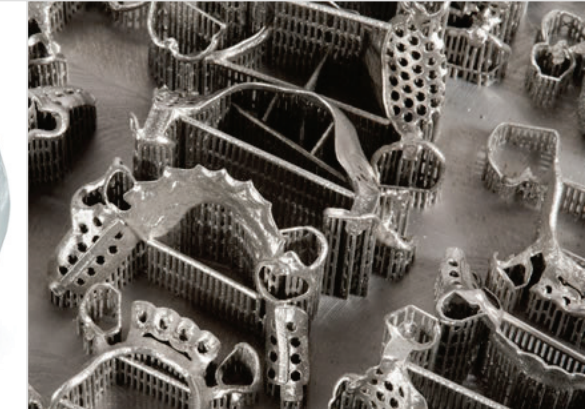
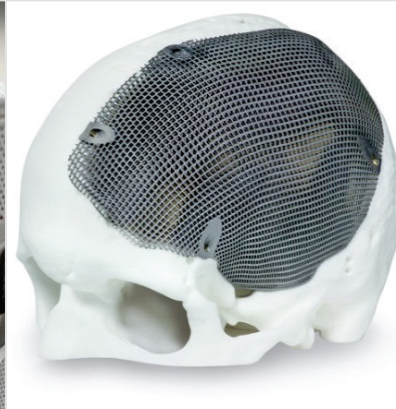


FERTIGUNGSPLANUNG IN DER ADDITIVEN FERTIGUNG



Wintersemester 2021/22

GLIEDERUNG

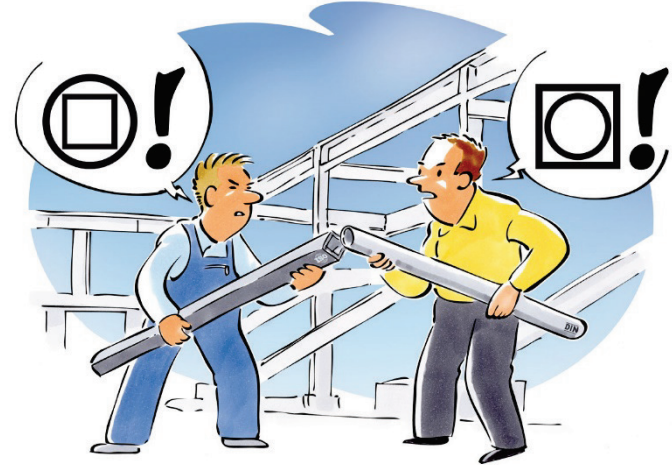
1. Einführung in das Thema Fertigungsplanung
2. **Standardisierung in der AM**
3. Prozesskette der Additiven Fertigung
4. Produktentstehungsprozess
5. Modelle und Prototype
6. Rapid Manufacturing
7. Gestaltung der Additiven Fertigungsprozesse
 - 7.1. Additive Fertigungsverfahren
 - 7.2. Planung der Prozesse
8. Nachbearbeitung von additiv gefertigten Teilen
9. Mechanische Bearbeitung
10. Qualitätssicherung und Prüfplanung
11. Kostenplanung

STANDARDISIERUNG

Definitionen, Begrifflichkeiten

Was ist die Standardisierung?

Standardisierung ist die Vereinheitlichung von Gegenständen und Verfahrensweisen, wobei sie miteinander verbunden sind. Standardisierte Verfahren benötigen standardisierte Ausgangsprodukte und liefern standardisierte Endprodukte. In Technik und Produktion wird jedoch häufig der Begriff „Normung“ anstelle von „Standardisierung“ verwendet.



Allgemein wird als Ziel der Standardisierung „Rationalisierung durch Vereinheitlichung“ angegeben

STANDARDISIERUNG

Definitionen, Begrifflichkeiten

Was sind die Vorteile einer Standardisierung?

- Kostenersparnisse durch spezialisierte Materialien, Maschinenbauformen und Arbeitsweise
- Austauschbarkeit der Bauteile
- Nutzung von standardisierten Schnittstellen zu Entwicklern und Geschäftspartnern
- Minimierung des Koordinationsaufwands
- Transparenz, bessere Überwachung und Auswertbarkeit durch Kennzahlen
- Sicherung der Reproduzierbarkeit

Welche Nachteile können entstehen?

