

DIN EN ISO/ASTM 52902

ICS 25.030

Einsprüche bis 2018-07-18

Entwurf**Additive Fertigung –
Testkörper –****Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung
additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme) (ISO/ASTM DIS 52902:2018);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52902:2018**Additive manufacturing –
Test artefacts –Standard guideline for geometric capability assessment of additive manufacturing systems
(ISO/ASTM DIS 52902:2018);

German and English version prEN ISO/ASTM 52902:2018

Fabrication additive –
Artefacts d'essais –Ligne directrice standard pour l'évaluation de la capacité géométrique des systèmes de
fabrication additive (ISO/ASTM DIS 52902:2018);

Version allemande et anglaise prEN ISO/ASTM 52902:2018

AnwendungswarnvermerkDieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-05-18 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, Burggrafenstr. 6, 10787 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 82 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO/ASTM DIS 52902:2018 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261 „Additive manufacturing“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) in Zusammenarbeit mit dem ASTM F42 „Additive Manufacturing Technologies“ erarbeitet und als prEN ISO/ASTM 52902:2018 durch das Technische Komitee CEN/TC 438 „Additive Fertigungsverfahren“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 145-04-01 AA „Additive Fertigung“ 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.

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 internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 4287	siehe DIN EN ISO 4287
ISO 4288	siehe DIN EN ISO 4288
ISO 17025	siehe DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 17296-2	siehe DIN EN ISO 17296-2
ISO 17296-3	siehe DIN EN ISO 17296-3
ISO 25178-Reihe	siehe DIN EN ISO 25178-Reihe
ISO/ASTM 52900	siehe DIN EN ISO/ASTM 52900
ISO/ASTM 52915	siehe DIN EN ISO/ASTM 52915
ISO/ASTM 52921	siehe DIN EN ISO/ASTM 52921

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 4288, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit*

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 25178-Reihe, *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*

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

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

— Leerseite —

Additive Fertigung — Testkörper — Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme) (ISO/ASTM DIS 52902:2018)

Fabrication additive — Artefacts d'essais — Ligne directrice standard pour l'évaluation de la capacité géométrique des systèmes de fabrication additive (ISO/ASTM DIS 52902:2018)

Additive manufacturing — Test artefacts — Standard guideline for geometric capability assessment of additive manufacturing systems (ISO/ASTM DIS 52902:2018)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Bedeutung und Verwendung	6
5 Allgemeine Leitlinien für die Testkörperherstellung	6
6 Allgemeine Leitlinien zur Messung von Testkörpern	9
7 Testkörpergeometrien	10
7.1 Allgemeines	10
7.2 Genauigkeit	10
7.2.1 Linearer Testkörper	10
7.2.2 Betrachtungen	11
7.2.3 Kreisförmiger Testkörper	12
7.3 Auflösung	13
7.3.1 Auflösungsteststifte	13
7.3.2 Auflösungstestlöcher	15
7.3.3 Auflösungstestwandung	17
7.3.4 Auflösungstestschlitze	20
7.4 Oberflächenbeschaffenheit	22
7.4.3 Messungen	23
7.4.1 Berichterstattung	24
7.4.2 Betrachtungen	25
7.5 Beschriftung	25
Anhang A (informativ) Konfigurationsbeispiele für Testkörpergeometrien	27
Anhang B (informativ) Messverfahren	30
B.1 Allgemeines	30
B.2 Vorschläge zur Bestimmung von Abmaßen	33
Anhang C (informativ) Messablauf	34
C.1 Allgemeines	34
C.2 Linearer Testkörper	34
C.3 Kreisförmiger Testkörper	35
C.4 Auflösungsteststift	36
C.5 Auflösungstestlöcher	37
C.6 Auflösungstestwände	38
C.7 Auflösungstestschlitze	39
C.8 Oberflächenbeschaffenheit	39
Anhang D (informativ) Liste von Bezeichnungen und Größen von Prüfkörpern	40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52902:2018) 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 52902:2018 wurde von CEN als prEN ISO/ASTM 52902:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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).

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

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

ISO/ASTM 52902 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, Gemeinsame Arbeitsgruppe JG 67, *Additive Manufacturing — General Principles — Functionally Graded Additive Manufacturing*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 438, *Additive Fertigung*, erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält die allgemeine Beschreibung von Prüfkörpergeometrien 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). Diese Leistungsbewertung darf den beiden folgenden Zwecken dienen: Bewertung der Leistungsfähigkeit des AM-Systems und Kalibrierung des AM-Systems. Der Hauptverwendungszweck von Benchmarking-Prüfkörpern ist die quantitative Bewertung der geometrischen Genauigkeit eines AM-Systems. Die Norm legt einen Satz von Prüfgeometrien fest, die jeweils für die Untersuchung einer oder mehrerer Leistungsmetriken ausgelegt sind, sowie mehrere Beispielkonfigurationen dieser Geometrien im/in Prüfkörper(n). Die Norm gibt zu messende Quantitäten und Qualitäten der Prüfgeometrien vor, schreibt aber keine spezifischen Messverfahren vor. Verschiedene Nutzeranwendungen können verschiedene Leistungsniveaus erfordern. Die Norm erörtert Beispiele für Untersuchungen von Merkmalskonfigurationen auf niedrigem und hohem Niveau, sowie Anforderungen an die Messunsicherheit. Diese Norm behandelt keine spezifischen Verfahrensweisen oder Maschineneinstellungen für die Prüfkörperherstellung, obwohl diese nach ASTM F2971 und anderen maßgebenden prozessbezogenen Spezifikationen aufgezeichnet werden sollten.

2 Normative Verweisungen

ISO/ASTM 52900:2015, *Additive manufacturing — General principles — Terminology*

ISO/ASTM 52915:2016, *Specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.2*

ISO 17296-2:2015, *Additive manufacturing — General principles — Part 2: Overview of process categories and feedstock*

ISO 17296-3:2014, *Additive manufacturing — General principles — Part 3: Main characteristics and corresponding test methods*

ISO 25178:2012, *Geometrical Product Specification — Surface structure: Areal International Organization for Standardisation collection of international standards relating to the analysis of 3D areal surface structure*

ISO 4287:1997, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface structure: Profile method — Terms, definitions and surface structure parameters*

ISO 4288:1996, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface structure: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface structure*

ISO/ASTM 52921:2013, *Standard terminology for additive manufacturing — Coordinate systems and test methodologies*

ISO 98-1:2009, *Uncertainty of Measurement — Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement*

ISO 17025:2005, *General requirements for the competence of testing calibration laboratories*

F2971, *Standard Practice for Reporting Data for Test Specimens Prepared by Additive Manufacturing*

B89.7.3.2, *Guidelines for the Evaluation of Dimensional Measurement Uncertainty*

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

JCGM 100, *Evaluation of Measurement data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*

Z540.3:2006, *Calibration Standard Published*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/ASTM 52900 und ISO/ASTM 52921.

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

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

4 Bedeutung und Verwendung

4.1 Die in diesem Prüfverfahren beschriebenen Messungen und Beobachtungen werden zur Leistungsbewertung eines AM-Systems verwendet [die Definition von AM-System hierin bedeutet die Kombination aus Maschine, Werkstoff und Prozesskategorien (ISO 17296-2)].

Die primäre Beschreibung des AM-Systems nach dieser Norm erfolgt über geometrische Genauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und Mindest-Merkmalgröße der Benchmarking-Prüfkörper.

4.2 Vergleich von Ergebnissen einer Maschine: Bau und Messung des/der Prüfkörper(s) kann nach Aufstellung einer neuen Maschine als Leistungsgrundlage erfolgen. Der/die Prüfkörper darf/dürfen für die regelmäßige Leistungsbeurteilung oder die Fehlerdiagnose in einem AM-System eingesetzt werden, beispielsweise nach Systeminstandhaltung oder entsprechend den Anforderungen eines Qualitätssystems.

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

Daten aus den in diesem Prüfverfahren beschriebenen Messungen können verwendet werden, um die Auswirkung neuer Prozessparameter oder Werkstoffe auf die Leistung zu bestimmen.

