

DIN EN ISO/ASTM 52902

ICS 25.030

Ersatz für
DIN EN ISO/ASTM
52902:2020-05

**Additive Fertigung –
Testkörper –
Geometrische Leistungsbewertung additiver Fertigungssysteme
(ISO/ASTM 52902:2023);
Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52902:2023**

Additive manufacturing –
Test artefacts –
Geometric capability assessment of additive manufacturing systems
(ISO/ASTM 52902:2023);
German version EN ISO/ASTM 52902:2023

Fabrication additive –
Pièces types d'essais –
Évaluation de la capacité géométrique des systèmes de fabrication additive
(ISO/ASTM 52902:2023);
Version allemande EN ISO/ASTM 52902:2023

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52902:2023) 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).

Die diesem Dokument zugrundeliegende ISO-Norm wurde auf der Grundlage einer Partnerschaftsvereinbarung zwischen ISO und ASTM International erarbeitet, die für den Bereich der Additiven Fertigung eine gemeinsame Normenentwicklung beider Organisationen zum Ziel hat, sowie die Übernahme jeweiliger Normen durch die jeweils andere Organisation ermöglicht. Auf Grund dieser partnerschaftlichen Zusammenarbeit entsprechen die resultierenden Dokumente in ihrer Gestaltung in mancher Hinsicht nicht den ISO/IEC Direktiven Teil 2. Die Gestaltung des vorliegenden Dokuments weicht daher von den Vorgaben von DIN 820-2 ab.

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

ISO/ASTM 52900	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52900
ISO/ASTM 52915	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52915
ISO/ASTM 52927*	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52927*
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 17295	siehe	DIN EN ISO 17295
ISO 17296-2	siehe	DIN EN ISO 17296-2
ISO 25178 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 25178 (alle Teile)

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO/ASTM 52902:2020-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Hinzufügen eines Testkörpers zum Testen der Leistung der Z-Achse in einem AM-System;
- b) geänderte Maße in Text und Zeichnung (siehe Bild 3) des mittelgroßen kreisförmigen Testkörpers, sodass die Beschreibung im Text den Maßen in der herunterladbaren STEP-Datei entspricht; Bild 3 wurde ebenfalls neu gezeichnet, um die Geometrie des kreisförmigen Testkörpers besser darzustellen;
- c) redaktionelle Überarbeitung des Dokuments.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO/ASTM 52902: 2020-05

* Zurzeit Entwurf.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 17295, *Additive Fertigung — Grundsätze — Positionierung, Koordinaten und Ausrichtung des Bauteils*

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

DIN EN ISO 25178 (alle Teile), *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft*

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

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

E DIN EN ISO/ASTM 52927:2023, *Additive Fertigung — Grundlagen — Hauptmerkmale und entsprechende Prüfverfahren (ISO/ASTM DIS 52927:2022); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52927:2022*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

– Leerseite –

Deutsche Fassung
Additive Fertigung —
Testkörper —
Geometrische Leistungsbewertung additiver
Fertigungssysteme (ISO/ASTM 52902:2023)

Additive manufacturing —
Test artefacts —
Geometric capability assessment of additive
manufacturing systems (ISO/ASTM 52902:2023)

Fabrication additive —
Pièces types d'essais —
Évaluation de la capacité géométrique des systèmes de
fabrication additive (ISO/ASTM 52902:2023)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. August 2023 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Bedeutung und Anwendung	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Vergleich von Ergebnissen einer Maschine	8
5 Allgemeine Leitsätze für die Testkörperherstellung	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Notwendigkeit der Verwendung von Ausgangswerkstoff, der einer Werkstoffspezifikation entspricht	8
5.3 Notwendigkeit des Bauens von Testkörpern nach einer dokumentierten Prozessspezifikation	8
5.4 Dateiformate und -erstellung	9
5.5 Datei-Download	9
5.6 Erörterung der Dateiumwandlung	9
5.7 AMF bevorzugt (einschließlich Anweisungen/Auflösungen für die Umwandlung)	9
5.8 Notwendigkeit von Prüfspezifikation und Prüfprozess	9
5.9 Anzahl der Testkörper	9
5.10 Position und Ausrichtung von Testkörpern	10
5.11 Betrachtungen zur Ausrichtung	10
5.12 Beschriftung	10
5.13 Bedeckungsgrad	10
5.14 Baugruppen	10
5.15 Zusammenfassen von Bauteilen	10
5.16 Stützstrukturen und Nachbearbeitung	11
6 Allgemeine Leitsätze für die Testkörpermessung	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Messungen an Bauteilen im Zustand „wie gebaut“	11
6.3 Messstrategie	12
6.4 Messunsicherheit	12
7 Testkörpergeometrien	12
7.1 Allgemeines	12
7.2 Genauigkeit	12
7.2.1 Linearer Testkörper	12
7.2.2 Kreisförmiger Testkörper	14
7.2.3 Testkörper für die Z-Achse	16
7.3 Auflösung	19
7.3.1 Auflösungsteststifte	19
7.3.2 Auflösungstestlöcher	21
7.3.3 Auflösungstestwandung	22
7.3.4 Auflösungstestschlitz	25
7.4 Oberflächenstruktur	27
7.4.1 Zweck	27
7.4.2 Geometrie	27
7.4.3 Messungen	28
7.4.4 Berichterstattung	29
7.4.5 Betrachtungen	30
7.5 Beschriftung	30
7.5.1 Zweck	30

