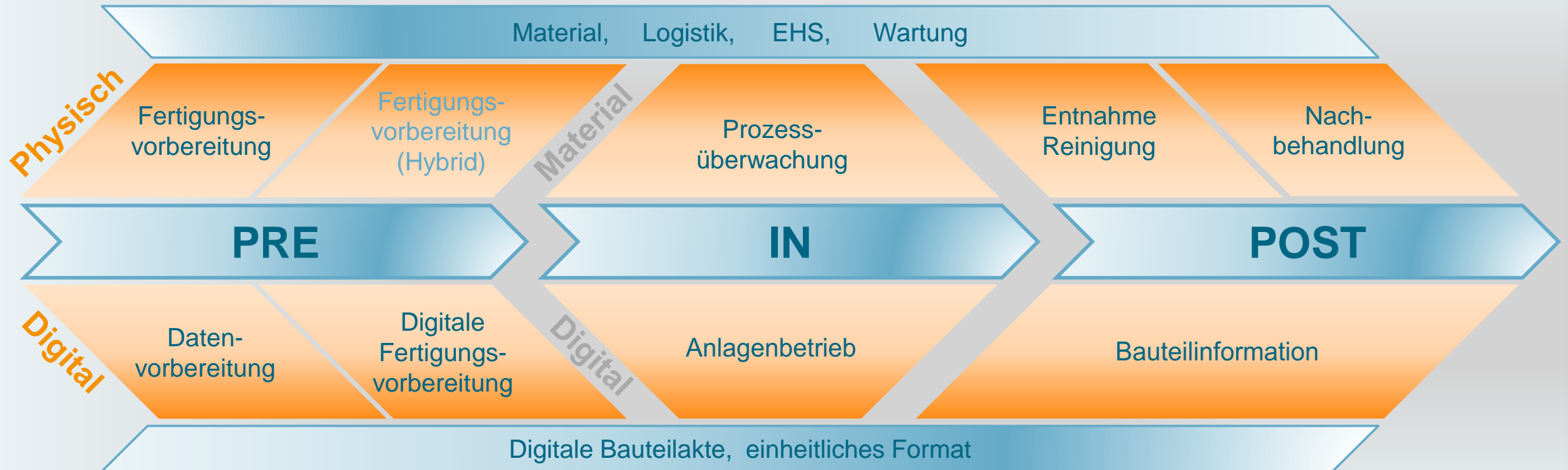


Additive Manufacturing Kunststoff-Pulverbett Automatisierungs – Roadmap: SMART FACTORY








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

Navigatoinflächen:

Pre-Prozess: 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: Modelldaten in CNC-Code umsetzen	Nutzung einer spezifischen Software	Nutzung einer spezifischen Software	Software kann Volumendaten verarbeiten	Intelligente Algorithmen zur automatisierten Erstellung und Reparatur der Daten
D 1.2	Informationsübergabe: Toleranzen, Funktion etc.	Klärung mit Kunden	Informationsübergabe in CAD-Datei	Standardisiertes Datenformat	
D 1.3	Sichtung der Fertigungsdaten (Kontrollfunktion: Wandstärken, Durchmesser, Dimensionen prüfen)	Sichtung durch Mitarbeiter	Softwaregestützte Sichtung durch MA (Fehlertoleranzen werden markiert)	CAD-Programm mit Additiv-Softwaremodul (KI) & Daten-Konsistenzprüfung	
D 1.4	Datenaufbereitung (Lücken schließen (STL), Netze verfeinern)	Manuell	Reparaturmechanismen (Assistenzsysteme)	Reparaturmechanismen in Datenkonvertierung erhalten	
D 1.5	Geometrie 3D-Modell: Form und Lage der Flächen im Raum (zwecks z.B. mech. Eigenschaften)	STL-File: drehen, skalieren, Consumerware	Standard-Koordinatensystem und Zusatzdatei mit Prozessbeschreibung	Informationen in der Geometriedatei erhalten, ohne STL	Verzahnung PDM/CAX, Intelligenter Build-prozessor (vollständige Beschreibung aus CAD)



Automatisierungen – Roadmap: Pre-Prozess



- Im Rahmen der **Fertigungsvorbereitung** wird das Baumaterial geprüft und bereitgestellt. Die Anlage wird vorbereitet, mit Verbrauchsmaterial versorgt und für den Materialaufbau präpariert.
- 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.
- 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