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

5 Allgemeine Leitlinien für die Testkörperherstellung

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

5.2 Notwendigkeit der Verwendung von Ausgangswerkstoff, der einer Werkstoffspezifikation entspricht: Zur Sicherstellung wiederholbarer Ergebnisse ist die Verwendung eines Qualitäts-Ausgangswerkstoffs notwendig. Eine Ausgangswerkstoffspezifikation sollte vom Endnutzer gewählt oder bestimmt werden, und der für Probeläufe mit Testkörpern verwendete Ausgangswerkstoff sollte jener Spezifikation entsprechen. Die Spezifikation darf beispielsweise die Partikeleigenschaften (Korngröße, Korngrößenverteilung, Morphologie) für Pulver-Ausgangswerkstoffe, Schüttguteigenschaften (z. B. Fließfähigkeit) und chemische Eigenschaften (wie z. B. chemische Zusammensetzung und Grad der Verunreinigung) enthalten. Obwohl die Einzelheiten der Werkstoffspezifikation nicht öffentlich gemacht werden dürfen (sofern nicht zwischen Lieferant und Käufer anders vereinbart), sollten sie vom Hersteller dokumentiert und mit einer eindeutigen alphanumerischen Bezeichnung nach F2971 (Element „B“ nach Anhang A1) angegeben werden. Bei pulverbasierten Prozessen sollte die Werkstoffspezifikation insbesondere die begrenzte 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 F2971 (Element „C“ nach Anhang A1) festgelegt. Dabei darf es sich um eine eigene interne oder eine externe Norm handeln (entsprechend Käufer/Verkäufer-Verhandlungen), der Hersteller sollte jedoch vom Nutzer definierbare Einstellungen und Bedingungen in Zusammenhang mit dem Bau von Bauteilen dokumentieren. Dokumentiert würden beispielsweise die während des Baus angewendeten Schichtdicken, Baustrategien (z. B. Scan-Weg, Werkzeugweg und/oder Scan-Parameter), Temperaturen usw. Dieser Prozess sollte für alle in einem Bauvorgang hergestellten Testkörper einheitlich sein. Es ist zu beachten, dass diese Anforderungen bei jeder Anwendung unterschiedlich sein könnten, so dass die Parameter der Prozessspezifikation zwischen Anbieter und Endnutzer vereinbart werden sollten.

5.4 Dateiformate und -erstellung: Das verwendete Dateiformat und die Schritte zur Erstellung digitaler Dateien, einschließlich der Slice-Parameter, sollten in die Prozessspezifikation aufgenommen werden. Das physikalische Ergebnis der additiven Fertigung kann niemals das digitale Modell überschreiten, das in den Prozess eingegeben wird. Jegliche Abweichungen werden die Ergebnisse der Prüfungen an den Testkörpern beeinflussen, daher ist das beste Verfahren zur Kontrolle und Erstellung der Dateiformate hier erörtert.

5.5 Download-Dateien: Die digitalen 3-D-Modelle für Standardtestkörpergeometrien können im Format *.step unter <http://standards.iso.org/iso/52902/ed-1/en> heruntergeladen werden. Alternative Datenformate, wie z. B. AMF, werden ebenfalls zum Download bereitgestellt, sobald sie freigegeben sind.

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, auf der Grundlage guter Messpraxis, idealerweise weniger als ein Zehntel der erwarteten Genauigkeit des zu bewertenden AM-Systems beträgt. Derzeit können mit den meisten additiven Fertigungsverfahren 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 und sollte für das jeweilige Ausgabesystem bestätigt werden. Es wird empfohlen, dass Nutzer die größte Abweichung überprüfen und darüber hinaus 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.

5.8 Notwendigkeit für Prüfspezifikation und Prüfprozess: Dieses Dokument bildet die Grundlage für den/die allgemeine(n) *Prüfplan/Spezifikation* nach F2971 (Element „D“ nach Anhang A1), 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 6 angewendet wird.

5.9 Anzahl der Testkörper: Bei einer vollständigen Prüfung der Maschinenleistung wird die Anzahl der hergestellten Testkörper durch zwei Aspekte bestimmt. Erstens muss die Prüfspezifikation/der Prüfprozess eine Probenanzahl sicherstellen, gewöhnlich nicht weniger als fünf, so dass statisch signifikante Messungen durchgeführt werden können. Zweitens ist die ausreichende Abdeckung (siehe 5.5) der Bauplattform erforderlich, um Schwankungen in der Leistung zwischen Baupositionen auszugleichen. Eine geringere Anzahl Testkörper mit weniger vollständiger Abdeckung darf für Stichproben-Überprüfungen oder

begrenzte Nachweise verwendet werden. Die Anzahl der Testkörper sollte zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden.

5.10 Position und Ausrichtung von Testkörpern: Nach F2971 (Element „F“ nach Anhang A1) ist die Angabe der Ergebnisse in Kombination mit der Bauposition und Ausrichtung der Testkörper vorgeschrieben entsprechend den Festlegungen nach ISO/ASTM 52921.

5.11 Betrachtungen zur Ausrichtung: Da diese Testkörper dafür vorgesehen sind, die Stärken und Schwächen additiver Bautechniken aufzudecken, wird es Versagen bei den Baugeometrien geben. Es lohnt sich zu betrachten, welche Merkmale voraussichtlich versagen, und diese so zu positionieren, dass dadurch das Risiko minimiert wird, dass deren Versagen zu einem vollständigen Ausfall von Merkmalen/Bauteilen/Testkörpern im übrigen Bauvolumen führt. Bei einem Pulverbettprozess beispielsweise kann es ratsam sein, Bauteile mit einer höheren Wahrscheinlichkeit des Versagens auf einer höheren Ebene zu positionieren, sodass das Risiko verringert wird, dass Bauteile oder deren Teilabschnitte nach ihrem Versagen andere Komponenten im Bauvolumen oder den AM-Maschinenmechanismus beeinflussen.

5.12 Beschriftung: Die Beschriftung von Bauteilen kann nützlich sein, um die jeweiligen Ausrichtungen und Positionen von Testkörpern im Bauvolumen zu kennzeichnen. Die Beschriftung ist in 7.4 zusammengefasst.

5.13 Abdeckung: Es ist wichtig, Testkörper mit ausreichend Abdeckung des Bauvolumens herzustellen, um repräsentative Daten für die Herstellung tatsächlicher Bauteile zu erhalten. Abdeckung beurteilt Veränderlichkeit im gesamten Bauvolumen. Das ist die beste Praxis für alle AM-Prozesse und insbesondere kritisch für Prozesse mit einem „Sweetspot“ (beispielsweise steigt die Wiederholpräzision der Ergebnisse einiger galvanometergesteuerter Lasersysteme in der Mitte der Plattform). Es wird vorgeschlagen, dass die Testkörperverteilung mindestens 80 % der Fläche der Bauplattform abdeckt. Wenn die Auswirkungen der Bauposition bekannt sind oder als irrelevant für die jeweilige Versuchsdurchführung angesehen werden, darf eine einzelne Bauposition ausgewählt und verwendet werden entsprechend der Vereinbarung zwischen Anbieter und Nutzer.

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

5.14 Baugruppen: Geometrien sollte nicht skaliert werden (aufgrund der Auswirkungen auf die Messergebnisse), dürfen jedoch in einer Baugruppe angeordnet werden, um größere Abdeckungsflächen zu erhalten.

5.15 Zusammenfassen von Baugruppen: Sind Baugruppen für eine bessere Abdeckung notwendig, kann es möglicherweise am praktischsten sein, ein einzelnes kombiniertes Bauteil zu bauen, statt zu versuchen, Baugruppen benachbarter einzelner Bauteile zu bauen. Dies kann durch Zusammenfassen benachbarter AMF- oder STL-Dateien vor dem Slicing und anderen Dateierstellungsschritten erreicht werden.

Da AM ein schichtweiser Prozess (in Z-Richtung) und häufig pixelbasiert (in X/Y-Richtung) ist, könnte die genaue Position des Bauteils im Bauvolumen die Prüfung erheblich beeinflussen. Dies gilt insbesondere für Testkörper zur Prüfung der Maschinenauflösung. Eine geringe Verschiebung des Bauteils könnte Einfluss auf Verrundungsaspekte haben, welche festlegen, ob sich ein(e) spezifische(s) Schicht oder Pixel aufbaut oder nicht. Dies könnte während der Erstellung der Slice-Datei und während der Ausrichtung der Slice-Datei auf der Arbeitsfläche in der Maschine verursacht werden. Es wird empfohlen, Ergebnisse in Kombination mit den Bauausrichtungen des Testkörpers entsprechend den Festlegungen nach ISO/ASTM 52921 anzugeben.

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 sicherstellen muss.

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

Daten nach dieser Norm sind im Zustand „wie gebaut“ vor jeder Oberflächenbearbeitung oder nachfolgenden Verarbeitung zu erheben. Falls unvermeidbare Nachbearbeitung vor der Messung durchgeführt wird (z. B. Entfernen notwendiger Stützstrukturen), sollten Einzelheiten des Prozesses als Teil der Prozessspezifikation angegeben werden. Die Angaben sollten 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) nur erfasst werden, falls diese eindeutig vermerkt und gemeinsam mit den Messungen im Zustand „wie gebaut“ angegeben werden.