7.5.2	Geometrie	30
7.5.3	Betrachtungen	31
Anhang A (informativ)	Beispiele für Testkörperkonfigurationen	32
Anhang B (informativ)	Messverfahren	34
B.1	Allgemeines	34
B.2	Vorschläge zur Bestimmung von Maßen	37
Anhang C (informativ)	Messabläufe	38
C.1	Allgemeines	38
C.2	Linearer Testkörper	38
C.2.1	Messausrüstung	38
C.2.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	38
C.2.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	38
C.3	Kreisförmiger Testkörper	39
C.3.1	Messausrüstung	39
C.3.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	39
C.4	Testkörper für die Z-Achse	40
C.4.1	Messausrüstung	40
C.4.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	41
C.4.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	41
C.5	Auflösungsteststifte	41
C.5.1	Messausrüstung	41
C.5.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	41
C.5.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	42
C.6	Auflösungstestlöcher	42
C.6.1	Messausrüstung	42
C.6.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	42
C.6.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	42
C.7	Auflösungstestwandung	42
C.7.1	Messausrüstung	42
C.7.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	43
C.7.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	43
C.8	Auflösungstestschlitz	43
C.8.1	Messausrüstung	43
C.8.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	43
C.8.3	Betrachtungen für die Benchmark-Messung	44
C.9	Oberflächenstruktur	44
C.9.1	Messausrüstung	44
C.9.2	Anleitungen für die Benchmark-Messung	44
Anhang D (informativ)	Liste von Bezeichnungen und Größen von Prüfkörpern	45
Literaturhinweise		47

Bilder

Bild 1	— Technische Zeichnung linearer Testkörper	13
Bild 2	— Zwei aneinandergereihte Testkörper für die lineare Genauigkeit	13
Bild 3	— Technische Zeichnung kreisförmiger Testkörper	16
Bild 4	— Technische Zeichnung eines mittleren Testkörpers für die Z-Achse	17
Bild 5	— Technische Zeichnung des Merkmals mit mittleren Auflösungsteststiften bei einem Längen-Durchmesser-Verhältnis von 6 : 1	20
Bild 6	— Technische Zeichnung des Merkmals mit mittleren Auflösungstestlöchern	21
Bild 7	— Technische Zeichnung des Merkmals mit mittleren Auflösungstestwandungen	23
Bild 8	— Technische Zeichnung des Merkmals mit groben Radius-Auflösungstestwandungen	24
Bild 9	— Technische Zeichnung des Merkmals mit mittleren Auflösungstestschlitz mit 10,0 mm Wandhöhe	25
Bild 10	— Technische Zeichnung des Merkmals mit groben Auflösungstestschlitzwinkeln	26

Bild 11 — CAD-Modelle eines Testkörpers für die Oberflächenbeschaffenheit 28

Bild 12 — Vorgeschlagene Stellen für Linien- und Flächenmessungen 29

Bild 13 — Technische Zeichnung der XY-Beschriftung 31

Bild 14 — XY-Beschriftung am Aufbau bei a) 0° und b) 45° 31

Bild A.1 — Technische Zeichnung und CAD-Modellzeichnung eines Beispielaufbaus zur schnellen
Überprüfung in der XY-Ebene 33