Im Rahmen der Fertigungsvorbereitung wird das Baumaterial geprüft und bereitgestellt. Auch die Anlage wird vorbereitet, mit Verbrauchsmaterial versorgt und für den Materialaufbau präpariert.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 1.1	Ermittlung der Materialqualität. Entnahme einer Materialprobe. <ul style="list-style-type: none"> - Korngrößenverteilung - Alterungszustand-Dokumentation - Fließverhalten (MVR-Wert, Morphologie) - Feuchtigkeit (E-Statik, Auftrag, auch Fließverhalten) 	Manuelle Entnahme bei Bedarf / Prüflabor	Hilfseinrichtung zur Entnahme und Messung vorhanden. Soll- / Istvergleich Anpassung aufgrund Erfahrung.	Kontinuierliche, automatisierte Probenentnahme und Messung. Integration in die Mischanlage Prozessanpassung. QMS, Trocknung	Automatisierte Entnahme, Messung, Prozessanpassung bzw. Korrektur der Zusammensetzung
P 1.2	Materialzusammensetzung: Auffrischrates / Neuanteil.	Erfassung	Erfassung, Auswertung, Soll / Istabgleich	Anpassung, Regelung	
P 1.3	Befüllen der Anlage mit Material – Reinigung und Verdichtung im Vorratsbehälter	Manuell	Behälter, automatisches Befüllen	Wiegen, prüfen, regeln (!)	Vollständige Automatisierung, zentrale Materialversorgung
P 1.4	Reinigung der Anlage/ Bauraum (z. B. Pyrometer, Laser) (s.a. 3.8)	Händische Reinigung.			



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info











Link

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	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
D 1.1	Datenkonvertierung: Modelldaten in CNC-Code umsetzen	Nutzung einer spezifischen Software	Nutzung einer spezifischen Software 	Software kann Volumendaten verarbeiten 	Intelligente Algorithmen zur automatisierten Erstellung und Reparatur der Daten	
D 1.2	Informationsübergabe: Toleranzen, Funktion etc., Konstruktionsnorm wäre hilfreich	Klärung mit Kunden	Informationsübergabe in CAD-Datei	Standardisiertes Datenformat 		
D 1.3	Sichtung der Fertigungsdaten (Kontrollfunktion: Wandstärken, Durchmesser, Dimensionen prüfen)	Sichtung durch Mitarbeiter	Softwaregestützte Sichtung durch MA (Fehlstellen werden markiert) 	CAD-Programm mit Additiv-Softwaremodul inkl. & Daten-Konsistenzprüfung		
D 1.4	Datenaufbereitung (Lücken schließen ) (STL), Netze verfeinern,	Manuell	Reparaturmechanismen (Assistenzsysteme)	Reparaturmechanismen in Datenkonvertierung enthalten		
D 1.5	Geometrie 3D-Modell: Form und Lage der Flächen im Raum (zwecks z.B. mech. Eigenschaften)	STL-File: drehen, skalieren, Consumerware	Standard - Koordinatensystem und Zusatzdatei mit Prozessbeschreibung	Informationen in der Geometriedatei enthalten, ohne STL. Reversibel zum CAD.		Verzahnung PDM/CAX  Intelligenter Build-prozessor (vollständige Beschreibung aus CAD)



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info




Link

Pre-Process: Digitale Fertigungsvorbereitung



Diese Daten werden importiert, um den Bauprozess zu simulieren, Deformationen zu bestimmen, Aufmaße und Marken zu positionieren. Auch die Bauraum-Positionierung (Nesting) wird hier ermittelt.

PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
D 2.1	Datenimport, Bauteilorientierung bzgl. Kosten, Qualität. (Datengröße) 	Manuell durch MA (Konstruktion oder AV)	Teilautomatisierte Unterstützungssysteme (Assistenzsysteme)	Automatisierte Bauteilorientierung nach definierten Kriterien	Automatische Positionierung und Orientierung auf dem Baufeld <ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlichkeit • hohe Qualität • Prozesssicherheit 	
D 2.2	Bauprozess-Simulation und Optimierung, (Schichtaufbau, Verzug, mech. Eigenschaften, Packdichte)	Keine	Manuelle Datenvorbereitung und automatisierte Ergebniserzeugung	Auswahl der zu simulierenden Bauteile und automatische Durchführung		
D 2.3	Simulation / Berechnung der Vordeformation	Manuelle Datenmanipulation	Automatisierte Manipulation basierend auf Erfahrungswissen	Automatisierte Manipulation basierend auf Simulationsergebnissen	Algorithmen zur Reduktion des Simulationsaufwandes basierend	↔ D2.2



