

# Effizienz 4.0

*Ergebnisse des Light Alliance Workshops  
Effizienz 4.0*

Hamburg, 02. Juni 2017

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

#### A Vorstellung der Light Experts und Geschäftsentwicklung

#### B Effizienz 4.0

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

2 ...Luftfahrt

3 ...Automobil

4 ...Maschinenbau

5 Ausblick

Das LZN und seine Partner wurden für Leistungen im Bereich der additiven Fertigung **ausgezeichnet**

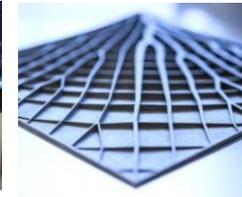
Finalist beim “Innovationspreis der deutschen Wirtschaft“



Quelle: AIRBUS

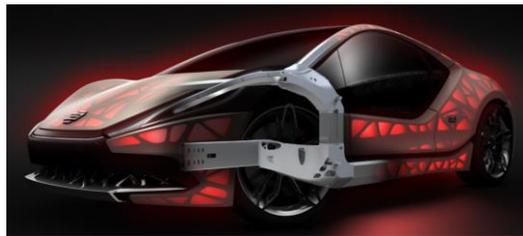
*Erstes additiv gefertigtes Metallbauteil der zivilen Luftfahrt*

Deutscher Zukunftspreis 2015 – In den „Kreis der Besten“ ernannt



*3-D-Druck im zivilen Flugzeugbau – eine Fertigungsrevolution hebt ab*

Materialica Design + Technology Award 2016



*Next Generation Spaceframe*

Hamburger des Jahres 2016 (Kat.: Wirtschaft)



*Revolution des 3-D-Drucks für Bauteile aus Metall*

# Light Experts – Technologieeinführung von der Strategieentscheidung zur Serienfertigung

## LIGHT EXPERTS

LIGHT CONSULTING

Umsetzungsplan für...

- Strategie
- Produkt
- Prozess



LIGHT ENGINEERING LZ<sup>N</sup>

iLAS

BIONIC PRODUCTION

Produktion

Entwicklung  
Forschung

Produktion

Nach-  
bearbeitung

Qualitäts-  
sicherung

Design

Material

Prototyping

Qualitäts-  
management

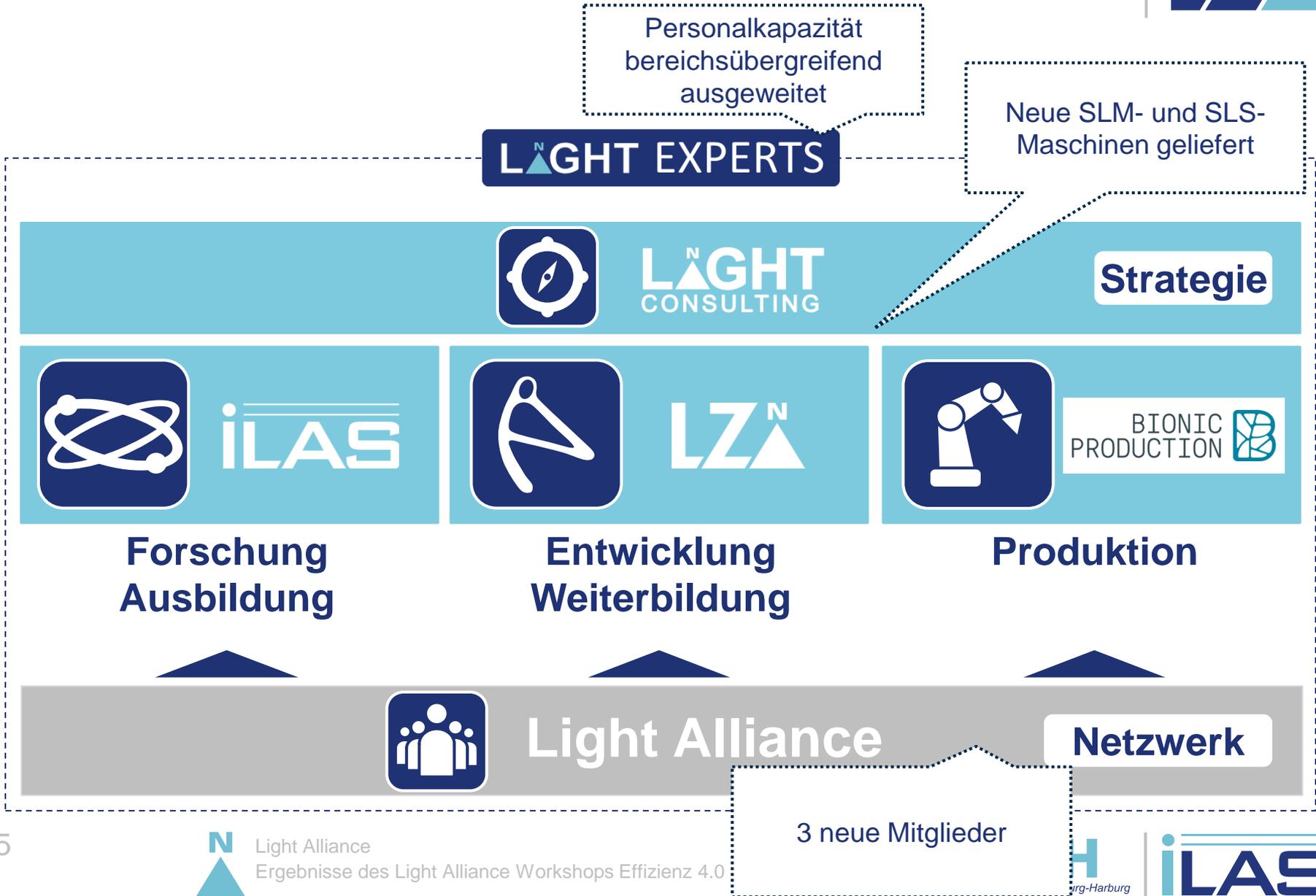
Bionic Smart  
Factory 4.0

Kompetenzbildung und Netzwerk

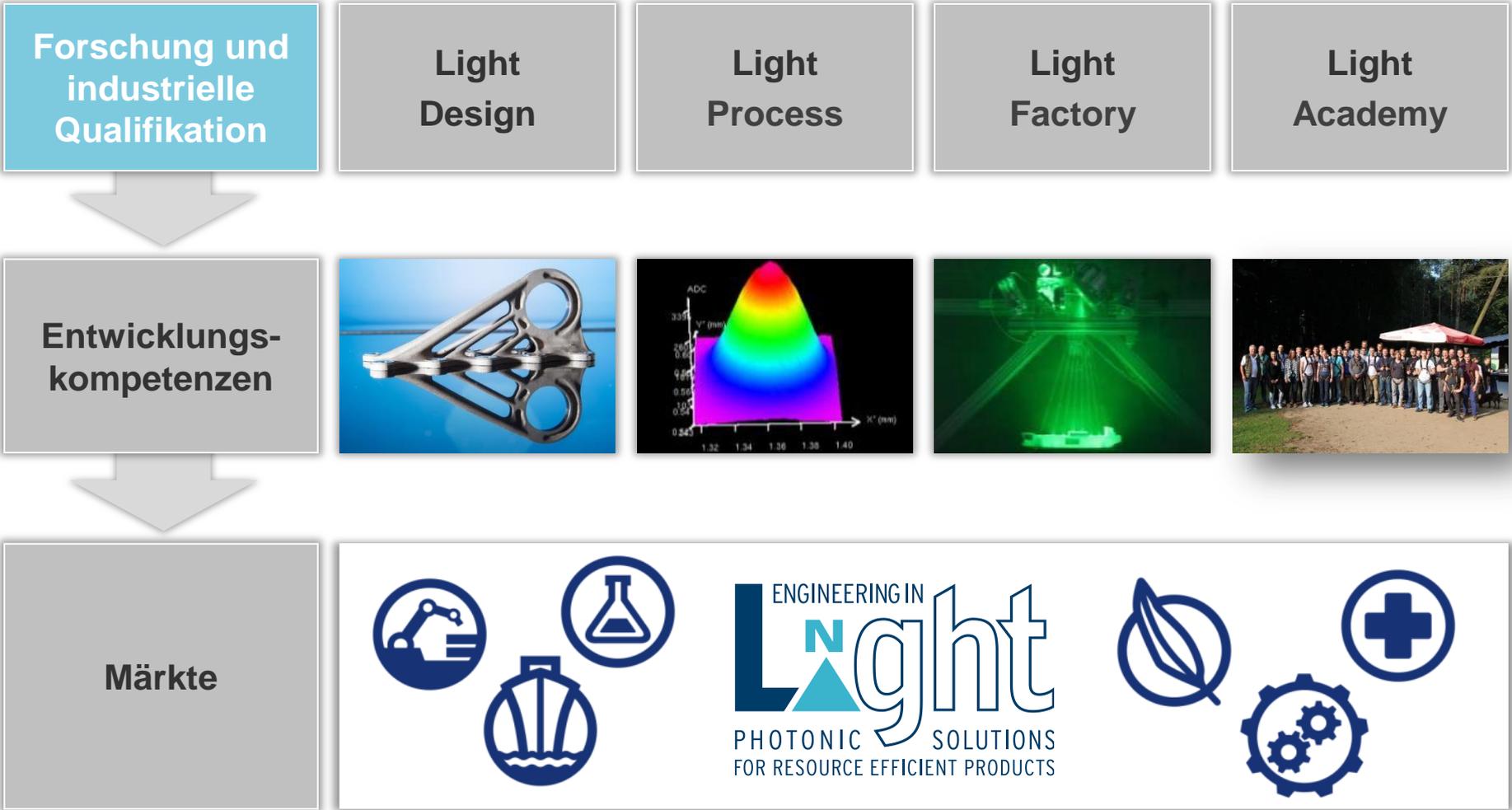
Light Academy

Light Alliance

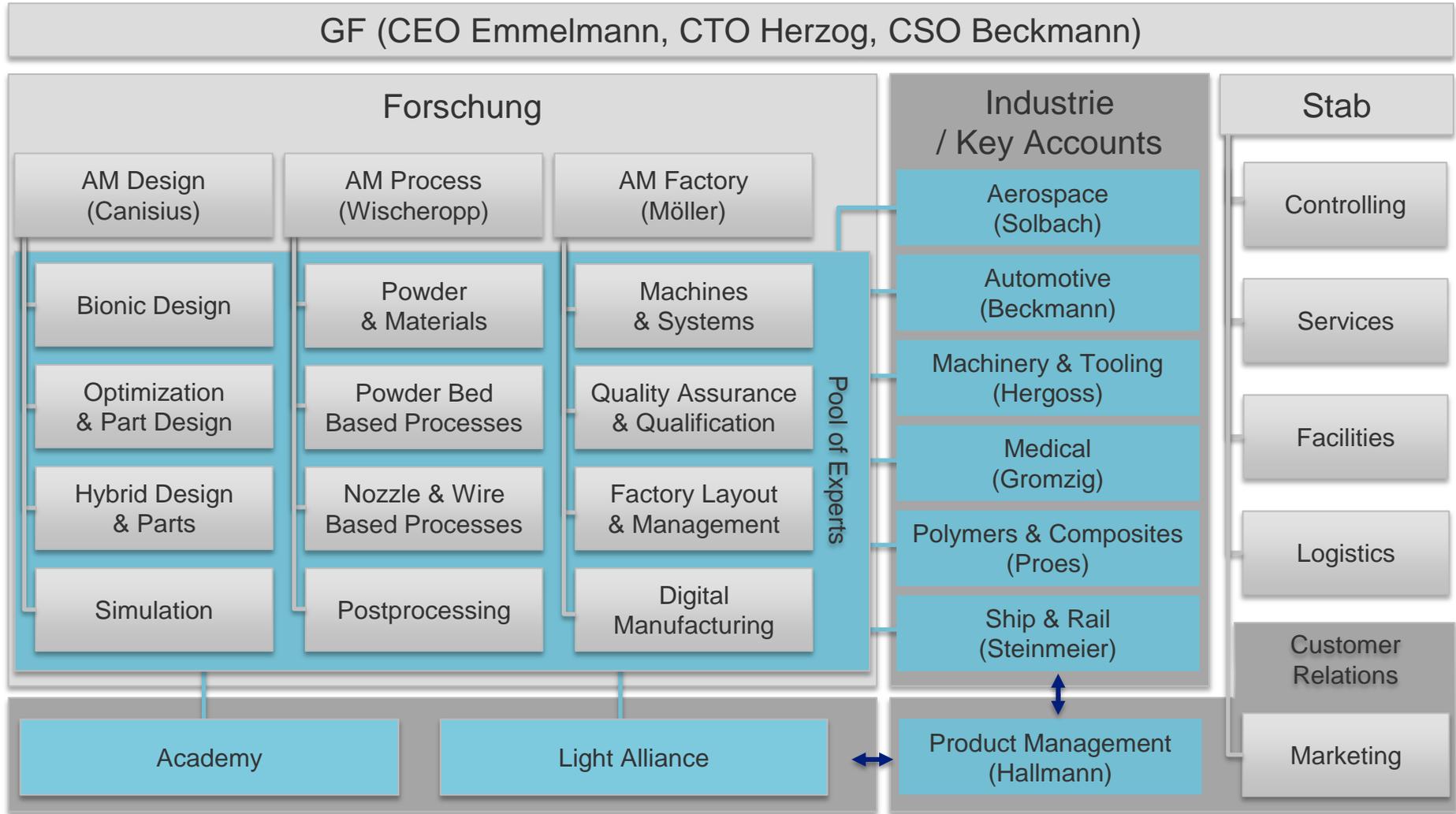
▶ **Light Experts – Ihre Light Solution aus einer Hand**



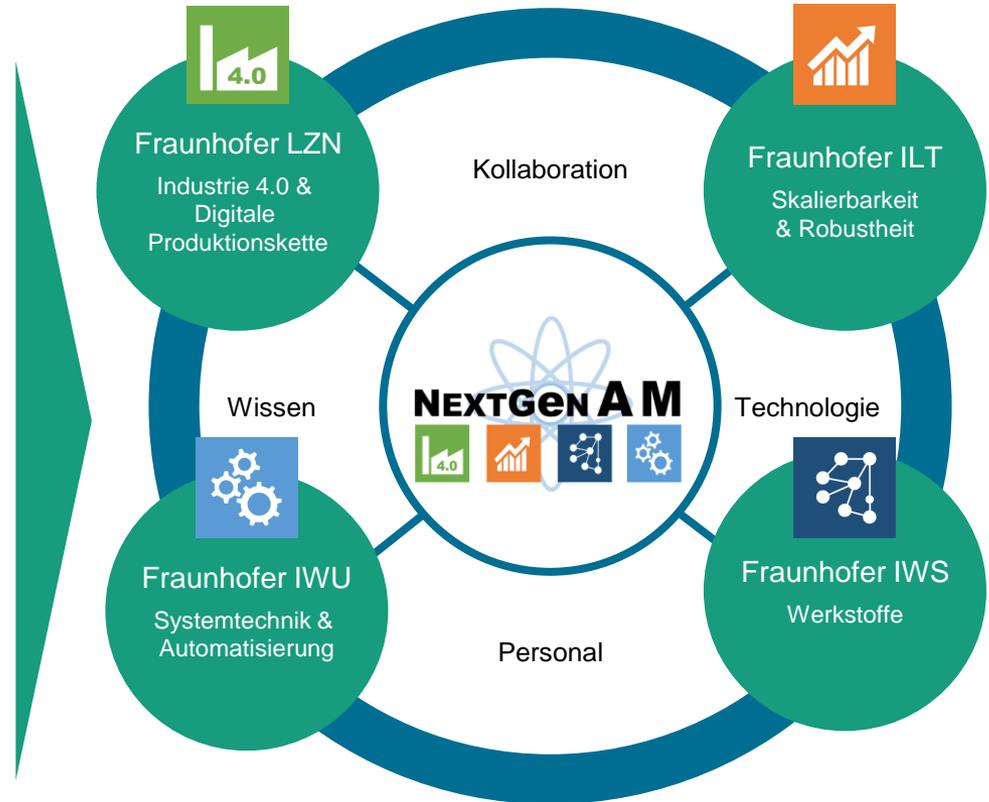
# Kernkompetenzen und Märkte des iLAS und LZN



# Das Fraunhofer IAPT schafft die Organisationsstruktur für zukünftiges Wachstum



# In einem **Leitprojekt** werden wir die Defizite der additiven Fertigung aufheben



Bereits 32 Mitglieder in der Light Alliance – Netzwerk auf dem Wachstumspfad

OEMs



Service provider



Maschinenhersteller



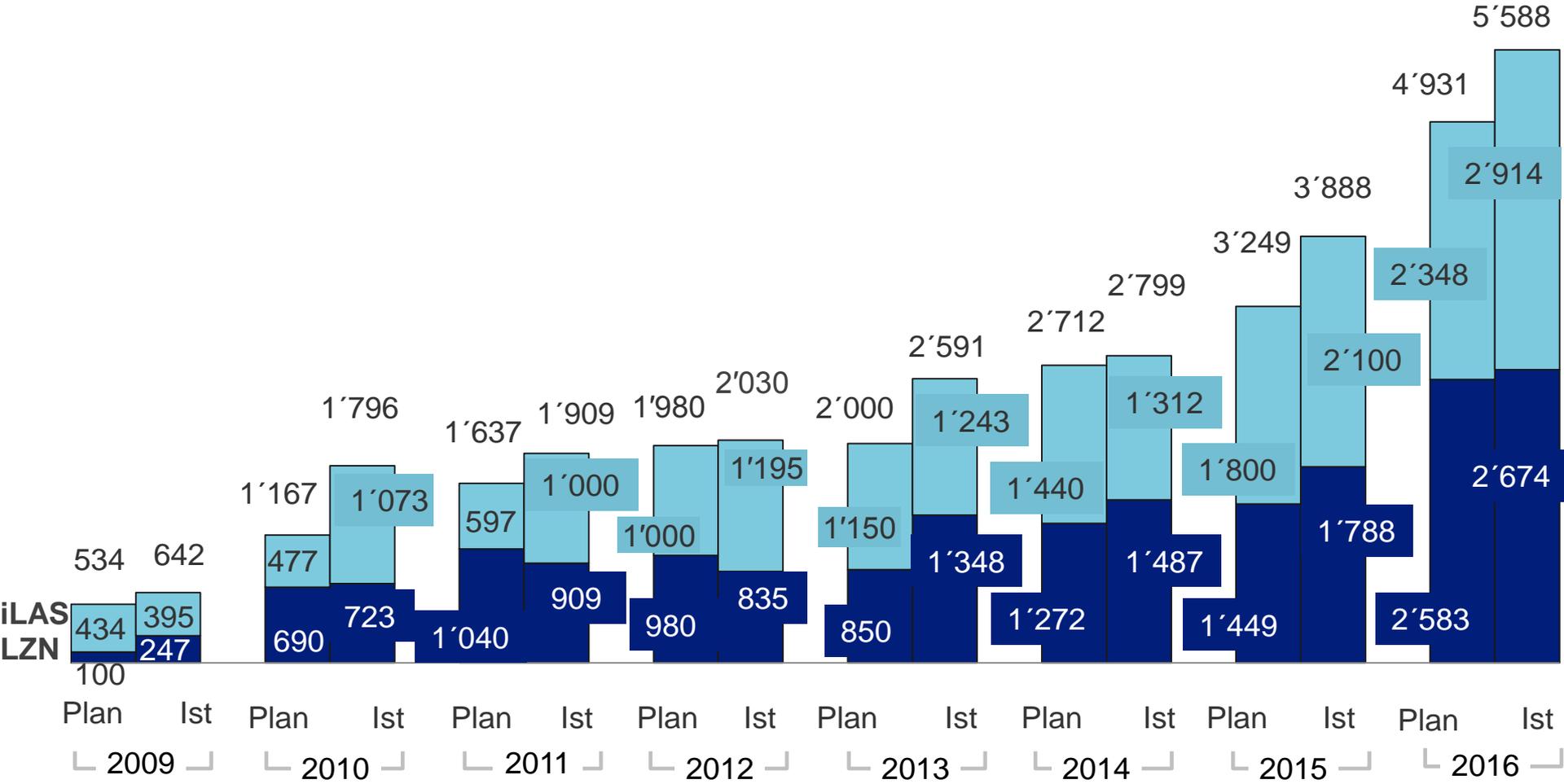
In Verhandlung

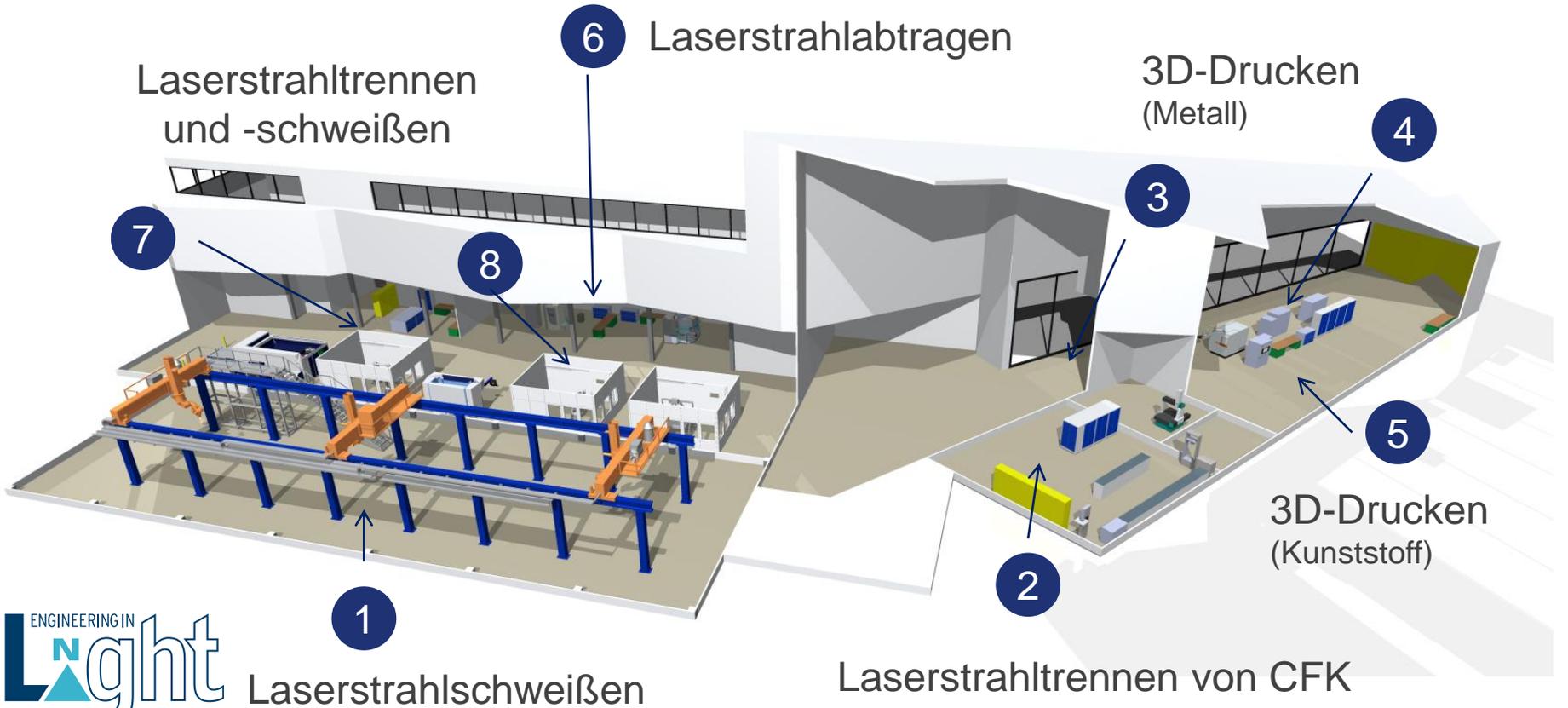
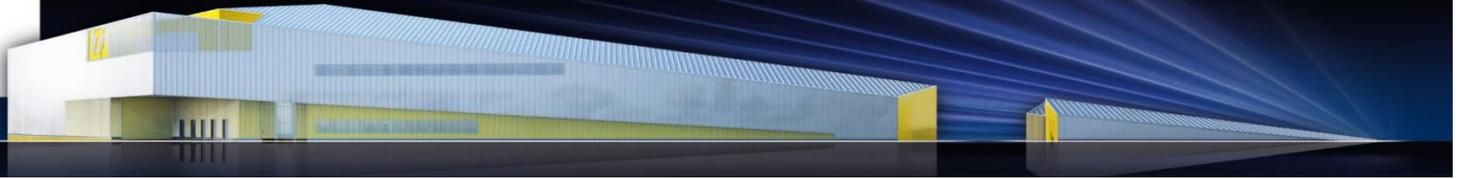
SCHAEFFLER

BENTELER

voestalpine

# Entwicklung des **Umsatzes** iLAS/LZN seit der Gründung in 2009 [T EUR]





# Das LZN ist mit aktueller Anlagentechnologie ausgestattet – Herstellerübergreifend

## Metall (Pulverbett)

### SLM 500HL (SLM Solutions)



- 500x280x325 mm<sup>3</sup>
- 4 x 400 W
- Ti6Al4V

### 2 x Concept M2 (Concept Laser)



- 250x250x280 mm<sup>3</sup>
- 2 x 400 W
- 1.4404, 1.4542, Ti6Al4V

### EOS M290 (EOS)



- 250x250x325 mm<sup>3</sup>
- 400 W
- Ti6Al4V, Edelstahl-legierungen, AlSi10Mg

### TruPrint 1000 (Trumpf)



- Ø100x100 mm<sup>3</sup>
- 200 W
- Inconel718

## Kunststoff

### AM S5500P (Ricoh)



- 550x550x500 mm<sup>3</sup>
- 100 W
- PA6 GB, PP, PA12

### EOS P396 (EOS)



- 340x340x620mm<sup>3</sup>
- 70 W
- PA 12-Varianten, PA11, TPE



### SLM 250HL

- 250x250x 300 mm<sup>3</sup>
- 1000 W
- AlSi10Mg, AlSi12



### EOS M 270

- 250x250x 215 mm<sup>3</sup>
- 200 W
- Ti6Al4V, Edelstahl-legierungen



### AconityLAB

- Ø170x200 mm<sup>3</sup>
- 1000 W
- AlSi10Mg, AlSi12

### EOS P390



- 340x340x620 mm<sup>3</sup>
- 50 W
- PA 12-Varianten

Bildquellen: SLM Solutions, Concept Laser, EOS, Trumpf, Ricoh, Aconity, LZN

## Metall (Pulver / Draht / Düse)



### TruLaser Robot 5020

- Ø1800x1800 mm<sup>3</sup>
- TruDisc 6001 6kW Laserquelle
- Auftragsraten bis 500 cm<sup>3</sup>/h
- Fe-, Ti-, Al- und Ni-Legierungen



### Cloos Schweißportal

- 30000x3000x3000 mm<sup>3</sup>
- 30 kW Laserquelle
- Weltweit größtes flexibles 3D-Laserportal
- 3 hängende Schweißroboter

