

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren
Anwendersicherheit beim Betrieb
Systematische Abschätzung der Gefährdung
durch das Material bei der Anlagenplanung

Additive manufacturing processes
User safety during operating
Systematic assessment of the risk
posed by the material during system planning

VDI 3405
Blatt 6 / Part 6

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
1 Anwendungsbereich.....	2	1 Scope.....	2
2 Normative Verweise.....	3	2 Normative references.....	3
3 Begriffe.....	3	3 Terms and definitions.....	3
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	4	4 Symbols and abbreviations.....	4
5 Vorgehensmodell zur systematischen Abschätzung der Gefährdungen durch das Material.....	5	5 Procedure model for systematic assessment of the hazards posed by the material.....	5
5.1 Abschätzung der Gefährdung durch das Material.....	7	5.1 Assessment of the risk posed by the material.....	7
5.2 Abschätzung der Gefährdung pro Prozessschritt infolge der Materialhandhabung.....	8	5.2 Estimation of the hazard per process step as a result of material handling.....	8
5.3 Abschätzung der Gefährdung durch das Material in einem Prozessschritt.....	9	5.3 Assessment of the risk posed by the material in a process step.....	9
Anhang Beispielanwendung des Vorgehensmodells für das pulverbettbasierte Schmelzen von Metall mittels Laserstrahl (PBF-LB/M).....	12	Annex Example application of the process model for powder bed- based melting of metal using a laser beam (PBF-LB/M).....	12
Schrifttum	18	Bibliography.....	18

VDI-Gesellschaft Produktion 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), 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

Bei der Planung einer Fertigungsstätte für die additive Fertigung sollten mögliche Gesundheitsgefährdungen entlang der Prozessschritte der gesamten Prozesskette frühzeitig identifiziert werden, um Investitionen für den Gesundheitsschutz im Budget zu berücksichtigen und um nachträgliche, meist kostspieligere Nachrüstungen zu vermeiden (Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz). Dafür soll diese Richtlinie bereits frühzeitig im Rahmen der Investitionsentscheidung in die additive Fertigung sowie vor der Planung der Implementierung eingesetzt werden. Anwendenden soll mit dieser Richtlinie ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, das Antworten oder Hinweise auf möglichst alle Fragen gibt, die im Zuge der Planung eines sicheren Betriebs von additiven Fertigungsanlagen aufkommen.

Diese Richtlinie beschreibt ein einheitliches Vorgehen, um Informationen zur Abschätzung der Gesundheitsgefährdung durch das Material pro Prozessschritt zu gewinnen. Die Richtlinie basiert auf dem Vorgehensmodell nach *Mahr, Bay et al.* [1].

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie wendet sich vorrangig an Personen oder Unternehmen, die die Beschaffung und den Betrieb von additiven Fertigungsanlagen planen. Zusätzlich wendet sich die Richtlinie an Organisationen, die Betreiber dieser Anlagen bezüglich der Sicherheitsvorkehrungen beraten, an Lieferanten und Hersteller von Anlagen, Materialien und von Ausrüstung zum sicheren Betrieb sowie an Lo-

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

When planning a production facility for additive manufacturing, potential health hazards along the process steps of the entire process chain should be identified at an early stage in order to take investments for health protection into account in the budget and to avoid subsequent, usually more costly retrofitting (health and safety at work). To this end, this standard should be used at an early stage when deciding to invest in additive manufacturing and before planning implementation. This standard is intended to provide users with a tool that provides answers or information to as many questions as possible that arise in the course of planning the safe operation of additive manufacturing systems.

This standard describes a standardised procedure for obtaining information for estimating the health risk posed by the material for each process step. The standard is based on the procedure model according to *Mahr, Bay et al.* [1].

1 Scope

The standard is primarily aimed at persons or companies planning the procurement and operation of additive manufacturing systems. In addition, the standard is aimed at organisations that advise operators of these systems on safety precautions, suppliers and manufacturers of systems, materials and equipment for safe operation, and logistics service providers for the handling of hazardous goods. The

gistikdienstleister für die Handhabung von Gefahrgut. Die Richtlinie ist als Einstieg in die Bewertung der Gesundheitsgefährdungen additiver Fertigungsprozesse zu verstehen und bildet damit eine Basis für verfahrensspezifische Richtlinien und Regelwerke, die für weitergehende Analysen und die konkrete Gestaltung der einzelnen Prozessschritte anzuwenden sind (siehe dazu auch VDI 3405 Blatt 6.1 bis Blatt 6.3).

Die Richtlinie stellt ein Vorgehensmodell vor, um die Gesundheitsgefährdung, die aus der Handhabung und Verarbeitung von Materialien in den einzelnen Prozessschritten der additiven Fertigung resultiert, systematisch abschätzen zu können. Dadurch stellt die Richtlinie eine Hilfestellung dar, um systematisch verschiedene Materialien für die additive Fertigung hinsichtlich deren Gesundheitsgefährdung zu vergleichen. Darüber hinaus ermöglicht das Vorgehensmodell eine spezifische Abschätzung der Gesundheitsgefährdung durch das Material für alle Prozessschritte der additiven Prozesskette. Dadurch können Prozessschritte mit hoher Gesundheitsgefährdung identifiziert und die Notwendigkeit von Schutzvorkehrungen abgeleitet werden. Daneben können Maschinen verschiedener Hersteller und deren Prozesskette hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung durch das Material vor oder im Rahmen der Investitionsentscheidung verglichen werden.

Das Vorgehen ersetzt keine notwendige Gefährdungsbeurteilung der einzelnen Prozessschritte, sondern soll als Ergänzung dazu dienen. Das Vorgehen betrachtet insbesondere die Bewertung von Fehlbedienung oder unzulässiger Handhabung nicht.

Eine Abschätzung der Brand- und Explosionsgefährdung sowie der Maschinensicherheit erfolgt in dieser Richtlinie nicht.

standard is to be understood as an introduction to the assessment of health hazards in additive manufacturing processes and thus forms a basis for process-specific standards and regulations that are to be applied for further analyses and the specific design of the individual process steps (see also VDI 3405 Part 6.1 to Part 6.3).

The standard presents a procedural model for systematically assessing the health hazards resulting from the handling and processing of materials in the individual process steps of additive manufacturing. The standard thus provides assistance in systematically comparing different materials for additive manufacturing with regard to their health hazards. In addition, the process model enables a specific assessment of the health risk posed by the material for all process steps in the additive process chain. This allows process steps with a high health risk to be identified and the need for protective measures to be derived. In addition, machines from different manufacturers and their process chains can be compared in terms of the health risk posed by the material before or as part of the investment decision.

The procedure does not replace a necessary risk assessment of the individual process steps but is intended to supplement it. In particular, the procedure does not consider the assessment of incorrect operation or unauthorised handling.

An assessment of fire and explosion hazards and machine safety is not carried out in this standard.