6 Allgemeine Leitlinien zur Messung von Testkörpern

6.1 Dieser Abschnitt enthält Leitsätze, die für die Messung aller Testkörpergeometrien nach dieser Norm anwendbar sind. Die jeweiligen Messungen sind in Abschnitt 7 festgelegt, welcher die einzelnen Testkörpergeometrien beschreibt. Diese Norm schreibt keine spezifischen Messverfahren vor, stattdessen können die nachstehend beschriebenen Messungen mit einer Vielzahl von Techniken und Geräten (z. B. Koordinatenmessgerät, optischer Scanner, Messuhren mit kalibrierten Zeigern, Oberflächenprofilometer usw.) durchgeführt werden. ISO 17296-3 könnte angewendet werden, um die Nutzung der verschiedenen Prüfverfahren bezüglich der Anwendung auf Prüfkörper zu verbessern. Es ist zu beachten, dass Anforderungen an die Berichterstattung in diesem Abschnitt in Zusammenhang mit den Messungen vorweggenommen werden, weitere Einzelheiten zu Aufzeichnung und Berichterstattung jedoch Anhang B und C entnommen werden können.

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 Endnutzer darf 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 von Pulver befreit werden (Entfernen von Stützpulver). Werden die Bauteile auf einer Bauplattform gebaut, sind die Messungen durchzuführen, ohne das Bauteil von der Plattform zu entfernen. (Das Entfernen von einer Bauplattform kann die Gestalt 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: Es ist wohlbekannt, dass die Messstrategie die Gesamt-Messunsicherheit beeinflusst; das gilt sowohl für die Messung von Abmaßen als auch für Oberflächenmessungen. Die hier angegebene Messstrategie umfasst das für die Durchführung der Messungen gewählte Verfahren/Gerät zusammen mit einer Anzahl und Verteilung von Punkten, die gewählt wurden, um das Merkmal oder die Oberfläche zu repräsentieren. 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 „beste Praxis“ für die Durchführung dieser Messungen. Einige Hinweise sind jedoch den Anhängen B und C zu entnehmen. Die Messunsicherheit ist letztendlich die entscheidende Größe und sollte unter Berücksichtigung der verfügbaren Messgeräte und bei Anwendung einer Messstrategie, welche diese innerhalb aller gegebenen Einschränkungen minimiert, der Hauptfokus des Nutzers sein.

Es ist zu beachten, dass nominell „ebene“ Oberflächen sehr uneben oder rau sein können. Möglicherweise ist die Messung mehrerer Punkte notwendig, um ein mittleres Ergebnis zu erhalten.

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 Abmaßen;
- ASME B46.1 für Messungen der Oberflächenstruktur;
- JCGM 100:2008, Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), für die Messunsicherheit im Allgemeinen;
- ISO/IEC GUIDE 98-1:2009(E) Evaluation of measurement data — An introduction to the Guide to the expression of uncertainty in measurement and related documents.

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.

7 Testkörpergeometrien

7.1 Allgemeines

In den nachstehenden Abschnitten sind sieben 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.

7.2.1.2 Geometrie: Bild 1 stellt die Geometrie des linearen Testkörpers dar. Der Testkörper besteht aus prismatischen Vorsprüngen auf der Oberseite eines massiven rechteckigen Grundkörpers. Die Begrenzungsbox für die gesamte Geometrie beträgt 55 mm × 5 mm × 8 mm. Die Maße der Vorsprünge an den Enden betragen 2,5 mm × 5 mm × 5 mm. Die Vorsprünge in der Mitte sind Würfel von 5 mm. Die Abstände zwischen den Vorsprüngen steigen entlang der Länge des Testkörpers von 5 mm auf 7,5 mm, 10 mm und 12,5 mm an.

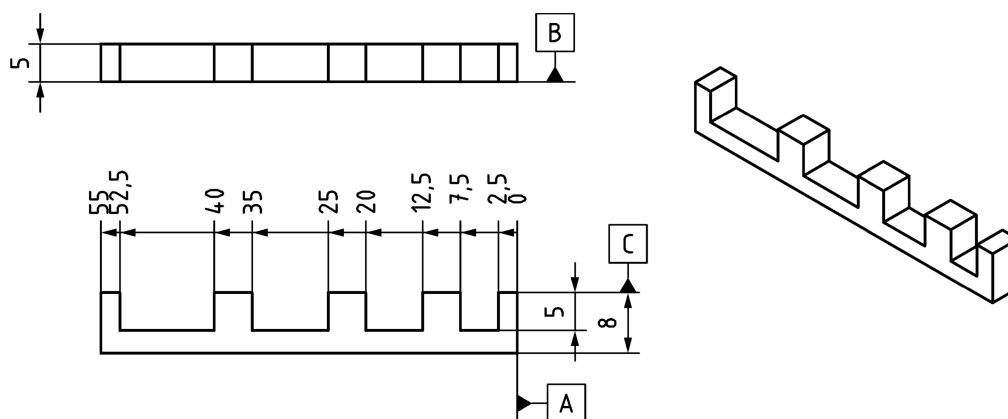


Bild 1 — Technische Zeichnung linearer Testkörper

Ist eine längere Prüfung der linearen Genauigkeit beabsichtigt, können mehrere lineare Testkörper aneinandergereiht werden. Die Länge der Vorsprünge an den Enden von 2,5 mm bedeutet, dass bei Aneinanderreihung von zwei oder mehr Testkörpern alle mittleren Vorsprünge 5-mm-Würfel sein werden. In Bild 2 ist ein Beispiel dargestellt. Wird diese Option gewählt, ist 5.14 zu beachten.

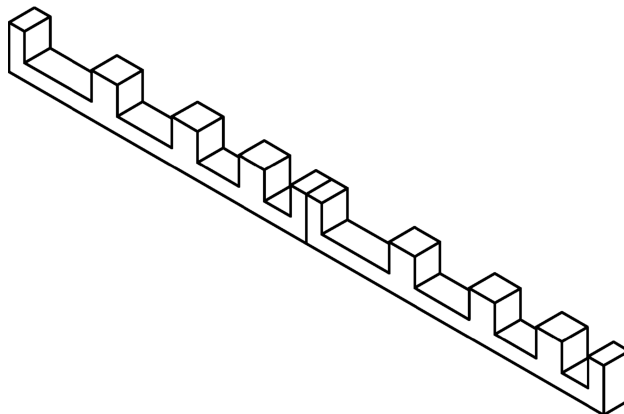


Bild 2 — Zwei aneinandergereihte Testkörper für die lineare Genauigkeit

Ist eine kürzere Prüfung der linearen Genauigkeit erforderlich, sollte die Geometrie eines alternativen Testkörpers zwischen Anwender und Lieferant vereinbart werden, wobei vergleichbare Grundsätze der Ausführung wie für das in Bild 1 dargestellte Bauteil befolgt werden sollten. Der alternative Testkörper sollte Merkmale in ungleichmäßigen Abständen aufweisen und sowohl Vorsprünge als auch Abstände prüfen (d.h. Abstände mit Material zwischen Bezugsmerkmalen und Abstände mit freiem Raum zwischen Bezugsmerkmalen).

7.2.1.3 Messung: Die Hauptmessung am linearen Testkörper gilt der jeweiligen Lage der Würfelflächen im Verhältnis zum primären Bezugspunkt am Ende des Testkörpers (siehe Bild 1). Alternativ dazu können die Längen jedes Vorsprungs sowie die Abstände zwischen allen Vorsprüngen gemessen werden. Verfügbare Optionen sind die Messungen der Abweichung des Grundkörpers von der Geraden entlang der Testkörperlänge, der Parallelität jeder Seite des Grundkörpers entlang der Testkörperlänge sowie der Höhe jedes Vorsprungs.

7.2.2 Betrachtungen

Ein umfassender Test der linearen Genauigkeit sollte mindestens ein Testkörper parallel zu jeder Achse (X, Y und Z) im Koordinatensystem der Maschine beinhalten. Danach sollte die Ausrichtung mittels Vermerk der orthogonalen Ausrichtung nach ISO/ASTM 52921 dokumentiert werden. Eine Alternative könnte die Anpassung eines linearen Testkörpers an die Bewegung einer der Positionierungsachsen der Maschine sein (beispielsweise das Gleiten entlang der X-Achse in einem Portalsystem). Diese alternative Ausrichtung kann möglicherweise Fehler im Bauteil besser mit fehlerhaften Bewegungen im Positionierungssystem in Zusammenhang bringen.

Ausrichtungen, die zu Zusammenstoß oder Beschädigung durch einen Wischer oder einen Beschichterrakel führen können, sollten vermieden werden.

Es ist häufig wünschenswert, die lineare Genauigkeit über die gesamte Spanne der Positionierungsfähigkeiten der Maschine zu prüfen. Anwender sollten in Betracht ziehen, lineare Testkörper über die Mitte sowie an den Enden der Baufläche zu positionieren.

Bei einem senkrecht ausgerichteten linearen Testkörper sollte der Einsatz von Stützstrukturen nach Möglichkeit vermieden werden. Sind Stützstrukturen erforderlich (beispielsweise unterhalb der Vorsprünge), muss die Stützstrategie (einschließlich Geometrie, Werkstoff und Technik zum Entfernen)

vollständig dokumentiert werden. Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, eine Stützstrategie zu wählen, welche die nachteiligen Auswirkungen auf den Messprozess/die Genauigkeit minimiert.