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info






Link

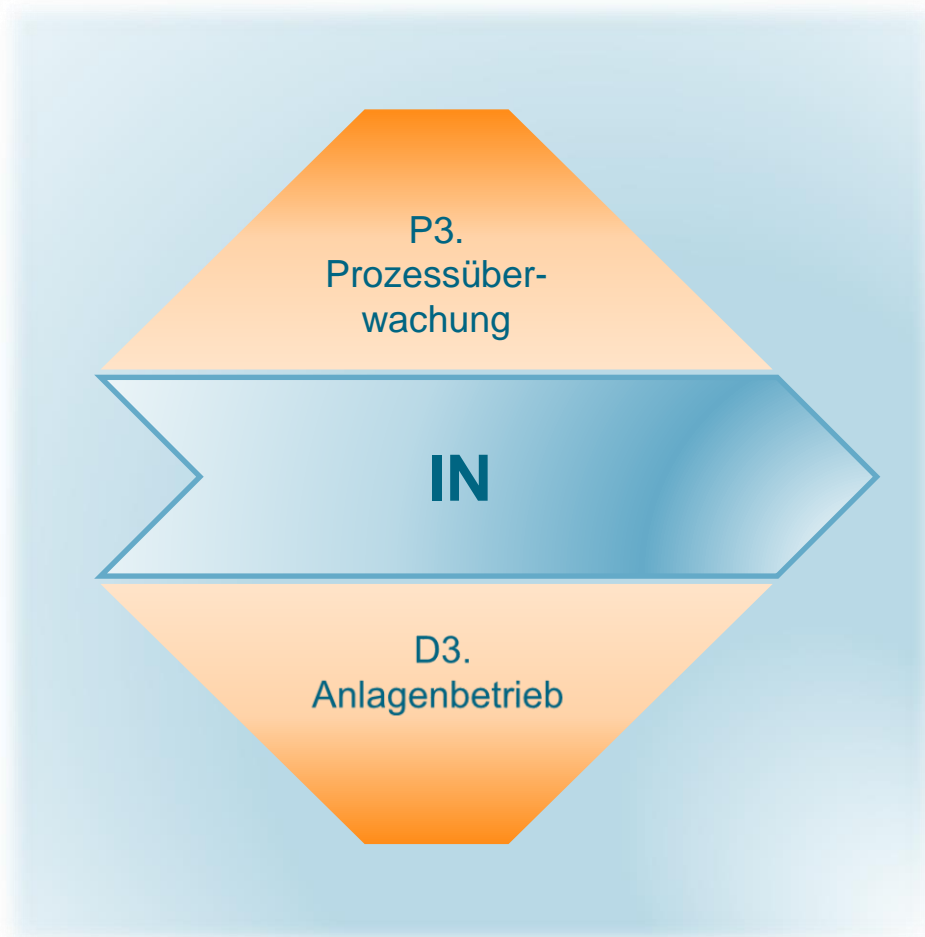
Pre-Process: Digitale Fertigungsvorbereitung



Diese Daten werden importiert, um den Bauprozess zu simulieren, Deformationen zu bestimmen, Supportstrukturen festzulegen, Aufmaße und Marken zu positionieren. Auch die Bauraum-Positionierung (Nesting) wird hier ermittelt.

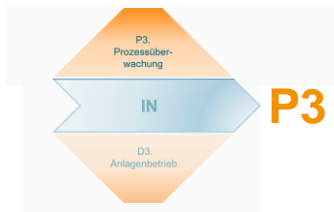
PRE	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 2.5	Definition der Aufmaße: entsprechend Verzug: CAD + Hülle = Baudatenfile (für Kunststoff geringe Bedeutung) 	Manuell, Erfahrungen, abgestimmt auf Folgeprozesse, in der Zeichnung dokumentiert	Teilautomatisierte Assistenzsysteme	Automatisiertes vorsehen von Aufmaß	Automatisiertes und definiertes anbringen von Aufmaß, abgestimmt auf Folgeprozesse -
D 2.6	Definition von Marken und Geometriemerkmale für nachfolgende Prozesse: Messpunkte, Marken... (für Kunststoff geringe Bedeutung)	Manuell, Erfahrungen, abgestimmt auf Folgeprozesse, in der Zeichnung dokumentiert	Teilautomatisierte Assistenzsysteme zur Auswahl von Messpunkten	FEM-Simulation des Bauprozesses => automatisierte Datenmanipulation	Automatisierte Anbringung abgestimmt auf Folgeprozesse -
D 2.7	Produktionsplanung und -steuerung (PPS): Nesting, effektive Nutzung des Bauraum, printjobbezogen	Manuell	Einfache Logik zum sinnvollen Nesting (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 

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 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	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 3.1	Prozessüberwachung	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
P 3.2	Optische Überwachung des Beschichtungsprozesses in den (ersten) Schichten (Verwerfungen) 	Manuell / visuell + Eingriff des Bedieners	Erfassung, Warnung, Rückmeldung + Eingriff des Bedieners	QM-System, Abbruch des Bauprozesses (am betroffenen Bauteil).bei Bedarf	Inline Messung und ggf. Regelung
P 3.3	Pulverauftrag: Auftragselement, Geschwindigkeit-Konstanz: Teilweise nicht gleichmäßig, zu viel/wenig Pulver, Riefenbildung	Menge manuell eingestellt, visuelle Inspektion (Gleichmäßigkeit)	Prozessüberwachung mit z.B. Kamera => Fehlermeldung 	Korrekturschleife	Regelung Dosierung... / Verbesserungsbedarf



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

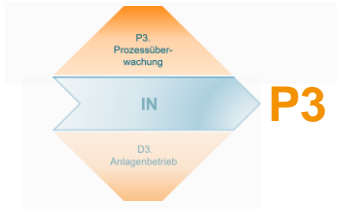


Info



Link

In-Process: Prozessüberwachung



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

IN	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 3.4	Laserleistung und Fokus: Alterung, Anfahrcharakteristik	Messung der Werte, Nachregelung durch Service		Inline - Messung am Baufeld und Nachregelung	Wird Inline gemessen und der Prozess geregelt, um die geforderte Bauteilqualität zu erreichen. Dies kann z.B. durch intelligente Anpassung der Fertigungsparameter geschehen.
P 3.5	Sauerstoffgehalt im Prozessraum: Evakuierung, Dichtheit	Sensor in der Anlage,	Messung an der Prozessstelle, Warnhinweis, Dokumentation	Inline - Messung am Baufeld und Nachregelung	
P 3.6	Temperatur im Prozessraum	Sensor im Prozessraum	Messung an der Prozessstelle, Dokumentation	Regelung	
P 3.2 ?	Schichtaufbau, Konturerfassung im Prozess	Visuelle Beobachtung	Erfassung über Kamera	Soll-Ist-Abgleich	
P 3.8	Reinigung der Baukammer: Beschichter, Glas, Filter, (s.a. P1.4)	Manuell	Unterstützungssystem zur Baukammerreinigung	Automatisierte Baukammerreinigung	
					Automatisierte Baukammerreinigung nach Jobausführung nur wenn erforderlich



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

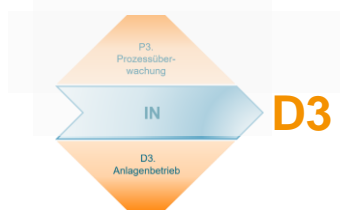


Info





Link

In-Process: Anlagenbetrieb



Der Schichtbauprozess wird mit den Daten aus der Vorstufe gestartet und liefert Prozessdaten. Für eine wirtschaftliche und effektive Produktion ist die Bereitstellung und Verarbeitung der Daten zu optimieren.

IN	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 3.1	Laden der Printjobdaten / Auftragsdaten: automatisierter Anlagenstart, Vernetzung der Anlage mit AV	Manuell	Stapelverarbeitung	Automatisiertes Laden des nächsten Bauauftrages und Anlagenstart (Push-Strategie)	Vernetzung mit Auftraggeber; Pull-Strategie der Anlage selbst, Batchfertigung
D 3.2	Erzeugung der Anlagendaten für Markierung: Kennzeichnungsfläche wird mit Markierung versehen 	Außerhalb der Maschine (Etikett, Beschriftung)		Automatisiertes Einbringen in Baudaten für jedes Bauteil 	



