

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren  
Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen  
Güteüberwachung  
Additive manufacturing processes  
Laser sintering of polymer parts  
Quality control

VDI 3405  
Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>2</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>3</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Begriffe .....</b>	<b>3</b>	<b>3 Terms and definitions .....</b>	<b>3</b>
<b>4 Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>4</b>	<b>4 Symbols and abbreviations .....</b>	<b>4</b>
<b>5 Einordnung dieser Richtlinie in das VDI-Richtlinienwerk zu den additiven Fertigungsverfahren .....</b>	<b>5</b>	<b>5 Classification of this standard in the VDI Standards for additive manufacturing processes.....</b>	<b>5</b>
<b>6 Prüfung des Ausgangsmaterials .....</b>	<b>6</b>	<b>6 Testing of the feedstock .....</b>	<b>6</b>
6.1 Wareneingangskontrolle .....	6	6.1 Incoming goods inspection .....	6
6.2 Überwachung von Pulvergemischen aus Neupulver und gebrauchtem Pulver.....	9	6.2 Monitoring of powder mixtures of new powder and used powder.....	9
<b>7 Bauzyklusüberwachung .....</b>	<b>9</b>	<b>7 Build cycle monitoring .....</b>	<b>9</b>
7.1 Überwachungsintervall und Anlagenzertifizierung.....	10	7.1 Monitoring interval and system certification.....	10
7.2 Überwachung pro Bauzyklus .....	11	7.2 Monitoring per build cycle .....	11
7.3 Kontinuierliche Überwachung für jede Schicht .....	11	7.3 Continuous monitoring of each layer .....	11
<b>8 Prüfen der Bauteilqualität mittels standardisierter Testverfahren .....</b>	<b>13</b>	<b>8 Testing part quality using standardised test methods .....</b>	<b>13</b>
8.1 Prüfbauzyklus und Anlagenqualifizierung	14	8.1 Test build and system certification .....	14
8.2 Mechanische Bauteilprüfung .....	16	8.2 Mechanical part testing.....	16
8.3 Zerstörungsfreie Bauteilprüfung .....	17	8.3 Non-destructive part testing.....	17
<b>9 Qualitätsstandards .....</b>	<b>18</b>	<b>9 Quality standards .....</b>	<b>18</b>
9.1 Empfehlungen .....	18	9.1 Recommendations.....	18
9.2 Prüfstrategien .....	20	9.2 Testing strategies .....	20
<b>10 Folgeprozesse.....</b>	<b>23</b>	<b>10 Downstream processes .....</b>	<b>23</b>
<b>11 Sicherheit und Umwelt .....</b>	<b>24</b>	<b>11 Safety and the environment.....</b>	<b>24</b>
<b>Anhang Ringversuch Anlagenqualifizierung.....</b>	<b>25</b>	<b>Annex Round robin test for system qualification</b>	<b>25</b>
Schrifttum .....	28	Bibliography .....	28

VDI-Gesellschaft Produktionstechnik und Logistik (GPL)

Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren

**VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 2: Fertigungsverfahren**

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3405](http://www.vdi.de/3405).

## Einleitung

In der vorliegenden Richtlinie sind wesentliche Gesichtspunkte zusammengestellt, die bei der additiven Fertigung mit Laser-Sintern für die Bauteilgüte von Bedeutung sein können und überwacht werden sollten. Dazu gibt die Richtlinie einen Überblick über die Prüfung des Ausgangsmaterials, die Inline-Prozessüberwachung und die Prüfung der generierten Bauteileigenschaften anhand von Probekörpern. Die Richtlinie beinhaltet ebenfalls Hinweise zu Qualitätsstandards und Folgeprozessen.

Die Forderung an die additive Fertigung ist die Herstellung von Bauteilen mit gleich bleibenden Bauteileigenschaften und gleich bleibender Qualität von Bauprozess zu Bauprozess. Die Reproduzierbarkeit additiv gefertigter Produkte steht daher im Vordergrund dieser Richtlinie. Zur Realisierung reproduzierbarer Teileigenschaften müssen Anlagen und deren Parameter derart spezifiziert werden, dass ein qualifizierter Anlagenbetrieb möglich ist.

Die komplexen Wechselwirkungen zwischen Material, eingestellten Prozessparametern und den sich daraus ergebenden Prozessbedingungen und den resultierenden Bauteileigenschaften werden erklärt. Dazu gibt diese Richtlinie eine zusammenfassende Übersicht zu Methoden und Verfahren, die zur Prüfung des Ausgangsmaterials, zur Prozessüberwachung und zum Prüfen der Bauteilqualität empfohlen werden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich an Materialhersteller, Materiallieferanten, an Anwender und Produzenten von pulverbettbasierten additiven Fertigungsanlagen, die das Laser-Sintern (LS) anwenden, sowie

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/3405](http://www.vdi.de/3405).

