

DIN EN ISO/ASTM 52925



ICS 25.030

Einsprüche bis 2020-06-10

Entwurf

**Additive Fertigung –
Lasersintern von Polymerteilen/laserbasiertes pulverbettbasiertes
Schmelzen von Polymerteilen –
Qualifizierung von Materialien (ISO/ASTM DIS 52925:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52925:2020**

Additive manufacturing processes –

Laser sintering of polymer parts/laser-based powder bed fusion of polymer parts –

Qualification of materials (ISO/ASTM DIS 52925:2020);

German and English version prEN ISO/ASTM 52925:2020

Fabrication additive –

Principes de qualification –

Qualification des matériaux polymères pour la fusion sur lit de poudre utilisant un laser
(ISO/ASTM DIS 52925:2020);

Version allemande et anglaise prEN ISO/ASTM 52925:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-04-10 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 Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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.

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)
DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK)

Gesamtumfang 48 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52925:2020) 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 Arbeitsausschuss NA 145-04-03 GA, „Additive Fertigung — NWT & FNK Gemeinschaftsarbeitsausschuss Kunststoffe & Elastomere“ 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 internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 60:1977	siehe	DIN EN ISO 60:2000-01
ISO 61:1999	siehe	DIN EN ISO 61:2000-01
ISO 291:2008	siehe	DIN EN ISO 291:2008-08
ISO 307:2013	siehe	DIN EN ISO 307:2013-08
ISO 787-11:1981	siehe	DIN EN ISO 787-11:1995-10
ISO 1133-1:2011	siehe	DIN EN ISO 1133-1:2012-03
ISO 1133-2	siehe	DIN EN ISO 1133-2
ISO 3310 (all parts)	siehe	DIN ISO 3310 (alle Teile)
ISO 6186:1998	siehe	DIN EN ISO 6186:1998-08
ISO 11357-1:2016	siehe	DIN EN ISO 11357-1:2017-02
ISO/ASTM 52900:2015	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 60:2000-01, *Kunststoffe — Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die durch einen genormten Trichter abfließen können (Schüttdichte) (ISO 60:1977); Deutsche Fassung EN ISO 60:1999*

DIN EN ISO 61:2000-01, *Kunststoffe — Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die nicht durch einen gegebenen Trichter abfließen können (Stopfdichte) (ISO 61:1976); Deutsche Fassung EN ISO 61:1999*

DIN EN ISO 291:2008-08, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:2008); Deutsche Fassung EN ISO 291:2008*

DIN EN ISO 307:2013-08, *Kunststoffe — Polyamide — Bestimmung der Viskositätszahl (ISO 307:2007 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 307:2007 + A1:2013*

DIN EN ISO 787-11:1995-10, *Allgemeine Prüfverfahren für Pigmente und Füllstoffe — Teil 11: Bestimmung des Stampfvolumens und der Stampfdichte (ISO 787-11:1981); Deutsche Fassung EN ISO 787-11:1995*

DIN EN ISO 1133-1:2012-03, *Kunststoffe — Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten — Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren (ISO 1133-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 1133-1:2011*

DIN EN ISO 1133-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten — Teil 2: Verfahren für Materialien, die empfindlich gegen eine zeit- bzw. temperaturabhängige Vorgeschichte und/oder Feuchte sind (ISO 1133-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 1133-2:2011*

DIN EN ISO 6186:1998-08, *Kunststoffe — Bestimmung der Rieselfähigkeit (ISO 6186:1998); Deutsche Fassung EN ISO 6186:1998*

DIN EN ISO 11357-1:2017-02, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 11357-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 11357-1:2016*

DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie (ISO/ASTM 52900:2015); Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52900:2017*

DIN ISO 3310 (alle Teile), *Analysensiebe — Technische Anforderungen und Prüfung*

— Leerseite —

Additive Fertigung — Lasersintern von Polymerteilen/laserbasiertes pulverbettbasiertes Schmelzen von Polymerteilen — Qualifizierung von Materialien (ISO/ASTM DIS 52925:2020)

Fabrication additive — Principes de qualification — Qualification des matériaux polymères pour la fusion sur lit de poudre utilisant un laser (ISO/ASTM DIS 52925:2020)