7.2.3 Kreisförmiger Testkörper

7.2.3.1 Zweck: Diese Testkörper sind zur Prüfung der dynamischen Genauigkeit des Verfahrens, welches die Energiequelle für den Werkstoff eines additiven Fertigungssystems (Gerät) liefert, vorgesehen.

Die Grundkonfiguration dieser Testkörper wurde so geschaffen, um den Einfluss des Werkstoffs und externe Fehlerquellen, welche im gesamten Gerät vorliegen können, voneinander zu trennen.

7.2.3.2 Geometrie

7.2.3.1.3 Grundlegende Geometrie: In Bild 3 ist die grundlegende Geometrie des kreisförmigen Testkörpers für die Genauigkeit dargestellt. Der Testkörper besteht aus zwei konzentrischen Ringen mit geringem Abstand dazwischen.

Die konzentrischen Ringe sind zentriert auf einem dünnen zylindrischen Grundkörper aufgebaut.

Der innerste Ring ist optional.

7.2.3.1.4 Grundkörper: Die Breite der Grundkörper muss einen Innendurchmesser von 20,0 mm für den groben, 10,0 mm für den mittleren und 5 mm für den feinen sowie einen Außendurchmesser von 100,0 mm für den groben, 50,0 mm für den mittleren und 25 mm für den feinen aufweisen. Die Höhe des Grundkörpers muss 12,0 mm, 6 mm bzw. 3 mm betragen.

Ein Ausrichtungsmerkmal muss in einem Quadranten des Grundzylinders angebracht werden und aus zwei flachen Ebenen senkrecht zur Ebene der Oberseite bestehen, ausgehend vom Mittelpunkt des Grundzylinders, tangential zum Außendurchmesser und außerhalb des Zylinders kreuzend.

7.2.3.1.5 Äußere Ringe: Die äußeren Ringe haben einen Außendurchmesser von 94,0 mm für den groben, 47,0 mm für den mittleren und 23,5 mm für den feinen und einen Innendurchmesser von 60,0 mm für den groben, 30,0 mm für den mittleren und 15 mm für den feinen. Die Höhe der Ringe muss 40,0 mm, 20 mm bzw. 10 mm über der oberen Oberfläche des Grundkörpers betragen.

7.2.3.1.6 Innere Ringe: Die inneren Ringe haben einen Außendurchmesser von 32,0 mm für den groben, 16,0 mm für den mittleren und 8 mm für den feinen und einen Innendurchmesser von 28,0 mm für den groben, 14,0 mm für den mittleren und 7 mm für den feinen. Die Höhe der Ringe muss 40,0 mm, 20 mm bzw. 10 mm über der oberen Oberfläche des Grundkörpers betragen.

7.2.3.1.7 Messung: Die Hauptmessung an diesem Testkörper gilt der Abweichung der Ringflächen von der Rundheit (Kreisform). Alternativ dazu können die Größen der Durchmesser jedes inneren und äußeren Rings an mehreren (mindestens fünf) Stellen gemessen werden, wobei der größte umschriebene und der kleinste einbeschriebene Kreisdurchmesser angegeben wird. Eine zweite Alternative ist die Messung der Wanddicke jedes Rings an mehreren (mindestens fünf) Stellen. Optionale Messungen an diesem Testkörper umfassen die Konzentrität jeder Seite jedes Rings sowie die Zylinderform jeder Seite jedes Rings.

7.2.3.4 Betrachtungen für die Herstellung von Testkörpern

Bauposition und -ausrichtung: Mehrere Ringe innerhalb des Bauvolumens sollten betrachtet werden. Die Ausrichtung des Testkörpers sollte das Trennen nach zwei Bewegungsachsen der Maschine ermöglichen (d. h. Bezugsoberfläche D sollte orthogonal zur XY-, YZ- oder XZ-Ebene ausgerichtet werden).

Der Einsatz von Stützstrukturen sollte nicht erforderlich sein, wenn das Bauteil mit der Bezugsoberfläche D parallel zur XY-Ebene gebaut wird. Der Grundkörper sollte eine massive Konstruktion sein, um eine ordnungsgemäßen Verankerung/Verbindung der Ringe an die zu gewährleisten. Bei einem senkrecht

ausgerichteten linearen Testkörper sollte der Einsatz von Stützkonstruktionen nach Möglichkeit vermieden werden. Sind Stützkonstruktionen erforderlich (beispielsweise unterhalb der Vorsprünge), muss die Stützstrategie (einschließlich Geometrie, Werkstoff und Technik zum Entfernen) vollständig dokumentiert werden. Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, eine Stützstrategie zu wählen, welche die nachteiligen Auswirkungen auf den Messprozess/die Genauigkeit minimiert.

7.2.3.5 Berichterstattung

- Anzahl konzentrischer Kreise;
- Nomenklatur der Kreise, wie auf der Platte gekennzeichnet;
- Position auf der Platte;
- Kreiskennzeichnung (von innen nach außen).

Draufsicht

Maßstab
1:1

Vorder-
ansicht

Maßstab
1:1

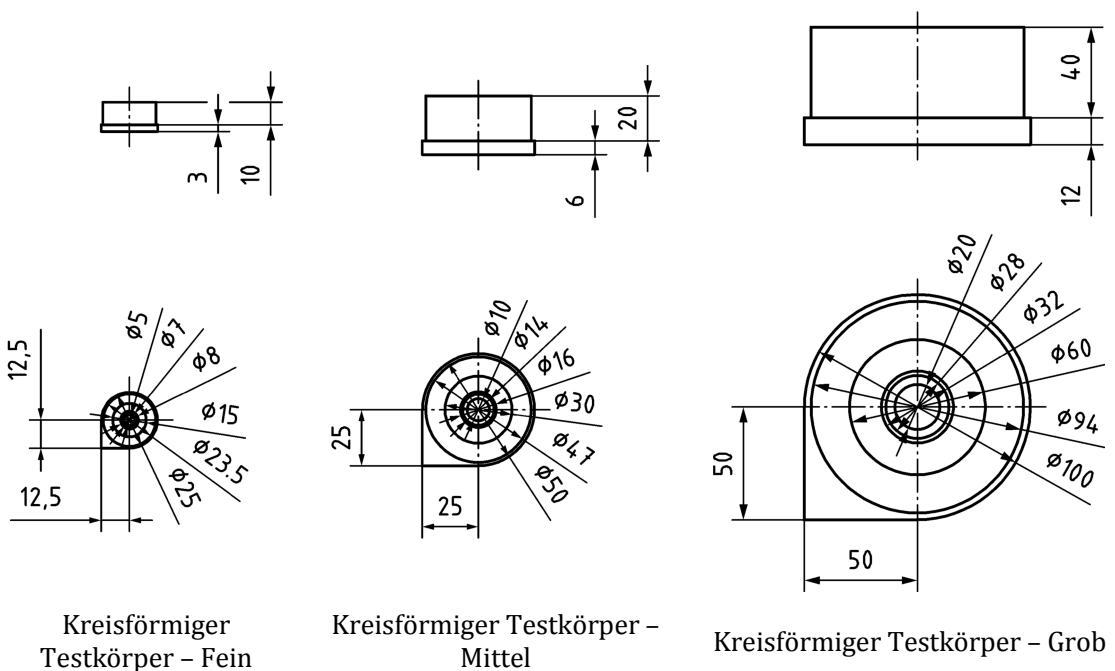


Bild 3 — CAD-Modell und technische Zeichnung kreisförmiger Testkörper

7.3 Auflösung

7.3.1 Auflösungsteststifte

7.3.1.1 Zweck: Diese Norm enthält eine Reihe von Testgeometrien, die zur Bewertung der Fähigkeit der Maschine/des Werkstoffs vorgesehen ist, feine Merkmale mit verschiedenen Seitenverhältnissen herzustellen, die repräsentativ für Merkmale sind, die möglicherweise in tatsächlichen Bauteilen vorliegen können. Der feinste herstellbare Stift kann den Nutzer über das feinste Detail informieren, das auf dem zu untersuchenden System hergestellt werden kann. Die gemessenen Durchmesser der hergestellten Stifte geben Hinweise auf die Genauigkeit des Systems.