Eigenen Kommentar senden



Kommentar

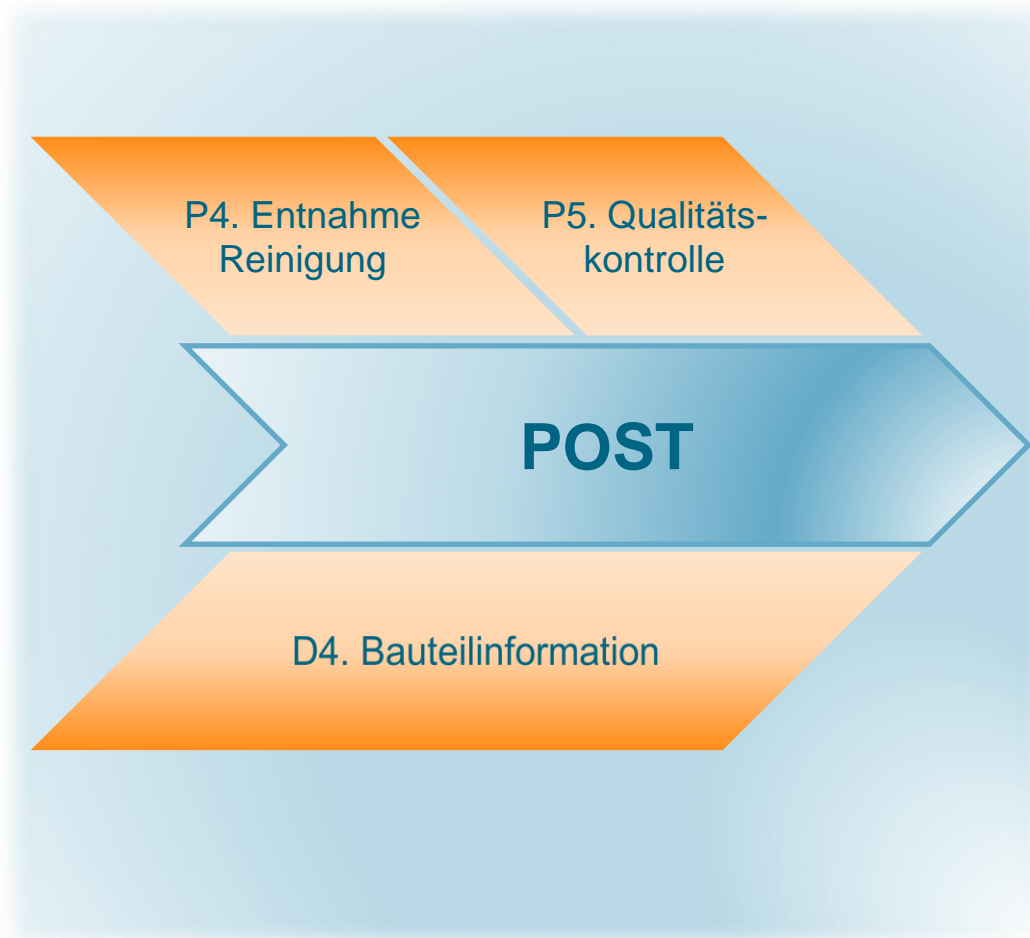


Info



Link

Automatisierungs – Roadmap: Post-Prozess

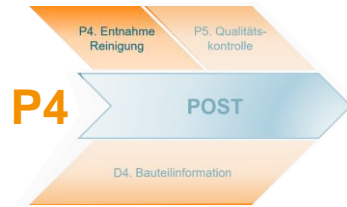


Die Handhabung und Nachbearbeitung von Bauteilen aus dem AM-Prozess ist von großer Bedeutung insbesondere die Vielfalt der Möglichkeiten und der Kostenaspekt.


1. Bauteile werden aufgebaut und müssen von dem nicht verarbeiteten Ausgangsmaterial **gereinigt** werden.
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 Bauteil mit der Bauplatte erfolgen. Der letzte Schritt im Post-Prozess ist die Trennung von Bauplatte und Support.