Additive manufacturing processes — Laser sintering of polymer parts/laser-based powder bed fusion of polymer parts — Qualification of materials (ISO/ASTM DIS 52925:2020)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Formelzeichen und Abkürzungen	6
4.1 Formelzeichen	6
4.2 Abkürzungen	7
5 Probenahme	7
5.1 Allgemeines.....	7
5.2 Charakterisierung von Neupulver und Pulvergemischen.....	7
5.3 Charakterisierung von gebrauchtem Pulver.....	8
6 Werksprüfzeugnis	8
6.1 Allgemeines.....	8
6.2 Partikelgrößenverteilung.....	8
6.3 Restmonomergehalt/Extraktgehalt.....	9
6.4 Zusätzliche Angaben.....	9
7 Einflussfaktoren auf die Verarbeitbarkeit.....	9
7.1 Allgemeines.....	9
7.2 Rieselfähigkeit (Flowability) des Pulvers.....	10
7.3 Relative Feuchte des Pulvers (Oberflächenfeuchte).....	10
7.4 Partikelgrößenverteilung.....	10
8 Einflussfaktoren für Bauteilqualität.....	11
8.1 Allgemeines.....	11
8.2 Aufschmelzverhalten, Fließfähigkeit der Schmelze, MVR.....	11
8.2.1 Allgemeines.....	11
8.2.2 Laborverfahren	12
8.2.3 Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	12
8.3 Schmelztemperatur, Rekristallisationstemperatur	13
Anhang A (informativ) Hausnerzahl (H_R)	15
A.1 Allgemeines.....	15
A.2 Bestimmung der Hausnerzahl	15
A.3 Ringversuch Hausnerzahl.....	16
Anhang B (informativ) Bestimmung der Schmelze-Volumenfließrate (MVR).....	18
B.1 Allgemeines.....	18
B.2 MVR-Messgerät.....	18
B.3 Konditionierung der Probe	18
B.4 Raumklima.....	18
B.5 Präzision	18
B.6 Ablauf der MVR-Bestimmung.....	19
B.7 Erfahrungen.....	19
Anhang C (informativ) Ringversuch MRV	21

Literaturhinweise.....	24
------------------------	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52925:2020) 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 52925:2020 wurde von CEN als prEN ISO/ASTM 52925:2020 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.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, in Zusammenarbeit mit ASTM F42, Komitee F42, *Additive Manufacturing Technologies*, auf der Grundlage eines Partnerschaftsvertrags zwischen ISO und ASTM International mit dem Ziel, einen gemeinsamen Satz von ISO/ASTM-Normen zur Additiven Fertigung zu schaffen.

Hierbei handelt es sich um die erste Ausgabe dieses Dokuments.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt spezifische Parameter und Empfehlungen für die Qualifizierung von Polymerwerkstoffen fest, die für das Laser-Sintern bestimmt sind. Die in diesem Dokument aufgeführten Parameter und Empfehlungen beziehen sich hauptsächlich auf den Werkstoff Polyamid 12 (PA12), es wird aber auch auf Polyamid 11 (PA11) Bezug genommen. Die hier dargelegten Parameter und Empfehlungen sind möglicherweise nicht auf andere Polymerwerkstoffe anwendbar.

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 — Terminology*

ASTM D6779, *Standard Classification System for and Basis of Specification for Polyamide Molding and Extrusion Materials (PA)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in ISO/ASTM 52900 angegebenen Begriffe und Definitionen.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken zur Verwendung in der Normung unter folgenden Adressen bereit:

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

4 Formelzeichen und Abkürzungen

4.1 Formelzeichen

In dieser Norm werden die nachfolgend aufgeführten Formelzeichen verwendet:

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
D_{v10}	10%-Quantil der Partikelgröße bezogen auf das Probenvolumen	μm
D_{v50}	50%-Quantil der Partikelgröße bezogen auf das Probenvolumen	μm
D_{v90}	90%-Quantil der Partikelgröße bezogen auf das Probenvolumen	μm
H_R	Hausnerzahl	—
s_T	Standardabweichung der Wiederholbarkeit	—
s_R	Standardabweichung der Vergleichbarkeit	—
T_B	Verarbeitungstemperaturbereich	$^{\circ}\text{C}$
T_{ic}	Anfangstemperatur Kristallisieren	$^{\circ}\text{C}$

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
T_{im}	Anfangstemperatur Schmelzen	°C
V_{∞}	Schüttvolumen	ml
V_0	Stampfvolumen	ml
η_{rel}	relative Viskosität	—
ρ_{∞}	Schüttdichte	g/ml
ρ_0	Stampfdichte	g/ml

4.2 Abkürzungen

In dieser Norm werden die nachfolgend aufgeführten Abkürzungen verwendet:

AM	Additive Manufacturing (additive Fertigung)
DSC	Dynamic Scanning Calorimetry (dynamische Differenzkalorimetrie)
GPC	Gel-Permeations-Chromatografie
MFI	Melt Flow Index (Schmelzfließindex)
MFR	Melt Mass Flow Rate (Schmelze-Massefließrate)
MVR	Melt Volume Flow Rate (Schmelze-Volumenfließrate)
PA11	Polyamid 11
PA12	Polyamid 12
RoHS	Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances (Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe)

5 Probenahme

5.1 Allgemeines

Bei der Untersuchung einer kleinen Pulverprobe hinsichtlich ihrer Qualität und Eignung für den Laser-Sinter-Prozess, muss sichergestellt werden, dass diese Probe repräsentativ für die Gesamtpulvermenge ist.

5.2 Charakterisierung von Neupulver und Pulvergemischen

Jede Neupulvercharge muss geprüft werden, genauso wie jedes Pulvergemisch aus gebrauchtem Pulver und Neupulver nach den in dieser Norm aufgeführten Messmethoden geprüft werden sollte. Die Prüfung des Pulvergemisches wird für die Serienfertigung empfohlen, um eine gleichbleibende Qualität der Bauteile zu gewährleisten. Um den Prüfaufwand möglichst gering zu halten und eine gute Homogenität des Pulvers zu gewährleisten, sollte die Chargengröße des Pulvergemisches so groß wie möglich sein.

5.3 Charakterisierung von gebrauchtem Pulver

Da unterschiedliche Temperaturhistorien innerhalb eines Teils des verwendeten Pulverkuchens stark unterschiedliche Materialqualitäten ergeben können, muss eine Homogenisierung der Gesamtpulvermenge Voraussetzung für die Entnahme einer repräsentativen Pulverprobe sein.

In der Praxis kann dies z. B. durch eine gründliche Durchmischung des Pulvers in einem Mischer erfolgen. Anschließend kann die Pulverprobe an einer beliebigen Stelle entnommen werden. Steht kein ausreichend großer Mischer zur Verfügung, so dürfen mehrere Proben (mindestens fünf zu je 20 g) an verschiedenen Stellen entnommen und vermischt werden. Aus dieser Mischung dürfen dann die Proben für die Analytik entnommen werden.

WICHTIG — Die Homogenisierung der Gesamtmenge ist der Homogenisierung von Einzelproben vorzuziehen.

6 Werksprüfzeugnis

6.1 Allgemeines

Das Werksprüfzeugnis sollte chargenspezifische Messwerte zu Kenngrößen des Pulvers enthalten, die kritisch für den Verarbeitungsprozess sein können.

Jedes Werksprüfzeugnis muss die Daten nach 6.2 bis 6.4 enthalten.

6.2 Partikelgrößenverteilung

Die Partikelgrößenverteilung beeinflusst die Rieselfähigkeit sowie die Schüttdichte maßgebend und ist somit für die Prozessfähigkeit und die Bauteileigenschaften mitverantwortlich. Typische Angaben sind die D_{v10} -, D_{v50} - und D_{v90} -Werte. Diese entsprechen der Partikelgröße, bei der 10 %, 50 % oder 90 % Volumenanteil des Pulvers kleiner als dieser Wert sind. Eine volumen- oder massebezogene Auswertung wird hier gegenüber einer anzahlbezogenen Auswertung bevorzugt, da kleine Partikel nur einen geringen Masse- oder Volumenanteil ausmachen, auch wenn sie in hoher Anzahl vorhanden sind.

Ein hoher Anteil an großen Partikeln verschlechtert die Oberflächenqualität und Detailauflösung des Bauteils. Als Maß für den Grobanteil kann die Angabe des D_{v90} -Werts herangezogen werden, das heißt, 10 % Volumenanteil des Pulvers sind größer als diese Partikelgröße.

Ein hoher Anteil an feinen Partikeln sorgt für mehr Feinstaub, welcher zu einer Verunreinigung der AM-Maschine und ihres Umfelds führen kann. Je kleiner die Partikel sind, desto größer ist das Oberflächen-Volumen-Verhältnis und desto stärker sind die Oberflächenkräfte sowie die elektrostatische Aufladung. Dadurch verschlechtert sich die Rieselfähigkeit und es kann zu Anhaftungen von Pulver z. B. auf dem Beschichtungssystem kommen. Ein Maß für den Feinanteil ist der D_{v10} -Wert, das heißt, 10 % Volumenanteil des Pulvers sind kleiner als diese Partikelgröße.

Die mittlere Partikelgröße (D_{v50} -Wert) ist ein guter Anhaltspunkt für die resultierende Oberflächenrauigkeit der Bauteile, da diese vorwiegend durch an den Teilen anhaftende und von teilweise verschmolzenen Partikel bestimmt wird.

WICHTIG — Es müssen mindestens die Werte für D_{v10} , D_{v50} und D_{v90} angegeben werden. Eine komplette Angabe der Partikelgrößenverteilung ist vorteilhaft.

Die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung wird in 7.4 beschrieben.

6.3 Restmonomergehalt/Extraktgehalt

Der Restmonomergehalt/Extraktgehalt eines Laser-Sinter-Pulvers sollte so niedrig wie möglich sein, um Ausgasungen aus dem Pulver gering zu halten. Diese Monomerausgasungen können an kälteren Stellen der Maschine für additive Fertigung kondensieren und zur Verschmutzung des Systems führen. Bei optischen Elementen führt diese Verschmutzung zu einer Absorption von Laserstrahlung, wodurch die am Baufeld ankommende Laserleistung vermindert wird. Dies kann zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften und der Bauteildichte führen. An mechanisch belasteten Komponenten kann die Verschmutzung zur schnelleren Alterung oder im Extremfall zum Versagen führen.

WICHTIG — Der Restmonomergehalt ist in Prozent Massenanteil anzugeben und sollte bei Polyamid 11- und Polyamid 12-Pulvern unter 0,5 % liegen.

6.4 Zusätzliche Angaben

Im Normalfall ist die Rezeptur des Pulvers geheim und wird nicht offengelegt. Der Einkäufer kann im Regelfall davon ausgehen, dass der Materiallieferant seine Rezeptur beibehält und der Gehalt an Füllstoffen und Zusatzstoffe von Charge zu Charge konstant ist und bei der Produktion überwacht wird. Ohne vorherige Zustimmung seitens des Kunden ist keine Änderung der Rezeptur oder der Zusatzstoffe zulässig. Eine explizite Angabe im Werksprüfzeugnis ist, wie auch bei Kunststoffgranulaten für Spritzgussanwendungen, unüblich. Das Pulver muss entsprechend der Spezifikationen, wie zum Beispiel ASTM D6779, zertifiziert werden. Dass die Rezeptur keine gesundheitlich bedenklichen Stoffe enthält, wird durch die Erstellung entsprechender Zertifikate (z. B. Sicherheitsdatenblatt, „Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals“, EU-Richtlinie 2011/65/EU) bestätigt. Beispiele für wichtige Rezepturbestandteile und deren Auswirkung auf Bauteileigenschaften sind:

- Stabilisatoren: Diese vermeiden den thermischen Abbau im Polymer und beeinflussen auch die mechanischen Eigenschaften des daraus hergestellten Bauteils.
- Füllstoffe (z. B. Glaskugeln): Füllstoffe im Polymer beeinflussen die mechanischen Eigenschaften des Bauteils.
- Flammenhemmer: Diese beeinflussen die Brandeigenschaften der aus dem Werkstoff hergestellten Bauteile.
- Zusatzstoffe: Abhängig vom späteren Einsatz können bestimmte Zusatzstoffe vertraglich ausgeschlossen werden.

WICHTIG — Die ergänzenden Angaben müssen abhängig vom gewünschten Einsatzgebiet zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

7 Einflussfaktoren auf die Verarbeitbarkeit

7.1 Allgemeines

Viele Eigenschaften des Kunststoffpulvers entscheiden letztendlich darüber, ob ein im Laser-Sinter-Prozess entstehendes Bauteil den gestellten Anforderungen entspricht oder nicht. Bei vielen dieser Eigenschaften sind die Toleranzgrenzen allerdings stark abhängig von der AM-Maschine und/oder den verwendeten Verarbeitungsparametern. Aus diesem Grund werden in diesem Abschnitt nur Einflussfaktoren behandelt, die eine grundsätzliche Verarbeitbarkeit unmöglich machen, das heißt mithilfe der im Folgenden beschriebenen Messungen kann ungeeignetes Material ausgeschlossen werden.

7.2 Rieselfähigkeit (Flowability) des Pulvers

Die Rieselfähigkeit und das Fließverhalten des Pulvers entscheidet über die Qualität der Pulverbeschichtung. Wenn ein Pulver schlecht rieselfähig ist, weil es eine ungünstige Partikelform und/oder -verteilung hat oder zu stark elektrostatisch aufgeladen ist, so ist sowohl die Pulverzufuhr in die Prozesskammer als auch die Beschichtung als dünne Pulverschicht in der AM-Maschine nicht sichergestellt. Ein Pulver mit unzureichender Rieselfähigkeit muss detektiert und ausgeschlossen werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Rieselfähigkeit von Pulvern zu bestimmen, und ihre Verwendung als Laser-Sinter-Pulver wird derzeit untersucht. Eine Möglichkeit, die in einem Ringversuch gute Ergebnisse gezeigt hat (Anhang A), ist die Bestimmung der Hausnerzahl H_R . Diese basiert auf der Bestimmung der Rieselfähigkeit nach ISO 6186 und der Bestimmung der Schüttdichte nach ISO 60. Während die beiden letzten Verfahren sehr genau in den entsprechenden Normen definiert werden, ist die Ermittlung der Hausnerzahl bisher nicht standardisiert. Auf die Definition der Hausnerzahl H_R , ihre messtechnische Bestimmung und ihre Signifikanz wird in Anhang A dieser Norm ausführlich eingegangen.

7.3 Relative Feuchte des Pulvers (Oberflächenfeuchte)

Bei der Bewegung der Pulverkörner entsteht durch Berührung und anschließende Trennung der Oberflächen eine Ladungstrennung und damit eine elektrostatische Aufladung des Pulvers. Da der Kunststoff ein Isolator ist, kann kein Ladungsausgleich innerhalb der einzelnen Partikel stattfinden. Die Entladung findet — abgesehen von der Ableitung über die Umgebungsluft — über die Oberflächenfeuchte der Partikel statt. Die von der Oberflächenfeuchte hervorgerufene elektrische Leitfähigkeit der Pulver ist also entscheidend für den Abbau elektrostatischer Spannungen im Inneren des Pulvervolumens.

Da es auf die Feuchte an der Partikeloberfläche ankommt, ist eine Messung der Feuchte über eine sogenannte Feuchtwage nicht aussagekräftig. Bei diesem Verfahren wird der Gewichtsverlust einer Probe durch Temperaturerhöhung gemessen. Gerade bei Polyamiden nimmt aber auch das Polymer selbst Wasser auf und diese Feuchte entweicht beim Aufheizen ebenfalls. Somit kann nicht unterschieden werden, ob das Wasser wirksam für die Entladung an der Partikeloberfläche oder in den Partikeln eingeschlossen war.

Als alternatives Verfahren bietet sich darum ein Feuchtemessgerät mit Einstecklanze an. Bei diesem Messverfahren wird die relative Feuchte der Luft bestimmt. Die Messlanze (der Fühler) kann in das Pulver hineingesteckt werden, da die relative Feuchte der Luft ein indirektes Indiz für die Oberflächenfeuchte des Pulvers ist. Je höher die gemessene relative Luftfeuchte, desto höher ist auch die Oberflächenfeuchte des Pulvers. Für reproduzierbare Messungen sollte die Lanze immer mit der gleichen Tiefe ins Pulverbett gesteckt werden. Die Tiefe sollte mindestens 200 mm betragen. Für PA12 und PA11 haben sich auf diese Weise gemessene relative Luftfeuchten von 40 % bis 60 % als ideal für die Verarbeitung der Pulver erwiesen.

7.4 Partikelgrößenverteilung

Die Verteilung der Partikelgrößen im Pulver hat — wie bereits in 6.2 beschrieben — Einfluss auf die Prozessfähigkeit und/oder die Bauteilqualität, weshalb diese auch bei Pulvergemischen aus gebrauchtem Pulver und Neupulver überwacht werden sollte. Für die Prozessfähigkeit ist ein zu hoher Grobanteil des Pulvers problematisch. Diese großen Partikel können bei der Beschichtung Fehler erzeugen (z. B. Streifen oder Kratzer) oder im Extremfall sogar kleine Bauteile verschieben. Der Grobanteil hat zudem Einfluss auf die Oberflächenqualität und Detailauflösung des Bauteils. Der Grobanteil wird durch den D_{v90} -Wert charakterisiert.

Der Feinanteil verursacht aufgrund interpartikulärer Wechselwirkungen, elektrostatischer Aufladung und dadurch bedingter schlechter Rieselfähigkeit ebenfalls Fehler bei der Beschichtung. Der Feinanteil wird durch den D_{v10} -Wert charakterisiert.

Analytisch lassen sich Grob- und Feinanteil über verschiedene Messverfahren ermitteln.

Am bekanntesten ist die Laserbeugung nach ISO 13320. Hier werden die Pulver, dispergiert in Druckluft (Trockenmessung) oder in flüssigem Dispersionsmittel (Nassmessung), in einen Laser-Strahlengang gebracht und die Partikelgrößenverteilung über Detektoren, die das Streulichtmuster erfassen, errechnet.

Ein weiteres Verfahren stellt die optische Bildanalyse dar. Man unterscheidet zwischen der statischen Bildanalyse für ruhende Partikel (ISO 13322-1) und der dynamischen Bildanalyse für sich bewegende, in Luft oder Flüssigkeit dispergierte Partikel (ISO 13322-2). Beide Varianten beruhen auf der Analyse der 2-D-Gegenlichtprojektionen der erfassten Pulverpartikel, aus der sowohl die Partikelgrößenverteilung als auch die Partikelform (u. a. die Sphärizität) errechnet werden.

Ein robustes Verfahren zur Analyse von Pulvern ist die Siebanalyse nach ASTM D1921 oder ISO 3310. Hier wird eine Pulverprobe in einem Turm mit mehreren Sieben aufgegeben, wobei deren Maschenweiten von oben nach unten immer feiner werden. Durch Auswaage der einzelnen Fraktionen, die in den jeweiligen Sieben zurückgeblieben sind, ist es möglich, die Partikelgrößenverteilung des Pulvers durch das Gewicht der einzelnen Fraktionen festzustellen.

Für die Pulverüberwachung könnte man in einer einfachen Version nur ein einziges Grobsieb einsetzen, damit den reinen Grobanteil ermitteln und eine interne Grenze für Grobgut festlegen. Die Maschenweite des Grobsiebs sollte mit der hinterher zu verwendenden Schichtstärke korrelieren (je dünner die Schichten, desto feiner das Sieb). Es müssen Maschenweiten von 120 µm bis 200 µm verwendet werden. Der Grobanteil, der auf diesem Sieb zurückbleibt, sollte bei maximal 5 % liegen. Es sollten keine Verschmutzungen oder extrem große Partikel/Agglomerate erkennbar sein. Mit diesem Verfahren kann man unzureichend gesiebtes Pulver oder eine Beschädigung des Siebs in der Pulveraufbereitung sehr zuverlässig erkennen.

8 Einflussfaktoren für Bauteilqualität

8.1 Allgemeines

Die Bauteilqualität wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. In den folgenden Abschnitten werden die Eigenschaften des Materials beschrieben, die einen Einfluss auf das Bauteilergebnis haben und durch analytische Methoden messbar sind.

8.2 Aufschmelzverhalten, Fließfähigkeit der Schmelze, MVR

8.2.1 Allgemeines

Maßgeblich beeinflusst wird die Fließfähigkeit einer Polymerschmelze von der Molekulargewichtsverteilung, von der Temperatur der Schmelze sowie dem Druck und der Scherung. Je höher die Temperatur der Schmelze ist, desto niedriger ist die Viskosität. Beim Laser-Sintern ist dieser Einfluss in noch stärkerem Maße ausgeprägt als in den üblichen kunststoffverarbeitenden Prozessen, da die Scherung und der Druck fehlen. Hier entscheiden Temperatur, Molekülform und Kettenlänge, ob das Pulver einen ausreichenden Schmelzefilm ausbildet, wie viele Poren im Bauteil zurückbleiben und wie gut die Anbindung an die vorhergehende Schicht ist. Das Fließverhalten der Schmelze gibt somit einen Hinweis auf die Bauteilmechanik und die Schichtanbindung.

Die Prozessparameter (z. B. Laserleistung und Scangeschwindigkeit des Lasers) werden üblicherweise so gewählt, dass sich eine homogene Schmelzeschicht ausbildet. Eine zu geringe Fließfähigkeit der Schmelze führt zu Poren im Bauteil oder zu schlechter Anbindung der Schichten. Beide Effekte können die Bauteilmechanik negativ beeinflussen. Somit ist die Kontrolle der Schmelzeviskosität sowohl bei Neupulver als auch bei Pulvergemischen von hoher Bedeutung für den Bau von qualitativ hochwertigen Teilen.