

---

# DIGITALISIERUNG IM LEICHTBAU IM KONTEXT INDUSTRIE 4.0

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
5. Juli 2016

---



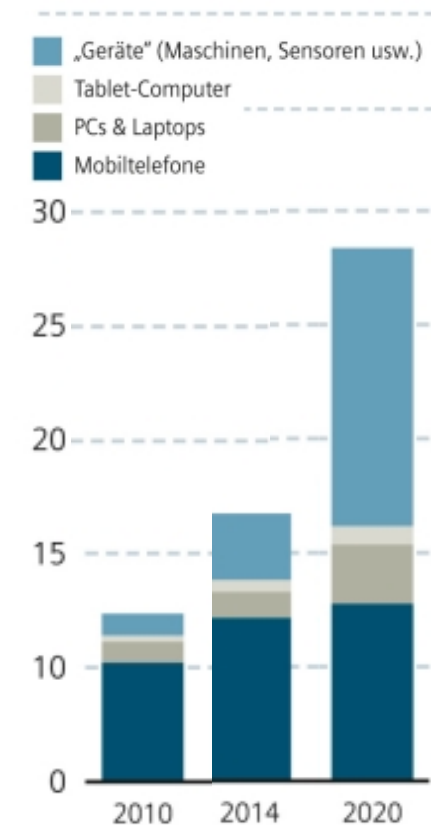
# Die digitale Welt von heute und morgen

## Internet of Everything

### Holistische Vernetzung der Welt als Basis neuer Business Ecosystems

- 3 Milliarden Menschen nutzten im Jahr 2014 das Internet.
- 17 Milliarden Dinge waren im Jahr 2014 über das Internet vernetzt. Im Jahr 2020 werden es voraussichtlich 28 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:
  - Shared Economy
  - Prosumer
  - Industrie 4.0 ...

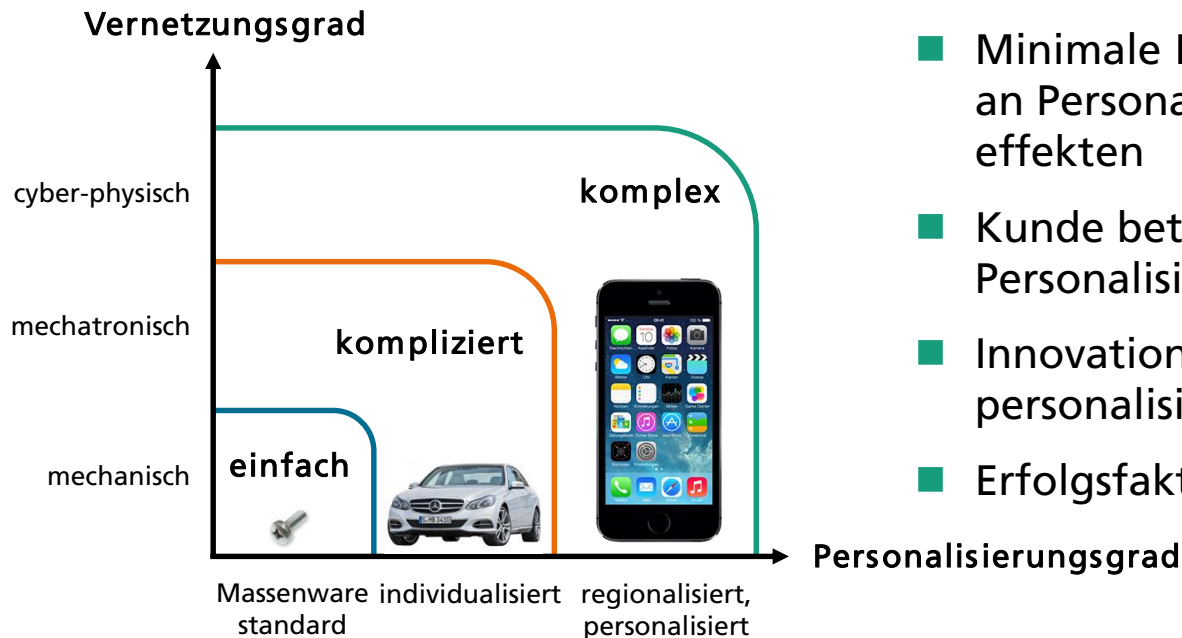
Verbundene Geräte (Milliarden)



Quelle: The Internet of Things, MIT Technology Review, Business Report, Siemens

# Wandel der Produktarchitektur aufgrund von steigender Vernetzung und Personalisierung

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

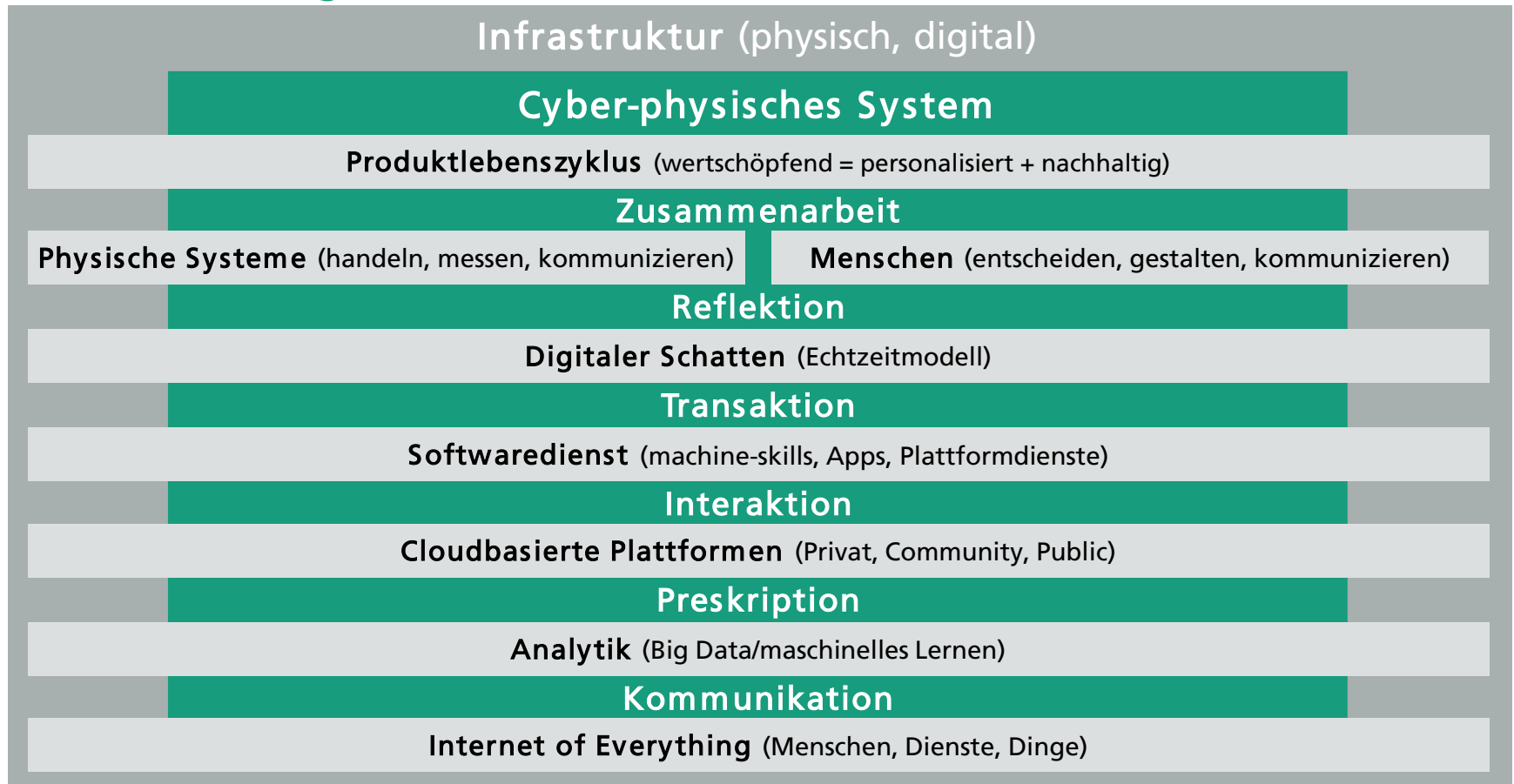


- Minimale Komplexität bei Maximum an Personalisierung und Skaleneffekten
- Kunde beteiligt sich am Personalisierungsprozess
- Innovationsfokus: Ecosystem, personalisierte Assistenz und HMI
- Erfolgsfaktor: Offenheit

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

# Bausteine der vierten industriellen Revolution

## Vernetzung und Rechenleistung öffnet neue Gestaltungs- und Optimierungsdimensionen für Wertschöpfungssysteme (Vertikale Integration)

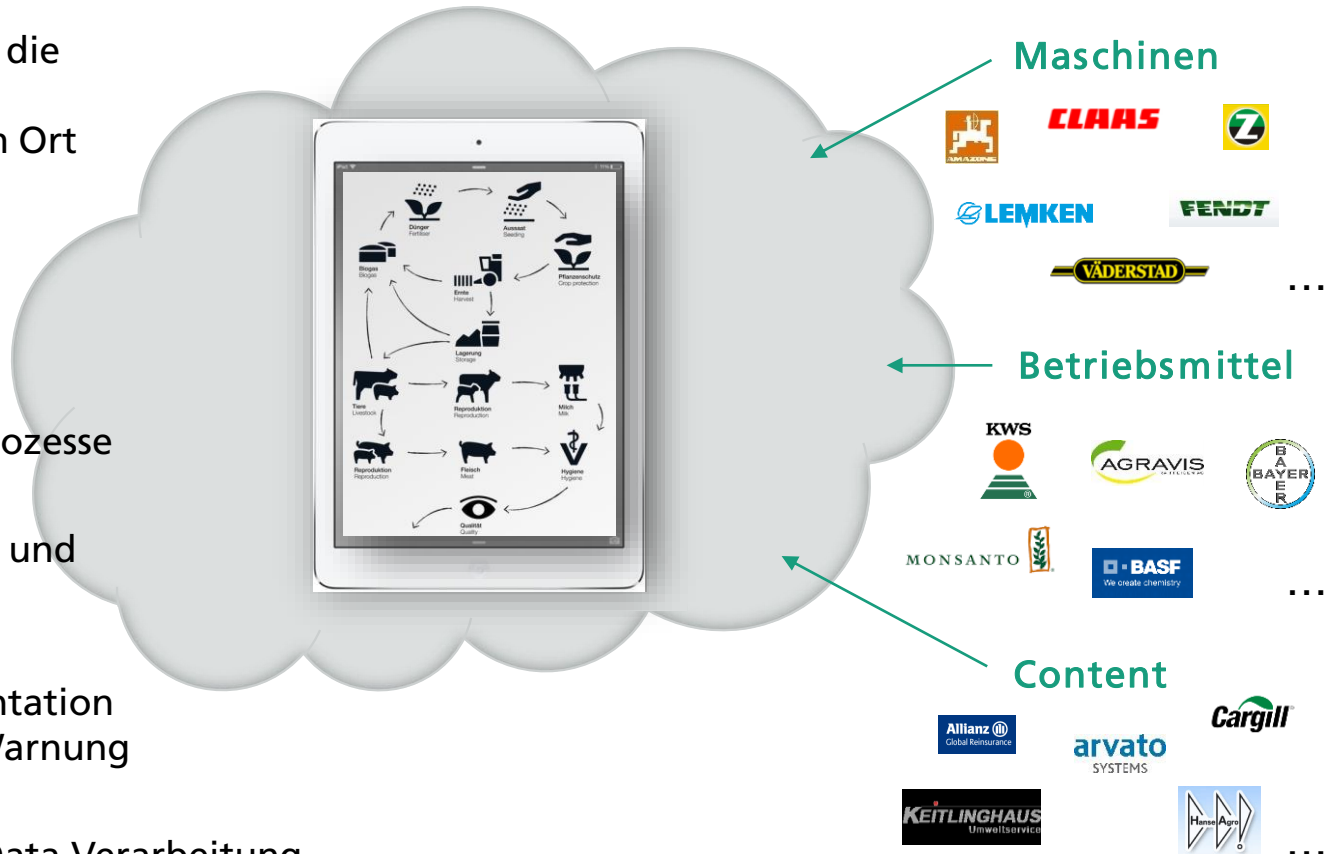


# Business Ecosystems

## „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



Quelle: farmnet

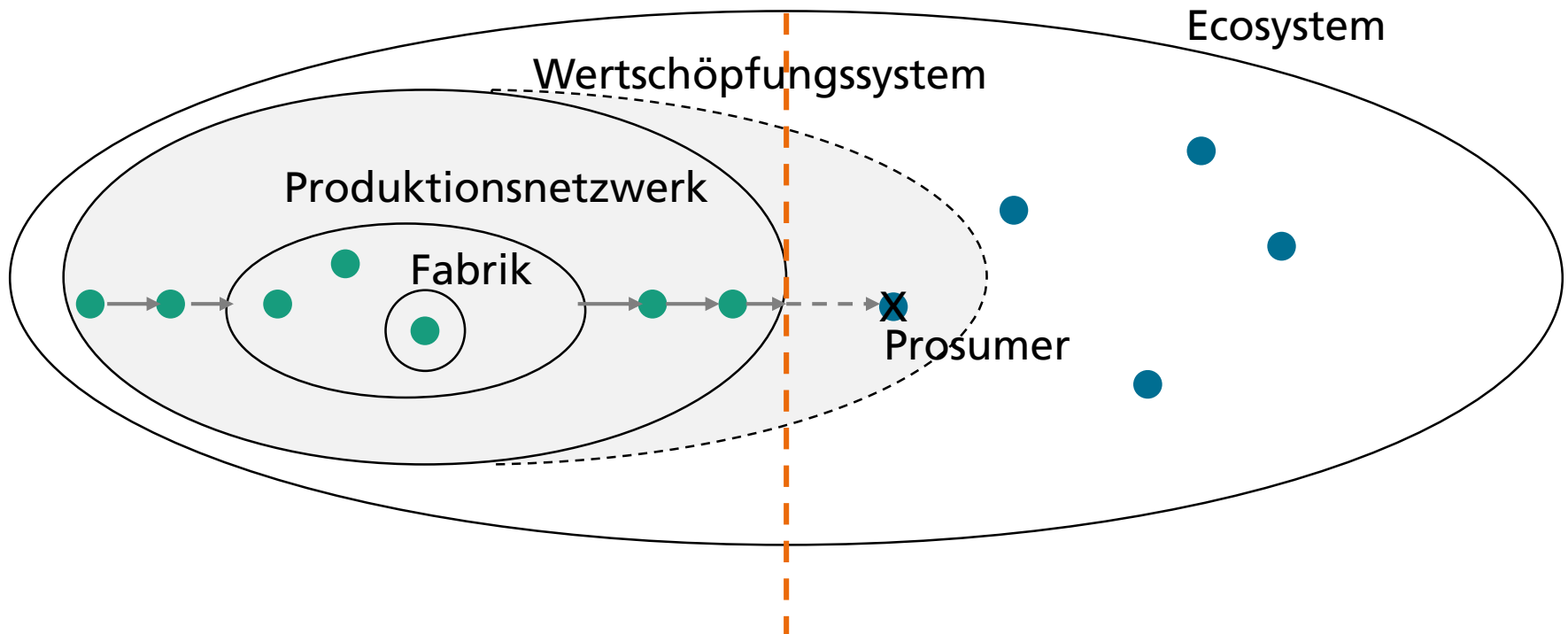
# Aufbau von Ecosystems

## Integrierte Gestaltung von Front und Back End

Back End

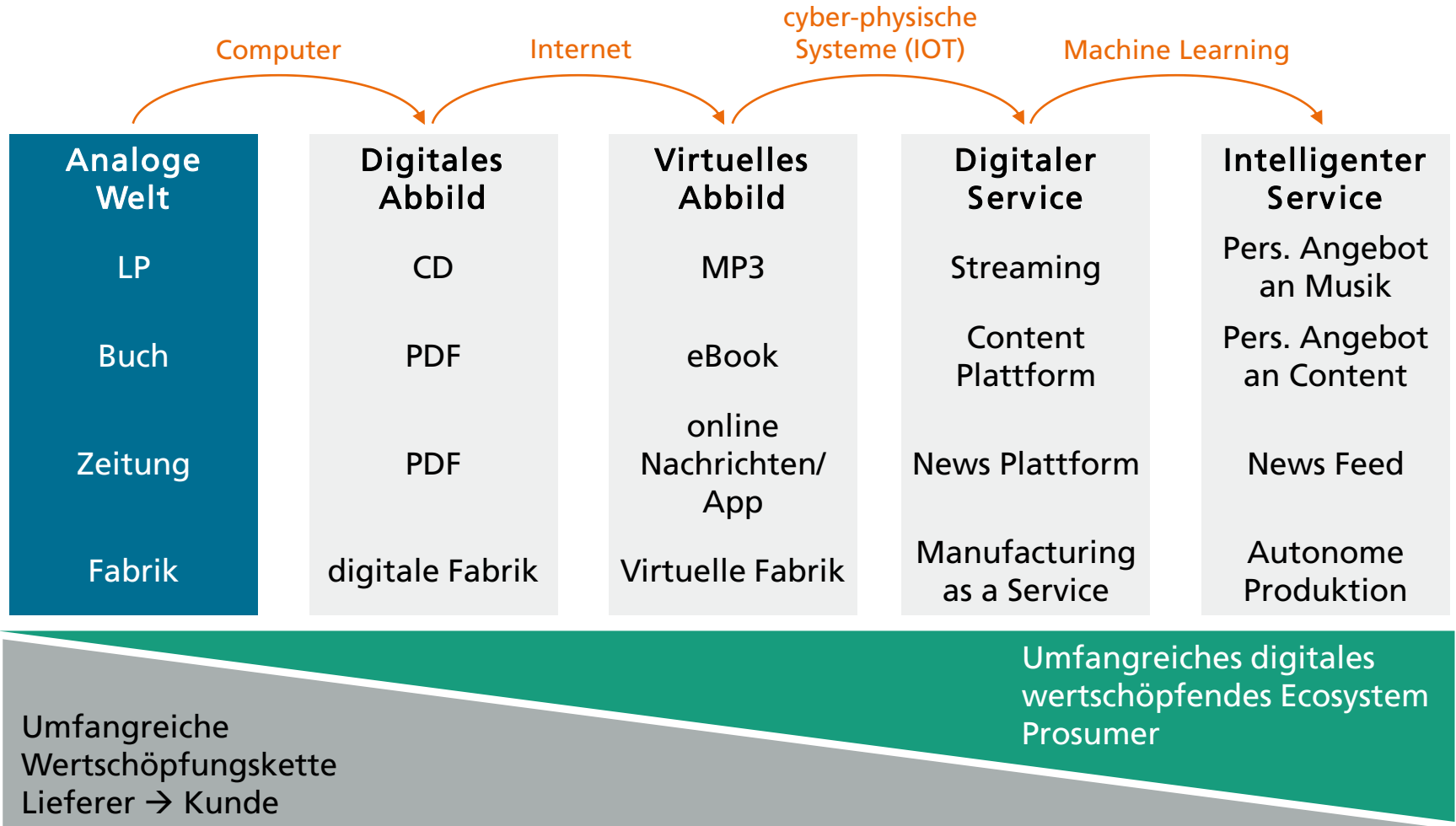
Fokus Wertschöpfung | Fokus Positionierung

Front End



# Digitale Transformation der Wertschöpfung

## Von physischen Prozessketten zu digitalen Ecosystemen



# Kernthesen für Wertschöpfungsmodelle der Zukunft

- Optimale Verteilung der Wertschöpfung im Ecosystem (Prosumer, horizontale Integration) führt zu niedrigen Komplexitätskosten und hohen Margen.
- Optimale Verteilung der Funktionalitäten (Services) in der cyber-physischen System-Architektur (Cloud vs. Fog, vertikale Integration) führt zu Skaleneffekten und hoher Funktionsadaptivität entlang des Lebenszyklus.
- Die massendatenbasierte Vorhersage von Zukünften auf Basis des digitalen Schattens der Realität (Echtzeit, Big Data) legt die Grundlage für hohe Prozessfähigkeit komplexer Systeme.
- Die Herstellung von personalisierter Hardware durch prozessfähige, generative Fertigung entscheidet über die Wirtschaftlichkeit.
- Verschwendungsfreie Einbindung der Mitarbeiter durch adaptive und selbstlernende Mensch-Maschine-Schnittstellen (remote und physische Schnittstellen) sorgt für umfassende Akzeptanz im Arbeitssystem.



Bildquelle: faz.net, google.de



# Digitalisierung im Leichtbau

## Industrie 4.0 als Enabler für modernen Leichtbau

Thesen zur Herausforderungen im Leichtbau und die Lösung in der I4.0:

- Leichtbauwerkstoffe und -konstruktionen sind oft so komplex, dass Prozesssicherheit und Qualität nur über Digitalisierung in der Produktion sichergestellt werden können.
- Die Funktionalisierung im Leichtbau an den Grenzen des technologisch machbaren erfordert die Vernetzung von Aktorik, Sensorik und Algorithmik.
- Teure Leichtbauwerkstoffe und komplexe Leichtbaukonstruktionen sind nur mit modernster automatisierter und vernetzter Produktionstechnik wirtschaftlich herstellbar.

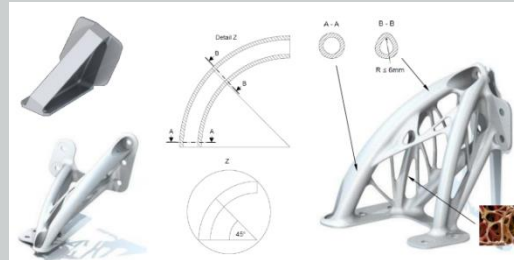


# Digitaler Schatten in der Leichtbauproduktion

## Sicherung der Wirtschaftlichkeit & Beherrschung der Komplexität

### Herausforderung

- Neue Fertigungsverfahren beeinflussen die Kosten.
- Leichtbaukonstruktion muss an Fertigung angepasst werden.



Produktdaten  
FEM-Daten  
Prozessdaten  
Fertigungsdaten

### Ziele

- Effiziente Produktion
- Beherrschung der digitalen Wertschöpfungskette

Digitaler Schatten –  
Wissensmodell der Abhängigkeiten



### Komplexität im Leichtbau

Leichtbau ist eine unbestrittene Zukunftstechnologie vor großen Herausforderungen in der Produktion:

- Neue Produktionsmittel werden fortlaufend neu- und weiterentwickelt.
- Anforderungen an die Bauteile hängen von Möglichkeiten der Produktionstechnik ab.
- Hohe Anfangsinvestitionen sind notwendig.
- Die Qualitätssicherung hat einen zunehmenden Stellenwert, da Leichtbau in die Massenproduktion einzieht.



Bildquelle: Airbus, D. Herzog LZN

# Smarte Optimierung der Produktivität

## Beispiel: Automatisierte Erkennung von Abhängigkeiten zwischen Prozessen und Ableiten von Verbesserungspotenzialen

### Durch

- „Minimalinvasive“ Prozessbeobachtung mit Kameras ohne aufwendige Systemintegration
- Merkmalsbasierte Konfiguration und Wiedererkennung von Zuständen in den Videos mittels adaptiver Auswertelgorithmen

### Vorteile

- Echtzeitnahe Prozessanalyse mit direkter Zuordnung von Verlustursachen
- Ermittlung und quantitative Bewertung von Potenzialen zur Prozessoptimierung
- Ständige Transparenz durch Bereitstellung der Störungen und Anlagenzustände für Bediener und Planer



# Wissen und Vernetzung

## Industrie 4.0 als Enabler für eine wirtschaftliche Produktion

- Leichtbaukonstruktionen führen heute zu einem Materialmix.
- Entscheidend in der Produktion ist der Umgang mit unterschiedlichen Werkstoffen und das prozesssichere Fügen dieser Stoffe.
- Das Prozesswissen und die -sicherheit sind auf Grund der unzähligen Kombinationen nicht mehr beherrschbar. Eine wissensbasierte Lösung mit Werkzeugen aus der I4.0 tool chain ist notwendig.
- Zugleich sind Verfahren der Leichtbaufertigung oft additiv: vom Pulver bis zu Tapelegeverfahren. Eine nachträgliche Qualitätsprüfung ist meist nicht mehr möglich. Eine vernetzte Produktion muss die Sicherung der Qualität im Prozess und über die Prozessgrenzen hinweg sichern.
- Beispiele hierzu sind die automatisierte Bauteilmontage beim Kleben der BMW i3-Seitenrahmen.

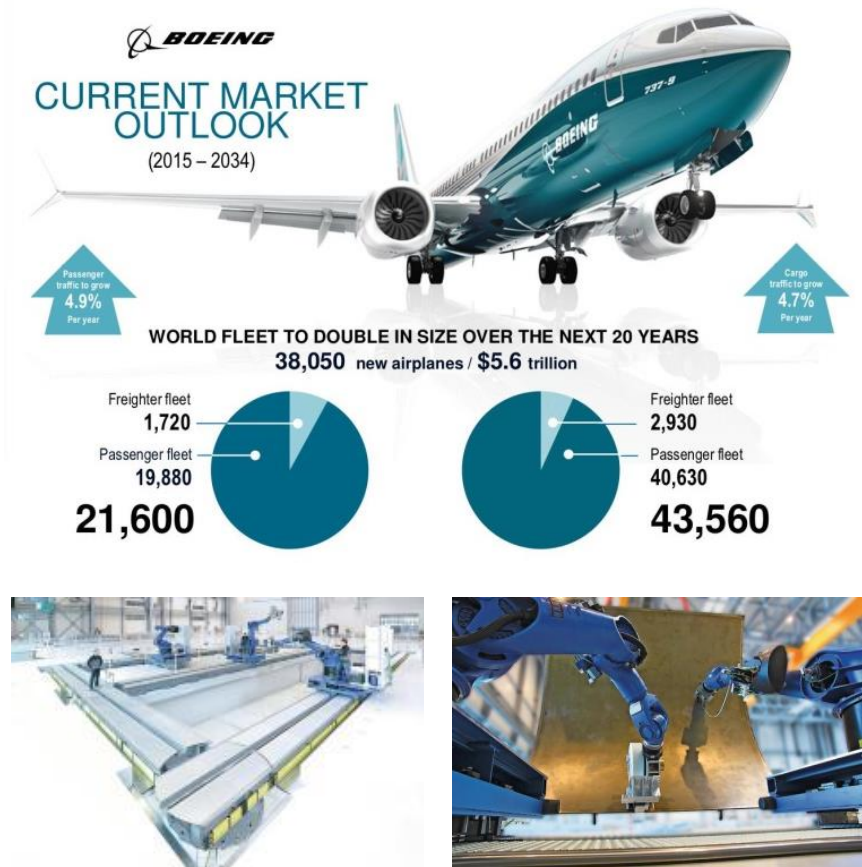


Bildquellen: Auto.de, aoto-motor-sport

# Automobile Vernetzung im Leichtbau

## Industrie 4.0 als Wegbegleiter von der Manufaktur in die Serie

- Passagier- und Frachtwachstum sorgen für steigende langfristige Nachfrage im Flugzeugbau – sowohl bei Airbus als auch bei Boeing.
- Die Flugzeugfertigung bedient sich zunehmend an Methoden des Automobilbaus, um die Auftragsdichte zu beherrschen.
- Neue Produktionsprozesse und Fertigungsverfahren sowie die Herangehensweise an abgesicherte Prozesse statt abgesicherte Bauteile eröffnen für Industrie 4.0-Technologien einen sehr großen Markt.



Bildquellen: Boing, DLR

# CPS ermöglichen Leichtbau an den Grenzen der Machbarkeit

## Sensorik und Digitalisierung ermöglichen neue Funktionen

- Leichtbaukonstruktionen können nur an den Grenzen der Tragfähigkeit ausgelegt werden, wenn Lasten und Belastbarkeit in engen Grenzen bekannt sind.
- Sensorik, Datenerfassung und Auswertung sowie die Kombination mit Aktorik erlauben es, leichter zu bauen und zugleich Funktionen auf völlig neuen Lösungsebenen umzusetzen.
- Beispiel: Flächenaktuatoren integriert in Rotorblätter ermöglichen minimale Verstellungen des Blattes und können so bei richtiger Ansteuerung erheblich die Geräuschemission mindern. Faserverbünde ermöglichen Verformungen, so dass Verstellkinematiken auf mechanischer Basis vermieden werden.



Bildquelle: A. Büter Fraunhofer LBF

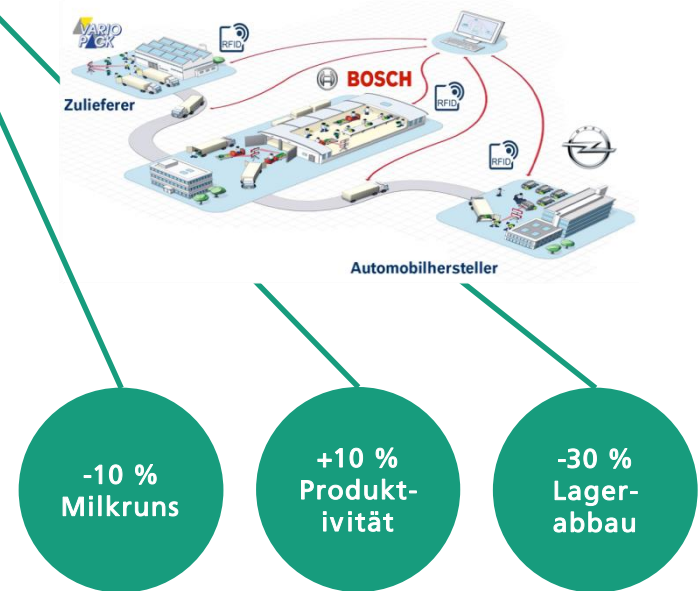
# Unternehmenspotenziale durch Industrie 4.0

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

## Abschätzung der Nutzenpotenziale

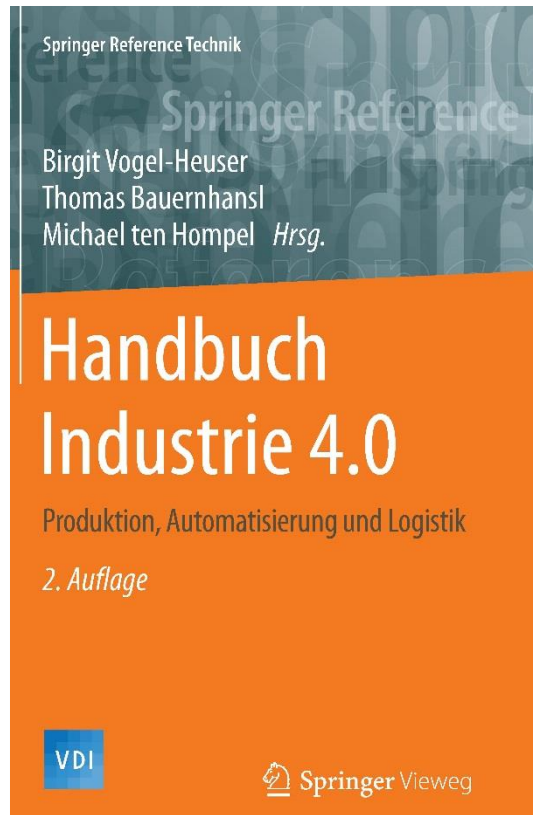
Kosten	Effekte	Potenziale
<b>Bestandskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzierung Sicherheitsbestände</li> <li>Vermeidung Bullwhip- und Burbridge-Effekt</li> </ul>	<b>-30 bis -40 %</b>
<b>Fertigungskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verbesserung OEE</li> <li>Prozessregelkreise</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

# 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
- Erscheint Oktober 2016

ISBN 978-3-662-45278-3



---

# DIGITALISIERUNG IM LEICHTBAU IM KONTEXT INDUSTRIE 4.0

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl  
5. Juli 2016

---

