

DIN EN ISO/ASTM 52911-3



ICS 25.030

**Additive Fertigung –
Konstruktion –****Teil 3: Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metallen mittels
Elektronenstrahl (ISO/ASTM 52911-3:2023);
Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52911-3:2023**Additive Manufacturing –
Design –Part 3: PBF-EB of metallic materials (ISO/ASTM 52911-3:2023);
German version EN ISO/ASTM 52911-3:2023Fabrication additive –
Conception –Partie 3: BF-EB de matériaux métalliques (ISO/ASTM 52911-3:2023);
Version allemande EN ISO/ASTM 52911-3:2023

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52911-3:2023) 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 Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 145-04-02 GA „Additive Fertigung — NWT, NAS & NL Gemeinschaftsarbeitsausschuss Metalle und Luft- und Raumfahrt“ 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.

Diese Norm stimmt in Teilen sachlich überein mit der vom Verein Deutscher Ingenieure e.V. herausgegebenen Richtlinie VDI 3405 Blatt 3.5:2018-09 *Additive Fertigungsverfahren — Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Elektronen-Strahlschmelzen*.

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 52910	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52910
ISO/ASTM 52915	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52915

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/ASTM 52900, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie*

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

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

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Additive Fertigung —
Konstruktion —
Teil 3: Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metallen mittels
Elektronenstrahl (ISO/ASTM 52911-3:2023)

Additive Manufacturing —
Design —
Part 3: PBF-EB of metallic materials
(ISO/ASTM 52911-3:2023)

Fabrication additive —
Conception —
Partie 3: BF-EB de matériaux métalliques
(ISO/ASTM 52911-3:2023)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. Februar 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	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	8
4.1 Symbole	8
4.2 Abkürzungen	9
5 Eigenschaften pulverbettbasierter Schmelzverfahren (PBF-Verfahren)	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Bauteilgröße und Kostenerwägungen	10
5.3 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Vorteile	10
5.4 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Einschränkungen	11
5.5 Bauanordnung, Bauteilorientierung und Kostenerwägungen	11
5.6 Merkmalbedingte Randbedingungen (Insel, Überhang, Treppenstufeneffekt)	12
5.6.1 Allgemeines	12
5.6.2 Inseln	12
5.6.3 Überhang	13
5.6.4 Treppenstufeneffekt	13
5.7 Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten	14
5.8 Datenqualität, Auflösung, Darstellung	14
6 Konstruktionsleitlinien für die elektronenstrahlbasierte Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M)	15
6.1 Allgemeines	15
6.1.1 Auswahl der PBF-EB/M	15
6.1.2 Entwurfs- und Prüfzyklen	15
6.2 Werkstoff- und Gefügecharakteristika	15
6.3 Bauteilorientierung, Position und Anordnung des Aufbaus	16
6.3.1 Allgemeines	16
6.3.2 Pulververteilung	17
6.3.3 Gestaltung von Stützstrukturen	18
6.3.4 Bauteilverschachtelung	21
6.3.5 Bauteil-Konstruktionsaspekte für Bauplatten	22
6.3.6 Curl-Effekt	22
6.3.7 Schmelzparameter	23
6.4 Anisotropie/Heterogenität des Werkstoffs und Bauteileigenschaften	24
6.4.1 Allgemeines	24
6.4.2 Kornmorphologie	24
6.4.3 Porosität	24
6.4.4 Intermetallische Diffusionsschicht	25
6.4.5 Chemische Heterogenität	25
6.4.6 Thermische Geschichte	25
6.5 Oberflächen	26
6.6 Nachbearbeitung	26
6.6.1 Allgemeines	26
6.6.2 Veredelung von Bauteiloberflächen	26
6.6.3 Entfernung von Pulverresten	27
6.6.4 Entfernung von Stützkonstruktionen	27
6.6.5 Form- und Lagetoleranzen	27
6.6.6 Wärmebehandlung	27

6.7	Konstruktionsaspekte	28
6.7.1	Allgemeines	28
6.7.2	Hohlräume	28
6.7.3	Spalten	28
6.7.4	Wanddicken	28
6.7.5	Bohrungen und Kanäle	29
6.7.6	Integrierte Kennzeichnungen	29
6.8	Anwendungsbeispiele	29
6.8.1	Topologieoptimierte, unter Verwendung der Stapel-Bauanordnung gedruckte Halterung (zur Verfügung gestellt von GE Arcam)	29
6.8.2	Hüftpfanne in Stapel-Konstruktion (zur Verfügung gestellt von LimaCorporate Spa)	31
6.8.3	Optimierte Konstruktion eines Ellenbogen-Implantats (zur Verfügung gestellt von LimaCorporate Spa)	32
6.8.4	Leichtbaurohr-Konstruktion (zur Verfügung gestellt von JEOL)	33
	Literaturhinweise	35