## Introduction

The present standard summarises key aspects which may be relevant to the component quality built by additive manufacturing with laser sintering and should be monitored. The standard gives an overview of the testing of the source material, in-line process control and testing of part properties on the basis of test specimens. This standard also contains information about quality standards and downstream processes.

The claim for additive manufacturing is the production of parts with constant component properties and quality from building process to building process. This standard will therefore focus on the reproducibility of additively manufactured products. To realise reproducibility in the production of parts, the system requirements and their parameters must be specified to achieve qualified plant operation.

The complex interactions between material, selected process parameters, the resulting process conditions and the resulting part properties are explained. To this end, this standard provides a summary of methods and procedures recommended for qualifying the feedstock, for the process monitoring and the part quality.

## 1 Scope

This standard is directed towards material manufacturers, material suppliers, users and producers of powder-bed additive production equipment using laser sintering (LS), as well as designers, users and

an Konstrukteure, Anwender und Produzenten von mit diesen Maschinen hergestellten Produkten aus Kunststoffen.

Diese Richtlinie gibt praxiserprobte Hinweise und Empfehlungen. Sie erleichtert die Anwendung einheitlicher Referenzwerte und Qualitätsüberwachungssysteme für das Laser-Sintern.

Die Anwendung dieser Richtlinie setzt die in VDI 3405 vermittelten Grundkenntnisse über den Prozessablauf der verschiedenen pulverbettbasierten Verfahren voraus. Auf Details der in der Praxis eingesetzten pulverbettbasierten Verfahren wird nur insoweit eingegangen, wie dies für das Verständnis der Aussagen erforderlich ist.

Die in dieser Richtlinie vorgestellten Empfehlungen wurden mit Blick auf Polyamid 12 (PA12) erstellt. Die Übertragbarkeit auf andere Materialien ist im Einzelfall zu prüfen.

## 2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

- DIN 53477:2018-09 Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung der Korngrößenverteilung von Formmassen durch Trocken-Siebanalyse
- DIN EN ISO 60:2000-01 Kunststoffe; Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die durch einen genormten Trichter abfließen können (Schüttdichte)
- DIN EN ISO 307:2013-08 Kunststoffe; Polyamide; Bestimmung der Viskositätszahl
- DIN EN ISO 3167:2014-11 Kunststoffe; Vielzweckprobekörper
- DIN EN ISO 4610:2002-04 Kunststoffe; Vinylchlorid-Homo- und Copolymerisate; Siebanalyse mit der Luftstrahl-Siebmaschine
- DIN EN ISO 6186:1998-08 Kunststoffe; Bestimmung der Rieselfähigkeit
- DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06 Additive Fertigung; Grundlagen; Terminologie
- ISO 13320:2009-10 Partikelmessung durch Laserlichtbeugung
- ISO 13322 Partikelgrößenanalyse; Bildanalyseverfahren
- VDI 3405:2014-12 Additive Fertigungsverfahren; Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen

producers of polymer products manufactured with such machines.

This standard provides practice-proven advices and recommendations. It facilitates the application of uniform reference values and quality monitoring systems for laser sintering.

The application of this standard requires the basic knowledge of the process flow of the various powder-bed based processes imparted in VDI 3405. Details of the powder-bed based processes used in practice are only regarded to an extent necessary for understanding the statements.

The recommendations presented in this standard are based on polyamide 12 (PA12). Transferability to other materials must be checked for each individual case.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

- DIN 53477:2018-09 Testing of plastics; Determination of particle size distribution of moulding materials by dry sieving analysis
- DIN EN ISO 60:2000-01 Plastics; Determination of apparent density of material that can be poured from a specified funnel
- DIN EN ISO 307:2013-08 Plastics; Polyamides; Determination of viscosity number
- DIN EN ISO 3167:2014-11 Plastics; Multipurpose test specimens
- DIN EN ISO 4610:2002-04 Plastics; Vinyl chloride homopolymer and copolymer resins; Sieve analysis using air-jet sieve apparatus
- DIN EN ISO 6186:1998-08 Plastics; Determination of pourability
- DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06 Additive manufacturing; General principles; Terminology
- ISO 13320:2009-10 Particle size analysis; Laser diffraction methods
- ISO 13322 Particle size analysis; Image analysis methods
- VDI 3405:2014-12 Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Basics, definitions, processes