7.3.1.2 Geometrie: Einige additive Fertigungsverfahren weisen eine bessere Fähigkeit zur Herstellung feiner Merkmale auf. Der gewählte Auflösungsteststift sollte eine geeignete Größe für die Prüfung des betreffenden Systems bieten. Diese Norm enthält drei Sätze mit jeweils 5 Auflösungsteststiften mit vier verschiedenen Seitenverhältnissen. Die 5 Auflösungsteststifte sind in einer groben, mittleren und feinen Variante verfügbar. Die groben Stifte liegen im Durchmesserbereich von 4 mm bis 0,5 mm (4,0 mm, 3,0 mm, 2,0 mm, 1,0 mm und 0,5 mm). Die mittleren Stifte liegen im Durchmesserbereich von 0,5 mm bis 0,1 mm

(0,5 mm, 0,4 mm, 0,3 mm, 0,2 mm und 0,1 mm). Die feinen Stifte liegen im Durchmesserbereich von 0,2 mm bis 0,025 mm (0,2 mm, 0,15 mm, 0,1 mm, 0,05 mm und 0,025 mm). Jede dieser Testgeometrien ist mit den Länge/Durchmesser-Verhältnissen 4 : 1, 6 : 1, 8 : 1 und 10 : 1 erhältlich. In Bild 4 ist die Geometrie der mittleren Variante mit 6 : 1 dargestellt.

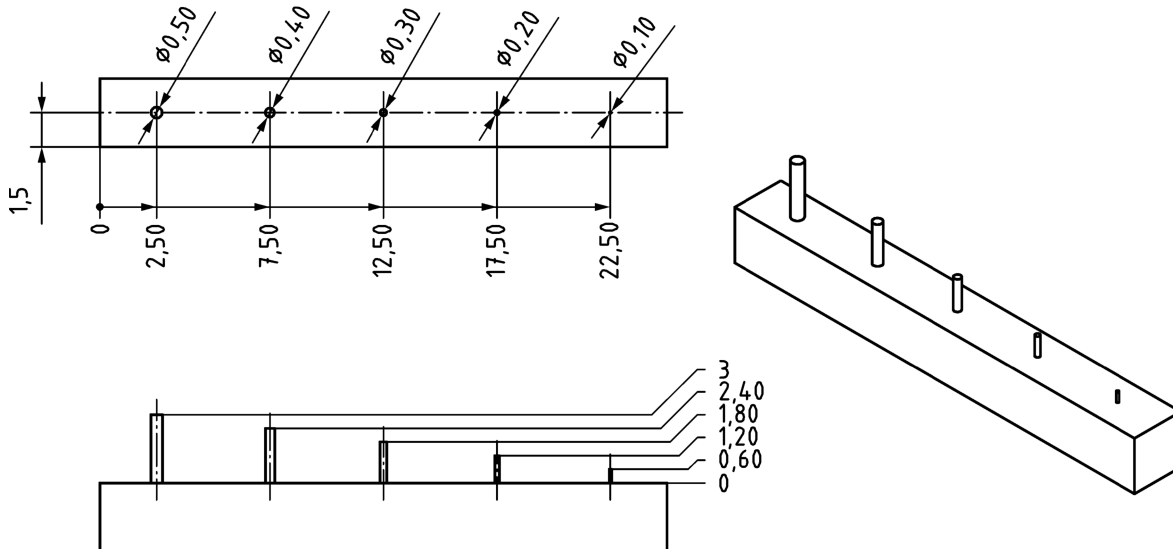


Bild 4 — Technische Zeichnung der mittleren Geometrie des Auflösungsteststifts mit einem Länge/Durchmesser-Verhältnis von 6 : 1

Diese Testgeometrien sind auch als grobe und feine Option erhältlich. Alle Optionen sind mit den Länge/Durchmesser-Verhältnissen 4 : 1, 6 : 1, 8 : 1 und 10 : 1 erhältlich.

7.3.1.3 Messung: Das Hauptmerkmal der Auflösungsteststifte sind die Stiftdurchmesser. Die mittleren und feinen Stifte sind in Abständen von 5 mm angeordnet, um den Zugang mit dem Objektiv eines optischen Mikroskops oder mit Handmessgeräten (z. B. Messschraube oder -schieber) zu ermöglichen. Optionale Messungen an den Auflösungsteststiften sind die Höhen der Stifte sowie die Zylinderform oder der Auslauf jedes Stiftes.

7.3.1.4 Betrachtungen

Es ist nicht vorgesehen, dass der Nutzer alle verfügbaren Auflösungsmerkmale baut. Der Nutzer sollte eine Abschätzung der Auflösung haben, die das untersuchte System erreichen kann, und die passende Testgeometrie auswählen, die diese geschätzte Auflösung abdeckt. Darüber hinaus darf der Nutzer entscheiden, die Testgeometrie nicht mit allen Seitenverhältnissen zu bauen. Es sollte jedoch beachtet werden, dass in bestimmten Systemen (z. B. metallische PBF-Systeme); der erreichbare Minstdurchmesser bei verschiedenen Seitenverhältnissen unterschiedlich sein kann.

Übersteigt die abgeschätzte mit dem System erreichbare Auflösung die größte mit den Auflösungsteststiften erreichbare, können andere Standardtestkörper verwendet werden, um die kleinste erreichbare Testgeometrie abzuschätzen (z. B. die Vorsprünge von 2,5 mm und 5 mm des linearen Testkörpers).

Der kleinste herstellbare Stift kann abhängig von der Baurichtung sein, insbesondere bei der Untersuchung von anisotropen Prozessen (z. B. könnten bestimmte AM-Technologien eine bessere Auflösung in der XY-Richtung als in der Z-Richtung aufweisen). Daher sollte im AM-Prozess dieser Testkörper in unterschiedlichen Ausrichtungen gebaut werden, beispielsweise mit den Stiften parallel zur Z-Richtung der Maschine und mit den Stiften parallel zur X-Richtung der Maschine. Es wird empfohlen, dass der Nutzer alle jeweiligen Gründe für die Wahl spezifischer Ausrichtungen vermerken (z. B. wenn eine Ausrichtung als bestimmte Herausforderung für das System oder als günstigstes Szenario gewählt wird).

Bei richtiger Wahl werden einige Stifte der Testgeometrie erfolgreich vom System gebaut, während andere versagen. Potenzielles Versagen von Stiften sollte bei der Positionierung der Probe im Bauvolumen berücksichtigt werden, um die Beeinträchtigung des Bauprozesses für die verbleibenden Stifte zu vermeiden.

Sind Messungen für solch feine Merkmale nicht einfach verfügbar, sollte der Nutzer vermerken, welche Stifte nach dem Bau vorhanden sind und welche nicht und welche Stifte verformt oder nur teilweise gebaut sind. Diese Beobachtung wird trotzdem Informationen zur Auflösung des Systems liefern. Wenn alle Stifte vorhanden sind, aber einige denselben Durchmesser aufzuweisen scheinen, sollten die Stifte mit ähnlichem Durchmesser vermerkt werden.

Es ist zu beachten, dass die Positionen der Stifte auf der Testgeometrie möglicherweise die Messung des Durchmessers in nur einer Richtung zulassen kann, wenn ein Handmessgerät verwendet wird. Wenn dies die einzige verfügbare Messoption ist, könnte der Nutzer die Herstellung von Stiften in Z-Richtung in zwei verschiedenen Ausrichtungen in Betracht ziehen: mit den Stiften parallel zur Z-Richtung der Maschine und dem Grundkörper ausgerichtet auf die X-Richtung der Maschine (ZX) und mit den Stiften parallel zur Z-Richtung der Maschine und dem Grundkörper ausgerichtet auf die Y-Richtung der Maschine (ZY).

7.3.2 Auflösungstestlöcher

7.3.2.1 Zweck: Diese Norm enthält eine Reihe von Testgeometrien, die zur Bewertung der kleinsten erreichbaren Größen zylindrischer Merkmale bei verschiedenen Seitenverhältnissen vorgesehen ist. Der kleinste herstellbare Lochdurchmesser kann den Nutzer über das feinste Detail informieren, das auf dem zu untersuchenden System hergestellt werden kann. Die gemessenen Durchmesser der hergestellten Löcher geben einige Hinweise auf die Genauigkeit des Systems. Darüber hinaus können die Löcher die Bewertung der Fähigkeit zum Entfernen von überschüssigem Pulver oder von Stützstrukturen unterstützen.

7.3.2.2 Geometrie: Einige additive Fertigungsverfahren weisen eine bessere Fähigkeit zur Herstellung feiner Merkmale auf. Die gewählte Testgeometrie sollte geeignete Größen für die Prüfung des betreffenden Systems aufweisen. Diese Norm enthält drei Sätze mit jeweils 5 Auflösungstestlöchern. Die Testgeometrien sind in einer groben, mittleren und feinen Variante verfügbar. Die groben Löcher liegen im Durchmesserbereich von 4 mm bis 0,5 mm (4 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm und 0,5 mm). Die mittleren Löcher liegen im Durchmesserbereich von 0,5 mm bis 0,1 mm (0,5 mm, 0,4 mm, 0,3 mm, 0,2 mm und 0,1 mm). Die feinen Löcher liegen im Durchmesserbereich von 0,2 mm bis 0,025 mm (0,2 mm, 0,15 mm, 0,1 mm, 0,05 mm und 0,025 mm). Die Höhe des Bauteils beträgt 2,5 mm und die Löcher sind durchgehend. In Bild 5 ist die Geometrie der mittleren Variante dargestellt.

