

DIN EN ISO/ASTM 52945



ICS 25.030

Einsprüche bis 2022-09-01

Entwurf

**Additive Fertigung für die Automobilindustrie –
Grundsätze der Qualifizierung –
Generische Maschinenbewertung und Spezifikation von
Leistungskennzahlen für PBF-LB/M-Prozesse (ISO/ASTM
DIS 52945:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52945:2022**

Additive manufacturing for automotive –
Qualification principles –
Generic machine evaluation and specification of key performance indicators for PBF-LB/M
processes (ISO/ASTM DIS 52945:2022);
German and English version prEN ISO/ASTM 52945:2022

Fabrication additive pour l'automobile –
Principes de qualification –
Évaluation de la machine générique et spécifications des indicateurs clefs de performance
pour les procédés PBF-LB/M (ISO/ASTM DIS 52945:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO/ASTM 52945:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-01 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 oder Am DIN-Platz, 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 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52945:2022) 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).

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.

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

ISO 3369	siehe	DIN EN ISO 3369
ISO 4499-4	siehe	DIN EN ISO 4499-4
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 25178 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 25178 (alle Teile)
ISO/ASTM 52900	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52900
ISO/ASTM 52902	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52902
ISO/ASTM 52904	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52904
ISO/ASTM 52910	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52910
ISO/ASTM 52941	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52941

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 3369, *Undurchlässige Sintermetallwerkstoffe und Hartmetalle — Ermittlung der Dichte* (ISO 3369:2006)

DIN EN ISO 4499-4, *Hartmetalle — Metallographische Bestimmung der Mikrostruktur — Teil 4: Charakterisierung von Porosität, Kohlenstofffehlern und Anteil an Eta-Phase* (ISO 4499-4:2016)

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur* (ISO 6892-1:2019)

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

DIN EN ISO/ASTM 52900, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie* (ISO/ASTM 52900:2021)

DIN EN ISO/ASTM 52902, *Additive Fertigung — Testkörper — Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme)* (ISO/ASTM 52902:2019)

DIN EN ISO/ASTM 52904, *Additive Fertigung — Prozessanforderungen und Qualifizierung — Verwendung des pulverbettbasierten Schmelzens von Metallen bei kritischen Anwendungen* (ISO/ASTM 52904:2019)

DIN EN ISO/ASTM 52910, *Additive Fertigung — Konstruktion — Anforderungen, Richtlinien und Empfehlungen* (ISO/ASTM 52910:2018)

DIN EN ISO/ASTM 52941, *Additive Fertigung — Systemleistung und Betriebssicherheit — Abnahmeprüfung von pulverbettbasierten Laserstrahlanlagen für metallische Werkstoffe in Luft- und Raumfahrtanwendungen* (ISO/ASTM 52941:2020)

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO/ASTM 52945:2022-08

– Leerseite –

**Additive Fertigung für die Automobilindustrie – Grundsätze der Qualifizierung –
Generische Maschinenbewertung und Spezifikation von Leistungskennzahlen für
PBF-LB/M-Prozesse (ISO/ASTM DIS 52945:2022)**

Additive manufacturing for automotive – Qualification principles – Generic machine evaluation and specification of key performance indicators for PBF-LB/M processes (ISO/ASTM DIS 52945:2022)

Fabrication additive pour l'automobile – Principes de qualification – Évaluation de la machine générique et spécifications des indicateurs clefs de performance pour les procédés PBF-LB/M (ISO/ASTM DIS 52945:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Methodik für generische Maschinenbewertung	8
4.1 Spezifizierung von Anwendungsfällen	8
4.1.1 Allgemeines	8
4.1.2 Anwendungsfall 1 – Benchmarken von Maschinen (Bewertungsreferenz nach 4.2.5): . . .	8
4.1.3 Anwendungsfall 2 – Generische Bewertung in der Werks-/Standortabnahmeprüfung (nach ISO/ASTM 52930-1):	8
4.2 Spezifizierung von Probekörpern und Baujobgestaltung	9
4.2.1 Spezifizierung generische Probekörper und Prüfnormen	9
4.2.2 Baujobgestaltung	11
4.3 Maschinenleistungsmerkmale	14
4.3.1 Eingabedaten und Rahmenwerk	14
4.3.2 Definition der Maschinenleistungsmerkmale	15
5 Definition der Gesamtgeräteeffektivität (OEE, en: overall equipment effectiveness) für AM-Maschinen	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Überblick	17
5.3 Vorgesehene Anlagenbetriebszeit für die OEE-Überwachung	19
5.4 Verfügbarkeitsrate	19
5.5 Leistungsrate	20
5.6 Qualitätsrate	20
5.7 OEE-Berechnung	21
Anhang A (informativ) Beispiele für Abschnitt 4 und Abschnitt 5	22
A.1 Anhang für Abschnitt 4	22
A.1.1 Beispiel für die Berechnung von Maschinenleistungsmerkmalen	22
A.1.2 Beispiel Visualisierung von Maschinenleistungsmerkmalen	22
A.2 Anhang für Abschnitt 5	22
A.2.1 Berechnungsbeispiel für die OEE während der SAT	22
Literaturhinweise	31

