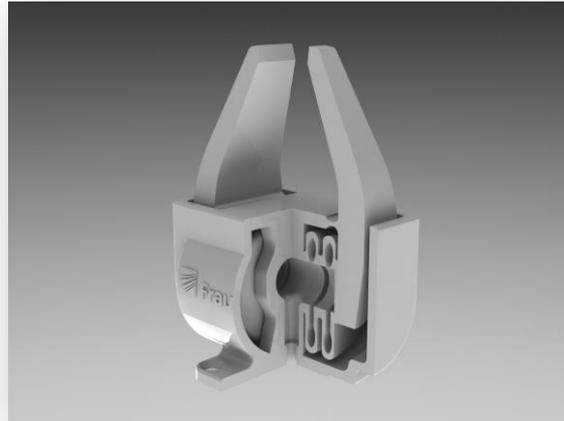


QUALITÄT 4.0 FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG DER ZUKUNFT

Intelligente Qualitätssicherung und Optimierung



Simina Fulga

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA

Control Eventforum, 26.-29.April 2016

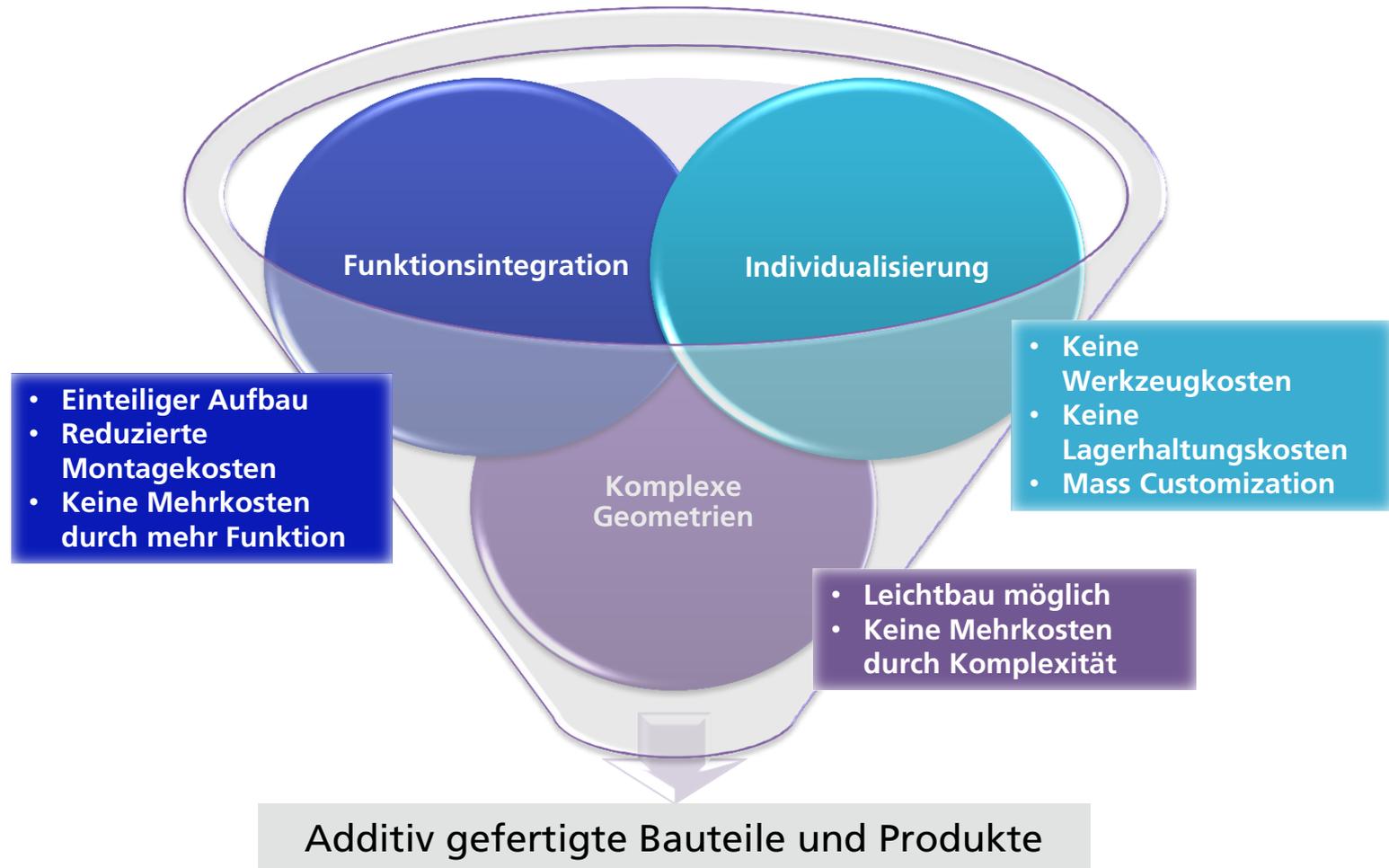
Inhalt

- Additive Fertigung - Hoffnungsträger der vierten industriellen Revolution
- Powder Bed Fusion (PBF) Prozesse
 - Stand der aktuellen Qualitätssicherungskette
 - Qualitätsmanagement
- Inline-Qualitätssicherung für den Selektiven Lasersinter-Prozess
 - Identifikation von Inline-Defekten und -Fehlern
 - Ranking der Effekte / Defekte, Fehler
 - Aktionsplan für die Inline-Qualitätskontrolle
- Ausblick