Zu viele, insbesondere zu tiefgreifende Standardisierungen bei Arbeitsabläufen können die Prozesse negativ beeinflussen. Am häufigsten anzutreffend sind:

- geringe Flexibilität, erschwerte Anpassungsfähigkeit bei Veränderungen
- geringer Handlungsspielraum
- Gefährdung der Mitarbeiter-Motivation durch monotone Tätigkeiten
- Vernachlässigung innovativer Lösungen durch „Betriebsblindheit“.

STANDARDISIERUNG

Definitionen, Begrifflichkeiten

Richtlinie

Eine Richtlinie beschreibt die Beurteilungs- und Bewertungskriterien in einer richtungsweisenden Arbeitsunterlage sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis. Damit bildet die Richtlinie einen Maßstab für einwandfreies technisches Vorgehen und gibt den Fachleuten die Sicherheit sich an den festgelegten Regeln der Technik zu orientieren. Die Richtlinien haben den Charakter von Empfehlungen.



Im Maschinenbau sind die Richtlinien des VDI sehr verbreitet.



STANDARDISIERUNG

Definitionen, Begrifflichkeiten

Normen

Eine Norm ist ein Standard, der die gesicherten Ergebnisse von Wissenschaft, Technik und Erfahrung zusammenfasst und der Allgemeinheit dient. Dieses Dokument wird mit Konsens erstellt und von einer anerkannten Institution angenommen (z.B. DIN). Normen legen die allgemeine und wiederkehrende Anwendung von Regeln, Leitlinien oder Merkmale für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse fest, wobei ein optimaler Ordnungsgrad in einem gegebenen Zusammenhang angestrebt wird.



Im Maschinenbau werden nationale und internationale Normen angewendet.



STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Entwicklungen in den letzten Jahren

VDI als Vorreiter der Standardisierung

Zum ersten Mal hat sich eine deutsche Arbeitsgruppe im VDI dieser Thematik im Jahr 2003 angenommen und Empfehlungen für Standards mit Vertretern aus Lehre, Forschung und Industrie erarbeitet. Die VDI-Richtlinie zur Additiven Fertigung **VDI 3404** wurde dann als Ergebnis dieser Arbeitsgruppe **2009 veröffentlicht**.

Auch in den USA kam die Diskussion naturgemäß parallel auf. Die Struktur der normgebenden Gremien ist dort leider aber nicht so klar wie in Deutschland und auch noch mehr kommerziell getrieben. Am umfangreichsten wurden bei ASTM (**American Society for Testing and Materials**) an verschiedenen Normen gearbeitet. Hier wurde ab 2009 das Committee für AM gegründet. **Seit 2009** wurden in USA **14 Standards** für Additive Fertigung **verabschiedet**.

Additive Fertigung - 1 Einführung

STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Entwicklungen in den letzten Jahren

- 2003 Gründung des VDI TC Rapid Prototyping (heute FA 105 Additive Manufacturing)
- 2009 SME und ASTM beginnen ihre Kooperation im Bereich Normung
- 2009 Gründung des ASTM F42 Additive Manufacturing Technologies
- 2010 DIN Arbeitsausschuss NA 145-04-01 AA „Grundlagen und Prüfverfahren“ im Fachbereich „Additive Fertigung“ gegründet
- 2011 Gründung des ISO TC 261 Additive Manufacturing
- 2011 Kooperationsvereinbarung zwischen ASTM und ISO
- 2012 Start des Europäischen SASAM Projekts
- 2013 ASTM und ISO intensivieren ihre Zusammenarbeit mit dem Joint Plan for AM Standards Development
- 2015 Gründung des CEN TC 438 Additive Manufacturing
- 2015 Gründung des 3MF consortium (3MF Dateiformat)
- 2016 Gründung der America Makes & ANSI Additive Manufacturing Standardization Collaborative (AMSC)
- 2016 Veröffentlichung der AM Standards Structure von ASTM und ISO
- 2017 Veröffentlichung der Normungsroadmap von AMSC für die Additive Fertigung

STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

VDI Richtlinie 3405

- VDI 3405 - Additive Fertigungsverfahren - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen
- VDI 3405 - Blatt 1 (Additive Fertigungsverfahren, Rapid Manufacturing – Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen - Güteüberwachung)
- VDI 3405 - Blatt 2 (Additive Fertigungsverfahren - Strahlschmelzen metallischer Bauteile - Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung)
- VDI 3405 - Blatt 3 (Additive Fertigungsverfahren - Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen)
- VDI 3405 - Blatt 4 (Additive Fertigungsverfahren - extrusionsbasierte additive Fertigung von Kunststoffbauteilen)
- VDI 3405 - Blatt 5 (Additive Fertigungsverfahren - rechtliche Aspekte der additiven Fertigungsverfahren)
- VDI 3405 - Blatt 6 (Additive Fertigungsverfahren - Anwendersicherheit beim Betrieb der Anlagen)
- VDI 3405 - Blatt 7 (Additive Fertigungsverfahren - Güteklassen für add. gefertigte Kunststoffbauteile)
- VDI 3405 - Blatt 8 (Additive Fertigungsverfahren; Ermittlung von mechanischen Kenndaten für keramische Bauteile – in Planung)

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Additive Fertigungsverfahren Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen Additive manufacturing processes rapid manufacturing Basics, definitions, processes		VDI 3405	
Die aktuelle Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		The current version of this standard shall be taken as action relevant. Amendments can be given with respect to the English translation.		Angew. durch möglichste frühe Normung	
Inhalt	Seite	Contents	Page		
Vorbemerkung	2	Professors note	2		
Scope	2	Introduction	2		
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	2		
2 Begriffe	3	2 Terms and definitions	3		
3 Abkürzungen	4	3 Abbreviations	4		
4 Bauverfahren und Verwendungszweck	5	4 Component types and intended purpose	5		
5 Verfahrensgrundlagen	6	5 Process fundamentals	6		
5.1 Prozessarten	6	5.1 Process classes	6		
5.2 Verfahrenstechnologien basierend auf schmelzfesten Systemen	7	5.2 Technological processes based on nonmelting systems	7		
5.3 Nachbearbeitung	12	5.3 Post-processing	12		
6 Datenaustausch	24	6 Data exchange	24		
6.1 Identifizierung	24	6.1 Data flow	24		
6.2 Datenformate	28	6.2 Data formats	28		
6.3 Datenorganisation	29	6.3 Data organization	29		
7 Anforderungen an die Bauteile und Anzahlen einer für einen additiven Fertigung	31	7 Performance of the components and selection criteria of the suitable additive process	31		
7.1 Anforderungen an die Bauteile und Qualitätsmerkmale	31	7.1 Performance criteria and quality characteristics	31		
7.2 Auswahlkriterien für die additive Fertigungsverfahren	32	7.2 Selection criteria for additive manufacturing techniques	32		
8 Bauteile und Prozessprüfung	33	8 Component and process testing	33		
8.1 Anforderungen für die Bauteile und Qualitätsmerkmale	33	8.1 Component specifications and quality criteria	33		
8.2 Prüfung der Bauteile	35	8.2 Component test	35		
9 Anforderungen und Liefervereinbarungen	36	9 List of requirements and supply agreements	36		
10 Sicherheit und Umwelt	36	10 Safety and environment	36		
Anhang – Ergänzung zu Abschnitt 9	37	Anhang – Additive to Section 9	37		
Schluss	40	Bibliography	40		