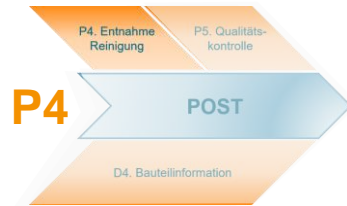
Post-Prozess: Entnahme. Reinigung des Bauteils



Innerhalb eines Baubehälters befinden sich aufgebaute Teile und loses Pulver. Dieser wird der Maschine entnommen und kühlt ab. Bauteile müssen von Pulverresten befreit werden und für die weitere Verarbeitung zugeordnet werden.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 4.1	Abkühlen (definierte Abkühlkurven; ggf. unter Stickstoffatmosphäre)	Manuell	Dokumentation der Daten	Vernetzt mit Anlage und Auftragsdaten		
P 4.2	Entpacken, Entpulvern: Pulvertrennung (Rütteln...), Sieben, Mischen; Pulverrückführung, -wieder- und weiterverwendung	Manuelles Entpacken und Entpulvern, Teilegruppe ggf. im Käfig gefertigt	Maschinelle Entnahme in der Maschine	Maschinelles Entpacken und Entpulvern	Automatisierte Entnahme außerhalb der Maschine auf Bauteilgeometrie abgestimmt	
P 4.3	Reinigung des Bauteils	Manuelles Reinigen des Bauteils	Unterstützungssystem zur Bauteilreinigung außerhalb der Maschine	Vollautomatische Reinigung des Bauteils außerhalb der Maschine	Reinigungsprozess wird z.B. an Bauteilgeometrie angepasst, intelligente Abläufe, Überwachung des Reinigungsfortschritt (Gewichtsmessung?)	

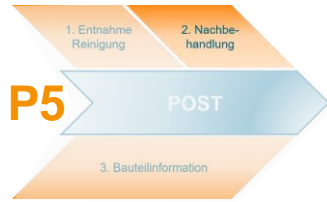
Post-Prozess: Pulverkreislauf





Das Baumaterial muss richtig konditioniert bereitgestellt und verarbeitet werden. Materialsorten (PA12, PP....) unterscheiden sich stark bzgl. Qualitätskontrolle (und Verarbeitbarkeit)

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
P 4.4	Pulverhandlung (Pulver aus dem Prozess)	Auspackstation und Überlaufbehälter – Material wird manuell gesammelt./ gesiebt	Maschinelle Entnahme und Sammlung mit Zustandsüberwachung	Pulver aus Überlauf und Entpackstation wird automatisiert gesammelt und zugeordnet	Intelligente Vernetzung
P 4.5	Pulverwiederauffrischung / Wiederauffrischrate [WAR]	Manuelles Wiederauffrischen, durch Sieben und Mischen mit Neupulver nach Erfahrung	Unterstützungssystem beim Sieben und Mischen (erfahrungsbasiert)	Automatisierte WAR auf Basis bekannter Zusammenhänge zwischen Neu- und Altpulver (s.a. MVR-Wert)	Inline Messung des Pulvers (z.B. MVR-Wert) und Anpassung WAR (z.B. entspr. geforderter Bauteilqualität)
P 4.6	Pulver: Entsorgung/-recycling	Pulverreste entsorgen, Rückgabe an Hersteller	Recycling	Material & Historie zurück an den Hersteller	Komplette WA an oder in der Anlage - Recycling über Hersteller nicht notwendig

Post-Prozess: Mechanische Bearbeitung des Bauteils

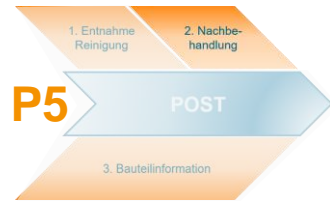


Bauteile müssen von dem nicht verarbeiteten Ausgangsmaterial gereinigt werden. Auch evtl. Stützstrukturen müssen entfernt werden. Das Bauteil muss identifiziert werden.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 5.1	Mechanische Bearbeitung: Strahlen zum Reinigen	händisch	Strahl-, Trowalisierkabine	Automatische Zuführung, ggf. separate Sinterbox f. empf. Teile	Ggf. intelligente Zuordnung / Rückmeldung	
P 5.2	Öffnen von Hohlräumen im Bauteil - (un-)kontrollierter Austritt von Pulver		?	Manuelle Öffnung nicht notwendig	Manuelle Öffnung nicht notwendig	
P 5.3	Bauteilzuordnung: Teile (mehrere hundert) den Aufträgen zuordnen (kann auch nach dem Fügen sein)		Bauteilzuordnung: KI lernt über Nacht Formen, Mensch verpackt	KI lernt Aufträge, Automatisch verpacken		
P 5.4	Ggf. Fügen (Kleben, Schweißen) von Einzelteilen	Händisch	Hilfsvorrichtung			



