

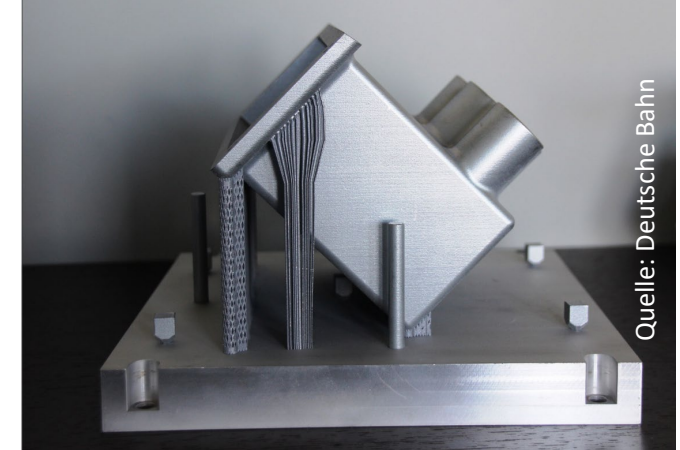
Digitale Qualitätssicherung in der Additiven Fertigung

QI-Digital Forum
09.–10. Oktober 2024, Berlin

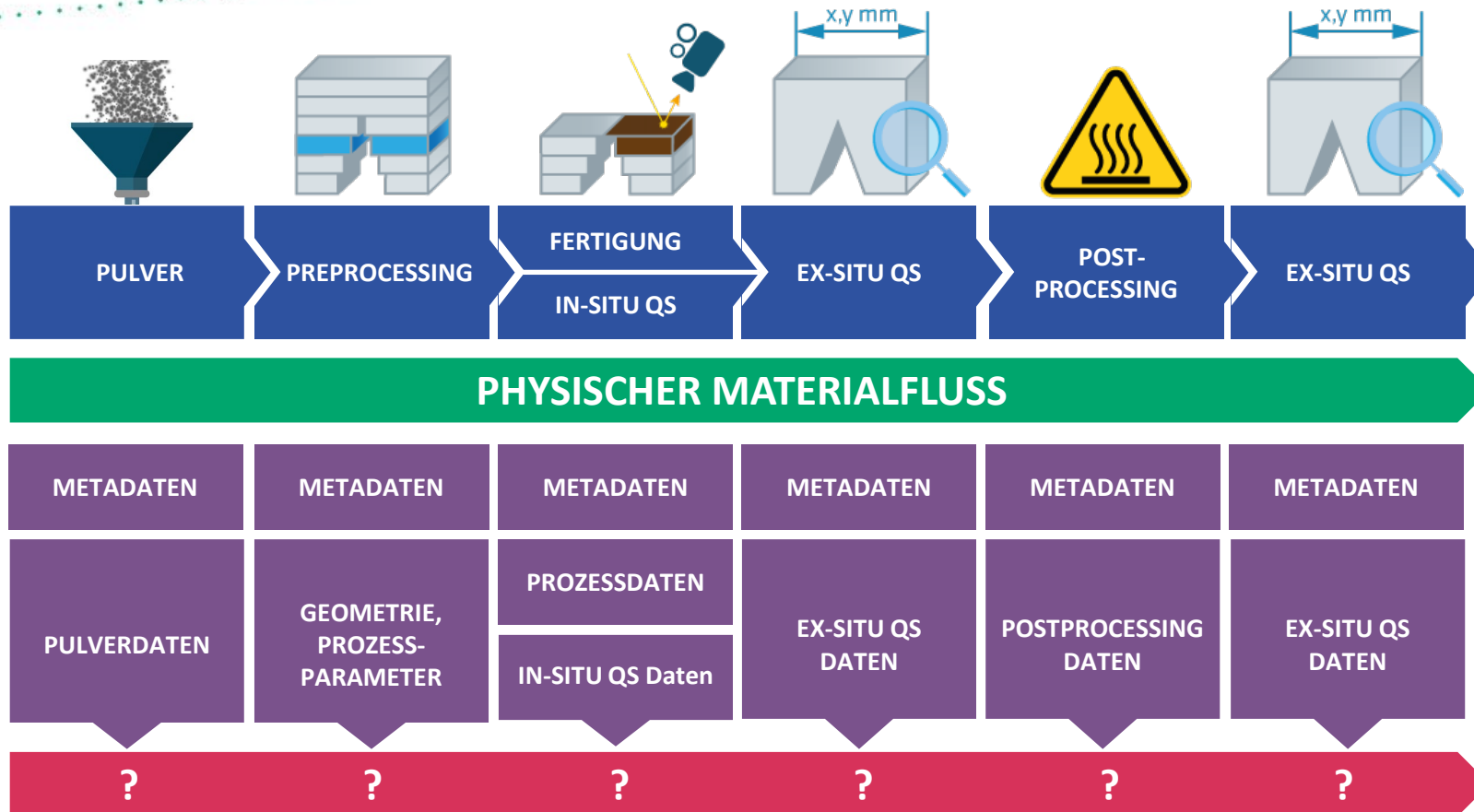
Dr.–Ing. Kai Hilgenberg
Fachbereichsleiter 9.6 Additive Fertigung metallischer Komponenten
Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

ADDITIVE FERTIGUNG: CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

- Additive Fertigung insbesondere geeignet für geometrisch komplexe Bauteile
- Wirtschaftlich für individuelle Bauteile, Kleinserien und Ersatzteile
- Qualitätssicherung (QS) eine große Herausforderung, insbesondere für KMU



ADDITIVE FERTIGUNG: CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN



- Kein durchgängiger Datenfluss
- Sehr große Datenmengen
- Keine einheitlichen Formate
- Aufwändige QS nachgelagert
- Intransparente Dokumentation
- Fehlende Normen und Standards



ZIELSETZUNG IM USE CASE ADDITIVE FERTIGUNG

- Aufbau eines **Reallabors** für die **Demonstration und Erprobung** neuer digitaler QS-Methoden
- Erhebung von **qualitätsrelevanten Daten** entlang der Prozesskette und Speicherung in einheitlicher Datenstruktur
- **Reduktion** des manuellen **Prüfaufwandes** für additiv gefertigte Bauteile
- Erteilung von **digitalen Prüfberichten**
- Erarbeitung von **Normen und Richtlinien**