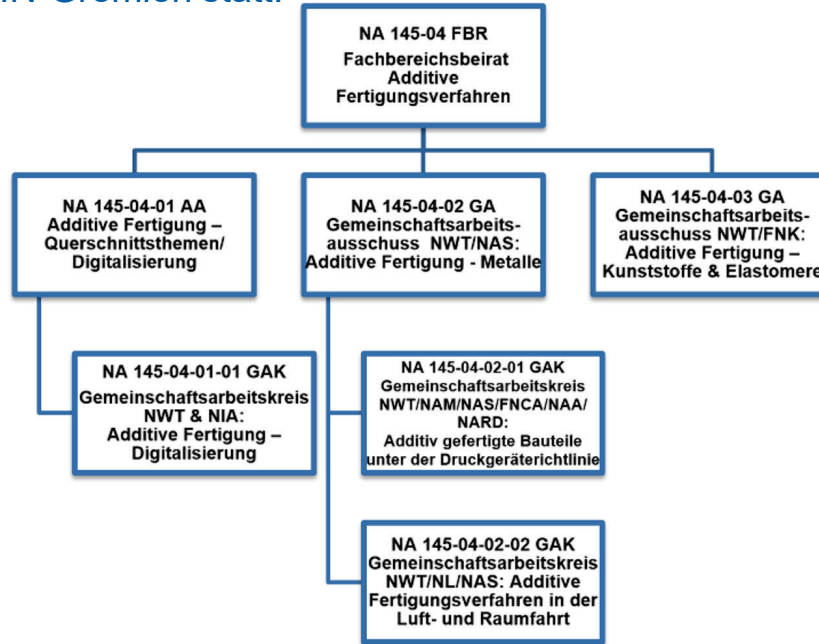
STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Die nationale Normung im Bereich der Additiven Fertigung findet in den folgenden DIN-Gremien statt:

- NA 145-04 FBR „Fachbereichsbeirat Additive Fertigungsverfahren“
- NA 145-04-01 AA „Additive Fertigung – *Querschnittsthemen/Digitalisierung*“,
- NA 145-04-01-01 GAK „Additive Fertigung – NWT & NIA Gemeinschaftsarbeitskreis: *Digitalisierung*“
- NA 145-04-02 GA „Additive Fertigung – NWT & NAS Gemeinschaftsarbeitsausschuss: *Metalle*“
- NA 145-04-02-01 GAK „Additive Fertigung – NWT/NAM/NAS/FNCA Gemeinschaftsarbeitskreis: *Additiv-gefertigte Bauteile unter der Druckgeräterichtlinie*“
- NA 145-04-02-02 GAK „Additive Fertigung – Gemeinschaftsarbeitskreis NWT/NL/NAS: *Additive Fertigungsverfahren in der Luft- und Raumfahrt*“
- NA 145-04-03 GA „Additive Fertigung – NWT & FNK Gemeinschaftsarbeitsausschuss: *Kunststoffe & Elastomere*“

STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Die nationale Normung im Bereich der Additiven Fertigung findet in den folgenden DIN-Gremien statt:



STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Internationale Zusammenarbeit

- **2011 Gründung des ISO TC 261 Additive Manufacturing**

Diese Komitee ist das wichtigste internationale Gremium zur Standardisierung in der additiven Fertigung. Derzeit sind 32 Länder im Komitee involviert und 22 Standards in Entwicklung. Eine geregelte Vernetzung ist bereits mit etwa 20 weiteren ISO-Komitees installiert. Darüber hinaus bestehen Liaisons mit den Organisationen ASTM, CECIMO und EWF. Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel (Fraunhofer IGCV) hat zum 01. Januar 2019 offiziell den Vorsitz des ISO-Komitees übernommen.

- **2011 Kooperationsvereinbarung zwischen ISO und ASTM**

Auf Basis dieser Kooperationsvereinbarung werden zwischen dem Technischen Komitee ISO/TC 261 und dem ASTM-Komitee F42 „Additive Manufacturing Technologies“ in gemeinsamen Arbeitsgruppen Normen zur Additiven Fertigung erstellt.

