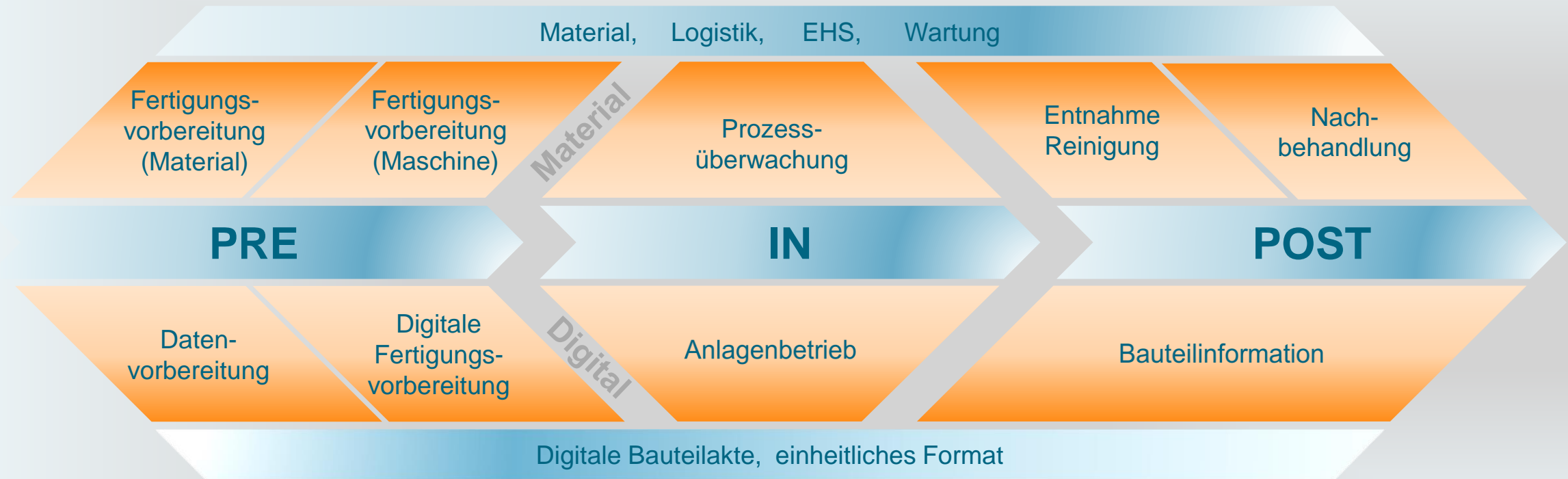


# Additive Manufacturing: Metall-Pulverbett Automatisierungen – Roadmap: SMART FACTORY








# Roadmap Automatisierung AM

Die Roadmap „Automatisierung für Additive Manufacturing“ ist von einem Arbeitskreis aus Spezialisten der Arbeitsgemeinschaft Additive Manufacturing im VDMA erstellt worden und bündelt umfangreiches Know How zur Integration der neuen Fertigungstechnologie in industrielle Produktionsabläufe. Aktuell liegt die Roadmap für Laser - Pulverbettverfahren vor. Für Kunststoff und Metall liegen zwei getrennt Dokumente vor. Weitere, industriell relevante Verfahren sollen ebenfalls dokumentiert werden.

Zu PRE-, IN- und POST-Prozess sind in Tabellen die Prozessschritte und Bausteine zur Automatisierung des additiven Fertigungsprozesses aufgeführt. Der Weg zur „Smart Factory“ wird von der Manufaktur bis zur Vollautomatisierung dokumentiert. Als Systemgrenze werden alle Vorgänge betrachtet, die schon / noch AM-spezifisch sind. Der Automatisierungsgrad wird an der Reduzierung des Zeitaufwandes im Produktionsprozess gemessen, nicht am Anteil der manuellen Tätigkeit. Im automatisierten Fertigungsprozess wird manuelle Tätigkeit in Steuerung, dann Regelung und schließlich Intelligenz überführt. Oberbegriff für die intelligent vernetzte Produktion ist „Smart Factory“.

## Symbole:

-  Zur Übersichts-Folie
-  Kommentar als Pop-up: Hinweise aus der Arbeitsgruppe zu den Inhalten der Roadmap
-  Link: Link zum Internet – Veröffentlichungen, Produktinformationen (technischer Inhalt, KEINE Werbung, KEINE Vertriebsplattform)
-  Info: Zusätzlich eingefügte Infoseite (technischer Inhalt, KEINE Werbung, KEINE Vertriebsplattform)
-  Eigenen Kommentar senden

## Farbgebung in der Tabelle:

- Heutiger Stand : heißt, dies ist aktuell in der Produktion im Einsatz
- in Arbeit : heißt, Einzellösung oder Demonstrator aktuell vorhanden
- Zukunftslösung : heißt, relevante Anzahl Anbieter erst in Zukunft vorhanden


\* = s.a. Glossar

## Navigatoinsflächen:

**Pre-Process: Datenvorbereitung**

Vor dem Fertigungsprozess müssen die Konstruktionsdaten für die Nutzung im Schichtbauverfahren vorbereitet werden. Informationen zur Bauteilgeometrie, Toleranzen, Funktionen fließen in die Fertigungsdaten ein. Diese Daten werden entsprechend dem gewünschten Bauprozess angepasst.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 1.1	Datenkonvertierung: 2D => 3D => STL => Anlagendaten	Nutzung einer spezifischen Software	Nutzung einer spezifischen Software	Software kann Volumendaten verarbeiten	Intelligente Algorithmen zur automatisierten Aufbereitung der Daten / STEP214
D 1.2	Informationsübergabe: Toleranzen, Funktion etc.	Klärung mit Kunden	Informationsübergabe in CAD-Datei	Standardisiertes Datenformat	
D 1.3	Sichtung der Fertigungsdaten (Kontrollfunktion)	Sichtung durch Mitarbeiter	Softwaregestützte Sichtung durch MA (Fehlstellen werden markiert)	CAD-Programm mit Additiv-Software-Modul inkl. & Daten-Konsistenzprüfung	
D 1.4	Datenaufbereitung	Manuell	Assistenzsysteme zur Datenaufbereitung	Datenaufbereitung	
D 1.5	Geometrie 3D-Modell: Form und Lage der Flächen im Raum	STL-File: drehen, skalieren, Consumerware	Standard - Koordinatensystem und Zusatzdatei mit Prozessbeschreibung	Informationen in der Geometriedatei enthalten, ohne STL	Verzahnung PDM/CAX-Intelligenter Build-prozessor (vollständige Beschreibung aus CAD)