Bild C.1 — Hervortretende Kanten, gebildet auf der oberen Oberfläche einer Geometrie 39

Bild C.2 — Messgrößen des kreisförmigen Testkörpers 40

Bild C.3 — Messungen von aufrechten Stiften 41

Bild C.4 — Messungen an drei verschiedenen Punkten entlang der Länge jeder Wandung 43

Tabellen

Tabelle 1 — Liste der Stufenhöhen bei Testkörpern für die Z-Achse 17

Tabelle 2 — Vorgeschlagene Messparameter 29

Tabelle 3 — Typische Werte von Messfiltern 29

Tabelle B.1 — Vorgeschlagene Messverfahren und Haupteigenschaften von Testkörpern 34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52902:2023) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2024 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO/ASTM 52902:2019.

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.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/ASTM 52902:2023 wurde von CEN als EN ISO/ASTM 52902:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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-Directives, 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-Directives, 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).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

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.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, in Zusammenarbeit mit ASTM-Komitee F42, *Additive Manufacturing Technologies*, auf Basis eines Partnerschaftsvertrags zwischen ISO und ASTM International mit dem Ziel, einen gemeinsamen Satz von ISO/ASTM-Normen zur additiven Fertigung zu schaffen, und in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 438, *Additive Fertigungsverfahren*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO/ASTM 52902:2019), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Hinzufügen eines Testkörpers zur Prüfung der Leistung der Z-Achse im AM-System;
- geänderte Maße in Text und Zeichnung (siehe Bild 3) des mittelgroßen kreisförmigen Testkörpers, so dass die Beschreibung im Text den Maßen in der herunterladbaren STEP-Datei entspricht; Bild 3 wurde ebenfalls neu gezeichnet, um die Geometrie des kreisförmigen Testkörpers besser darzustellen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält die allgemeine Beschreibung von Prüfkörpergeometrien, d. h. Testkörper, mit dem Ziel des Benchmarkings, gemeinsam mit an dem/den Benchmarking-Prüfkörper(n) vorzunehmenden quantitativen und qualitativen Messungen zur Bewertung der Leistung additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme, en: additive manufacturing).

Diese Leistungsbewertung kann den beiden folgenden Zwecken dienen:

- der Fähigkeitsbewertung des AM-Systems;
- der Kalibrierung des AM-Systems.

Der Hauptverwendungszweck der/des Benchmarking-Prüfkörper(s) ist die quantitative Bewertung der geometrischen Leistungsfähigkeit eines AM-Systems. Dieses Dokument beschreibt einen Satz von Prüfgeometrien, die jeweils für die Untersuchung einer oder mehrerer Leistungsmetriken ausgelegt sind, sowie mehrere Beispielkonfigurationen dieser Geometrien im/in Prüfaufbau(ten). Es gibt zu messende Quantitäten und Qualitäten der Prüfgeometrien vor, schreibt aber keine spezifischen Messverfahren vor. Verschiedene Anwendungen können verschiedene Leistungsniveaus erfordern. Zur Veranschaulichung von Untersuchungen und für den Nachweis der Leistungsfähigkeit auf niedrigem und hohem Niveau erörtert dieses Dokument Beispiele für Merkmalskonfigurationen sowie Anforderungen an die Messunsicherheit. Dieses Dokument behandelt keine spezifischen Verfahrensweisen oder Maschineneinstellungen für die Prüfkörperherstellung.

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 — Fundamentals and vocabulary*

ASME B46.1, *Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)*

3 Begriffe

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

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/>

4 Bedeutung und Anwendung

4.1 Allgemeines

In diesem Dokument beschriebene Messungen und Beobachtungen werden dazu genutzt, die Leistung eines AM-Systems mit einer vorgegebenen Systemanordnung und vorgegebenen Prozessparametern in Kombination mit einem bestimmten Ausgangswerkstoff zu untersuchen.

Die primäre Beschreibung des AM-Systems nach Anwendung dieses Dokuments erfolgt über geometrische Genauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und Mindest-Merkmalsgröße der Benchmarking-Prüfkörper.

4.2 Vergleich von Ergebnissen einer Maschine

Der/die Prüfkörper kann/können z. B. beim Einbau der neuen Maschine hergestellt und gemessen werden. Der/die Prüfkörper kann/können für die regelmäßige Leistungsbeurteilung oder die Fehlerdiagnose in einem AM-System eingesetzt werden, z. B. nach Systeminstandhaltung oder entsprechend den Anforderungen eines Qualitätssystems.