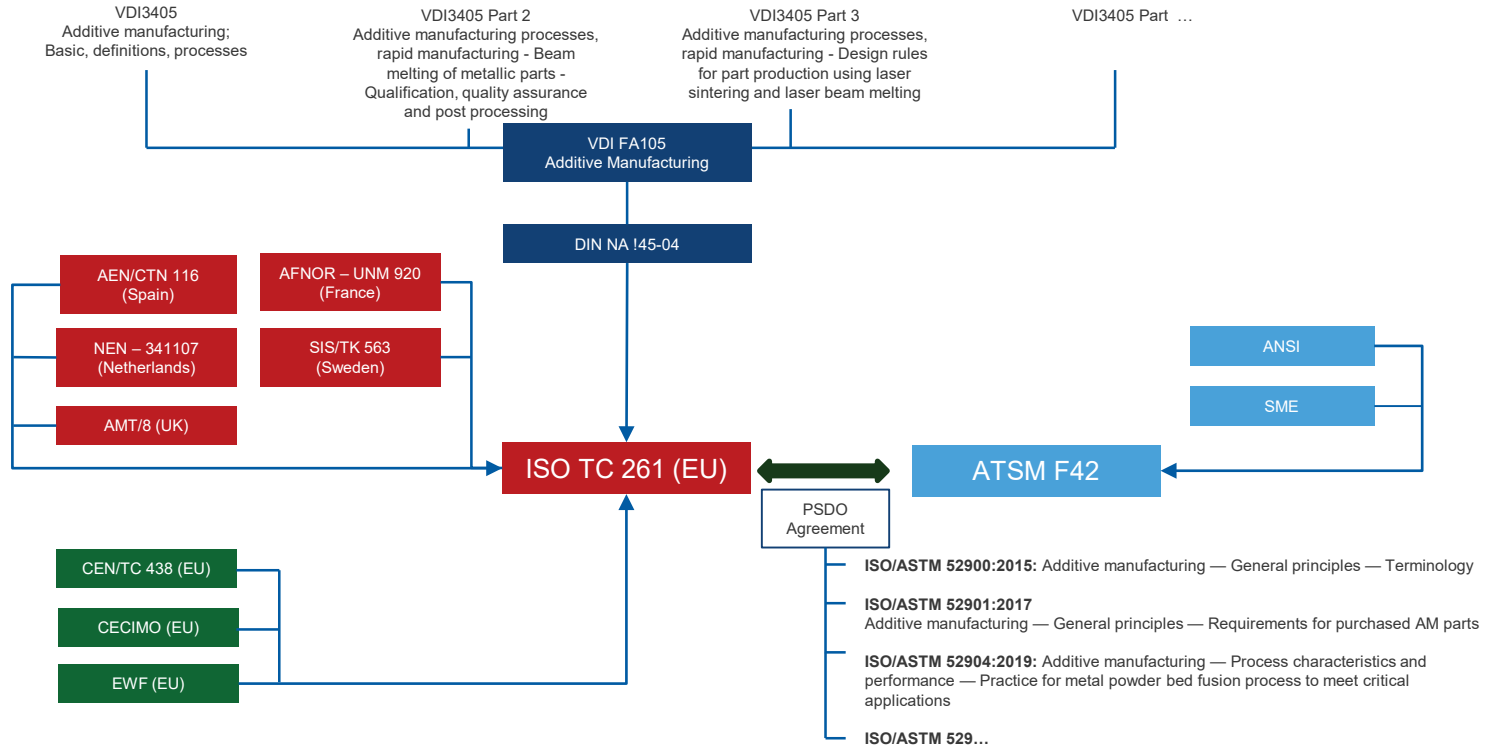
STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