➔ Additive Fertigung als Demonstrator für eine moderne Fertigungstechnologie in QI Digital



LÖSUNGSANSÄTZE IM USE CASE ADDITIVE FERTIGUNG

PHYSISCHER MATERIALFLUSS



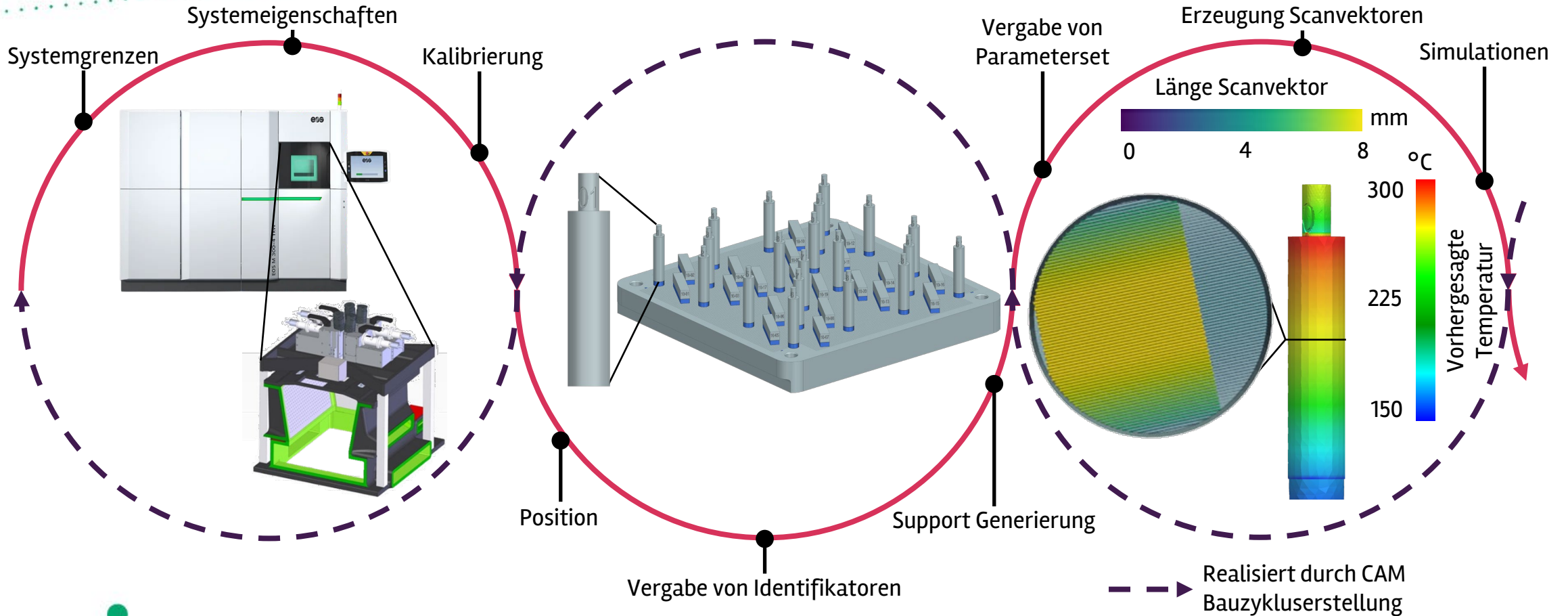
DIGITALER DATENFLUSS

Daten-
container

- Digitale Vernetzung der Fertigungskette und automatisierte Datenerhebung
- Datenstrukturierung und -fusion
- Erschließung neuer in-situ Datenquellen und KI-gestützter Auswertung
- Verknüpfung mit einer digitalen Qualitätsinfrastruktur