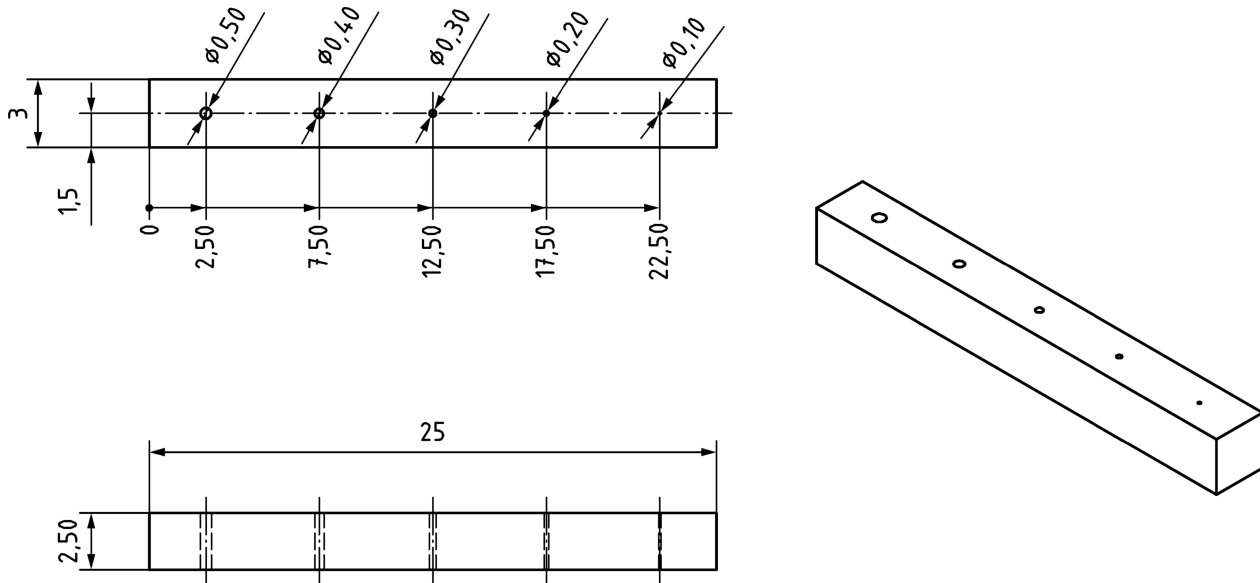


Bild 5 — Technische Zeichnung der mittleren Auflösungstestlöcher. Diese Geometrie ist auch als grobe und feine Variante verfügbar.

7.3.2.3 Messung: Das Hauptmerkmal der Auflösungstestlöcher sind die Lochdurchmesser. Die Löcher sind in Abständen von 5 mm angeordnet, um den Zugang mit dem Objektiv eines optischen Mikroskops oder mit Handmessgeräten (z. B. Passstiften) zu ermöglichen. Optionale Messungen für die Auflösungstestlöcher sind die Tiefe, Kreisform und Zylinderform der Löcher.

7.3.2.4 Betrachtungen

Es ist nicht vorgesehen, dass der Nutzer alle verfügbaren Auflösungsmerkmale baut. Der Nutzer sollte eine Abschätzung der Auflösung haben, die das untersuchte System erreichen kann, und die passende Testgeometrie auswählen, die diese geschätzte Auflösung abdeckt.

Sind eher Sacklöcher als durchgehende Löcher erwünscht, kann der Nutzer die Geometriedatei leicht anpassen, um eine massive ebene Platte unter der Testkörpergeometrie einzuschließen. Wird diese Option gewählt, ist 5.14 zu beachten. Bei pulverbettbasierten Prozessen ist zu beachten, dass das Entfernen von Pulver aus kleinen Löchern eine erhebliche Herausforderung sein kann.

Das kleinste herstellbare Loch kann von der Baurichtung abhängig sein, insbesondere bei Untersuchung anisotroper Prozesse. Daher sollte im AM-Prozess dieser Testkörper in unterschiedlichen Ausrichtungen gebaut werden, beispielsweise mit den Löchern parallel zur Z-Richtung der Maschine und mit den Löchern parallel zur X-Richtung der Maschine. Nicht orthogonale Ausrichtungen sind ebenfalls zulässig und Nutzer sollten die Auswirkungen von Treppenbildung und Schichtdicke auf die Lochformung berücksichtigen.

Bei richtiger Wahl werden einige Löcher der Testgeometrie erfolgreich vom System gebaut, während andere versagen. Fehlerhafte Löcher werden vermutlich dennoch eine gewisse Oberflächengeometrie aufweisen, unter der Oberfläche jedoch massiv (d. h. gefüllt) sein. Daher muss sorgfältig darauf geachtet werden, das Merkmal über die Oberflächenprüfung hinaus zu untersuchen (z. B. durch Sondieren mit einem Messstift oder mittels anderer zerstörungsfreier Beurteilungstechniken).

Sind Messungen für solch feine Merkmale nicht einfach verfügbar, sollte der Nutzer vermerken, welche Löcher ordnungsgemäß ausgeführt erscheinen, welche nicht vorhanden sind und welche Löcher nach dem Bau gefüllt erscheinen. Diese Beobachtung wird trotzdem Informationen zur Auflösung des Systems liefern. Wenn alle Löcher vorhanden sind, aber einige denselben Durchmesser aufzuweisen scheinen, sollten die Löcher mit ähnlichem Durchmesser vermerkt werden.

Die Löcher dürfen mittels Passstiften für eine Bewertung von Bestanden/Nicht Beständen überprüft werden (d. h. kann ein Stift mit bestimmtem Durchmesser in das Loch eingeführt werden: Bestanden; kann ein anderer Stift mit geringfügig größerem Durchmesser nicht in das Loch eingeführt werden: Nicht Bestanden). Wird dieses Messverfahren gewählt, werden die spezifischen Leitlinien nach Anhang C dringend empfohlen. Der Vorteil dieses Verfahren ist, dass das Vorliegen von unerwünschtem Material innerhalb des Loches ebenso wie die annähernde Tiefe des Loches bewertet werden kann. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es nur einen Durchmesserbereich (zwischen den mit „Bestanden“ und „Nicht Bestanden“ bewerteten Durchmessern) statt eines tatsächlichen Lochdurchmessers mit bekannter Messunsicherheit ergibt. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass die Löcher nicht perfekt kreisförmig sind, weshalb diese Messung lediglich den größten einbeschriebenen Durchmesser ergibt. Wenn das Loch nicht in ganzer Tiefe ausgeführt ist, sollte der Nutzer die Tiefe des Loches messen und im Bericht angeben (sofern möglich). Die Auflösungstestlöcher der Testgeometrien entsprechen üblichen metrischen Passungen. Alternative Testgeometrien entsprechend englischen Passungen sind ebenfalls erhältlich. Es ist zu beachten, dass die Fähigkeiten eines AM-Systems über die Grenzen von Passstiften hinausgehen könnten (d. h. das kleinste herstellbare Loch kann möglicherweise kleiner sein als der kleinste verfügbare Passstift).

7.3.3 Auflösungstestwandung

7.3.3.1 Zweck: Diese Norm enthält eine Reihe von Testgeometrien, die zur Bewertung der mit dem AM-System zu erzielenden Mindestwanddicke vorgesehen sind. Die dünnste herstellbare Wandung kann einen Nutzer über das feinste Detail informieren, das auf dem zu untersuchenden System hergestellt werden kann, insbesondere bezüglich dünnwandiger Konstruktionen. Die gemessene Dicke der hergestellten Wandung gibt Hinweise auf die Genauigkeit und Auflösung des Systems.

7.3.3.2 Geometrie: Einige additive Fertigungsverfahren weisen eine bessere Fähigkeit zur Herstellung feiner Merkmale auf. Die gewählte Testgeometrie sollte geeignete Größen für die Prüfung des betreffenden Systems aufweisen. Diese Norm deckt drei Sätze mit jeweils 6 Auflösungstestwandungen ab. Die Testgeometrien sind in einer groben, mittleren und feinen Variante verfügbar. Die groben Wandungen haben eine Wanddicke von 6 mm bis 1 mm (6 mm, 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm und 1 mm). Die mittleren Wandungen haben eine Wanddicke von 1 mm bis 0,1 mm (1,0 mm, 0,8 mm, 0,6 mm, 0,4 mm, 0,02 mm und 0,1 mm). Die feinen Wandungen haben eine Wanddicke von 0,1 mm bis 0,01 mm (0,1 mm, 0,08 mm, 0,06 mm, 0,04 mm, 0,02 mm und 0,01 mm). Jede dieser Testgeometrien ist mit zwei verschiedenen Wandhöhen von 10 mm und 20 mm verfügbar.