ASTM F42/ISO TC 261 Develops Additive Manufacturing Standards



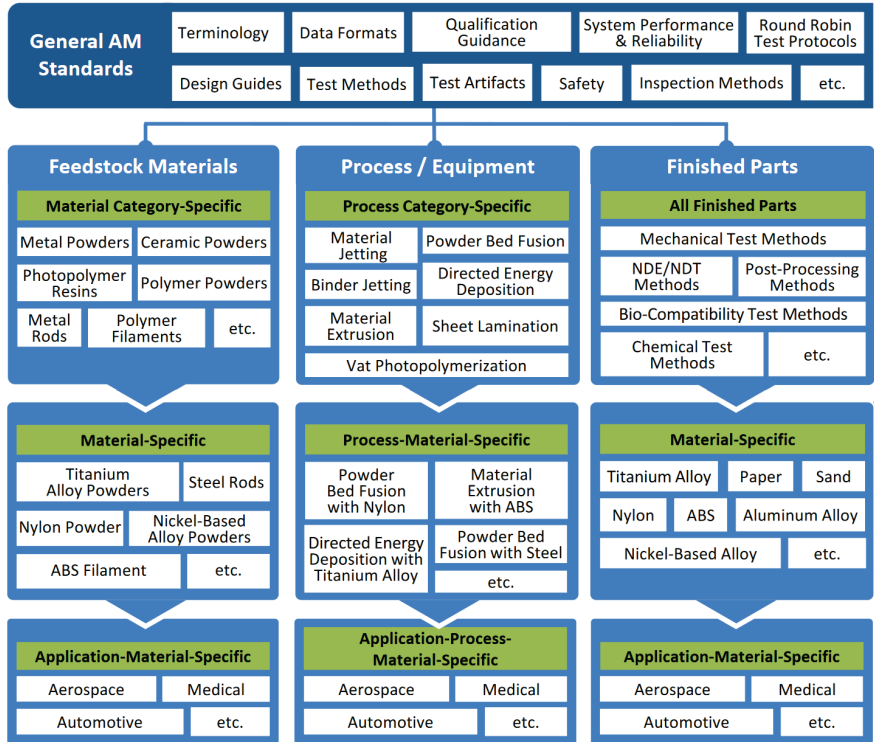
STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

VDI-Richtlinien als Grundlage für internationale Standards



STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Additive Manufacturing Standards Structure



General Top-Level AM Standards

- General concepts
- Common requirements
- Generally applicable

Category AM Standards

Specific to material category or process category

Specialized AM Standards

Specific to material, process, or application



STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Internationale Normen (publiziert)

- **ISO/ASTM 52900:2015** – Grundlagen – Terminologie
- **ISO/ASTM 52901:2017** – Grundlagen – Anforderungen an erworbene additiv gefertigte Bauteile
- **ISO/ASTM 52904:2019** – Prozessanforderungen und Qualifizierung - Verwendung des pulverbettbasierten Schmelzens von Metallen bei kritischen Anwendungen
- **ISO/ASTM 52907: 2019** – Ausgangswerkstoffe - Verfahren zur Charakterisierung von Metallpulvern
- **ISO/ASTM 52910:2018** – Konstruktion - Anforderungen, Richtlinien und Empfehlungen
- **ISO/ASTM 52915:2016** – Spezifikation Dateiformat für Additive Fertigung (AMF)
- **ISO/ASTM 52921:2013** – Grundlagen - Standardpraxis der Positionierung, Koordinaten und Ausrichtung des Bauteils
- **ISO/ASTM 52911-1 & 52911-2** (Entwurf, Einspruch abgelaufen) – Technische Konstruktionsrichtlinie für Pulverbettffusion – Laserbasierte Pulverbettffusion von Polymeren (Teil 1) & von Metallen (Teil 2)
- **ISO/ASTM DIS 52902:2018** – Testkörper - Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung additiver Fertigungssysteme

https://www.iso.org/ics/25_030/x/

STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

Internationale Normen (Entwürfe bei ISO/TC261, Stand 04/2020)

ISO/ASTM	Title
ISO/ASTM 52903	Standard specification for material extrusion based AM of plastics
ISO/ASTM 52905	General principles –Non-destructive testing of additive manufactured products
ISO/ASTM 52906	Non-Destructive Testing and Evaluation –Standard Guideline for intentionally seeding flaws in additively manufactured (AM) parts
ISO/ASTM 52908	Post-processing methods -Standard specification for quality assurance and post processing of powder bed fusion metallic parts
ISO/ASTM 52909	Finished part properties –Standard guideline for orientation and location dependence of mechanical properties for metal powder bed fusion
ISO/ASTM 52911-3	Design –Standard Guideline for electron-based powder bed fusion of metals
ISO/ASTM 52912	Functionally graded additive Manufacturing
ISO/ASTM 52914	Design –Standard Guide for Material Extrusion Processes
ISO/ASTM 52918	Data formats — File format support, ecosystem and evolutions
ISO/ASTM 52924	Qualification principles — Classification of part properties for additive manufacturing of polymer parts
ISO/ASTM 529...	



Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung

Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung 2021 - 02

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler