

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren
Anwendersicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen
Laser-Sintern von Kunststoffen
Additive manufacturing processes
User safety on operating the manufacturing facilities
Laser sintering of polymers

VDI 3405
Blatt 6.2 / Part 6.2

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
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Abkürzungen	6
5 Potenzielle Gefährdungen beim Laser-Sintern	6
5.1 Wareneingangskontrolle bzw. Pulverprüfung im Rahmen der Wiederaufbereitung	7
5.2 Lagerung von Pulvermaterialien	8
5.3 Umgang mit verschiedenen Kunststoffen	8
5.4 Pulvervorbereitung und Wiederaufbereitung von Pulver (Sieben und Mischen)	8
5.5 Anlagenvorbereitung	8
5.6 Bauprozess – Betrieb der Maschine	9
5.7 Schritte der Bauteilentnahme	9
5.8 Schritte der Bauteilnachbearbeitung	10
5.9 Abfalllagerung	12
6 Potenzielle Gefährdungen bei Reinigung, Wartung, Umbau und Instandhaltung	12
6.1 Reinigung für Materialwechsel	12
6.2 Wechsel der Umluftfilter	12
6.3 Reinigung der Räumlichkeiten	13
6.4 Eingriff in die Anlage im Rahmen von Vermessung und Kalibrierung (Überbrückung)	13
6.5 Umbauten und Eingriff in Anlagen (Überbrückung)	13
7 Gefährdungsbeurteilung und Rangfolge der Schutzmaßnahmen	14
7.1 Gefährdungsbeurteilung	14
7.2 Rangfolge der Schutzmaßnahmen	15

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Abbreviations	6
5 Potential hazards of laser sintering	6
5.1 Incoming goods inspection and powder testing as part of reprocessing	7
5.2 Storage of powder materials	8
5.3 Handling different polymers	8
5.4 Powder preparation and reprocessing (sieving and blending)	8
5.5 Machine preparation	8
5.6 Build process – Operation of the machine	9
5.7 Part removal process	9
5.8 Part post-processing	10
5.9 Waste storage	12
6 Potential hazards associated with cleaning, maintenance, refitting, and repair	12
6.1 Cleaning prior to material change	12
6.2 Changing the recirculated air filters	12
6.3 Cleaning the premises	13
6.4 Intervention in the machine for measurement and calibration purposes (bypass)	13
6.5 Modifications and intervention in machines (bypass)	13
7 Risk assessment and hierarchy of protective measures	14
7.1 Risk assessment	14
7.2 Hierarchy of protective measures	15

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren

VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 2: Fertigungsverfahren

Inhalt	Seite
8 Empfehlungen für die arbeitssichere Prozessgestaltung	16
8.1 Wareneingangskontrolle und Pulverprüfung im Rahmen der Wiederaufbereitung.....	16
8.2 Lagerung von Pulvermaterialien und bauliche Anforderungen an die Pulverlagerung	17
8.3 Umgang mit verschiedenen Materialien	17
8.4 Pulvervorbereitung und Wiederaufbereitung von Pulver (Sieben und Mischen)	17
8.5 Anlagenvorbereitung.....	18
8.6 Bauprozess – Betrieb der Maschine.....	18
8.7 Schritte der Bauteilentnahme	19
8.8 Schritte der Bauteilnachbearbeitung.....	20
8.9 Abfalllagerung	22
9 Empfehlungen für die Gestaltung der Arbeiten bei Reinigung, Wartung, Umbau und Instandhaltung	22
9.1 Reinigung für Materialwechsel	22
9.2 Wechsel der Umluftfilter	23
9.3 Reinigung der Räumlichkeiten.....	23
9.4 Externe Dienstleister und Besucher	24
10 Persönliche Schutzausrüstung (PSA) und Verhaltenshinweise	24
10.1 Handschutz.....	24
10.2 Hautschutz	25
10.3 Atemschutz	25
10.4 Kleidung und Schuhe	26
Anhang Checkliste für den arbeitssicheren Technologieeinstieg.....	27
Schrifttum	29

Contents	Page
8 Recommendations for safe process design	16
8.1 Incoming goods inspection and powder testing as part of reprocessing	16
8.2 Storage of powder materials and construction requirements for powder storage.....	17
8.3 Handling different materials.....	17
8.4 Powder preparation and reprocessing (sieving and blending)	17
8.5 Machine preparation	18
8.6 Build process – Operation of the machine.....	18
8.7 Part removal process.....	19
8.8 Part post-processing.....	20
8.9 Waste storage.....	22
9 Recommendations for the organisation of cleaning, maintenance, refitting, and repair work	22
9.1 Cleaning prior to material change.....	22
9.2 Changing the recirculated air filters.....	23
9.3 Cleaning the premises.....	23
9.4 External service providers and visitors	24
10 Personal protective equipment (PPE) and codes of conduct	24
10.1 Hand protection	24
10.2 Skin protection.....	25
10.3 Respiratory equipment.....	25
10.4 Clothing and shoes.....	26
Annex Checklist for safe working with new technology.....	27
Bibliography	29

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), 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 und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3405.

Einleitung

Diese Richtlinie beschreibt ein einheitliches Vorgehen, um den sicheren Betrieb von additiven Fertigungsanlagen, die Kunststoffe mit dem Laser-Sinterverfahren (siehe VDI 3405 und VDI 3405 Blatt 1) verarbeiten, zu gewährleisten. Die Relevanz und Anwendbarkeit bestehender Vorschriften benachbarter Technologiefelder wird im Einzelfall bewertet. Es werden relevante technische Regeln, Vorschriften und Gesetze aufgeführt und Empfehlungen gegeben, wie diese bei den unterschiedlichen Schritten des Laser-Sinterns praktisch umgesetzt werden können.

Die Motivation für die Erstellung dieser Richtlinie bestand darin, Aspekte der Anwendersicherheit über die gesamte Prozesskette des Laser-Sinterns aufzuzeigen. Anwendern soll mit diesem Dokument ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, das Antworten oder Hinweise auf möglichst alle Fragen gibt, die im Zuge der Erarbeitung oder Aufrechterhaltung eines sicheren Betriebs von Laser-Sinteranlagen aufkommen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich vorrangig an Betreiber von Laser-Sinteranlagen und an Personen oder Unternehmen, die die Beschaffung und den Betrieb einer Laser-Sinteranlage planen. Diese Richtlinie wendet sich auch an

- Organisationen, die Betreiber dieser Anlagen bezüglich der Sicherheitsvorkehrungen beraten,
- Lieferanten von Anlagen und von Ausrüstung zum sicheren Betrieb 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) 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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3405.

Introduction

This standard describes a consistent procedure to ensure the safe operation of additive manufacturing machines which process polymers by means of laser sintering (see VDI 3405 and VDI 3405 Part 1). The relevance and applicability of existing provisions for related fields of technology are evaluated on a case-by-case basis. Relevant technical rules, regulations, and laws are cited, and recommendations are given regarding practical implementation in different stages of the laser sintering process.

The motivation for developing this standard was the need to highlight aspects of user safety across the entire laser sintering process chain. This document is intended to provide users with a guide that addresses every possible question that arises when planning and ensuring the safe operation of laser sintering machines.

1 Scope

This standard is primarily directed towards operating companies with laser sintering machines and people or companies planning to acquire or operate a laser sintering machine. This standard is also aimed at

- organisations which provide safety advice to operating companies of these machines,
- suppliers of machines and equipment required for safe operation, and

- Logistikdienstleister für die Handhabung von Gefahrgut.

Diese Richtlinie gilt für Laser-Sinteranlagen mit CE-Kennzeichen, die für den sicheren Betrieb geschlossen sind (siehe Definition in Abschnitt 3: geschlossene Anlage).

Betreiber (= Arbeitgeber) von Laser-Sinteranlagen sind verpflichtet, vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen (§ 3 und § 5 ArbSchG, § 6 GefStoffV, § 3 OStrV) und zu dokumentieren. Hierbei soll das vorliegende Dokument praxistauglich und verständlich unterstützen.

Diese Richtlinie gilt für das Laser-Sintern von Materialien, die keine Stoffe mit kanzerogener, mutagener oder reproduktionstoxischer Wirkung nach § 2 (3) GefStoffV enthalten und deren Zersetzungsprodukte beim bestimmungsgemäßen Gebrauch der AM-Maschine ebenfalls frei von solchen Stoffen sind.

Diese Richtlinie wurde spezifisch für das Laser-Sintern erstellt. Teile dieser Richtlinie können dennoch auch für verwandte additive Fertigungsverfahren wie Multijet-Fusion oder Highspeed-Sintering relevant sein.

- logistics providers involved in the handling of hazardous goods.

This standard applies to laser sintering machines with a CE label which are enclosed for safe operation (see definition in Section 3: enclosed machine).

Operating companies (= employers) of laser sintering machines are obliged to perform and document a risk assessment before commencing their activities (§ 3 and § 5 ArbSchG – German Occupational Health and Safety Act, § 6 GefStoffV – German Hazardous Substances Ordinance, § 3 OStrV – German Occupational Safety and Health Ordinance on Artificial Optical Radiation). This standard is intended to provide clear and practical guidance to assist operating companies with this task.

It applies to the laser sintering of materials which do not contain carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic substances in accordance with § 2 (3) GefStoffV and – when the additive manufacturing machine is used as intended – whose products of decomposition are also free from such substances.

Although this standard was specifically created for laser sintering, parts of it may also be relevant to related additive manufacturing processes, such as multi-jet fusion or high-speed sintering.