Bilder

Bild 1 — Beispiel für Baujob für würfelförmige (quadratische) (linke) und zylindrische (rechte) Bauhüllen in verschiedenen Ansichten (isometrisch und Obenansicht)	11
Bild 2 — Baujobkennzeichnung x-y-Richtung	12
Bild 3 — Baujobkennzeichnung z-Richtung und Unterscheidung der Probekörper	13
Bild 4 — Definition der Probekörperauswahl für rechteckige und zylinderförmige Bauhüllen . .	14
Bild 5 — Übersicht über Zeitblöcke, die zur OEE-Berechnung beitragen	18
Bild A.1 — Visualisierung der Maschinenleistung (Produktivität gegenüber Vergleichspräzision)	22
Bild A.2 — Berechnungsbeispiel eines SAT OEE-Plans	26
Bild A.3 — Berechnungsbeispiel eines SAT OEE-Plans	30

Tabellen

Tabelle 1 — Spezifizierung von Probekörpern für die Messung von Oberflächenrauheit, relativer Dichte und Zugfestigkeit	9
Tabelle 2 — Dateneingabe vom technischen Maschinendatenblatt	14
Tabelle 3 — Mindestdateneingabe vom PBF-LB/M-Prozess	14
Tabelle 4 — Einführung einer Bewertungsreferenz	16
Tabelle 5 — Zuordnung von Produktionsvorfällen in Kategorien für Verlust aufgrund von Ausfallzeit	20
Tabelle 6 — Zuordnung von Produktionsvorfällen in Kategorien für Geschwindigkeitsverlust . .	20
Tabelle 7 — Zuordnung von Produktionsvorfällen in Kategorien für Qualitätsverlust	21
Tabelle A.1 — Zahlenbeispiel für SAT OEE-Plan mit während eines Monats geplanten generischen und Serienbaujobs	24
Tabelle A.2 — Zahlenbeispiel für SAT OEE-Dokumentation mit während eines Monats geplanten generischen und Serienbaujobs	28

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52945:2022) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/ASTM DIS 52945:2022 wurde von CEN als prEN ISO/ASTM 52945:2022 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 dem 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, 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 stellt eine Methodik zur Bewertung von PBF-LB/M AM-Maschinen im Kontext von Automobilen auf objektiver Basis zur Verfügung. Die Notwendigkeit der Bereitstellung eines Dokuments zur Normung dieser Thematik besteht, weil in der industriellen Produktion von großen Volumen die Vergleichspräzision der hergestellten Komponente ausschlaggebend für das Erreichen von Produktionszielen ist. Deswegen müssen die Vergleichspräzision und Leistungsfähigkeit der für die Fertigung verwendeten Maschinen im Vorfeld bewertet werden. Eine Methodik und Leistungsmerkmale werden eingeführt, um die Bewertung auf objektiver und quantitativer Basis zu ermöglichen. Die aus dieser AM-Maschinenbewertung resultierende Dokumentation wird dazu verwendet, eine verlässliche Auswahl an Orientierungen und Bewertungen der PBF-LB/M AM-Maschinen zu erhalten.

Darüber hinaus bietet das Dokument Richtlinien für Leistungskennzahlen zur Maschinenproduktion, die bei der Beschaffung, Produktionsplanung und Produktion verwendet werden können, um das Verständnis zwischen Maschinenhersteller und -anwender zu verbessern.

Die Anforderungen an Qualität und Planung von Baujobs sind automobilindustriespezifisch. Der eingeführte generische Ansatz kann auf andere Branchen erweitert werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument definiert die Methodik für die generische AM-Maschinenbewertung in Automobilumgebungen anhand objektiver Prüfkriterien und stellt das Rahmenwerk für eine objektive AM-Maschinenbewertung und -vergleichbarkeit bereit. Dieses Dokument findet Anwendung bei Benchmarks, der Vorbereitung von Kaufentscheidungen, aber auch bei der AM-Maschinenbewertung während Maschinenbeschaffungs-, Abnahme- und Qualifizierungsprozessen.

Darüber hinaus legt dieses Dokument Maschinenleistungskennzahlen im Kontext von Maschinenbeschaffung, Produktionsplanung und Produktion von PBF-LB/M-Komponenten fest. Es zielt darauf ab, mit Hinblick auf die Abnahmekriterien während des Beschaffungsprozesses und der Bewertung der Maschinenleistung während der laufenden Produktion ein detailliertes Verständnis zwischen Maschinenlieferant und Maschinenanwender herzustellen.

Dieses Dokument ist anwendbar auf die additive Fertigungstechnologie PBF-LB/M. Die Terminologie in diesem Dokument wird in ISO/ASTM 52900 definiert.

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*

ISO/ASTM 52902, *Additive manufacturing — Test artifacts — Geometric capability assessment of additive manufacturing systems*

ISO/ASTM 52928, *Additive manufacturing — Feedstock materials — Powder life cycle management*

ISO/ASTM/TS 52930, *Additive manufacturing — Qualification principles — Installation, operation and performance (IQ/OQ/PQ) of PBF-LB equipment*

ISO 3369, *Impermeable sintered metal materials and hardmetals — Determination of density*

ISO 4499-4, *Hardmetals — Metallographic determination of microstructure — Part 4: Characterisation of porosity, carbon defects and eta-phase content*

ISO 6892-1, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 25178 (alle Teile), *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal*

ASTM E8M, *Standard test methods for tension testing of metallic materials*

VDI 3423, *Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen — Begriffe, Definitionen, Zeiterfassung und Berechnung*

VDI 3405, *Additive Fertigungsverfahren — Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen*

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

charakteristische Leistungsmerkmale

definierte Merkmale, die innerhalb eines definierten Rahmenwerks (in diesem Dokument auf der Grundlage generischer Baujobs und hergestellter Probekörper) gemessen werden und zur Bewertung von Maschinen auf objektiver Basis verwendet werden können

3.2

Maschinenleistungskennzahlen

Leistungskennzahlen, die die Leistung einer Produktionsmaschine innerhalb eines definierten Rahmenwerks (z. B. Zeitrahmen, definierte Produktionschargen usw.) messen

BEISPIEL Gesamtgeräteeffektivität

3.3

Qualitätsstufe Gütestufe

definierte Wertebereiche für einen festgelegten Satz von Qualitätsparametern wie beispielsweise relative Dichte, Oberflächenrauheit, mechanische Eigenschaften usw.

3.4

Probekörperpaket

Satz verschiedener Probekörper nach Tabelle 5

4 Methodik für generische Maschinenbewertung

4.1 Spezifizierung von Anwendungsfällen

4.1.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt wird die Methodik für generische Maschinenbewertung eingeführt. Die generische Maschinenbewertung muss angewendet werden, um eine Bewertung zur Leistungsbewertung einer PBF-LB/M-Maschine auf einer definierten objektiven Basis vorzunehmen.

Die Methodik der hier eingeführten generischen Maschinenbewertung ist nicht dafür vorgesehen, die Einhaltung von Zielmetriken zu definieren und überprüfen, sondern sollte stattdessen dafür verwendet werden, Informations- und Effizienzmetriken zu erstellen, um Maschinenbewertungen und Vergleiche zu ermöglichen. Weitere Details des Maschinenabnahmeprozesses werden in ISO/ASTM TS 52930 dargestellt.

Die generische Maschinenbewertung muss verwendet werden, um eine ausreichende, neutrale und dokumentierte Bewertungsbasis für zwei verschiedene Anwendungsfälle zu erstellen, die unter 4.1.2 und 4.1.3 beschrieben werden.

4.1.2 Anwendungsfall 1 – Benchmarken von Maschinen (Bewertungsreferenz nach 4.2.5):

Im Kontext des Benchmarkens von Maschinen müssen das Rahmenwerk und die Methodik, die in 4.3.1 eingeführt werden, verwendet werden. Deswegen muss mindestens ein Durchgang der beschriebenen Baujobs nach 4.2.2. auf die beschriebene Weise produziert und geprüft werden. Es ist notwendig, die statistische Signifikanz von Benchmark, Produktion und Bewertung zusätzlicher Baujobs zu erhöhen. Dies ist eine Option, die im Ermessen des Maschinenherstellers oder des Anwenders liegt.