# Additive Manufacturing: Metall-Pulverbett Automatisierungs – Roadmap: Pre-Prozess

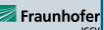


- Im Rahmen der **Fertigungsvorbereitung** wird das Baumaterial geprüft und bereitgestellt. Auch die Anlage wird vorbereitet, mit Verbrauchsmaterial (Metallpulver, Schutzgas, Bauplatte oder Halbzeug ) versorgt und für den Materialaufbau präpariert.
- Vor dem Fertigungsprozess müssen die **Konstruktionsdaten** für die Nutzung im Schichtbauverfahren vorbereitet werden (z.B. das Meshhealing). Informationen zur Bauteilgeometrie, Toleranzen, Funktionen fließen in die Fertigungsdaten ein. Diese Daten werden entsprechend dem gewünschten Bauprozess angepasst.
- Im Rahmen der **Fertigungsvorbereitung** werden diese Daten importiert, um den Bauprozess zu simulieren, Deformationen zu bestimmen, Supportstrukturen festzulegen, Aufmaße und Marken zu positionieren. Auch die Bauraum-Positionierung (Nesting) wird hier ermittelt.

# Pre-Prozess: Fertigungsvorbereitung (Material)



Im Rahmen der Fertigungsvorbereitung wird das Baumaterial geprüft und bereitgestellt. Auch die Anlage wird vorbereitet und mit Verbrauchsmaterial versorgt.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 1.1	Entnahme einer Materialprobe zur Ermittlung von: Korngrößen-Verteilung, Alterungszustand, Fließverhalten, Feuchtigkeit*, Sauerstoffgehalt, chem. Zusammensetzung	Manuelle Entnahme bei Bedarf	Hilfseinrichtung zur Entnahme und Messung vorhanden. Anpassung aufgrund Erfahrung.	Kontinuierliche, automatisierte Probenentnahme und Messung. Prozessanpassung.	Automatisierte Entnahme, Messung, Prozessanpassung bzw. Korrektur der Zusammensetzung	
P 1.2	Maschinenvorbereitung: Verbrauchsmaterial, Schutzgas	Manuell	Hinweise durch Sensorik	Automatische (beschleunigte) Befüllung / Wechsel	Intelligente Verbrauchsmittelprüfung	
P 1.3	Befüllen der Anlage mit Material – Reinigung und Verdichtung im Vorratsbehälter (s.a. unter „Prozessübergreifend“)	Manuell	Behälter	Vollständige Automatisierung, zentrale Materialversorgung	Minimalmengenbefüllung* einer Anlage in Abhängigkeit vom Baujob und dem daraus resultierenden Volumen der Bauteile	

Teilautomatisierung: Feuchtigkeitsgehalt-Regelung: Aktiver Entzug durch Vakuum / Argon-Spülung bis auf den Sollwert (Taupunktsensor im Transportbehälter)



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

# Pre-Prozess: Fertigungsvorbereitung (Maschine)



Die Maschine wird für den Auftrag eingerichtet. Im Fall einer hybriden Fertigung wird auch das konventionell gefertigte Grund-Bauteil montiert, ausgerichtet und zum Aufbau vorbereitet.


PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 2.1	Einbau der Bauplatte / Spannvorrichtung	Manuell	Nullpunktspannsystem	Automatisierte Nivellierung, Scansystem unter Berücksichtigung des Beschichters	Automatisierter Plattenwechsel, Nullpunktspannsystem, autonome Kalibrierung	
P 2.2	Ausrichten der Bauplatte					
P 2.3	Sonderfall Hybrid: Ausrichten des Grundkörpers (Hybrid), Spannplatte für Bauteil	Manuell	Positionserkennung (bei Auftragsschweißen vorhanden), alternativ mit Nullpunktspann- system (s.a. Post- Prozess, Bauteilinfo)			



# Pre-Process: Datenvorbereitung



Vor dem Fertigungsprozess müssen die Konstruktionsdaten für die Nutzung im Schichtbauverfahren vorbereitet werden. Informationen zur Bauteilgeometrie, Toleranzen, Funktionen fließen in die Fertigungsdaten ein. Diese Daten werden entsprechend dem gewünschten Bauprozess angepasst.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
D 1.1	Datenkonvertierung: Konstruktion => STL/AMF/3MF	(manuelle STL-Daten- Erzeugung)	Nutzung einer spezifischen Software	Direkte STL-Datener- zeugung aus dem CAD	Intelligente Algorithmen zur automatisierten Aufbereitung der Daten / STEP214	
D 1.2	Informationsübergabe: Toleranzen, Funktion etc.	Klärung mit Kunden	Informationsübergabe in CAD-Datei (z.B. JT- Format)	Standardisiertes Datenformat (Größe?)		
D 1.3	Analyse der STL/AMF-Daten ( <i>Kontrollfunktion, s.a. D5.3 „übergreifend“</i> ) 	Sichtung durch Mitarbeiter	Softwaregestützt markieren.	CAD-Programm mit Additiv-Softwaremodul zur Markierung		
D 1.4	Datenkorrektur 	Manuell	Assistenzsysteme zur Datenkorrektur	100% - Datenkorrektur		



# Pre-Process: Digitale Fertigungsvorbereitung (Baujob)



Daten werden importiert, um den Bauprozess zu simulieren, Deformationen zu bestimmen, Supportstrukturen festzulegen. Orientierung im Raum.  
Die hier aufgeführten Arbeitsschritte können auch in anderer Reihenfolge geschehen.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 2.1	Datenimport in virtuelle Bauraum- umgebung der geeigneten Maschine	Manuell durch MA	Support zur Vorauswahl nach definierten Kriterien	Automatisierte Zuordnung	Automatische Positionierung, Orientierung und Supporterzeugung auf dem Baufeld auf Basis der nachgelagerten Prozessschritte im Maschinenverbund <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Geforderter Qualität</li> <li>• Lieferzeit</li> </ul>
D 2.2	Bauprozess-Simulation und Opti- mierung, (Stützstruktur-Auslegung, ..)	Keine	Manuelle Datenvorbereitung und automatisierte Ergebnisgenerierung	Simulation, Berechnung der Orientierung und der Supports nach Zielgrößen im automatisierten Ablauf	
D 2.3	Bauteilorientierung (Aufbau additiver Struktur auf konventionell gefertigtem Halbzeug) Oberfläche, Verzug, mech. Eigenschaften, Bauzeit	Manuell	Add-in in der Daten- vorbereitungssoftware und intelligente Darstellungsform (i.O.; n.i.O)		
D 2.4	Supportanbringung	Manuell	Automatisiert, aber nicht optimiert		



