

DIN EN ISO/ASTM 52920

ICS 25.030

Einsprüche bis 2021-09-23

Entwurf

**Additive Fertigung –
Qualifikationsprinzipien –
Anforderungen an Standorte für industrielle additive Fertigung (ISO/ASTM
DIS 52920:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52920:2021**

Additive manufacturing –
Qualification principles –
Requirements for industrial additive manufacturing sites (ISO/ASTM DIS 52920:2021);
German and English version prEN ISO/ASTM 52920:2021

Fabrication additive –
Principes de qualification –
Exigences pour les sites de fabrication additive industrielle (ISO/ASTM DIS 52920:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO/ASTM 52920:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-07-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nwt@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 86 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52920:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261 „Additive manufacturing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 438 „Additive Fertigungsverfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 145-04-01 AA „Additive Fertigung – Querschnittsthemen/Digitalisierung“ im DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

IEC 60079-10-2	siehe	DIN EN 60079-10-2 (VDE 0165-102)
ISO 60	siehe	DIN EN ISO 60
ISO 61	siehe	DIN EN ISO 61
ISO 129-1	siehe	DIN EN ISO 129-1
ISO 148-1	siehe	DIN EN ISO 148-1
ISO 148-2	siehe	DIN EN ISO 148-2
ISO 179-1	siehe	DIN EN ISO 179-1
ISO 179-2	siehe	DIN EN ISO 179-2
ISO 180	siehe	DIN EN ISO 180
ISO 286-1	siehe	DIN EN ISO 286-1
ISO 527-1	siehe	DIN EN ISO 527-1
ISO 527-2	siehe	DIN EN ISO 527-2
ISO 527-4	siehe	DIN EN ISO 527-2
ISO 604	siehe	DIN EN ISO 604
ISO 868	siehe	DIN EN ISO 868
ISO 1101	siehe	DIN EN ISO 1101
ISO 1133	siehe	DIN EN ISO 1133
ISO 1302	siehe	DIN EN ISO 1302
ISO 1628-1	siehe	DIN EN ISO 1628-1
ISO 1938-1	siehe	DIN EN ISO 1938-1
ISO 2039-1	siehe	DIN EN ISO 2039-1
ISO 2039-2	siehe	DIN EN ISO 2039-2
ISO 2768-1	siehe	DIN ISO 2768-1
ISO 2768-2	siehe	DIN ISO 2768-2
ISO 3252	siehe	DIN EN ISO 3252
ISO 3369	siehe	DIN EN ISO 3369
ISO 3651-1	siehe	DIN EN ISO 3651-1
ISO 3923-1	siehe	DIN EN ISO 3923-1
ISO 3923-2	siehe	DIN ISO 3923-2

ISO 3953	siehe	DIN EN ISO 3953
ISO 3954	siehe	DIN EN ISO 3954
ISO 4324	siehe	DIN ISO 4324
ISO 4497	siehe	DIN EN ISO 4497
ISO 4610	siehe	DIN EN ISO 4610
ISO 4490	siehe	DIN EN ISO 4490
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 7625	siehe	DIN EN ISO 7625
ISO 8130-1	siehe	DIN EN ISO 8130-1
ISO 9001:2015	siehe	DIN EN ISO 9001:2015-11
ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712
ISO 11357-1	siehe	DIN EN ISO 11357-1
ISO 11358-1	siehe	DIN EN ISO 11358-1
ISO 13485:2016	siehe	DIN EN ISO 13485:2016-08
ISO 13517	siehe	DIN EN ISO 13517
ISO 14175	siehe	DIN EN ISO 14175
ISO 14405-1	siehe	DIN EN ISO 14405-1
ISO 14971	siehe	DIN EN ISO 14971
ISO 17296-2	siehe	DIN EN ISO 17296-2
ISO 17296-3	siehe	DIN EN ISO 17296-3
ISO 17296-4	siehe	DIN EN ISO 17296-4
ISO 18739	siehe	DIN EN ISO 18739
ISO 19443	siehe	E DIN EN ISO 19443
ISO 22412	siehe	DIN ISO 22412
ISO 31000	siehe	DIN ISO 31000
ISO 45001	siehe	DIN ISO 45001
ISO/ASTM 52901	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52901
ISO/ASTM 52902	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52902
ISO/ASTM 52904	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52904
ISO/ASTM 52907	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52907
ISO/ASTM 52910	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52910
ISO/ASTM 52911-1	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52911-1
ISO/ASTM 52915	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52915
ISO/ASTM 52921	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52921
ISO/ASTM 52950	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52950
ISO/IEC 27001	siehe	DIN EN ISO/IEC 27001
ISO/TS 22163	siehe	DIN ISO/TS 22163

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60079-10-2 (VDE 0165-102), *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10-2: Einteilung der Bereiche — Staubexplosionsgefährdete Bereiche*

DIN EN ISO 60, *Kunststoffe — Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die durch einen genormten Trichter abfließen können (Schüttdichte)*

DIN EN ISO 61, *Kunststoffe — Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die nicht durch einen gegebenen Trichter abfließen können (Stopfdichte)*

DIN EN ISO 129-1, *Technische Produktdokumentation (TPD) — Angabe von Maßen und Toleranzen — Teil 1: Grundlagen*

DIN EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 148-2, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 2: Überprüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)*

DIN EN ISO 179-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften — Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung*

DIN EN ISO 179-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften — Teil 2: Instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung*

DIN EN ISO 180, *Kunststoffe — Bestimmung der Izod-Schlagzähigkeit*

DIN EN ISO 286-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 1: Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen*

DIN EN ISO 527-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 527-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen*

DIN EN ISO 527-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 4: Prüfbedingungen für isotrop und anisotrop faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe*

DIN EN ISO 604, *Kunststoffe — Bestimmung von Druckeigenschaften*

DIN EN ISO 868, *Kunststoffe und Hartgummi — Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)*

DIN EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf*

DIN EN ISO 1133, *Kunststoffe — Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten*

DIN EN ISO 1302, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in der technischen Produktdokumentation*

DIN EN ISO 1628-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Viskosität von Polymeren in verdünnter Lösung durch ein Kapillarviskosimeter — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN ISO 1938-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenprüftechnik — Teil 1: Grenzlehren und Lehrung der Längenmaße*

DIN EN ISO 2039-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Härte — Teil 1: Kugeleindruckversuch*

DIN EN ISO 2039-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Härte — Teil 2: Rockwellhärte*

DIN EN ISO 3252, *Pulvermetallurgie — Begriffe*

DIN EN ISO 3369, *Undurchlässige Sintermetallwerkstoffe und Hartmetalle — Ermittlung der Dichte*

DIN EN ISO 3651-1, *Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion — Teil 1: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex)-Stähle; Korrosionsversuch in Salpetersäure durch Messung des Massenverlustes (Huey-Test)*

DIN EN ISO 3923-1, *Metallpulver — Ermittlung der Füllichte — Teil 1: Trichterverfahren*

DIN EN ISO 3953, *Metallpulver — Bestimmung der Klopfdichte*

DIN EN ISO 3954, *Pulver für die Pulvermetallurgie — Probenahme*

DIN EN ISO 4497, *Metallpulver — Bestimmung der Teilchengröße durch Trockensiebung*

DIN EN ISO 4610, *Kunststoffe — Vinylchlorid-Homo- und Copolymerisate — Siebanalyse mit der Luftstrahl-Siebmaschine*

DIN EN ISO 4490, *Metallpulver — Bestimmung der Durchflussrate mit Hilfe eines kalibrierten Trichters (Hall flowmeter)*

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

DIN EN ISO 7625, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Vorbereitung von Proben für die chemische Analyse zur Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes*

DIN EN ISO 8130-1, *Pulverlacke — Teil 1: Bestimmung der Teilchengrößenverteilung durch Sieben*

DIN EN ISO 9001:2015-11, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO 9001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

DIN EN ISO 11357-1, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN ISO 11358-1, *Kunststoffe — Thermogravimetrie (TG) von Polymeren — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 13485:2016-08, *Medizinprodukte — Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen für regulatorische Zwecke (ISO 13485:2016); Deutsche Fassung EN ISO 13485:2016*

DIN EN ISO 13517, *Metallpulver — Ermittlung der Durchflussrate mit Hilfe eines kalibrierten Trichters (Gustavsson-Flowmeter)*

DIN EN ISO 14175, *Schweißzusätze — Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse*

DIN EN ISO 14405-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Dimensionelle Tolerierung — Teil 1: Lineare Größenmaße*

DIN EN ISO 14971, *Medizinprodukte — Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte*

DIN EN ISO 17296-2, *Additive Fertigung — Grundlagen — Teil 2: Überblick über Prozesskategorien und Ausgangswerkstoffe*

DIN EN ISO 17296-3, *Additive Fertigung — Grundlagen — Teil 3: Haupteigenschaften und entsprechende Prüfverfahren*

DIN EN ISO 17296-4, *Additive Fertigung — Grundlagen — Teil 4: Überblick über die Datenverarbeitung*

DIN EN ISO 18739, *Zahnheilkunde — Vokabular der Prozesskette für CAD/CAM-Systeme*

E DIN EN ISO 19443, *Qualitätsmanagementsysteme — Spezifische Anforderungen für die Anwendung der ISO 9001 und den IAEA GR-S-Anforderungen an die Organisationen in der Lieferkette auf dem Sektor der Kernenergie*

DIN EN ISO/ASTM 52900, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie*

DIN EN ISO/ASTM 52901, *Additive Fertigung — Grundlagen — Anforderungen an erworbene additiv gefertigte Bauteile*

DIN EN ISO/ASTM 52902, *Additive Fertigung — Testkörper — Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme)*

DIN EN ISO/ASTM 52904, *Additive Fertigung — Prozessanforderungen und Qualifizierung — Verwendung des pulverbettbasierten Schmelzens von Metallen bei kritischen Anwendungen*

DIN EN ISO/ASTM 52907, *Additive Fertigung — Ausgangswerkstoffe — Verfahren zur Charakterisierung von Metallpulvern*

DIN EN ISO/ASTM 52910, *Additive Fertigung — Konstruktion — Anforderungen, Richtlinien und Empfehlungen*

DIN EN ISO/ASTM 52911-1, *Additive Fertigung — Konstruktion — Teil 1: Laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen*

DIN EN ISO/ASTM 52915, *Spezifikation für ein Dateiformat für Additive Fertigung (AMF) Version 1.2*

DIN EN ISO/ASTM 52921, *Normbegrifflichkeiten für die Additive Fertigung — Koordinatensysteme und Prüfmethodologien*

DIN EN ISO/ASTM 52950, *Additive Fertigung — Grundlagen — Überblick über die Datenverarbeitung*

DIN EN ISO/IEC 27001, *Informationstechnik — Sicherheitsverfahren — Informationssicherheitsmanagementsysteme — Anforderungen*

DIN ISO 2768-1, *Allgemeintoleranzen — Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung*

DIN ISO 2768-2, *Allgemeintoleranzen — Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung*

DIN ISO 3923-2, *Metallpulver — Ermittlung der Füllichte — Scott-Volumeter-Verfahren*

DIN ISO 4324, *Tenside — Pulver und Granulate — Bestimmung des Schüttwinkels*

DIN ISO 22412, *Partikelgrößenanalyse — Dynamische Lichtstreuung (DLS)*

DIN ISO 31000, *Risikomanagement — Leitlinien*

DIN ISO 45001, *Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit — Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*

DIN ISO/TS 22163, *Bahnanwendungen — Qualitätsmanagementsystem — Anforderungen an Geschäftsmanagementsysteme für Organisationen im Bahnsektor: ISO 9001:2015 und besondere Anforderungen für die Anwendung im Bahnsektor*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Additive Fertigung — Qualifikationsprinzipien — Anforderungen an Standorte für industrielle additive Fertigung (ISO/ASTM DIS 52920:2021)
<i>Titel en:</i>	Additive manufacturing — Qualification principles — Requirements for industrial additive manufacturing sites (ISO/ASTM DIS 52920:2021)
<i>Titel fr:</i>	Fabrication additive — Principes de qualification — Exigences pour les sites de fabrication additive industrielle (ISO/ASTM DIS 52920:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Qualifizierung des Additiven Fertigigungsprozesses.....	8
4.1 Qualitätsrelevante Prozessschritte innerhalb des Fertigigungsprozesses.....	8
4.2 Anforderungen an die Vorverarbeitung: Datenvorbereitung.....	9
4.3 Anforderungen an die Vorverarbeitung: Ausgangsmaterialmanagement.....	10
4.4 Anforderungen für die Vorverarbeitung: Systemanordnung.....	12
4.5 Anforderungen für die Prozessdurchführung: additiver Fertigigungsprozess.....	13
4.6 Anforderungen an die Nachbearbeitung: standardmäßige Nachbearbeitung.....	14
4.7 Anforderungen an die Nachbearbeitung: Endbearbeitung.....	16
4.8 Prozessqualifizierung	16
4.8.1 Allgemeines.....	16
4.8.2 Umfang der Qualifizierung.....	16
4.8.3 Prozessspezifikation	17
5 Qualitätssicherung.....	17
5.1 Allgemeines.....	17
5.2 Personelle Anforderungen.....	18
5.3 Nichtkonformität	19
5.3.1 Abnahmekriterien.....	19
5.3.2 Umgang mit Nichtkonformitäten.....	19
5.4 Ständiger Verbesserungsprozess	19
5.5 Dokumentation und Nachverfolgung der Arbeitsschritte.....	20
5.5.1 Allgemeines.....	20
5.5.2 Einhaltung der Bauteilspezifikationen.....	21
5.6 Infrastruktur des Bauteilherstellers.....	21
5.7 Qualitätskontrollen.....	23
5.7.1 Allgemeines.....	23
5.7.2 Chargenfreigabe.....	23
5.7.3 Bauteilfreigabe	24
6 Verifizierung der Bauteilanforderungen.....	25
6.1 Allgemeines.....	25
6.2 Herstellbarkeitsbewertung.....	25
6.3 Validierungsplan.....	26
6.4 Ausführung des Validierungsplans	27
Anhang A (normativ) Endbearbeitung und Bauteilfreigabe.....	28
A.1 Endbearbeitung.....	28
A.2 Bauteilprüfung (gesonderte Einzel- bzw. Stichprobenprüfung).....	28
Anhang B (informativ) Zusatzinformationen.....	29
B.1 Beispiel für die Serien-Qualifizierung.....	29

B.2	Hinweise auf mögliche Prozessabweichungen bei AM-Technologien	29
B.2.1	Allgemeines	29
B.2.2	Beispiele für verschiedene AM-Technologien	29
B.3	Übersicht der Normen je Thema.....	33
Literaturhinweise.....		36

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52920:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261 „Additive manufacturing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 438 „Additive Fertigungsverfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/ASTM DIS 52920:2021 wurde von CEN als prEN ISO/ASTM 52920:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, in Zusammenarbeit mit ASTM F42, Komitee F42, *Additive Manufacturing Technologies*, auf der Grundlage eines Partnerschaftsvertrags zwischen ISO und ASTM International mit dem Ziel, einen gemeinsamen Satz von ISO/ASTM-Normen zur Additiven Fertigung zu schaffen.