4.1.3 Anwendungsfall 2 – Generische Bewertung in der Werks-/Standortabnahmeprüfung (nach ISO/ASTM 52930-1):

Das Rahmenwerk und die Methodik, die in 4.3.1 eingeführt werden, müssen weiterhin im Maschinenbeschaffungsprozess eingesetzt werden, genauer gesagt in der Werks- und Standortabnahmeprüfung. Vor Verwendung der Methodik müssen die spezifischen Leistungszielwerte und Kennzahlen zwischen Anwen-

der und Maschinenhersteller vereinbart werden. Während der Werks- und Standortabnahmeprüfung ist zumindest ein Durchgang von Baujobs obligatorisch.

Diese Methodik kann auch verwendet werden, um die Leistung von Baujob zu Baujob zu bewerten. Für eine bessere Bewertung der Maschine können weitere Bewertungen von Baujobs mit spezifischen relevanten Teilkonstruktionen berücksichtigt werden. Die Rahmenbedingungen für solche spezifischen Baujobs können vom Rahmenwerk des erwarteten (künftigen) Baujobs abgeleitet oder per Vereinbarung zwischen Maschinenhersteller und Anwender vorher arrangiert werden.

4.2 Spezifizierung von Probekörpern und Baujobgestaltung

4.2.1 Spezifizierung generische Probekörper und Prüfnormen

Im Folgenden werden die in generischen Bauaufträgen und für die Bewertung dieser Bauaufträge verwendeten Probekörper sowie die zugehörigen Prüfungen definiert. Dieser Abschnitt bietet eine Übersicht über die relevanten Anwendungsfälle für die generische Maschinenbewertung und führt das Rahmenwerk für die Datenerzeugung (verwendete Probekörper, Prüfverfahren, Baujobgestaltung und Qualitätsanforderungen) ein.

Wenn Probekörper in ISO/ASTM 52902 nicht ausreichend beschrieben sind, werden in Tabelle 1 neue Probekörpergeometrien vorgestellt, die für den generischen Baujob zu verwenden sind.

Pulverentfernungsverfahren für Teile sowie Baujobs können nicht verändert werden, damit die konsistente mechanische und Oberflächengüte der Probekörper erhalten bleibt. Die Oberflächenmessung muss vor der Porositätsmessung durchgeführt werden.

Die eingeführte Methodik wird auf quasi-statische mechanische Eigenschaften, relative Dichte und Oberfläche angewendet. Weitere Eigenschaften (z. B. dynamische und zyklische Eigenschaften) werden absichtlich außen vor gelassen und können in den individuell gestalteten Baujobs gemäß dieser Methodik oder individuellen Vereinbarungen zwischen Anwender und Maschinenhersteller mit aufgenommen werden.

Tabelle 1 — Spezifizierung von Probekörpern für die Messung von Oberflächenrauheit, relativer Dichte und Zugfestigkeit

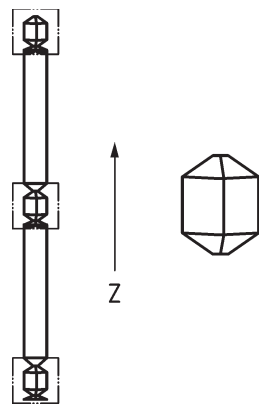
Prüfkörper	Prüfnorm, Zweck & Beschreibung	Prüfverfahren und Kriterien
	<p>Oberflächenmessung:</p> <ul style="list-style-type: none">— Prüfnorm: ISO 25178— Prüfkörper: 10 mm × 10 mm × 10 mm Diamantenoberfläche/Dichte Probekörper— Prüfzweck: Messung der Rauheit der Oberfläche auf:<ul style="list-style-type: none">— 45°— 90° und— 135°-Oberflächen— Prüfkörperoberfläche: Pulver mit unter Druck gesetztem Gas entfernt (keine Oberflächenmodifizierung)	<ul style="list-style-type: none">— Messung (nach ISO/ASTM 52902) von S_z, S_a, S_{sk} und S_{ku}, auf jeder der 4 Oberflächen für Winkel von 45°, 90°, 135° gegen die Bauplatte— Bestimmung von Mittelwerten und Quantilen für jeden Würfel— Der Messbereich muss der gesamte Bereich sein, der in jede Richtung verfügbar ist— Typische verwendete Messfilter nach ISO/ASTM 52902

Tabelle 1 (fortgesetzt)

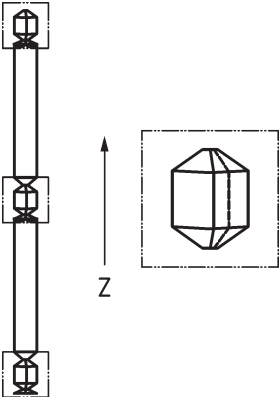
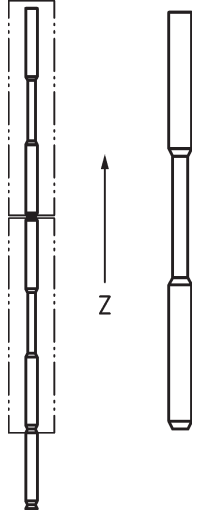
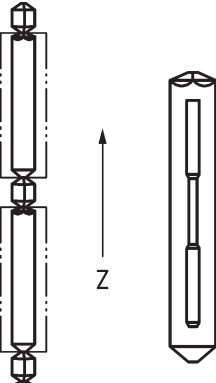
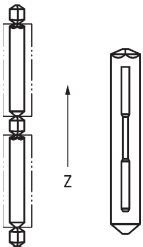
Prüfkörper	Prüfnorm, Zweck & Beschreibung	Prüfverfahren und Kriterien
	<p>Porositätsmessung:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prüfnorm: <ul style="list-style-type: none"> — Vorbereitung: ISO 4499-4 — Porositätsmessung: ISO 4499-4 — Prüfkörper: <ul style="list-style-type: none"> 10 mm × 10 mm × 10 mm Diamantenoberfläche/Dichte Probekörper — Prüfzweck: <ul style="list-style-type: none"> Messung der relativen Dichte in Querschnitt — Eine Prüfung mit dem Archimedes-Verfahren nach ISO 3369 kann hinzugefügt werden 	<ul style="list-style-type: none"> — Querschnitt durch den Diamantenprobekörper — Vorbereitung des Querschnitts nach der Prüfnorm — Messung der relativen Dichte nach der Prüfnorm in 25-facher Vergrößerung
	<p>Zugfestigkeitsprüfung (Oberfläche im Ist-Zustand):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prüfnorm: ISO 6892-1 — Probekörper: <ul style="list-style-type: none"> Endkonturnahe Zugprüfkörper (nach ASTM E8M, die Anforderung an die Oberflächenrauheit kann möglicherweise entfallen) — Zugfestigkeitsprüfung endkonturnah bei Oberfläche im Ist-Zustand (keine Nachbearbeitung) — Ermöglichung von Zugfestigkeits-Trendanalyse über Höhe 	<ul style="list-style-type: none"> — Prüfung nach Prüfnorm und Messung von R_m, $R_{p0,2}$ und A
	<p>Zugfestigkeitsprüfung (bearbeitete Oberfläche):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prüfnorm: ISO 6892-1 — Prüfkörper: <ul style="list-style-type: none"> Bearbeitete Zugfestigkeits-/Packdichte-Probekörper (nach ASTM E8M) (optional) — Ermöglichung von Dichte- & Oberflächen-Trendanalyse über Höhe in mehreren Schichten — Erschaffung der Packdichte 	<ul style="list-style-type: none"> — Bearbeitung des Zylinders nach ASTM E8M — Prüfung nach Prüfnorm und Messung von R_m, $R_{p0,2}$ und A

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Prüfkörper	Prüfnorm, Zweck & Beschreibung	Prüfverfahren und Kriterien
	<p>Probekörperpaket:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prüfkörper: kombinierte Diamantenoberfläche/-dichte, endkonturnahe Zugfestigkeits- und bearbeitete Zugfestigkeits-/Packdichte-Probekörper — Diese Kombination von Probekörpern wird Probekörperpaket genannt und sollte im Folgenden für Überlegungen zur Baujobgestaltung verwendet werden — Das Probekörperpaket hat eine Höhe von 112 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — Prüfverfahren nach der Beschreibung für die individuellen Komponenten des Probekörperpakets (siehe oben)

4.2.2 Baujobgestaltung

In Bild 1 wird die Darstellung des generischen Baujobs für zwei verschiedene Arten von Maschinen (in diesem Beispiel 400 mm würfel-/zylinderförmige Bauhülle) gezeigt.

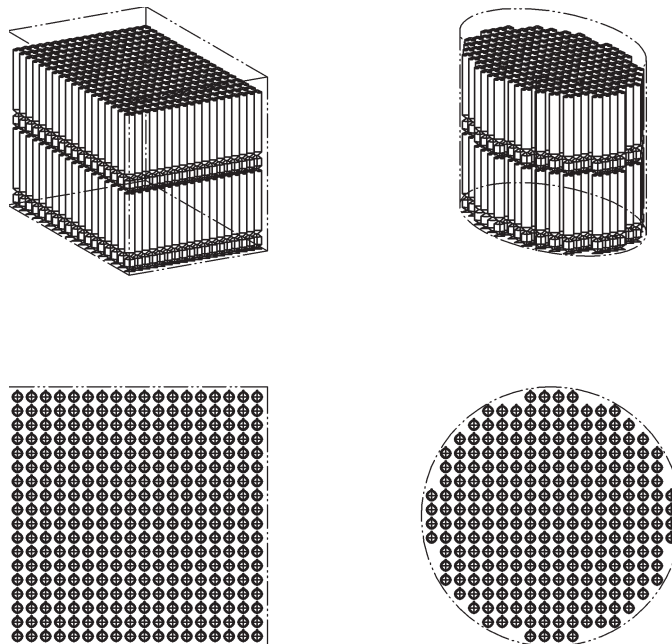


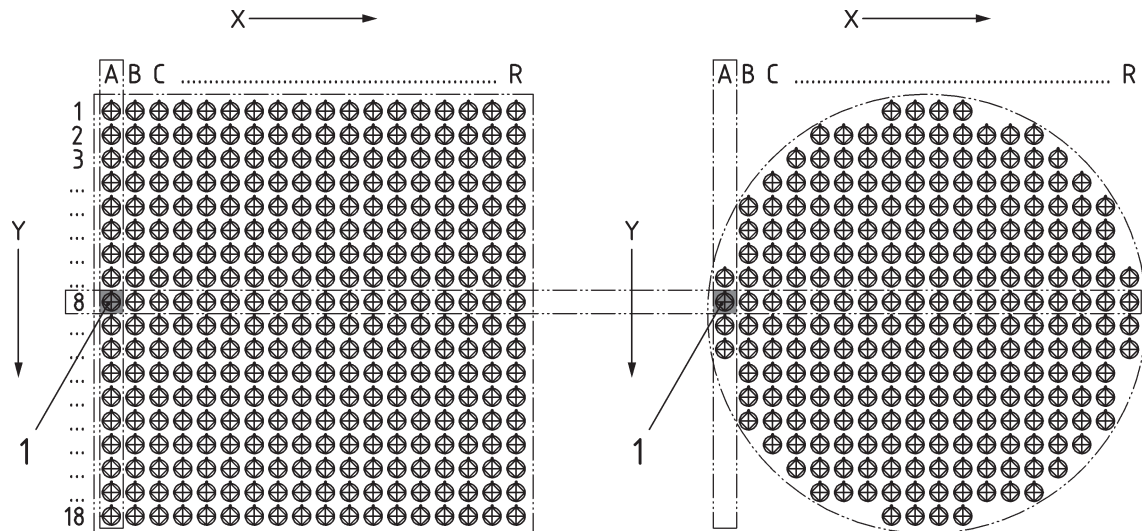
Bild 1 — Beispiel für Baujob für würfelförmige (quadratische) (linke) und zylindrische (rechte) Bauhüllen in verschiedenen Ansichten (isometrisch und Obenansicht)

Die Anforderungen für den generischen Baujob sind:

- die Probekörperpakete müssen in z für die maximal mögliche z-Höhe in der vorhandenen Maschinenkonstruktion (z. B. für eine z-Höhe von 400 mm muss es 3 Schichten von Probekörperpaketen zu je 112 mm geben) gestapelt werden;
- die Probekörperpakete müssen homogen und in gleichen Abständen verteilt sein;

- der Baujob muss eine Packdichte von ungefähr 30 % enthalten, Probekörperpakete enthalten und vom Volumen der Begrenzungsbox der vollen Bauhülle in x-y und der Höhe des Baujobs (z) gemessen werden;
- der Maschinenhersteller muss die exakte Packdichte und den für die Bewertung verwendeten Abstand als Teil der Dokumentation angeben.

Für die weitere Prüfung und Bewertung der Probekörperpakete und einzelnen Probekörper aus den Probekörperpaketen müssen unterscheidbare Benennungen zugeordnet werden. Die unterscheidbare Benennung wird in Bild 2 und Bild 3 beschrieben.