Bilder

Bild 1	— Orientierung der Bauteiloberflächen in Bezug zur Bauplattform	8
Bild 2	— Inseln / (links) während der Konstruktion des Bauteils <i>P</i> (Mitte)	13
Bild 3	— Auswirkung des Treppenstufeneffekts bei unterschiedlichen Schichtdicken	14
Bild 4	— Inconel 718-Mikrogefüge für zwei verschiedene PBF-EB/M-Prozessbedingungen weisen Unterschiede in der sich ergebenden Kornmorphologie auf	16
Bild 5	— Beispiele für die Auslegung der Stützen (schwarz) bei in Z-Richtung verschachtelten Bauteilen (d. h. gestapelte Bauteile).	22
Bild 6	— Beispiele zur Vermeidung des Curl-Effekts bei der Belichtung großer Oberflächen	23
Bild 7	— Zeichnungen von Schmelzen	24
Bild 8	— Stapel-Bauanordnungen	30
Bild 9	— Beispiele LimaCorporate DELTA TT Hüftpfanne	32
Bild 10	— Beispiele LimaCorporate TEMA Ellenbogen-Humerusschaft	33
Bild 11	— Leichtbaurohr-Konstruktion und fertiges Bauteil	34

Tabellen

Tabelle 1	— Symbole	8
Tabelle 2	— Anordnung von kritischen Elementen im Bauraum der Maschine	17
Tabelle 3	— Leitfaden zur Anwendung von Stützkonstruktionen	19
Tabelle 4	— Beispiele für Stützkonstruktionen	21
Tabelle 5	— Auftragsinformationen für die Stapel- und Einzelschicht-Bauanordnungen der ursprünglichen und der topologieoptimierten Halterungskonstruktionen	31
Tabelle 6	— Informationen zum Auftragsbeispiel	32

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52911-3:2023) 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 September 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2023 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.

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 52911-3:2023 wurde von CEN als EN ISO/ASTM 52911-3:2023 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-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 der Grundlage einer Partnerschaftsvereinbarung 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.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 52911 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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

Die Pulverbettfusion von Metallen (PBF/M) ist ein additives Fertigungsverfahren (AM-Verfahren), das zusätzliche Fertigungsmöglichkeiten neben anderen etablierten AM-Verfahren bietet. PBF/M bietet die Möglichkeit, Fertigungsdauer und -kosten zu senken und die Funktionalität von Bauteilen zu erhöhen. Bei den konventionellen, seit Langem etablierten Fertigungsverfahren wie Trennen, Fügen und den formgebenden Verfahren (z. B. spanende Bearbeitung, Schweißen oder Spritzguss) sind Praktikern die Stärken und Schwächen bekannt und sie werden bei der Konstruktion und bei der Auswahl des Fertigungsverfahrens angemessen berücksichtigt. Bei der PBF/M und AM im Allgemeinen verfügen Konstrukteure und Fertigungsplaner nur über einen begrenzten Erfahrungsschatz. Ohne die Einschränkungen konventioneller Verfahren bietet der Einsatz von PBF/M-Verfahren den Konstrukteuren und Herstellern ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und dies erfordert ein Verständnis der Möglichkeiten und Einschränkungen des Verfahrens.

Die Normenreihe ISO 52911 bietet Leitfäden für verschiedene Techniken der Pulverbettfusion (PBF). Neben diesem Dokument zu PBF-EB/M umfasst die Serie ISO 52911-1 zur laserbasierten Pulverbettfusion von Metallen (PBF-LB/M) und ISO 52911-2 zur laserbasierten Pulverbettfusion von Polymeren (PBF-LB/P). Abschnitt 1 bis Abschnitt 5 in jedem Dokument der Reihe sind gleich und enthalten allgemeine Informationen einschließlich Terminologie und PBF-Verfahren. Die darauffolgenden Abschnitte legen den Schwerpunkt auf die spezifische Technik.