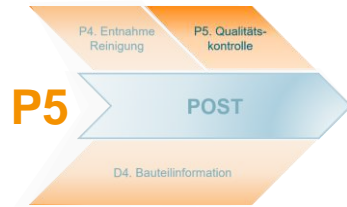
Post-Prozess: Finishing



Bauteile werden aufgebaut und müssen von dem nicht verarbeiteten Ausgangsmaterial gereinigt werden. Auch evtl. Stützstrukturen müssen entfernt werden.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 5.5	Mechanisches Finishing: Trowalisieren, Strahlen, Schleifen....	händisch	Strahl-, Trowalisierkabine	Automatische Zuführung	Ggf. intelligente Zuordnung / Rückmeldung	BMF, DyeMansion
P 5.6	Chemische Volumen-Behandlung: Färben, Infiltrieren	händisch	Färbestation			
P 5.7	Chemische Oberflächenbehandlung: Lackieren, Beschichten, Glätten					DyeMansion, AMT

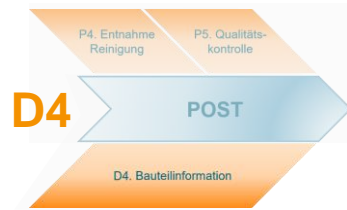
Post-Prozess: Qualitätskontrolle




Bauteile werden nach der Reinigung entsprechend der Vorgaben vermessen und geprüft.

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory	
P 5.1	Bauteilgeometrie: optisch, visuelle Beurteilung; CT, innenliegende Strukturen; opt. 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?)	
P 5.2	Zugfestigkeit, E-Modul, Shore-Härte (?)	Offline, Stichproben	Vorrichtungen zur Erfassung mit Standard-Prüfstab	Automatisierte Zuführung / Erfassung	-	
P 5.3	Gewichts- /Dichtemessung: Ist/Soll-Abgleich (selten)	Offline, Stichproben			s.o.	
P 5.4	Oberflächenqualität (AM-spezifisch, z.B. chemisches Glätten)	Manuell, dokumentierte Prozessparameter	Taktil und optische Vermessung, manuelle Zuführung			Hexagon
P 5.5	Funktionsprüfung	Bauteilabhängig	Vorrichtungen	Roboterunterstützte Vorrichtungen (individuell)	Intelligente Verarbeitung der Test-Daten	

Post-Prozess: Daten. Bauteilinformationen



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

Post	Beschreibung	Manufaktur	Teilautomatisierung	Automatisierung	Smart Factory
D 4.1	Zusatzgeometrien für Post-Processing: Angaben bzgl. Nachbearbeitung vollst. dokumentieren	Erfahrung, "Notspur-Weitergabe"	Standardisierte Zeichnungsangaben		Vollst. im Bauteil-Datensatz enthalten
D 4.2	Toleranzangaben über die gesamte Prozesskette: - Maßtoleranzen - Form und Lagetoleranzen - Oberflächen 	Zeichnungsdaten	Übergabe Toleranz & Aufmaß in extra Datei (Standard-Format?)	Toleranz und Aufmaß	Intelligente Auswertung der Geometriedaten und Anpassung im Prozess



Eigenen Kommentar senden



Kommentar



Info



Link

Prozessübergreifend



- 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 z.B. der Pulvereigenschaften 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	Autom. 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 Behälter	Zentrale Pulverver- und -entsorgung	Just in time - Belieferung
P 6.4	Lagerbedingungen, Anlieferungszustand: gekapselt, Schutzgasversorgung	Manuelle Befüllung, Sauerstoffeinfluss	Geschlossenes 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.

P6



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

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
P 6.8	Anlagenwartung: Verschleißteile, (Laser, Raket, Dichtungen, Filter, Linsen)	Bisher Austausch Erfahrungswerten nach Jahreswartung auf Verdacht	Laser: bessere Systeme im Markt?	Conditionmonitoring	Predictive Maintenance



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	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	DIN 65122/Pulver
	DIN 65123/Prüfung (unter Pkt 5 stehen eine Reihe Prüfverfahren)
	DIN 65124/Bauteile
	Nadcap AC7110/14



Eigenen Kommentar senden

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										
		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	Fließverhalten - Test im Kunststoffbereich (s.a. Materialalterung)	



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