# Pre-Process: Digitale Fertigungsvorbereitung



Aufmaße werden festgelegt und Marken angebracht. Auch die Bauraum-Positionierung (Nesting) wird hier ermittelt sowie die Daten für den Schichtbau erzeugt. Die hier aufgeführten Arbeitsschritte können auch in anderer Reihenfolge geschehen.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 2.5	Definition der Aufmaße: entsprechend Verzug und Anlagencharakteristik: CAD + Hülle = Baudatenfile	Manuell, Erfahrungen, abgestimmt auf Folgeprozesse, in der Zeichnung dokumentiert	Teilautomatisierte Assistenzsysteme	Automatisiertes Anbringen von Aufmaß	Automatisiertes und definiertes Anbringen, abgestimmt auf Folgeprozesse
D 2.6	Definition von Marken und Geometriemerkmale für nachfolgende Prozesse: Spanngeometrien, Messpunkte, ....(s.a. Konstruktion!)	Manuell, Erfahrungen, abgestimmt auf Folgeprozesse, in der Zeichnung dokumentiert	Teilautomatisierte Assistenzsysteme zur Auswahl von Messpunkten	FEM-Simulation des Bauprozesses => automatisierte Datenmanipulation	
D 2.7	Produktionsplanung und -steuerung (PPS): Nesting, effektive Nutzung des Bauraums, auf jeden Printjob bezogen.	Manuell	Einfache Logik zur Clusterung des Printjobspools (nach Bauzeit, Dringlichkeit, Material)	Unterstützung bei der Anlagenauswahl; Erzeugung der Maschinendaten	Verknüpfung mit PPS-System => Erkennen der nächsten passenden freien Anlage und automatisierte Erzeugung der Anlagendaten
D 2.8	Erzeugung der Job-Datei: Slicen + Hatch-Generierung (Scan-Strategie)	(manuelle Datenerzeugung)	Jobdatei entsprechend Erfahrung.	Automatische Erzeugung der Jobdatei entsprechend Anforderung	Automatische Erzeugung optimierter Fertigungsparameter



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



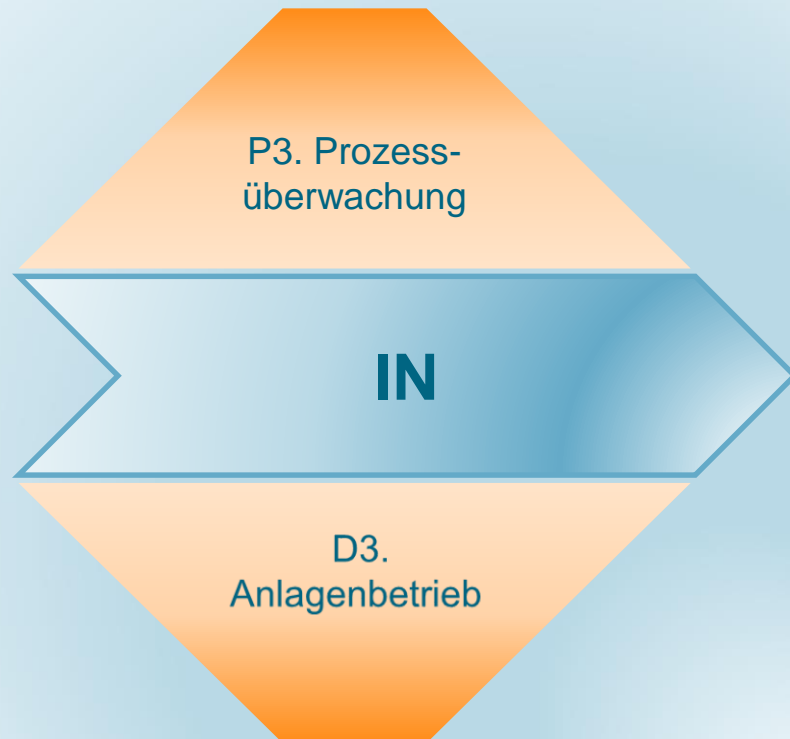
Info



Link

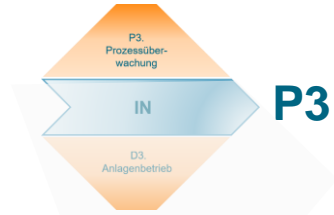


# Additive Manufacturing: Metall-Pulverbett Automatisierungen – Roadmap: In-Prozess




Der **Schichtbauprozess** wird mit den Daten aus der Vorstufe gestartet. Für eine wirtschaftliche und effektive Produktion ist die Bereitstellung und Verarbeitung der Daten zu optimieren. Die Bauteilqualität wird durch eine Vielzahl von Parametern bestimmt. Für die optimale **Prozessführung** ist die Erfassung und Verarbeitung dieser Betriebsgrößen entscheidend. Der Auswertalgorithmus wird durch standardisierte Testverfahren qualifiziert. Der eigentliche Schmelzprozess wird an dieser Stelle nicht betrachtet.

# In-Process: Prozessüberwachung



Die Bauteilqualität wird durch eine Vielzahl von Parametern bestimmt. Für die optimale Prozessführung ist die Erfassung und Verarbeitung dieser Betriebsgrößen entscheidend.

IN	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 3.1	Pulverbettüberwachung ( <b>abgrenzen zu 3.5, 3.6, klare Definition!!</b> )	Beobachtung, offline-Messung; erweiterte QS auf Bauteilebene, wenn Prozessgrenzwerte erreicht sind	Erste Systeme integriert, die beobachten aber nicht eingreifen	Integriertes System, das beobachtet und eingreift	100% Q-Sicherung, Produktionsregelung	DMG MORI 
P 3.2	Sauerstoffgehalt im Prozessraum: Evakuierung, Dichtheit	Sensor in der Anlage, Regelung			Es wird Inline gemessen und der Prozess geregelt, um die geforderte Bauteilqualität zu erreichen.	
P 3.3	Feuchtegehalt im Prozessraum: Eintrag	Sensor im Prozessraum	Messung an Prozessstelle, Dokumentation	Messung an Prozessstellen, Dokumentation und Regelung		
P 3.4	Temperatur im Prozessraum	Sensor im Prozessraum				



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

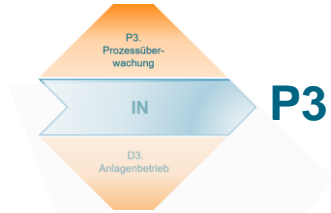


Info



Link

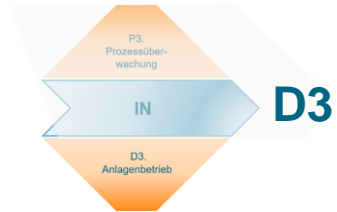
# In-Process: Prozessüberwachung




Die Bauteilqualität wird durch eine Vielzahl von Parametern bestimmt. Für die optimale Prozessführung ist die Erfassung und Verarbeitung dieser Betriebsgrößen entscheidend.