Dieses Dokument unterstützt Anwender der Technologie, wie Konstrukteure und Fertigungsingenieure bei der Auslegung von Bauteilen, die mithilfe von PBF-EB/M hergestellt werden müssen. Es hilft Praktikern bei der Bauteilekonstruktion die Vorteile der PBF-EB/M auszuschöpfen und die prozessabhängigen Beschränkungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus baut es auf ISO/ASTM 52910 auf und ergänzt die Anforderungen, Leitlinien und Empfehlungen für die AM-Konstruktion um das PBF-EB/M-Verfahren.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Merkmale der Elektronenstrahl-Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M) fest und bietet detaillierte Konstruktionsempfehlungen.

Einige der grundlegenden Prinzipien sind auch für andere additive Fertigungsverfahren (AM-Verfahren) anwendbar, vorausgesetzt, dass die prozessspezifischen Merkmale berücksichtigt werden.

Dieses Dokument bietet eine Überprüfung von Konstruktionsleitfäden auf dem Stand der Technik im Zusammenhang mit Pulverbettfusion (PBF), indem relevantes Wissen zu diesem Verfahren zusammengeführt und der Anwendungsbereich von ISO/ASTM 52910 erweitert wird.

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*

3 Begriffe

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

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

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

3.1

Curl-Effekt

<Aspekte des durch thermischen Einfluss hervorgerufenen Verzugs> Maßverzug durch Abkühlen und Erstarren des geschmolzenen Werkstoffs nach dem Aufbau oder durch schlecht abgeleitete Wärmebelastung

3.2

Downskin-Fläche

Überhangfläche

D

(Teil-)Fläche, bei der die Projektion des Normalenvektors $\vec{n}$ auf der Z-Achse negativ ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.3

Downskin-Winkel

Überhangwinkel

δ

Winkel zwischen der Bauplattformebene und der *Downskin-Fläche* (3.2), bei der der Wert zwischen 0° (parallel zur Bauplattform) und 90° (senkrecht zur Bauplattform) liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.4
Upskin-Fläche
Aufbaufläche
U

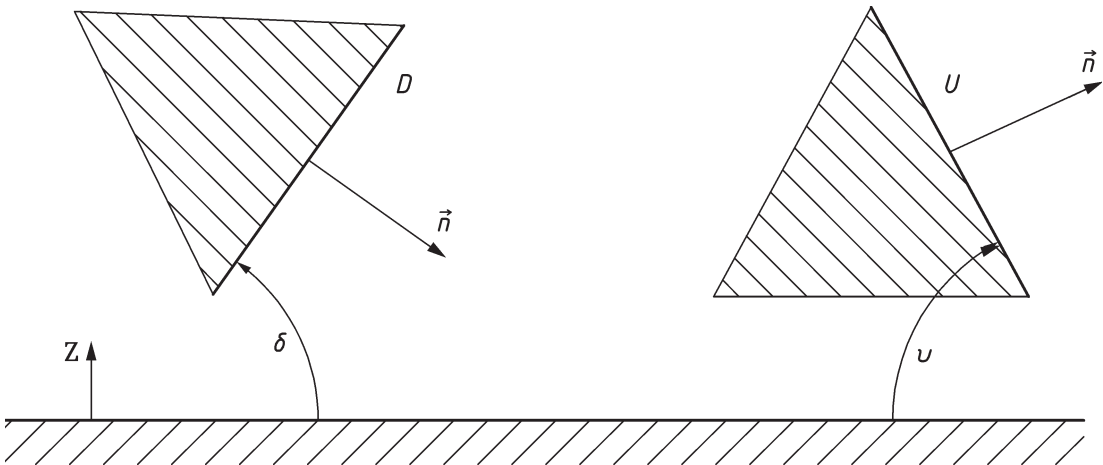
(Teil-)Fläche, bei der der Normalenvektor $\vec{n}$ im Verhältnis zur Z-Achse positiv ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.5
Upskin-Winkel
Aufbauwinkel
v

Winkel zwischen der Bauplattformebene und der Upskin-Fläche (3.4), bei der der Wert zwischen 0° (parallel zur Bauplattform) und 90° (senkrecht zur Bauplattform) liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- δ

Downskin-Winkel
- $\vec{n}$

Normalenvektor
- D*

Downskin-Flächen (links)
- U*

Upskin-Flächen (rechts)
- v*

Upskin-Winkel
- Z*

Baurichtung
- ANMERKUNG

Quelle: VDI 3405-3:2015 [3].

Bild 1 — Orientierung der Bauteiloberflächen in Bezug zur Bauplattform

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Die in Tabelle 1 angegebenen Symbole werden in diesem Dokument verwendet.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
<i>a</i>	Überhang	mm
<i>D</i>	Downskin-Fläche	mm ²
<i>I</i>	Insel	mm ²
$\vec{n}$	Normalenvektor	—