

DIN EN ISO/ASTM 52911-1

ICS 25.030

**Additive Fertigung –
Konstruktion –
Teil 1: Laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen
(ISO/ASTM 52911-1:2019);
Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52911-1:2019**

Additive manufacturing –

Design –

Part 1: Laser-based powder bed fusion of metals (ISO/ASTM 52911-1:2019);

German version EN ISO/ASTM 52911-1:2019

Fabrication additive –

Conception –

Partie 1: Fusion laser sur lit de poudre métallique (ISO/ASTM 52911-1:2019);

Version allemande EN ISO/ASTM 52911-1:2019

Gesamtumfang 34 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)
DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52911-1:2019) 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 Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 145-04-02 GA „Additive Fertigung — NWT & NAS Gemeinschaftsarbeitsausschuss Metalle“ 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.

Diese Norm stimmt sachlich überein mit der vom Verein Deutscher Ingenieure e.V. herausgegebenen Richtlinie VDI 3405 Blatt 3:2015-12 „*Additive Fertigungsverfahren — Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen*“.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen 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

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*

Deutsche Fassung

Additive Fertigung —
Konstruktion —
Teil 1: Laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen
(ISO/ASTM 52911-1:2019)

Additive manufacturing —
Design —
Part 1: Laser-based powder bed fusion of metals
(ISO/ASTM 52911-1:2019)

Fabrication additive —
Conception —
Partie 1: Fusion laser sur lit de poudre métallique
(ISO/ASTM 52911-1:2019)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Juli 2019 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	9
4.1 Symbole	9
4.2 Abkürzungen	9
5 Eigenschaften pulverbettbasierter Schmelzverfahren (PBF-Verfahren)	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Bauteilgröße	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 Wirtschaftlichkeit und Zeiteffizienz	12
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	14
5.7 Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten	14
5.8 Datenqualität, Auflösung, Darstellung	14
6 Konstruktionsleitlinien für die laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen (PBF-LB/M)	15
6.1 Allgemeines	15
6.1.1 Auswahl der PBF-LB/M	15
6.1.2 Entwurfs- und Prüfzyklen	16
6.2 Werkstoff- und Gefügecharakteristika	16
6.3 Stützstrukturen	17
6.4 Orientierung, Position und Anordnung des Aufbaus	19
6.4.1 Allgemeines	19
6.4.2 Pulververteilung	20
6.4.3 Gestaltung von Stützstrukturen	21
6.4.4 Curl-Effekt	22
6.5 Anisotropie der Werkstoffeigenschaften	22
6.6 Oberflächenrauheit	23
6.7 Folgeprozesse zur Nachbearbeitung	23
6.7.1 Allgemeines	23
6.7.2 Oberflächenbearbeitung	23
6.7.3 Entfernung von Pulverresten	23
6.7.4 Entfernung von Stützstrukturen	23
6.7.5 Einstellung von geometrischen Genauigkeiten	23
6.7.6 Wärmebehandlung	24
6.8 Konstruktive Aspekte	24
6.8.1 Allgemeines	24

6.8.2	Hohlräume	24
6.8.3	Spalte.....	25
6.8.4	Wanddicken.....	25
6.8.5	Bohrungen und Kanäle.....	25
6.8.6	Integrierte Kennzeichnungen.....	25
6.9	Anwendungsbeispiele.....	26
6.9.1	Allgemeines	26
6.9.2	Integralbauweise (bereitgestellt von CETIM – technisches Zentrum für Maschinenbau).....	26
6.9.3	Entwurf eines Getrieberads (bereitgestellt durch Fraunhofer IGCV)	28
6.9.4	Unmögliche Kreuzung (bereitgestellt durch TNO – niederländische Organisation für angewandte naturwissenschaftliche Forschung).....	29
Anhang A (informativ) Werkstoffe für PBF-LB/M.....		31
Literaturhinweise.....		32

