

DIN CEN ISO/ASTM TR 52906



ICS 25.030

**Additive Fertigung –
Zerstörungsfreie Prüfung –
Bewusstes Einbringen von Fehlern in Bauteile (ISO/ASTM TR 52906:2022);
Deutsche Fassung CEN ISO/ASTM TR 52906:2022**

Additive manufacturing –
Non-destructive testing –
Intentionally seeding flaws in metallic parts (ISO/ASTM TR 52906:2022);
German version CEN ISO/ASTM TR 52906:2022

Fabrication additive –
Essais non destructifs –
Implantation intentionnelle de défauts dans les pièces métalliques
(ISO/ASTM TR 52906:2022);
Version allemande CEN ISO/ASTM TR 52906:2022

Gesamtumfang 28 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (CEN ISO/ASTM TR 52906:2022) 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 nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 145-04-01 AA „Additive Fertigung — Querschnittsthemen/Digitalisierung“ im DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT).

Die diesem Dokument zugrunde liegende 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.

Technische Reports sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Erfahrungen mit diesem Technischen Report sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an NAWerkstofftechnologie@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss NWT, 10772 Berlin.

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

ISO 17296-2 siehe DIN EN ISO 17296-2

ISO/ASTM 52900 siehe DIN EN ISO/ASTM 52900

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

Deutsche Fassung

Additive Fertigung —
Zerstörungsfreie Prüfung —
Bewusstes Einbringen von Fehlern in Bauteile
(ISO/ASTM TR 52906:2022)

Additive manufacturing —
Non-destructive testing —
Intentionally seeding flaws in metallic parts
(ISO/ASTM TR 52906:2022)

Fabrication additive —
Essais non destructifs —
Implantation intentionnelle de défauts dans les pièces
métalliques (ISO/ASTM TR 52906:2022)

Dieser Technische Report wurde vom CEN am 28. April 2022 angenommen. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 438 erstellt.

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	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Abkürzungen	8
5 Übliche AM-Fehler	9
6 Verfahren zur Herstellung von Nachbildungen	12
7 Einfügungsansätze	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 CAD-Einfügung	13
7.3 AM-Verfahren zur Manipulation von Nachbildungen	15
7.3.1 Allgemeines	15
7.3.2 Eingeschlossenes ungesintertes Pulver	17
7.3.3 Manuelles Einbringen von hochdichten Einschlüssen	17
7.4 Mechanische Einführung von Nachbildungen nach der Produktion	17
7.5 Bedeutung und Nutzen der Homogenität	17
8 AM-Verfahren zur Manipulation von L-PBF und L-DED	19
8.1 Allgemeines	19
8.2 Manipulation der AM-Maschinenparameter	19
8.3 Anwendbare Ansätze für die Einfügung von Fehlern als Funktion des gewünschten Fehlertyps	20
8.3.1 Allgemeines	20
8.3.2 Porosität oder Hohlräume (erhöhte Leistungsdichte)	20
8.3.3 Mit der Oberfläche verbundene Fehler	21
8.4 Anwendbarer Ansatz für die Einfügung von Fehlern als Funktion des AM-Verfahrens	22
8.5 Anwendbarer Ansatz für die Einfügung von Fehlern als Funktion des AM-Werkstoffs	24
8.5.1 Allgemeines	24
8.5.2 Einschlüsse mit hoher Dichte	24
9 Anwendbarer Ansatz für die Einfügung von Fehlern als Funktion der Nachbearbeitung	24
9.1 Allgemeines	24
9.2 Mechanische Bearbeitung	24
9.3 Herstellung von Nachbildungen durch elektrodenerosives Bearbeiten	24
9.4 Herstellung von Nachbildungen durch Laserbohren	25
Literaturhinweise	26

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (CEN ISO/ASTM TR 52906:2022) 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.

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.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/ASTM TR 52906:2022 wurde von CEN als CEN ISO/ASTM TR 52906:2022 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-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.

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.

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.

Einleitung

Dieses Dokument enthält Informationen zum bewussten Einbringen von Fehlern in additiv gefertigte Teile und ergänzt ISO/ASTM TR 52905¹.

Die verschiedenen Herstellungsbeschreibungen der additiven Fertigung können in veröffentlichten Normen (siehe ISO 17296-2) und wissenschaftlichen Arbeiten eingesehen werden.

In der Literatur, die Mängel im AM-Metallverfahren beschreibt, werden häufig Begriffe wie „Kugeln“, „Feuerwerk“ oder „Rauch“ verwendet, die sich nicht auf die Morphologie des Fehlers beziehen und oft auf sehr unterschiedliche Entstehungsmechanismen zurückzuführen sind.

Bei der Definition von Begriffen, die sich speziell auf AM-Metallfehler beziehen, kann es hilfreich sein, einige Beispiele aus der Schweißtechnik heranzuziehen.

Dieses Dokument zur Erstellung von Nachbildungen hilft dem Anwender nicht nur bei der Charakterisierung der eigentlichen Fehler in Bezug auf die physikalische Morphologie, sondern auch bei der Bestimmung der Werkstoffe und Mechanismen in Bezug auf Entstehung, Lage und Ausrichtung. Darüber hinaus müssen auch die grundlegenden Verfahren zur Herstellung der Nachbildung (z. B. PBF oder DED in Bezug auf die Wärmequellen Elektronenstrahl (EB, en: Electron Beam), Laserstrahl (LB, en: Laser Beam) oder AP (en: Arc Process, de: Lichtbogenverfahren) berücksichtigt werden. Das bewusste Einbringen von Fehlern bei der Herstellung von Nachbildungen kann den Eigenschaften des tatsächlichen Fehlers so nahe wie möglich kommen.

Die in diesem Dokument enthaltenen mikrophotographischen Referenzbilder oder Bilder von zerstörungsfreien Prüfungen sind in keiner Weise als Spezifikationen zu verstehen. Diese mikrophotographischen Referenzbilder und Bilder der zerstörungsfreien Prüfung dienen in erster Linie zur Darstellung von „Fehlern“ oder zur Nachbildung von deren Bildern. Sie können zum Vergleich von Berichten verwendet werden. Das Einbringen von Fehlern wird ohne Bezug auf ein bestimmtes Bauteil, eine bestimmte Lage oder Abmessung behandelt. Die Werkstofflegierung wird wie bereits bekannt angegeben. Bei manchen Fehlern ist die Werkstofflegierung möglicherweise nicht wichtig, zum Beispiel kann eine Pore in jeder beliebigen Legierung vorkommen. Es ist anzumerken, dass es derzeit kein bewährtes Verfahren für das kontrollierte und wiederholbare Einbringen von engen Verbindungen (manchmal im Englischen auch als „kissing bonds“ bezeichnet) in AM-Teile gibt, bei denen zwei Oberflächen in direktem oder engem Kontakt zueinander stehen, deren Haftung jedoch beeinträchtigt ist. Daher liegt dieser Aspekt derzeit außerhalb des Anwendungsbereichs.

In diesem Dokument wird nicht auf die Grundlagen jedes Verfahrens eingegangen, sondern es werden vielmehr die Parameter innerhalb jedes Verfahrens identifiziert, die zum gezielten Einbringen von AM-Strukturen führen können.

1 In Vorbereitung. Phase zum Zeitpunkt der Veröffentlichung ISO/ASTM DTR 52905:2022.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument dient als Leitfaden für die Identifizierung und das „Einbringen“ von zerstörungsfrei nachweisbaren Nachbildungen von Fehlern bei PBF- und DED-Verfahren für Metalllegierungen. Es werden drei Kategorien zum Einbringen von Fehlern beschrieben:

- a) Prozessmängel durch CAD-Design;
- b) Manipulation der Bauparameter;
- c) subtraktive Fertigung.

Dazu gehören Fehler, die in den Werkstoffen nach der Ablagerung, nach der Wärmebehandlung oder nach der HIP-Bearbeitung zu finden sind, sowie Fehler, die aufgrund von Nachbearbeitungsvorgängen festgestellt werden. Geometrische Aspekte oder Messungen sind nicht Gegenstand dieses Dokuments.

WARNUNG — Dieses Dokument erhebt nicht den Anspruch, alle Sicherheitsprobleme zu behandeln, die im Zusammenhang mit ihrer Anwendung, wenn überhaupt, auftreten. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieses Dokuments, entsprechende Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz zu ergreifen sowie vor der Verwendung die Anwendbarkeit von gesetzlichen Einschränkungen festzustellen.

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*

ASTM B243, *Standard Terminology of Powder Metallurgy*

ASTM E7, *Standard Terminology Relating to Metallography*

ASTM E1316, *Standard Terminology for Nondestructive Examinations*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/ASTM 52900, ASTM E7, ASTM B243, ASTM E1316 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Die Begriffe für Fehler in der AM-Metalltechnologie sind systematisch in die PBF- und DED-Verfahrenskategorien unterteilt.

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

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

3.1

Kupon

Materialstück, aus dem ein Probekörper hergestellt wird

3.2

Fehlerklassifizierung

Klassifizierungsansatz, der ein übergeordnetes System auf der Grundlage eines Hauptmerkmals oder einer Kombination von Merkmalen bietet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fehlerklassifizierung kann ähnliche Fehlertypen umfassen, die auf unterschiedliche Weise entstanden sind.

3.3

Einschluss

mechanisch gehaltenes Fremdmaterial

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Einschlüssen handelt es sich in der Regel um Oxide, Nitride, Hydride, Karbide oder eine Kombination davon, die durch die Verunreinigung des Kammergases entstehen oder bereits im Metallpulver vorhanden sind.

3.4

Schlüsselloch

Art von Porosität, die durch eine kreisförmige Vertiefung gekennzeichnet ist, die durch die Instabilität des Dampfraums während der Verarbeitung entsteht

3.5

Pore

inhärenter oder induzierter Hohlraum innerhalb eines Pulverpartikels oder innerhalb eines Objekts, das nicht mit einer äußeren Oberfläche verbunden ist

3.6

Porosität

Anwesenheit kleiner Luftporen in einem Bauteil, welche dieses weniger als vollständig dicht machen

3.7

Nachbildung

bewusst manipulierter Zustand (Fehler), der als „Einfügung“ in einen Kupon (3.1) dient, der einen bekannten Fehlertyp darstellt

3.8

Einfügung

bewusste Erzeugung von Fehlern durch CAD oder Manipulation bestimmter Verarbeitungsparameter, die zur Einbringung der erwarteten *Nachbildung* (3.7) führt, oder die bewusste Erzeugung einer *Nachbildung* (3.7) durch das Einbringen eines Fremdkörpers

3.9

Sintern

Verfahren zum Erhitzen eines Metallpulvers, um die Dichte zu erhöhen und/oder die mechanischen Eigenschaften durch Diffusion im festen Zustand zu verbessern

3.10

mit der Oberfläche verbundener Fehler

Fehler, der sich im Körper des Werkstoffs befindet, wobei seine Ausmaße bis zur Oberfläche des Werkstoffs reichen

3.11

ungesintert

Pulver, das während des Druckvorgangs bei der additiven Fertigung nicht oder nur unzureichend gefestigt wurde