

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren  
Gestaltungsempfehlungen  
Bauteile aus keramischen Werkstoffen  
Additive manufacturing processes  
Design rules  
Parts using ceramic materials

VDI 3405  
Blatt 8.1 / Part 8.1

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 Begriffe .....</b>	<b>2</b>	<b>2 Terms and definitions .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Herstellung und Eigenschaften keramischer Bauteile.....</b>	<b>6</b>	<b>3 Manufacture and properties of ceramic parts.....</b>	<b>6</b>
3.1 Eigenschaften und Anwendungen.....	6	3.1 Properties and applications.....	6
3.2 Prozess .....	9	3.2 Process.....	9
3.3 Allgemeine Gestaltungsempfehlungen für keramische Bauteile .....	12	3.3 General design recommendations for ceramic parts.....	12
<b>4 Gestalterische Freiräume und Limitationen der additiven Fertigung.....</b>	<b>13</b>	<b>4 Design freedom and limitations of additive manufacturing .....</b>	<b>13</b>
4.1 Funktionsorientierung.....	13	4.1 Functional orientation.....	13
4.2 Integration von Funktionen.....	13	4.2 Integration of functions.....	13
4.3 Hinterschnittfreiheit .....	13	4.3 Freedom to use undercuts .....	13
4.4 Topologieoptimierung und Leichtbau .....	14	4.4 Topology optimisation and lightweight design.....	14
4.5 Bauteilorientierung und Anisotropie.....	14	4.5 Part orientation and anisotropy .....	14
4.6 Stützkonstruktionen .....	15	4.6 Support structures .....	15
4.7 Oberflächengüte.....	16	4.7 Surface finish.....	16
4.8 Porosität .....	17	4.8 Porosity.....	17
<b>5 Für Keramiken geeignete additive Fertigungsverfahren .....</b>	<b>17</b>	<b>5 Additive manufacturing processes suitable for ceramics.....</b>	<b>17</b>
5.1 Materialextrusion mittels Düse – kaltplastisch und thermoplastisch .....	19	5.1 Material extrusion by means of a nozzle – cold plastics and thermoplastics .....	19
5.2 Materialextrusion mit Siebdrucksieb oder Siebdruckschablone – 3-D-Siebdruck.....	22	5.2 Material extrusion with screen printing screen or screen printing stencil – 3D screen printing .....	22
5.3 Freistrahle-Bindemittelauftrag (Binder Jetting) .....	24	5.3 Binder jetting .....	24
5.4 Badbasierte Fotopolymerisation.....	26	5.4 Vat photopolymerisation .....	26
5.5 Freistrahle-Materialauftrag .....	29	5.5 Material jetting .....	29
<b>6 Spezifische Stärken und Einsatzgebiete.....</b>	<b>31</b>	<b>6 Specific strengths and application fields .....</b>	<b>31</b>
Schrifttum .....	33	Bibliography .....	33
Benennungsindex englisch – deutsch.....	34	Term index German – English.....	34

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](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 und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3405](http://www.vdi.de/3405).

## Einleitung

Diese Richtlinie gibt aufbauend auf allgemeinen Gestaltungsempfehlungen für keramische Werkstoffe spezifische Gestaltungsempfehlungen für verschiedene Verfahren der additiven Fertigung. Als zusätzlicher Aspekt wird die beim Sintern auftretende Schwindung berücksichtigt.

### 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich an Produktplaner und Konstrukteure, die Bauteile aus keramischen Werkstoffen nutzen wollen. Sie vermittelt die notwendigen Grundkenntnisse zu keramischen Bauteilen und zu den besonderen Möglichkeiten der additiven Fertigung von Keramiken. Daher werden tiefere Vorkenntnisse auf diesen Gebieten nicht vorausgesetzt.

## 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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/3405](http://www.vdi.de/3405).

## Introduction

Based on general design recommendations for ceramic materials, this standard provides specific design recommendations for various additive manufacturing processes. As an additional aspect, the shrinkage occurring during sintering is taken into account.

### 1 Scope

This standard is aimed at product planners and designers who want to use parts made of ceramic materials. It provides the necessary basic knowledge about ceramic parts and the special possibilities of additive manufacturing of ceramics. Therefore, more in-depth previous knowledge in these areas is not assumed.