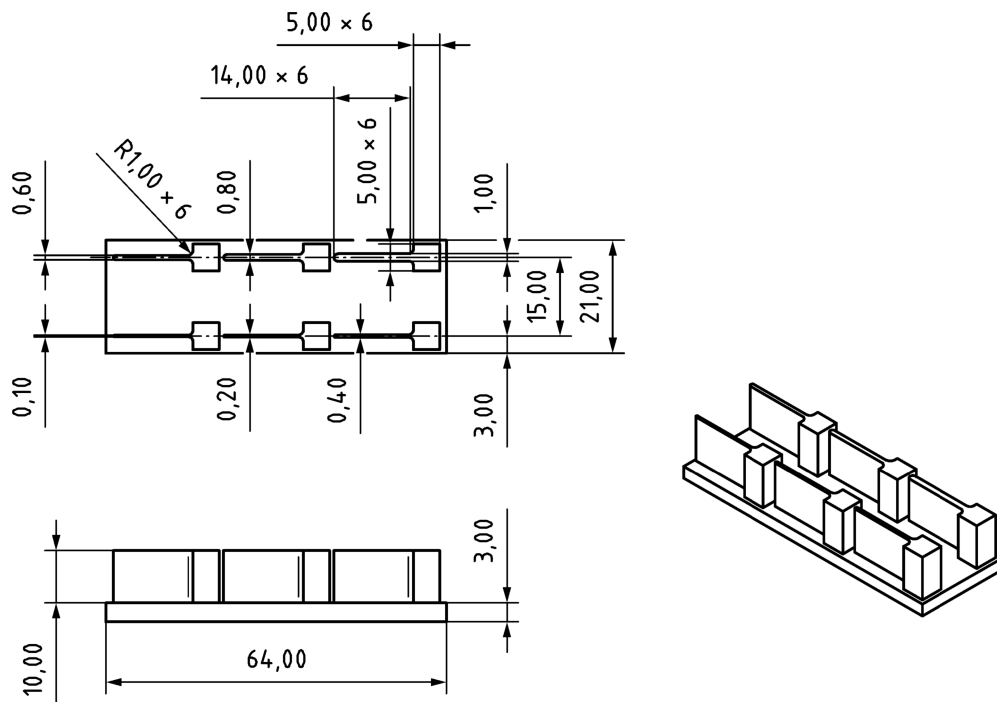
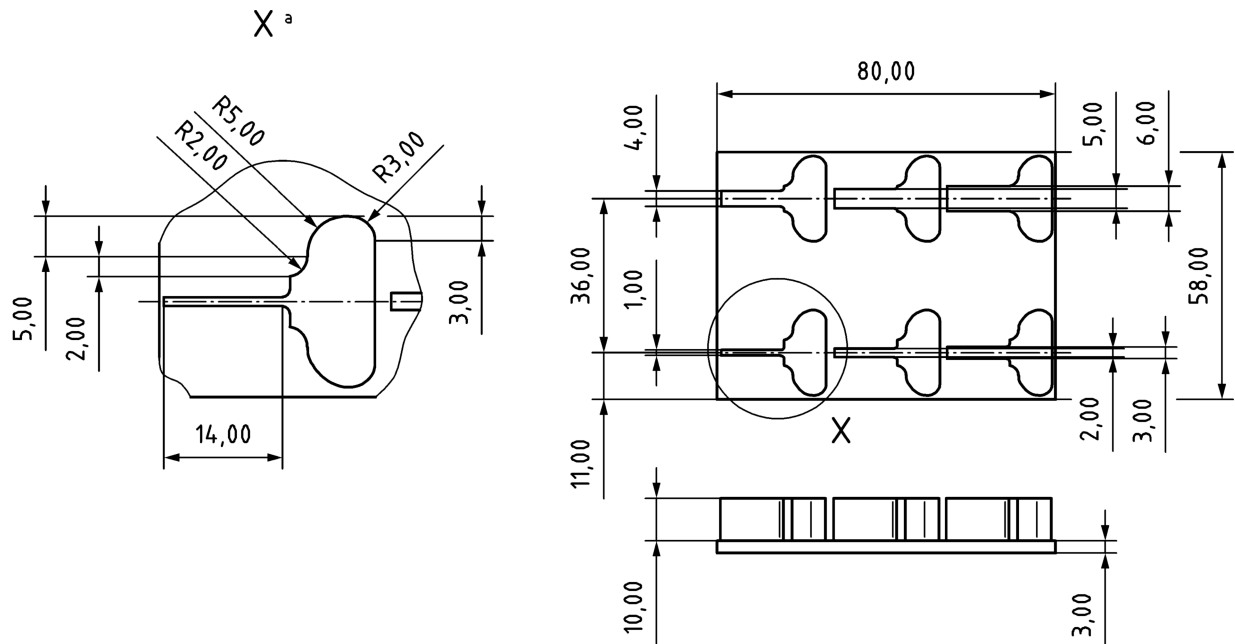


Bild 6 — Technische Zeichnung der mittleren Auflösungstestwandung

Die Testgeometrien sind auch als grobe und feine Variante sowie mit Wandhöhen von 10 mm und 20 mm verfügbar.

Jede Wandung jeder Testgeometrie wird entlang einer Seite der senkrechten Oberfläche von einer größeren Säule gestützt (siehe Bild 6). Diese Säule ist zur Unterstützung der Identifizierung der Lage einer Wandung vorgesehen, die ordnungsgemäß gebaut werden kann oder nicht, und zur Verhinderung von Beschädigung der Wandung durch etwaige Beschichtungsprozesse. Die Stützkonstruktion am groben Wandungsmerkmal hat eine andere Geometrie (siehe Bild 7). Die Geometrie in der Ebene parallel zum Grundkörper umfasst drei miteinander verbundene Radien oder Bögen. Dies ermöglicht dem Nutzer die Prüfung der Fähigkeit des AM-Systems, eine Profiltoleranz einzuhalten.



Legende

a Detail A, Maßstab 2 : 1 Profil 6-mal wiederholt

Bild 7 — Technische Zeichnung der Stützkonstruktion der groben Variante der Auflösungstestwandung

Es ist zu beachten, dass ein Nutzer dieses Merkmal zur Messung der Profilabweichung verwenden kann.

7.3.3.3 Messung: Das Hauptmerkmal der Auflösungstestwandungen ist die Wandstärke (Breite) der Wandungen. Die Wandstärke sollte an mehreren Stellen entlang der Länge und der Höhe gemessen werden. Messverfahren umfassen u. a. handgehaltene Messschieber oder Messschrauben, kalibriertes optisches Mikroskop und Koordinatenmessgerät.

Verfügbare optionale Messungen an diesem Testkörper sind die Länge und Höhe jeder Wandung gemeinsam mit der Geradheit (sowohl seitlich als auch senkrecht) jeder Fläche der Wandung. Zusätzlich ist eine Profilmessung der Stützsäule an den groben Testgeometrien verfügbar.

7.3.3.4 Betrachtungen

Es ist nicht vorgesehen, dass der Nutzer alle verfügbaren Auflösungsmerkmale baut. Der Nutzer sollte eine Abschätzung der Auflösung haben, die das untersuchte System erreichen kann, und die passende Testgeometrie auswählen, die diese geschätzte Auflösung abdeckt.

Ist der Probekörper zu groß für das Bauvolumen einer Maschine, darf der Testkörper vom Nutzer nach Vereinbarung zwischen Käufer und Anbieter modifiziert werden, um weniger Wandungen auf einen Grundkörper zu bauen.

Die kleinste herstellbare Wandung kann von der Baurichtung abhängig sein, insbesondere bei der Untersuchung anisotroper Prozesse. Daher sollte im AM-Prozess dieser Testkörper in unterschiedlichen Ausrichtungen gebaut werden, beispielsweise mit der Länge der Wandungen parallel zur X-Richtung der Maschine und mit den Wandungen parallel zur Y-Richtung der Maschine. Aufgrund der Grenzen einiger Prozesse beim Bau ungestützter dünner Wände ist es nicht vorgesehen, den Testkörper mit der Länge der Wandungen parallel zur Z-Richtung zu bauen. Die Ausrichtung dieses Testkörpers im Verhältnis zur Bewegungsrichtung eines jeglichen Wischers oder Beschichtungssystems sollte berücksichtigt werden, da

das Biegen oder Brechen von Wandungen wahrscheinlicher sein kann, wenn diese rechtwinklig zur Wisch- oder Beschichtungsrichtung ausgerichtet sind.

Bei richtiger Wahl werden einige Wandungen der Testgeometrie erfolgreich vom System gebaut, während andere versagen. Dieses Versagen sollte bei der Positionierung der Probe im Bauvolumen berücksichtigt werden.