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

A Vorstellung der Light Experts und Geschäftsentwicklung

**B Effizienz 4.0**

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

2 ...Luftfahrt

3 ...Automobil

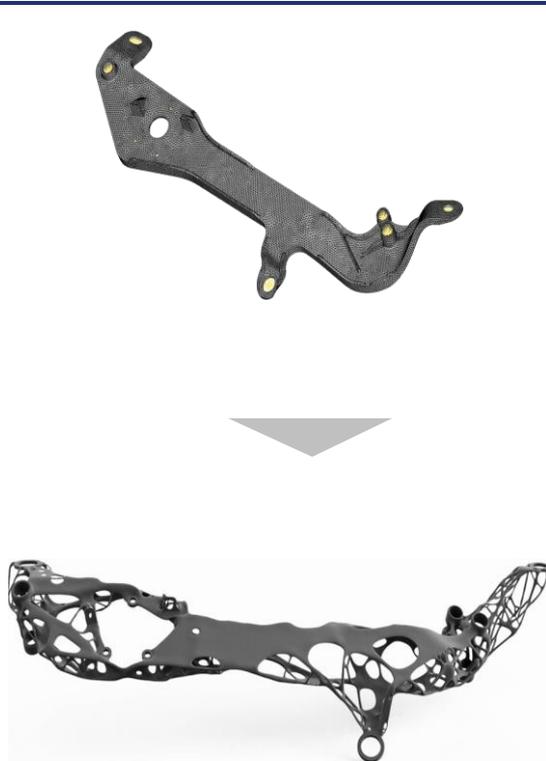
4 ...Maschinenbau

5 Ausblick

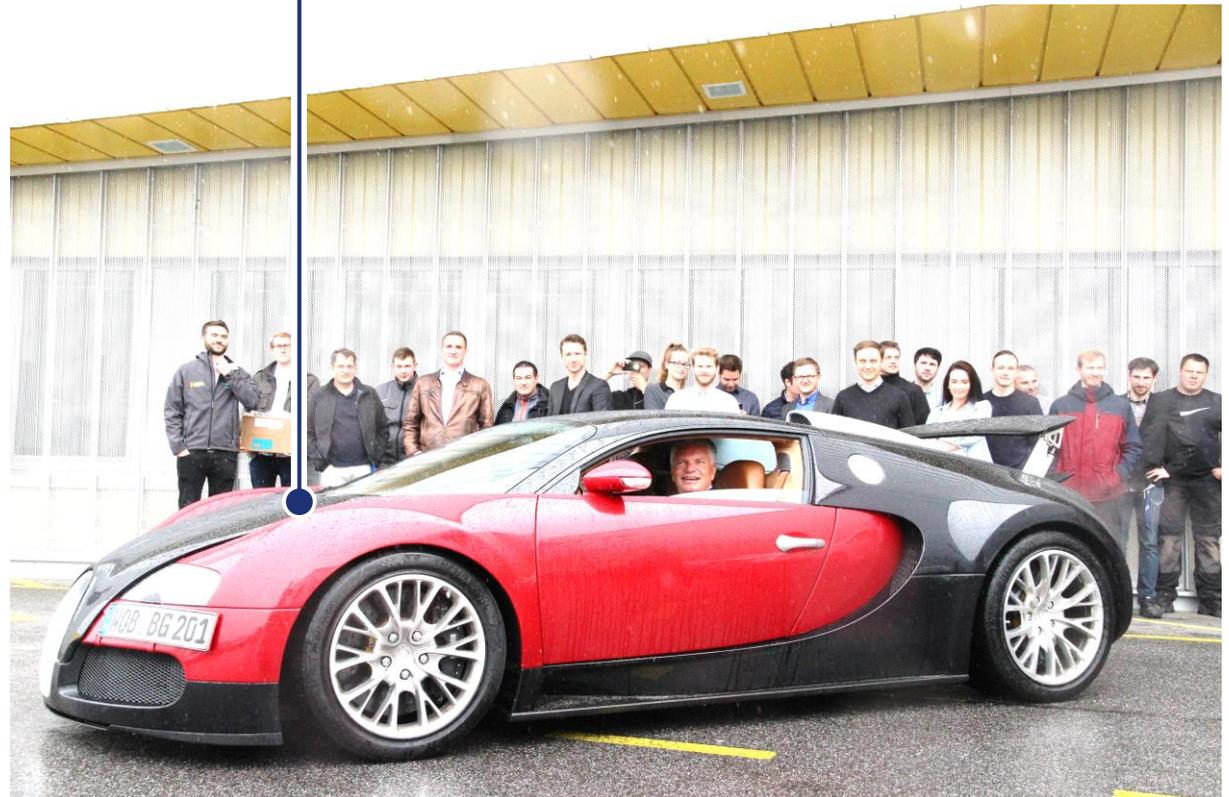
## Bionischer Leichtbau im Automobilbau

### Bionischer Scheibenwischerhalter (Chiron)

Bugatti am LZN, 16. Mai 2017



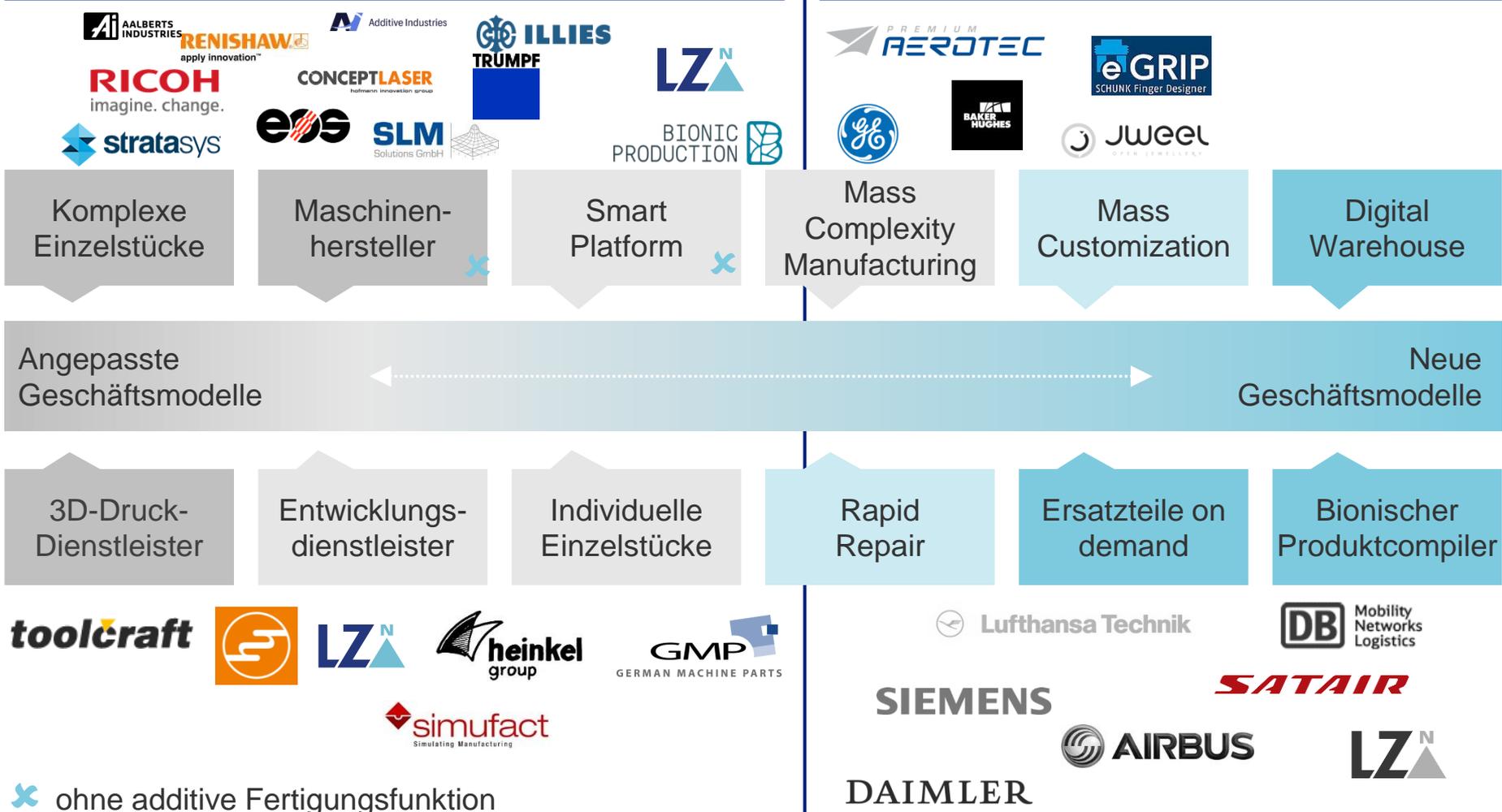
c. 60% Gewichts-  
reduzierung



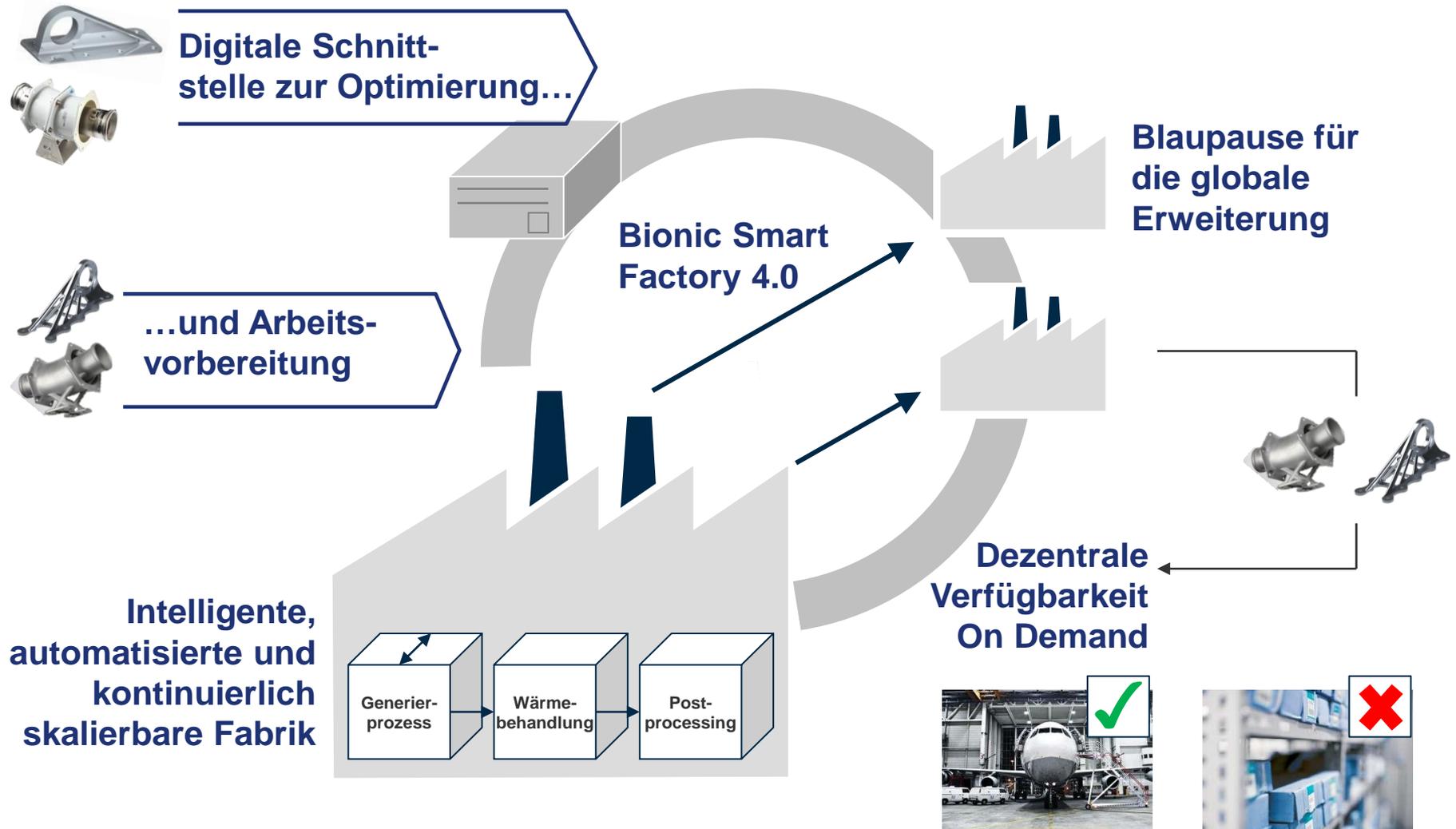
# Effiziente und vernetzte Fertigung ermöglicht neue Geschäftsmodelle

## Im Industrieinsatz (Auswahl)

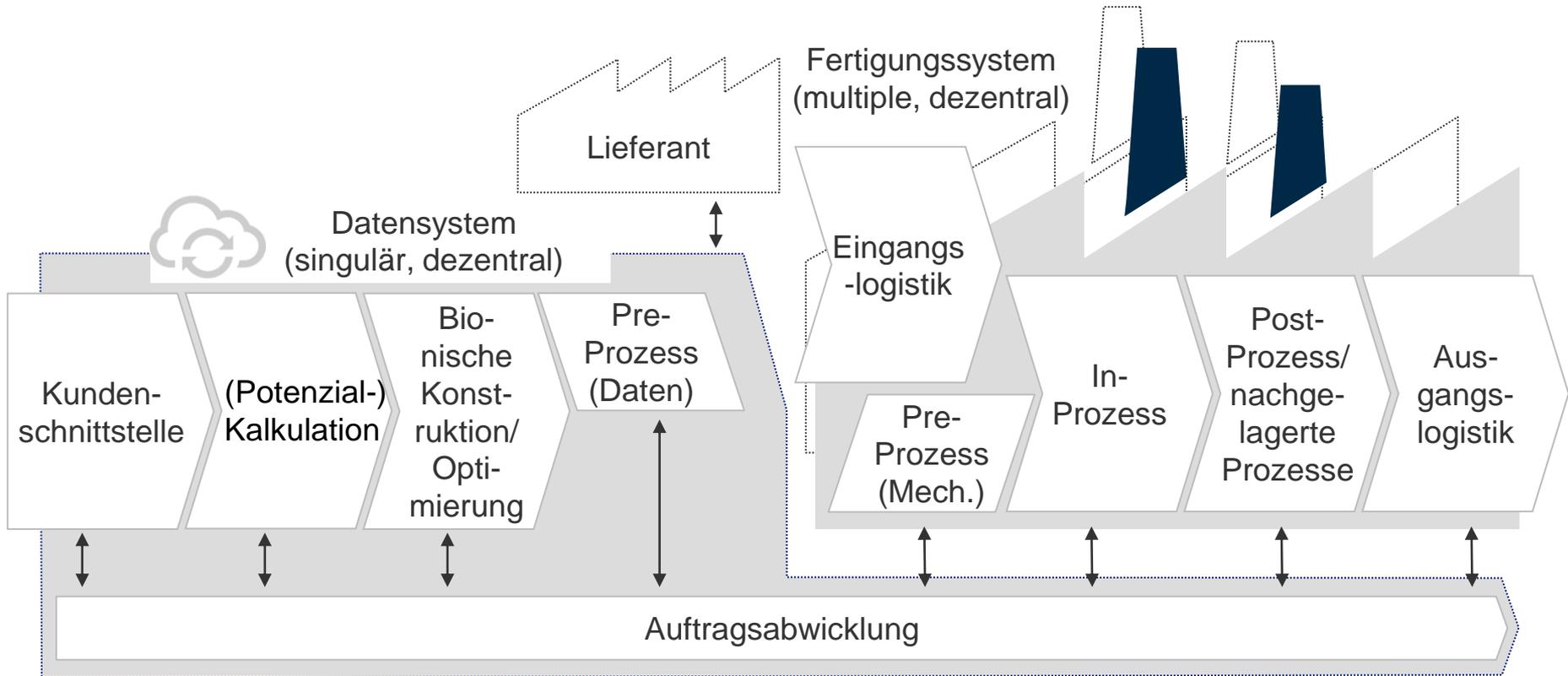
## Erste Anwendungen bekannt (Auswahl)



# Bionic Smart Factory 4.0: Der Ansatz für die globale, digitale Fertigung



# Die Industrialisierung der additiven Fertigung benötigt Effizienz 4.0



## In der **Bionic Smart Factory 4.0** wird die additive Fertigung zur Serienreife geführt

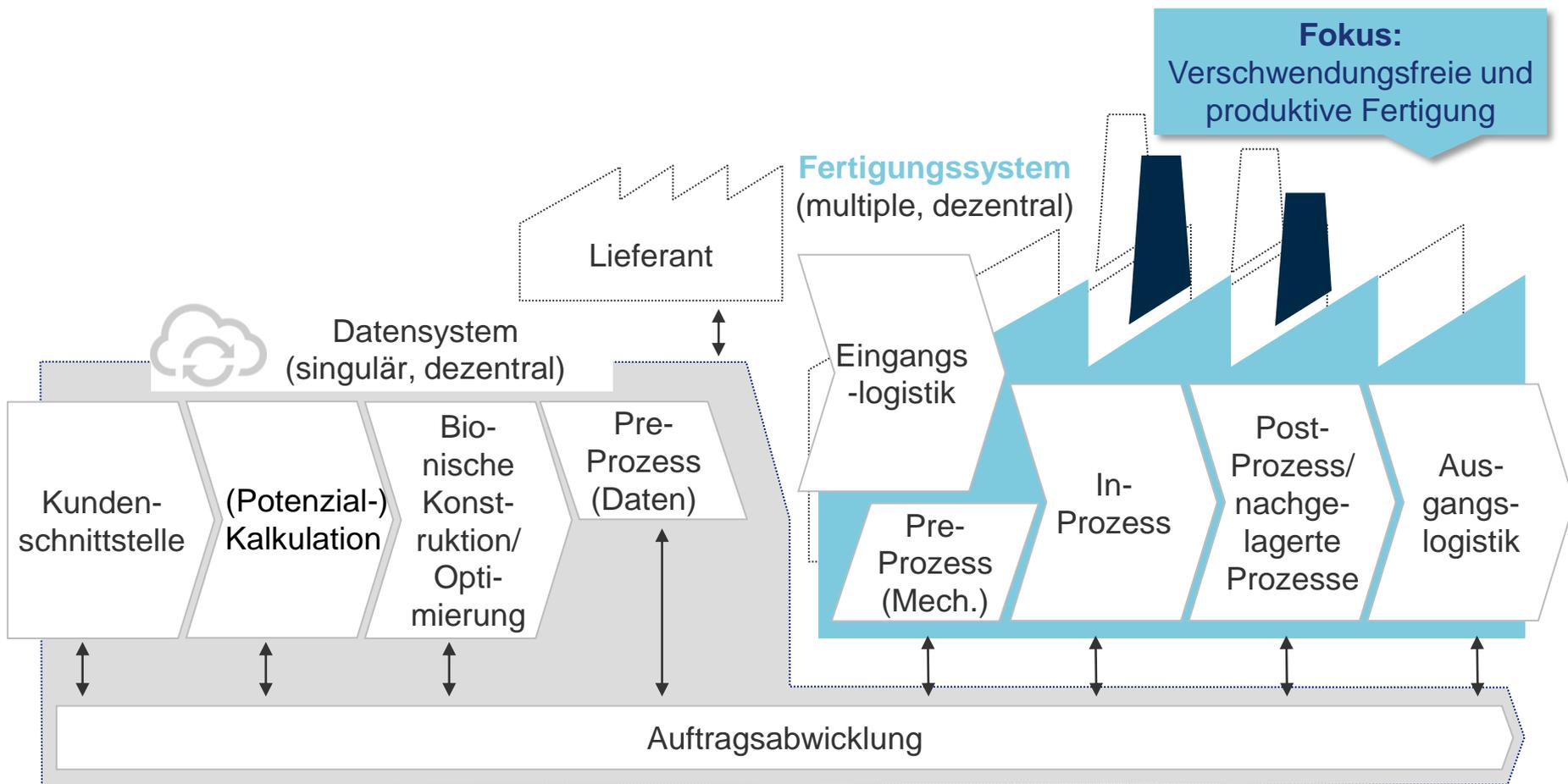


### Bionic Smart Factory 4.0



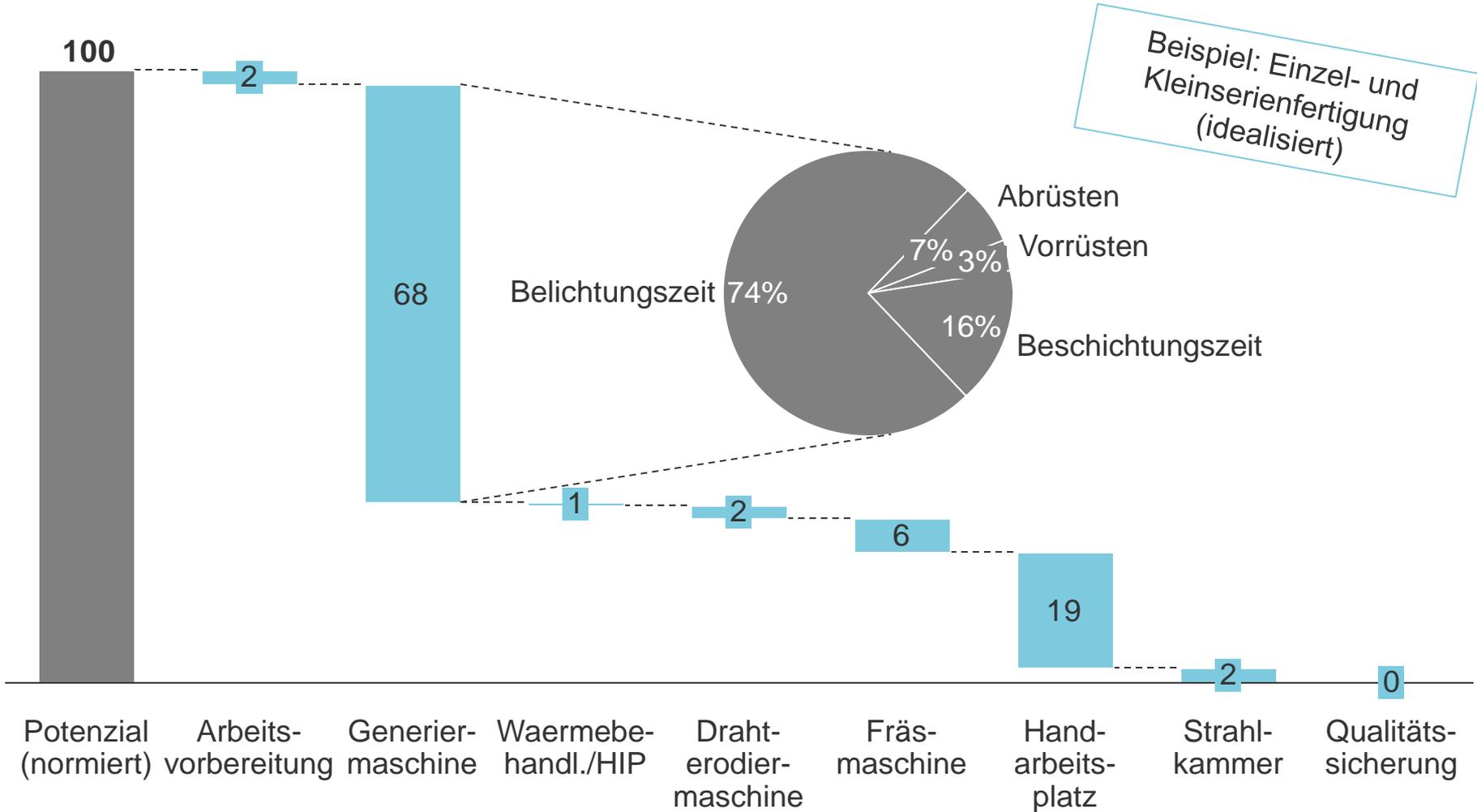
- Aufbau in drei Ausbaustufen (1.0, 2.0 und 4.0)
- Investition in vollständige, teilautomatisierte Prozesskette
- Standorte: Lüneburg und Hamburg
- Branchen: Mobilität (Luftfahrt, Automobil, Bahn), Medizintechnik, Maschinenbau
- Leistungen: Spare parts on demand, Part screening, Produktion
- Zertifikate: ISO 9001, DIN EN 9100 in Arbeit

# Die Industrialisierung der additiven Fertigung benötigt Effizienz 4.0



# Bei der Optimierung der SLM-Prozesskette stehen die Aufbautraten und manuelle Nachbearbeitung im Fokus

Anteiliges Kostensenkungspotenzial bezogen auf Fertigungskosten (ohne Material) [%]



Vgl.: Möhrle, M. und Emmelmann, C.: Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung. In: ZWF 09/2016

# Beispiel: Es wurde eine Fertigungsfabrik von der Zielsetzung bis zum finalen Layout entwickelt

## Anforderungen und Ziele

Werkstoff	Aluminium	Edelstahl	Titan	PA	Nickelbasislegierungen	
Wärmebehandlung	Spannungsarmglühen (ideal)	Spannungsarmglühen	Spannungsarmglühen	-	Lösungsgl./Auscheidungshärtung	
Toleranzklasse ISO 2768-1	v (sehr grob)	c (grob)	m (mittel)	f (fein)		
Prozessfolge	Unbearbeitet		Nachbearbeitung			
Oberflächengüte Mittenrauwert R <sub>a</sub>	5 - 12 µm	2,5 - 6,5 µm	3,2 µm	1,6 µm	0,8 µm	0,1 - 0,4 µm
Prozessfolge	unbearbeitet	strahlen	schruppen	schichten	schleifen	feinschleifen
Dauerhaftigkeit σ <sub>lim</sub> bei 10 <sup>7</sup> Lastwechseln	Nicht relevant	460 MPa - Gestraht	500 MPa - Poliert	(>) 540 MPa - HIP		
Prozessfolge (Titan)	Nicht relevant	strahlen	polieren	HIP		

■ Zweivorbereitung  
 ■ Meetingräume  
 ■ Allgemeiner Fertigungsbereich  
 ■ Belastungsbereich – Metall  
 ■ Belastungsbereich – Kunststoff  
 ■ Der Belastungsbereich wird mit explosionsgeschützter Absaugung ausgestattet

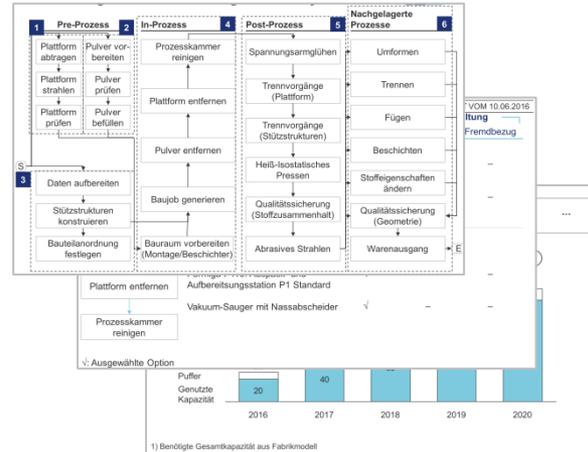
■ SLMS/SLFDM-Maschine  
 ■ Nachbearbeitungsschritte ohne besondere Emissionen  
 ■ Strahlkabine  
 ■ Pulverbefüllung  
 ■ Pulvermischer

■ Strahlkabine  
 ■ Pulvermischer

■ Abgesaugt

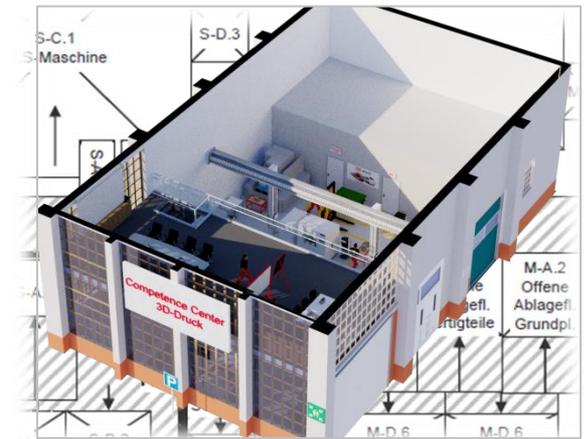
- Definition der Leistungsanforderungen und Budgetplanung
- Definition des Produktionsprogramms (Produktanforderungen)
- Ableitung der Technologiefolge aus dem Produktionsprogramm
- Identifikation der weiteren Anforderungen (z.B. Produktionsausstattung und -stätte)

## Definition der Fabrikstruktur



- Definition der erforderlichen Maschinen bezüglich der Prozesskette der additiven Fertigung – basierend auf...
  - Kapazitätsanforderungen für geplante Produkte und Services
  - Art der Wertschöpfung
  - Make oder buy Entscheidung
- Ableitung der Notwendigkeit für die Finanzierung
- Definition einer Organisationsstruktur

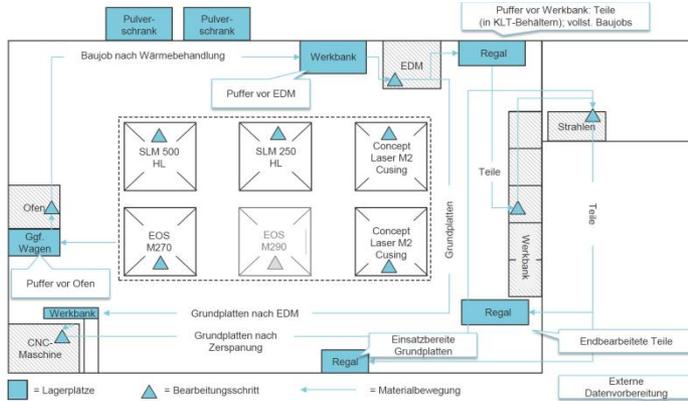
## Fabriklayout und Visualisierung



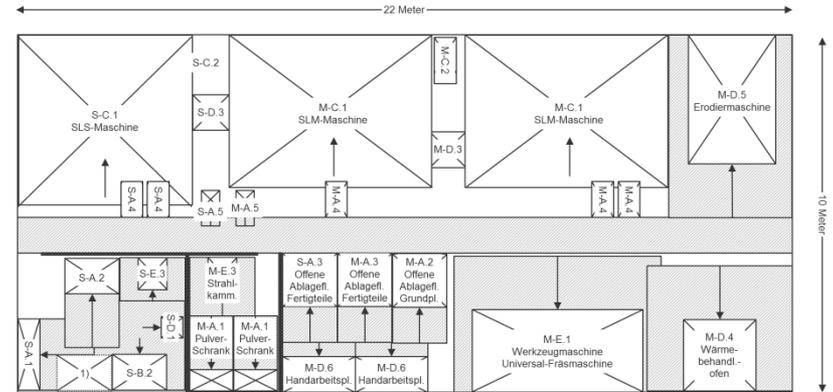
- Erstellung eines Layoutkonzepts zur Erfüllung der Anforderungen (Maschinen und Infrastruktur) unter Berücksichtigung der Anforderungen und Ziele
- Berücksichtigung der verfügbaren Gebäudeinfrastruktur
- Visualisierung (2- und 3 dimensional)

# Fabrikplanung für den industriellen 3D-Druck

## 1 Ideale Fabrikstruktur nach Pflichtenheft



## 2 Reale digitaler und maschineller 3D-Druck



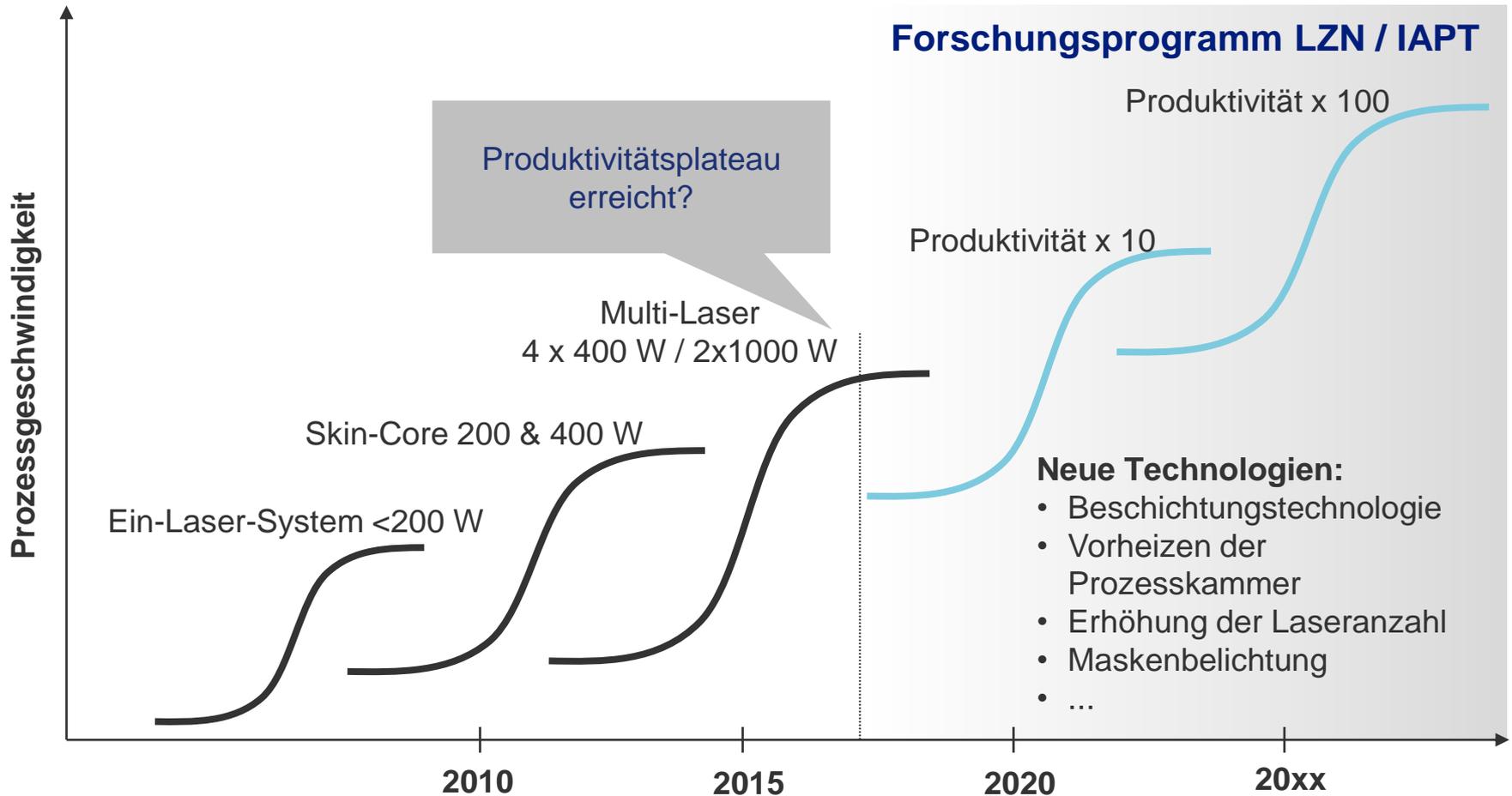
## 3 3D-Visualisation der Fabrik



## 4 Animation der 3D-Druck Operationen

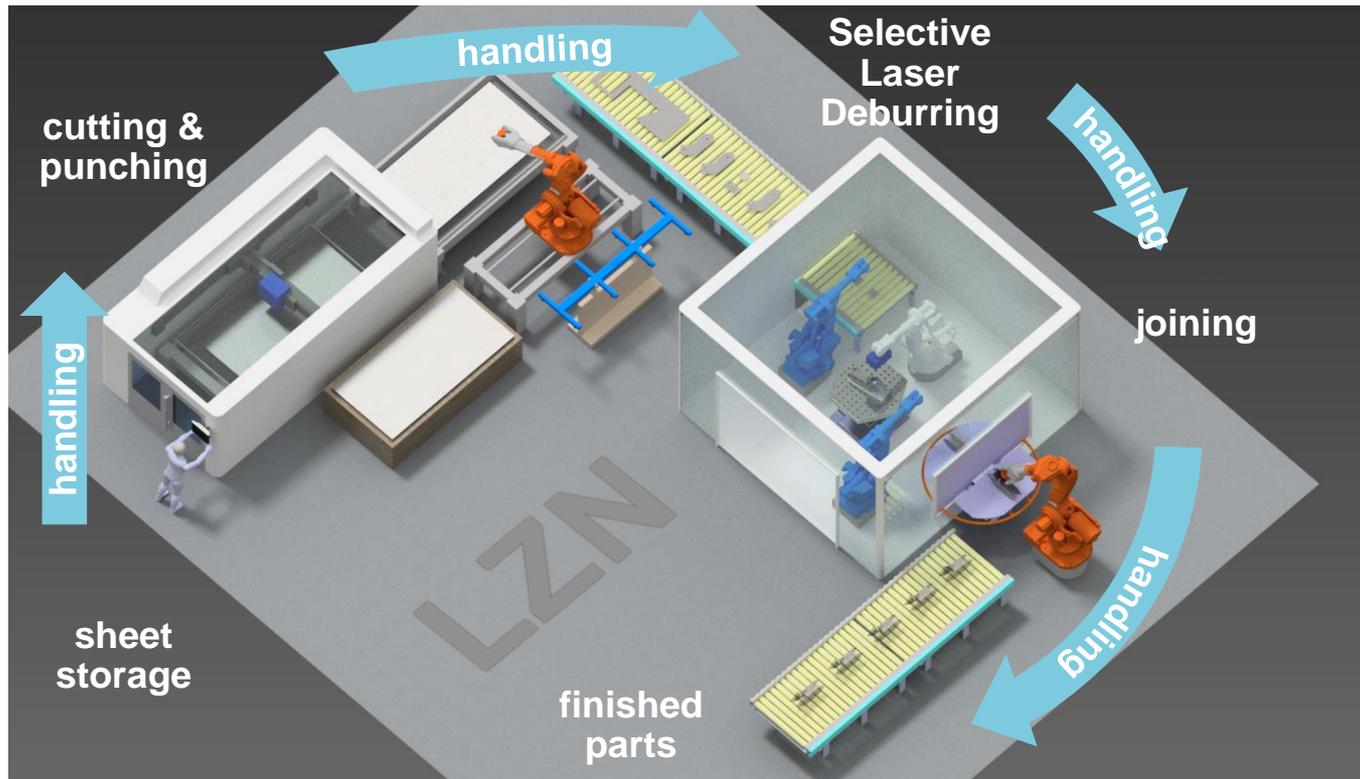


Zur signifikanten Erhöhung der **Maschinenproduktivität** sind neue Konzepte erforderlich