ADDITIVE FERTIGUNG - HOFFNUNGSTRÄGER DER VIERTEN INDUSTRIELLEN REVOLUTION

Additive Fertigung - Hoffnungsträger der vierten industriellen Revolution

Funktionalität, Flexibilität, Komplexität, Individualität



Additive Fertigung - Hoffnungsträger der vierten industriellen Revolution

Voraussetzung

Kann die additive Fertigung im Bereich der industriellen Umgebung Einzug halten?
Können sich Unikate künftig so effizient produzieren lassen wie Massenware?

Aussagen über die Einhaltung von **Geometrietoleranzen und exakte quantifizierbare physikalische Parameter** im Sinne einer Produktzertifizierung sind **zwingend erforderlich**.

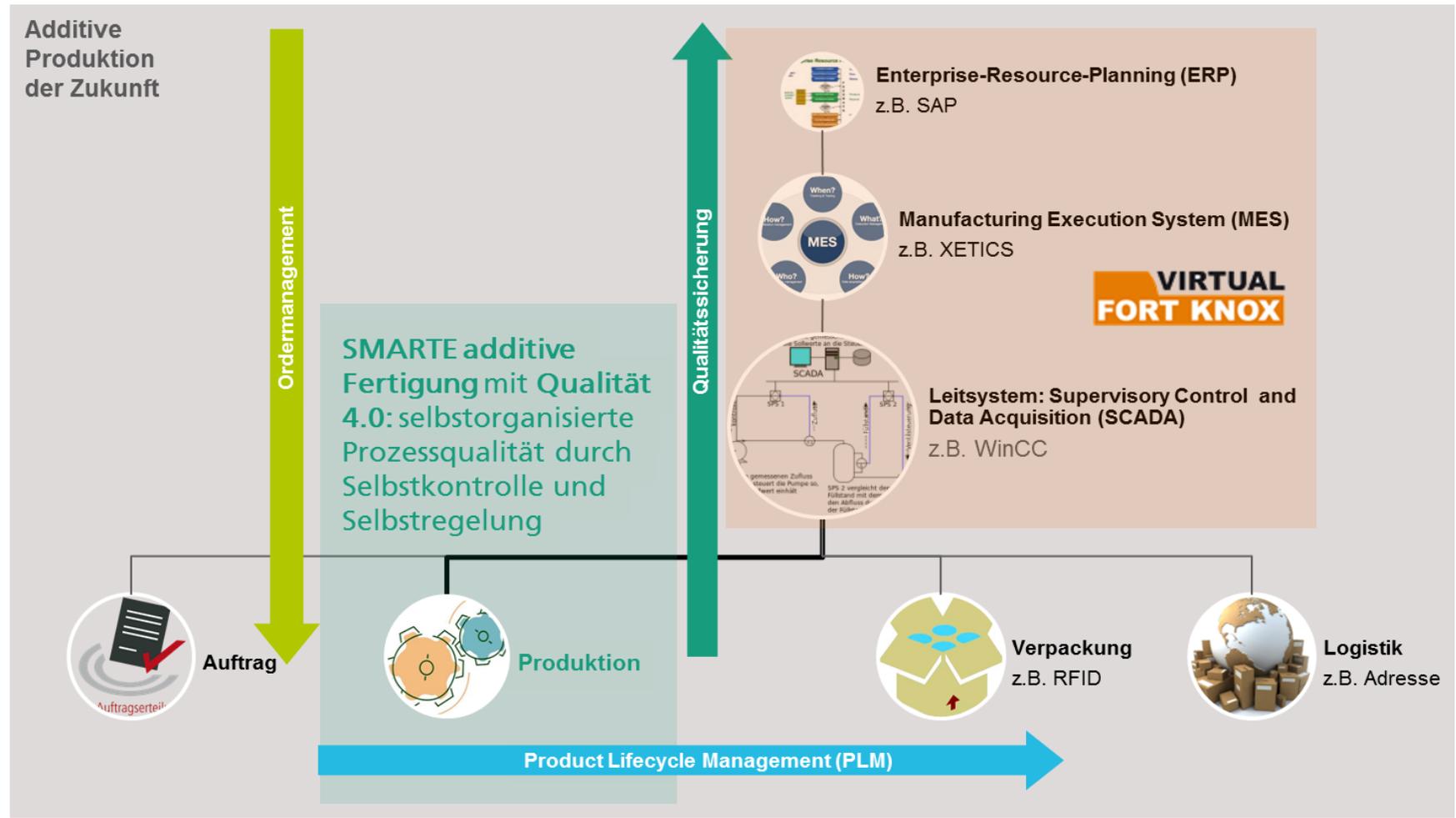
Je früher im Entstehungsprozess diese Parameter gewonnen oder gar beeinflusst werden können, umso höher ist die Effizienz.