Der/die in diesem Prüfverfahren beschriebene(n) Prüfkörper kann/können zum Nachweis von Fähigkeiten für einen Vertrag zwischen Käufer und Verkäufer von AM-Bauteilen oder AM-Systemen eingesetzt werden.

Daten aus den in diesem Dokument beschriebenen Messungen können verwendet werden, um die Auswirkung neuer Prozessparameter oder Werkstoffe auf die Leistung des AM-Systems zu bestimmen.

Bestimmte Prüfgeometrien können bei jedem Aufbau auf einem bestimmten AM-System einbezogen werden, um die Rückverfolgbarkeit der Leistung zu unterstützen. Je nach den Erfordernissen des Anwenders brauchen nicht alle Testkörper gebaut zu werden und einzelne Testkörper können gesondert gebaut werden, sofern erforderlich.

5 Allgemeine Leitsätze für die Testkörperherstellung

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält Leitsätze, die für die Herstellung aller Testkörpergeometrien nach diesem Dokument anwendbar sind. Anforderungen an die Berichterstattung werden in diesem Abschnitt in Zusammenhang mit den Fertigungsschritten vorweggenommen, weitere Einzelheiten zu Aufzeichnung und Berichterstattung können jedoch den in Abschnitt 7 angegebenen Beschreibungen einzelner Testkörper entnommen werden.

5.2 Notwendigkeit der Verwendung von Ausgangswerkstoff, der einer Werkstoffspezifikation entspricht

Zur Sicherstellung wiederholbarer Ergebnisse ist die Verwendung eines Qualitäts-Ausgangswerkstoffs notwendig. Eine eindeutige Definition der Werkstoffspezifikation ist wichtig. Häufig werden Normspezifikationen bevorzugt, aber die Spezifikationen müssen nicht auf Normen begrenzt sein und können vom Anwender festgelegt werden. Eine Ausgangswerkstoffspezifikation sollte vom Anwender gewählt oder gefordert werden, und der für Probeläufe mit Testkörpern verwendete Ausgangswerkstoff sollte jener Spezifikation entsprechen. Die Spezifikation kann z. B. die Partikeleigenschaften (Korngröße, Korngrößenverteilung, Morphologie) für Pulver-Ausgangswerkstoffe, Schüttguteigenschaften (wie Fließfähigkeit) und chemische Eigenschaften (wie chemische Zusammensetzung und Grad der Verunreinigung) enthalten. Obwohl die Einzelheiten der Werkstoffspezifikation nicht öffentlich gemacht werden dürfen (sofern nicht zwischen Käufer und Verkäufer anders vereinbart), sollten sie vom Hersteller dokumentiert und mit einer eindeutigen alphanumerischen Bezeichnung nach ASTM F2971-13:2021, Anhang A1, Element „B“ angegeben werden. Bei pulverbasierten Prozessen sollte die Werkstoffspezifikation insbesondere Begrenzungen der Wiederverwendung von Pulver und das prozentuale Verhältnis von neuem/wiederverwendetem Pulver angeben.

5.3 Notwendigkeit des Bauens von Testkörpern nach einer dokumentierten Prozessspezifikation

Die Verarbeitung des Werkstoffs im AM-System sollte nach einer/einem dokumentierten Prozessspezifikation/Fertigungsplan erfolgen, wie in ASTM F2971-13:2021, Anhang A1, Element „C“ festgelegt. Dabei kann es sich um eine eigene interne oder eine externe Norm handeln (entsprechend Käufer/Verkäufer-Verhandlungen), der Hersteller sollte jedoch die genauen Werte der vom Anwender definierbaren Einstellungen und Bedingungen in Zusammenhang mit dem Bau von Bauteilen dokumentieren. Dokumentiert werden sollten z. B. die während des Baus angewendete(n) Schichtdicke, Baustrategien (z. B. Scan-Weg, Werkzeugweg und/oder Scan-Parameter), Temperaturen usw. Dieser Prozess sollte für alle in einem Aufbau hergestellten Testkörper einheitlich sein. Diese Empfehlungen können bei jeder Anwendung unterschiedlich sein, so dass die Parameter der Prozessspezifikation zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden sollten.