IN	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 3.5	Optische Überwachung der Schichten	Erste Schichten Manuell / visuell	Rückmeldung + Eingriff des Bedieners	QM-System	Inline Messung und ggf. Regelung
P 3.6	Pulverauftrag: Auftragselement, Geschwindigkeit-Konstanz: Teilweise nicht gleichmäßig, zu viel/wenig Pulver, Riefenbildung	Menge manuell eingestellt	Prozessüberwachung mit z.B. Kamera => Fehlermeldung	Korrekturschleife	Regelung Dosierung... / Verbesserungsbedarf
P 3.7	Laserleistung und Fokus: Alterung / Optik	Messung der Werte, Nachregelung / Spiegeljustage durch Service		Inline - Messung am Baufeld und Regelung / Justage	Es wird Inline gemessen und der Prozess geregelt, um die geforderte Bauteilqualität zu erreichen. Dies kann z.B. durch intelligente Anpassung der Fertigungsparameter geschehen.
P 3.8	Schmelzpool: Absicherung des Schmelzprozesses	Bild-Beobachtung, manuelle Auswertung	System zur Inline Messung Entscheidungsunterstützung	Werte erfassen, auswerten, entscheiden. Q-Modelle	
P 3.9	Geometrie des Bauteils: Konturerfassung im Prozess				

# In-Process: Anlagenbetrieb



Der Schichtbauprozess wird mit den Daten aus der Vorstufe gestartet. Für eine wirtschaftliche und effektive Produktion ist die Bereitstellung und Verarbeitung der Daten zu optimieren. (s.a. Digitale Bauteilakte D.6)

IN	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
D 3.1	Laden der Printjobdaten / Auftragsdaten: automatisierter Anlagenstart	Manuell	Stapelverarbeitung	Automatisiertes Laden des nächsten Baufauftrages und Anlagenstart (Push- Strategie)	Vernetzung mit Auftraggeber; Pull- Strategie der Anlage selbst, Batchfertigung	
D 3.2	Erzeugung der Markierung ( Kenn- zeichnungsfläche wird mit Markierung (QR-Code) versehen)	Aktuell außerhalb der Maschine	Zusatzaggregat zur Beschriftung	Automatisiertes Einbringen in Baudaten für jedes Bauteil		
D 3.3	Condition Monitoring, z.B. Gasverbrauch, Laserleistung, Coater- Mechanik		Testprozedur: Gasdruck			



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

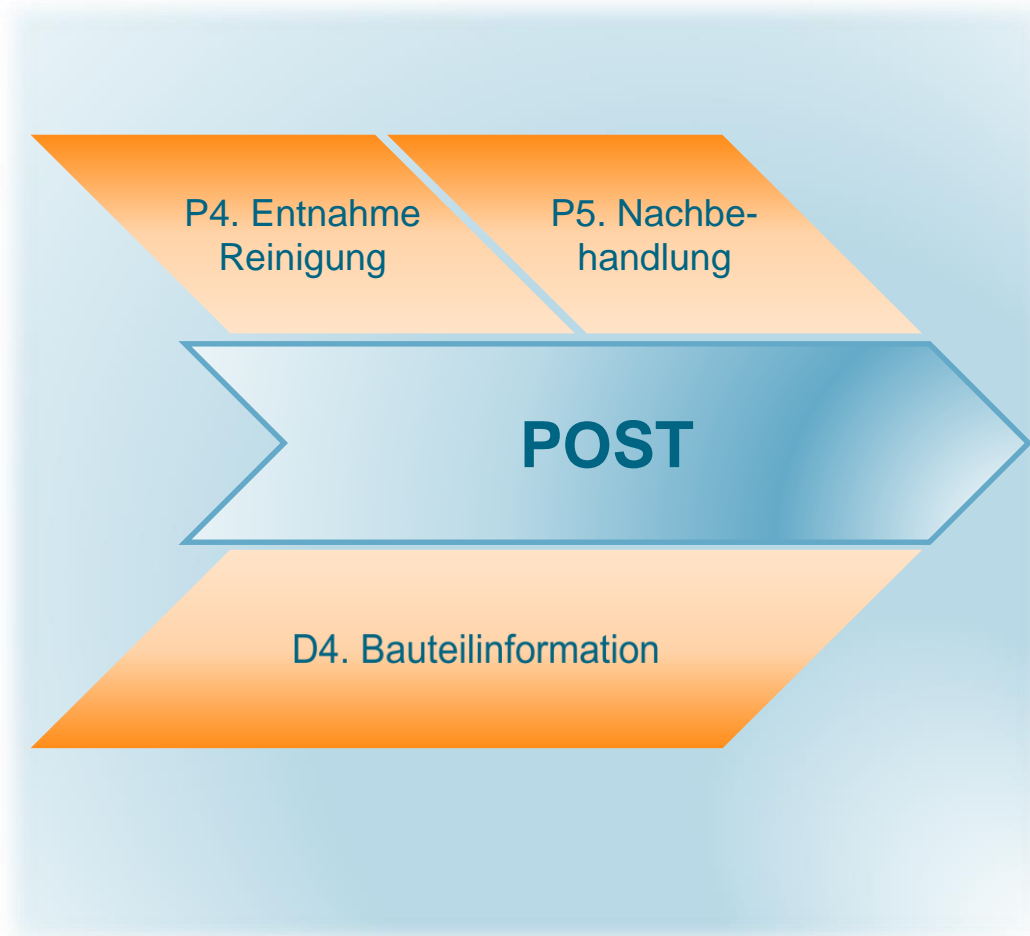


Info



Link

# Additive Manufacturing: Metall-Pulverbett Automatisierungs – Roadmap: Post-Prozess



Die Handhabung und Nachbearbeitung von Bauteilen aus dem AM-Prozess ist von großer Bedeutung, insbesondere die Vielfalt der Möglichkeiten und der Kostenaspekt.