Einleitung

Additive Fertigung stellt für immer mehr Unternehmen eine interessante Alternative zu etablierten Fertigungsverfahren dar. Der Trend zu komplexen Bauteilen, dezentraler Fertigung und kundenindividuellen Produkten lässt für immer weitere Bereiche einen wirtschaftlich darstellbaren Einsatz zu. Dies trifft auch immer mehr für Serienanwendungen zu, die ganz andere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Prozesse stellen. Insbesondere an industriell (Automobilbranche, Maschinenbau, Bahnsektor, Luft- und Raumfahrt, Prozess- und Industrieanlagen, Medizintechnik usw.) eingesetzte Komponenten werden dabei hohe Anforderungen in Bezug auf Qualität und Sicherheit gestellt. Der derzeit noch bestehende Mangel an Normen und Standards sorgt dabei dafür, dass Prozesse für die Fertigung von Bauteilen für jeden Einzelfall von Grund auf definiert werden müssen, was einen hohen Aufwand verursacht und wenig Transparenz und damit wenig Vertrauen anderer Stakeholder in die Prozesse zulässt.

Werden industriell eingesetzte Bauteile mittels additiver Fertigungsverfahren hergestellt, muss nachgewiesen werden, dass diese den an sie gestellten Anforderungen gerecht werden. Dazu muss die Prozesskette und -umgebung derart gestaltet werden, dass die Prozessqualität und die daraus resultierende Produktqualität stets gleichbleibend und reproduzierbar sind.

In diesem Dokument werden relevante Anforderungen benannt, um qualitätsgesicherte Prozesse in der additiven Fertigung zu etablieren.

Dieses Dokument hat dabei das Ziel, ganzheitlich (nicht produktspezifisch) die Anforderungen darzustellen, die als Basis für eine Prozessgestaltung für hochwertige additiv gefertigte Bauteile notwendig sind. Insbesondere in regulierten Industrien, wie der Automobilbranche, dem Maschinenbau, dem Bahnsektor, der Luft- und Raumfahrt, Prozess- und Industrieanlagen oder der Medizintechnik, schafft eine Berücksichtigung der im Rahmen dieses Dokuments definierten Kriterien eine Basis für die Erfüllung der Anforderung für spezifische Produkte.

Dafür werden wichtige AM-prozesskettenbezogene Maßnahmen festgelegt, die es zu steuern und überwachen gilt, um eine wiederholbare Qualität von AM-Bauteilen sicherzustellen. Da dieses Dokument technologieübergreifend aufgebaut ist, sind die Unterprozesse je nach eingesetzter Technologie zutreffend oder können vernachlässigt werden.

Dieses Dokument bietet einen gemeinsamen Ansatz für die fachgerechte Produktion von additiv gefertigten Serien- und Ersatzteilen. So kann, im Falle der Erfüllung der Anforderungen dieses Dokuments, der Umfang eines Lieferantenaudits stark verschlankt werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an Bauteilhersteller, die additive Fertigungsverfahren einsetzen, fest, die unabhängig vom eingesetzten Werkstoff und Fertigungsverfahren sind.

Dieses Dokument legt Kriterien für additive Fertigungsprozesse sowie qualitätsrelevante Merkmale und Faktoren entlang der Prozesskette fest und definiert Tätigkeiten und Abläufe innerhalb eines additiven Fertigungszentrums.

Dieses Dokument ist anwendbar auf die nach ISO/ASTM 52900 festgelegten additiven Fertigungstechnologien und definiert Qualitätssicherungsverfahren entlang des Fertigungsprozesses.

Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekte werden in dieser Norm nicht behandelt. Die entsprechenden Inhalte werden in den Richtlinien der Ausrüstungshersteller und in ISO/ASTM 52931, ISO/ASTM 52932, ISO/ASTM 52933, ISO/ASTM 52934 und ISO/ASTM 52938-1¹ behandelt.

Es sollte ein Qualitätsmanagementsystem (z. B. ISO 9001, ISO/TS 22163, ISO 19443, SAE AS 9100D, ISO 13485, IATF 16949) vorhanden sein, wenn der Hersteller von additiv gefertigten Bauteilen diese Norm anwendet. Zusätzlich kann diese Norm genutzt werden, um für das Qualitätsmanagementsystem relevante Inhalte festzulegen, die spezifisch für die AM-Technologie sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO/ASTM 52900, *Additive manufacturing — General principles — Terminology*

ISO/ASTM 52901, *Additive manufacturing — General principles — Requirements for purchased AM parts*

ISO/ASTM 52902, *Additive manufacturing — Test artifacts — Geometric capability assessment of additive manufacturing systems*

ISO/ASTM 52910, *Additive manufacturing — Design — Requirements, guidelines and recommendations*

ISO/ASTM 52950, *Additive manufacturing — General principles — Overview of data processing*

ISO 9001:2015, *Quality management systems — Requirements*

ISO 9100:2016, *Quality Management Systems — Requirements for Aviation, Space and Defence Organizations*

ISO 13485:2016, *Medical devices — Quality management systems — Requirements for regulatory purposes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/ASTM 52900 und die folgenden Begriffe.

1 Laufende Arbeit – noch nicht veröffentlicht.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org>

3.1 Nacharbeit

ungeplantes, genehmigtes Verfahren zur Durchführung einer Aufgabe, nach deren Ausführung das Teil wieder der Spezifikation entspricht

3.2 gebrauchtes Ausgangsmaterial recyceltes Ausgangsmaterial

Ausgangsmaterial, das während mindestens eines vorangegangenen Bauzyklus einer AM-Maschine zugeführt wurde

4 Qualifizierung des Additiven Fertigungsprozesses

4.1 Qualitätsrelevante Prozessschritte innerhalb des Fertigungsprozesses

Die Anforderungen an den additiven Fertigungsprozess (4.2 bis 4.6) und das Personal (5.2) müssen eingehalten werden.

Die relevanten Bereiche der Prozesskette sind in Bild 1 dargestellt. Alle in Bildern dargestellten Begriffe sind im gesamten Dokument unterstrichen. Diese umfasst:

- 1) Qualitätssicherung: Aktivitäten, die über die gesamte Prozesskette hinweg durchgeführt werden und die darauf ausgerichtet sind, Vertrauen zu schaffen, dass die Teilequalität den festgelegten Anforderungen entspricht und die Rückverfolgbarkeit der Produktion sichergestellt ist;
- 2) Verifizierung der Bauteilanforderungen: Aktivitäten zur Festlegung klarer, genau definierter und messbarer physikalischer und chemischer Merkmale, auf deren Grundlage die Annahme oder Ablehnung von Bauteilen festgelegt wird;
- 3) Datenvorbereitung: digitale Aktivitäten am konstruierten Bauteil, die vor der additiven Fertigung stattfinden;
- 4) Ausgangsmaterialmanagement: Materialflüsse, die während der additiven Fertigung stattfinden;

ANMERKUNG Das Ausgangsmaterialmanagement erfolgt nur bei einigen Technologien (z. B. MEX) vor dem additiven Fertigungsprozess.

- a) Systemanordnung: Beladung des Ausgangsmaterials;
 - b) Bauzyklus: Verfügbarkeit und Verbrauch von Ausgangsmaterial;
 - c) Standardmäßige Nachbearbeitung: Rückgewinnung des Ausgangsmaterials für die geplante Rekonditionierung und Wiederverwendung;
- 5) Systemanordnung: Manuelle Aktivitäten, die im unmittelbaren Umfeld des additiven Systems erfolgen und der Initiierung des additiven Fertigungsprozesses dienen;
 - 6) Additiver Fertigungsprozess: Bauzyklus, in dem Bauteile additiv gefertigt werden;

- 7) Standardmäßige Nachbearbeitung: Aktivitäten am konstruierten Teil, die im Umfeld des additiven Systems erfolgen und nach dem additiven Fertigungsprozess durchgeführt werden;
- 8) Endbearbeitung: Aktivitäten, die außerhalb des unmittelbaren Umfelds des additiven Systems nach dem additiven Fertigungsprozess am endkonturnahen Teil erfolgen (siehe Anhang A).

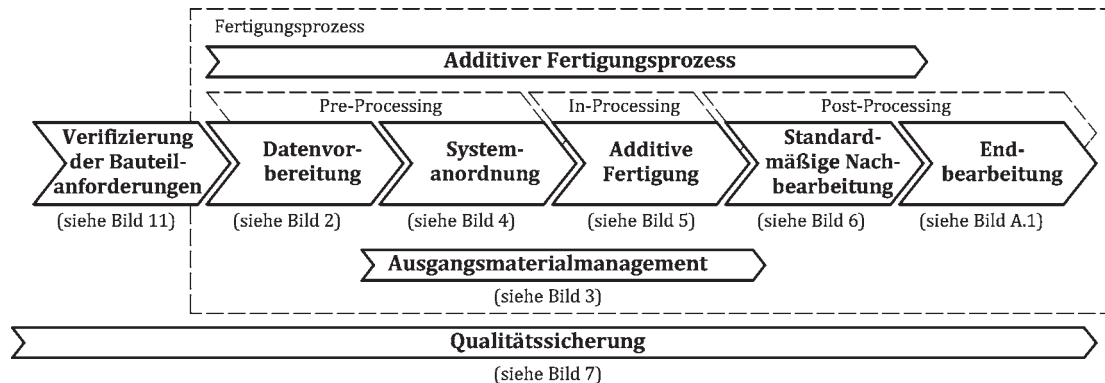


Bild 1 — Qualitätsgesicherter Prozess in einem additiven Fertigungszentrum

Die Qualitätssicherung erfordert eine umfassende Spezifikation des Fertigungsprozesses und definierte Bauteilanforderungen (Bild 1).

4.2 Anforderungen an die Vorverarbeitung: Datenvorbereitung

In Bild 2 sind die einzelnen Schritte der Datenvorbereitung dargestellt, die vom Bauteilhersteller durchgeführt werden müssen.

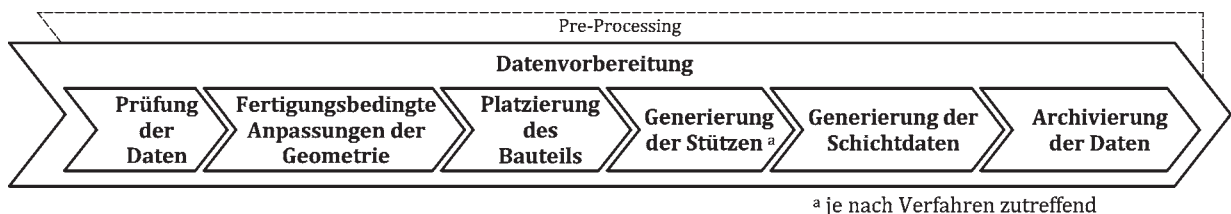


Bild 2 — Elemente der Datenvorbereitung

Es ist eine einheitliche Daten- und Informationsstruktur nach ISO/ASTM 52950 zu verwenden.

Sofern technisch zutreffend, sind die folgenden Prozessschritte zu spezifizieren sowie deren Prüfung und Dokumentation wie in der Prüfung des Verfahrens festgelegt zu definieren:

- 1) Prüfung der Daten: Eine Überprüfung auf fehlerfreie, prozessuale Abbildbarkeit der 3D-Daten muss durchgeführt werden. Falls erforderlich wird eine Datenreparatur durchgeführt. Falls zutreffend, ist eine Dokumentation der Konvertierungsparameter von CAD, digitaler Scansoftware oder anderer Software zur Konstruktionserstellung nach STL oder AMF erforderlich;

BEISPIEL Softwareversionen, Konfigurationseinstellungen, die sich direkt auf Auflösung, Größe und Mittentoleranzen des 3D-Datensatzes auswirken.

- 2) Fertigungsbedingte Anpassungen der Geometrie: Aufmaße, Schneiden, Aushöhlen, Schließen von Löchern, usw.; konstruktive Veränderung der 3D-Daten können unter Umständen für eine fertigungsgerechte Gestaltung erforderlich sein (z. B. geeignete Endbearbeitung). Folgendes muss berücksichtigt werden:

- a) eventuell muss die Zustimmung des Kunden eingeholt werden;
- b) die Rückverfolgbarkeit muss sichergestellt sein;

BEISPIEL Es kann eine digitale Bauteilkennzeichnung verwendet werden.

- c) sämtliche Anpassungen sind in nachvollziehbarer und überprüfbarer Form zu dokumentieren (dies umfasst die Versionierung des modifizierten Datensatzes).

- 3) Platzierung des Bauteils: Orientierung, Positionierung des einzelnen Bauteils sowie Anordnung aller Bauteile innerhalb der Bauhülle unter Berücksichtigung der individuellen Fertigungspläne und des Materialverhaltens;

BEISPIEL Materialspezifische Kennwerte umfassen den minimalen Bauteilabstand, die Wandstärke, die Anbindungsfläche des Bauteils oder den freitragenden Winkel.

- 4) Generierung der Stützen: Wenn Stützkonstruktionen erforderlich sind und diese nicht vollautomatisiert berechnet werden, so ist ein definierter und benutzerunabhängiger Arbeitsablauf zur Generierung von Stützgeometrien sicherzustellen;

- 5) Generierung der Schichtdaten: Umwandlung in maschinenspezifische Schichtdaten mit vollständigen <build> Prozessparametern (siehe Parameterdatensatz in 4.8.3) für die zu verwendende AM-Maschine;

- a) Bei Software-Aktualisierungen sollte anhand festgelegter Ein- und Ausgabedaten geprüft werden, dass die generierten Daten mit den referenzierten Ausgabedaten übereinstimmen;
- b) Die Parameter für die Datenkonvertierung sind in der entsprechenden Prozessbeschreibung zu definieren und einzuhalten. Werden die Schichtdaten nicht vollautomatisiert berechnet, muss eine definierte und benutzerunabhängige Anwendung der Prozessparameter sichergestellt sein;

BEISPIEL Schichtdicke.

- 6) Archivierung der Daten: eindeutiges, versioniertes Archiv der digitalen Dateien, die für den Bauzyklus verwendet werden. Aufbewahrungsfrist der Aufzeichnungen entsprechend den gesetzlichen oder anwendungsspezifischen Anforderungen.

BEISPIEL 3D-CAD-Dateien, Zeichnungen, Baudatei, virtuelle Stützstruktur.

4.3 Anforderungen an die Vorverarbeitung: Ausgangsmaterialmanagement

In Bild 3 sind die einzelnen Schritte des Ausgangsmaterialmanagements dargestellt, die vom Bauteilhersteller durchgeführt werden müssen.

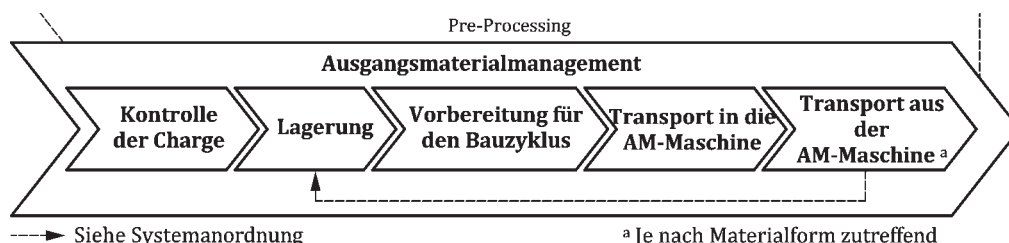


Bild 3 — Elemente des Ausgangsmaterialmanagements

Eine Spezifikation des Ausgangsmaterials (Ausgangswerkstoff) ist erforderlich, um seine Eignung für den jeweiligen Fertigungsprozess sicherzustellen. Im Falle von gebrauchtem Ausgangsmaterial muss der Bauteilhersteller zulässige Grenzwerte für die Produktion festlegen. Der Ausgangsmateriallieferant sollte, wie alle Lieferanten, nach den allgemeinen Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems verwaltet werden.

BEISPIEL Chemische Zusammensetzung oder Legierungselemente

BEISPIEL Zu den Degradationskriterien gehören Betriebsbedingungen, Feuchtigkeit, chemische Nebenprodukte, organische Verbindungen, biologische Stoffe

Je nach Ausgangsmaterial und Kundenanforderungen besteht die Möglichkeit, einen geschlossenen Kreislauf herzustellen, indem Material kontrolliert wieder eingespeist wird. Für die Sicherstellung der geforderten Eigenschaften des Ausgangsmaterials (siehe ISO/ASTM 52928 für Pulver) müssen folgende Arbeitsschritte spezifiziert sowie deren Prüfung und Dokumentation wie in der Prüfung des Verfahrens festgelegt definiert werden:

- 1) Kontrolle der Charge: Der Bauteilhersteller muss Anweisungen erstellen, um sicherzustellen, dass das Ausgangsmaterial die festgelegte Spezifikation erfüllt und anschließend gekennzeichnet wird, um die Rückverfolgbarkeit sicherzustellen. Für die Materialzustände in Tabelle 1 kann eine Materialhistorie erstellt werden. Entsprechend der Verwendung kann ein eindeutiger Zusammenhang zwischen gefertigtem Bauteil und verwendetem Ausgangswerkstoff gefordert sein;

BEISPIEL In einem geschlossenen Kreislauf dürfen einige Schritte der Systemanordnung (siehe 4.4) vor Punkt 1 durchgeführt werden.

Tabelle 1 — Rückverfolgbarkeit, Rezyklierungsgrad, Chargenreinheit

Losnutzung Materialnutzung	Charge aus einzelнем Los	Charge aus mehr als einem Los
Neuer Ausgangswerkstoff (Filament, Pellets, Pulver, Flüssigkeit)	Klare Zuordnung zum Los; Eindeutige Charakteristik des Ausgangswerkstoffes	Eingeschränkte Zuordnung zu den Losen; Eingeschränkte Charakteristik ^a des Ausgangswerkstoffes
Gebrauchter Ausgangswerkstoff (Pulver, Flüssigkeit)	Klare Zuordnung zum Los; Eingeschränkte Charakteristik des Ausgangswerkstoffes	Erschwerte Zuordnung zu den Losen; Eingeschränkte Charakteristik des Ausgangswerkstoffes
^a Eingeschränkte Charakteristik: Schlüsselmerkmale mit festgelegten zulässigen Grenzen.		

BEISPIEL Werkstoff, Chargennummer. Für metallische Pulver, siehe ISO/ASTM 52907.

- 2) Lagerung: Überwachung und Regelung des Lagerklimas (insbesondere Feuchtigkeit, Temperatur oder Lichtquelle), mit definierten zulässigen Grenzwerten. Die auf dem Datenblatt des Ausgangsmaterials angegebenen spezifischen Lagerungsanforderungen müssen ebenfalls eingehalten werden. Das Behältnis für das Ausgangsmaterial darf von der Originalverpackung abweichen, muss aber mit dem gelagerten Ausgangsmaterial kompatibel sein.
- 3) Vorbereitung für den Bauzyklus: Falls zutreffend, Anpassung des Ausgangsmaterials für den Bauzyklus:
 - a) Sieben – nur für Pulver und Flüssigkeiten anwendbar: zugeführte und ausgesiebte Masse, Maschenweite, Siebzustand, verwendetes Schutzgas;

- b) Vermischen – nur für Pulver und Flüssigkeiten anwendbar: Wiederverwendung von gebrauchtem Ausgangsmaterial, das vorher gesiebt und dem neuen Ausgangsmaterial in einem definierten Mischverhältnis zugefügt werden kann. Wenn verschiedene Chargen in einem anderen Verhältnis zusammengemischt werden, muss sichergestellt sein, dass die Spezifikationen des Ausgangsmaterials und die Rückverfolgbarkeit weiterhin erfüllt sind.

BEISPIEL Vermeidung von Kreuzkontamination, Überdruck, Reinigungsplan, Fördersystem.

- c) Homogenisieren – nur für Pulver und Flüssigkeiten anwendbar: Verfahren zur Erzielung einer homogenen Mischung und, falls erforderlich, aussagekräftige Probenahme;
- 4) Transport in die AM-Maschine: Zur Vermeidung von Querkontaminationen, wenn Schritt 3 außerhalb der AM-Maschine erfolgt, werden Kartuschen oder Pulverbehälter in versiegelter Form transportiert und angebracht. Der Kontakt mit der Umgebung ist zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren. Die Werkstoffhistorie ist zu dokumentieren: Dazu gehören zugeführte und entnommene Mengen zum Bauzyklus sowie die Chargenzuordnung;
- 5) Transport aus der AM-Maschine – für Pulver anwendbar: Die eindeutige Kennzeichnung des verwendeten Ausgangsmaterials wird zur Chargenkontrolle beibehalten, bis der nächste Prozessschritt festgelegt ist, um Querkontamination zu vermeiden.

4.4 Anforderungen für die Vorverarbeitung: Systemanordnung

In Bild 4 sind die einzelnen Schritte der Systemanordnung dargestellt, die vom Bauteilhersteller durchgeführt werden müssen.

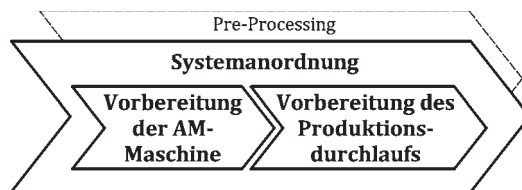


Bild 4 — Elemente der Systemanordnung

Sofern technisch zutreffend, sind die folgenden Prozessschritte zu spezifizieren sowie deren Prüfung und Dokumentation wie in der Prüfung des Verfahrens festgelegt zu definieren:

- 1) Vorbereitung der AM-Maschine: Wiederherstellung des Ausgangszustandes der Maschine für den folgenden Bauzyklus:
- a) Fachgerechte Vorbereitung der Maschine durch entsprechendes Personal (siehe 5.2). Die vom Hersteller angegebenen Vorbereitungsschritte für den Maschinenstart sind zu beachten;
 - b) Reinigungsvorgänge sind nach den Herstellerangaben durchzuführen;
 - c) Filterzustand– für PBF/M- und DED-Techniken anzuwenden.: Je nach Werkstoff und Schutzgas ist die Filterlebensdauer bzw. der Filtertyp eindeutig zuzuordnen, um einen reproduzierbaren Bauprozess und eine Schutzgasführung sicherzustellen;

ANMERKUNG Beim Entfernen oder Austauschen von Filtern ist die mögliche pyrophore Art des Staubes auf den Medien zu berücksichtigen.

- 2) Vorbereitung für den Bauzyklus:

- a) Bauplattform: Je nach Material müssen die Mindestanforderungen festgelegt werden;

- b) Ausgangsmaterialzustand (siehe Tabelle 1) in der Maschine;
BEISPIEL Im PBF-LB/M-Verfahren nach DIN 65124 oder nach Herstellerabnahme.
- c) Abhängig von den Anforderungen an den Bauzyklus muss ein Typ und eine Konfiguration des Schichtauftragssystems festgelegt werden, um einen reproduzierbaren Schichtauftrag sicherzustellen;
- d) Auswahl des Schutzgases in Abhängigkeit vom Werkstoff – einsetzbar für PBF/M- und DED-Verfahren;
- e) ausreichend Ausgangsmaterial und falls zutreffend Stützmaterial, Bindemittel und Farbe für den Bauzyklus müssen sichergestellt werden;
 - i) vorhandenes Ausgangsmaterial ist unbeschädigt;
 - ii) Materialbehältnis bzw. Materialcharge ist eindeutig und wird erfasst.

4.5 Anforderungen für die Prozessdurchführung: additiver Fertigungsprozess

In Bild 5 sind die einzelnen Schritte des additiven Fertigungsprozesses dargestellt, die vom Bauteilhersteller durchgeführt werden müssen.

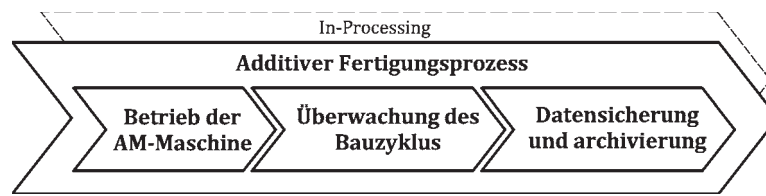


Bild 5 — Elemente des additiven Fertigungsprozesses

Sofern technisch zutreffend, sind die folgenden Prozessschritte zu spezifizieren sowie deren Prüfung und Dokumentation wie in der Prüfung des Verfahrens festgelegt zu definieren:

- 1) Betrieb der AM-Maschine: Starten und Durchführung des Bauzyklus:
 - a) die AM-Maschine muss entsprechend dem Fertigungsplan betrieben werden (siehe 5.5.2);
ANMERKUNG Der Fertigungsplan (zur Definition des Begriffs siehe ISO/ASTM 52900) berücksichtigt Anweisungen des Herstellers des AM-Geräts und, falls erforderlich, Anweisungen für den AM-Prozessschritt. Dies umfasst anwendungsspezifische Arbeitsanweisungen.
 - b) Die aus dem Bauzyklus generierten Datenprotokolle sind aufzuzeichnen:
 - i) Datensatz aus der Fertigungscharge (Geometrie, Anzahl, Schichtdicke, Füllmuster oder Schraffurstrategie usw.);
 - ii) Prozessparameter (z. B. Vorschubgeschwindigkeit, Spülvorgänge, Materialzufuhr bzw. Schichtauftrag, Kalibrierung, Laserstrahlleistung, Scangeschwindigkeit, Sauerstoffgehalt, Temperaturkurve, Druckgradient);
 - iii) Status der Komponenten der AM-Maschine (Laserstrom, Förderrate, Druck- oder Extrusionskopfstatus, Achspositionierung, Filterstatus, Schutzgasgeschwindigkeit, Kühlwassertemperatur);
 - iv) Ausgangsmaterial (z. B. Chargennummer), Bauplattform-Material;

v) Maschinenkennung (z. B. Seriennummer, Bauplatzform, Schutzgasart).

- 2) Überwachung des Bauzyklus: Die zu ergreifenden Maßnahmen, die sich aus verschiedenen Rückmeldungen der Überwachung ergeben (z. B. Kurzzuführung, Dosierung), müssen einem Verfahren oder einer Arbeitsanweisung folgen. Eine automatisierte AM-Prozessüberwachung anhand eingebauter Sensorik, sofern diese vorhanden und ausgereift sind, kann zum Zweck der Qualitätssicherung verwendet werden:
- a) Aufzeichnung und Bewertung des Bauzyklus mittels bildgebender Verfahren: Die erhobenen Daten ermöglichen die Auswertung von Fehlern bzw. die Rückführung von Bauteildefekten auf Prozessabweichungen;
 - b) Visuelle Kontrolle der Materialzugabe: Eine (zum Teil echtzeitgeregelte) Schichtfehleranalyse zur Erkennung einer unregelmäßigen Verteilung des Schichtmaterials auf der Baufläche [nach jeder Schicht] kann in die Qualitätssicherung integriert werden;
 - c) Schmelzbadüberwachung – für PBF/M- und DED-Verfahren anwendbar: Die vollständige Materialverbindung wird am Schmelzbad kontrolliert, in dem Prozessabweichungen erkannt werden. Dies lässt einen Rückschluss auf potenzielle Bauteilfehler zu;
 - d) Leistung am Baufeld – für PBF-, DED- und VPP-Verfahren anwendbar: Die Leistung am Baufeld kann mit einem vom Laser- oder Elektronenstrahl entkoppelten Messgerät aufgenommen werden. Dies schließt Aufnahmen von Störelementen (effektive Absorptionsrate, Laserschutzscheibe, Schmauchentwicklung, usw.) aus.

ANMERKUNG Die Überwachung der Analyse Fertigungsbegleitproben kann die Abstützung der Entscheidung über den Erfolg eines Produktionsdurchlaufs unterstützen, siehe 5.7.

- 3) Sicherung und Archivierung der Daten: Alle aufgezeichneten Daten müssen in angemessenen Abständen gesichert und entsprechend den gesetzlichen oder anwendungsspezifischen Anforderungen archiviert werden.

ANMERKUNG Die Konditionierung der Baukammer kann außerhalb der AM-Maschine erfolgen, siehe 4.6 1) „Konditionierung der Baukammer“.

4.6 Anforderungen an die Nachbearbeitung: standardmäßige Nachbearbeitung

In Bild 6 sind die einzelnen Schritte der Nachbearbeitung für die gewählte AM-Maschine dargestellt.

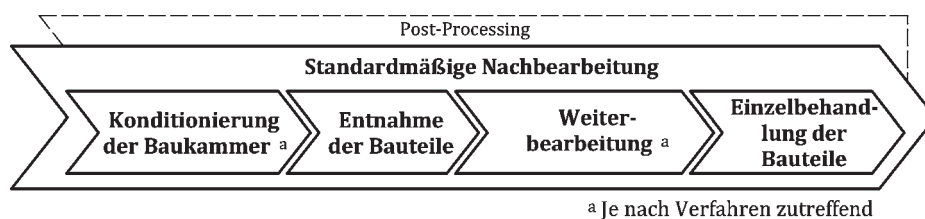


Bild 6 — Elemente der standardmäßigen Nachbearbeitung

Der Umfang der standardmäßigen Nachbearbeitung muss auf Grundlage der gewählten AM-Technologie abgeleitet werden. Die Verfahren zur Nachbearbeitung müssen nach Möglichkeit einheitlich gestaltet und in der Qualifizierung integriert werden (siehe 4.8). Hierfür müssen angewandte Verfahren im Sinne der Nachweisdokumentation dem Bauteil eindeutig zuordenbar archiviert werden. Sofern technisch zutreffend, müssen die folgenden Prozessschritte spezifiziert und kontrolliert durchgeführt sowie deren Prüfung und Dokumentation wie in der Prüfung des Verfahrens festgelegt definiert werden:

- 1) Konditionierung der Baukammer: Falls zutreffend, kontrollierte Akklimatisierung der Baukammer;

BEISPIEL Abkühlvorgang mit definierter Temperaturkurve.

- 2) Entnahme des Bauteils: Entnahme der gefertigten Bauteile und, falls zutreffend, der Bauplattform aus dem Bauraum;

ANMERKUNG Die AM Maschine wird nach der Entnahme der Bauteile gereinigt, siehe 4.4, 1) „Vorbereitung der AM-Maschine“.

- 3) Weiterbearbeitung: Anschließend maschinenabhängige Bearbeitung, die zur Erreichung der gewünschten Materialeigenschaften erforderlich ist;

ANMERKUNG Vorher kann eine Einzelbehandlung der Bauteile (siehe Punkt 4) „Einzelbehandlung der Bauteile“) erforderlich sein.

- a) Ausbrennen des Binders – für BJT/M-, ggf. für MEX/M-Verfahren: Ein geeigneter Sintervorgang muss für die weitgehende/vollständige Entfernung des Bindematerials gewählt werden;
- b) Imprägnierung – für BJT/M-, ggf. für MEX/M-Verfahren: Eine geeignete Schmelzimprägnierung muss für die weitgehende/vollständige Entfernung der Restporosität gewählt werden;
- c) Temperaturbehandlung – primär für PBF/M- und BJT/M-Verfahren: Ein geeignetes Temperatur- und/oder Druckprofil, eventuell in Kombination mit einem Schutzgas (heißisostatisches Pressen) oder Vakuum, kann zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften gewählt werden;

ANMERKUNG Für BJT/M kann derselbe Ofen sowohl zum Entbindern (Punkt a) als auch zum Sintern (Punkt c) verwendet werden, um die Behandlung des braunen Teils zu reduzieren.

- d) UV-Härtung – für VPP: Eine geeignete Behandlung ist für die weitgehende/vollständige Aushärtung der Bauteile zu wählen.

- 4) Einzelbehandlung der Bauteile: Falls zutreffend, Prozesse, die erforderlich sind, um endkonturnahe Teile zu erhalten;

ANMERKUNG Vor der Weiterbearbeitung kann eine Behandlung einzelner Bauteile erforderlich sein (Punkt 3).

- a) Trennen der Bauteile von der Bauplatte bzw. Entpacken aus dem Pulverkuchen und sortieren;
- b) Reinigen bzw. Entpulvern (z. B. ASTM WK 60265), einschließlich Entfernen von Materialeinschlüssen;
- c) Entfernen der technologiespezifischen Hilfs- und Opferstrukturen (z. B. Stützstrukturen, Anguss)
 - werden 3D-Datensätze aufgrund einer automatisierten mechanischen Nachbearbeitung benötigt, so muss die Vorgehensweise, um das richtige Datenformat zu erzielen, festgehalten werden.

BEISPIEL Die Prozessbeschreibung sieht vor, dass beim Dateneingang stets ein STEP-Format vorliegt, welches zur maschinellen Nachbearbeitung verwendet wird.

- d) Definierte Oberflächenbehandlungen: Glätten, Schmirgeln, Strahlen, Entgraten, Gleitschleifen usw.

Auf die standardmäßige Nachbearbeitung folgt die sachgemäße Zwischenverpackung der Bauteile.

4.7 Anforderungen an die Nachbearbeitung: Endbearbeitung

Dieses Dokument hat nicht den Anspruch, jegliche Spezifikationen oder Empfehlungen zur bauteilbezogenen Nachbearbeitung vorzugeben. Dieser Abschnitt dient einer Einordnung (siehe A.1) der möglichen Fertigungs- und/oder Prüfprozesse, die nach Abschluss der AM-bezogenen Prozesskette erforderlich sind. Die in der Endbearbeitung üblicherweise angewendeten Verfahren inklusive Versand sind zum größten Teil spezifisch genormt. Die entsprechenden normativen Dokumente sind dafür anwendbar.

Somit lässt sich dieses Dokument als Grundlage für die AM-spezifische Prozesskette heranziehen, und mit einem beliebigen Qualifizierungsstandard für anschließende Fertigungsschritte erweitern. Die Qualitätssicherung muss über den gesamten Fertigungsablauf erfolgen.

4.8 Prozessqualifizierung

4.8.1 Allgemeines

Das Hauptziel der Prozessqualifizierung des additiven Fertigungsprozesses ist die Feststellung reproduzierbarer, bauteilbezogener Kenngrößen. Sie beinhaltet die Prüfung von Referenzprobekörpern in statistisch signifikantem Umfang, die die zu qualifizierende Prozesskette durchlaufen haben. Die Prozessqualifizierung des additiven Fertigungsprozesses bildet somit die Grundlage sowohl für die Ausweisung reproduzierbarer Parameter als auch für die Bewertung der aktuellen Prozessqualität. Umfang und Häufigkeit der Überprüfung der Prozessqualität sind im „Überwachungsplan für den Fertigungsprozess“ festzulegen (siehe 5.7). Die Fertigungsbegleitproben dienen nicht nur der quantitativen Bestimmung von Materialkennwerten, sondern auch dem qualitativen Vergleich mit einer Regelkarte. Sein Toleranzband wird vorher anhand der Wert- und Streuparameter der Materialkennwerte festgelegt. Es müssen vorher festgelegte Annahmekriterien vorhanden sein, nach denen der Prozess bewertet werden kann.

Zum Nachweis der Überprüfung von Prozess- und Maschinenparametern sind Methoden der Risikoanalyse oder der FMECA (failure mode, effects and criticality analysis) anzuwenden.

4.8.2 Umfang der Qualifizierung

Vor der Prozessqualifizierung ist eine Installationsqualifizierung des additiven Systems erforderlich (siehe z. B. ISO/ASTM TS 52930, 6.2.2). Die Qualifizierung gilt nur für eine bestimmte AM-Maschine mit einem Prozessparametersatz und einem Ausgangsmaterial einschließlich der festgelegten Vorbearbeitung, Prozessdurchführung und Nachbearbeitung. Sie ist spezifisch und kann nicht für AM-Maschinentypen, Ausgangsmaterial, und Fertigungsparametersätze generalisiert werden. Änderungen am qualifizierten additiven System sollten je nach den Qualitätsauswirkungen auf den Prozess oder das Bauteil (z. B. Hardware, Firmware, Energiequelle, Spezifikationen des Ausgangsmaterials) individuell auf die Notwendigkeit einer Requalifizierung bewertet werden. Wenn die Bewertung zu dem Ergebnis kommt, dass der Prozess oder das Bauteil durch die Änderung beeinflusst wird, muss eine Requalifizierung durchgeführt werden; wenn es keine Auswirkungen gibt, ist eine Requalifizierung nicht erforderlich. Ein Protokoll der Bewertung muss vom Hersteller aufbewahrt werden.

ANMERKUNG 1 Der phasenweise Ansatz eines Qualifizierungs- und dann Produktionsmodus ermöglicht eine flexible und kostengünstige AM-Produktion für verschiedene Anwendungen. Dies ermöglicht auch das Konzept einer direkten Prüfung im Produktionsdurchlauf auf noch unqualifizierte Werte (z. B. ein großes Teil mit vielen Probeblechen zur Bewertung und Sicherstellung neuer Materialkennwerte).

ANMERKUNG 2 In einigen Branchen wird die produktspezifische Qualifizierung als „Qualifizierung des Baus“ bezeichnet, die in 6.3 enthalten ist.

ANMERKUNG 3 Der Aufwand für die (Re-)Qualifizierung kann reduziert werden, wenn jeweils eine Variable geändert wird: AM-Maschine (gleiches Maschinenmodell), Prozessparametersatz (Änderung einer einzelnen Variablen), Ausgangsmaterial (gleiche Zusammensetzung von einem neuen Lieferanten).

4.8.3 Prozessspezifikation

Die in 4.2 bis 4.6 festgelegten Prozessschritte sind aufeinanderfolgend festzulegen sowie deren Prüfung und Dokumentation festzulegen. Dies beinhaltet üblicherweise:

- 1) Parametersatz: Die zur Qualifizierung gewählten Prozessparameter müssen festgelegt, eindeutig bezeichnet und dokumentiert werden. Änderungen der Prozessparameter erfordern eine Requalifizierung;
- 2) Prüfung des Ausgangsmaterials: Probenahme mit zugehörigen Prüfverfahren, die der Bauteilhersteller während des Ausgangsmaterialmanagements durchführt;
- 3) Kennwerte/Probekörper: Sind Kennwerte für den konventionellen Werkstoff in Normen festgelegt, müssen diese Kennwerte anhand von Probekörpern nach den normativen Anforderungen ermittelt werden;
- 4) Probenanzahl/Produktionsdurchläufe: Die Anzahl der Proben und Produktionsdurchläufe müssen in statistisch repräsentativer Weise gewählt werden;
- 5) Positionierung/Ausrichtung: Die Anordnung und Ausrichtung der Probekörper müssen entsprechend der Gegebenheiten der AM-Anlage und den anwendungsspezifischen Anforderungen in geeigneter Weise gewählt werden;

BEISPIEL Es ist statistisch nicht repräsentativ, alle Probebleche innerhalb eines Laserfeldes auf einer Multi-Laseranlage zu platzieren.

- 6) Datenweitergabe: Bei Datentransfer über mehrere Softwareprogramme muss eine Qualifizierung der Datenverarbeitung durchgeführt werden.

BEISPIEL Bei der Generierung der Schichtdaten über mehrere Schnittstellen erfolgt die Qualifizierung anhand einer relevanten Geometrie.

Neben den oben genannten Aspekten ist zusätzlich festzulegen, wie mit außerplanmäßigen Störungen während und nach der Qualifizierung des additiven Fertigungsprozesses umzugehen ist.

5 Qualitätssicherung

5.1 Allgemeines

Die einzelnen vom Bauteilhersteller zu berücksichtigenden Bestandteile der Qualitätssicherung umfassen Personal, Dokumentation, Infrastruktur und Qualitätskontrolle, wie in Bild 7 dargestellt.



Bild 7 — Elemente der Qualitätssicherung

5.2 Personelle Anforderungen

Die Rollen in der gesamten AM-bezogenen Prozesskette (siehe Bild 1) müssen definiert werden, und das Personal, das diese Rollen übernimmt, muss entsprechend den Aufgaben und Qualitätszielen qualifiziert sein, falls zutreffend, entsprechend den bestehenden Normen (zum Beispiel denen, die in der ISO/ASTM Joint Group 74 entwickelt werden). Diese Qualifikation des Personals muss dokumentiert werden und zur Bewertung zur Verfügung stehen. Jede Rolle sollte von geeignetem technischem Personal mit nachweisbarem technologischem Fachwissen ausgeführt werden. Dazu gehören: Kenntnisse über aktuell verfügbare AM-Normen, fundiertes Fachwissen über die jeweilige Prozesskategorie (nach ISO/ASTM 52900) und deren Qualitätssicherungsaspekte.

Typische Personalrollen und Verantwortlichkeiten entlang der AM-bezogenen Prozesskette sind:

- 1) AM-Ingenieur (für Metall, siehe ISO/ASTM 52937): Die Aufgaben sind die Überprüfung der Bauteilanforderungen (6) und die Datenvorbereitung (4.2);
- 2) Die Maschinenbediener (für Metall, siehe ISO/ASTM 52926-1,-2,-3,-4,-5): Die Verantwortlichkeiten sind die Verwaltung des Ausgangsmaterials (4.3) und die Durchführung von AM-Maschinen-bezogenen Aktivitäten (4.4, 4.5 und 4.6);
- 3) Prüfpersonal (für zerstörungsfreie Prüfungen, siehe ISO 9712);
- 4) Qualitätsingenieur: Die Verantwortlichkeiten beinhalten die Überprüfung der Wartung der Systeme, die Durchführung der Prozessqualifizierung, die Überprüfung der Einhaltung der Verfahren und die Überprüfung der Dokumentation (z. B. Einsichtnahme in die geforderten Qualitätsaufzeichnungen in einem oder mehreren zufällig ausgewählten Jobaudits);
- 5) Fertigungs Koordinator (für Metall, siehe ISO/ASTM 52935): Die Verantwortlichkeiten beinhalten die Veranlassung der Wartung der Systeme, die Durchführung und Einhaltung der Arbeitssicherheitsmaßnahmen;
- 6) Wartungspersonal: Die Verantwortlichkeiten beinhalten die Durchführung der Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten entsprechend den Vorschriften und Schulungen des Maschinenherstellers und die Dokumentation der Wartungshistorie.