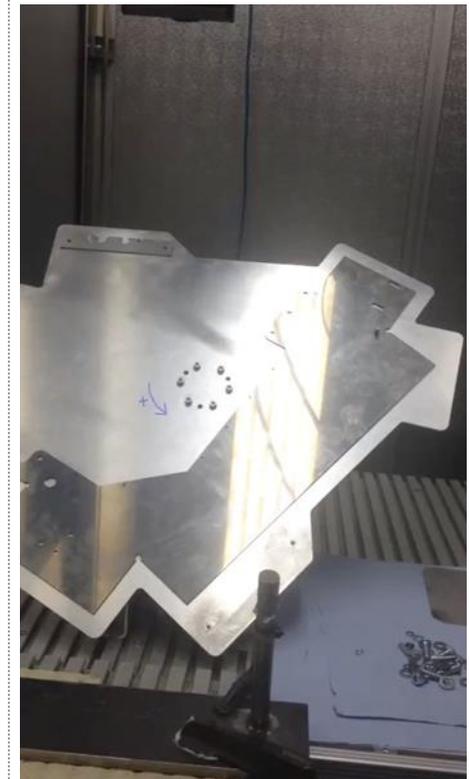


# Durchbruch bei der Automatisierung von Entgraten durch Lasertechnologie: **Selektives Laser-Entgraten**

## Fertigungsintegration (Beispiel)



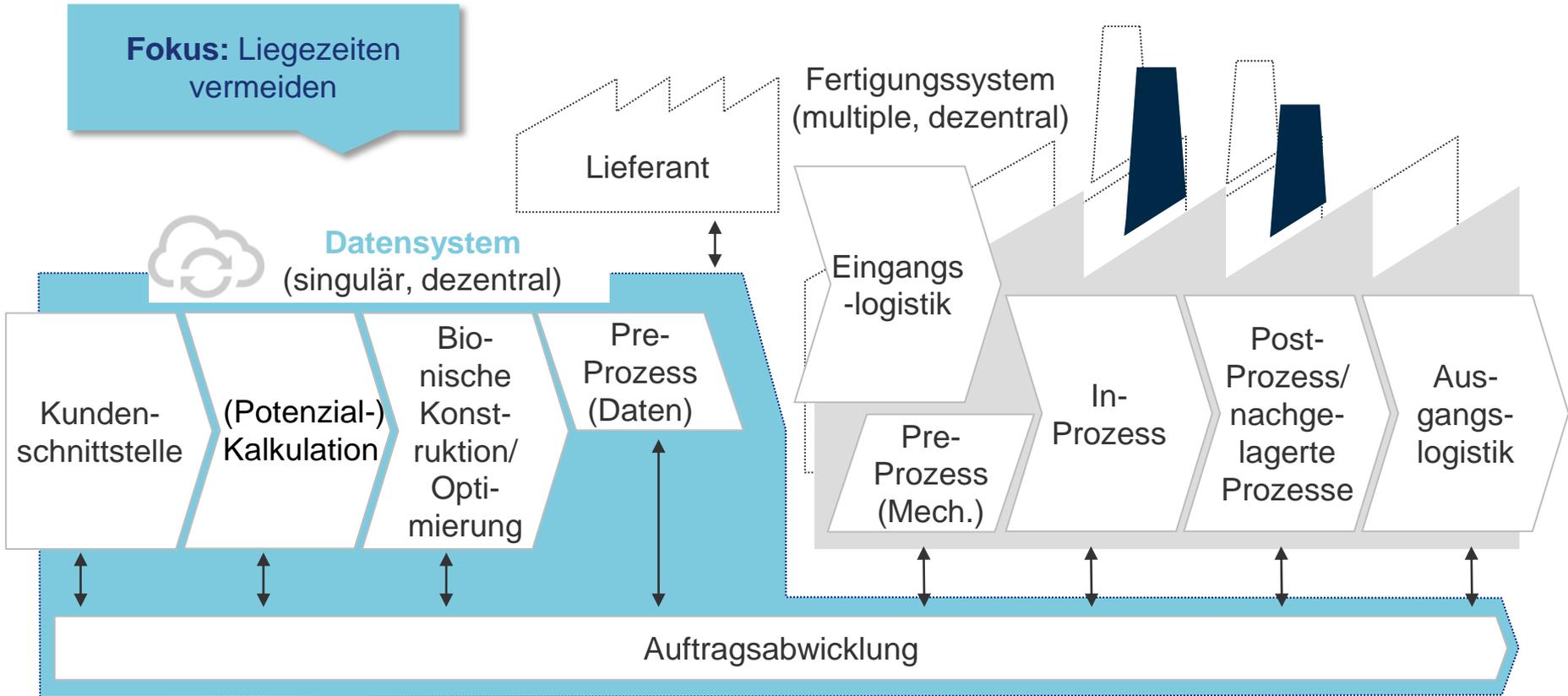
## Anwendung



Vgl.: Cerwenka, G., Möller, M., Surrey, P.: New Investigations in Laser Remote Manufacturing. In: 18th EALA, Bad Nauheim, 2017

# Die Industrialisierung der additiven Fertigung benötigt Effizienz 4.0

**Fokus: Liegezeiten vermeiden**



# Die **Smart Platform** erlaubt die Automatisierung der Datenprozesskette

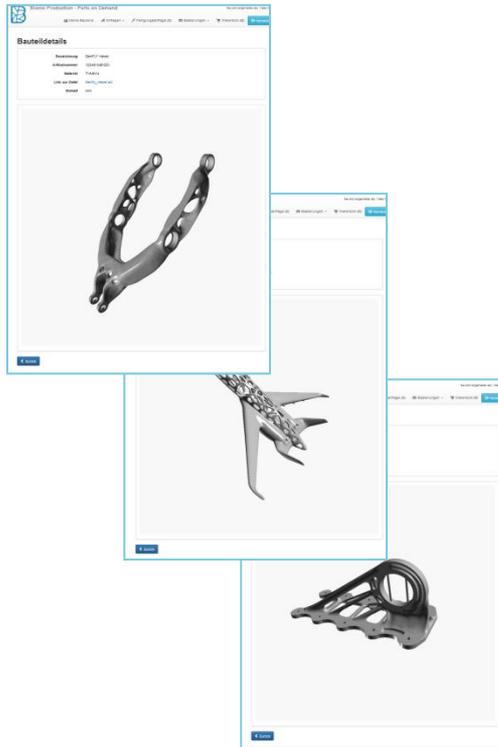
Smart Platform:  
Schnittstelle

Daten-  
vorbereitung

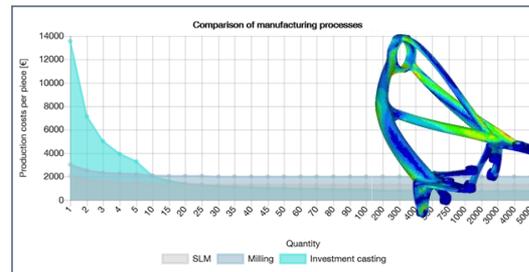
Additive  
Fertigung

Nach-  
bearbeitung

## CAD Dateiupload

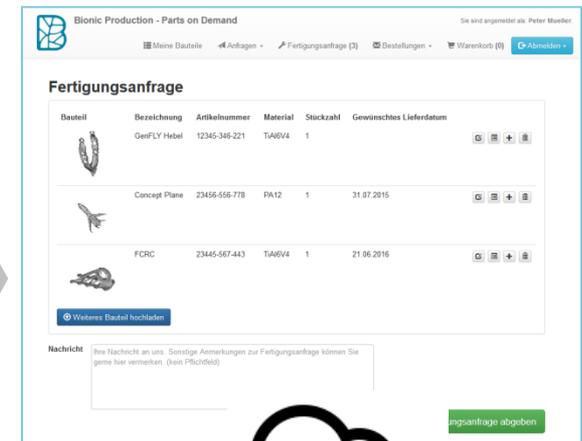


## Online-Services



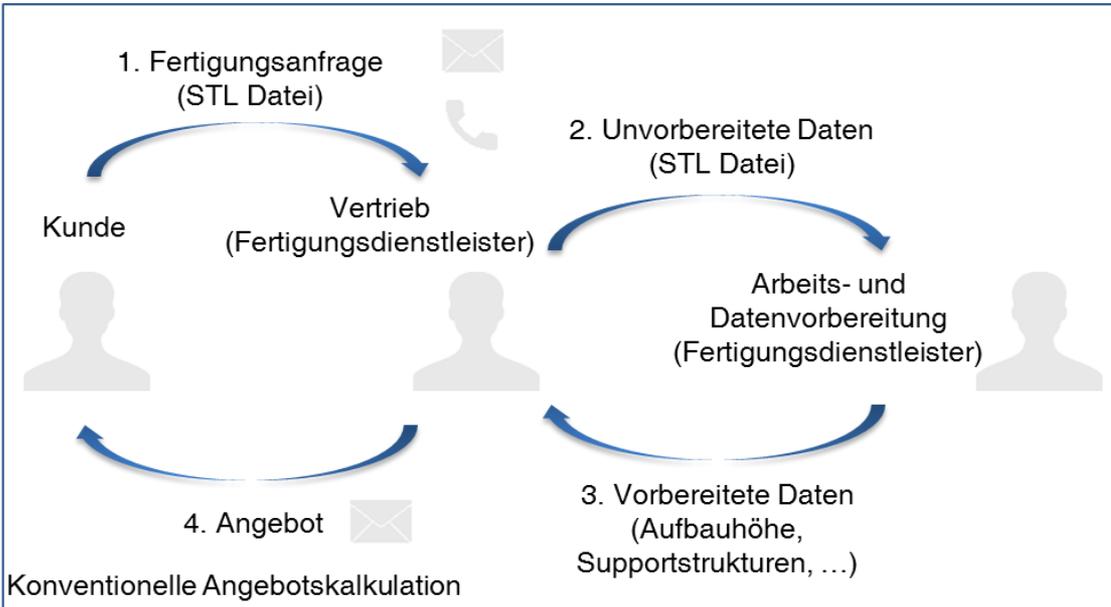
- Parts on Demand
- Angebotskalkulation
- Technologievergleich (additive Fertigung vs. Guss und Zerspanung, stückzahlabhängig)

## Bestellabwicklung in der Cloud



# Die Smart Platform des LZN ermöglicht hohe Effizienzpotenziale bei der Auftragsabwicklung

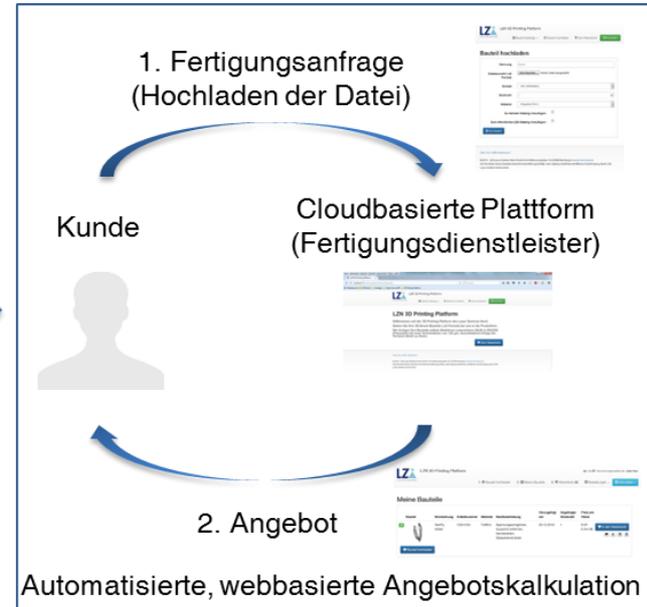
## Typischer Ablauf



4 Arbeitsstunden + Liegezeiten

Verschiedene Softwaretools

## Smart Plattform

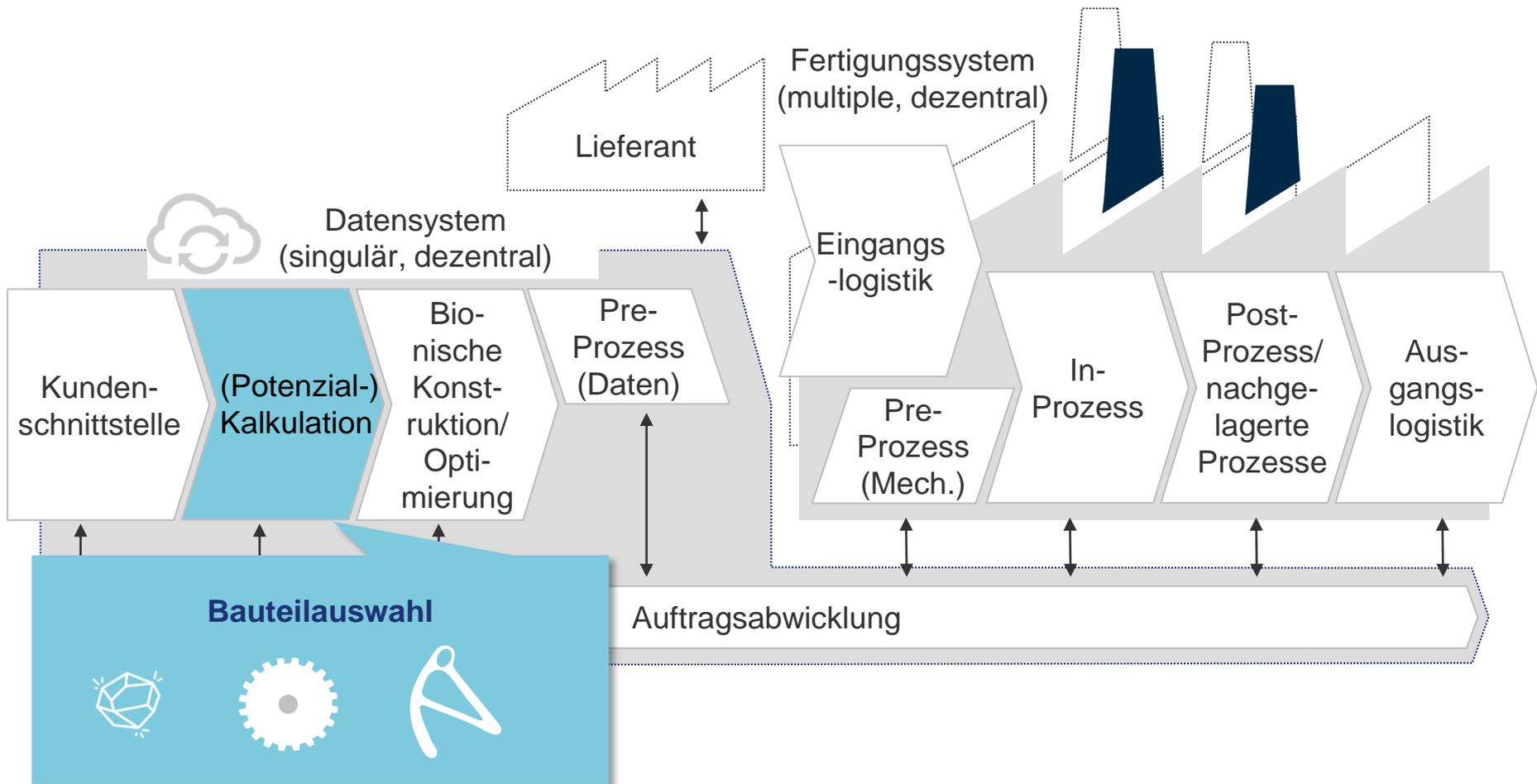


< 1 Minute

1 Plattform

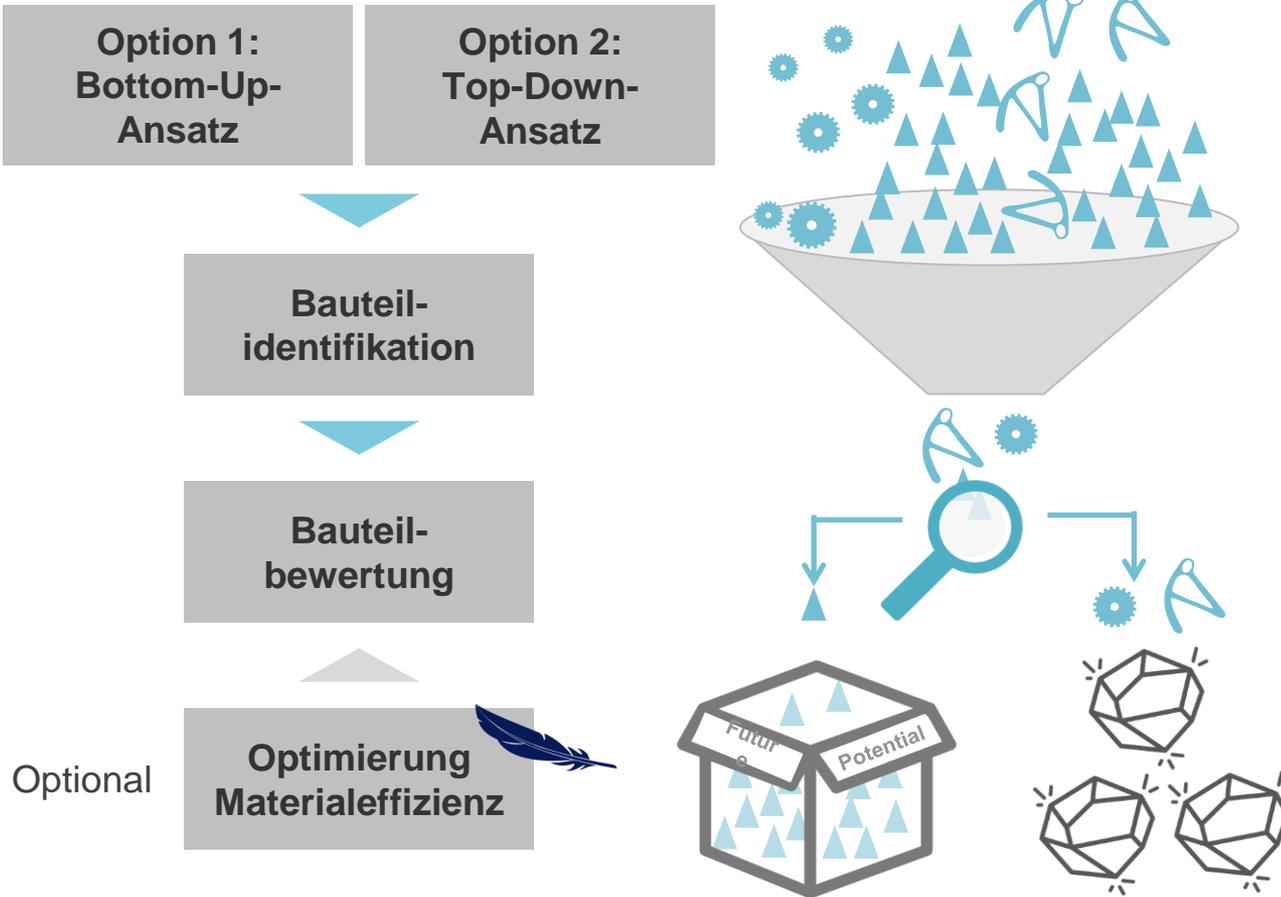
Vgl.: Rudolph, J.-P. ; Emmelmann, C. : A Cloud-based Platform for Automated Order Processing in Additive Manufacturing. In: Procedia CIRP (2017)

Nur wenn Bauteile nach den **Total Cost of Ownership** gewählt werden, ist additive Fertigung sinnvoll



# Finden Sie mit unserem **Part Screening** die potential-trächtigen Bauteile – Bottom-Up oder Top-Down

## Part Screening



## Zusatzleistungen

Design Workshop

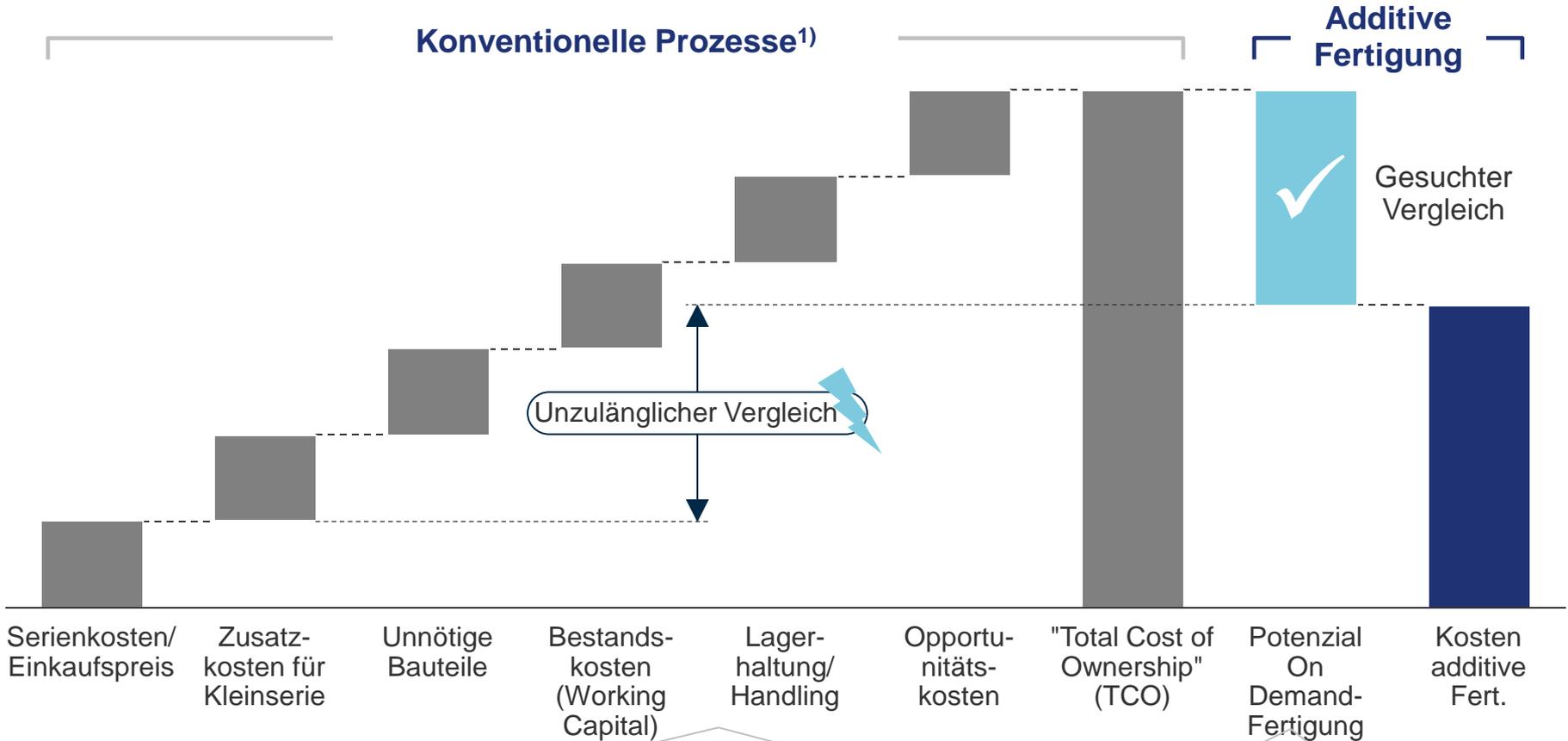
Consulting

Engineering  
(LZN)

Produktion  
(Bionic Production)



# Ersatzteile für die On Demand-Fertigung wählen wir nach Total Cost of Ownership aus



Unzulänglicher Vergleich

Gesuchter Vergleich

Eine oder mehrere der "versteckten Kostenarten" werden typischerweise übersehen – "Total Cost of Ownership"-Ansatz notwendig!

Additive Fertigung kann weitere Vorteile eröffnen (kürzere Durchlaufzeit, etc.)

1) Ja nach Anwendungsfall können Kostenarten (z.B. Opportunitätskosten) für die additive Fertigung anfallen

## Additive Ersatzteilerfertigung On Demand mit hohen Vorteilen bei BW Papersystems

**30** Stunden reine Prozesszeit

**12** Tage Durchlaufzeit des Auftrags

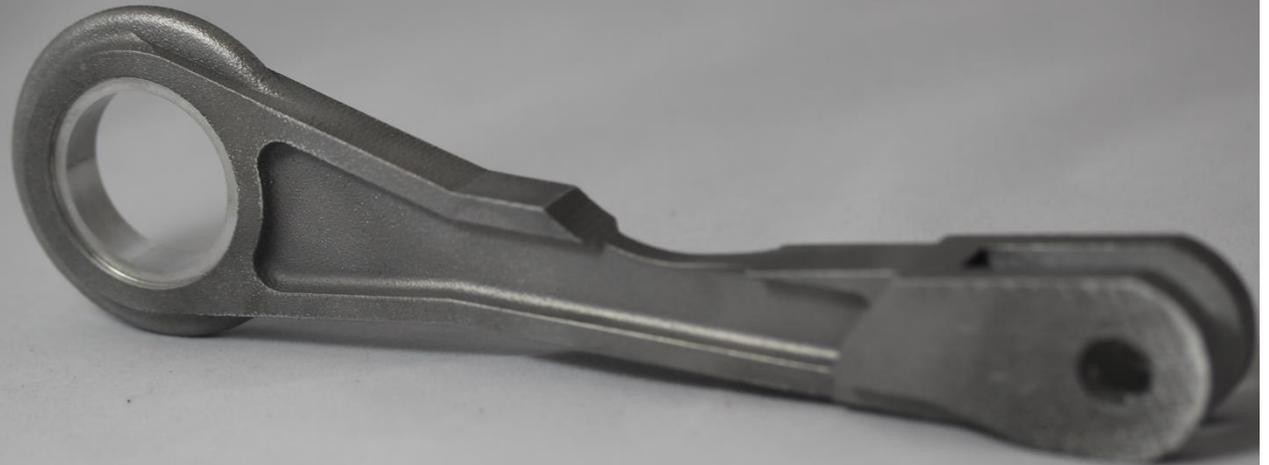
**100** % der Toleranzen erfüllt

**0** Stunden Redesign

**0** Stück Lagerbestand

**0** EUR gebundenes Kapital

*Ersatzteil für Papiermaschinen –  
“Hebel”*



**BW** Papersystems

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

### 2 ...Luftfahrt

#### A Einleitung

B Wettbewerb: Welches Team plant die effizienteste Fabrik?

C Antworten und Lösungsansätze

D Ausblick

...

...

### 5 Ausblick

## Betrachtungen der **Fabrik-Leistungsfähigkeit** sind für verschiedene Anwendungen erforderlich

„Wir bauen zur Zeit unsere additive Fertigung auf 800 m<sup>2</sup> aus und brauchen dafür einen Planungsansatz“

Hr. Hauck,  
Geschäftsführer MBFZ Toolcraft

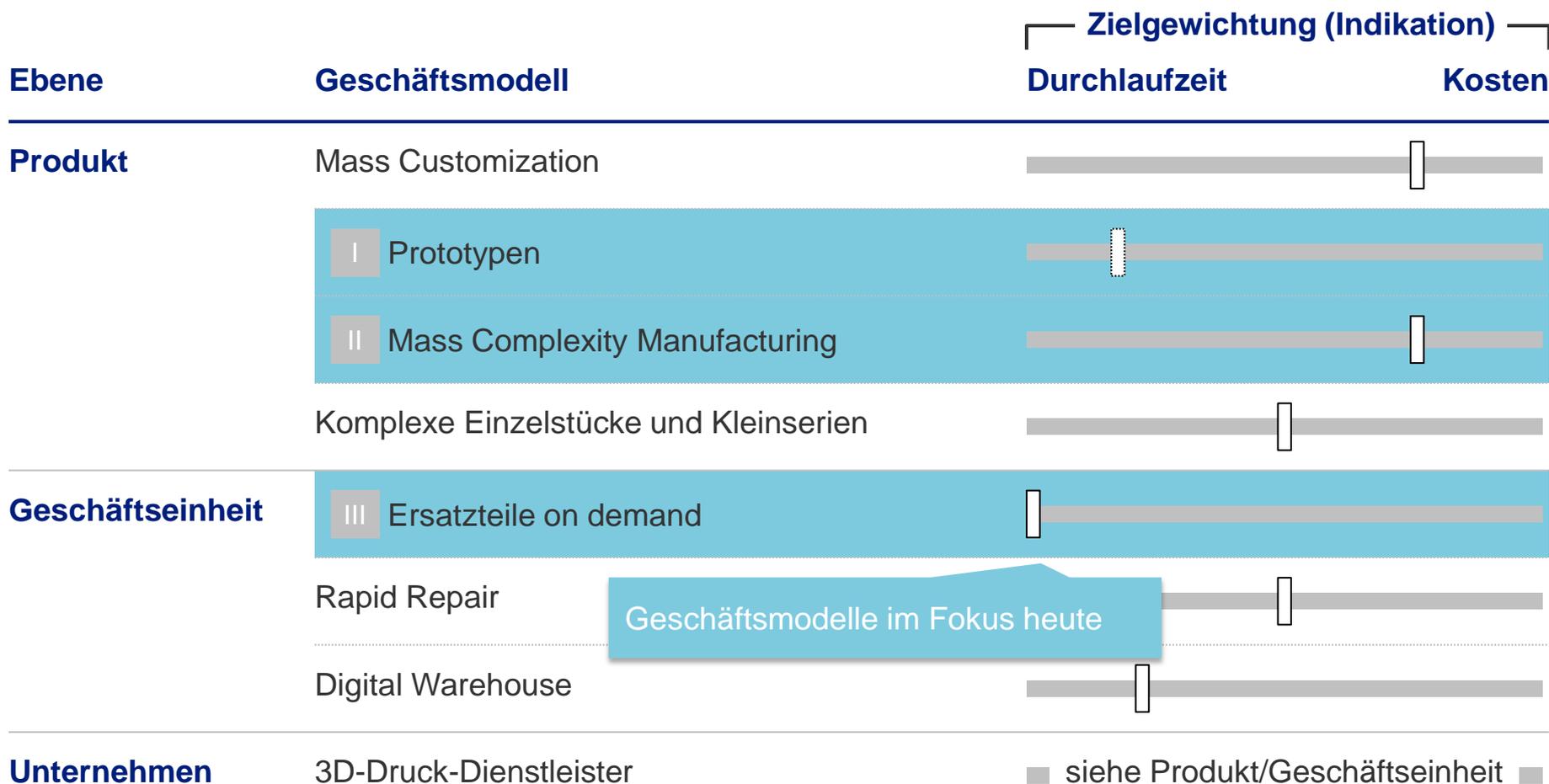
„Wir müssen den richtigen Automatisierungsgrad für die additive Fertigung bestimmen“

Hr. Hauck, Geschäftsführer MBFZ  
Toolcraft  
Hr. Hofmann, Geschäftsführer H&H

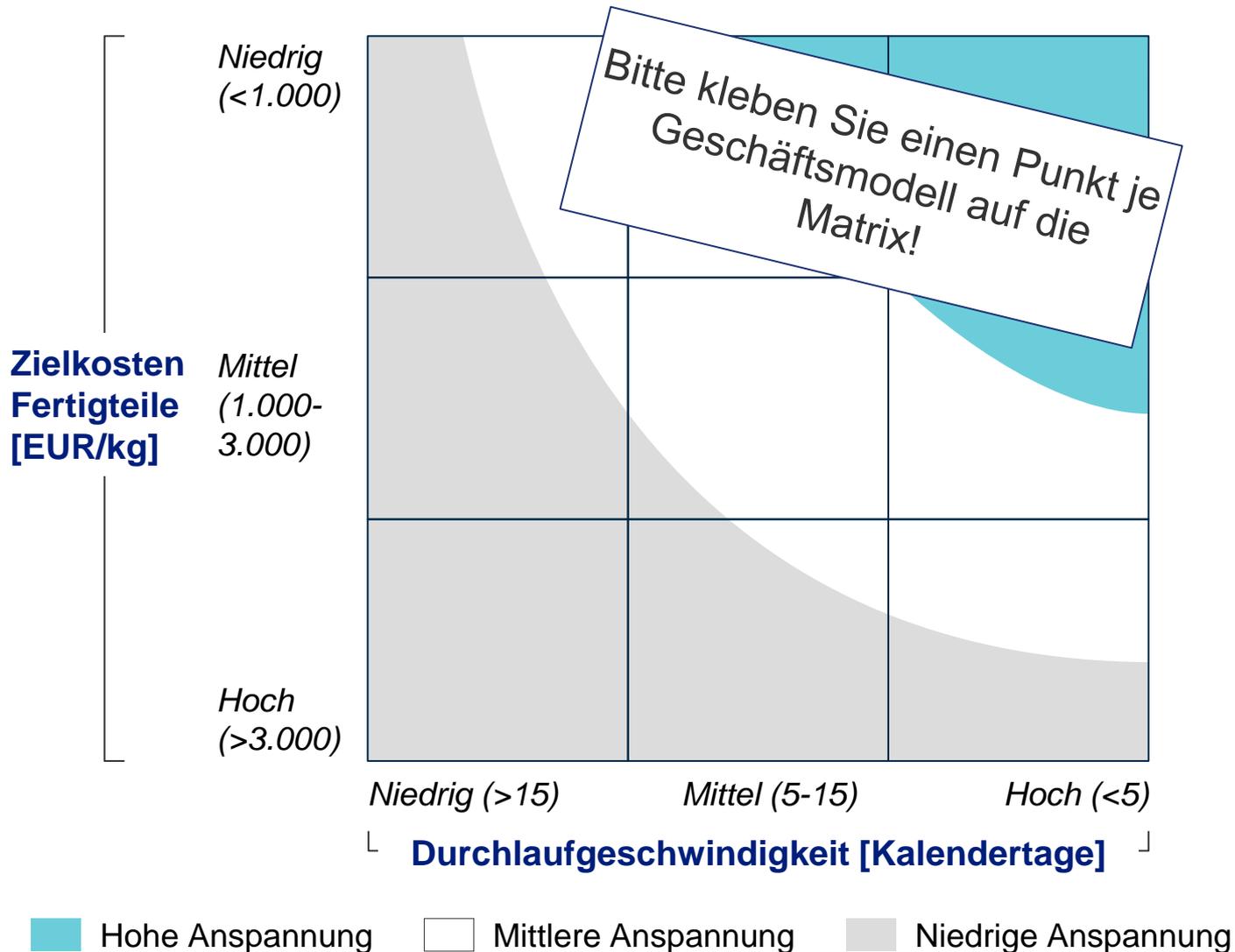
„Wir müssen wissen, mit welchen Kapazitätsbedarfen wir die additive Fertigung ausbalanciert skalieren können“

Hr. Hammerschmidt, Industrialization  
Manager Additive Manufacturing  
Premium AEROTEC

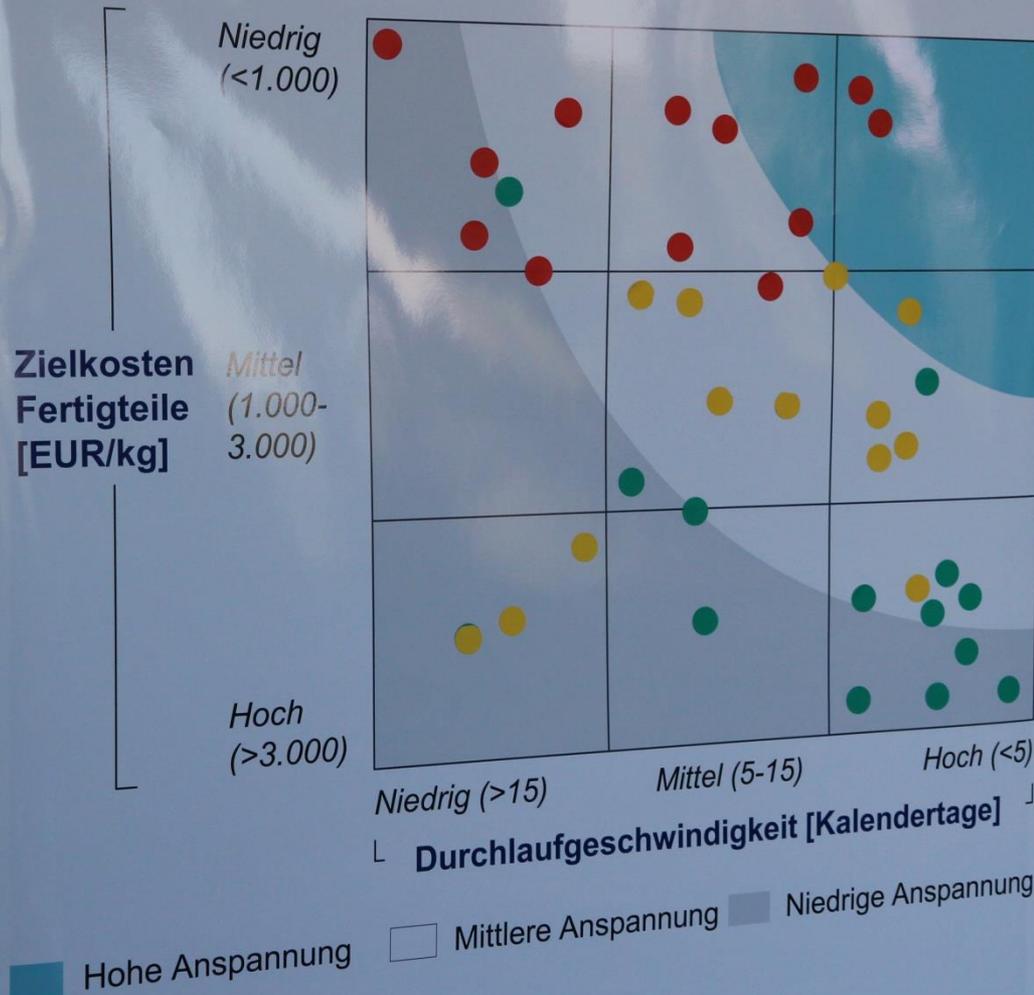
# Zunächst fokussieren wir uns auf die Anforderungen dreier Geschäftsmodelle



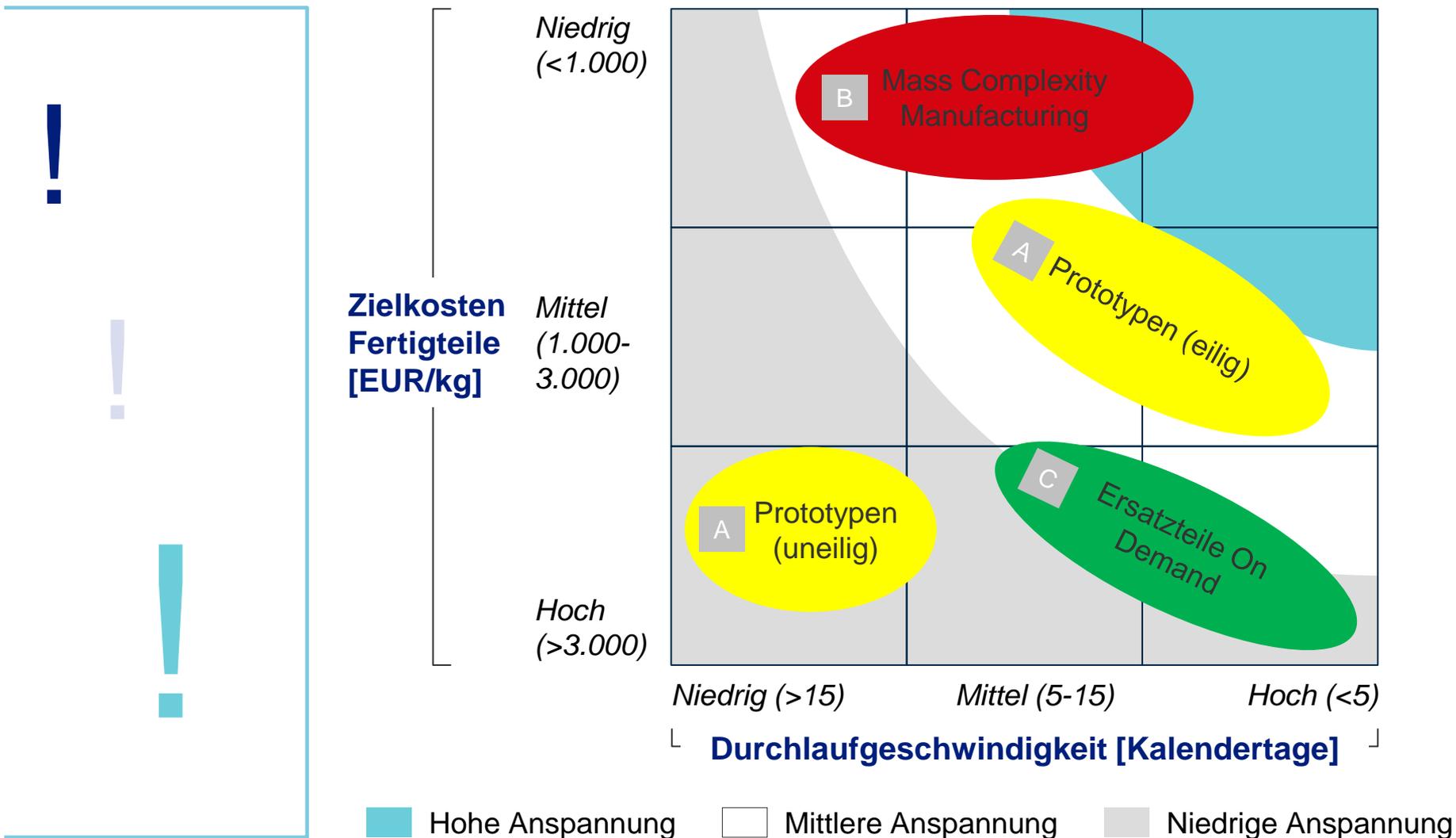
## Wie schätzen Sie **Zeit- und Kostenanforderungen** für die ausgewählten Geschäftsmodelle ein?



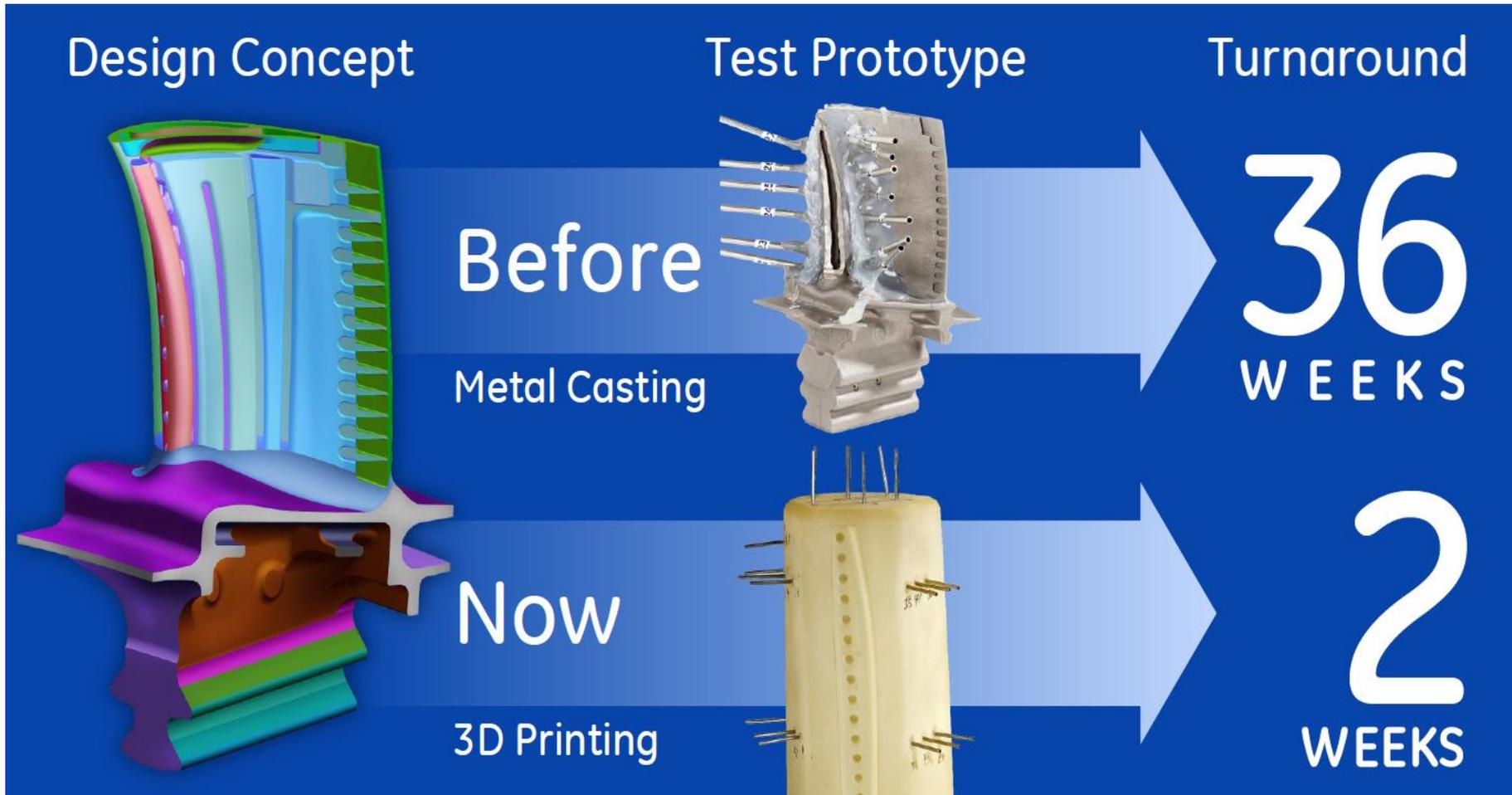
## Die drei Geschäftsmodelle stellen ein **individuelle Anforderungsprofile** an die effiziente Fabrik...



...und sind durch Durchlaufgeschwindigkeit- und Zielkostenkombinationen geprägt

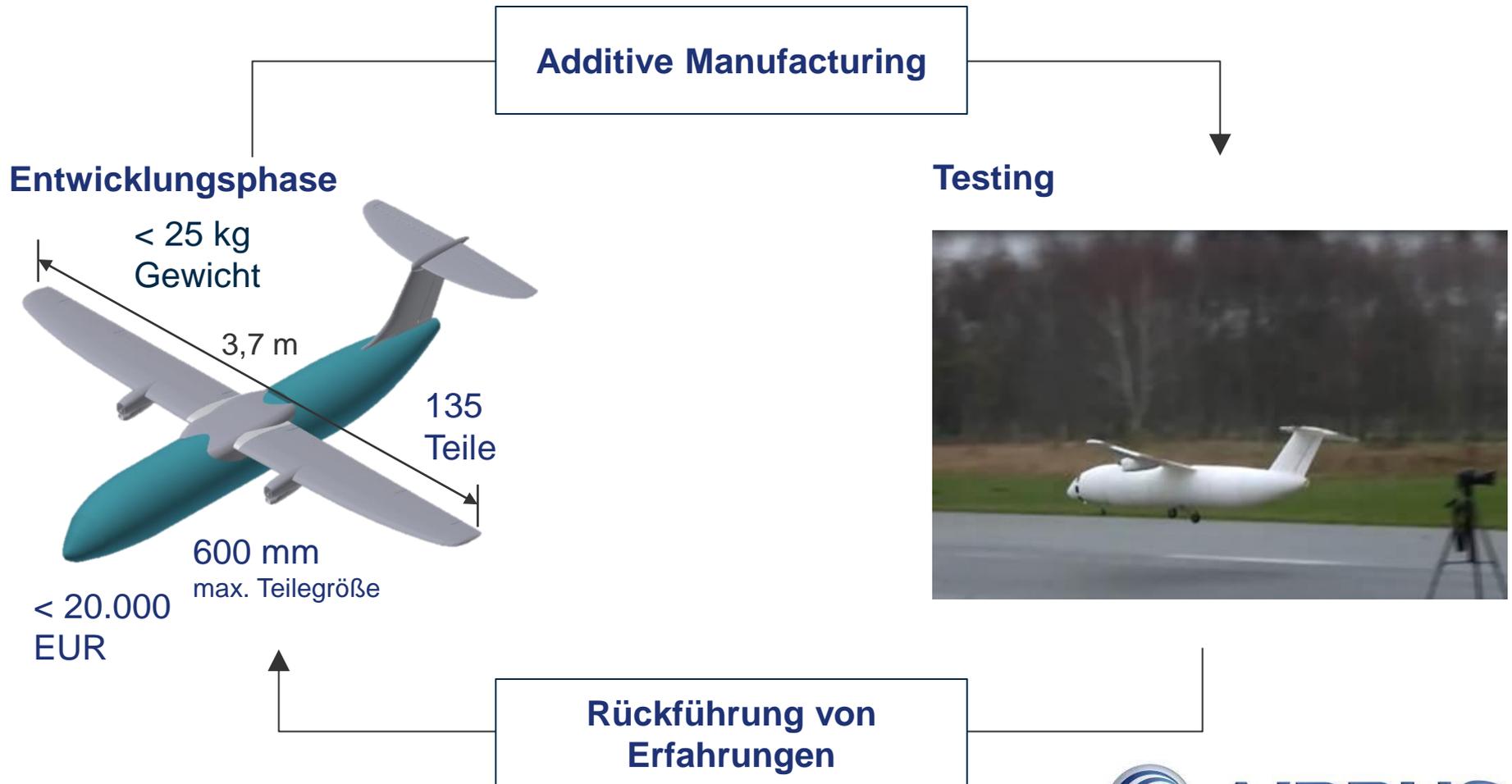


▶ Additiv gefertigte **Prototypen** können den PEP erheblich vereinfachen



Source: GE Aviation

▶ Rapid Prototyping kann im Sinne **agiler Entwicklungsprozesse** eingesetzt werden



## Mass Complexity Manufacturing am Beispiel der GE Fuel Nozzle – Vorteile bei Kosten und Funktion

### GE Fuel Nozzle for LEAP Jet Engine

January 2016 flying: The latest-generation Boeing 737 MAX, powered by LeapX 1-B Engines



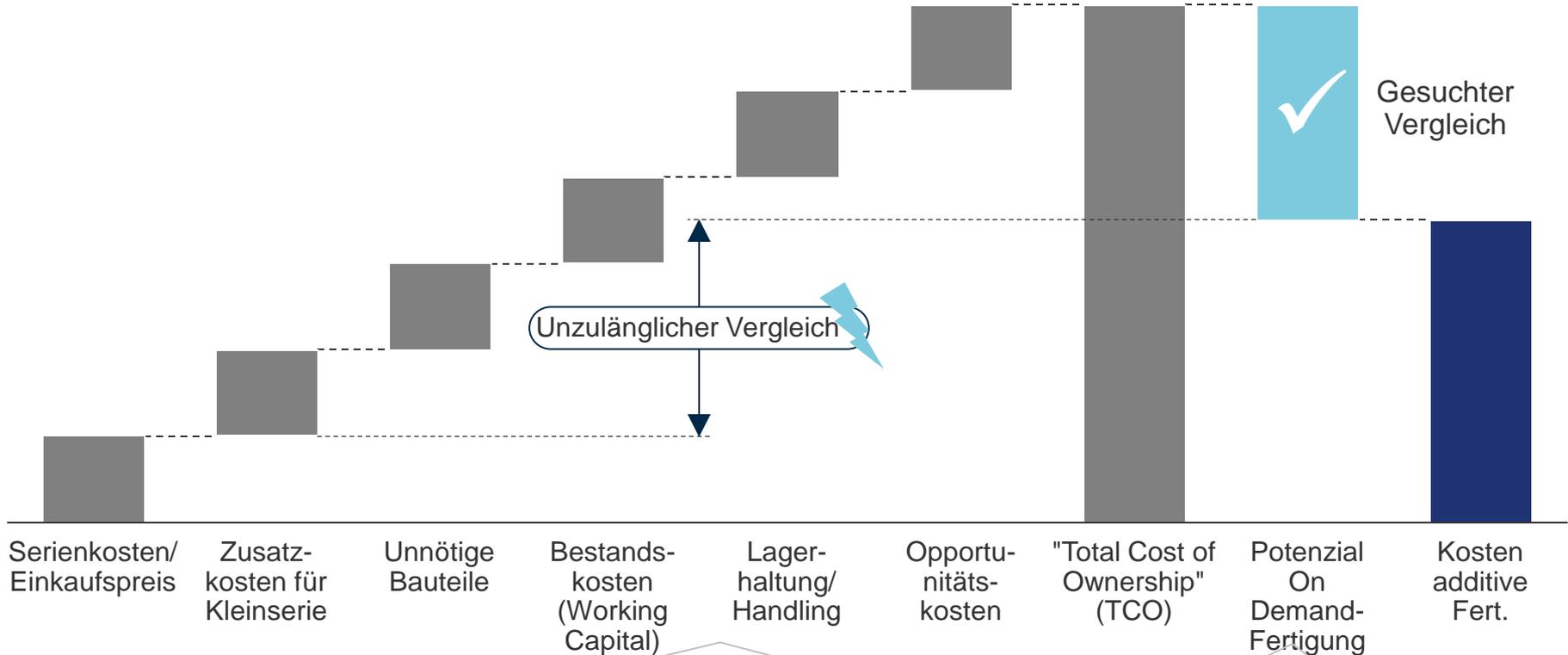
- 19 nozzles installed in every GE CFM LEAP engine
- Over 6700 engines ordered/sold
- A320neo / Boeing 737 MAX / Comac C919
- Part integration: 20 pieces to 1
- Improved internal structure
- 5 times more durable
- 25% less weight (450g)
- Material: Cobalt-Chrome

Source: GE Global Research

## Ersatzteile für die On Demand-Fertigung müssen Total Cost of Ownership reduzieren

### Konventionelle Prozesse<sup>1)</sup>

### Additive Fertigung



Eine oder mehrere der "versteckten Kostenarten" werden typischerweise übersehen – "Total Cost of Ownership"-Ansatz notwendig!

Additive Fertigung kann weitere Vorteile eröffnen (kürzere Durchlaufzeit, etc.)

1) Ja nach Anwendungsfall können Kostenarten (z.B. Opportunitätskosten) für die additive Fertigung anfallen

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

### 2 ...Luftfahrt

A Einleitung

**B Wettbewerb: Welches Team plant die effizienteste Fabrik?**

C Antworten und Lösungsansätze

D Ausblick

...

...

### 5 Ausblick

## Welches Team plant die effizienteste Fabrik?

In Kleingruppen planen Sie Fabriken für ausgesuchte Anwendungsfälle...

...und gewinnen mit etwas Geschick die Challenge um die effizienteste Fabrik



- Definition verschiedener Anwendungsfälle und Ziele
- Bildung von Gruppen aus 3-4 Teilnehmern
- Zuordnung von Anwendungsfällen zu Gruppen

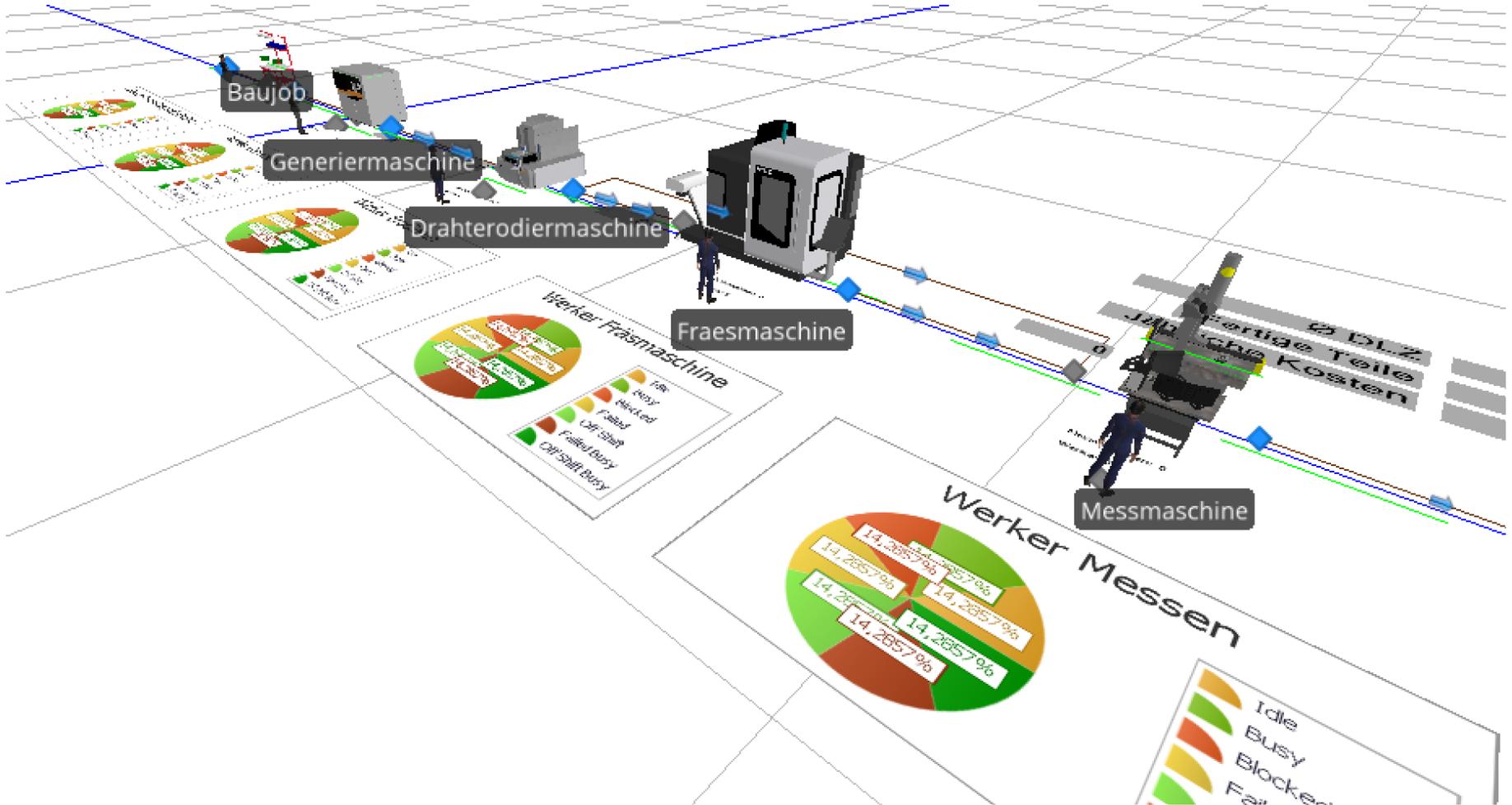
- Stillarbeitsphase
- Definition der Fabrikstrukturen, welche die definierten Ziele möglichst gut erfüllen

- Simulation der geplanten Fabrikstrukturen
- Vergleich der definierten Fabrikstrukturen
- Bestimmung gegenüber idealer Zielerfüllung (lt. Pareto-Front)
- Prämierung des besten Teams

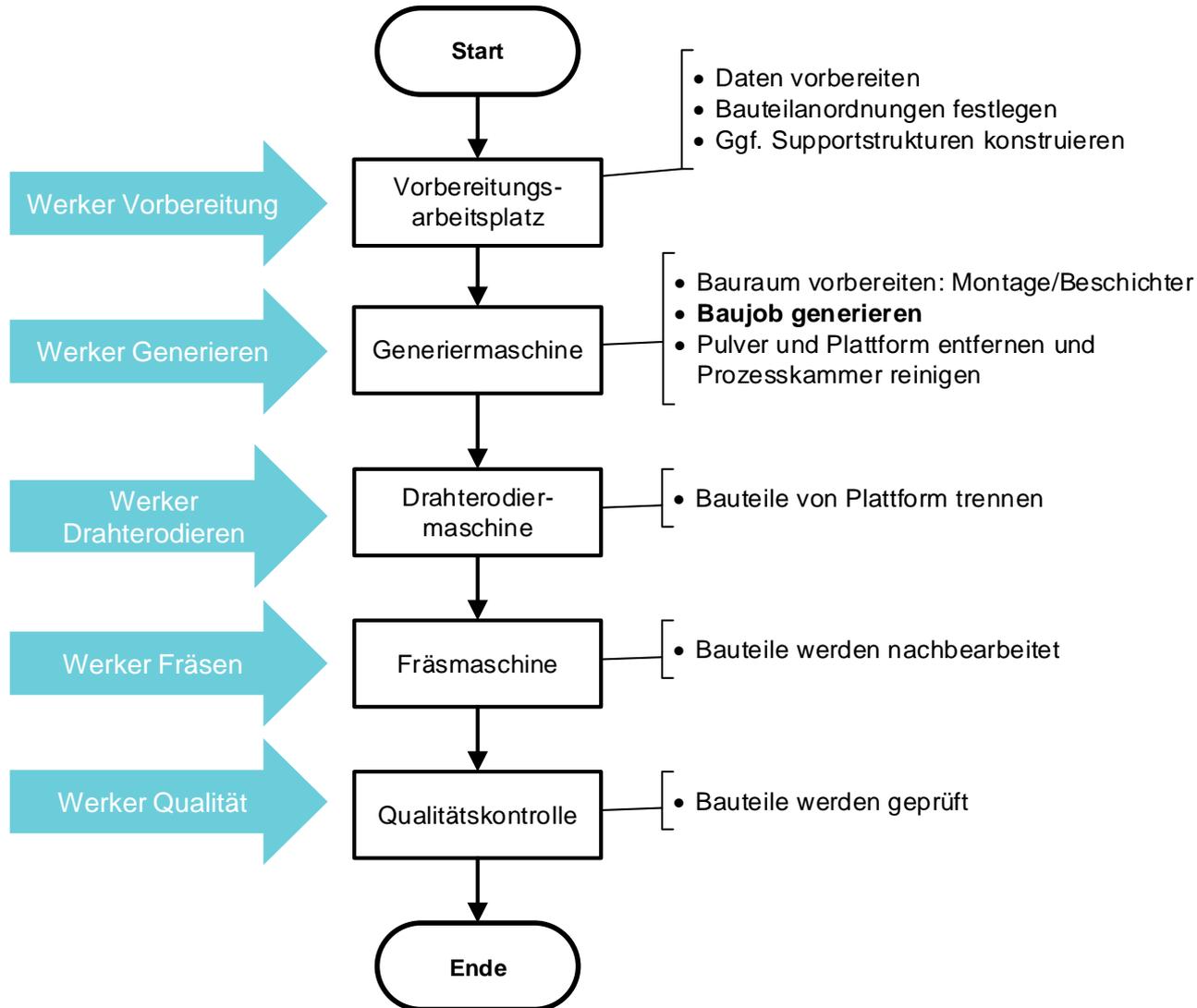


— Unterstützung und Simulation durch Moderatoren —

# Wir verwenden ein speziell für diesen Workshop vereinfachtes Simulationsmodell der additiven Fabrik



## Die modellierte Prozesskette besteht aus 5 Schritten und benötigt 5 verschiedene Werker



## Die Prozesskette der additiven Prozesskette wird durch das **Produktionsprogramm** bestimmt

<b>Merkmal</b>	<b>Ausprägung</b>
Anwendungsfall	Großserie
Bestellintervall	5 Tage
Bestellmenge	200
Anzahl div. Produkte	1
Teile auf Baujob	10
Werkstoffe	Titan
Qualitätskontrolle	100 % der Teile
Fräsen	100 % der Teile
Schichtbetrieb	1-Schichtbetrieb (08:00 bis 12:00 13:00 bis 17:00 Uhr)

## ▶ Zeitansatz Baujobabhängig

Prozessschritt	Prozesszeit [min]	Benötigte Ressourcen
Baujob vorbereiten	300-360 (gleichverteilt)	Vorbereitungsarbeitsplatz + Werker Vorbereitung
Generiermaschine rüsten	60-80 (gleichverteilt)	Generiermaschine + Werker Generieren
Generiermaschine Prozesszeit	2160	Generiermaschine
Generiermaschine abrüsten	40-60 (gleichverteilt)	Generiermaschine + Werker Generieren
Erodiermaschine Prozesszeit inkl. Rüsten	180-240 (gleichverteilt)	Erodiermaschine + Werker Erodieren

## ▶ Zeitansatz Bauteilabhängig

Prozessschritt	Prozesszeit [min]	Benötigte Ressourcen
Fräsmaschine rüsten	10	Fräsmaschine + Werker Fräsen
Fräsmaschine Prozesszeit	30	Fräsmaschine
Fräsmaschine abrüsten	10	Fräsmaschine + Werker Fräsen
Qualitätskontrolle	30-35 (gleichverteilt)	Messmaschine + Werker Messen

## Kosten für die Fabrikelemente und Werker

Ressource	Jährliche Kosten [Euro]
Vorbereitungs- arbeitsplatz	500
Drahterodier- maschine	20.000
Messmaschine	20.000
Fräsmaschine	50.000
Generiermaschine	100.000
Werker	60.000

▶ Bitte tragen Sie hier ihre ermittelten **Kapazitäten** ein!

Gruppe:

	geplante Kapazität [#]	Jährliche Kosten	Ergebnis
<b>Vorbereitungsarbeitsplätze</b>		500,00 €	
<b>Generiermaschinen</b>		100.000,00 €	
<b>Erodiermaschinen</b>		20.000,00 €	
<b>Fräsen</b>		50.000,00 €	
<b>Koordinatenmessmaschinen</b>		20.000,00 €	
<b>Werker Vorbereitung</b>		60.000,00 €	
<b>Werker Generieren</b>		60.000,00 €	
<b>Werker Erodieren</b>		60.000,00 €	
<b>Werker Fräsen</b>		60.000,00 €	
<b>Werker Messen</b>		60.000,00 €	
		<b>Summe:</b>	

**B** Wettbewerb: Welches Team plant die effizienteste Fabrik?

▶ Bitte skizzieren Sie hier Ihr **Fabriklayout!**



## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

### 2 ...Luftfahrt

A Einleitung

B Wettbewerb: Welches Team plant die effizienteste Fabrik?

**C Antworten und Lösungsansätze**

D Ausblick

...

...

### 5 Ausblick

## Planen Sie nun in Ihrer Gruppe Ihre anforderungsgerechte Fabrik!

Für Ihr ausgewähltes Geschäftsmodell:

# 1.

Planen Sie die Anzahlen benötigter Maschinen und Werker und berücksichtigen Sie dabei Kosten- und Durchlaufzeitziele!

Empfehlung: ca. 35 Minuten

# 2.

Zeichnen Sie ein Fabriklayout, in dem Ihre Lösung angeordnet ist!

Empfehlung: ca. 10 Minuten

Bitte tragen Sie Ihre Ergebnisse auf den ausgehändigten Vorlagen ein!

### Vorlage Kapazitätsplanung

Anwendungsfall	Nachbearbeitung durch Fräsmaschine	Fräsmaschine Rüsten [Min.]	Fräsmaschine Prozesszeit [Min.]	Fräsmaschine Abrüsten [Min.]	Bauteil messen inkl. Rüsten [Min.]
Großserie	100% der Teile	10	30	10	30-35 (Gleichverteilt)
Prototypen	0 % der Teile	×	×	×	30-35 (Gleichverteilt)
Ersatzteile on Demand	50 % der Teile	10	30	10	30-35 (Gleichverteilt)
Benötigte Ressource	×	Werker Fräsmaschine	×	Werker Fräsmaschine	Werker Qualität

### Vorlage Layoutzeichnung



Vorstellung der Ergebnisse: 15:45 Uhr

Nach einer **konzentrierten Arbeitsphase** wurden die **Ergebnisse** den übrigen Gruppen **vorge stellt**

### Konzentrierte Arbeitsphase

### Ergebnisvorstellung



## Es gibt zwei stolze Gewinner unseres Planungswettbewerbs – Herzlichen Glückwunsch!

### Team 4

- Hr. Burggraf
- Hr. Elbracht
- Hr. Kraft
- Hr. Vennemann

### Team 2

- Hr. Hammerschmidt
- Hr. Hoberg
- Hr. Süle



	1	2	3	4	5
Vorbereitungsp.	<del>8</del>	5	4	5	
Generiermaschinen	*10	10	5	8	
Erodermaschinen	3	1	1	3	
Fräsen	7	2	1	7	
Messmaschine	5	2	1	5	
Werkzeug Vorbereitung	6	5	4	5	
Werkzeug Generieren	2	2	1	2	
Werkzeug Erstarren	4	3	1	3	
Werkzeug Fräsen	4	4	1	3	
Werkzeug Messen	5	3	1	5	
Ziel: DLZ		✓		(✓)	
Ziel: Kosten	✓	✓	✓	✓	
DLZ erm. [D]	4,52	7,45 10,25	11,43	4,95	
Kosten erm. EULm	2177	777 ~118	1100	2139	
DLZ-P	4	2	1	3	
Kosten-P	1	3	4	2	
	4	6	4	6	

# Die Lösung kann über eine statische Berechnung angenähert werden

## Lösungsansatz:

	Werker	Maschine	Zeit pro Baujob [Min]	Zeit pro Tag für 4 Jobs bei Vollkontinuierlicher Beschäftigung	Kapazitätsbedarf pro Tag für 4 Jobs bei 8-h Schicht	Kapazitätsbedarf pro Tag für 4 Jobs bei 8-h Schicht (+Sicherheit - längere Laufzeit)
Arbeitsvorbereitung	X	X	330	1.320	4	5
Generiermaschine rüsten	X	X	70	280	1	2
Generierprozess		X	2.160	8.640	25	12
Generiermaschine abrüsten	X	X	50	200	1	2
Drahterodieren	X	X	210	840	2	3

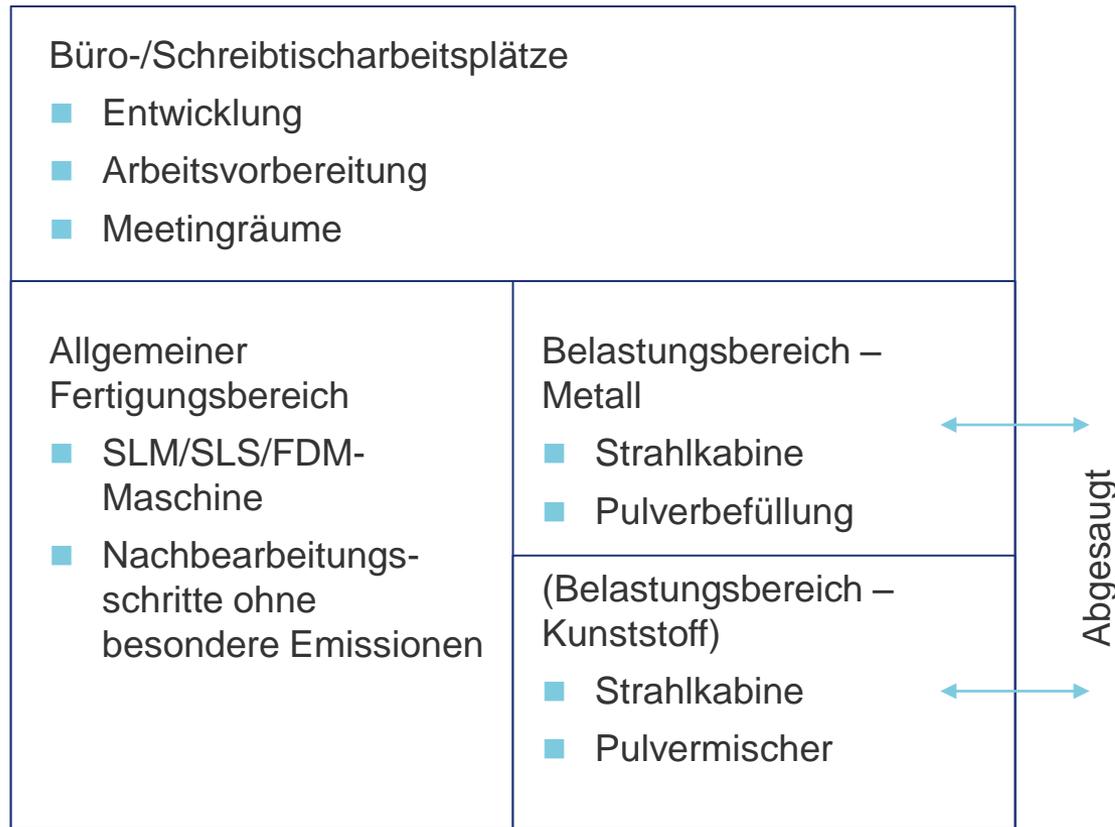
	Werker	Maschine	Zeit pro Teil [Min.]	Zeit pro Tag für 40 Teile bei Vollkontinuierlicher Beschäftigung	Kapazitätsbedarf pro Tag für 40 Teile bei 8-h Schicht	Kapazitätsbedarf pro Tag für 4 Jobs bei 8-h Schicht (+Sicherheit - längere Laufzeit)
Fräsmaschine rüsten	X	X	10	400	1	2
Fräsen		X	30	1.200	4	4
Fräsmaschine abrüsten	X	X	10	400	1	2
Qualitätskontrolle	X	X	33	1.300	4	5

## KPI:

Ø Bestellungen pro Jahr	73	
Ø Baujobs/Tag	4	
Ø Baujobs pro Bestellung	20	
Ø Teile auf Baujob	10	
Ø Teile pro Jahr	14.600	
Ø Teile pro Tag	40	
Jährliche Stunden (Vollkonti)	8.760	
Jährliche Stunden (8 Schicht)	2.080	24

## Layout: Zonen mit unterschiedlichen Anforderungen und Belastungen werden räumlich getrennt

### Raumkonzept (Empfehlung)



### Ergebnis

- Vier voneinander räumlich getrennte Bereiche für
  - Büro-/ Schreibtischarbeitsplätze
  - Allgemeiner Fertigungsbereich
  - Belastungsbereich – Metall
  - Belastungsbereich – Kunststoff
- Der Belastungsbereich wird mit explosionsgeschützter Absaugung ausgestattet

## Um einen ergonomischen Fabrikbetrieb zu ermöglichen, sind **verschiedene Hilfsmittel** einzusetzen

### Sauerstoffmessung

- Empfehlung: Einsatz bei externer Schutzgasversorgung (Arbeitssicherheit)
- Bei ausschließlicher Verwendung der Maschinengeneratoren: Entfall



### Vorgefilterte Absaugung

- Im Belastungsbereich (Kunststoff/Metall) empfohlen
- Messungen am LZN haben eine besonders Hohe Partikelbelastung im Bereich der Strahlkabinen gefunden



### Tägliche Hallenreinigung

- Verwendung einer Scheuersaugmaschine
- Maximalgröße der Maschine sollte durch Abstand zwischen Maschinen bestimmt werden



### Kühlung

- Zur Verbesserung des Wärmeabtransports (insbesondere bei großer Anzahl an Maschinen je Halle)
- Anschlussfähigkeit der Maschinen an Kreislauf per Spezifikation beachten



## In **konzentrierter Arbeit** haben die verschiedenen Gruppen Ihre Lösungen bestimmt



## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

### 2 ...Luftfahrt

A Einleitung

B Wettbewerb: Welches Team plant die effizienteste Fabrik?

C Antworten und Lösungsansätze

D **Ausblick**

...

...

### 5 Ausblick

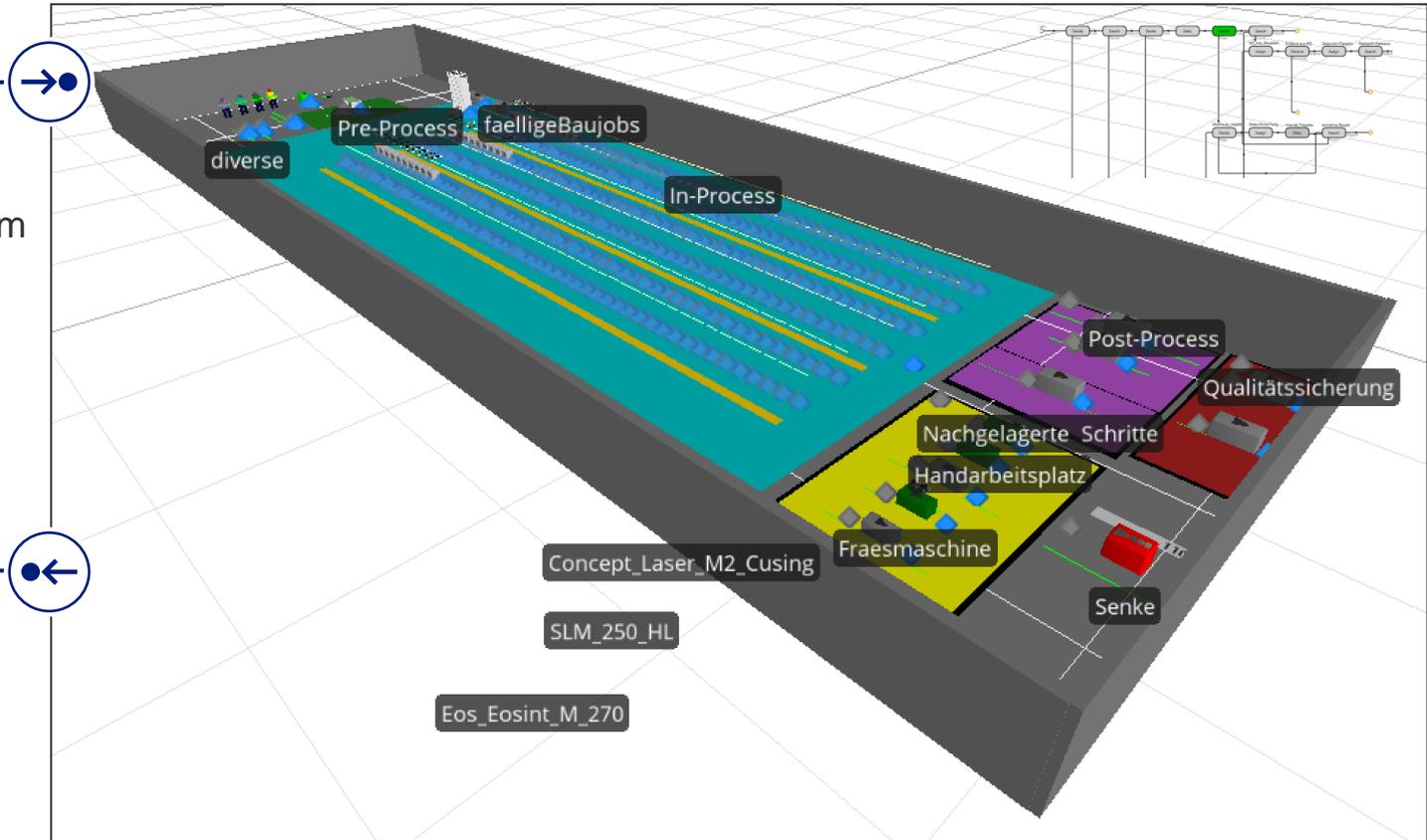
# Zur realitätsnahen Bewertung von Fabrikstrukturen wurde ein umfassenderes Fabrikmodell erstellt

## Eingangsgrößen

- Fabrikstruktur
- Leistungsparameter
- Produktionsprogramm

## Ausgangsgrößen

- Fabrikstrukturkosten
- Durchlaufzeiten je Produkt
- weitere logistische Zielgrößen



# Neben Kapazitäten müssen weitere Einflussgrößen berücksichtigt werden

## Einflussgrößen

### Kapazitäten

- # Maschinen
- # Werker

### Schichtsystem

- 1/2/3-Schichten / vollkontinuierlich

### Disposition

- Werkstoffwechsel?

### Wertschöpfungstiefe

- Make-or-buy-Entscheidung

### Fertigungsprinzipien

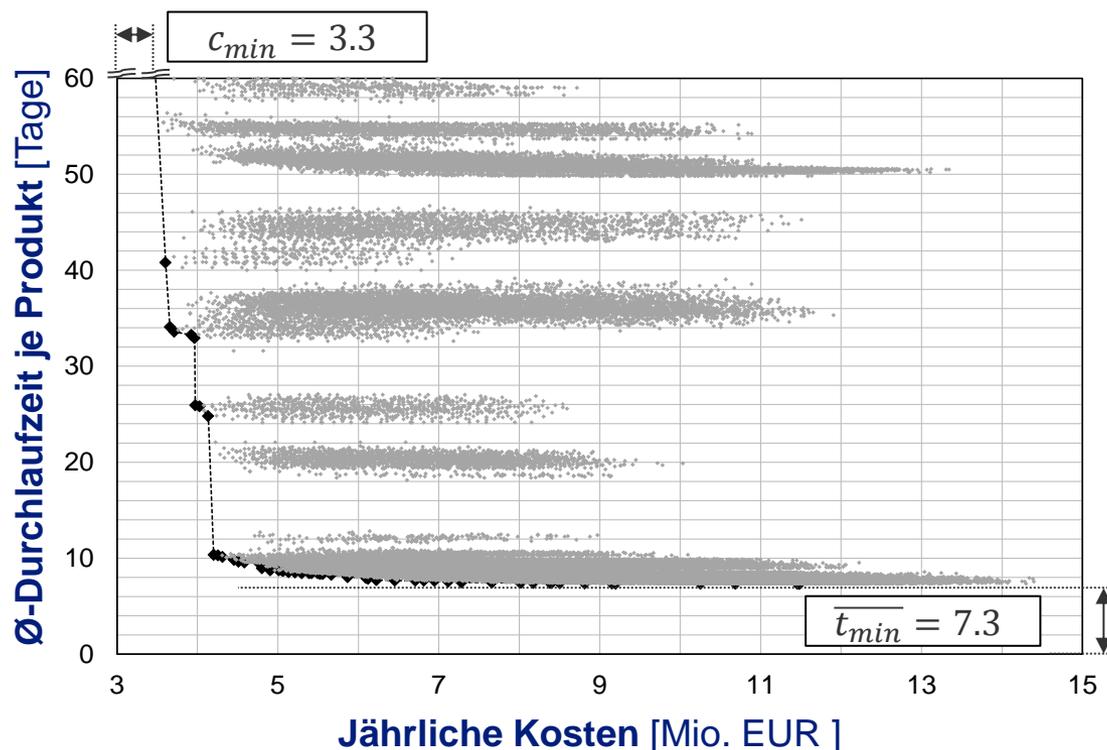
- Werkstatt vs. Reihe
- Losbildungsmechanism.

Realisiert

Zukunft

Siehe Vortrag „Effiziente Fabrikkonzepte für die additive Fertigung“

## Pareto-Front (Beispiel mit $n \approx 100.000$ Konfigurationen)



# Zum weiteren Lesen: Publikationen zu verschiedenen Aspekten additiver Fabrikstrukturen

## Journal-Beitrag\*

### Industrialisierungsstudie Additive Fertigung



Möhrle, Markus; Müller, Jonas; Emmelmann, Claus (2017): Industrialisierungsstudie Additive Fertigung. Herausforderungen und Ansätze. In: *RTejournal - Forum für Rapid Technologie 2017*. Online verfügbar unter <https://www.rtejournal.de/ausgabe-14-2017/4493/>.

## Journal-Beitrag\*

### Potenzial additiver Ersatzteilerfertigung in der Luftfahrtindustrie



Möhrle, Markus; Bloempott, Stephan; Rissiek, Jörg; Emmelmann, Claus (2016): Potenziale additiver Ersatzteilerfertigung in der Luftfahrtindustrie. Zur Technologiefähigkeit neuer Prozessketten für die globale Ersatzteilversorgung. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF* 111 (12), S. 813-819.

## Journal-Beitrag\*

### Fabrikstrukturen für die additive Fertigung



Möhrle, Markus; Emmelmann, Claus (2016): Fabrikstrukturen für die additive Fertigung. Gestaltung der anforderungsgerechten Fabrikstruktur für die Produktion der Zukunft. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF* 111 (9), S. 505-509.

## Keynote-Rede Bionic Smart Factory 4.0 – Fabrikstruktur zum industriellen 3D-Druck



Möhrle, Markus (2016): Bionic Smart Factory 4.0 - Fabrikstruktur zum industriellen 3D-Druck. 21. Fachtagung Rapid Prototyping, Lemgo. Online verfügbar.

## Invited talk

### How can AM factories match cost and lead time requirements?



Möhrle, Markus (2017): How can AM factories match cost and lead time requirements? Configuration and optimization of AM factories for different production programs. Lasers in Manufacturing Conference 2017. Online verfügbar.

\* ) Im Peer-review-Verfahren unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten begutachtet

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



### 3 ...Automobil

#### A Einleitung

#### B Effizienz 4.0

#### C Digitalisierung der Blechfertigung

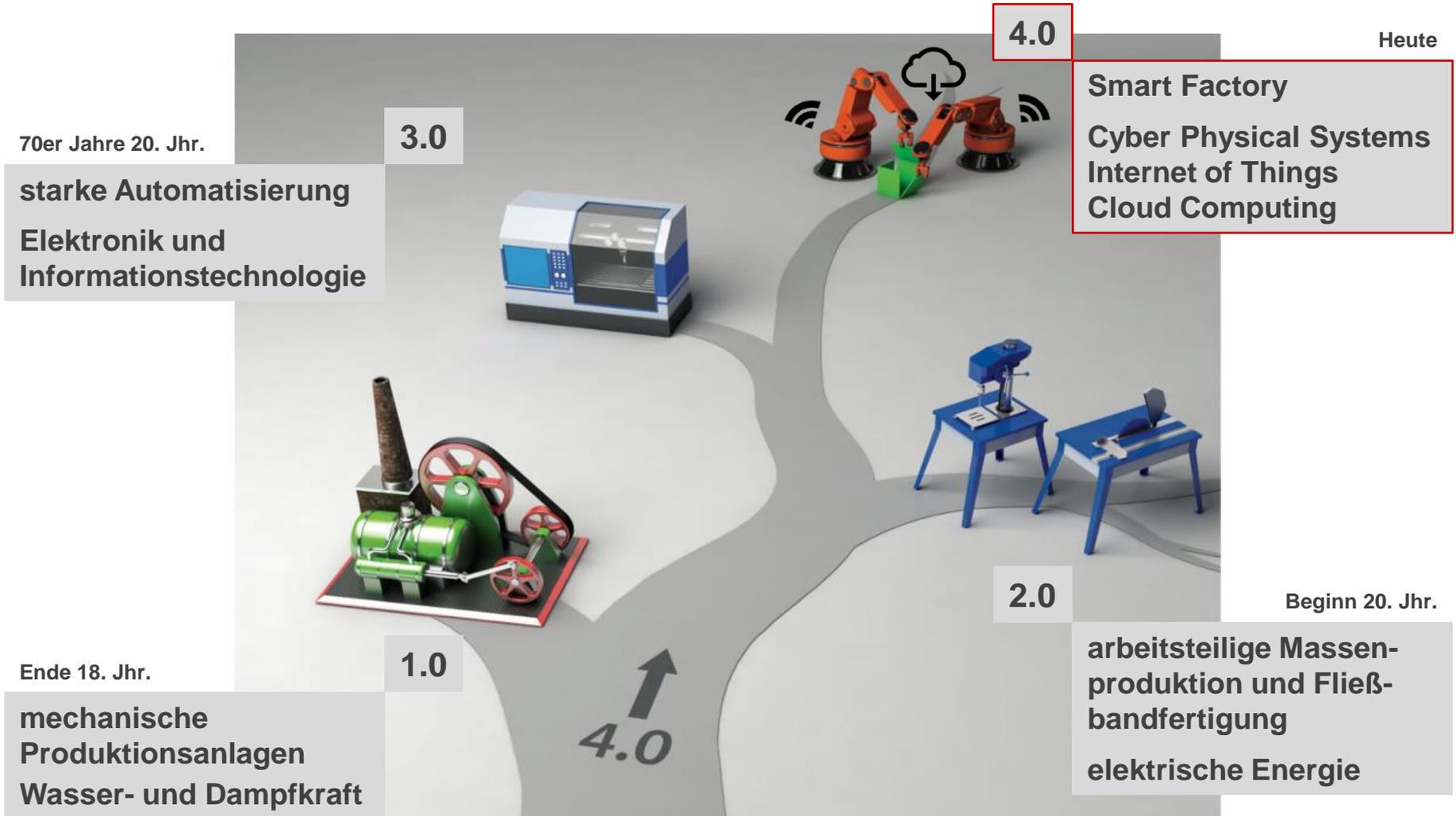
#### D Ausblick



### 5 Ausblick



# Industrie 4.0 – Eine Entwicklung





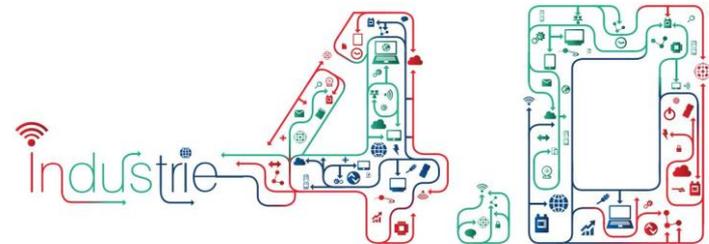
## Smart Factory – Individualisierte Massenprodukte

„In der Fabrik der Industrie 4.0 koordinieren intelligente Maschinen selbstständig Fertigungsprozesse, Service-Roboter unterstützen Menschen in der Montage bei schweren Arbeiten, fahrerlose Transportfahrzeuge kümmern sich eigenständig um Logistik und Materialfluss.“

Vernetzung findet aber nicht nur innerhalb von ‚intelligenten Fabriken‘ statt, sondern über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg – zwischen verschiedenen Akteuren der Wirtschaft: Vom mittelständischen Logistikunternehmen über spezialisierte technische Dienstleister bis zu kreativen Start-ups.“



- Digitalisierung (der Prozessabläufe)
- Wirtschaftlichkeitssteigerung
- intelligente Ressourcennutzung



## Intelligente Produktionsverfahren und neue Geschäftsmodelle

- Wie sieht die Produktion in der Industrie 4.0 aus?
- Was bedeutet das für unsere Wirtschaft?
- Welche Chancen und Herausforderungen bietet die vierte industrielle Revolution?

### Zahlen zu Industrie 4.0 für den Standort Deutschland

40 

**Milliarden Euro**  
bis 2020 geplante jährliche Investitionen der deutschen Industrie in Industrie 4.0 Anwendungen

20 

**Prozent der Unternehmen**  
in der Automobilindustrie nutzen bereits jetzt selbststeuernde Anlagen

153 

**Milliarden Euro**  
zusätzliches volkswirtschaftliches Wachstum durch Industrie 4.0 bis 2020

83 

**Prozent der Unternehmen**  
sehen einen hohen Digitalisierungsgrad ihrer Wertschöpfungsketten im Jahr 2020



**flexibler, individueller und effizienter produzieren**

# ▶ Gliederung

## 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



## 3 ...Automobil

**A** Einleitung

**B** **Effizienz 4.0**

**C** Digitalisierung der Blechfertigung

**D** Ausblick



## 5 Ausblick



## Wandel der Produktion durch Effizienz 4.0

„Der Einsatz digitaler Technologien in der Industrie wird eine Vielzahl an neuen Produktionsverfahren, Geschäftsmodellen und Produkten hervorbringen.

Eine Produktionslinie muss beispielsweise nicht mehr auf ein Produkt festgelegt sein. Dadurch ändern sich die Anforderungen an die industrielle Fertigung.

Durch IT-Unterstützung wird es möglich sein, Bearbeitungsstationen flexibel an eine sich verändernde Produktpalette anzupassen. Dabei können Kapazitäten optimal ausgelastet werden.

Darüber hinaus können die automatisierten Analyseverfahren auch Wartungsbedarfe und Ausfallrisiken aufzeigen.“





# Digitale Prozesskette



Interaktive Bedienung



Cyber Physical Systems



Datensammlung



Digitaler Zwilling



Überwachung



Transparenz



User Experience



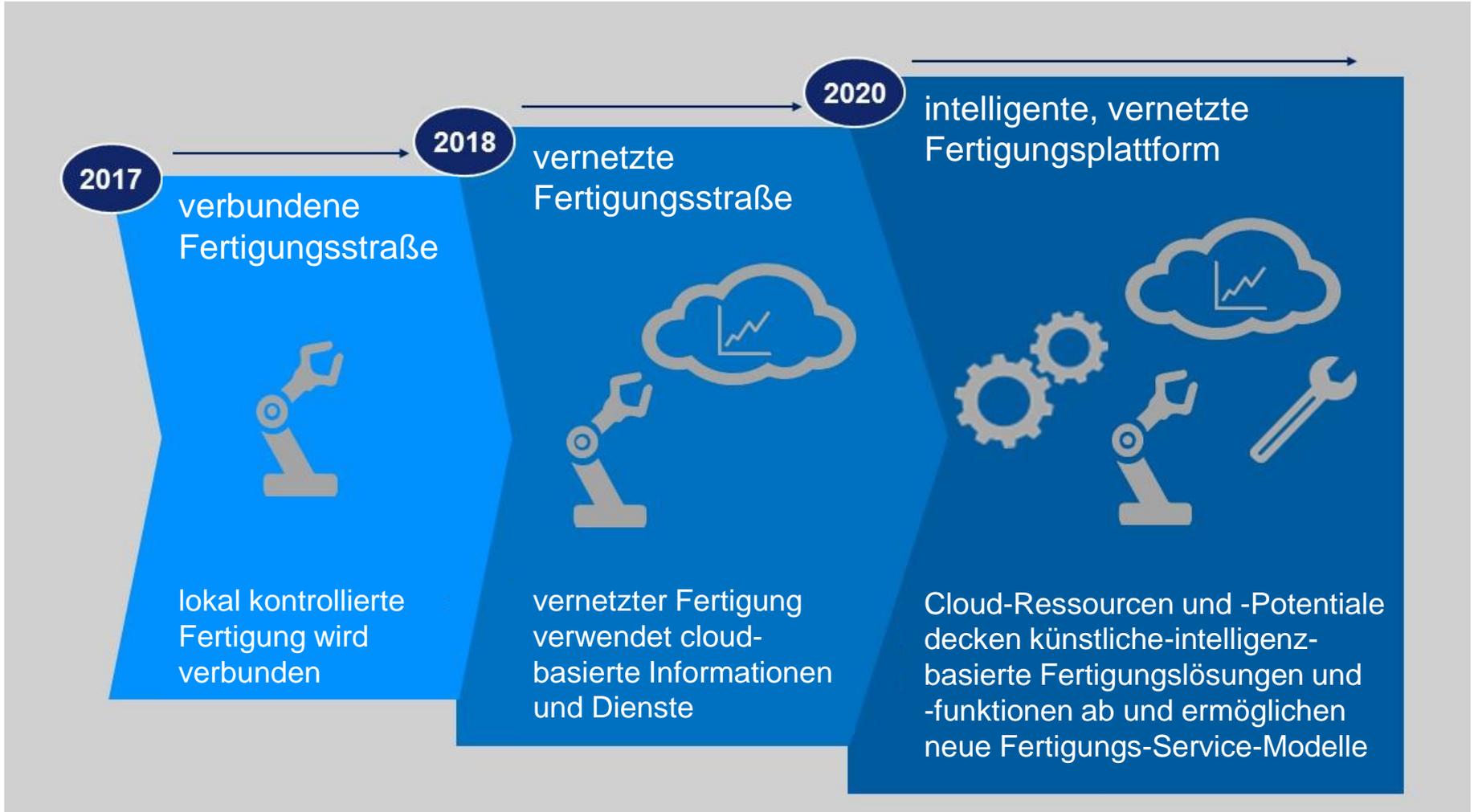
Sicherheit

System Protected

Quelle: fotolia, techtag, deutsche telekom, amazone web service, siemens, alex devero



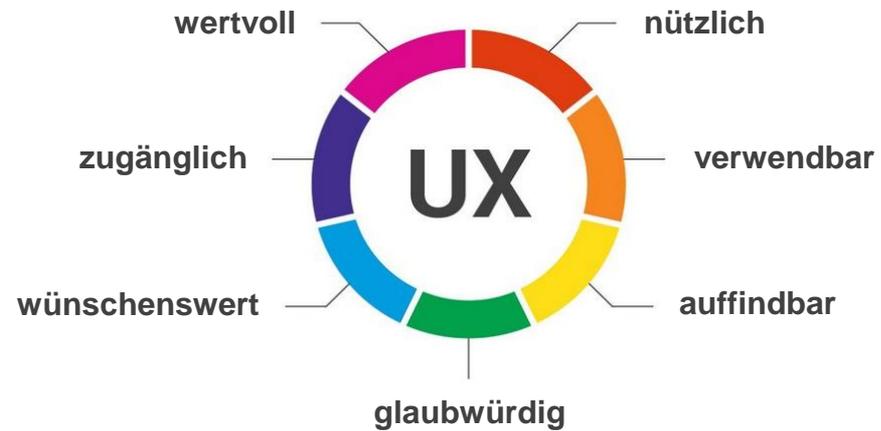
# Cyber Physical Systems (CPS)



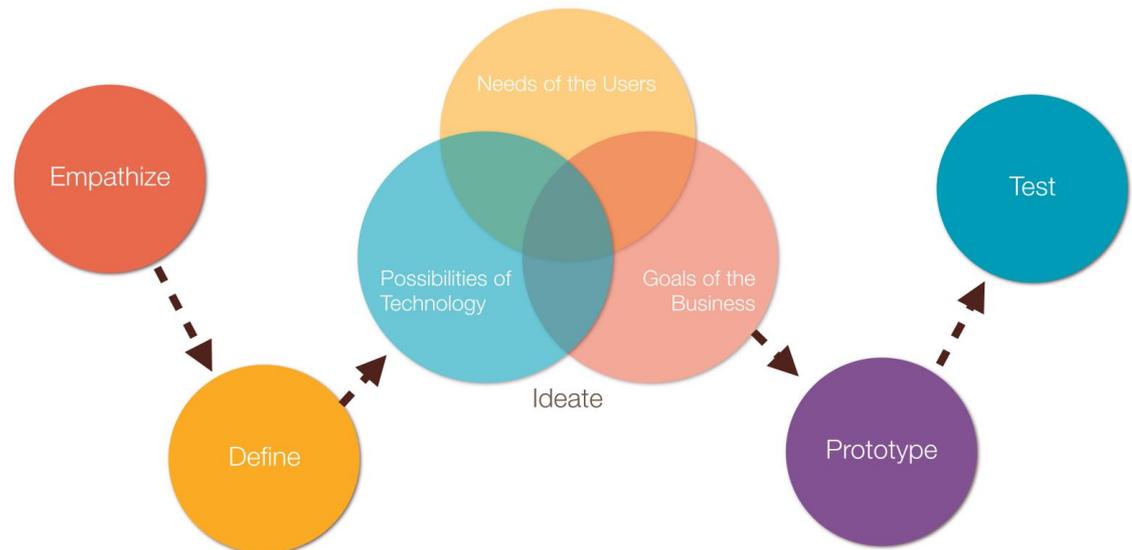


## User Experience (UX)

- 7 Faktoren nach Peter Morville



- Design-Prozess



Quelle: interaction design foundation, effectiveui



## User Experience (UX) – 7 Faktoren nach Morville

### nützlich

Nur nützliche und wettbewerbsfähige Produkte können am Markt bestehen. Den Nutzen bestimmt der Anwender.

### verwendbar

Ein Produkt muss effektiv und effizient verwendbar sein.

### auffindbar

Ein gutes Produkt muss ein unverwechselbare Merkmale haben, um es unter tausend anderen aufzufinden.

### glaubwürdig

Die Einhaltung der angepriesenen Produkteigenschaften erzeugt Glaubwürdigkeit.

### wünschenswert

Ein Produkt benötigt ein Image, eine Identität und ein ansprechendes Design.

### zugänglich

Ein erfolgreiches Produkt muss alle erreichen und einbeziehen.

### wertvoll

Ein wertvolles Produkt muss ein Problem kostengünstig und nachhaltig lösen.

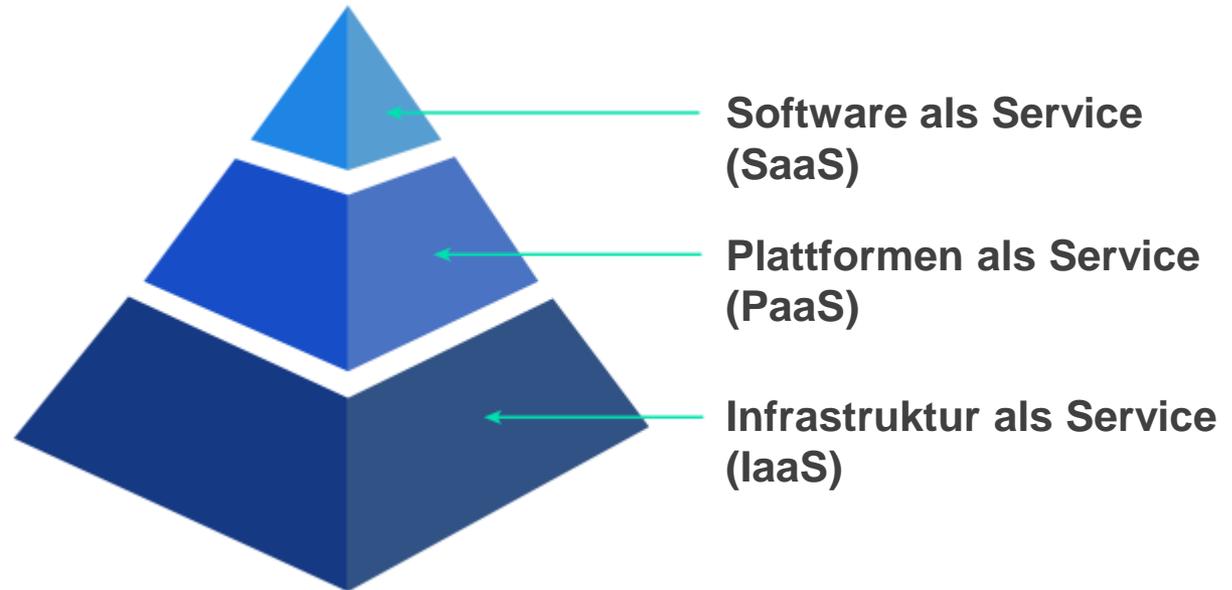


## Cloud Computing (CC)

- Zugriff auf gemeinsamen, konfigurierbaren, skalierbaren Pool von Ressourcen
- On-Demand-Computing (Server, Netzwerke, Speicher, Anwendungen, Services für Skalierbarkeit und Kohärenz)

### Cloud Computing Modell

- Public  
(Verkauf auf Anfrage)
- Private  
(Sicherheit und Kontrolle über die Unternehmensinfrastruktur behalten)
- Hybrid  
(skalierbare und automatisierbare Infrastruktur)





## Was wird für die Effizienz 4.0 benötigt?

- Es stellt sich die Frage, was in der Industrie unter dem Begriff Industrie 4.0 und im Konkreten unter dem Begriff Effizienz 4.0 verstanden wird.
- Mit der Methode des Brainstormings lassen sich viele verschiedene Aspekte unterschiedlicher Gruppierungen wertfrei zusammentragen.
- Die Mindmap illustriert gesammelte Aspekte aus dem Workshop.





## Wahl der 6 wichtigsten Themenfelder

- Zur näheren Betrachtung werden aus den zusammengetragenen Aspekten des Brainstormings Schwerpunktfelder herausgearbeitet.
- Dazu eignet sich besonders die leicht abgewandelte 1/3+1-Methode.
- Als Ergebnis kristallisieren sich **6 wichtige Themen** heraus, die anhand eines einführenden Beispiels näher unter dem Begriff der Effizienz 4.0 untersucht werden.

### leicht abgewandelte 1/3+1-Methode

- Bestimmung der Gesamtanzahl an Aspekten
- Auswahlzahl = Gesamtanzahl / 3 + 1
- Jeder Teilnehmer wählt selber und geheim über die Auswahlzahl seine Favoriten.
- Die Häufigkeit der gewählten Aspekte wird an der Brainstorming-Übersicht markiert.



Mit der 1/3+1-Methode wurden im Workshop die 6 wichtigsten Themenfelder ausgewählt.

Selbstdiagnose

### II

Datensicherheit

### II

Big Data Handling

### II

Selbstorganisation

### II

vernetzte Schnittstellen

### IIII

wandlungsfähige Anlagentechnik

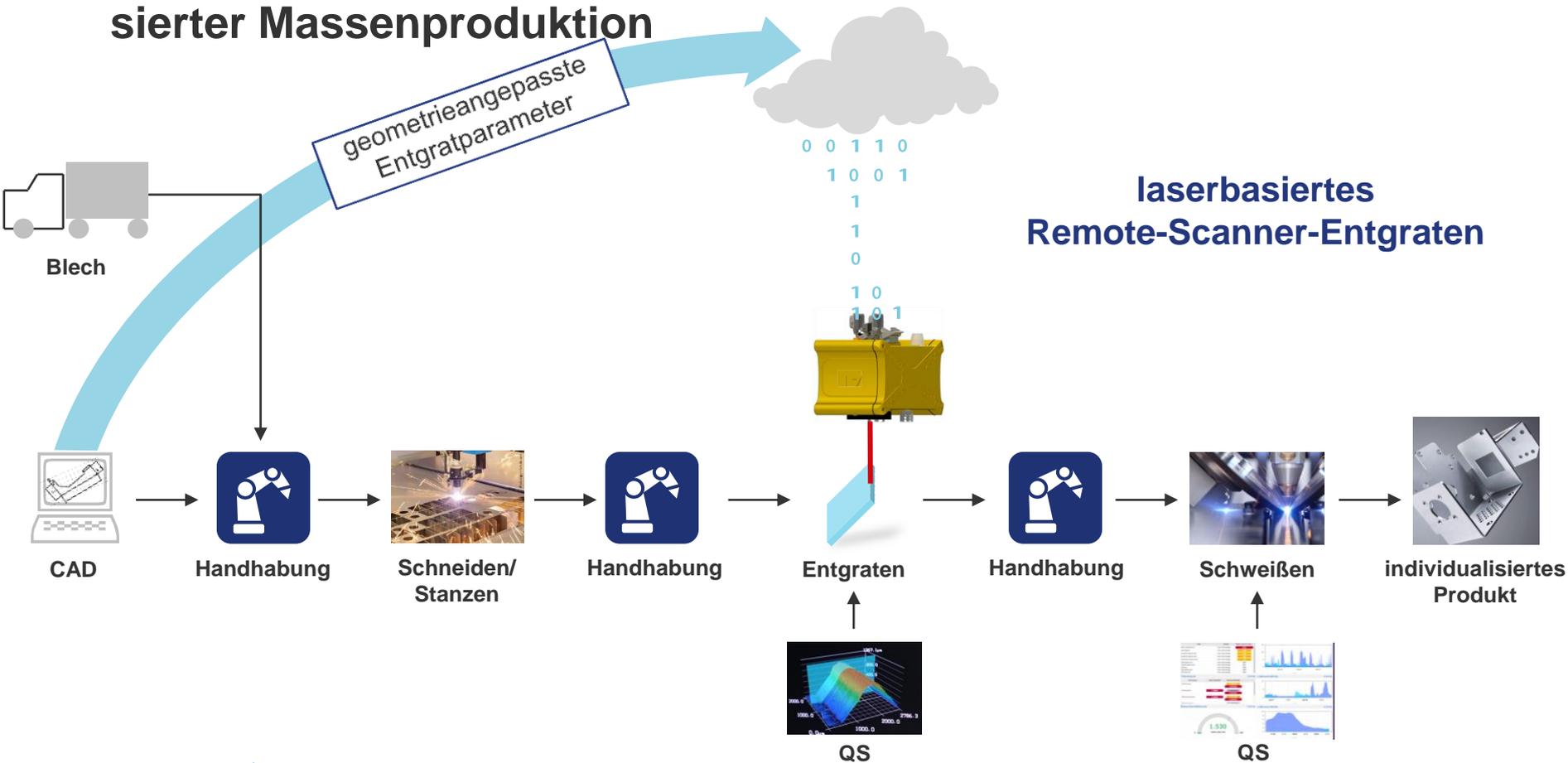
### IIII



## Überblick aller Aspekte und deren Häufigkeit

Aspekt	Häufigkeit	Aspekt	Häufigkeit	Aspekt	Häufigkeit
interaktive Bedienung		Verhaltensmodelle	###	Selbstorganisation	###
interaktive Fehlerlogbuch		Echtzeit		Selbstdiagnose	###
digitale Prozessbeschreibung	###	hoher Automatisierungsgrad	###	Nachverfolgbarkeit	###
Rechte		Produktdesign		Abwärtskompatibilität	
↳ Rechtslage		Fuzzy Production		wandlungsfähige Anlagentechnik	### ###
↳ Schutzrechte		vernetzte Schnittstellen	###	Big Data Handling	###
↳ Standards und Normen	###			↳ Datensicherheit	###
				↳ Datenhoheit	
				↳ Datendurchgängigkeit	###
				↳ Transparenz	

# Einführendes Fallbeispiel: Digitalisierung der Prozesskette als Motor individualisierter Massenproduktion



vollständig digitalisierte und automatisierte Wertschöpfungskette

Wie sieht die Fertigung von morgen aus?

## ▶ Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



### 3 ...Automobil

A Einleitung

B Effizienz 4.0

**C Digitalisierung der Blechfertigung**

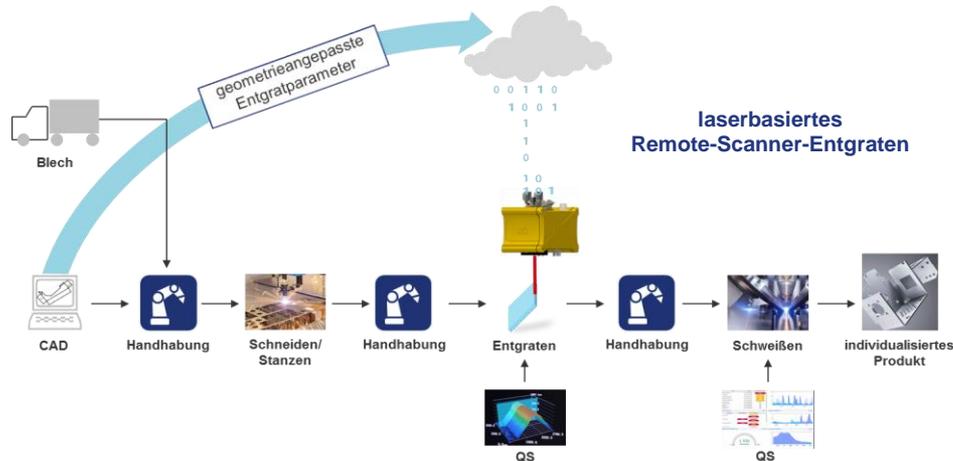
D Ausblick



### 5 Ausblick

# Digitalisierung in der Blechfertigung

## Fallbeispiel: Gratfreie Blechbauteile



- Zur Verdeutlichung der zentralen Bedeutung von Effizienz wird als Fallbeispiel die Automatisierung der Blech-Bauteilfertigung näher betrachtet. Während die Schneid- und Schweißprozessschritte bereits automatisiert wurden, konnte sich bislang noch kein Verfahren für das kostenintensive Entgraten etablieren, sodass dies in der Regel weiterhin händisch durchgeführt wird.

- Im Sinne einer vollnetzten und automatisierten Prozesskette wurde ein Entgratprozess entwickelt, der sich problemlos in eine Industrie 4.0 Umgebung einbinden lässt und damit die Effizienz in der Blechfertigung maximiert.

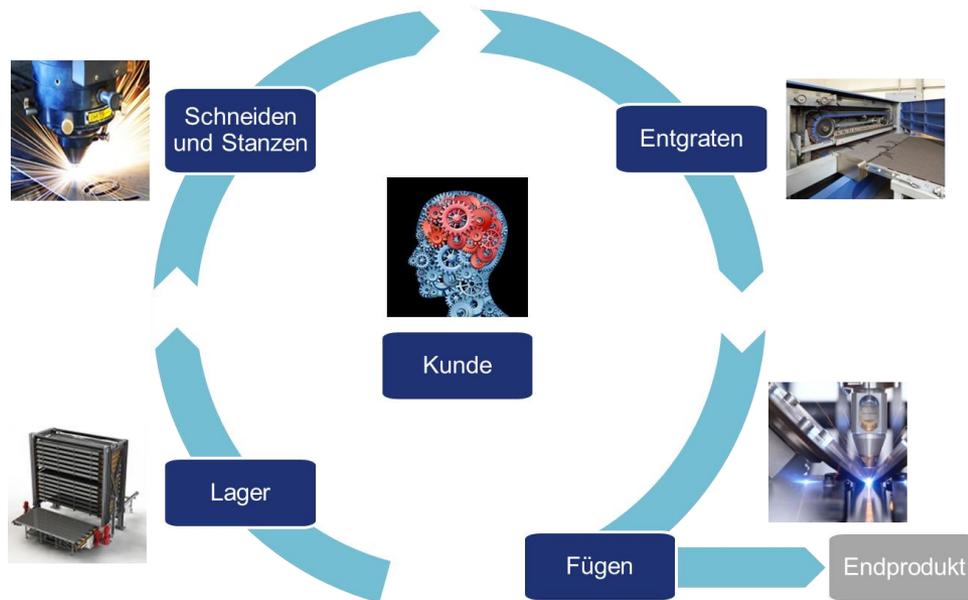


Quelle: Trumpf



## Effizienz 4.0 in der Blechfertigung

### Fallbeispiel: Gratfreie Blechbauteile



- Die Prozesskette der gratfreien Blechfertigung lässt sich in die fünf Kernelemente **Lager**, **Schneiden und Stanzen**, **Entgraten**, **Fügen** und **Kunde** unterteilen. Um eine effiziente und wettbewerbsfähige Prozesskette zu ermöglichen, müssen die einzelnen Bereiche durch die Entwicklungen der Effizienz 4.0 automatisiert und digitalisiert werden.

- Im Rahmen des Workshops erarbeiten die Teilnehmer in 6 Gruppen Lösungskonzepte für eine Umsetzung innerhalb dieser Bereiche der Prozesskette in der Verbindung mit den zuvor extrahierten 6 wichtigen, effizienzsteigernden Themenfeldern **Selbstdiagnose**, **Big Data Handling**, **vernetzte Schnittstellen**, **Datensicherheit**, **Selbstorganisation** und **wandlungsfähige Anlagentechnik** durch eine Verknüpfungsmatrix, die die zusammengeführten erforderlichen Aktionen, Eigenschaften und Interaktionen zur Konzepterfüllung widerspiegelt.



## Aktionen, Eigenschaften und Interaktion im Sinne der Effizienz 4.0

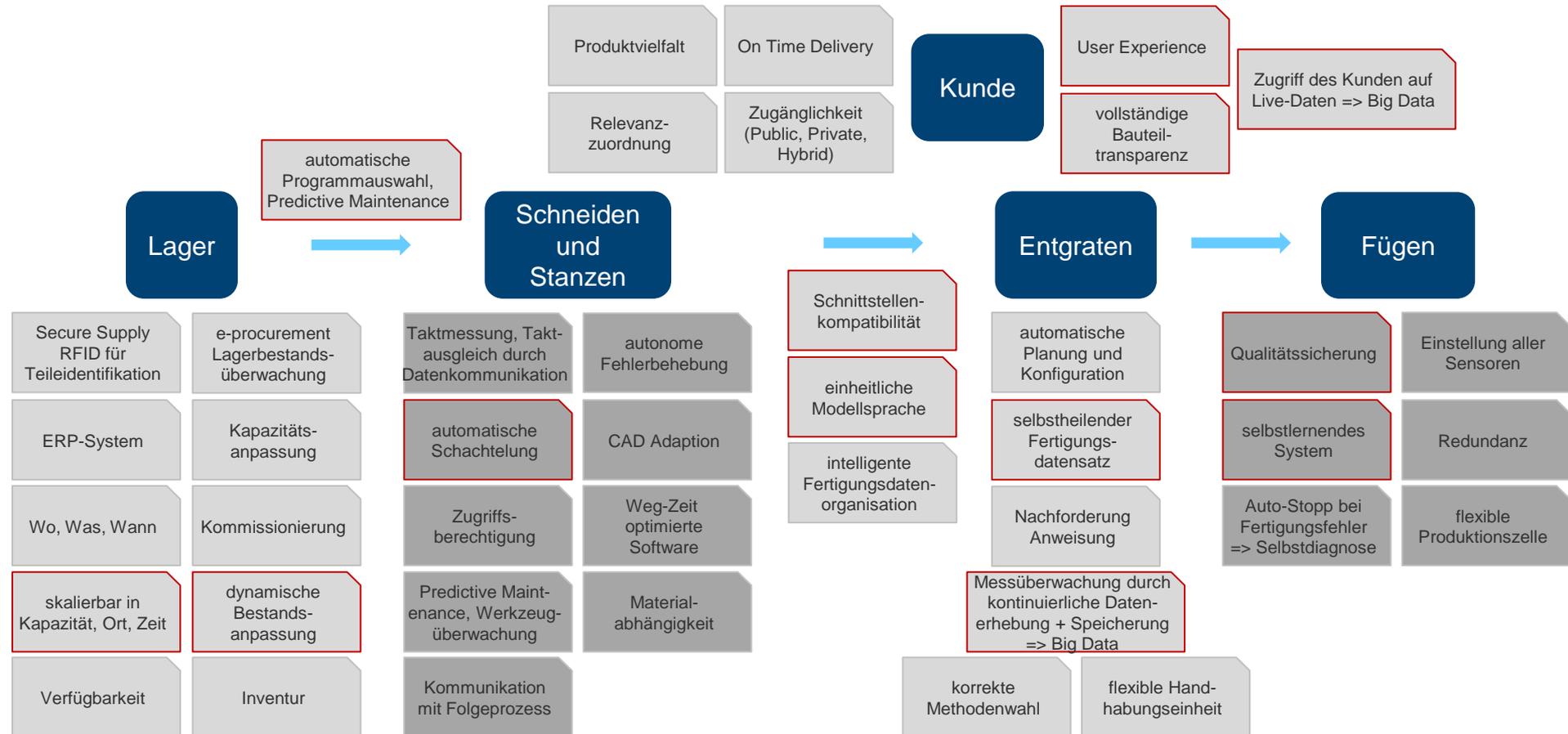
- Nach 6 Runden, wobei jeweils **5 bis 7 Felder pro Runde** mit einzelnen Stichwörtern ausgefüllt werden mussten, wurde im Workshop folgendes kumuliertes Ergebnis ermittelt.

	Lager	Schneiden und Stanzen	Entgraten	Fügen	Kunde
<b>wandlungsfähige Anlagentechnik</b>	skalierbar in Kapazität und Ort	Durchlaufzeitverkürzung	flexible Handhabungseinheit	RFID-Informationserweiterung	Produktportfolio/-vielfalt
<b>vernetzte Schnittstellen</b>	ERP-System	CAD-Adaption	vereinheitlichte Modellsprache	All-Component-Verbindung, keine Datentransformation	Echtzeitnachverfolgung
<b>Datensicherheit</b>	codierte Halbzeuge	Verschlüsselung, Zertifikate	heiler Fertigungsdatensatz	Redundanz	Security Audit durch Kunden
<b>Big-Data-Handling</b>	Nachforderung	Daten-Logs in zentrale Datenbank	intelligente Fertigungsdatenhaltung (Storage-Konzepte)	Programme anpassen	Relevanzzuordnung
<b>Selbstorganisation</b>	Wo, Was, Wann	Bearbeitungszeit, optimierte Software	Auto-Taktung	Einstellung aller Sensoren	UX
<b>Selbstdiagnose</b>	Verfügbarkeit	autonome Fehlerbehandlung	Nachbearbeitungsalgorithmusauswahl	Sensorik	volle Bauteiltransparenz



# Ergebnisse des Workshops

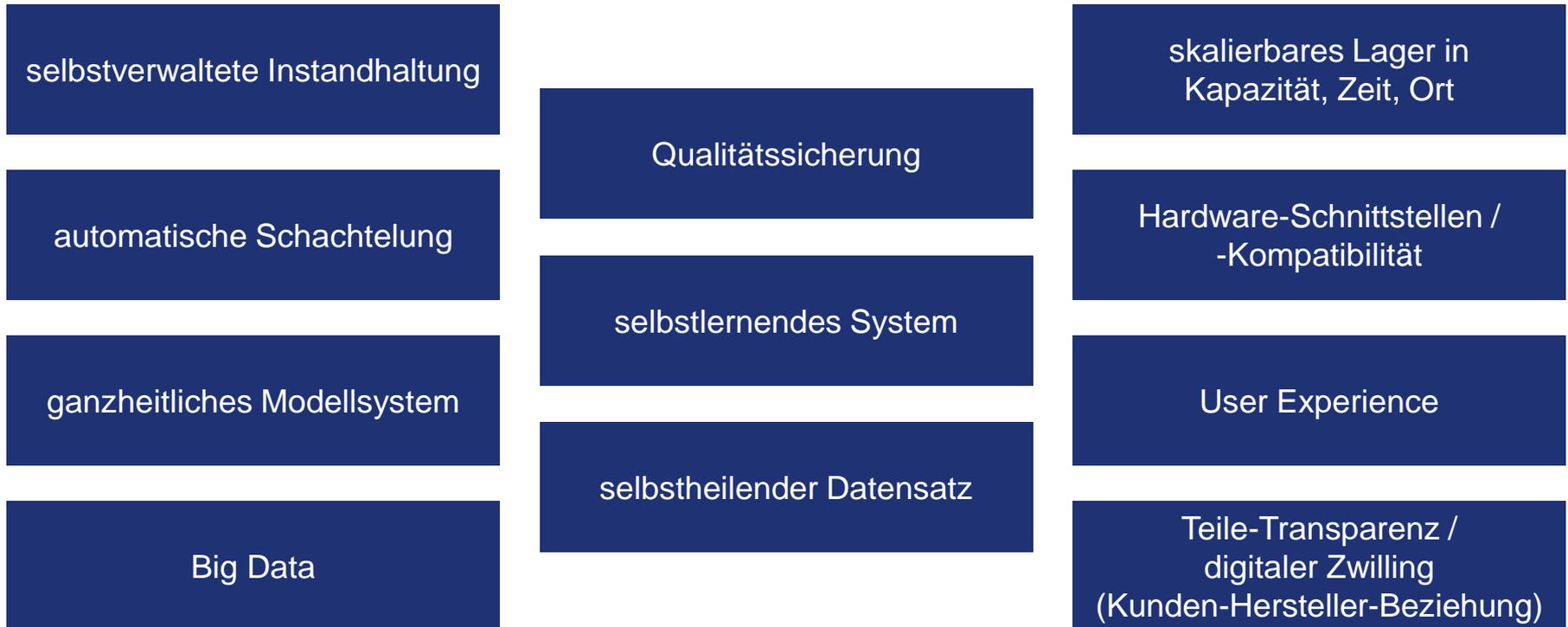
- Im Anschluss erfolgte die gruppenweise Zuordnung aller entwickelten Aktionen, Eigenschaften und Interaktion zu den fünf Kernelementen der Prozesskette im Kontext der 6 wichtigen, effizienzsteigernden Themenfelder. Die rot eingerahmten Blöcke wurden in Forschungs- und Entwicklungsbedarfe überführt.





## Abgeleitete Forschungsschwerpunkte

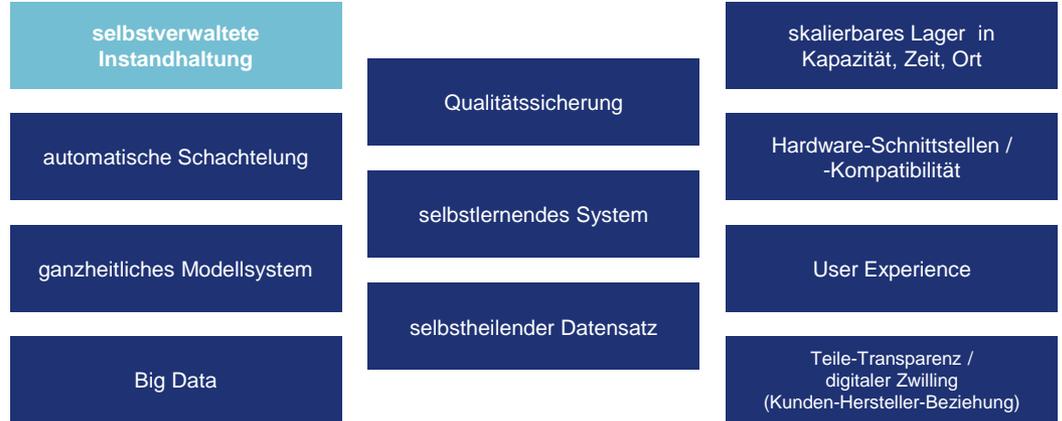
- Aus den im Workshop zusammengetragenen Ergebnissen der Verknüpfungsmatrizen leiten sich aus den rot eingerahmten Blöcken 11 Kategorien für Forschungs- und Entwicklungsbedarfe ab, die nachfolgend näher beleuchtet werden. Aus ihnen entstehen zukünftige Innovation.





## Selbstverwaltete Instandhaltung

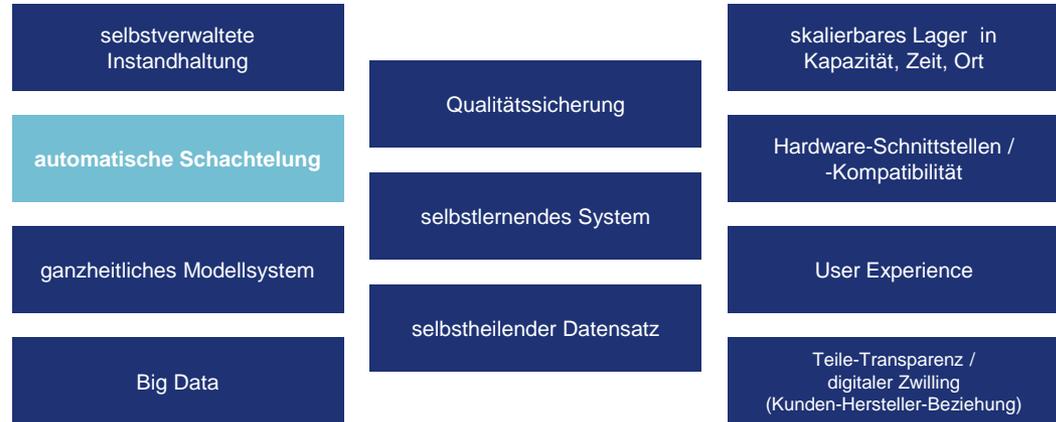
- personallose Fehlererkennung mit automatischer Fehlerbehebungsinteraktion  
→ Tele-Service
- einheitliche Serviceplattform
- Produktivitätserhaltung
- automatische Anforderung von Ersatzteilen, Angeboten, Bestellungen  
→ Wartungsintervalldynamik
- Closed-Loop-Wartungsintervallüberwachung (kein Open-Loop-System)  
→ Maßnahmenableitung
- automatische Problemfindung und -definition  
→ Eigendiagnose
- Maschinenintegration in die vollständige Herstellungskette  
→ ERP, PLM





## Automatische Schachtelung

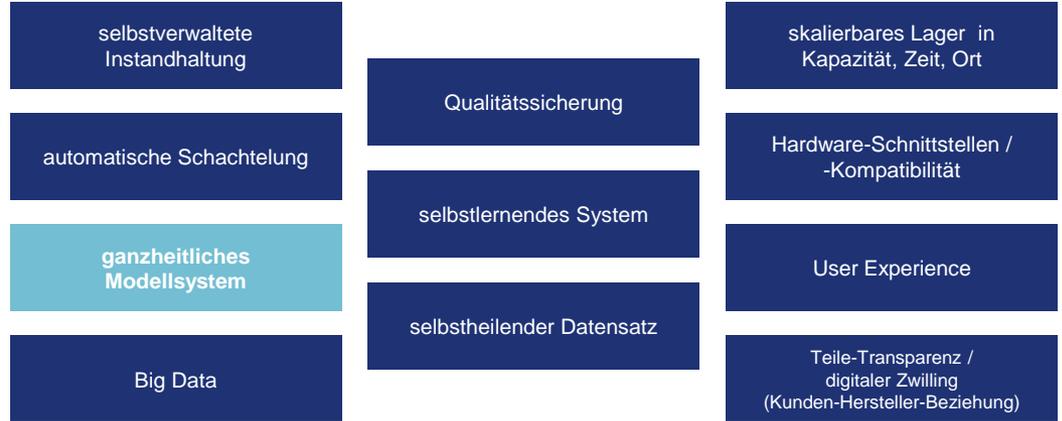
- Bauteilpriorität
- Ressourcenoptimierung
- CAD-Datenverfügbarkeit
- Produktionsdatenverfügbarkeit
- Produktionsflexibilität
- Füllteilpolitik
- Kostenanalyse  
→ wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Platzausnutzung
- Algorithmus zur Optimierung flexibler Bauräume zur Schachtelung von Aufträgen
- Adaption etablierter Ansätze aus anderen Bereichen, Best-Practice-Ansätze
- keine Definition der Prozesse erforderlich





## Ganzheitliches Modellsystem

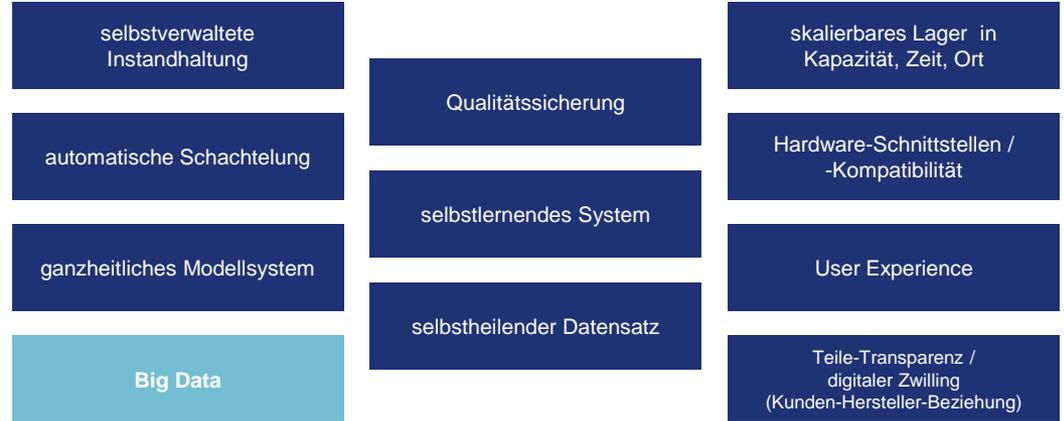
- Zeitersparnis
- gemeinschaftliche Software-Integration (produktübergreifend), Plattformkonzept
- Produktionssystemintegration
- einheitliche Schnittstellen
- normiertes Datenformat (ISO EN)
- Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette (Pulver, Nacharbeit, QS-Prüfung)  
→ All-In-One
- maschinen- und herstellerunabhängig
- parametrische Modellierung  
→ automatische Anpassung der gesamten Fertigungskette auf der Basis einer Kunden- / CAD-Datenänderung





# Big Data

- digitale Transformation (Daten digitalisieren)
- Telekommunikationsnetze
- Speicherplatzverteilung
- Ablagelogik
- Reporting



- automatisierte Priorisierung der gesammelten Daten zur Reduzierung deren Größe
- Kategorisierung, Priorisierung, Gütesteigerung des Datenwertes und des Dateninhaltes
- Sicherheit (Zugriffsrechte, Firewall, RAS)
- Datenkorrektheit des präsentierten Inhaltes
- Plausibilitätsprüfung (Soll-/Ist-Abgleich)
- Kryptographie (Quantendaten)

- Datenaustausch (Kunden, Zwischenhändler, Zulieferer, Subunternehmer)
- Datennutzung und Datenauswertung → Regelwerk, grundsätzliche Randbedingungen + nutzerspezifische Erweiterungsfreiräume
- Redundanz
- Datentransparenz

## Qualitätssicherung



- autonom, closed-loop
- Kontinuierliche Echtzeit-überwachung und -analyse
- 100-%-Bauteilausbringung
- automatische, komponentenspezifische Kontrolle

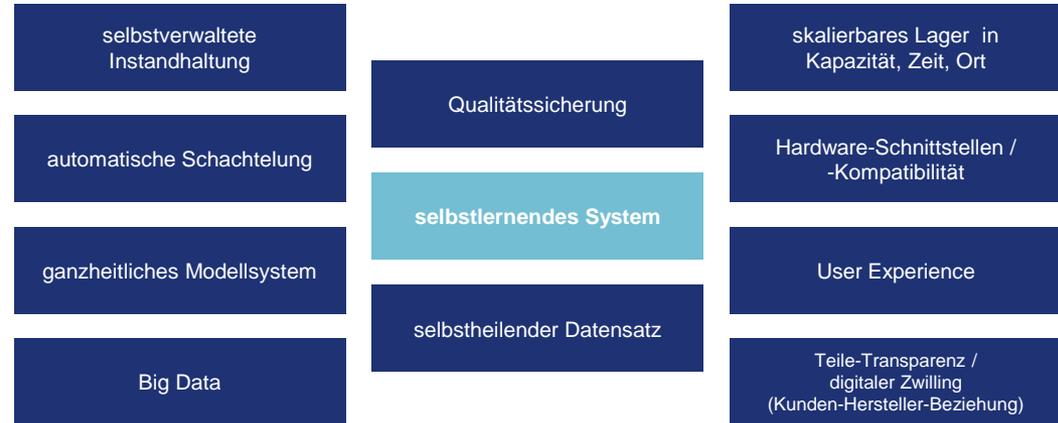


- Kostenreduzierung des QS-Anteils unter 50 % pro Bauteil (3D-Druck, Luftfahrt)
- Zeitersparnis (20 % QS, 30 % Produktion, 50 % Nacharbeit)
- Laufende und ständige Güteüberwachung, -analyse und -kontrolle



## Selbstlernendes System

- Datenhaltung, -integration, -verteilung, -austausch
- Datenfehlererkennung (CAD, Konturenschluss)
- Software / Algorithmus  
→ muss wissen was „DAU“ will
- Mensch-Maschine-Interaktion
- Nutzerkonzept von inhaltlich gesicherten Internet-Ressourcen
- Filterfunktion, Parallel- / Redundanzprüfung
- Überwachung des selbstlernenden Systems durch eine höhere Instanz
- Einbindung selbstorganisierender, anpassungsfähiger Fertigungsabläufe
- Grunddatenbasis als systemische Voraussetzung

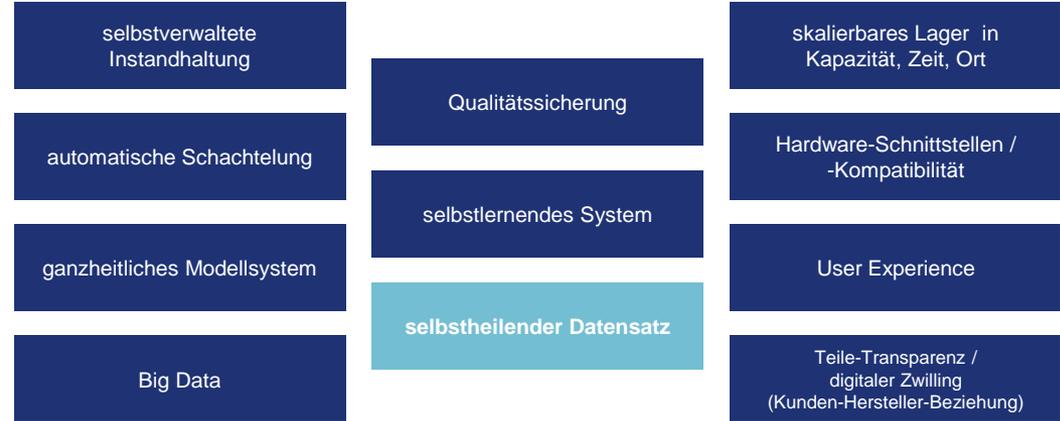


- Prozessreduzierung
- Parameteranpassung
- Hacker-Schutz (Terminatoren)
- anonyme Datentransparenz (Fehlerweitergabe, ...)
- „Personenkontrolle“
- Datenzugänge
- mechanische Sicherung



## Selbsteilender Datensatz

- Redundanz
- Richtigkeit des Masters
- Korrektheitsprüfung
- Heilungslogik (MD5, CRC, ...)
- Backup-Turnus & Update-Fähigkeit
- Ablage und Zugänglichkeit des Masters
- Hardware-codierter Datensatz in einem Chip
- automatisierte Erkennung von Daten im Datensatz sowie des Datensatzes selber
- Cloud Computing (Datenablage im Internet)
- bei Daten-Containern ist es sinnvoll mit teilweise defekten Daten arbeiten zu können (z. B. CAD-Assembly)





## Skalierbares Lager in Kapazität, Zeit, Ort

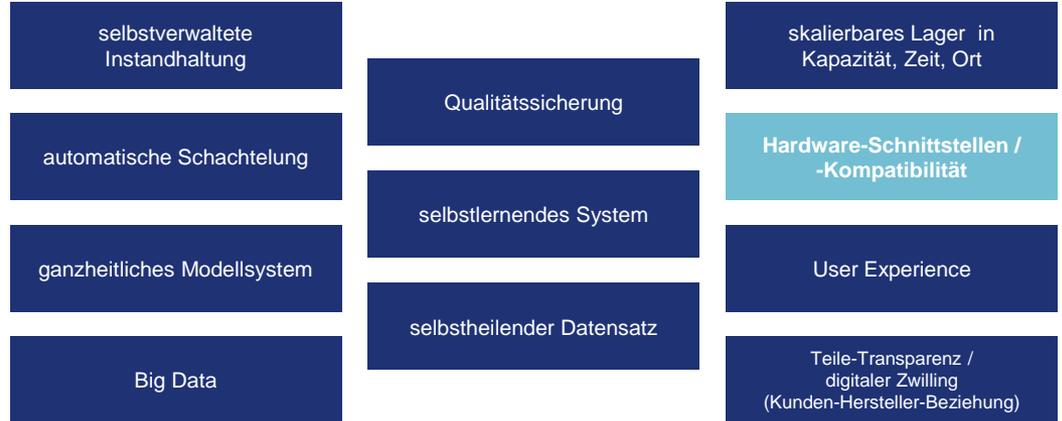
- Ein-Tages-Lager
- die Welt ist das Lager
- unternehmensübergreifend als Lager-Sharing
- 3D-Druck als Lagerersatz
- vollvernetzte Lagerkommunikation
- automatische Umschlaglager (Cross-Docking) zur ressourceneffizienten, nachhaltigen Nutzung in Ballungszentren
- das Lager weiß selber was wo ist und was wann wo benötigt wird
- Bauteil-Tracking (RFID, Barcode, Data-Matrix, ...) in Echtzeit





## Hardware-Schnittstellen / -Kompatibilität

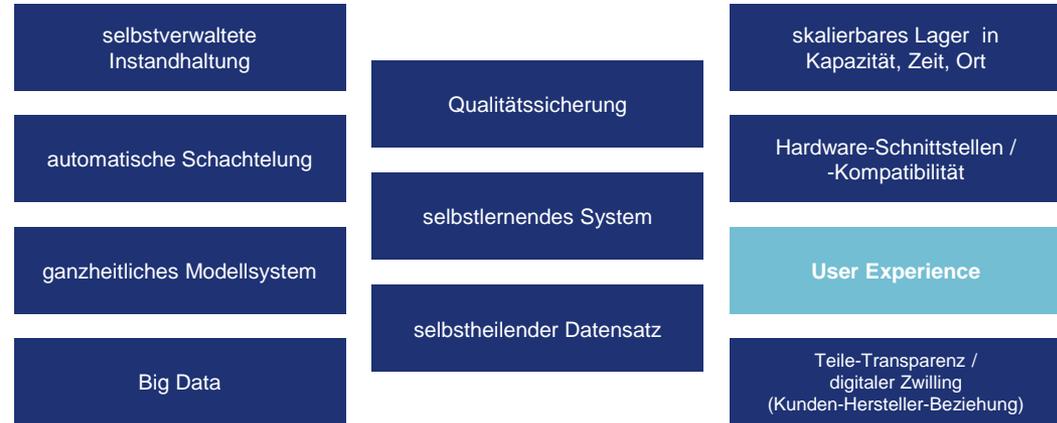
- einheitliches Stecksystem für Maschinen
- einheitliches Stecksystem für Leittechnik
- einheitliches Stecksystem für Bedienoberfläche
- Normung ohne Einfluss der Maschinenerstellung → internationale Vorgabe, Diktat
- Schnittstellenkonverter (USB, V24, TTL, ...)
- Leiteranzahl, adaptierbares Steckersystem, Add & Plug
- industrieesichere Datenübertragung, vorrangig nicht leitungsgebunden



# User Experience



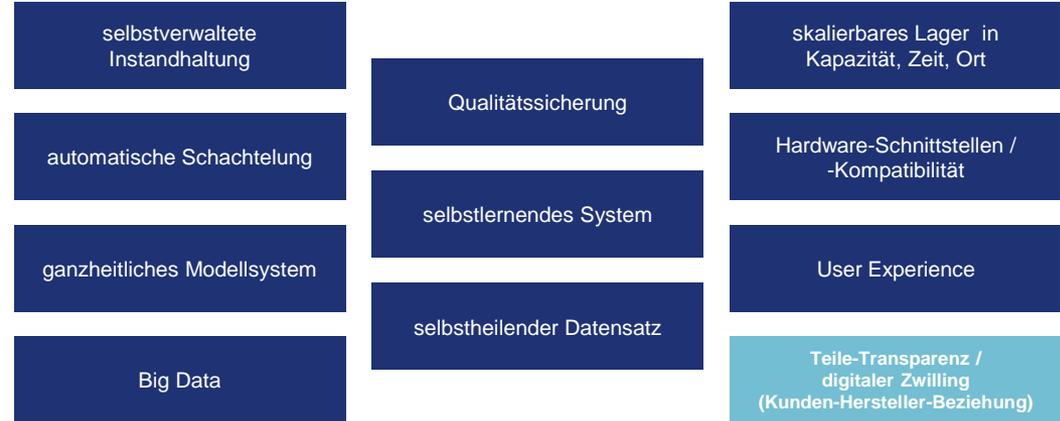
- Nutzer als Tester
- automatische Datenerhebung
- unsichtbare Rückmeldung (Datenschutz!)
- lebende Wissensdatenbank
- automatisierte Produkte anhand der 7 UX-Faktoren (wertvoll, wünschenswert, nutzbar, auffindbar, verwendbar, glaubwürdig, zugänglich)
- benutzerzugeschnittene grafische Interaktionsoberfläche (app-basiert) → Keep it as Simple as Possible
- Entwicklung mit dem Kunden → Minimal Viable Product
- Bewertung der Erfahrungswerte → Extraktion handlungsfähiger Maschinentechologie



# Teile-Transparenz / digitaler Zwilling (Kunden-Hersteller-Beziehung)



- Teilevisualisierung
- Fehlererfahrung vor Fehlerereignis
- Abschaffung paralleler analoger Daten aller Art
- Kunde will alles wissen und sehen  
→ Billiglohnproduktion
- Hersteller will nichts zeigen und preisgeben  
→ Preispolitik
- anpassbarer digitaler Zwilling  
→ produktionsvorlaufend und -begleitend
- Handlungsschrittanalyse mit Prozessschritt-  
sicherung (Transparenz vom Kunden bis zum  
Anlagenbediener)



- Schutz der Kernkompetenzen (Intellectual Properties, Unique Selling Points)
- Zugriffssicherheit, Eigendatennutzung

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



### 3 ...Automobil

- A Einleitung
- B Effizienz 4.0
- C Digitalisierung der Blechfertigung

### D **Ausblick**



### 5 Ausblick



## Abschlussbemerkungen zur Effizienz 4.0

- Es zeigte sich, dass die Begrifflichkeit Effizienz 4.0 eine äußerst komplexe Größe darstellt und nicht leicht in einzelne, wenige Aktionen, Eigenschaften und Interaktion gefasst werden kann.
- Die Selbsteinschätzung der Anbieter, Umsetzer und Anwender betitelt Schlagworte wie Cyber Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT), Cloud Computing (CC) und andere mit einem oft schwer umreißbaren, unsicheren inhaltlichen Verständnis.
- Intensives Forschungs- und Entwicklungspotential lässt sich ableiten, um die angefangenen Wege zu beschreiten und mit Industriepartnerschaften den nächsten digitalen Schritt zu einer konsequent gestalteten Effizienz 4.0 zugehen.
- 20 % der Unternehmen in der Automobilindustrie in Deutschland nutzen bereits selbststeuernde Anlagen und 83 % der Unternehmen in Deutschland sehen einen hohen Digitalisierungsgrad ihrer Wertschöpfungskette.
- 11 im Workshop herausgearbeitete Themenfelder heben sich besonders hervor und zeigen über die Maßen geeignetes Potential im industriellen Umfeld Effizienz 4.0 neu zu definieren und sicherzustellen. Aus ihnen entstehen zukünftige Innovation.

# ► Gliederung

## 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



## 4 ...Maschinenbau

### A Einleitung

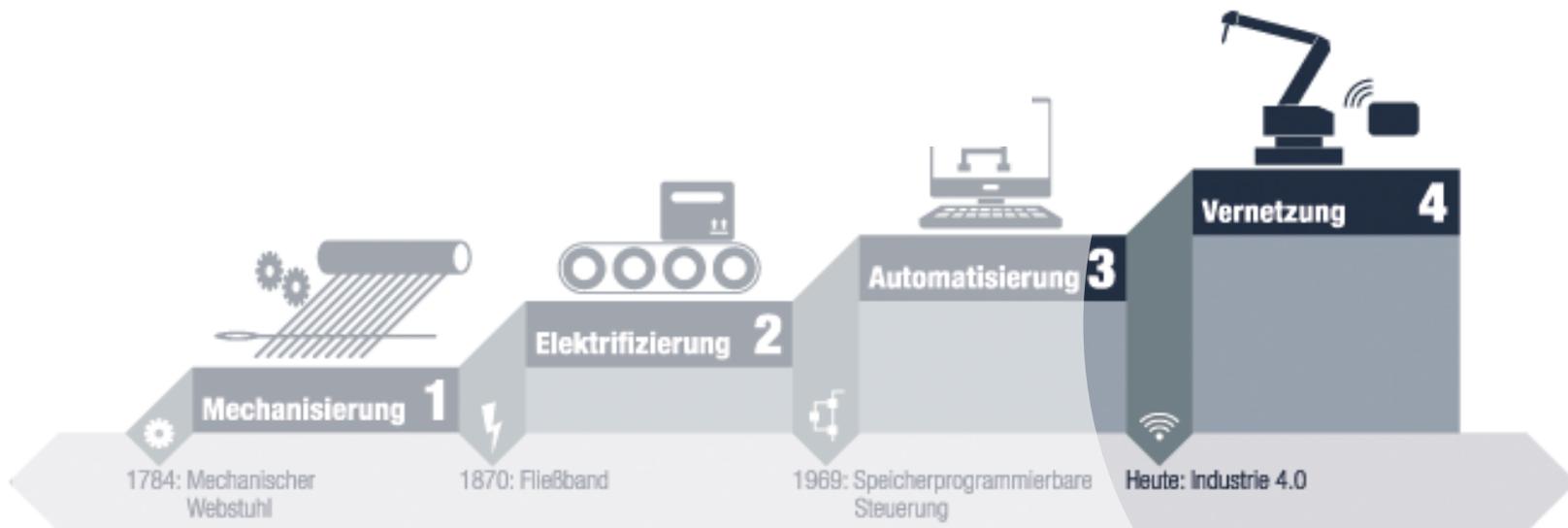
B Industrie 4.0 in der AM Prozesskette

C Smart Platform

## 5 Ausblick

# Industrie 4.0 – Zukunft der Produktion

Übersicht der industriellen Revolution



Quelle: <https://www.euromicron.de/kompetenzen/industrie-4-0>

## Potenziale der Digitalisierung in der Wirtschaft



### Datendurchgängigkeit im AM-Prozess

Digitalisierung  
Geschäftsprozesse

Kosten senken, Effizienz  
erhöhen Produktivität  
steigern



Digitalisierung von  
Geschäftsmodellen

### Smart Plattform

Produkte/DL entwickeln, Umsatz  
steigern, Marktanteile gewinnen

Quelle: Bitkom

# IT und Produktion verschmelzen

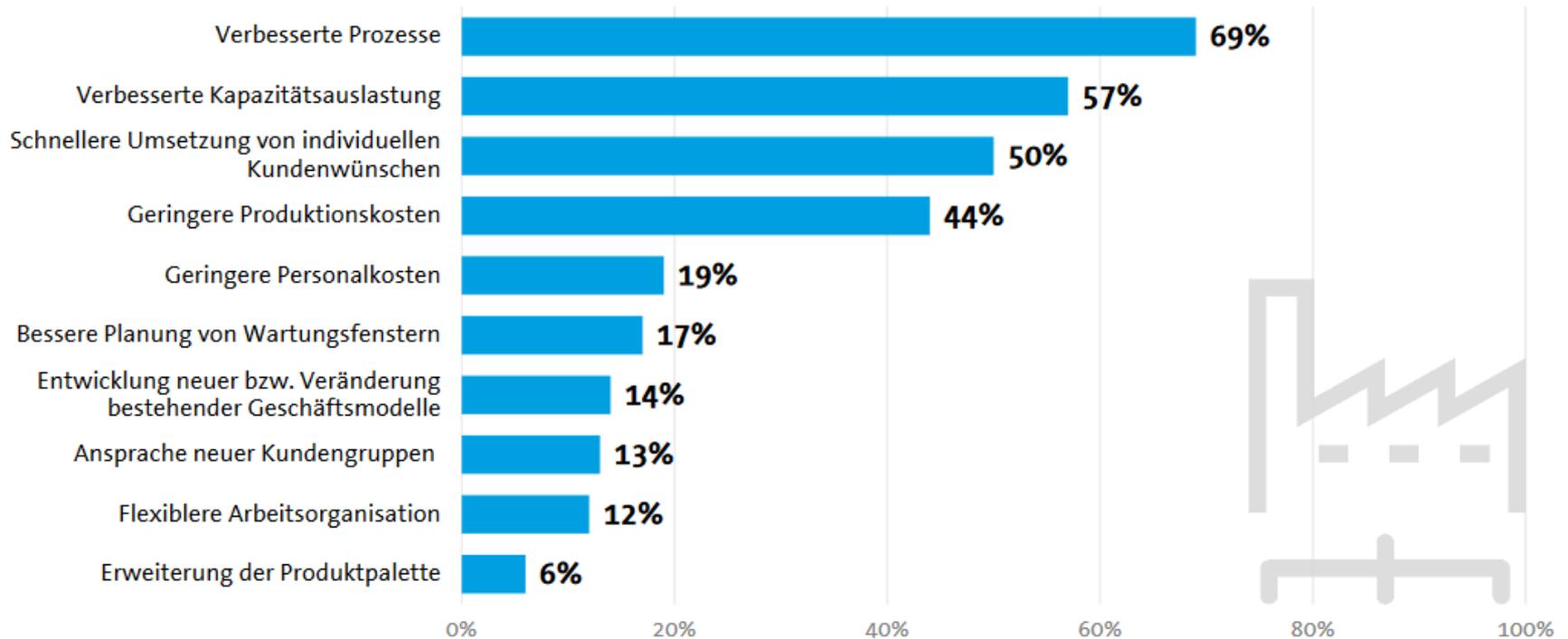


Menschen, Maschinen,  
Anlagen, Logistik und  
Produkte **kommunizieren**  
**und kooperieren**

**Big Data** Technologien

## Unternehmen wollen vor allem Prozesse verbessern

Welche Ziele verfolgen Sie mit dem Einsatz von Industrie-4.0-Anwendungen in Ihrem Unternehmen?



Quelle: Bitkom

# ▶ Gliederung

## 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



## 4 ...Maschinenbau

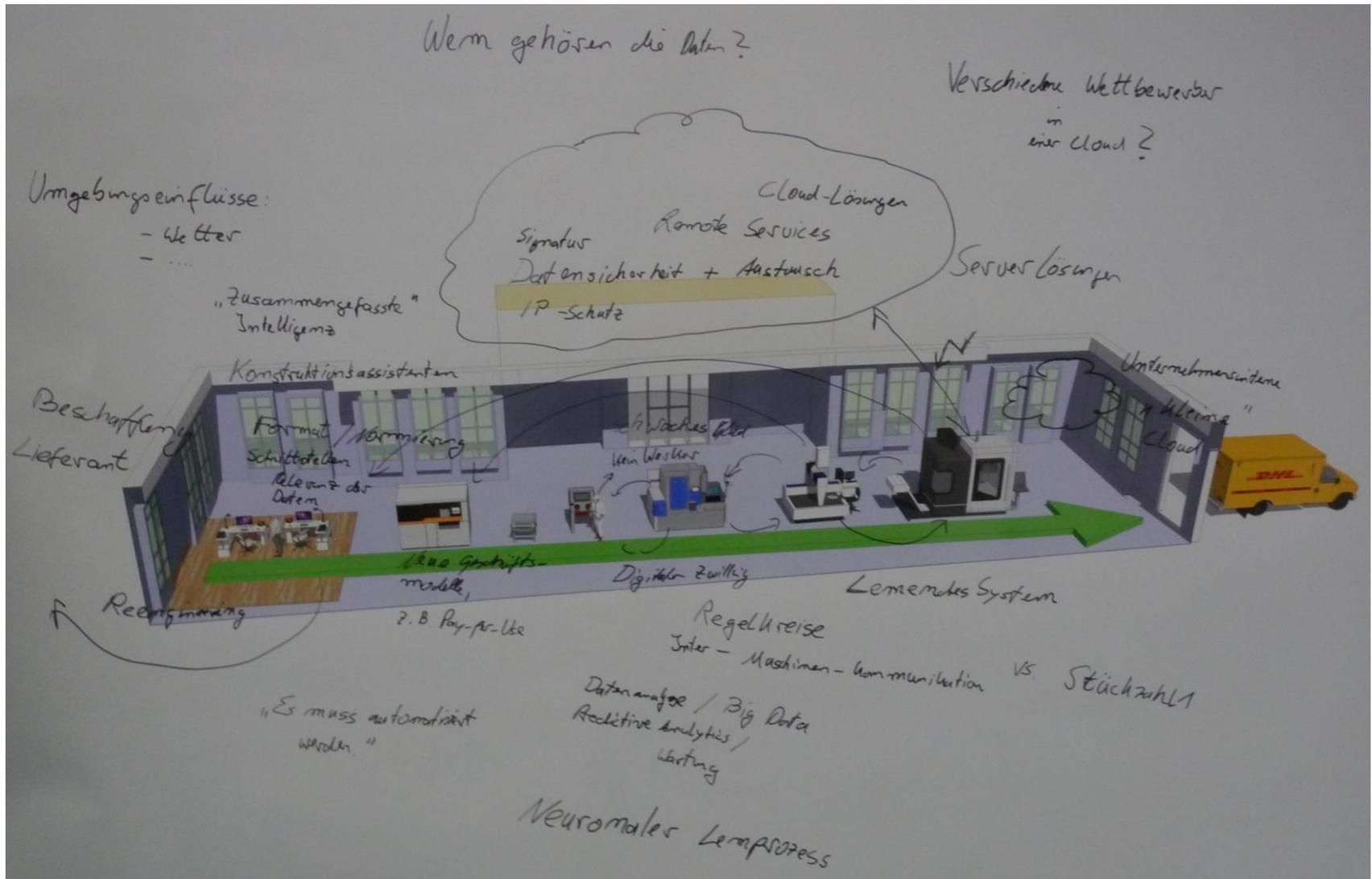
**A** Einleitung

**B** Industrie 4.0 in der AM Prozesskette

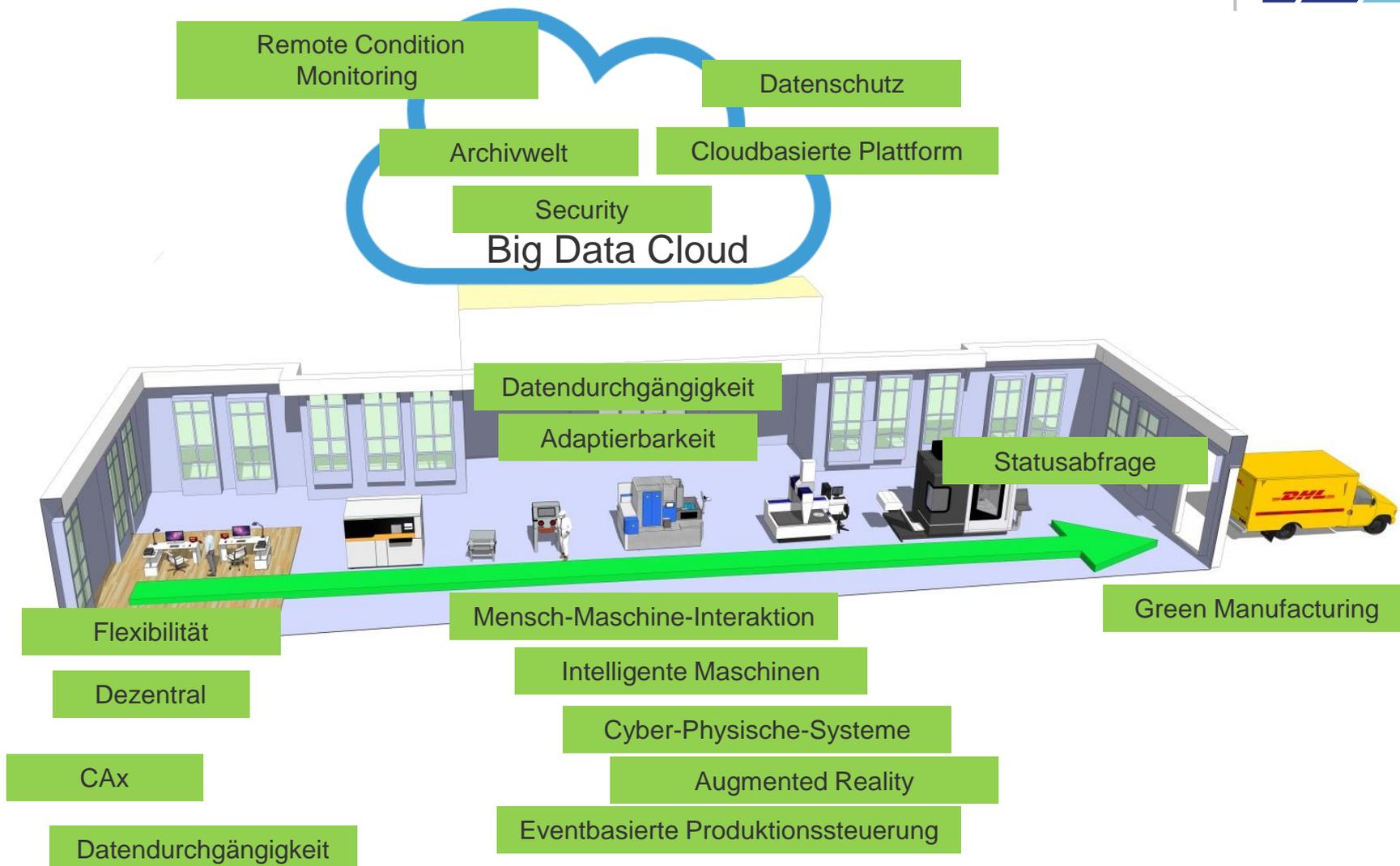
**C** Smart Platform

## 5 Ausblick

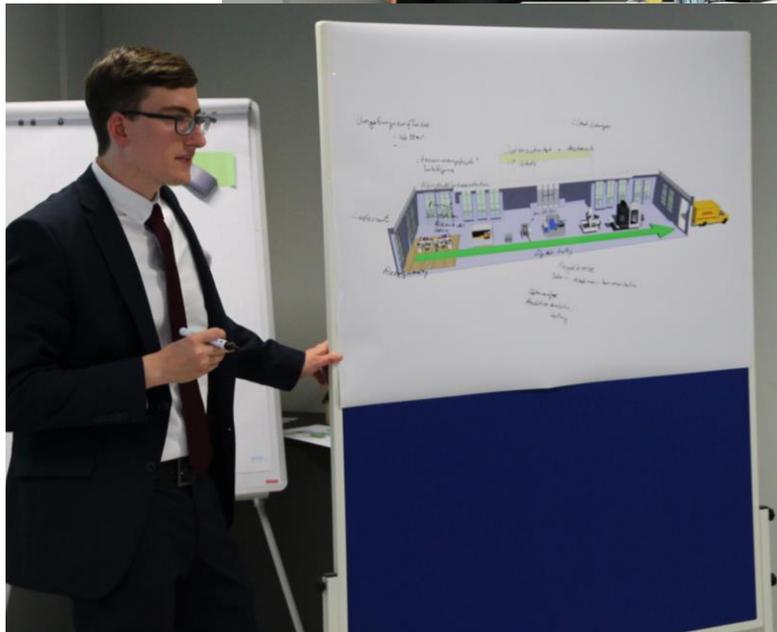
# Industrie 4.0 in der AM-Prozesskette - Herausforderungen



# Industrie 4.0 in der AM-Prozesskette



## Eindrücke des Workshops



©LZN

# ► Gliederung

## 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...



## 4 ...Maschinenbau

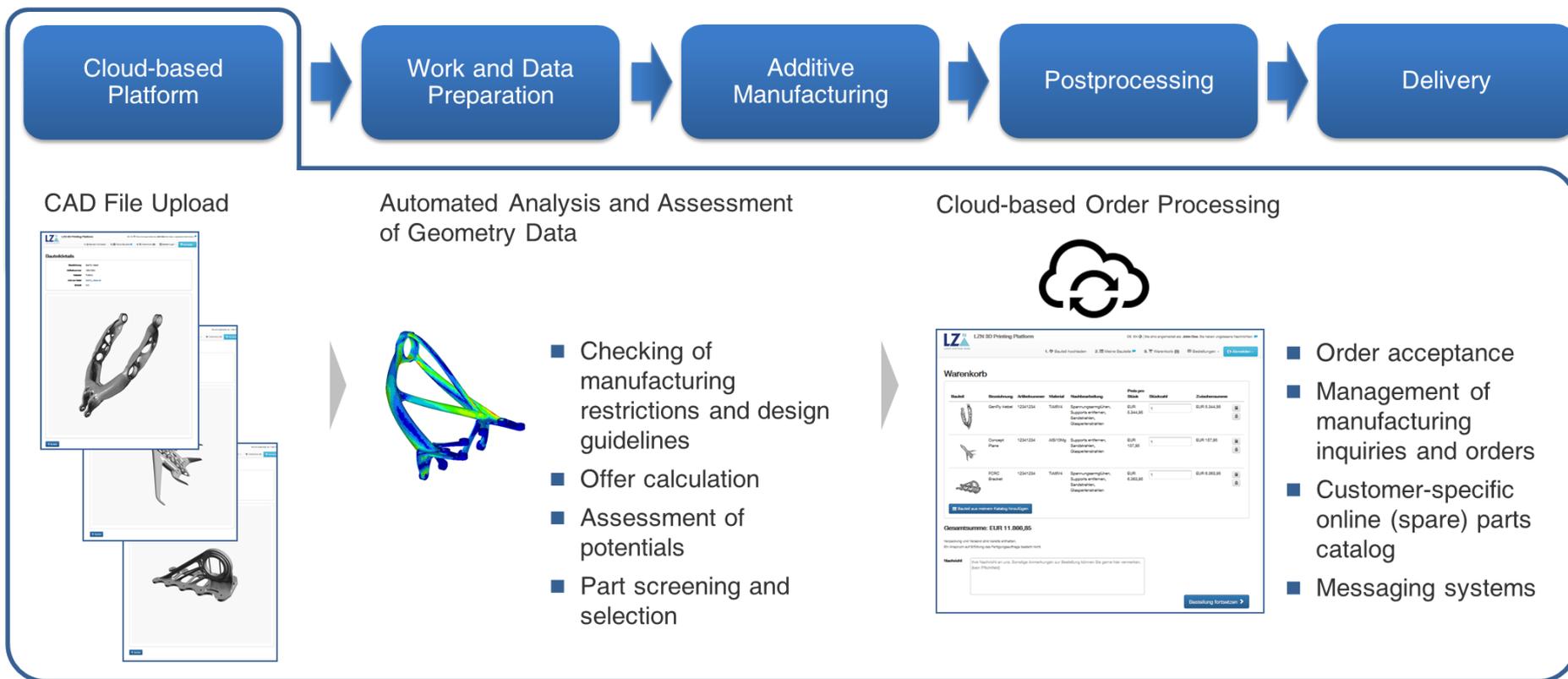
**A** Einleitung

**B** Industrie 4.0 in der AM Prozesskette

**C** **Smart Platform**

## 5 Ausblick

# Smart Platform – A Cloud-based Platform for Additive Manufacturing



©LZN/Rudolph, Emmelmann

## Challenge: Mensch gegen Maschine

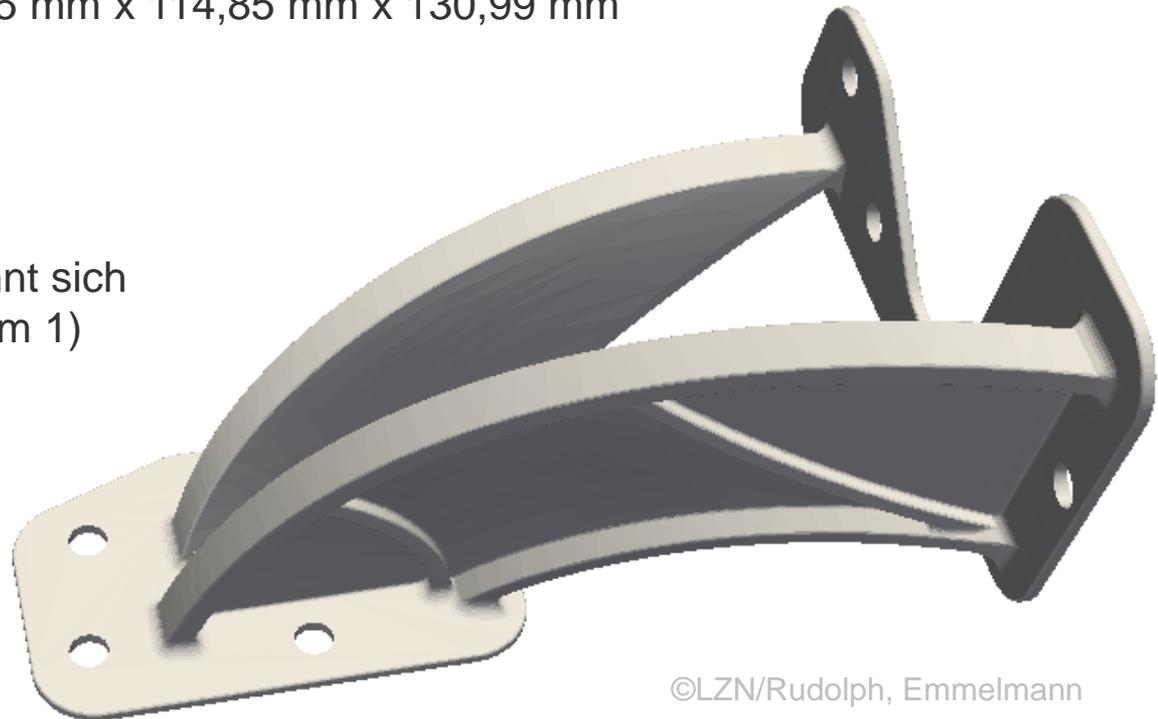
### Bauteil: Sekundärstrukturelement

#### ■ Sekundärstrukturelement aus Flugzeug:

- Material: Aluminium
- Volumen: 46180,74 mm<sup>3</sup>
- Oberfläche: 38651,31 mm<sup>2</sup>
- Abmessungen: 108,35 mm x 114,85 mm x 130,99 mm

#### ■ Antwort der Gruppen:

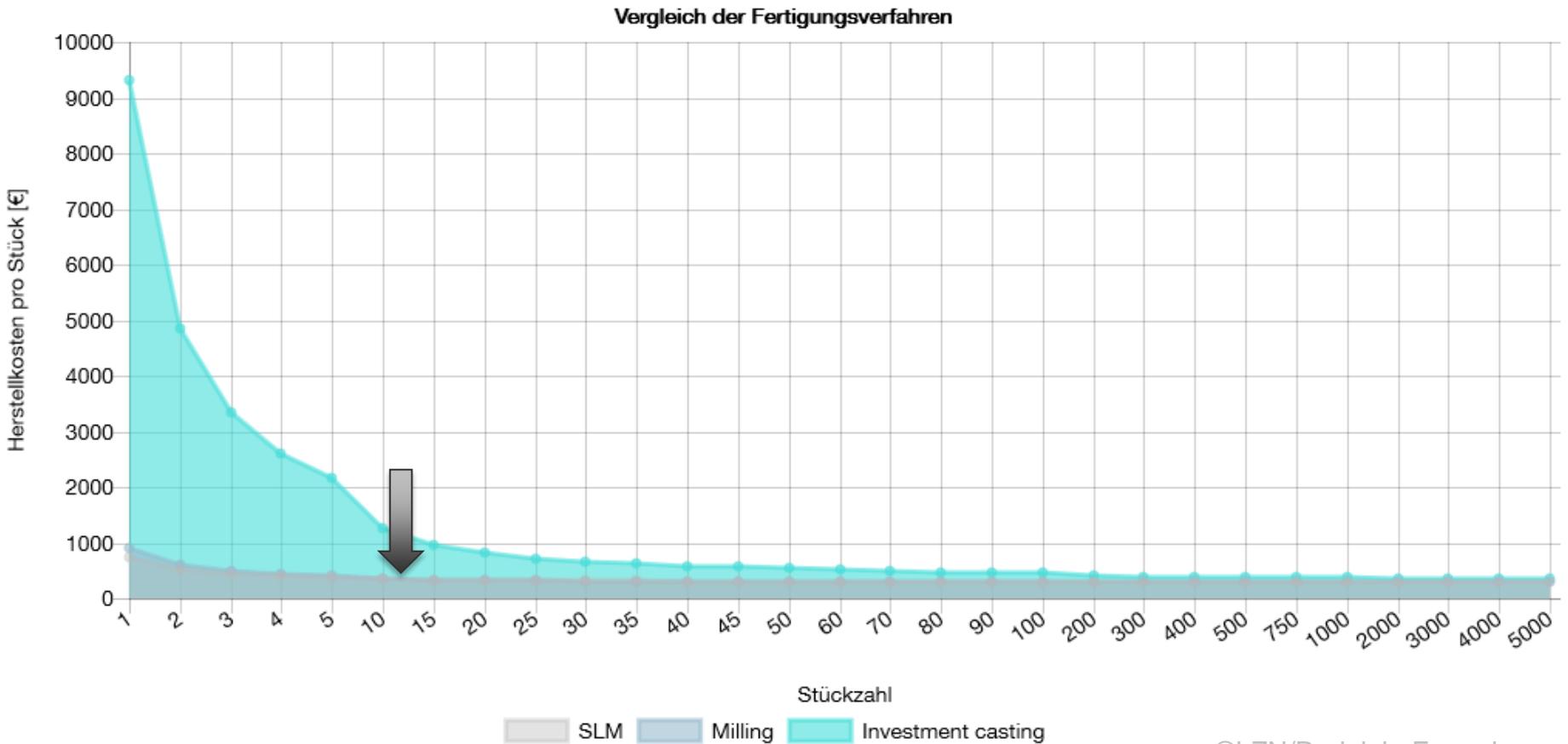
- Additive Fertigung lohnt sich bis Stückzahl **10** (Team 1) oder **20** (Team 2)



©LZN/Rudolph, Emmelmann

# Challenge: Mensch gegen Maschine

## Ergebnisübersicht der Smart Plattform



©LZN/Rudolph, Emmelmann

## ► Gliederung

### 1 Themenschwerpunkt „Effizienz 4.0“ – Einführung

Effizienz 4.0 –  
Potenziale und Handlungsempfehlungen für die Branchen...

### 2 ...Luftfahrt

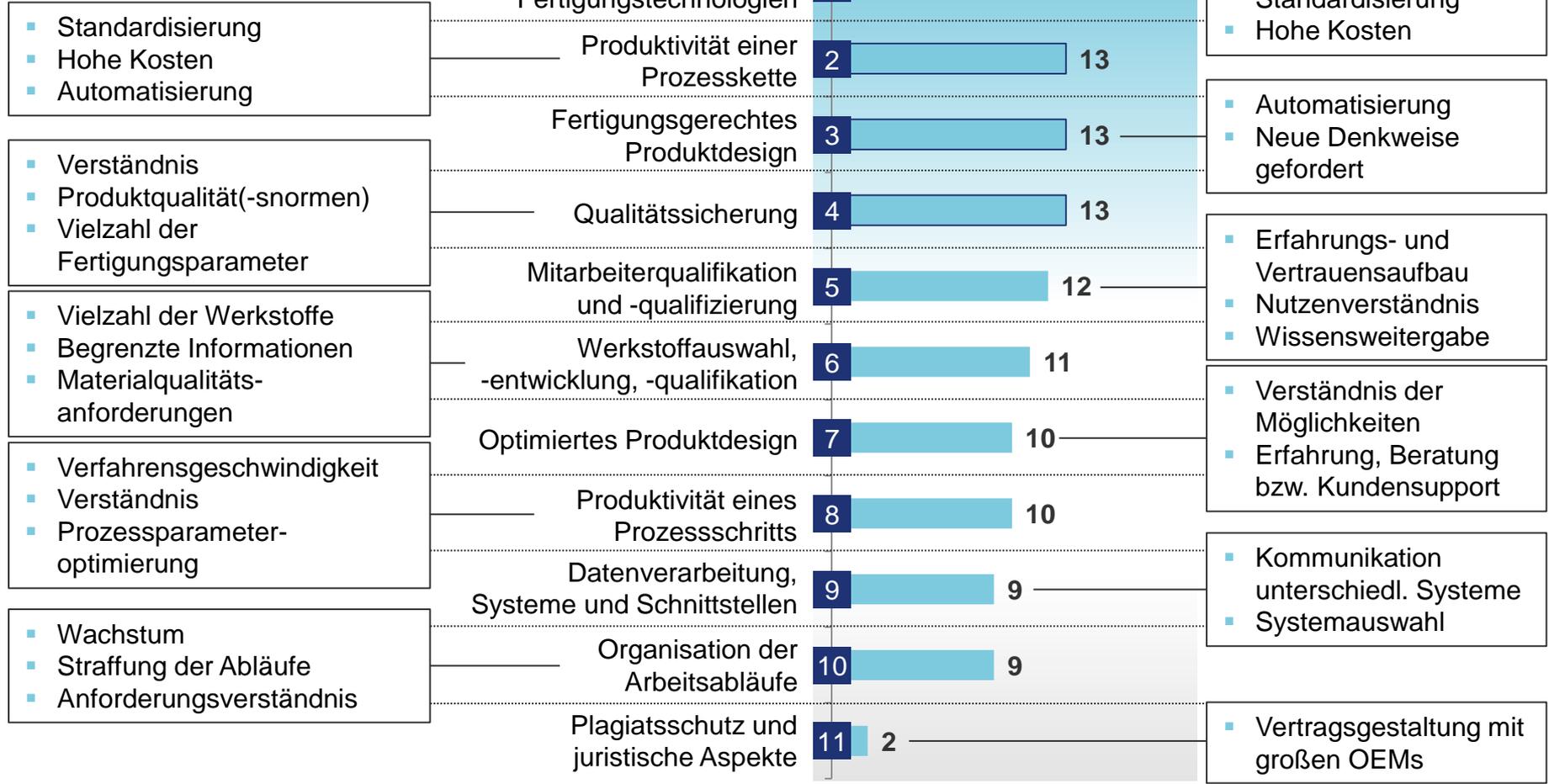
### 3 ...Automobil

### 4 ...Maschinenbau

### 5 **Ausblick**

# Verfahren, Design und Material sind die größten Herausforderungen für die additive Fertigung

## Nennungen pro Herausforderung [Anzahl]



- Standardisierung
- Hohe Kosten
- Automatisierung

- Verständnis
- Produktqualität(-snormen)
- Vielzahl der Fertigungsparameter

- Vielzahl der Werkstoffe
- Begrenzte Informationen
- Materialqualitätsanforderungen

- Verfahrensgeschwindigkeit
- Verständnis
- Prozessparameteroptimierung

- Wachstum
- Straffung der Abläufe
- Anforderungsverständnis

- Akzeptanz
- Basiswissen / Standardisierung
- Hohe Kosten

- Automatisierung
- Neue Denkweise gefordert

- Erfahrungs- und Vertrauensaufbau
- Nutzenverständnis
- Wissensweitergabe

- Verständnis der Möglichkeiten
- Erfahrung, Beratung bzw. Kundensupport

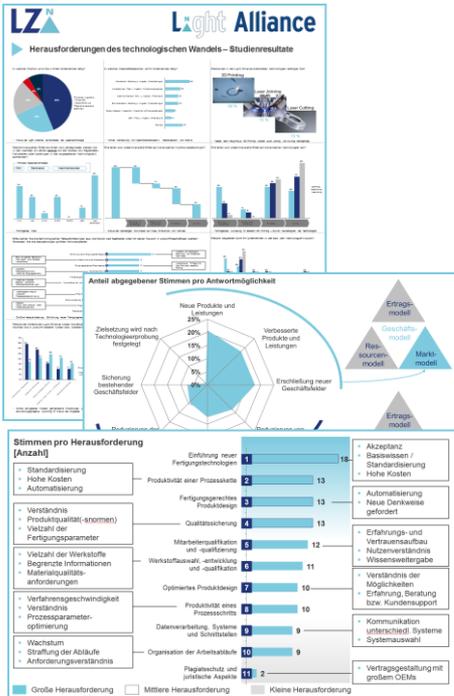
- Kommunikation unterschiedl. Systeme
- Systemauswahl

- Vertragsgestaltung mit großen OEMs

■ Große Herausforderung   
  Mittlere Herausforderung   
 ■ Kleine Herausforderung

# In der Online-Wissensbasis finden Sie die begleitenden Dokumente

## Studienresultate



## Ergebnis-Booklets



## Vortragsunterlagen

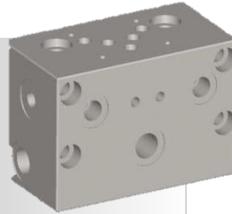


Unterlagen online unter [light-alliance-hh.de](http://light-alliance-hh.de)

# Light Alliance 1.0: Alle 5 Steps zum Light-Bauteil abgeschlossen



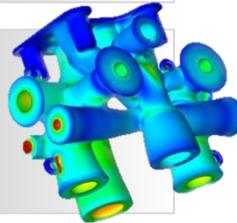
**Step 1**  
 Light- Functionality



**Dokumentation vorhanden**  
 Ergebnis-Booklet steht allen Mitglieder auf der *Light Alliance* Homepage zur Verfügung



**Step 2**  
 Light- Design



**Dokumentation vorhanden**  
 Ergebnis-Booklet steht allen Mitglieder auf der *Light Alliance* Homepage zur Verfügung



**Step 3**  
 Light- Prototyping



**Dokumentation vorhanden**  
 Ergebnis-Booklet steht allen Mitglieder auf der *Light Alliance* Homepage zur Verfügung



**Step 4**  
 Light- Manufacturing



**Dokumentation vorhanden**  
 Ergebnis-Booklet steht allen Mitglieder auf der *Light Alliance* Homepage zur Verfügung

**Step 5**  
 Light- Factory

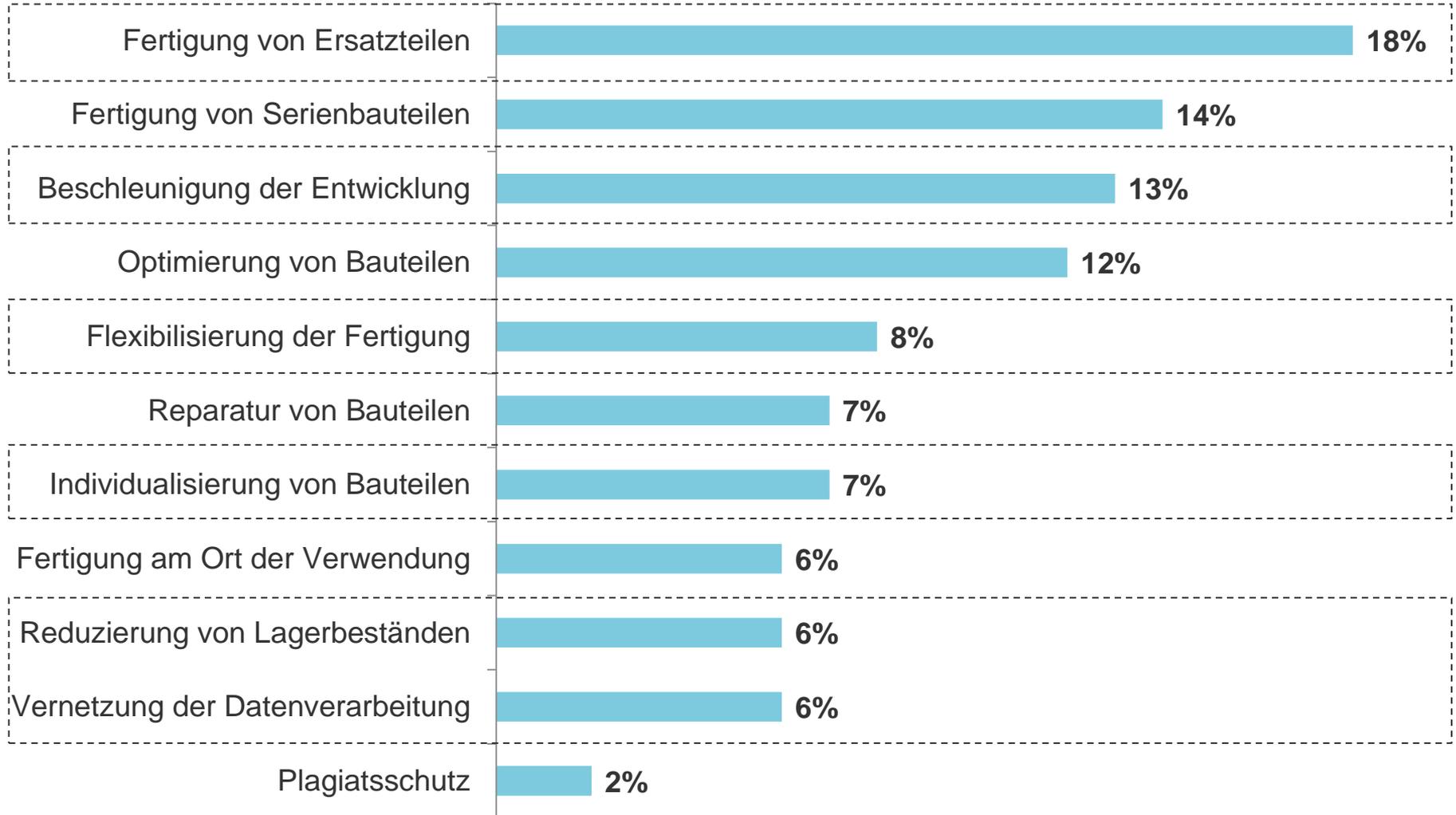


# Light Alliance 2.0: Von der Umsetzungsentscheidung bis zum Geschäftsbetrieb



▶ **Nächstes Thema: Losgröße eins in der Bionic Smart Factory 4.0 adressiert wichtige Herausforderungen**

Relativer Stimmenanteil pro Herausforderung

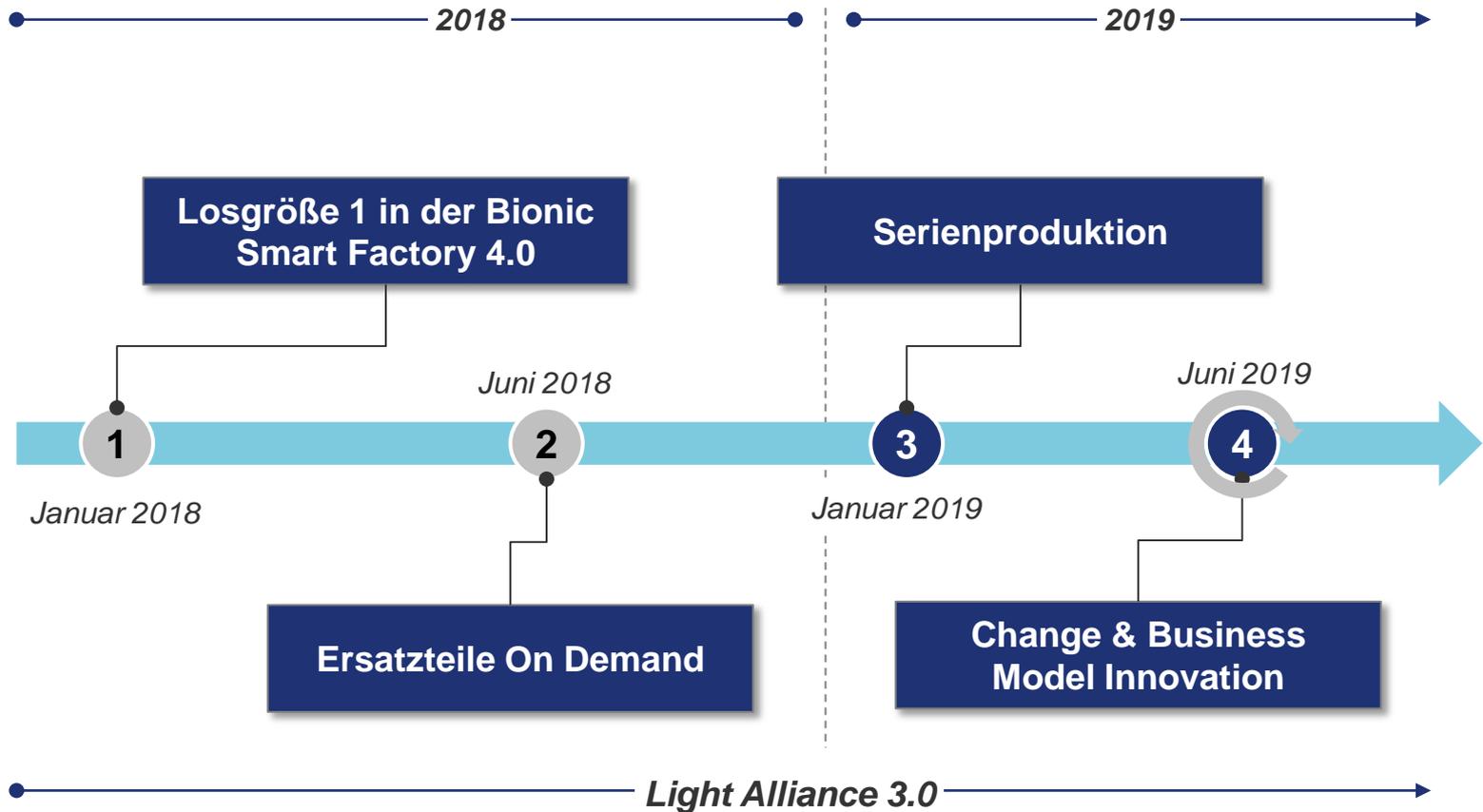




Die **dritte Phase** der Light Alliance umfasst vier eigenständige Workshops ab Januar 2018

Neuer Ansprechpartner am LZN:

Herr Philipp Hergoss  
Philipp.Hergoss@lzn-hamburg.de



▶ Vier übergeordnete Themen wurden festgelegt und für **Workshopsessions** konkretisiert

	Automobil	Luftfahrt	Maschinenbau
<b>1</b> <b>Losgröße 1 in der Bionic Smart Factory 4.0</b> <i>Januar 2018</i>	<i>Individualisierung</i>	<i>Prototypen</i>	<i>Werkzeug- und Vorrichtungsbau</i>
<b>2</b> <b>Ersatzteile On Demand</b> <i>Juni 2018</i>	<i>Ersatzteile On Demand</i>	<i>Ersatzteile On Demand – Dezentral</i>	<i>Reverse Engineering und Datenverfügbarkeit</i>
<b>3</b> <b>Serienproduktion</b> <i>Januar 2019</i>	<i>Automatisierung und Industrialisierung</i>	<i>Zertifizierung und Qualifizierung</i>	<i>Six Sigma in der additiven Fertigung</i>
<b>4</b> <b>Change &amp; Business Model Innovation</b> <i>Juni 2019</i>	<i>Organisatorischer Change für AM-Geschäftsmodelle</i>	<i>Geschäftsmodell-innovation mit AM</i>	<i>Agile AM-Fertigung im Mittelstand</i>

Die aufgeführten Einzelthemen dienen lediglich als Anhaltspunkt für die Themenwahl und können durch die Verantwortlichen geändert werden

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme und bis zum nächsten Workshop im Januar 2018!