1. Bauteile werden aufgebaut und müssen von dem nicht verarbeiteten Ausgangsmaterial gereinigt werden. Auch evtl. Stützstrukturen müssen entfernt werden.
2. In den meisten Fällen sind die Bauteile bzgl. geometrischer, mechanischer, physikalischer und anderer Eigenschaften noch zu bearbeiten.
3. Die Bearbeitungsschritte bedeuten auch Veränderung von Eigenschaften des Bauteils. Die entsprechende Informationen sind für die gesamte Bearbeitungsabfolge entscheidend.

Es werden nur Bearbeitungsschritte betrachtet, die AM-spezifisch sind.

# Post-Prozess: Entnahme. Reinigung.



Bauteile werden aufgebaut und müssen von dem nicht verarbeiteten Ausgangsmaterial getrennt /gereinigt werden.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 4.1a	Option 1: außerhalb der Maschine: Entnahme des Bau-Moduls* und Entpacken	Manuelle Entnahme der Kammer / kompl. Materialsystem	Hilfseinrichtung	Vollautomatisierte Entnahme	Übergreifender Standard
P 4.1b	Option 2: Innerhalb der Maschine Entnahme der Bauplatte plus Teile	Manuelle Entnahme der Bauplatte (erst Pulver entfernen)	Teilautomatisiertes System (Lösen der Platte, Entnahnehilfe)	Vollautomatisierte Entnahme der Bauplatte (Nullpunktspannsystem)	Intelligente Zuordnung der Bauplattform zum Folgeprozess. Monitoren und Lebensdauerma- nagement der Bauplatte
P 4.2	Reinigung des Bauteils: Bauteile auf der Platte, z.B. Ausblasen, Vibration (alternativ gelöst von der Platte, s.P5.3)	Manuelles Entpulvern / Reinigen des Bauteils	Unterstützungssystem zur Bauteilreinigung außerhalb der Maschine	Standardisierte Reinigung des Bauteils außerhalb der Maschine	Adaptiver Reinigungs- prozess wird z.B. an Bauteilgeometrie angepasst



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

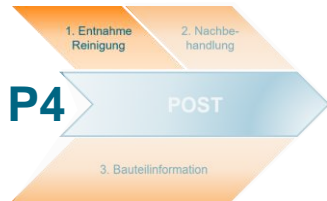


Info






Link

# Post-Prozess: Nachbehandlung



Aus dem aufgebauten Verbund müssen die gewünschten Bauteile gewonnen werden. Spannungen sollen reduziert und evtl. Stützstrukturen und Pulverreste müssen entfernt werden.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 4.3	Wärmebehandlung (ggf., werkstoff- /bauteilabh. Vor/nach dem Trennen von der Platte): Schutzgasanforderungen, Beladung, Temperaturführung (bei Bedarf, häufig vom Materialhersteller)	Manuelle Beladung, Einzelfertigung (Durchführung nach Erfahrung)	Teilautomatisierte Lösung für die Bauteilzuführung zur Wärmebehandlung.	Integrierte Entpackungs- , Reinigungs- und Wärmebehandlungs- lösung;	Optimierte Wärme- behandlung bezüglich Geometrie- und Bauteildaten. Ofenaus- lastung.	
P 4.4	Trennen von der Arbeitsplatte (sägen, erodieren)	Manuelle Einstellung, Erfahrungswerte	Adaptiv oder mit Daten aus der Vorstufe / Schweissprozess	mit Roboter- Unterstützung	Trockene Prozessfüh- rung, Platte direkt wiederverwendbar. Simulationsgestützte Qualitätsbewertungen.	
P 4.5	Stützstruktur entfernen: mechanisch, elektrochemisch	manuell	z.B. gezieltes elektro- chemisches Behandeln			
P 4.6	Entpulvern des Bauteils (Partikel- Anhaftungen beseitigen, mechanisch, elektrochemisch)	Manuell	Sandstrahlanlage	Robotergestützter Ablauf	Vernetzt mit Vorstufe und Prozessdaten	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



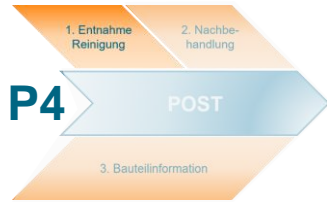
Info



Link



# Post-Prozess: Bauteil-Finishing



Bauteile werden entsprechend Funktion final bearbeitet. Die Verfahren sind nicht unbedingt AM-spezifisch, erfordern jedoch häufig AM-spezifische Verfahrensvarianten.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 4.7	Abtragend, mechanisch: z.B. Trowalisieren (Multivibrations- Gleitschleifen)	Manuelles Strahlen	Sandstrahlanlage	Roboter gestützter Ablauf	Vernetzt mit Vorstufe und Prozessdaten	
P 4.8	Abtragend, elektrochemisch:	Manuell	z.B. Hirtisieren: <b>Parameterwahl?</b>	Vorgaben werden mit dem Bauteil geliefert		
P 4.9	Auftragende Verfahren: thermisches Spritzen	Prozessparameter manuell einstellt				
P 4.10	Auftragende Verfahren: PVD, CVD					



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

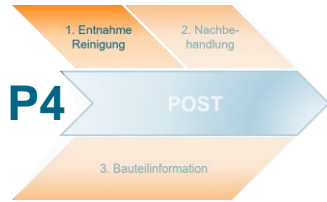


Info




Link

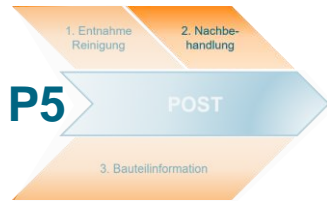
# Post-Prozess: Qualitätskontrolle




Bauteileigenschaften werden überprüft. (Schulmeister, DMRC (Ott))

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 4.11	Bauteilgeometrie: optisch, visuelle Beurteilung; CT für innenliegende Geometrien; opt./taktile Messtechnik	Am fertigen Bauteil, offline, nach Anforderung, Vermessen (optisch, taktil, Rissprüfung)	ggf. Vermessung des AM-Bauteils zwecks Absicherung / Vorgaben für weitere Bearbeitung	Automatische Vermessung, Daten werden Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt	Regelung, Rückmeldung an Fertigungsvorbereitung (Zusammenhänge?). Simulationsgestützte Qualitätsbewertungen. 
P 4.12	Festigkeit: Härteprüfung	offline, Stichproben	?	?	?
P 4.13	Gewichtsmessung: Ist/Soll-Abgleich	offline, Stichproben	?	?	Soll/Ist-Abgleich CAD-Daten vs. Gewichtsmessung und Verknüpfung mit Bauteilakte
P4.14	Q-Prüfung an Begleitproben – Schliff...	Prozessparameter anpassen.			

# Post-Prozess: Materialkreislauf



Nicht genutztes Material und Abfälle werden verwertet.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 5.1	Pulverwiederauffrischung / Wiederauffrischrate [WAR] (Erfahrungswerte, selbstlernende Systeme)	Manuelles Wiederauffrischen, durch a.) Sieben und b.) Mischen mit Neupulver nach Erfahrung	Unterstützungssystem beim Sieben und Mischen (erfahrungs- oder softwarebasiert)	Automatisierte WAR auf Basis bekannter Zusammenhänge zwischen Neu- und Altpulver	Inline Messung des Pulvers (Korngröße) und Anpassung WAR (z.B. entspr. geforderter Bauteilqualität )	
P 5.2	Materialreste, Supportstrukturen, Ausschuss usw.	Materialreste werden "verschrottet"	Bauteilreste werden sortenrein dem Verdünnungsprozess zugeführt	Zusammensetzung wird gemessen, Legierungskomponenten ggf. zugegeben		
P 5.3	Pulver: Entsorgung/-recycling	Pulverreste entsorgen, Rückgabe an Hersteller	Recycling	Material & Historie zurück an den Hersteller	Komplette Wiederauffrischung an oder in der Anlage - Recycling über Hersteller nicht notwendig	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

# Post-Prozess: Maschine rüsten – Job-Abschluss



Die Maschine wird beim Jobwechsel zugerüstet.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 5.6	Reinigung der Baukammer: Glas, Filter (s.a. P6.8-10), Beschichter prüfen und ggf. reinigen. (Bei Job- / Materialwechsel anlagenabh.)	Manuell	Unterstützungssystem zur Baukammerreinigung	Automatisierte Baukammerreinigung	Automatisiert nach Jobausführung nur wenn erforderlich
P 5.7	Aufbereitung der Bauplatte (mech. Bearbeitung)	Manuell	Erkennbarkeit, Tracebility, Q-Prüfung	??	??



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

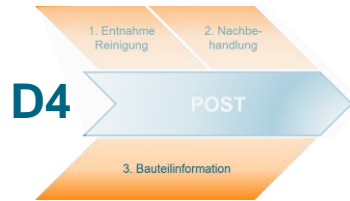


Info




Link

# Post-Prozess: Daten. Bauteilinformationen



Die Bearbeitungsschritte bedeuten auch Veränderung von Eigenschaften des Bauteils. Die entsprechende Informationen sind für die gesamte Bearbeitungsabfolge entscheidend.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilauto- matisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 4.1	Zusatzgeometrien für Post-Processing: Angaben bzgl. Nachbearbeitung vollst. dokumentieren	Erfahrung, "Notspur-Weitergabe"	Standardisierte Textdatei / Formular		Vollst. im Bauteil-Datensatz enthalten
D 4.2	Toleranzangaben über die gesamte Prozesskette: - Maßtoleranzen - Form und Lagetoleranzen - Oberflächen 	Übergabe Toleranz & Aufmaß in extra Datei	Als „PMI“ (Product Manufacturing Information) in den CAD-Daten verfügbar	Toleranz und Aufmaß	Intelligente Auswertung der Geometriedaten und Anpassung im Prozess
D 4.3	Flächenbeschreibung bzgl. Stützstrukturen	manuell mit Erfahrung	Vorgaben bzgl. Support ja/nein z.B. im CAD farbig belegt		Bearbeitungsdaten abgeleitet aus Solldaten und Bauteilgeometrie



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

# Prozessübergreifend – Metall Pulverbett



- Das **Material** wird als Rohstoff / Ausgangsmaterial bereit gestellt kann im gesamten Prozess durch Handhabung und Bearbeitung Veränderungen erfahren und ist maßgeblich für Qualität und Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Vorgaben bzgl. Umwelt und Betriebsbedingungen (Environment, Health und Safety) sind im Prozess einzuhalten. Die Wartung ist zu jedem Zeitpunkt sicher zu stellen.
- Die **Digitale Bauteilakte** und das Format der Informationen zur Herstellung des gewünschten Bauteils sind Grundlage für eine industrielle, reproduzierbare Produktion sowie die Qualitätssicherung. Hier sind prozessübergreifend Daten zum Bauteil dokumentiert bzw. der Zugang zu dieser Dokumentation vermerkt.

# Prozessübergreifend: Material. Spezifikation und Auswahl

## P6



Das Material wird als Rohstoff / Ausgangsmaterial bereit gestellt kann im gesamten Prozess durch Handhabung und Bearbeitung Veränderungen erfahren und ist maßgeblich für Qualität und Wirtschaftlichkeit des Prozesses.

ALL	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 6.1	Materialeigenschaften: Eindeutige Beschreibung für AM (aktuell werden z.B. Pulver aus anderen Prozessen genutzt)	Keine besondere Anforderung an das Material. Einfluss der Pulvereigenschaften z.B. unbekannt	Berücksichtigung von Materialeigenschaften (Passiv = ggf. Voruntersuchungen, offline)	Berücksichtigung / gesteigerte Überwachung und Monitoring (= inline)	Vollständige Doku des Pulverzustands und Regelung des Prozesses
P 6.2	Auswahl entsprechend Anforderung: Bezeichnung des zu verwendenden Materials	Manuelle Auswahl in Absprache, basierend auf Materialkennwerten	Material in Dateiformat enthalten	Aut. Materialauswahl auf Basis definierter Anforderung in Datei (Biokompatibilität o.Ä.)	Intelligente Materialauswahl, -verwaltung, Maschinenbelegung



# Prozessübergreifend: Materiallogistik

## P6



Das Material wird als Rohstoff / Ausgangsmaterial bereit gestellt kann im gesamten Prozess durch Handhabung und Bearbeitung Veränderungen erfahren und ist maßgeblich für Qualität und Wirtschaftlichkeit des Prozesses.

ALL	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 6.3	Pulverversorgung: Befähigung eines Lagerbehälters zur Datenhaltung des Inhalts, um die Wiederverwendung des Materials zu ermöglichen.	Kleinere Behälter, Regallager, manuell befüllt, Pulverzustand auf der Dose notiert	Definierte Lagerbedingungen und definierte (intelligente) Behälter	Zentrale Pulverver- und -entsorgung	Just in time - Belieferung	
P 6.4	Lagerbedingungen, Anlieferungszustand: gekapselt, Schutzgasversorgung	Manuelle Befüllung, Sauerstoffeinfluss	Geschlossenes, überwachtes System vom Pulverhersteller zum Prozess		Einheitliche Schnittstelle (Kartuschen...)	
P 6.5	Materialfluss – Qualifizierung: Freigabe * und kontinuierliche Prüfung der Einhaltung aller Vorgaben über den gesamten Prozess	Prozessbeschreibung fehlt	Prozessbeschreibung	Dokumentation	Kontinuierliche Überprüfung	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

# Prozessübergreifend: EHS. Wartung. Produktivität.

## P6



Vorgaben bzgl. Umwelt und Betriebsbedingungen (Environment, Health und Safety) sind im Prozess einzuhalten.  
Die Wartung ist zu jedem Zeitpunkt sicher zu stellen.