5.4 Dateiformate und -erstellung

Die verwendeten Dateiformate und die Schritte zur Erstellung digitaler Dateien, einschließlich der Slice-Parameter, sollten in die Prozessspezifikation aufgenommen werden. Bei der Erstellung und Übertragung von Dateien muss darauf geachtet werden, dass eine Verschlechterung des Modells verhindert wird. Jegliche Abweichung beeinflusst die Ergebnisse der Prüfungen an den Testkörpern, daher ist die gute Vorgehensweise zur Kontrolle der Dateiformate und zur Dateierstellung hier erörtert.

5.5 Datei-Download

Die digitalen 3D-Modelle für Normtestkörpergeometrien können im Format *.step unter <https://standards.iso.org/iso/52902/ed-2/en> heruntergeladen werden. Eine vollständige Liste verfügbarer Dateien ist in Anhang D zu finden.

5.6 Erörterung der Dateiumwandlung

Bei Umwandlung eines CAD-Modells in AMF, STL oder ein Zwischen-Dateiformat muss ausreichende Wiedergabetreue beibehalten werden, um sicherzustellen, dass der damit hergestellte Testkörper die Fähigkeiten des zu bewertenden AM-Systems hinreichend repräsentiert. Die Dateiumwandlungstoleranz sollte so gewählt werden, dass die größte Abweichung der Daten vom nominalen CAD-Modell weniger als ein Viertel und idealerweise weniger als ein Zehntel der erwarteten Genauigkeit des zu bewertenden AM-Systems beträgt. Derzeit können mit den meisten additiven Fertigungsanlagen keine Merkmale mit einer Auflösung besser als 10 µm hergestellt werden, daher werden CAD-Modelle als STL/AMF mit einer Mindestgenauigkeit von 2,5 µm oder besser gespeichert. Dies sind lediglich allgemeine Empfehlungen, die für das jeweilige Ausgabesystem bestätigt werden sollten. Es wird empfohlen, dass Anwender die größte Abweichung überprüfen und die angewendeten Umwandlungsparameter sowie jede größte Abweichung aufzeichnen (Sehnenhöhe und Winkeltoleranz).

Dateien sollten nicht verkleinert oder vergrößert werden, weder während der Umwandlung noch danach. Maschinenkorrekturfaktoren (z. B. Versatz, Achsenskalierung usw.) dürfen angewendet und sollten als Teil der Prozessspezifikation dokumentiert werden.

5.7 AMF bevorzugt (einschließlich Anweisungen/Auflösungen für die Umwandlung)

Das AMF-Dateiformat nach ISO/ASTM 52915 ist das bevorzugte Modellformat für die Darstellung der Testkörpergeometrie aufgrund seiner Fähigkeit, die Geometrie mit hoher Wiedergabetreue mit eingebetteten Einheiten in einem Zwischen-Dateiformat zu speichern, und seiner Fähigkeit, Baugruppen innerhalb einer einzelnen AMF-Datei genau auszurichten.

5.8 Notwendigkeit von Prüfspezifikation und Prüfprozess

Dieses Dokument bildet die Grundlage für den/die allgemeine(n) *Prüfplan/Prüfspezifikation* nach ASTM F2971-13:2021, Anhang A1, Element „D“, Einzelheiten zur Umsetzung sind jedoch für die genaue Dokumentation des Prüfprozesses (Element „E“ nach Anhang A1) aufzuzeichnen, der für die Herstellung der Bauteile entsprechend Abschnitt 7 angewendet wird.

5.9 Anzahl der Testkörper

Bei einer vollständigen Prüfung der Maschinenleistung wird die Anzahl der hergestellten Testkörper durch mindestens zwei Aspekte bestimmt. Erstens muss die Prüfspezifikation/der Prüfprozess eine Probenanzahl sicherstellen, gewöhnlich nicht weniger als fünf je Aufbau, so dass statistisch signifikante Messungen durchgeführt werden können. Zweitens ist die ausreichende Abdeckung (siehe 5.13) der Bauplattform erforderlich, um Schwankungen in der Leistung zwischen Baupositionen Rechnung zu tragen. Wiederholte Aufbauten können auch erstellt werden, um die Wiederholpräzision des Prozesses zu prüfen. Für Stichproben oder begrenzte Demonstrationen, wie im in Anhang A dargelegten Beispiel, dürfen weniger Testkörper mit weniger vollständiger Abdeckung verwendet werden. Die Anzahl der Testkörper muss zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden und die Durchführung von mindestens 5 Messungen erlauben.

5.10 Position und Ausrichtung von Testkörpern

Nach ASTM F2971-13:2021, Anhang A1, Element „F“ wird die Angabe der Ergebnisse in Kombination mit der jeweiligen Bauposition und Ausrichtung der Testkörper entsprechend den Festlegungen nach ISO 17295 empfohlen.

5.11 Betrachtungen zur Ausrichtung

Da diese Testkörper dafür vorgesehen sind, die Stärken und Schwächen additiver Bautechniken aufzudecken, wird es Baugeometrien geben, die versagen. Es lohnt sich, zu betrachten, welche Merkmale voraussichtlich versagen, und diese so zu positionieren oder in Winkeln anzuordnen, dass dadurch das Risiko minimiert wird, dass ihr Versagen zu einem vollständigen Ausfall von Merkmalen/Bauteilen/Testkörpern im übrigen Aufbau führt. Bei einem Pulverbettprozess z. B. kann es ratsam sein, Bauteile mit einer höheren Wahrscheinlichkeit des Versagens auf einer höheren Ebene im Gesamtaufbau zu positionieren, sodass das Risiko verringert wird, dass das Versagen von Bauteilen oder Bauteil-Abschnitten andere Komponenten im Aufbau oder den AM-Maschinenmechanismus beeinflusst.

5.12 Beschriftung

Die Beschriftung von Bauteilen kann nützlich sein, um die jeweiligen Ausrichtungen und Positionen von Testkörpern im Aufbau zu kennzeichnen. Die Beschriftung ist in 7.5 zusammengefasst.

5.13 Bedeckungsgrad

Es ist wichtig, Testkörper mit ausreichender Abdeckung des Bauvolumens herzustellen, um repräsentative Daten für die Herstellung tatsächlicher Bauteile zu erhalten. Abdeckung beurteilt Veränderlichkeit im gesamten Bauvolumen. Das ist die gute Vorgehensweise für alle AM-Prozesse und insbesondere entscheidend für Prozesse mit einem „Sweetspot“ (z. B. erzielen einige galvanometrische Laserstrahl-Steuersysteme in der Mitte der Plattform Ergebnisse mit höherer Wiederholpräzision). Die Testkörperverteilung sollte mindestens 80 % der Fläche der Bauplattform der Maschine abdecken, mit der Absicht, dass die Testkörper an verschiedenen Orten gebaut werden, basierend auf den jeweiligen Anwendungen und wo die Bauteile auf der Maschine in der Produktion gebaut werden. Bei Maschinen mit großen Bauplattformflächen können Testkörper an den äußeren Enden der Bauplattformfläche und in der Mitte der Bauplattformfläche platziert werden, um eine Abdeckung der gesamten Baufläche zu ermöglichen. Wenn die Auswirkungen der Bauposition bekannt sind oder als irrelevant für die jeweilige Versuchsdurchführung angesehen werden, darf entsprechend der Vereinbarung zwischen Käufer und Verkäufer eine einzelne Bauposition ausgewählt und verwendet werden.

Lange Testkörper, die das Ausmaß des Bauvolumens abdecken, können erforderlich sein, um Korrekturen zu erkennen, die nicht linear oder von periodischer Art sind.

5.14 Baugruppen

Geometrien sollten nicht zur Aufnahme unterschiedlicher Bauvolumen skaliert werden (aufgrund der Auswirkungen auf die Messergebnisse), können jedoch in einer Baugruppe angeordnet werden, um größere Abdeckungsflächen zu ergeben. Beispiel siehe Bild 2. Die Skalierung der Testkörpergeometrie zur Aufnahme von Schrumpfung, etwa bei Anwendungen mit Freistrah-Bindemittelauftrag-AM, sollte durch Anwender eindeutig dokumentiert werden.

5.15 Zusammenfassen von Bauteilen

Sind Baugruppen für eine bessere Abdeckung notwendig, kann es am praktischsten sein, ein einzelnes kombiniertes Bauteil zu bauen, statt zu versuchen, Baugruppen aus benachbarten einzelnen Bauteilen zu bauen. Dies kann durch Zusammenfassen benachbarter AMF- oder STL-Dateien vor dem Slicing und anderen Dateierstellungsschritten erreicht werden. Baugruppen können mit dem „Konstellation“-Element innerhalb einer einzelnen AMF-Datei in Bezug zueinander genau ausgerichtet werden.

Da AM am häufigsten ein schichtweiser Prozess (in Z-Richtung) und häufig pixelbasiert (in X/Y-Richtung) ist, kann die genaue Position des Bauteils im Aufbau die Prüfung erheblich beeinflussen. Dies gilt insbesondere für Testkörper zur Prüfung der Maschinenauflösung. Eine geringe Verschiebung des Bauteils kann Einfluss auf Verrundungsaspekte haben, die Einfluss darauf haben, ob sich ein(e) spezifische(s) Schicht oder Pixel aufbaut oder nicht. Dies kann während der Erstellung der Slice-Datei und während der Ausrichtung der Slice-Datei auf der Arbeitsfläche in der Maschine verursacht werden. Ergebnisse sollten in Kombination mit den Bauausrichtungen des Testkörpers entsprechend den Festlegungen nach ISO 17295 angegeben werden.

Bei bestimmten AM-Prozessen (insbesondere mit Metallen) kann Wärmestau aufgrund der Verarbeitung großer Querschnittsflächen in der Nähe der Testkörper deren geometrische Genauigkeit beeinflussen. Daher wird empfohlen, dass der Hersteller die Einhaltung der festgelegten Abstände zwischen Bauteilen sicherstellt.

5.16 Stützstrukturen und Nachbearbeitung

Stützstrukturen sollten nach Möglichkeit vermieden oder es sollten Stützstrukturen eingesetzt werden, die die vorgesehene Messung in keiner Weise behindern oder beeinflussen. Die Stützstrukturstrategie einschließlich u. a. Werkstoff, Geometrie, Technik zum Entfernen usw. muss vollständig in der Prozessspezifikation dokumentiert sein.

Daten nach diesem Dokument müssen im Zustand „wie gebaut“ vor jeder Oberflächenbearbeitung oder nachfolgenden Verarbeitung angegeben werden. Falls eine unvermeidbare Nachbearbeitung vor der Messung durchgeführt wird (z. B. Entfernen notwendiger Stützstrukturen), müssen Einzelheiten des Prozesses als Teil der Prozessspezifikation angegeben werden. Die Berichterstattung sollte eine Beschreibung jeglicher Abrasivmittel und das Verfahren ihres Auftrags auf die Testkörperoberfläche enthalten. Darüber hinaus dürfen Daten nach zusätzlichen Nachbearbeitungsbehandlungen (wie z. B. Sandstrahlen von Metallteilen) erfasst werden, aber nur falls diese eindeutig vermerkt und gemeinsam mit den Messungen im Zustand „wie gebaut“ angegeben werden. Bei sinterbasierten Prozessen müssen Anwender den Zustand des für die Prüfung verwendeten Bauteils berichten, z. B. durch die Angaben „Messungen wurden am gesinterten Körper mit angewendeter Skalierung zur Berücksichtigung von Schrumpfung durchgeführt“, „Messungen wurden mit (oder ohne) Skalierung am Grünkörper durchgeführt“.

6 Allgemeine Leitsätze für die Testkörpermessung

6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält Leitsätze, die für die Messung aller Testkörpergeometrien nach diesem Dokument anwendbar sind. Die jeweiligen Messungen sind in Abschnitt 7 festgelegt, welcher die einzelnen Testkörpergeometrien beschreibt. Dieses Dokument schreibt keine spezifischen Messverfahren vor; die nachstehend beschriebenen Messungen können mit einer Vielzahl von Techniken und Geräten (z. B. Koordinatenmessgerät, optischer Scanner, Messuhren mit kalibrierten Zeigern, Oberflächenprofilometer usw.) durchgeführt werden. ISO/ASTM 52927 kann angewendet werden, um die Nutzung der verschiedenen Prüfverfahren bezüglich der Anwendung auf Prüfkörper zu verbessern. Anforderungen an die Berichterstattung werden in diesem Abschnitt in Zusammenhang mit den Messungen vorweggenommen, weitere Einzelheiten zu Aufzeichnung und Berichterstattung können jedoch Anhang B und Anhang C entnommen werden.

6.2 Messungen an Bauteilen im Zustand „wie gebaut“

Der Testkörper sollte auf Raumtemperatur abkühlen und dann direkt nach seiner Entnahme aus dem für seinen Bau verwendeten System den Messungen unterzogen werden, bevor jegliche Nachbearbeitung durchgeführt wird. Der Anwender kann fordern, dass Bauteile vor der Messung bei einer voreingestellten Temperatur und Luftfeuchte gehalten werden. Werden die Bauteile in einem pulverbettbasierten Prozess gebaut, sollten sie vor der Messung vollständig vom umgebenden Pulver befreit werden. Werden die Bauteile auf einer Bauplattform gebaut, sind die Messungen zunächst durchzuführen, ohne das Bauteil von der Plattform zu entfernen. (Das Entfernen von einer Bauplattform kann die Formen der Testkörper und damit die Ergebnisse beeinflussen. Falls die Messung auf der Plattform nicht möglich ist, muss dies ausdrücklich im Prüfbericht angegeben werden.) Ist Nachbearbeitung erwünscht, sind alle Einzelheiten jedes Nachbearbeitungsschritts anzugeben und

Messungen sind am Bauteil vor und nach jedem Nachbearbeitungsschritt vorzunehmen (Angabe aller Messergebnisse).

6.3 Messstrategie

Die Messstrategie beeinflusst die Gesamt-Messunsicherheit; das gilt sowohl für die Messung von Maßen als auch für Oberflächenmessungen. Die hier angegebene Messstrategie umfasst das für die Durchführung der Messungen gewählte Gerät zusammen mit der Anzahl von Punkten, die gewählt wurden, um das Merkmal oder die Oberfläche zu repräsentieren sowie der Verteilung der Punkte entlang des Merkmals oder der Oberfläche. Für Messungen der Rauheit schließt die Messstrategie alle verwendeten Filter ein (z. B. die Grenzwellenlänge). Die Messstrategie ist ein komplexes Thema und häufig sehr spezifisch für das zu messende Bauteil oder Merkmal. Daher gibt es keine allgemeine „gute Vorgehensweise“ für die Durchführung dieser Messungen. Einige Hinweise sind jedoch Anhang B und Anhang C zu entnehmen. Die Messunsicherheit ist letztendlich die entscheidende Größe, und unter Berücksichtigung der verfügbaren Messgeräte sollte das Hauptaugenmerk der Anwendung einer Messstrategie gelten, welche die Messunsicherheit innerhalb aller gegebenen Einschränkungen minimiert.

6.4 Messunsicherheit

Die Standardunsicherheit jeder Messung sollte zusammen mit der Messung im Bericht angegeben werden. Anleitungen zur Bestimmung der Messunsicherheit können den folgenden Verweisungen entnommen werden:

- ASME B89.7.3.2 für die Messunsicherheit bei Messungen von Maßen;
- ASME B46.1 für Messungen der Oberflächenstruktur;
- JCGM 100 und JCGM 101 für Messunsicherheit im Allgemeinen (üblicherweise als „Guide to the expression of uncertainty in measurement“ bzw. GUM bezeichnet);
- ISO/IEC Guide 98-1 und zugehörige Dokumente.

Anwender sollten alle Systeme für die Kalibrierung und/oder Beibehaltung der Qualität der angewendeten Messprozesse und verwendeten Ausrüstung dokumentieren. Messgerät und Auflösung müssen im Bericht angegeben werden.

Messsystemanalyse (MSA) und Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit von Messungen (Gage R&R, en: Gage Repeatability and Reproducibility) sind ebenfalls akzeptable Ansätze zur Durchführung der Bewertung der Messunsicherheit. Siehe ASTM E2782.

7 Testkörpergeometrien

7.1 Allgemeines

In den folgenden Unterabschnitten werden acht Arten von Testkörpern beschrieben. Jeder Testkörper ist zur Prüfung eines anderen Aspekts der Leistung oder Fähigkeit eines Systems vorgesehen.

7.2 Genauigkeit

7.2.1 Linearer Testkörper

7.2.1.1 Zweck

Mit diesem Testkörper wird die Genauigkeit der linearen Positionierung entlang einer bestimmten Maschinenrichtung geprüft. In Abhängigkeit von der Ausrichtung des Testkörpers und der Maschinenkonfiguration können Fehler im Testkörper eine Grundlage für den Positionsausgleich oder die Diagnose bestimmter fehlerhafter Bewegungen im Positionierungssystem der Anlage bilden.