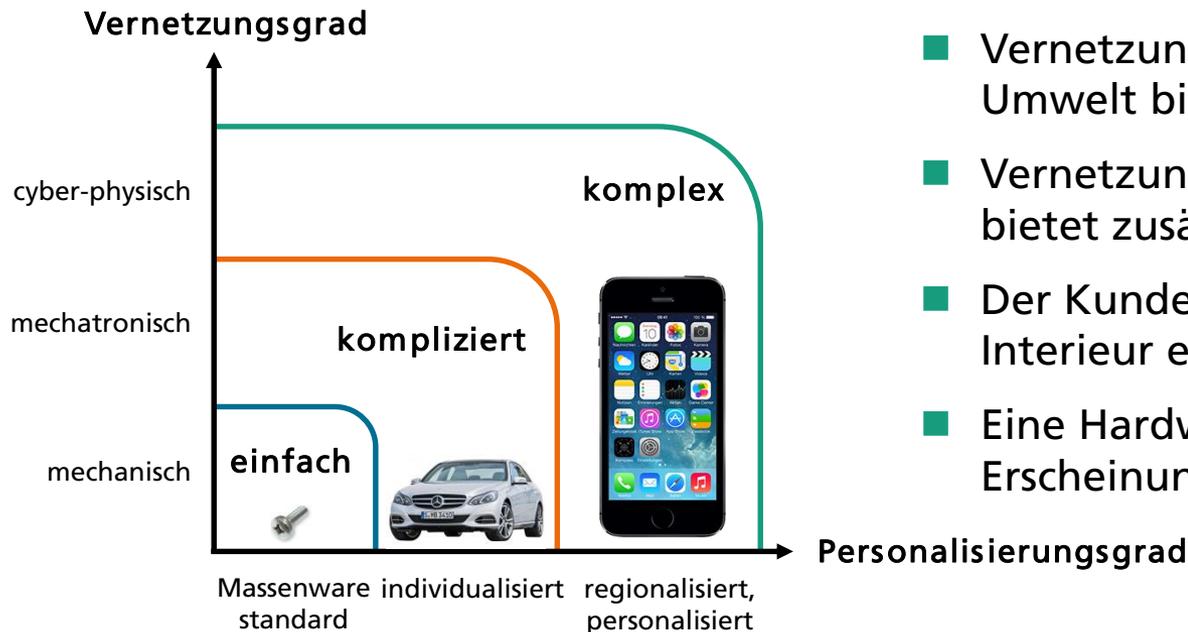
# Automobilproduktion morgen

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



# Wandel der Produktarchitektur aufgrund von steigender Vernetzung und Personalisierung

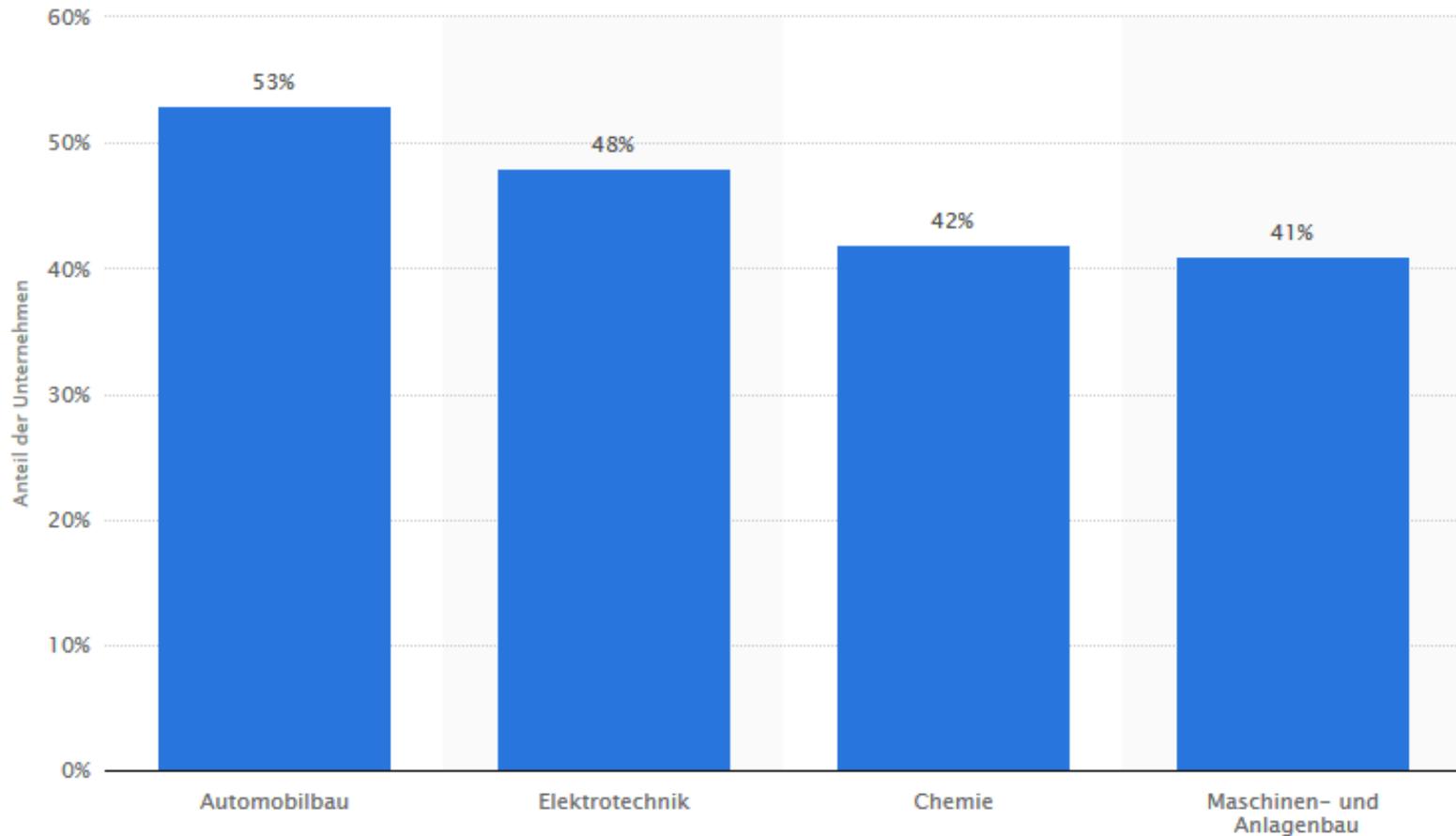
## Automobile werden Cyber-Physical Systems



- Vernetzung mit der Mobilitäts-Umwelt bietet Kundennutzen
- Vernetzung mit Kundengeräten bietet zusätzlichen Kundennutzen
- Der Kunde personalisiert das Interieur eigenständig
- Eine Hardware – viele Erscheinungsbilder

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

# Anteil der Unternehmen in Deutschland, die 2015 bereits spezielle Anwendungen für Industrie 4.0 nutzen



Quellen: Statistisches Bundesamt (2015), Bitkom Research, ARIS, Fraunhofer IAO

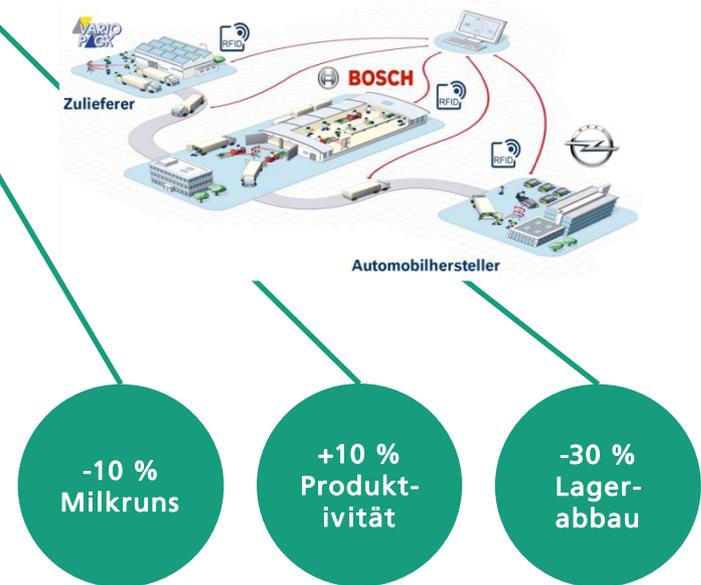
# Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

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

## Abschätzung der Nutzenpotenziale

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



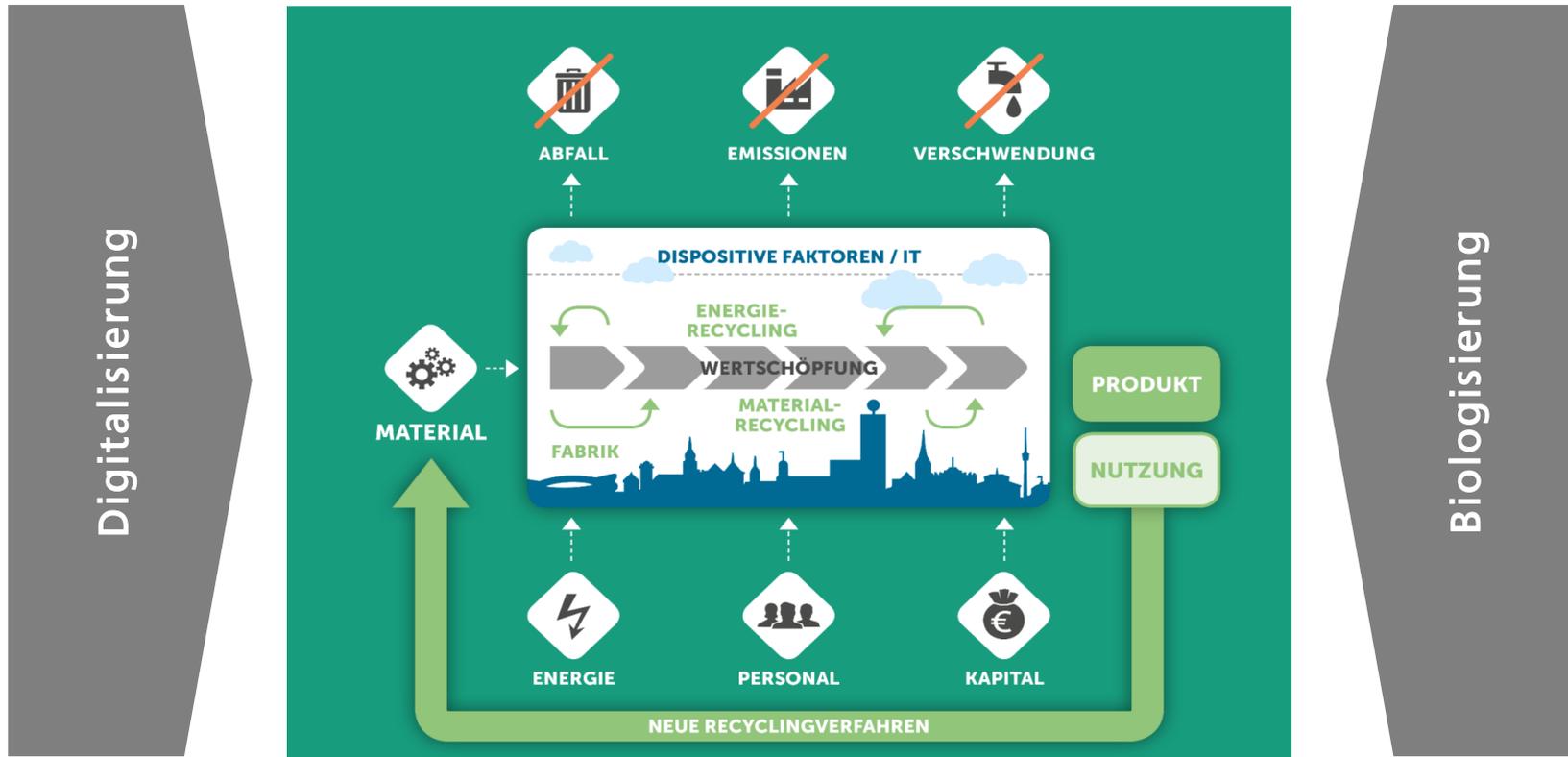
Quelle: IPA/Bauernhansl, Bosch

# Gliederung

- Digitalisierung und Industrie 4.0
- Konsequenzen für die Wertschöpfung
- Umgang mit begrenzten Ressourcen am Beispiel Energie
- Zusammenfassung

# Ressourceneffizienz in der Produktion

## Ultraeffizienzfabrik durch Digitalisierung und Biologisierung



# Das Energiesystem im Wandel



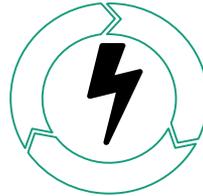
- Erneuerbare Energien auf Rekordkurs:
  - Sie decken fast ein Drittel des inländischen Stromverbrauchs
  - Deutschland hat mit 44.947 Megawatt in Europa die meiste Windleistung installiert.
  - Im November 2015 wurde so viel Offshore-Windenergie wie im gesamten Jahr 2014 erzeugt
- Herausforderung Dunkelflaute:
  - Im Jahr 2016 wurden 82 konventionelle Stromerzeuger mit mehr als 12 GW Leistung zur Stilllegung angemeldet, weil sich der Betrieb nicht mehr rentiert.

Quelle: Agora Energiewende (2016), NTV Wirtschaft (2017), strom-report /windenergie/ (2017)

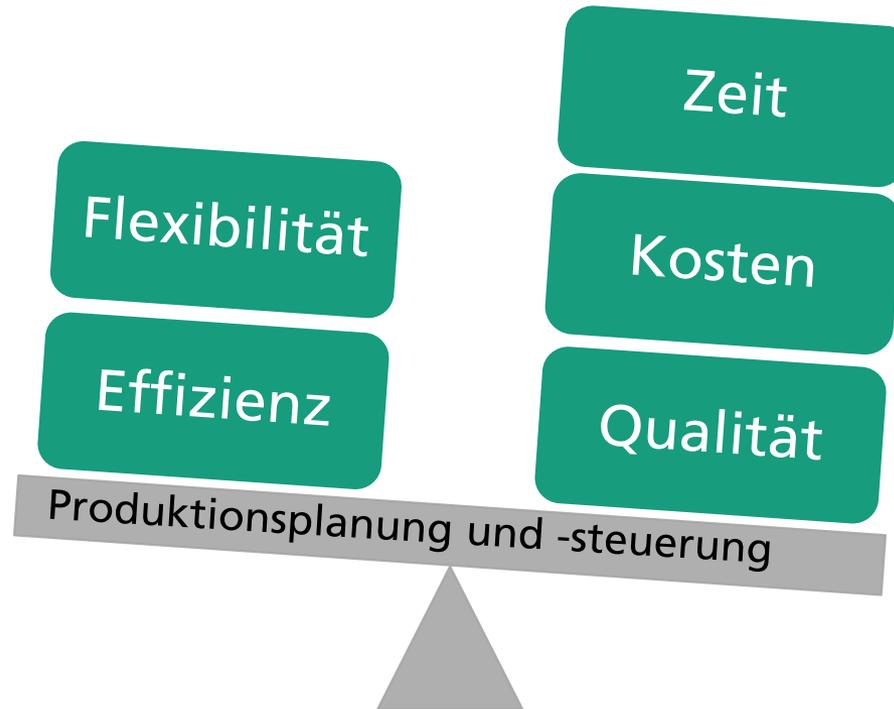
# Energie

## Steigender Einfluss auf die Produktionssteuerung

Energienutzung



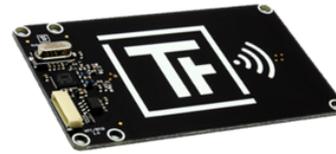
Produktionsleistung



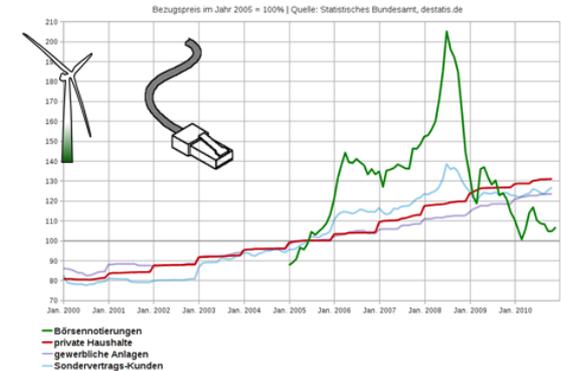
# Smart Energy in Production

## Unternehmen werden energetische Prosumer

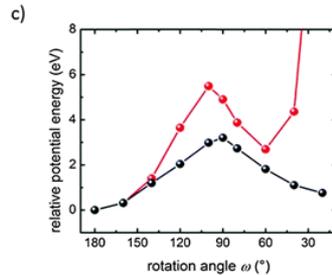
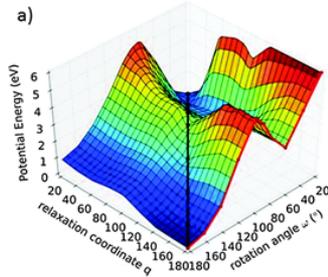
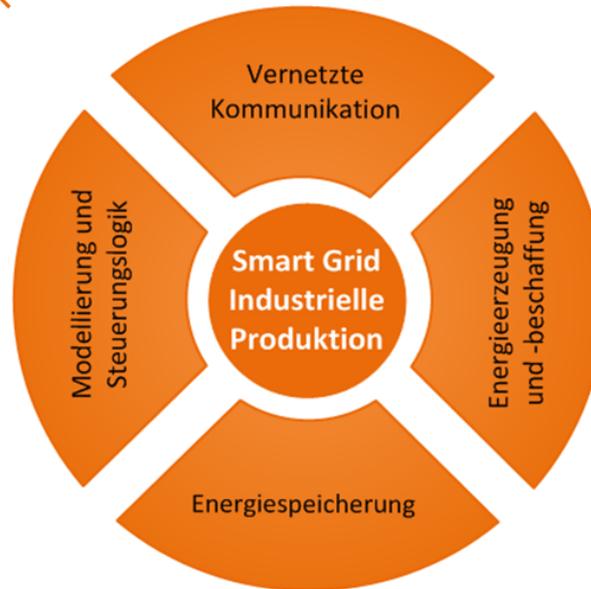
Transparenz



Flexibilität



Qualität

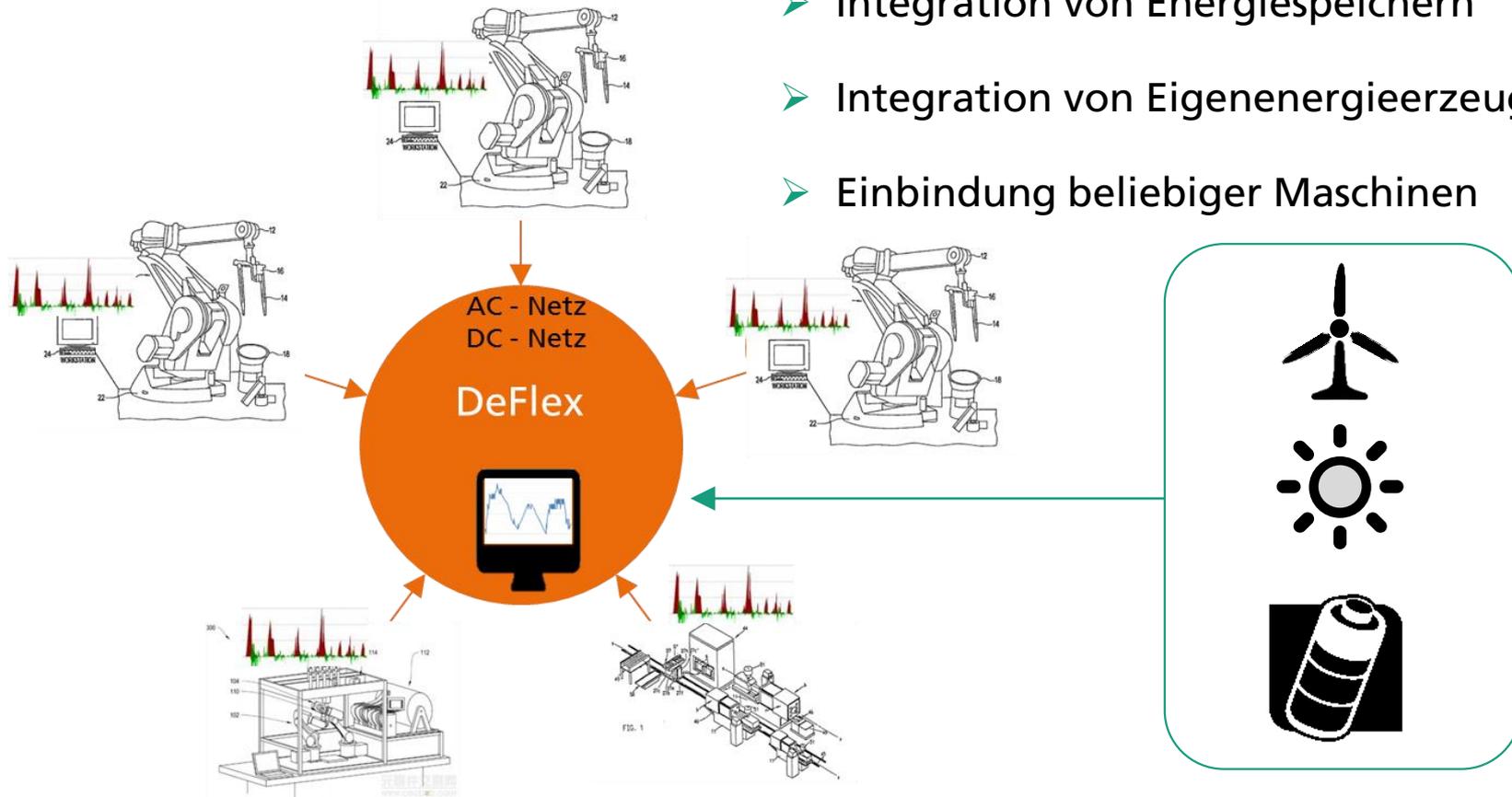


Effizienz

# Das Energiesystem Fabrik

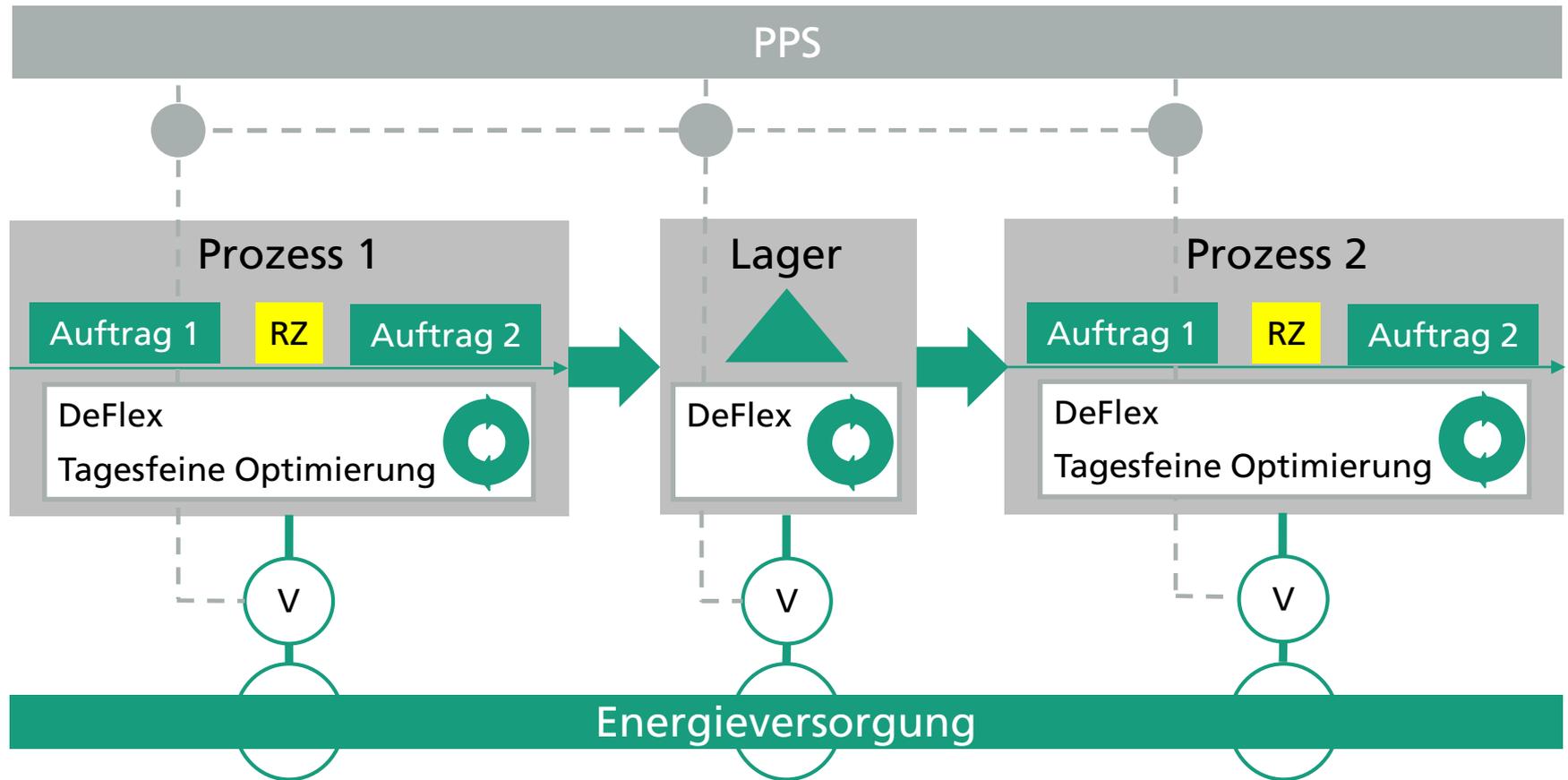
## Potenziale durch dezentrale Steuerung des Energieverbraus (DeFlex)

- Integration von Energiespeichern
- Integration von Eigenenergieerzeugung
- Einbindung beliebiger Maschinen



# Grundkonzept dezentraler energieflexibler Steuerung

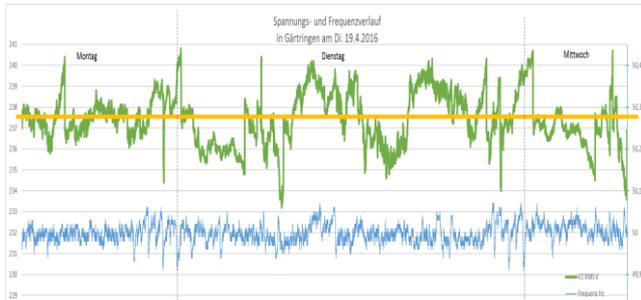
## Kommunikationsstruktur



Legende: **RZ** Rüstzeit    - - - Kommunikationsinfrastruktur

# Dezentrale energieflexible Steuerung

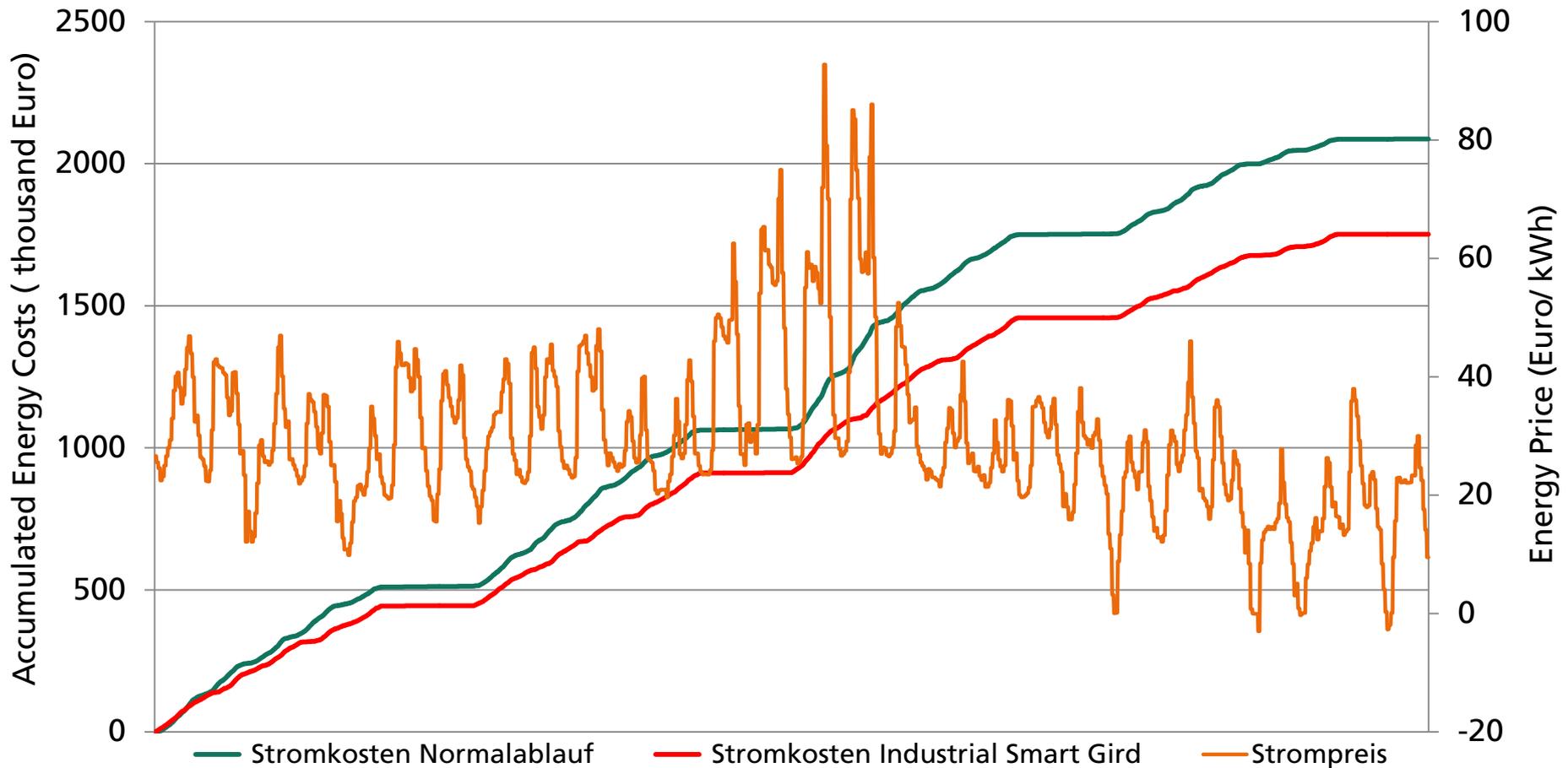
## Beispiel – Produktionslinie eines Spritzgießteils



**Volatile Energieversorgung**

# Individueller Vorteil und Systemdienlichkeit

## Beispiel – Produktionslinie eines Spritzgießteils



# Gliederung

- Digitalisierung und Industrie 4.0
- Konsequenzen für die Wertschöpfung
- Umgang mit begrenzten Ressourcen am Beispiel Energie
- Zusammenfassung

# Zusammenfassung

## Industrie 4.0: Digital, agil und ressourceneffizient in die Zukunft

- Die Entwicklung digitaler Technologien findet statt
- Die digitale Transformation in Richtung Industrie 4.0 ist eine wahrscheinliche Zukunft
- Individualisierung und Ressourceneffizienz sind wesentliche Herausforderungen für die Industrie
- Der Aufbau von (plattformbasierten) Eco-Systems bildet die Basis für Agilität, Kundenintegration und operative Exzellenz
- Mit digitalen Technologien ist ein deutlicher Sprung in der Ressourceneffizienz möglich
- Das Energiesystem zeigt beispielhaft die signifikanten ressourcenseitigen Veränderungen für die produzierende Zukunft



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

(chinesisches Sprichwort)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Wir produzieren Zukunft

Nachhaltig. Personalisiert. Smart.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer**  
Leiter Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP  
Leiter Bereich Ressourceneffiziente Produktion, Fraunhofer IPA

Telefon +49 711 970-3600  
alexander.sauer@ipa.fraunhofer.de

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