ALL	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 6.6	Umweltbedingungen: Gesundheit und Sicherheit	Aktuell werden Datenblätter genutzt, die nicht für AM geeignet sind. Gesundheitsaspekte sind oft nicht beschrieben.	Über die eigentlichen Materialeigenschaften hinweg sollen gesundheits- und umweltrelevante Daten ausgegeben werden. Sicherheitsdatenblatt.	VDI 3405 6.1: Sicherheit des Bedieners DIN NA 145-04-01 AA / ISO TC 261	Anerkannte, gesetzliche Absicherung des Fertigungsprozesses
P 6.7	Betriebliche Rahmenbedingungen: Prozess, Reinigung, Wartung	Manuelle Handhabung, Laborbetrieb, direkter Pulverkontakt	Manuelle Handhabung, geschlossenes System, kein direkter Pulverkontakt		Vollautomatisierter geschlossener Pulverkreislauf, kein direkter Pulverkontakt

# Prozessübergreifend: EHS. Wartung. ENTWURF!!

## P6



Vorgaben bzgl. Umwelt und Betriebsbedingungen (Environment, Health und Safety) sind im Prozess einzuhalten.  
Die Wartung ist zu jedem Zeitpunkt sicher zu stellen.

ALL	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 6.8	Anlagenwartung Verschleißteile ( Raket, Dichtungen, Schläuche)	Bisher Austausch Erfahrungswerten nach Jahreswartung auf Verdacht		Conditionmonitoring	Predictive Maintenance	
6.9	Anlagenwartung Verbrauchsteile: Filtersystem	Austausch wenn voll, Gefahr von Druckjobabbrüchen, Anlage muss offline sein	Im Betrieb automatischer Wechsel zwischen mehreren Filterkartuschen, längere Druckjobs möglich	Kein Wechsel mehr notwendig, unbegrenzte Druckzeiten, Passivierung von Schmauch und Restpulver	Kein Wechsel bei Materialwechsel oder Multimaterialdruck mehr notwendig	
6.10	Anlagenwartung Optik-System (Laser, Linsen, Glas)	Regelmäßige Optische Kontrolle durch Bediener	Kontrolle nur nach gemessener Abweichung in der Qualität des Druckobjekts	Conditionmonitoring	Predictive Maintenance	
6.11	Sensorik - Sauerstoffkonzentration	Manueller Tausch, kalibrierte Anlieferung	Aktive Kontrolle statt Wechsel (auf Verdacht)	Automatischer Tausch	Intelligente Kontrolle und Beschaffung	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info




Link

# Prozessübergreifend: Daten

## D5



Die Digitale Bauteilakte und das Format der Informationen zur Herstellung des gewünschten Bauteils sind Grundlage für eine industrielle, reproduzierbare Produktion sowie die Qualitätssicherung. Hier sind prozessübergreifend Daten zum Bauteil dokumentiert bzw. der Zugang zu dieser Dokumentation vermerkt.

ALL	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
D 5.1	Datenformate – Vereinheitlichung	Beliebige Datenformate aus der Konstruktion müssen konvertiert werden		Standard-Datenformat wird direkt aus dem CAD bereit gestellt	Einheitliche Inhalte der Digitalen Bauteilakte	DBA 
D 5.2	3D-Modell mit prozessrelevanten Zusatzinformationen	Erfahrung, Notspur-Weitergabe	Standardisierte Textdatei		Vollständig im Bauteil-Datensatz enthalten	
D 5.3	Fertigungsgerechte Konstruktion mit Designcheck für die AM-Produktion (s.a. D1.3, z.B. keine Hohlräume bzw. gefüllt zulassen)	Erfahrung von Konstruktion und Maschinenvorbereitung, Iterationsprozess	Hilfsprogramm zur Prüfung	Hilfsprogramm zur Anpassung / Korrektur		
D 5.4	Maschinenunabhängige Beschreibung mit Absicherung der Daten	Manueller Datenversand			Verfügbarkeit, Historie, Zuordnung; Schutz der Daten	
D 5.5	Toleranzangaben über die gesamte Prozesskette	Übergabe Toleranz & Aufmaß in Extra-Datei	Toleranz & Aufmaß	Angaben im 3D-Modell, Analyse & Optimierung	?	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

# Prozessübergreifend: Digitale Bauteilakte - Standards



Die Digitale Bauteilakte (DBA) und das Format der Informationen zur Herstellung des gewünschten Bauteils sind Grundlage für eine industrielle, reproduzierbare Produktion sowie die Qualitätssicherung. Hier sind prozessübergreifend Daten zum Bauteil dokumentiert bzw. der Zugang zu dieser Dokumentation vermerkt.

## Inhalt der DBA:

1. Maschine, Randbedingungen
2. Allgemein
3. Preprozess, Prozess
4. Material, Pulver, Pulverbericht
5. Qualitätssicherung
6. Postprozesse

Gültigkeitsbereich	Bezeichnung
Luftfahrt	<a href="#">DIN 65122/Pulver</a>
	<a href="#">DIN 65123/Prüfung (unter Pkt 5 stehen eine Reihe Prüfverfahren)</a>
	<a href="#">DIN 65124/Bauteile</a>
	<a href="#">Nadcap AC7110/14</a>



# Digitale Bauteilakte: Maschine. Allgemein.



## D6. Prozessübergreifend

Arbeitsgemeinschaft  
Additive Manufacturing

Bezeichnungen entsprechend Roadmap, ggf. ergänzen		Im Expertengespräch Datendokumentation festlegen Je Zeile ein Merkmal (auch mehrere je Bezeichnung)			Kategorien festlegen, Normen? Notwendigkeit / Bedarf angeben										
Bereich	Bezeichnung		Beschreibung	Einheit / Quelle/ Norm	Fertigungssteuerung	QM Luftfahrt	QM Automotive	QM Prototyp	TÜV	Anlagenhersteller	EHS (inhouse)	SLS	LBM	Kommentare zum Arbeitsblatt	
1. Maschine / Randbedingungen	Anlage	in	Maschinenbezeichnung	Typ, Nr.								x	x	Hersteller, Bezeichnung, Seriennummer	
		in	Firmware	Seriennr.								x	x		
	out	Konfiguration	Spec									x	x	z.B. Filtervarianten, ggf. Leistung...	
	Wartung, Maschinenzustand	in	Anlagenprotokoll - Condition Monitoring Bericht	Maschinen-LOG-File									x	x	Definition, Laserlaufzeit... Betriebsstunden, Fehlermeldungen
		out	visuell geprüft, ggf. Foto/Auswertung	Datei-Link									x	x	Auswertung ggf. automatisiert (RM)
	Gas	in	Genaue Bezeichnung	Spec									x	x	
	Gas	out	O2-Konzentration	%									x	x	
	Platte	in	Zustand-Doku (Prüfprotokoll)	Ja/Nein									o	x	z.B. gefräst
Wechselrahmen/Bau	in	Zustands-Doku (Dichtungen usw.), visuell	i.O. / n.i.O									x	o	insbes. Kunststoff, ggf. auch für Metall in Zukunft	
2. Allgemein	Baujob - Info	out	Produktionszeitfenster	Zeitraum								x	x	Unterbrechungen..	
		out	Bediener	Name								x	x		
		in	Belichtungspfad,-strategie	Typ, Datei									x	x	
	Bauteilinfo	in	Job-ID, Referenz-Files	Dateiname									x	x	
		in	Job-Parameter (Ort, Nesting)	Baujob-Datenfile											Bild ist aufwendig und nicht unbedingt aussagefähig, besser: Zugriff auf Job-File. Ausrichtung und Position (Bauraumdaten und Ort in x-y-z)
		in	Bauteil - ID, Kennzeichnung des Bauteils	BT-Nummer									x	x	QR-Code oder Nummer



Eigenen Kommentar senden

# Digitale Bauteilakte: Prozess. Material.



## D6. Prozessübergreifend

Arbeitsgemeinschaft  
Additive Manufacturing

Bezeichnungen entsprechend Roadmap, ggf. ergänzen		Im Expertengespräch Datendokumentation festlegen Je Zeile ein Merkmal (auch mehrere je Bezeichnung)		Kategorien festlegen, Normen? Notwendigkeit / Bedarf angeben											
Bereich	Bezeichnung		Beschreibung	Einheit / Quelle/ Norm	Fertigungssteuerung	QM Luftfahrt	QM Automotive	QM Prototyp	TÜV	Anlagenhersteller	EHS (inhouse)	SLS	LBM	Kommentare zum Arbeitsblatt	
3. Preprozess / Prozess	Preprozess	in	Baugeometrie (mit Aufmaße, Vordeformation)	Baujob-Datenfile	x							x	x	Geometrie, die gebaut werden soll	
		in	Stützstrukturen Geometrie-Datei	Baujob-Datenfile	x	x							o	x	
		in	Sollgeometrie	CAD - File, Zeichnung									x	x	Zielgeometrie wird vorgegeben, nicht von der Fertigung
	Prozess-Monitoring	out	z.B. Melpool - Monitoring; z.B. Pulverbett - Bild, ggf. mit Auswertung; Laserleistung, Temperatur...	Dateiname								o	x	genaue Spezifikation?	
4. Material: Pulver, Pulverbericht	Charge / Etikett	in	Ablauf Datum	mm.aaaa		x						o	x		
		in	Mischung / Bezeichnung	(Ref.-Nr.)	x	x	x	x					x	x	zusätzlich:Batch
		in	Chargen-Nummer (erste Prio)										x	x	
	Fließverhalten	in	Hersteller (Prio)	Link oder Wert)			x						x	x	z.B. Hausner-Zahl, RM: Protokoll nach Norm
		in	Prüfprotokoll (aktuell häufig intern) oder vom Hersteller (nach Norm)										x	x	z.B. Hausner-Zahl, RM: Protokoll nach Norm
	Feuchtigkeit und Sauerstoff	in	Hersteller (nach Norm), Verwendung von Neupulver / Wareneingangskontrolle				x						x	x	RM-Ziel: Protokoll nach Norm (z.B. DIN 65122)
		in	Historie - Dokumentation/Sensor bei Wiederverwendung von Pulver										x	x	- laufende Überwachung
	Granularität	in	Prüfprotokoll				x	x					o	x	Korngrößenverteilung
Granularität	in	Photo Auswertung			x		x					o	x	REM-Aufnahmen / Mikroskop	
MVR	in	Labortest Prüfprotokoll			x		x					x	o	<a href="#">Fließverhalten - Test im Kunststoffbereich (s.a. Materialalterung)</a>	



Eigenen Kommentar senden



# Digitale Bauteilakte: QS. Postprozesse.



## D6. Prozessübergreifend

Arbeitsgemeinschaft  
Additive Manufacturing

Bereich	Bezeichnung		Beschreibung	Einheit / Quelle/ Norm	Fertigungssteuerung	QM Luftfahrt	QM Automotive	QM Prototyp	TÜV	Anlagenhersteller	EHS (inhouse)	SLS	LBM	Kommentare zum Arbeitsblatt
5. Qualität- sicherung	Geometrie	out	Soll/Istabgleich, 3D-Scan									x	x	
	Festigkeit	out	Soll/Istabgleich: Zugstab-Prüfung, Bruchdehnung (M), E-Modul(K)	A [%], RM [Mpa]								x	x	
	Gewicht	out	Soll/Istabgleich									x	x	alles gebaut? Entpulvert?
	Dichte	out	Soll/Istabgleich									x	x	
	Rissprüfung	out	Farbeindringtest, Dichtheits-Prüfung									o	x	
	Dauerfestigkeit	out										o	x	
	Geometrie, Defekte	out	CT-Scan									o	x	
	Oberfläche	out	Rz, Topografie									x	x	
6. Post- prozesse	Entpulvern	out	visuell, Gewicht, ct									x	x	
	Sägen	in	Vorgaben Sägevorgang									o	x	
	Sägen	out	Doku Säge-Prozess									o	x	
	Sägen	out	innerhalb zulässiger Grenzwerte	iO / niO								o	x	
	Wärmebehandlung	out	Zeit-Temperatur-Verlauf									o	x	
	z.B. Fräsen	out	Doku, innerhalb zul. Spannkkräfte	iO / niO								o	x	
	z.B. Färben, Glätten..	out	Doku: Prozesse und Parameter									x	o	
	Abkühlprozess	out	Entnahme-Temperaturverlauf-Protok.									x	x	



Eigenen Kommentar senden