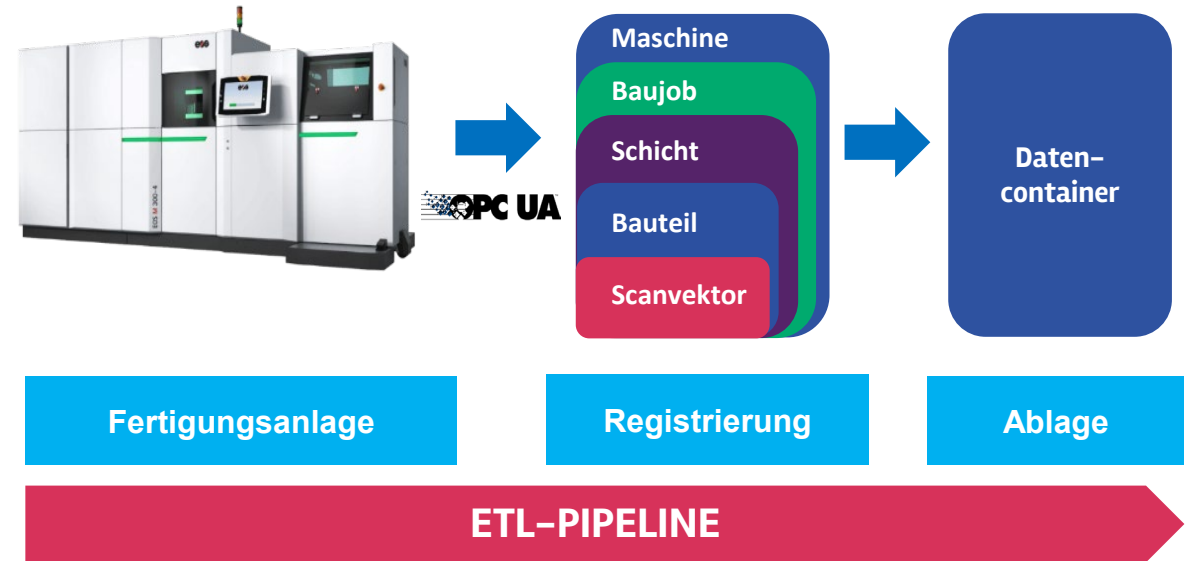


DIGITALE VERNETZUNG DER FERTIGUNGSKETTE

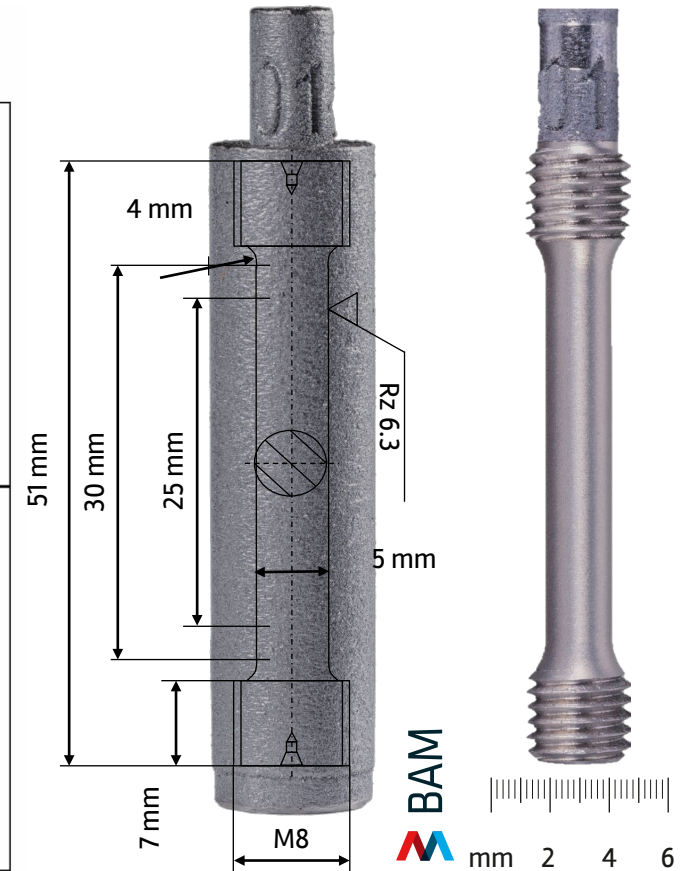
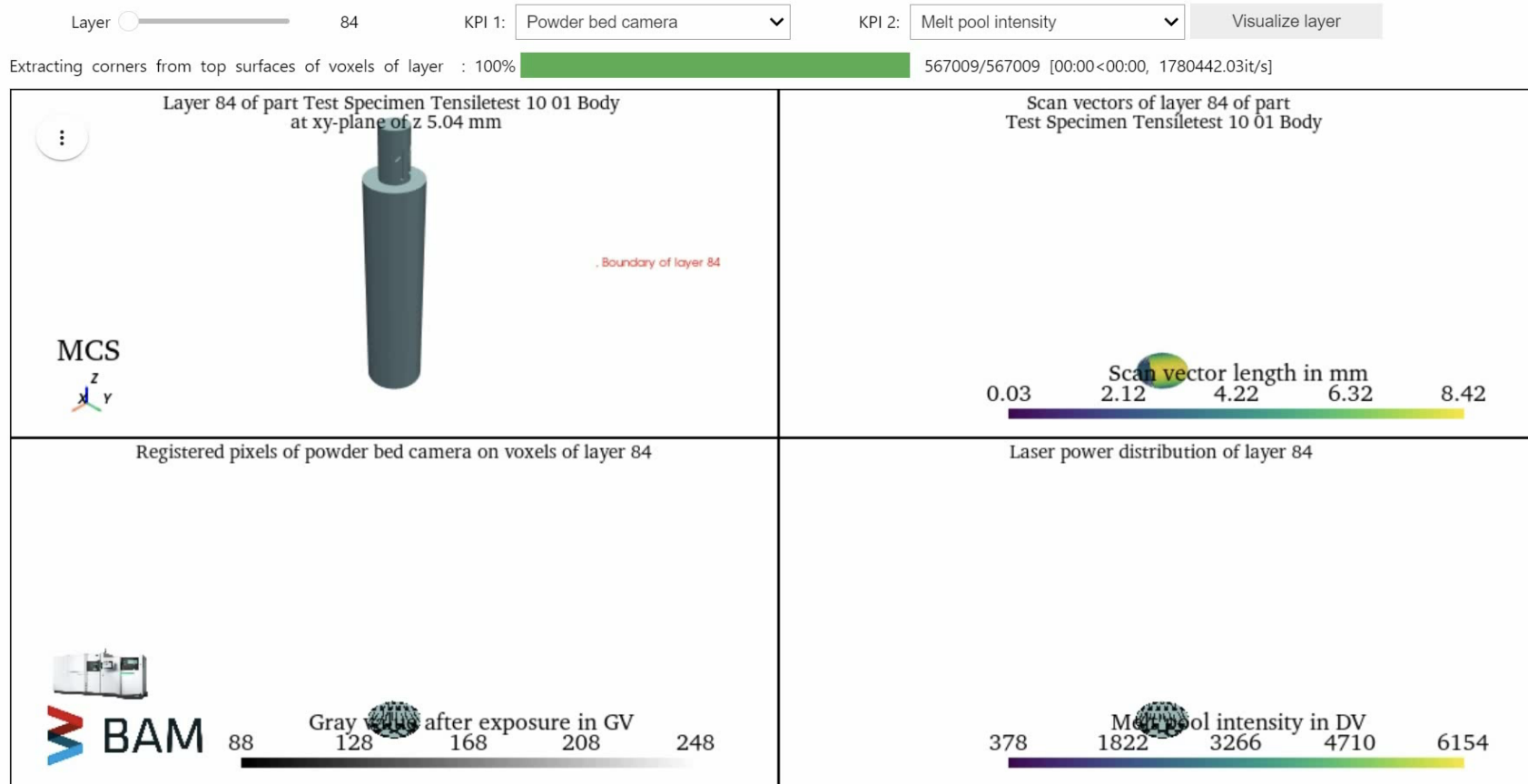


DIGITALE VERNETZUNG DER FERTIGUNGSKETTE

- **Prozesssynchrone Datenaufnahme** der Fertigungsanlage über OPC UA Schnittstelle
- Automatisierte **Aufbereitung** der Daten mittels einer ETL-Pipeline
- Automatisierte Ablage der Daten in einem **Datenmanagementsystem** mit einheitlichen Zeitstempel und Koordinaten

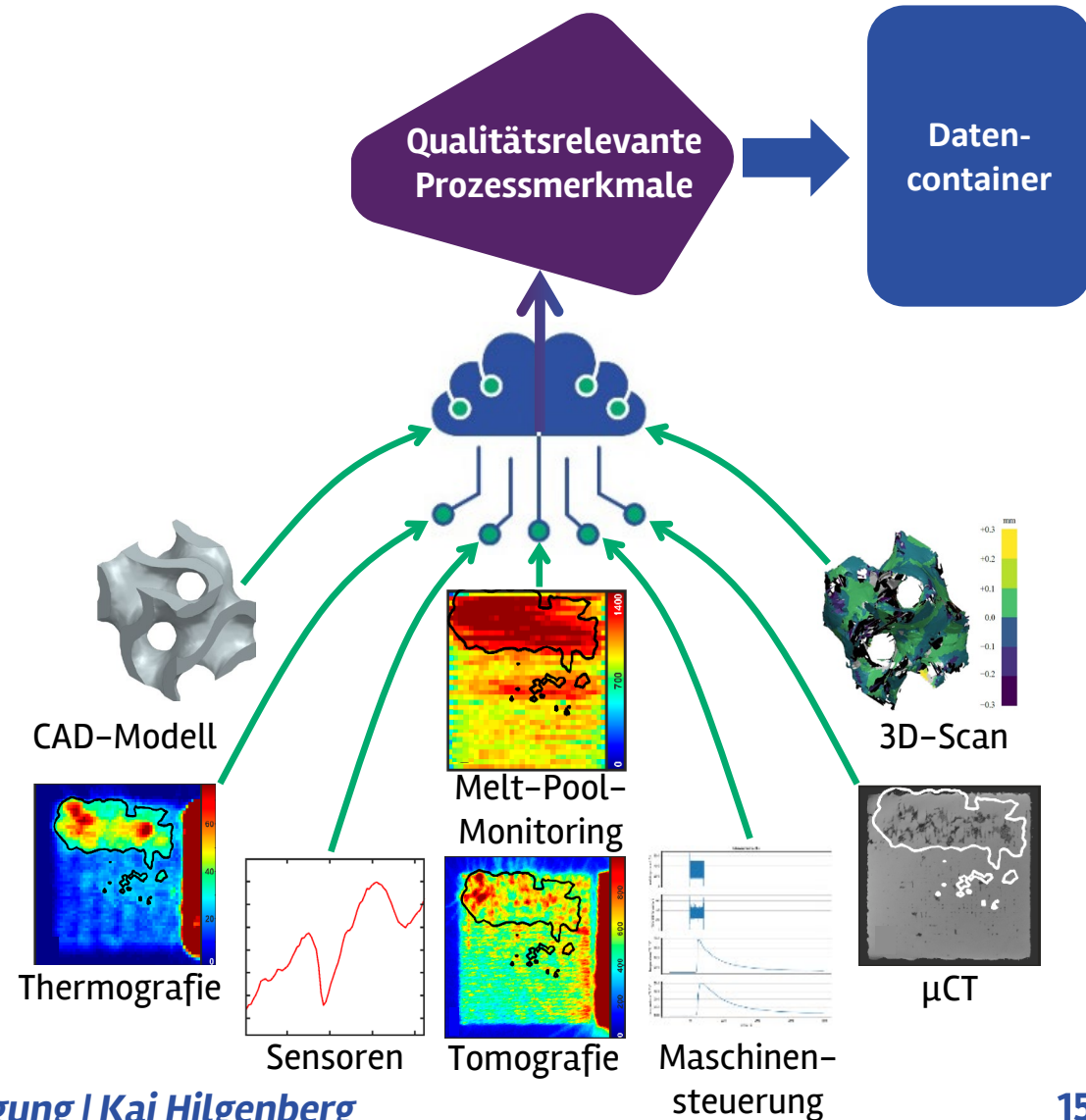


DATENSTRUKTURIERUNG UND -FUSION

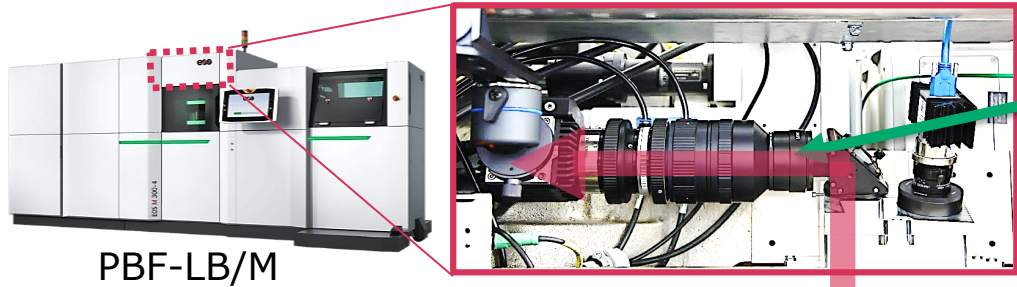


DATENSTRUKTURIERUNG UND -FUSION

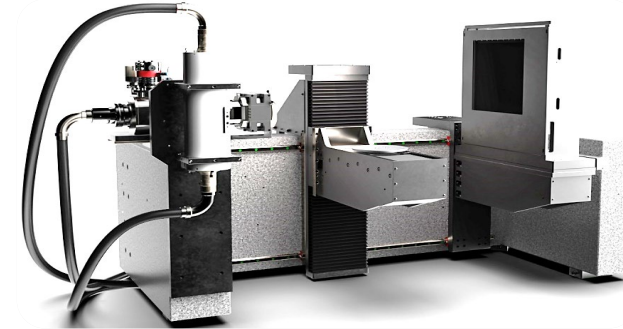
- **Einbindung weiterer Daten:** Detektion von internen Bauteildefekten anhand Thermografie, OT und weiteren Sensorsystemen
- **Registrierung** der Daten auf das gleiche Koordinatensystem/Zeitstempel
- Ermöglicht **Identifikation** qualitätsrelevanter Prozessmerkmale und damit **Datenreduktion**



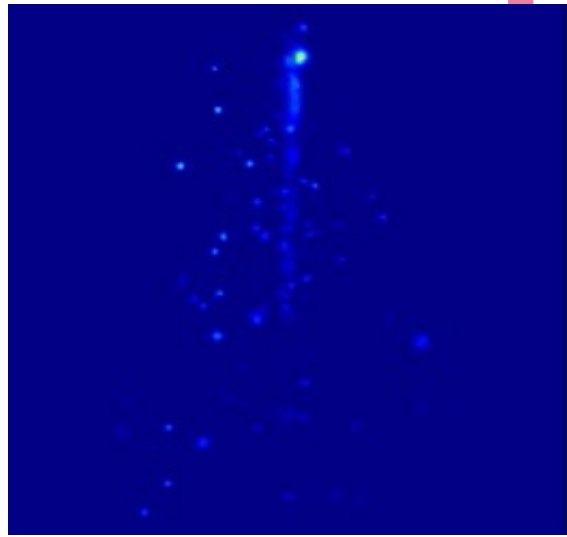
ERSCHLIESSUNG NEUER DATENQUELLEN UND KI-GESTÜTZTE AUSWERTUNG



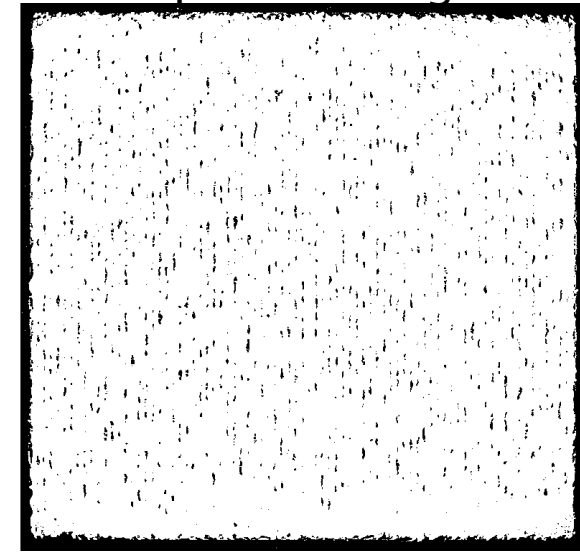
Thermografie-
kamera



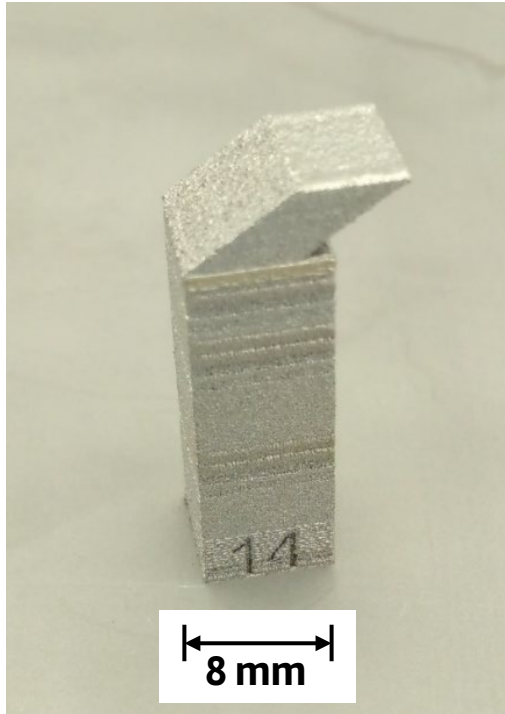
Computertomografie



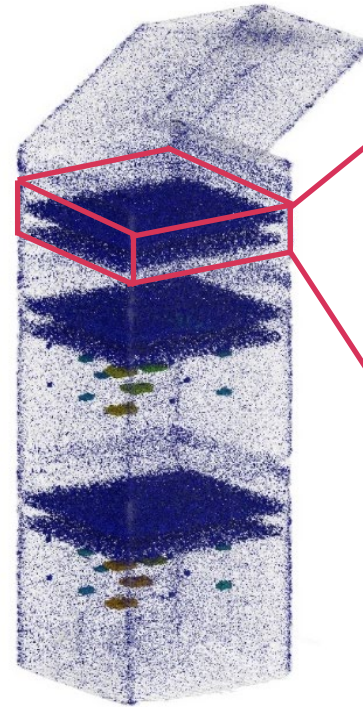
in Abgleich mit



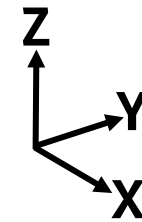
ERSCHLIESSUNG NEUER DATENQUELLEN MIT KI-GESTÜTZTER AUSWERTUNG



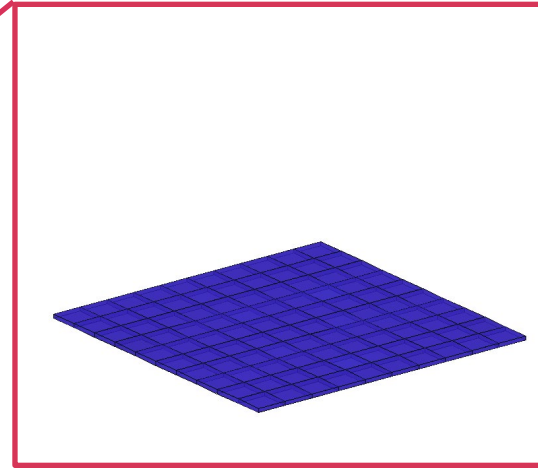
**Gedrucktes
Bauteil**



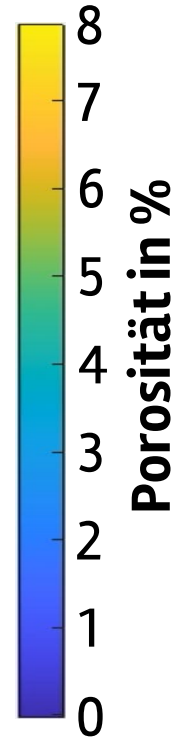
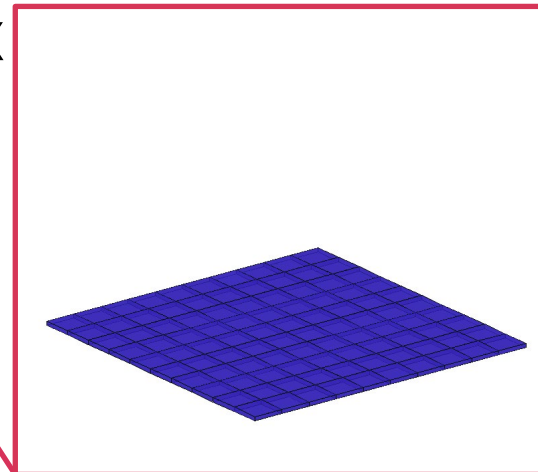
**Defektverteilung
im Bauteil (CT)**



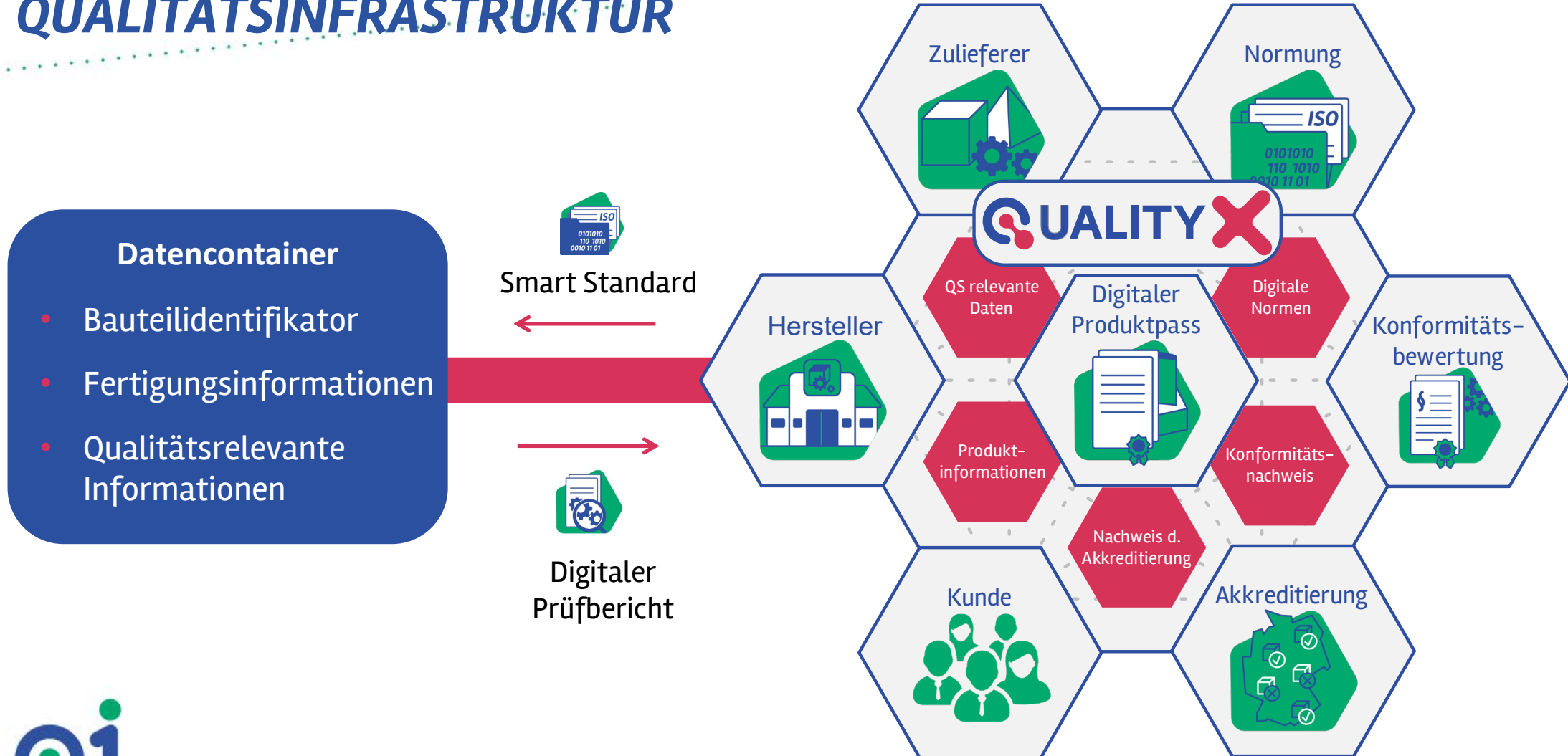
Tatsächliche Porosität



Vorhergesagte Porosität



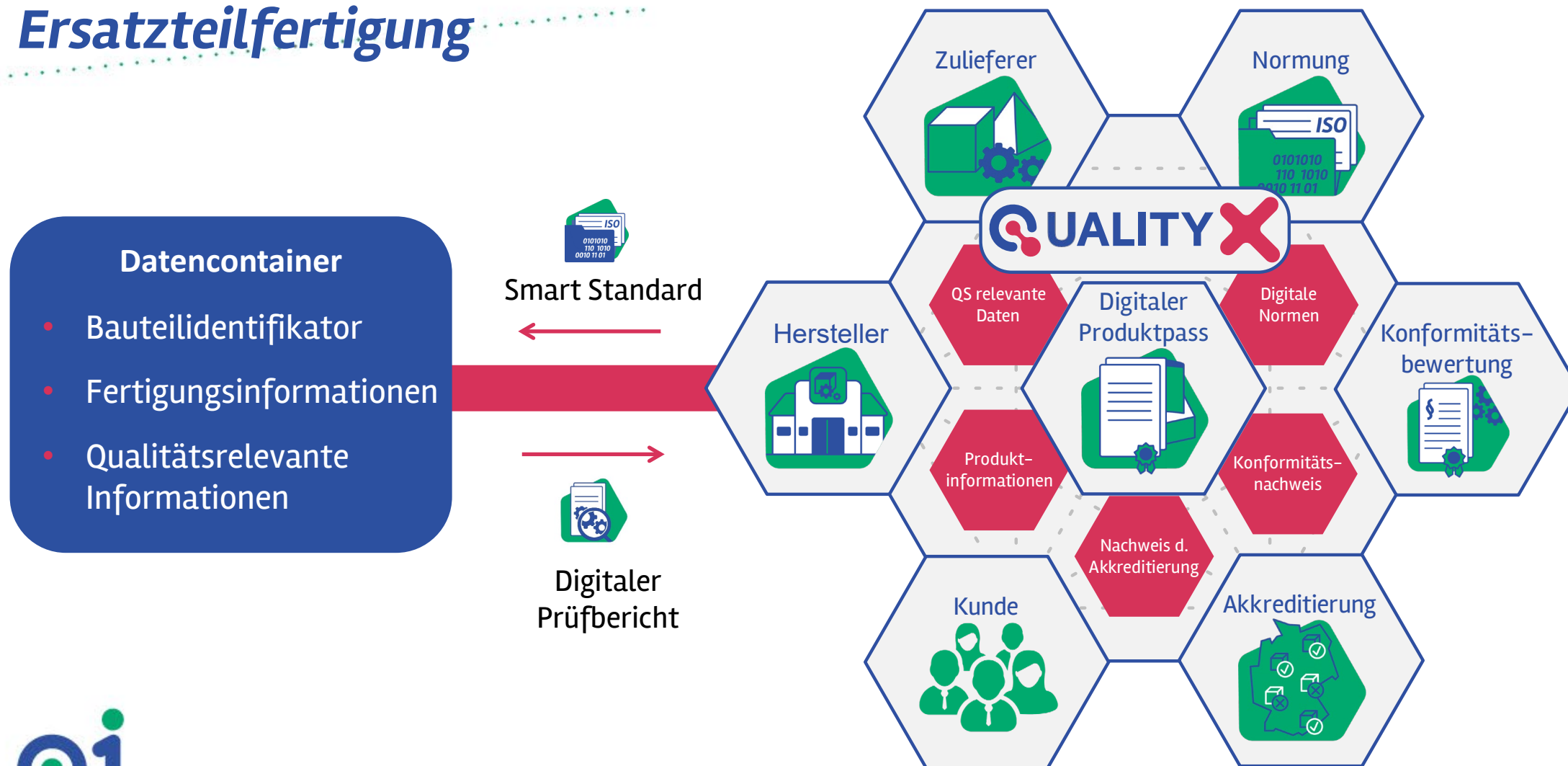
VERKNÜPFUNG MIT DER DIGITALEN QUALITÄTSINFRASTRUKTUR



Digitaler Prüfbericht für additiv gefertigte Bauteile

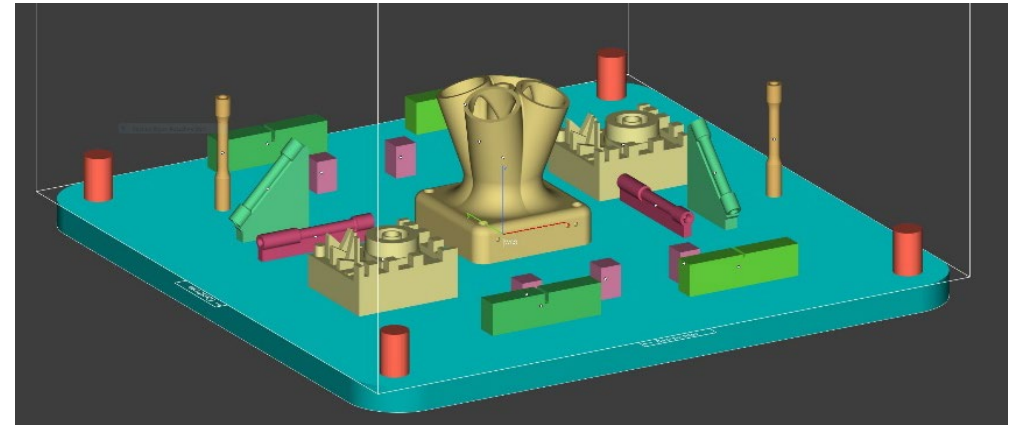
René Laquai,
Multisensor-Koordinatenmesstechnik
Physikalisch-Technische Bundesanstalt

DIGITALER PRÜFBERICHT: Beispiel einer Ersatzteilerfertigung



DIGITALER PRÜFBERICHT: Prüfplattform zur Qualifizierung

- Qualifizierung nach DIN EN ISO/ASTM 52908
- Fokus auf abschließende Inspektion und Prüfung
- umfasst Maßhaltigkeit und Materialeigenschaften:
 - PTB/BAM-Prüfkörper (Maßhaltigkeit, Rauheit)
 - Zugproben (0°, 45°, 90°)
 - Dichtewürfel (Dichte, Härte)
 - Kerbschlagbiegeproben
 - Bauteil: Krümmersammler



DIGITALER PRÜFBERICHT: XML als Format für den digitalen Prüfbericht

- Mit XSD-Schema maschinenlesbar und -ausführbar
- Mit Good Practice auch maschineninterpretierbar
- International anerkannt und etabliert
- Kryptographische Siegelung

- Verwendung der Struktur des **DCC**
 - Bereits abgestimmter Aufbau und Namensgebung
 - Wesentliche Elemente enthalten
 - Herausforderungen:
 - Überschneidung verschiedener Fachgebiete
 - Umfangreich und Komplex



DIGITALER PRÜFBERICHT: Anwendung des DCC –Schemas

- Administrativer Teil:
 - Informationen zu Prüflabor, Personen, etc. können genau so verwendet werden
 - Informationen zu geprüften Teilen werden deutlich komplexer:
 - Mehrere Teile unterschiedlicher Art
 - Teilweise mehrere Elemente auf einem Teil
 - Eindeutigkeit bei der Vergabe von IDs muss sichergestellt werden

```
.....</dcc:item>CRIF
.....<dcc:item id="LA_X_P1">CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<dcc:content lang="de">Längenprüfkörper X Ebene 1</dcc:content>CRIF
.....</dcc:name>CRIF
.....<dcc:identifications>CRIF
.....<dcc:identification>CRIF
.....</dcc:identifications>CRIF
.....</dcc:item>CRIF
.....<dcc:item id="LA_X_P2">CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<dcc:content lang="de">Längenprüfkörper X Ebene 2</dcc:content>CRIF
.....</dcc:name>CRIF
.....<dcc:identifications>CRIF
.....</dcc:item>CRIF
```

DIGITALER PRÜFBERICHT: Anwendung des DCC –Schemas

- Ergebnisteil:
 - Verschiedene Messgrößen (Länge, Kraft, Dichte)
 - Aufteilung in unterschiedliche Bereiche
 - Eindeutige Zuweisung zu Prüfkörper und Messgröße über Attribute (refTypes, refIDs)
 - Aussage über Einhaltung der Toleranz kann in den Metadaten zu Messgröße dargestellt werden

```

.....<dcc:administrativeData>CRIF
.....<dcc:measurementResults>CRIF
.....<dcc:measurementResult>CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<dcc:content.lang="de">dimensionelle Messungen</dcc:content>CRIF
.....</dcc:name>CRIF
.....<dcc:usedMethods>CRIF
.....<dcc:measuringEquipments>CRIF
.....<dcc:influenceConditions>CRIF
.....<dcc:results>CRIF
.....<dcc:measurementMetaData>CRIF
.....</dcc:measurementResult>CRIF
.....<dcc:measurementResult>CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<dcc:content.lang="de">Zugfestigkeiten</dcc:content>CRIF
.....</dcc:name>CRIF
.....<dcc:usedMethods>CRIF
.....<dcc:measuringEquipments>CRIF
.....<dcc:influenceConditions>CRIF
.....<dcc:results>CRIF
.....<dcc:measurementMetaData>CRIF
.....</dcc:measurementResult>CRIF
.....</dcc:measurementResults>CRIF

```

```

.....<dcc:results>CRIF
.....<dcc:result.refType="length_distance">CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<dcc:content.lang="de">Abstand LA_X Ebene 1 zu Ebene 2</dcc:content>CRIF
.....</dcc:name>CRIF
.....<dcc:data>CRIF
.....<dcc:quantity.refType="length_distance".refId="LA_X_P1-LA_X_P2">CRIF
.....<dcc:name>CRIF
.....<si:real>CRIF
.....CRIF
.....<dcc:measurementMetaData>CRIF
.....</dcc:quantity>CRIF
.....</dcc:data>CRIF
.....</dcc:result>CRIF
.....</dcc:results>CRIF

```

Kontakt

Physikalisch-Technische Bundesanstalt 5.34 Multisensor-Koordinatenmesstechnik

Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Dr. René Laquai

Telefon: 0531 592-5348

E-Mail: rene.laquai@ptb.de

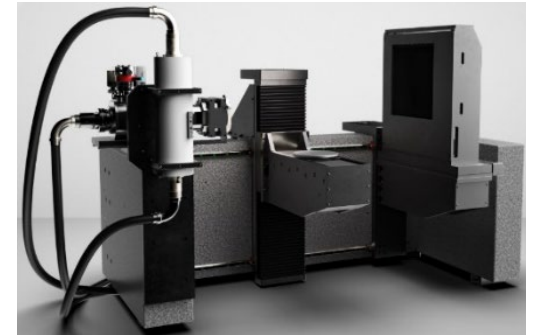
www.ptb.de



QI-DIGITAL USE CASE AM EREICHTES UND AUSBLICK

EREICHTES UND AUSBLICK

- **Reallabor** mit digital vernetzter Prozesskette an der BAM realisiert
- **Zertifizierung** nach ISO/ASTM 52920 als weltweit erste Forschungseinrichtung → Reallabor arbeitet nach industriellen Qualitätsstandards
- Zur **kollaborativen Weiterentwicklung** einer digitalen QS mit Industrie und Normung
- Reihe von Kooperationsprojekten mit der Industrie angestoßen



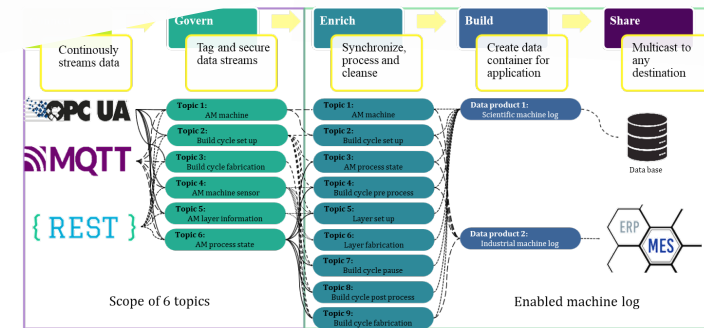
ERREICHTES UND AUSBLICK

- Aufbau und Leitung eines **Expertenkreises** aus Forschung, Industrie und Normung
- **Normentwurf ISO/ASTM PWI 52970** „Data capturing and structure for PBF-LB/M machine log“ zusammen mit Expertenkreis entwickelt und eingereicht
- OPC UA Gruppe im VDMA hat Normentwurf bereits übernommen
- Geplant: Gründung und Leitung einer Joint Group auf ISO-Ebene „Data driven quality assurance“



ISO/ASTM 52970-2023#

Contents	
Foreword	iv
Introduction	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 Structure of data capturing	1
5 Govern stage data structure	2
5.1 General	4
5.2 Topic 1 - AM machine	4
5.2.1 AM machine info	4
5.2.2 AM machine exposure unit X	4
5.2.3 AM machine atmosphere	4
5.2.4 AM machine PLE	5
5.2.5 AM Machine MCSW	6
5.3 Topic 2 - AM Build cycle set up	7
5.3.1 Build cycle set up info	7
5.3.2 Build cycle set up time	9
5.4 Topic 3 - Build cycle fabrication	9
5.4.1 Build cycle fabrication info	11
5.5 Topic 4 - AM machine sensor	12
5.5.1 AM machine sensor build chamber	12
5.5.2 AM machine sensor build platform	13
5.5.3 AM machine sensor environment	13
5.5.4 AM machine sensor exposure unit X	14
5.5.5 AM machine sensor filtration	15
6 machine sensor recycler	15
Topic 5 - AM layer info	16
AM layer info build cycle	17
AM layer info build platform	17
AM layer info exposure unit X	18
AM layer info process state	19
AM layer info process state event	20
AM layer info process state AM machine	20
AM layer info process state process	21
AM layer info process state process	22
AM layer info process state process	23
AM layer info process state process	25



SPRECHEN SIE UNS AN!



Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Dr.-Ing. Kai Hilgenberg
Telefon: 030-8104-3177
E-Mail: kai.hilgenberg@bam.de
www.bam.de