Bilder

Bild 1	— Orientierung der Bauteiloberflächen in Bezug zur Bauplattform	8
Bild 2	— Inseln <i>I</i> (links) und Überhang <i>a</i> (rechts) während des Bauprozesses von Bauteil <i>P</i> in Richtung der <i>z</i> -Achse.....	13
Bild 3	— Auswirkung unterschiedlicher Schichtdicken auf den Treppenstufeneffekt	14
Bild 4	— Gefüge nach der PBF-LB/M.....	17
Bild 5	— Beispiele zur Vermeidung des Curl-Effekts bei der Belichtung großer Flächen.....	22
Bild 6	— Komponente einer drehenden Maschine zur Kabelherstellung.....	26
Bild 7	— Ursprüngliche Gestalt: Ergebnis der topologischen Optimierung	27
Bild 8	— Modifizierung der Geometrie für die PBF-LB/M.....	28
Bild 9	— Funktional optimiertes Getrieberad in Leichtbauweise.....	28
Bild 10	— Anwendung bei Hydraulikblock.....	29

Tabellen

Tabelle 1	— Symbole.....	9
Tabelle 2	— Leitfaden zur Anwendung von Stützstrukturen.....	18
Tabelle 3	— Anordnung von kritischen Elementen im Bauraum der Maschine	20
Tabelle 4	— Beispiele für Stützstrukturen	21
Tabelle A.1	— Am häufigsten für PBF LB/M verwendete Metallwerkstoffe	31

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO/ASTM 52911-1:2019) 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 März 2020, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2020 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.

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 52911-1:2019 wurde von CEN als EN ISO/ASTM 52911-1:2019 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.

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 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, 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 laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen (PBF-LB/M) beschreibt ein additives Fertigungsverfahren (AM) und bietet eine zusätzliche Fertigungsmöglichkeit neben etablierten Verfahren. PBF-LB/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. Zu PBF-LB/M und AM im Allgemeinen verfügen Konstrukteure und Fertigungsplaner bislang noch über einen begrenzten Erfahrungsschatz. Diese PBF-LB/M-Verfahren bieten durch den Wegfall von Einschränkungen konventioneller Verfahren 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 des pulverbettbasierten Schmelzens (PBF). Es ist vorgesehen, dass die Reihe dieses Dokument zu PBF-LB/M, ISO 52911-2¹ zu Pulverbettfusion von Polymeren (PBF-LB/P) und ISO 52911-3² zu elektronenstrahlbasierter Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M) umfasst. Abschnitt 1 bis Abschnitt 5 sind jedem Dokument der Reihe gemeinsam und enthalten allgemeine Informationen einschließlich Terminologie und PBF-Verfahren. Die darauffolgenden Abschnitte legen den Schwerpunkt auf die spezifische Technik.

Dieses Dokument beruht auf VDI 3405-3:2015. Es unterstützt Anwender dieser Technik, wie Konstrukteure und Fertigungsplaner, bei der Gestaltung von Bauteilen, die mit PBF-LB/M gefertigt werden müssen. Es wird Praktikern dabei helfen, die Vorteile der PBF-LB/M kennenzulernen und die verfahrensbezogenen Einschränkungen bei der Gestaltung von Bauteilen zu verstehen. Darüber hinaus baut es auf ISO/ASTM 52910 auf und ergänzt die Anforderungen, Leitlinien und Empfehlungen für die AM-Konstruktion um das PBF-Verfahren.

1 In Vorbereitung.

2 In Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

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

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

Dieses Dokument bietet eine Übersicht von Konstruktionsleitfäden auf dem Stand der Technik im Zusammenhang mit pulverbettbasiertem Schmelzen (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* ^{N1)}

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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Curl-Effekt

Wärme- und Eigenspannungseffekt

(Aspekte des durch Wärme hervorgerufenen Verzugs) Maßverzug durch Abkühlen und Erstarren des gedruckten Bauteils nach dem Aufbau oder durch schlecht abgeleitete Wärmebelastung

3.2

Downskin-Fläche

Überhangfläche

D

(Teil-)Fläche, bei der der Normalenvektor $\vec{n}$ eine negative z-Achsenprojektion hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