Sind Messungen für solch feine Merkmale nicht einfach verfügbar, sollte der Nutzer vermerken, welche Wandungen vorhanden sind und welche nicht und welche Wandungen teilweise gebaut oder beschädigt sind (es ist zu beachten, dass die Länge und Höhe von teilweise gebauten oder beschädigten Wandungen nützlich sein kann). Diese Beobachtung wird trotzdem Informationen zur Auflösung des Systems liefern. Wenn alle Wandungen vorhanden sind, aber einige dieselbe Breite aufzuweisen scheinen, sollten die Wandungen mit ähnlicher Breite vermerkt werden.

Die sechs Säulen jedes Merkmals sind nutzbar für die Prüfung der Einheitlichkeit der Profilherstellung.

7.3.4 Auflösungstestschlitz

7.3.4.1 Zweck: Diese Norm enthält eine Reihe von Testgeometrien, die zur Bewertung der erreichbaren kleinsten Größe eines Schlitzes oder des kleinsten erreichbaren Abstands zwischen zwei Schlitzten vorgesehen ist. Der feinste herstellbare Schlitz kann einen Nutzer über das feinste Detail informieren, das auf dem zu untersuchenden System hergestellt werden kann. Die gemessene Dicke des hergestellten Schlitzes gibt einige Hinweise auf die Genauigkeit des Systems.

7.3.4.2 Geometrie: Einige additive Fertigungsverfahren weisen eine bessere Fähigkeit zur Herstellung feiner Merkmale auf. Die gewählte Testgeometrie sollte geeignete Größen für die Prüfung des betreffenden Systems aufweisen. Diese Norm deckt drei Sätze mit jeweils 6 Auflösungstestschlitzten ab. Die Testgeometrien sind in einer groben, mittleren und feinen Variante verfügbar. Die Breiten der groben Variante der Schlitzte beträgt von 6 mm bis 1 mm (6 mm, 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm und 1 mm). Die Breiten der mittleren Variante der Schlitzte beträgt von 1 mm bis 0,1 mm (1,0 mm, 0,8 mm, 0,6 mm, 0,4 mm, 0,2 mm und 0,1 mm). Die Breiten der feinen Variante der Schlitzte beträgt von 0,1 mm bis 0,01 mm (0,1 mm, 0,08 mm, 0,06 mm, 0,04 mm, 0,02 mm und 0,01 mm). Jede dieser Testgeometrien ist mit zwei Höhen verfügbar: 10 mm und 20 mm für den groben Testkörper, 5 mm und 10 mm für die mittleren und feinen Testkörper. Der Abstand zwischen zwei Schlitzten ist konstant: 5 mm für den groben Testkörper, 2 mm für den feinen Testkörper und 1 mm für den feinen Testkörper.

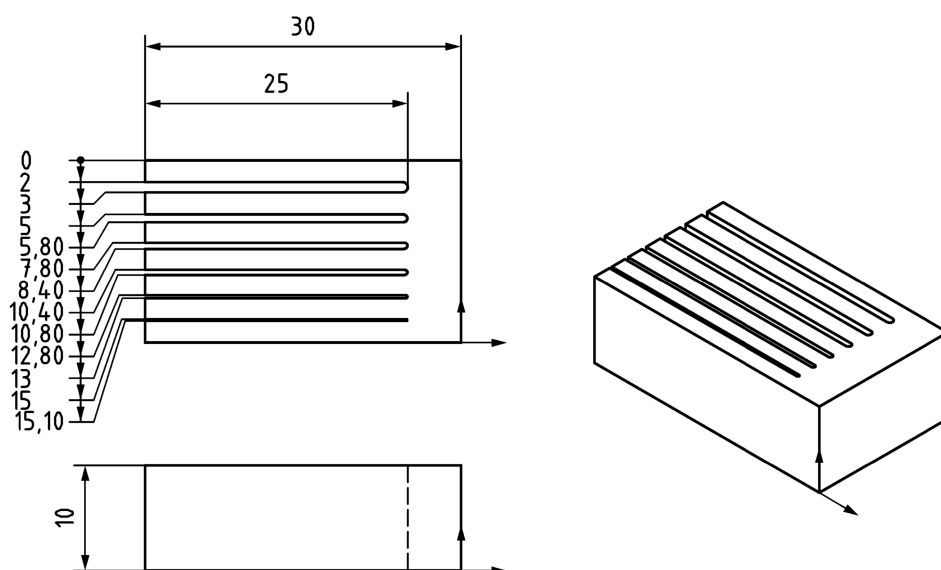


Bild 8 — Technische Zeichnung der mittleren Auflösungstestschlitz mit 10 mm Wandhöhe

Die Testgeometrien sind auch als grobe und feine Variante sowie mit Wandhöhen von 5 mm und 10 mm verfügbar.

Die Schlitze werden bestimmt durch den Abstand zwischen zwei Armen, die aus einer massiven Struktur hervortreten, welcher alle Arme verbindet. Die obere Oberfläche dieses Verbinders ist parallel zur Grundfläche der Testgeometrie. Bei der groben Variante ist jeder Arm anders zur oberen Oberfläche des Verbinders geneigt (siehe Bild 9). Dies ermöglicht dem Nutzer die Prüfung der Fähigkeit des AM-Systems, eine Winkeltoleranz einzuhalten.

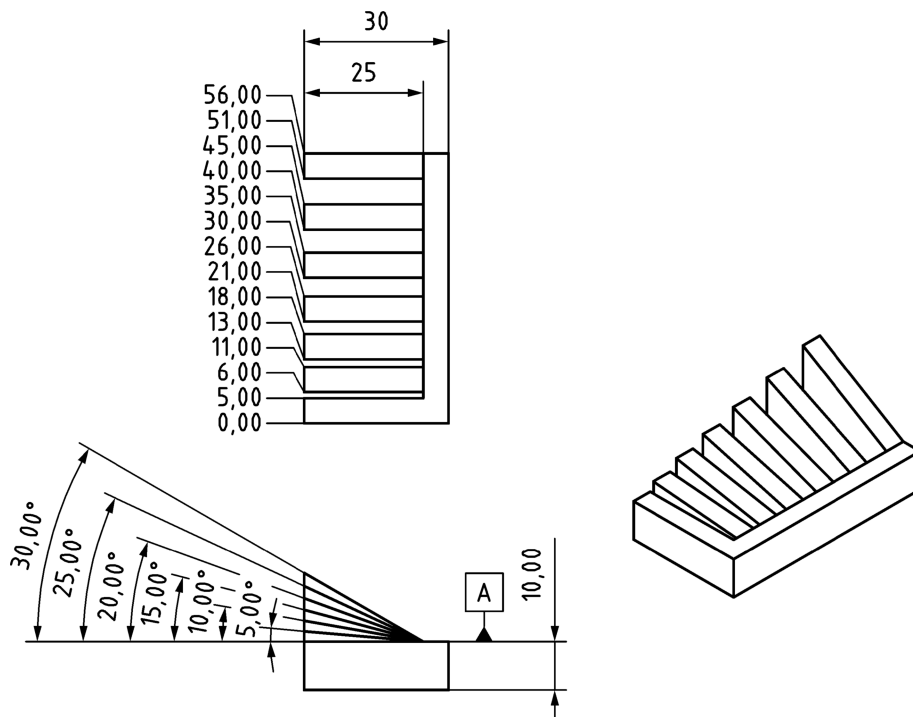


Bild 9 — Technische Zeichnung der groben Variante des Auflösungstestschlitzes

Es ist zu beachten, dass jeder Arm eine andere Neigung aufweist, was dem Nutzer die Überprüfung auf Winkelabweichung ermöglicht.

7.3.4.3 Messung: Die Messung an den Auflösungstestschlitzes gilt der Breite des Schlitzes. Die Schlitzes sind in Abständen von 2 mm angeordnet, um dem Nutzer das Erkennen der vorgesehenen Position jedes Schlitzes zu erleichtern für den Fall, dass einer oder mehrere Schlitzes nicht erfolgreich gebaut werden. Die Breite des Schlitzes sollte an mehreren Stellen entlang seiner Länge gemessen werden. Messverfahren umfassen u. a. kalibriertes optisches Mikroskop und Messfühler.

Verfügbare optionale Messungen für diesen Testkörper sind die Länge jedes Schlitzes, die Abweichung von der Geradheit entlang aller Flächen, welche die Schlitzes bilden, sowie der Parallelität aller Flächen, welche die Schlitzes bilden.

Zusätzlich kann ein Nutzer den Winkel messen, der durch die obere Oberfläche der Verbindungsstruktur (in Bild 9 mit A bezeichnet) und der geneigten Oberfläche des Arms gebildet wird.

7.3.4.4 Betrachtungen

Es ist nicht vorgesehen, dass der Nutzer alle verfügbaren Auflösungsmerkmale baut. Der Nutzer sollte eine Abschätzung der Auflösung haben, die das untersuchte System erreichen kann, und die passende Testgeometrie auswählen, die diese geschätzte Auflösung abdeckt.