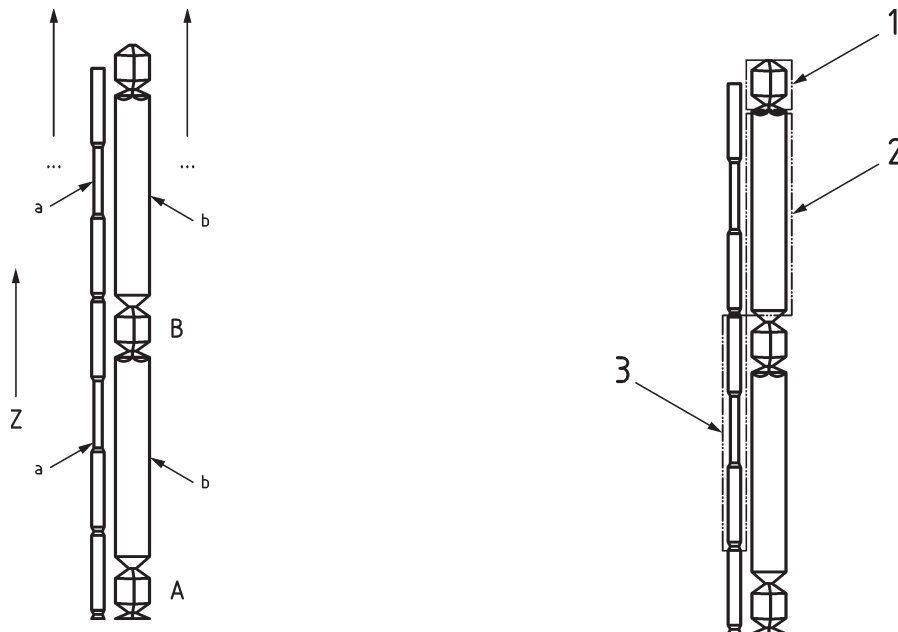
Legende

X X-Achse

Y Y-Achse

1 Beispiel Probekörperlabel A8

Bild 2 — Baujobkennzeichnung x-y-Richtung



- Z Z-Achse
A A-Niveau von Dichte/Oberflächenprobekörper
B B-Niveau von Dichte/Oberflächenprobekörper
a A-Niveau des Zugfestigkeitsprobekörpers im Ist-Zustand.
b B-Niveau des Zugfestigkeitsprobekörpers im Ist-Zustand.

- 1 Beispiel A8_C
2 Beispiel A8_2_m
3 Beispiel A8_1_ap

Legende

Bild 3 — Baujobkennzeichnung z-Richtung und Unterscheidung der Probekörper

Für die Maschinenbewertung muss eine repräsentative Anzahl jedes Probekörperpakets geprüft werden. Aufgrund der unterschiedlichen Fähigkeiten von Maschinen, die volle Feldlaser-Einwirkung umzusetzen, ist die Bauhülle in 4 gleiche Bereiche unterteilt. Von diesen Bereichen muss ein Minimum von 21 Probekörpern per Schicht (für rund gebaute Hüllen) oder ein Minimum von 25 Probekörpern per Schicht (für quadratisch gebaute Hüllen) für die Bewertung verwendet werden. Nach Vereinbarung kann eine andere Anzahl an Probekörpern in Erwägung gezogen werden.

Die spezifischen Positionen sind auf Bild 4 rot gekennzeichnet. Falls die Bauhülle aufgrund von Schraubenlöchern im Probekörperpaket, die berücksichtigt werden müssen, eingeschränkt ist, muss sie dementsprechend verschoben werden.

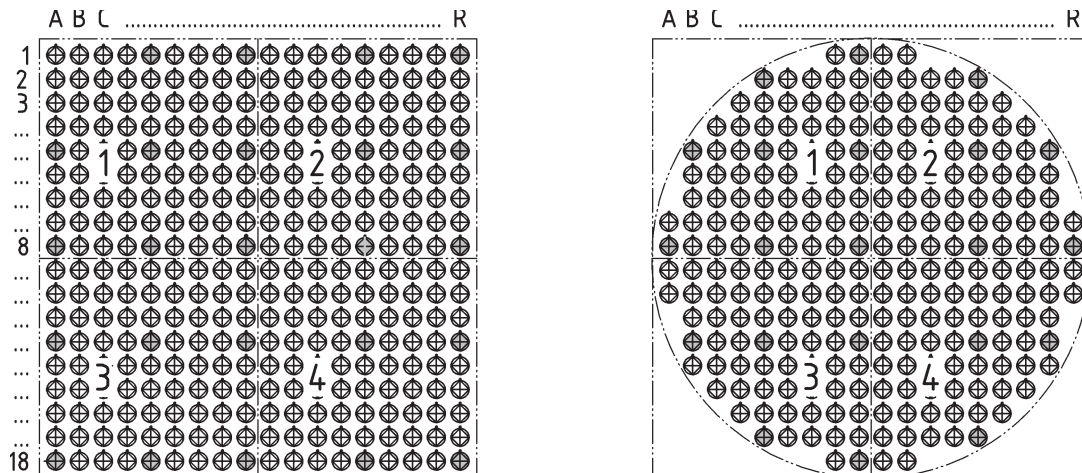


Bild 4 — Definition der Probekörperauswahl für rechteckige und zylinderförmige Bauhüllen