Voraussetzung: Qualitätssicherung(QS)

dabei sind sowohl die **unmittelbare Prozessüberwachung** als auch die **QS und Datenintegration über die gesamte Prozesskette der Produktion zu betrachten**

Additive Fertigung - Hoffnungsträger der vierten industriellen Revolution

Fertigungsintegration



POWDER BED FUSION (PBF) PROZESSE

PBF Prozesse

Industrieller Einsatz der additiv gefertigten Bauteile

■ PBF

- eine der sieben Kategorien der additiven Fertigungsprozesse - Standard der ASTM (American Society for Testing and Materials)

■ die erfolgsversprechenden PBF Verfahren zur Fertigung der Bauteile für den industriellen Einsatz:

- Selektives Laserschmelzen (SLM)
- Selektives Lasersintern (SLS)

■ typische Anwendungsbereiche

- allgemein Maschinenbau (Verpackungstechnik, Handhabungstechnik, Sondermaschinenbau)
- Medizintechnik (Geräte, Instrumente, Implantate)
- zunehmend auch die Luft- und Raumfahrttechnik
- kundenspezifische Varianten von Massenprodukten

PBF PROZESSE - STAND DER AKTUELLEN QUALITÄTSSICHERUNGSKETTE

Stand der aktuellen Qualitätssicherungskette ... im Hinblick auf den gesamten Produktherstellungsprozess

■ 3D-Eingangsdaten:

- das **STL-Format** ist der **de facto Industriestandard** trotz neuer Datenformate wie AMF-Format oder 3MF-Format

■ Datenhaltung:

- es gibt bislang **keine einheitliche Datenhaltung**
- es existieren **keine Standards**, die die **digitale Prozesskette** für die unterschiedlichen additiven Produktionsanlagen definieren

■ Fertigungsintegration:

- additive Fertigungsanlagen sind heute meist **autark arbeitende Labormaschinen**, die **nicht in eine Prozesskette integriert** sind
- die **Prozessvariablen** werden teilweise während des Fertigungsprozesses erfasst, aber **nicht langzeitprotokolliert**

Stand der aktuellen Qualitätssicherungskette ... im Hinblick auf den gesamten Produktherstellungsprozess

■ Qualitätssicherung:

- bei additiven Bauteilen können **Qualitätsprobleme in der Fertigung** (z.B. mangelnde geometrische Genauigkeit der Teile) zu Schwachstellen, Brüchen bzw. zu Fehlfunktionen führen
- es existiert **kein Inline-Prüfsystem**, welches gleichzeitig **derartige Fehler** umfassend **detektieren und klassifizieren kann**, und die Möglichkeit bietet, **den Prozess zu überwachen und nachzuregeln bzw. zu optimieren** und im Extremfall abubrechen

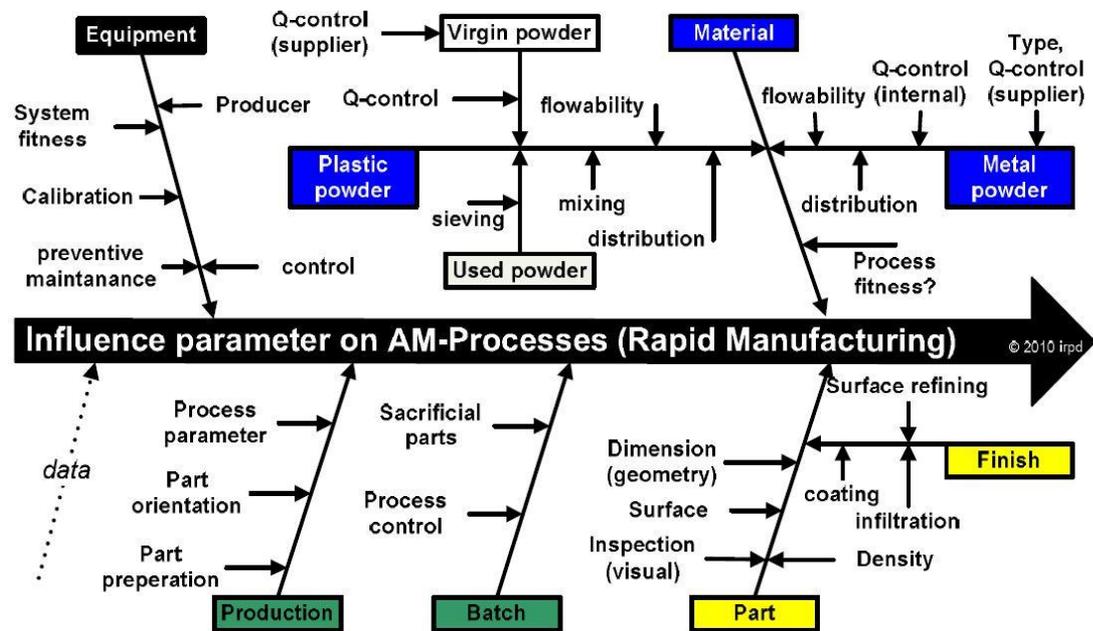
PBF PROZESSE - QUALITÄTSMANAGEMENT (QM)

PBF Prozesse

QM für die additive Fertigung

- es existieren keine QM-Standards für die additiven Fertigungsverfahren
- der additive Fertigungsprozess wird durch zahlreiche Parameter beeinflusst → 4 Kategorien:

- Equipment
- Material
- Produktion
- Bauteil



Source: M. Schmid, G. Levy, Quality Management and Estimation of Quality Costs for Additive Manufacturing with SLS, Direct Digital Manufacturing Conference, 2012, Berlin, Deutschland

INLINE-QUALITÄTSSICHERUNG FÜR DEN SLS-PROZESS

Auswirkungen der Qualitäts-Einflussfaktoren zur Identifikation von Inline-Defekten und -Fehlern

Inline-Defekte und -Fehler

Auswirkungen der Qualitäts-Einflussfaktoren zur Identifikation von Inline-Defekten und –Fehlern, z.B.

Quality Management aspects , e.g.		Quality influencing factors, e.g.	Effects of the factors, e.g.	Inline defects, errors: Inline Quality Control System TASKS, e.g.
Equipment	System fitness influenced by errors of system components:	wear parts (e.g. seals, wiper)	powder application wiper is damaged	streaky, scaly, groovy powder layer
				

INLINE-QUALITÄTSSICHERUNG FÜR DEN SLS-PROZESS

Ranking der Effekte / Defekte, Fehler für die
Inline-Qualitätskontrolle

Inline-Qualitätssicherung

Ranking der Effekte / Defekte, Fehler für die Inline-Qualitätskontrolle, z.B.

Ranking position	Frequency of effect/defect, error in percent of builds	Sunk cost in percent of one build turnover	Effects	Inline defects, errors: Inline Quality Control System TASKS
1	<5%	100%	powder application wiper is damaged	streaky, scaly, groovy powder layer

INLINE QUALITÄTSSICHERUNG (QS) FÜR DEN SLS-PROZESS

Aktionsplan für die Inline-Qualitätskontrolle

Inline QS

Aktionsplan für die Inline-Qualitätskontrolle, z.B.

AM Production steps	Inline Quality Control System TASKS (ranking)
After each powder layer application	streaky, scaly, groovy powder layer (1)

Aktionsplan für die Inline-Qualitätskontrolle

Hardwareplattform bzw. Technologien und Sensoren für die Daten- und Signalerfassung

- eine **Hardware-Modularität** ist unerlässlich um:
 - **andere Sensoren** leicht hinzufügen zu können, um neue Qualitätsprobleme, die mit der Entwicklung der SLS-Maschinen auftreten, lösen zu können
 - eine **leichte Anpassung** des Inline-Qualitätskontrollsystems an **andere additive Fertigungstechnologien** zu ermöglichen, wie z.B. Fused Layer Modeling (FLM), Digital Light Processing (DLP)
 - eine **Datenfusion der Sensoren** auf der Software-Seite des Systems zu ermöglichen
- **Technologien und Sensoren für die Daten- und Signalerfassung:** beispielhaft für eine SLS-Maschine (Fa. EOS) sind drei IQCSM (Inline Quality Control System Modules) notwendig, um die klassifizierten Tasks zu lösen

Aktionsplan für die Inline-Qualitätskontrolle

Hardwareplattform bzw. Technologien und Sensoren für die Daten- und Signalerfassung

IQCS M no.	Sensors for the data and signal acquisition	Tasks - exemplary	IQCSM <i>n</i> component requirements taking into consideration the inspected field, the working distance and the identified tasks
n	Machine Vision Camera	<ul style="list-style-type: none"> • must acquire after each powder layer application at least one image of the powder layer, for the inspection of: powder layer porosity; streaky, scaly, groovy powder layer; impurities in powder layer and the powder grain size • 	<ul style="list-style-type: none"> • camera: • lens: • etc. <p><i>Obs. Camera must be in a cooled housing, if not integrated in the machine, working through a dedicated window.</i></p>

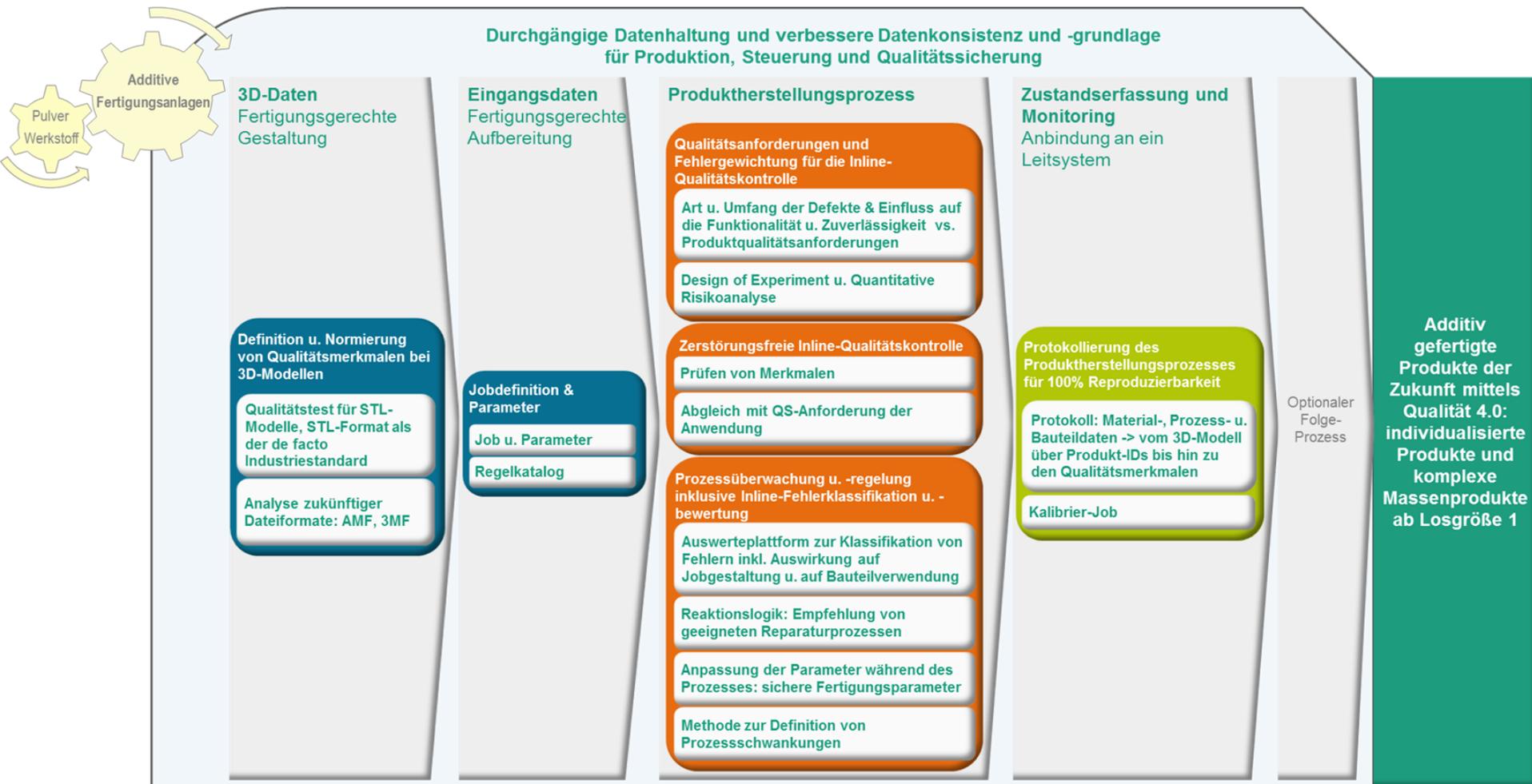
AUSBLICK

Qualität 4.0 für die additive Fertigung der Zukunft

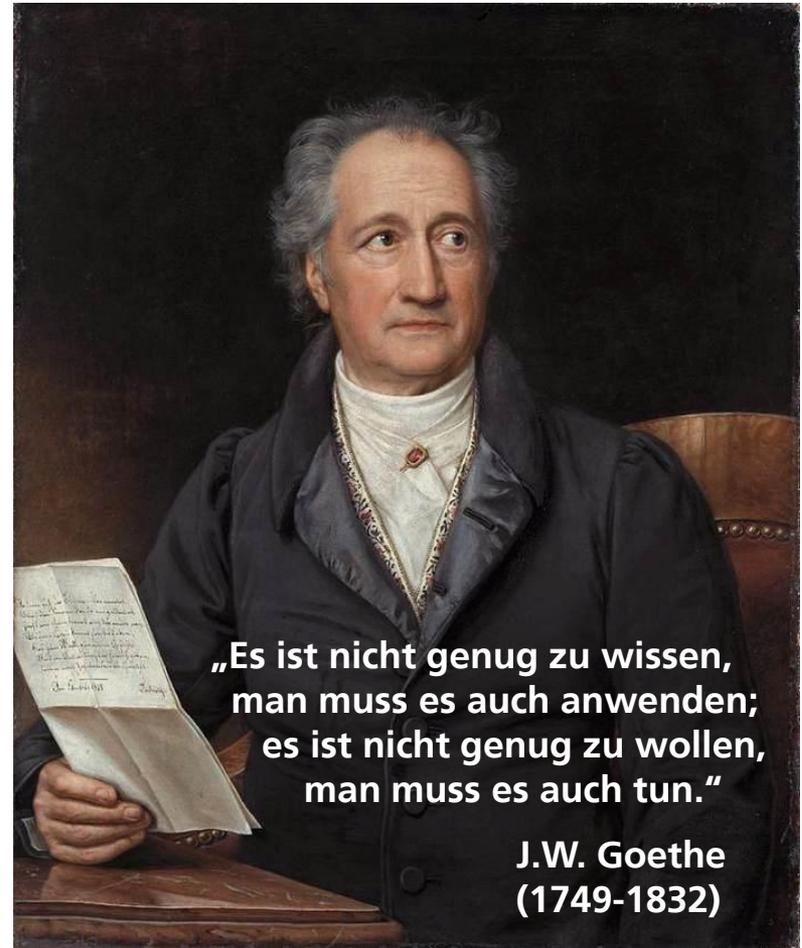
Ausblick

- Ein **intelligentes Qualitätsmodul zur Inline-Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung** für die additive Fertigung zu implementieren, das in die unterschiedlichsten additiven Produktionsanlagen für PBF integrierbar ist.
- Dieses Qualitätsmodul erfüllt die Anforderungen an die Qualität 4.0, d.h. es **ermöglicht eine ständige Qualitätsüberwachung entlang der gesamten Wertschöpfungskette**; der Qualitätsgewinn ergibt sich hauptsächlich aus der kontinuierlichen Datenrückführung in Echtzeit.

Qualität 4.0 für die additive Fertigung der Zukunft Ausblick



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



**„Es ist nicht genug zu wissen,
man muss es auch anwenden;
es ist nicht genug zu wollen,
man muss es auch tun.“**

**J.W. Goethe
(1749-1832)**