N1) Nationale Fußnote: Fehler der ISO/ASTM-Referenzfassung; der englische Titel der bei Ausgabe des vorliegenden ISO-Dokuments aktuellen Ausgabe von ISO/ASTM 52900 (ISO/ASTM 52900:2015) lautete „*Additive manufacturing — General principles — Terminology*.“

3.3

Downskin-Winkel

Überhangwinkel

δ

Winkel zwischen der Bauplattformebene und der *Downskin-Fläche* (3.2), dessen 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 $\vec{n}$ eine positive z-Achsenprojektion hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.5

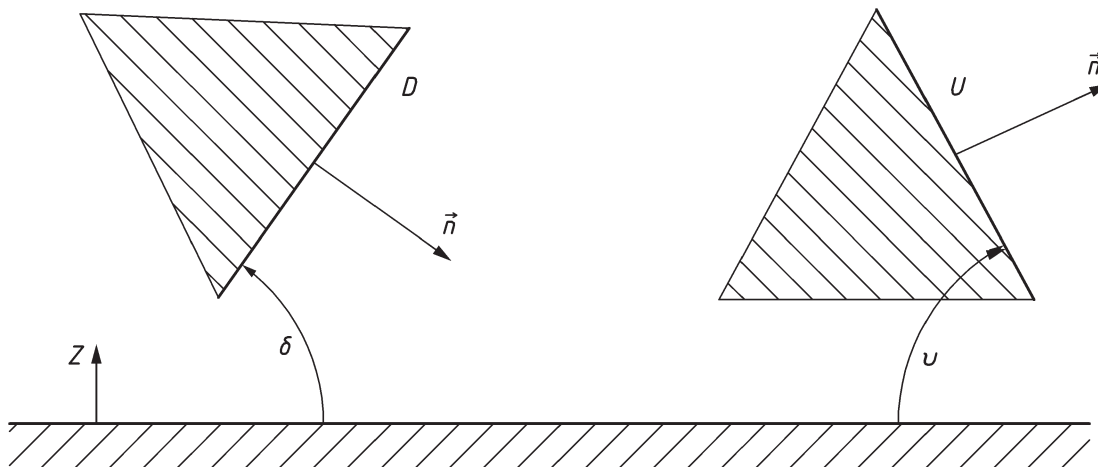
Upskin-Winkel

Aufbauwinkel

v

Winkel zwischen der Bauplattformebene und der *Upskin-Fläche* (3.4), dessen 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-Fläche (links)
- U Upskin-Fläche (rechts)
- v Upskin-Winkel

QUELLE: VDI 3405-3:2015

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
a	Überhang	mm
D	Downskin-Fläche	mm ²
I	Insel	mm ²
$\vec{n}$	Normalenvektor	—
R_a	Mittenrauwert	µm
R_z	gemittelte Rautiefe	µm
U	Upskin-Fläche	mm ²
δ	Downskin-Winkel	°
v	Upskin-Winkel	°

4.2 Abkürzungen

In diesem Dokument werden die nachfolgend aufgeführten Abkürzungen verwendet.

AM	additive Fertigung (en: additive manufacturing)
AMF	Dateiformat für additive Fertigung
CT	Computer-Tomographie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine (dt.: digitale Bildgebung und -kommunikation in der Medizin)
HIP	heiß-isostatisches Pressen
MRI	bildgebende Kernspintomographie
PBF	pulverbettbasiertes Schmelzen
PBF-EB/M	elektronenstrahlbasierte Pulverbettfusion von Metallen
PBF-LB	laserbasierte Pulverbettfusion
PBF-LB/M	laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen (auch bezeichnet als z. B. Laser-Strahlschmelzen, selektives Laserschmelzen)
PBF-LB/P	laserbasierte Pulverbettfusion von Polymeren (auch bezeichnet als z. B. Laser-Strahlschmelzen, selektives Laserschmelzen)
STL	Stereo-Lithographie-Format oder Oberflächen-Tessellationssprache