4.3 Maschinenleistungsmerkmale

4.3.1 Eingabedaten und Rahmenwerk

Um die Maschinenleistungsmerkmale gemäß der generischen Baujobproduktion berechnen zu können, müssen Dateneingaben bereitgestellt und aufgezeichnet werden. Die Dateneingabe muss in drei Bereiche aufgeteilt werden:

- 1) Technische Daten vom Maschinendatenblatt (Tabelle 2)

Tabelle 2 — Dateneingabe vom technischen Maschinendatenblatt

Merkmal	Einheit
Verfügbare Laserkraft	W
Anzahl Laser	—
Strahldurchmesser (anpassbar von ... bis ...)	µm
Laserantriebsmodus (z. B. durchgehender Modus, gepulster Modus)	—
Vorwärmtemperatur (max.)	°C
Bauraum [x-y-z*] *geringere Bauplattendicke	mm × mm × mm
Für Einbau erforderlicher Platz	m ²
Maschinengewicht	kg

- 2) Technische Daten, die den PBF-LB/M-Prozess zur Erstellung des generischen Baujobs beschreiben (Tabelle 3)

Tabelle 3 — Mindestdateneingabe vom PBF-LB/M-Prozess

Merkmal	Einheit
Anzahl der verwendeten Laser	—
Laserkraft eingesetzt (Hatch)	W
Schichtdicke (Hatch)	µm

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Merkmal	Einheit
Scangeschwindigkeit (Hatch)	mm/s
Hatchabstand (Hatch)	µm
Laserkraft eingesetzt (Kontur)	W
Schichtdicke (Kontur)	µm
Scangeschwindigkeit (Kontur)	mm/s
Volumen Baujob (V_{BJ})	cm ³
Dauer Baujob (t_{BJ})	h

Die in Tabelle 3 dargestellte Dateneingabe ist die zum Schaffen eines besseren Verständnisses für den Prozess erforderliche Mindestdatenmenge, die vom Maschinenhersteller zur Herstellung des generischen Baujobs verwendet wird. Zusätzlich dazu sollte der Maschinenhersteller Daten bereitstellen, die dem Anwender zu einem tieferen Verständnis für die Maschine und den angewendeten Prozess verhelfen. Eine Erklärung, welche Parameter nach ISO/ASTM DIS 52902 verwendet wurden, kann hinzugefügt werden.

3) Technische Daten, die das im PBF-LB/M-Prozess verwendete Rohmaterial beschreiben

Die im PBF-LB/M-Prozess verwendete Legierung darf vom Maschinenhersteller ausgewählt werden. Bei der Methodik verwendete Ausgangsstoffdaten müssen in einem Materialdatenblatt nach ISO/ASTM 52928 angegeben werden. In der Werks- und Standortabnahmeprüfung im Anwendungsfall darf die Legierung individuell zwischen Anwender und Maschinenhersteller vereinbart werden.

4.3.2 Definition der Maschinenleistungsmerkmale

Die hier vorgestellten Maschinenleistungsmerkmale sind Metriken für die Effizienzmessung und Informationen zu einer bestimmten Maschine. Als solche müssen sie als das Ergebnis einer generischen Baujoberstellung aus Benchmarking-Gründen festgelegt werden. Sie können dann als informative Unterstützung beim Beschaffungsprozess eingesetzt werden.

Es gibt zwei wesentliche Maschinenleistungsmerkmale, die für die Visualisierung und den Vergleich verschiedener Maschinen verwendet werden müssen. Dazu gehören:

1) Produktivitätsindikator K_p [cm³/h]

$$K_p = \frac{V_{BJ}}{t_{BJ}} \quad (1)$$

Dabei ist

V_{BJ} das Volumen des generischen Baujobs, abgestimmt auf die jeweilige Maschine [cm³];

t_{BJ} die erforderliche Zeit zum Abschließen des generischen Baujobs [h].

2) Vergleichspräzisionsindikator K_{rep} [-]

Zur Berechnung der Vergleichspräzisionsindikatoren muss im Voraus eine Referenz definiert werden. Die für dieses Dokument verwendete Referenz ist in Tabelle 4 angezeigt: