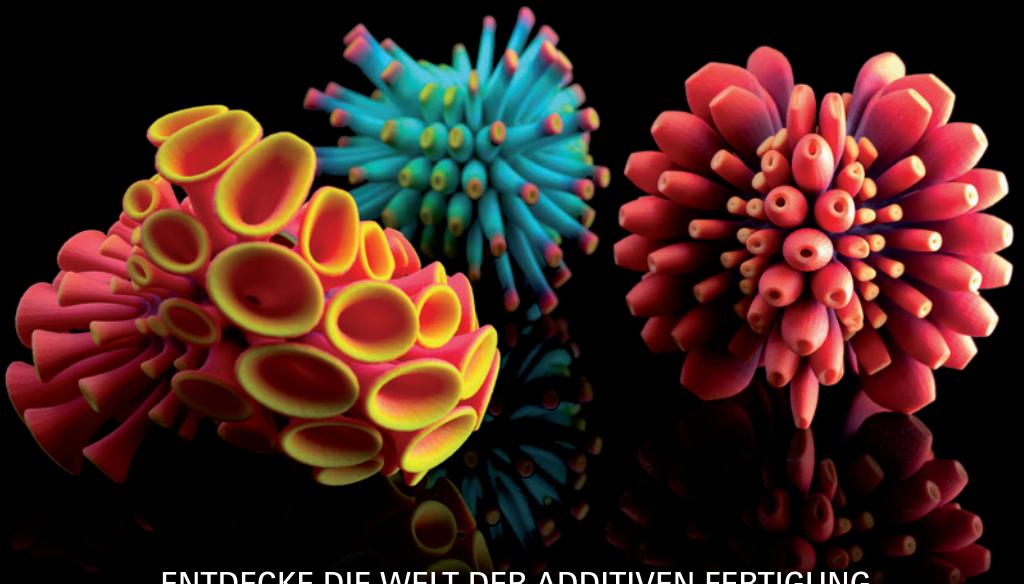


Edition  
**deutsch**  
& **english**  
2019

formnext  
**AM FIELD GUIDE**  
**COMPACT**



**ENTDECKE DIE WELT DER ADDITIVEN FERTIGUNG**

Eine praktische Orientierungshilfe für die spannende Welt der generativen Fertigung

*EXPLORE THE WORLD OF ADDITIVE MANUFACTURING*

*A hands-on introduction into the exciting world of generative manufacturing*

**mesago**

Messe Frankfurt Group



[4.2]  
Powder Bed Fusion

Fused with  
agent + energy

**MJF**  
Multi Jet Fusion



[4.4]  
Material Extrusion

Material extrusion  
Filament

**FDM**  
Fused Deposition  
Modeling



[4.6]  
Material Jetting

Cured with  
UV light

**MJ**  
Material Jetting



[4.7]  
Photopolymerization

Cured with  
laser

**SLA**  
Stereo Lithography

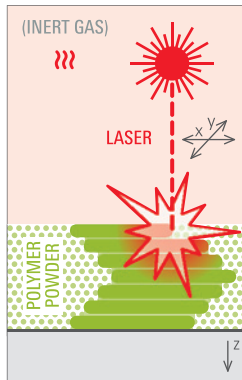
Cured with  
projector

**DLP**  
Direct Light Processing



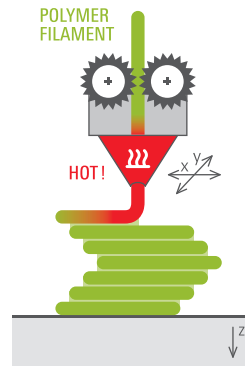
Kleinste Flüssigkeitströpfchen werden lokal auf eine Polymerpulverschicht aufgebracht. Sie erhöhen oder unterdrücken die Wärmeabsorption des Materials. Eine integral wirkende Infrarotquelle schmilzt das pulverförmige Ausgangsmaterial lokal auf.

*Tiny liquid droplets are applied locally to a layer of polymer powder. They increase or suppress the heat absorption of the powder. An integrally acting infrared source melts the material respectively.*



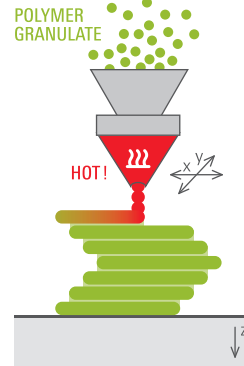
Mittels eines beweglichen Laserstrahls wird Polymerpulver schichtweise selektiv lokal gesintert und verfestigt damit einen Querschnitt des Bauteils.

*By means of a movable laser beam, a polymer powder is selectively sintered locally layer by layer and thus solidifies a cross-section of the component.*



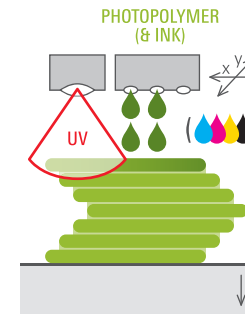
Drahtförmiger Kunststoff, sogenanntes Filament, wird in einer Düseneinheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

*Wire-shaped plastic, so-called filament, is plasticized in a nozzle unit and selectively dosed locally layer by layer.*



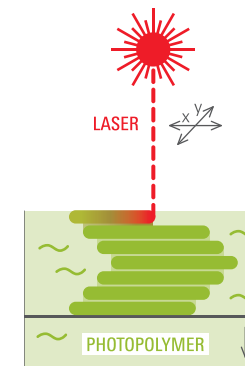
Kunststoffgranulat wird in einer Düseneinheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

*Plastic granulate is plasticized in a nozzle unit and selectively dosed locally layer by layer.*



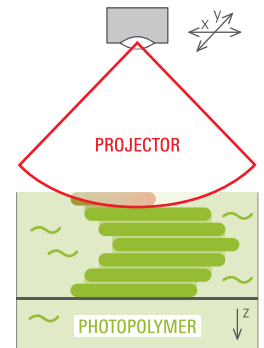
Durch viele Düsen werden kleinste Photopolymertröpfchen lokal und schichtweise aufgebracht. Direkt im Anschluss wird das dickflüssige Photopolymer durch UV-Licht ausgehärtet.

*Small droplets of photopolymer are applied locally and layer by layer through many nozzles. The viscous photopolymer is then cured instantly by UV-light.*



Mittels eines beweglichen Laserstrahls wird ein dickflüssiges Photopolymer schichtweise selektiv lokal auspolymerisiert und verfestigt sich dort.

*By means of a movable laser beam, a viscous photopolymer is selectively cured locally in layers and solidifies there.*



Mittels eines Projektors wird ein Photopolymer schichtweise belichtet. Material, das belichtet wird, polymerisiert lokal aus und verfestigt sich.

*A photopolymer is exposed layer by layer using a projector. The exposed material is polymerized locally and solidifies.*

Für alle Verfahren gilt: Durch den schichtweisen selektiven Ablauf entstehen dreidimensionale Strukturen.

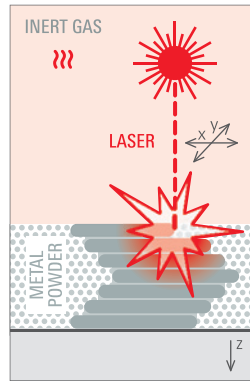
*It applies to all processes: three-dimensional structures are created by the selective layer-by-layer process.*



[4.2]  
Powder Bed Fusion

Fused with laser

**SLM**  
Selective Laser Melting



Mittels eines beweglichen Laserstrahls wird Metallpulver schichtweise selektiv lokal aufgeschmolzen und verfestigt damit einen Querschnitt des Bauteils.

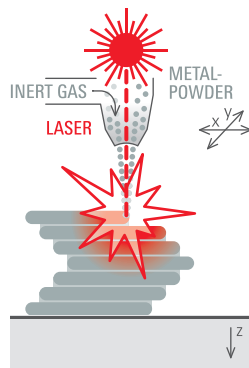
*By means of a movable laser beam, metal powder is selectively melted locally layer by layer, thus solidifying a cross-section of the component.*



[4.3]  
Direct Energy Deposition

Fused with laser

**LENS**  
Laser Engineering Net Shape

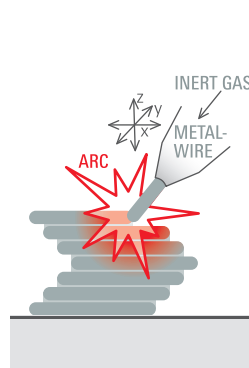


Material wird aufgebracht und simultan durch einen Laserstrahl und simultan durch einen Laserstrahl aufgeschmolzen. Das folgende Erstarren der Schmelze generiert neue Schichten, die über- und nebeneinander angeordnet werden.

*Material is applied and melted simultaneously by a laser beam. The following solidification of the melt generates new layers which are arranged above and next to each other.*

Fused with electric arc

**WAAM**  
Wire and Arc Additive Manufacturing



Metalldraht wird im Lichtbogenschweißverfahren geschmolzen und schichtweise lokal aufgetragen, um schnell große endkonturnahe Metallstrukturen zu erzeugen.

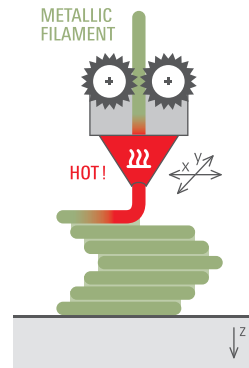
*Metal wire is melted by arc welding and applied locally in layers to quickly produce large near-net-shape metal structures.*



[4.4]  
Material Extrusion

Green part is printed to be **sintered** afterwards

**FDM**  
Fused Deposition Modeling



Drahtförmiger metallhaltiger Kunststoff, sogenanntes Filament, wird in einer Düseneinheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

*Wire-shaped metal-containing plastic, so-called filament, is plasticized in a nozzle unit and selectively dosed locally layer by layer.*



[4.5]  
Binder Jetting

Joined with bonding agent to be **sintered** afterwards

**BJ**  
Binder Jetting



Winzige Bindemitteltropfen werden durch viele Düsen selektiv lokal und schichtweise auf Metallpulver aufgebracht. Sie kleben das Pulvermaterial zusammen.

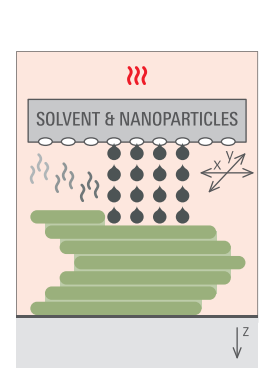
*Tiny binder droplets are selectively applied locally through many nozzels and in layers onto metal powder. They stick the powder material together.*



[4.6]  
Material Jetting

Cured with heat to be **sintered** afterwards

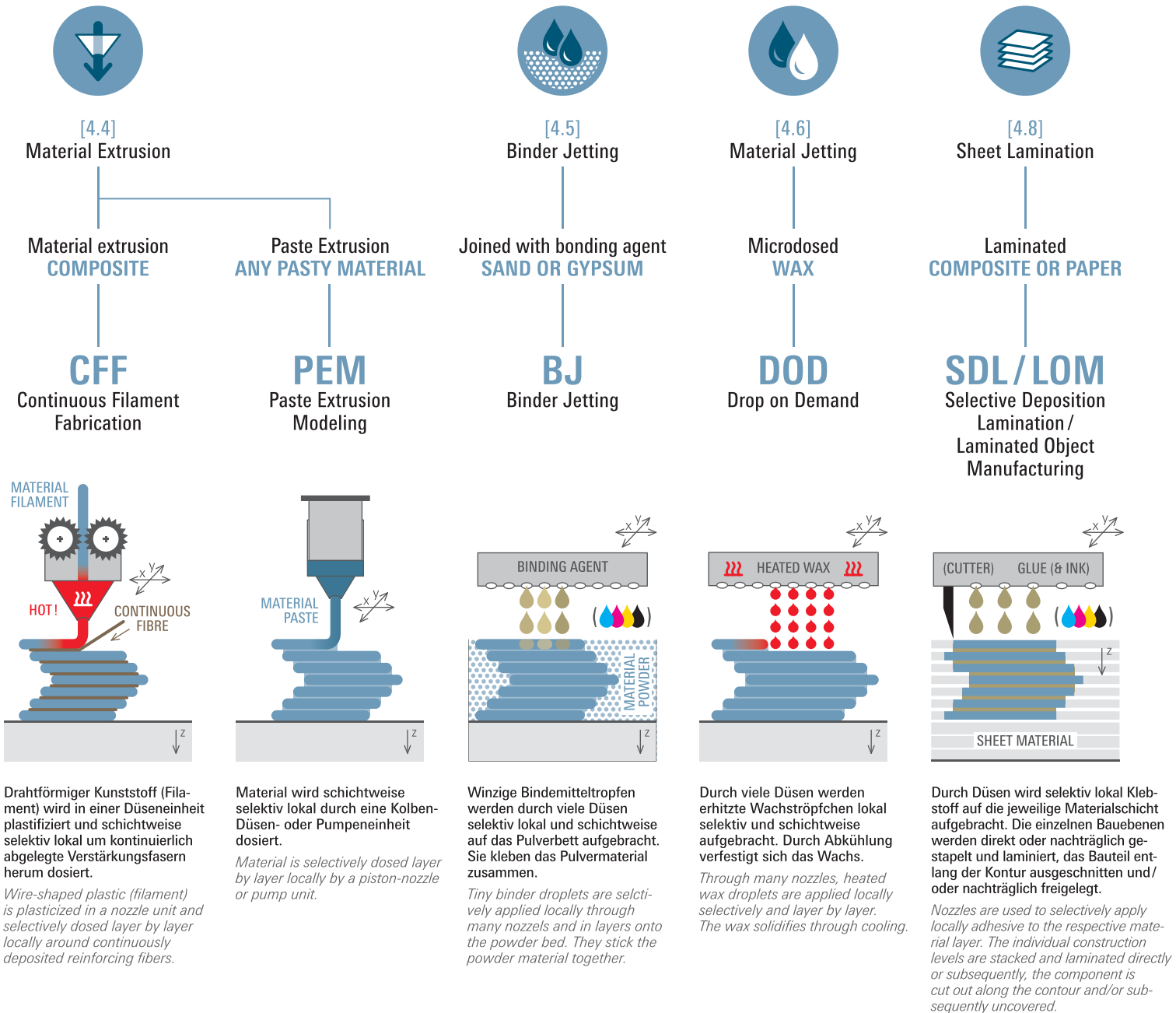
**NPJ**  
Nano Particle Jetting



Eine Metallpartikel-Lösemittelflüssigkeit wird in einer Düseneinheit selektiv lokal dosiert. Das Lösemittel verdampft und die Nanopartikel verbinden sich.

*A metal particle solvent fluid is selectively dosed locally by a nozzle unit. The solvent evaporates and the nanoparticles bond together.*

Für alle Verfahren gilt: Durch den schichtweisen selektiven Ablauf entstehen dreidimensionale Strukturen.  
*The following applies to all processes: three-dimensional structures are created by the selective layer-by-layer process.*



Für alle Verfahren gilt: Durch den schichtweisen selektiven Ablauf entstehen dreidimensionale Strukturen.  
*The following applies to all processes: three-dimensional structures are created by the selective layer-by-layer process.*

# PROZESS ALLGEMEIN

## PROCESS IN GENERAL

Der »AM Field Guide« gibt einen ersten strukturierten Überblick in die komplexe und vielschichtige Welt der additiven Fertigungsverfahren. Getrennt nach den Materialien Polymere, Metalle und weitere Materialien werden die gängigsten jeweils auf dem Markt angebotenen AM-Verfahren schematisch dargestellt und der Verfahrenskern in Kurzform beschrieben. Neben den hier dargestellten Hauptverfahren gibt es viele Derivate und Sonderverfahren, die ebenfalls eingesetzt werden jedoch nicht explizit gezeigt sind. Zu beachten ist, dass in dem jungen Bereich der additiven Fertigung viele Hersteller ihren AM-Anwendungen eigene Namen geben, so dass eine allgemeingültige umfassende Klassifizierung nur ansatzweise erreichbar ist.

In der Darstellung des Produktentstehungsprozesses additiv gefertigter Bauteile ist besonders hervorzuheben, dass der eigentliche »additive Druckprozess« als Kernprozess nur einen kleinen Teil einer komplexen Prozesskette ausmacht. Von der Idee bis hin zum final gefertigten Bauteil werden viele Prozessschritte durchlaufen. Eine Nachbearbeitung der AM-Bauteile ist oft Standard. Für eine optimale Nutzung generativer Fertigungstechnologien muss der gesamte Prozess beherrscht werden. Dabei unterscheiden sich die Detailschritte im Prozess teilweise erheblich, abhängig vom AM-Verfahren, von den Materialien und von weiteren Aspekten.

Als Orientierungshilfe werden Fragen aufgeworfen, die im Zusammenhang mit der Nutzung von AM-Verfahren den jeweiligen Herstellern zu stellen sind:

- Welches Material wird benötigt?
- Sind die Bauteile Prototypen oder Serienbauteile?
- Welche Stückzahlen werden benötigt?
- Gibt es schon ähnliche vergleichbare AM-Anwendungen?
- Gibt es Dienstleister, die diese Leistung anbieten?
- Wie muss die vorhandene Organisationsstruktur den AM-Erfordernissen angepasst werden?
- Wie muss der Entwicklungsprozess an das AM-Verfahren angepasst werden?

*The »AM Field Guide« provides a first structured overview of the complex and multi-layered world of additive manufacturing. Separated into the materials polymers, metals and other materials, the most common AM processes available on the market are shown schematically and its core is described in brief. In addition to the main methods described here, there are many derivatives and special processes which are also used and which are not explicitly shown. It should be noted that in the still young field of additive manufacturing, many manufacturers give their AM applications their own names, so that a generally valid comprehensive classification is difficult to obtain.*

*In the presentation of the product development process of additively manufactured components, it should be emphasized that the actual »additive printing process« as a core process is only a small part of a complex process chain. From the idea to the final manufactured component, many process steps are passed through. Post-processing of AM components is often standard. The entire process must therefore be mastered in order to make optimum use of generative manufacturing technologies. The detailed steps in the process can vary considerably, depending on the AM process, the materials and other aspects.*

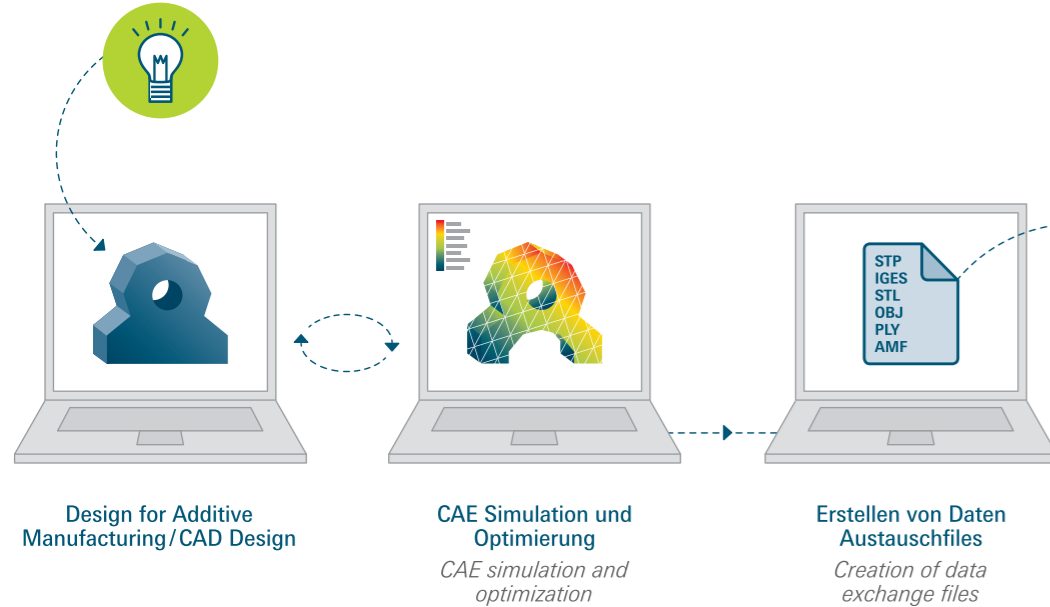
*As a guideline, questions are raised which have to be put to the respective manufacturers in connection with the use of AM procedures.*

- *Which material is required?*
- *Are the components prototypes or series components?*
- *Which quantities are required?*
- *Are there already similar comparable AM applications?*
- *Are there service providers offering this service?*
- *How must the existing organizational structure be adapted to AM requirements?*
- *How must the development process be adapted to the AM procedure?*

[ 01 ]

# ENTWICKLUNGSPHASE

PREPROCESSING



## FRAGEN ENTWICKLUNGSPHASE

- Welche Bauteil- und Materialeigenschaften sollte das AM-Bauteil in jedem Fall haben?
- Ist das Material generell oder speziell für die angestrebte Anwendung qualifiziert bzw. validiert?
- Was ist speziell für das »Design for Additive Manufacturing« zu beachten?
- Bestehen spezielle Konstruktionsvorgaben für das AM-gerechte Bauteildesign?
- Welche konstruktiven Möglichkeiten ergeben sich durch die AM-gerechte Bauteilkonstruktion?
- In welcher Art und Weise müssen die CAD-Daten vom Teilemodell vorliegen?
- Eignet sich ein spezielles AM-Verfahren in besonderer Weise für die angestrebten Bauteile?

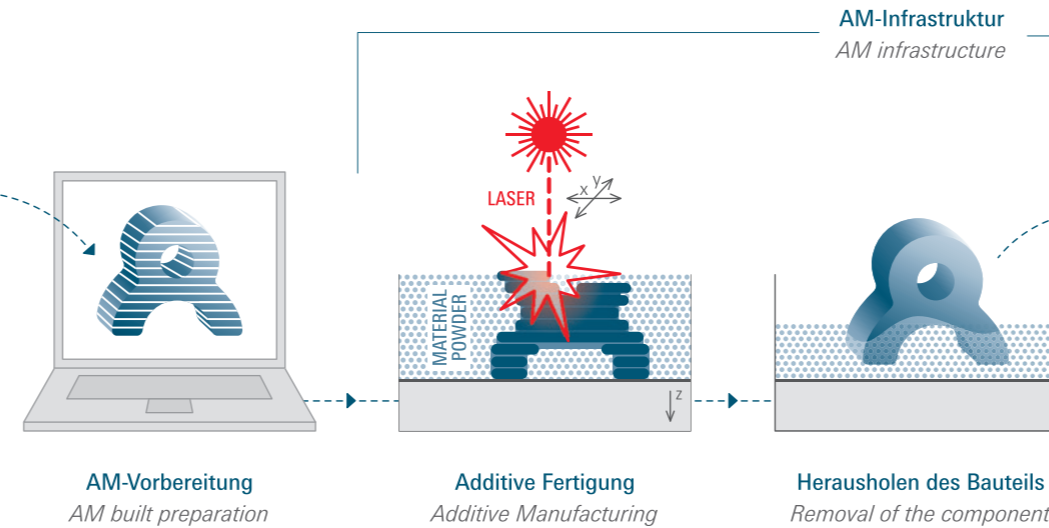
## QUESTIONS PREPROCESSING

- What are the component and material properties that the AM component should have in any case?
- Is the material generally or specifically qualified or validated for the intended application?
- What is especially important for »Design for Additive Manufacturing«?
- Are there special design specifications for the AM compliant component design?
- What design possibilities result from AM compliant component design?
- In which way must the CAD data of the part model be available?
- Is a special AM process particularly suitable for the desired components?

[ 02 ]

# AM-PRODUKTIONSPHASE

AM PRODUCTION PHASE



## FRAGEN AM-PRODUKTIONSPHASE

- Lässt sich das AM-Verfahren in die bestehenden Prozesse integrieren?
- Welcher Betreuungsaufwand existiert für das angestrebte AM-Verfahren?
- Mit welchen Unterhaltskosten ist für das AM-Verfahren zu rechnen?
- Sind die Materialien frei käuflich oder sind diese nur originär vom Systemhersteller zu beziehen?
- Ist das System eine Black Box oder können Produktions-Parameter individuell angepasst werden?
- Bestehen besondere Schutzanforderungen für Mensch und Umwelt?
- Welche Fertigungs-/Baugeschwindigkeit hat das AM-Verfahren?

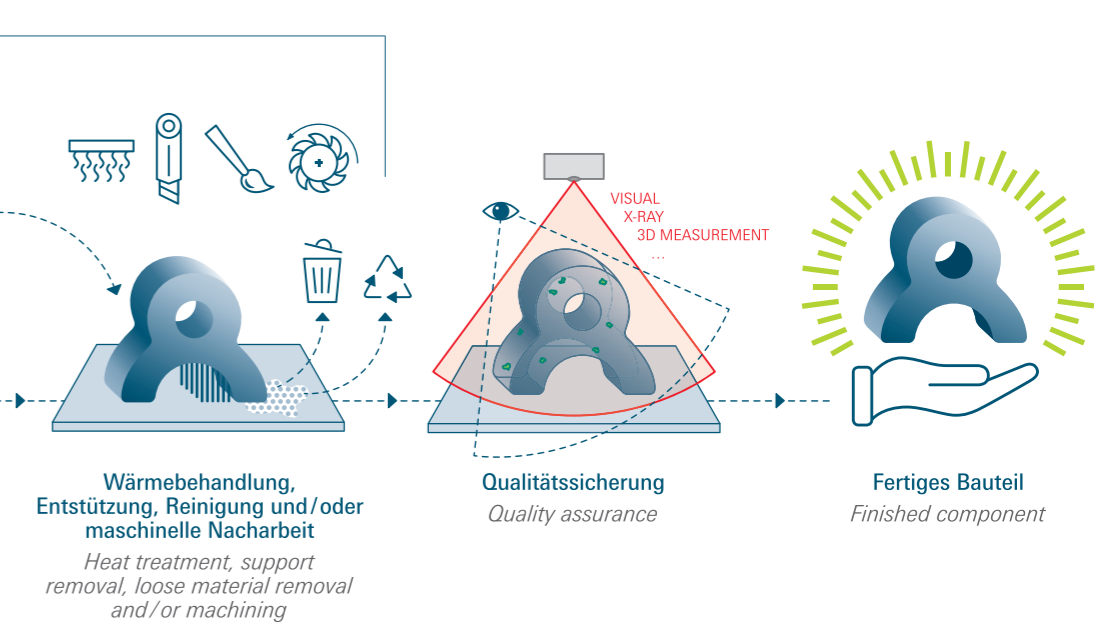
## QUESTIONS AM PRODUCTION PHASE

- Can the AM process be integrated into existing processes?
- How much support is required for the desired AM process?
- What maintenance costs are to be expected for the AM process?
- Are the materials freely available for purchase or can they only be purchased originally from the system manufacturer?
- Is the system a black box or can production parameters be individually adjusted?
- Are there special protection requirements for people and the environment?
- What is the production/building speed of the AM process?

[ 03 ]

# NACHBEARBEITUNGSPHASE

POSTPROCESSING



## FRAGEN NACHBEARBEITUNGSPHASE

- Welche speziellen Nacharbeiten gibt es an den AM-gefertigten Bauteilen?
- Müssen die AM-Bauteile in einem weiteren Prozessschritt nachbehandelt werden?
- Kann im AM-Prozess nicht verwendetes Material wieder verwendet werden?
- Wie ist mit verbrauchtem Material umzugehen?
- Muss die Bauteilqualität über eine Qualifizierung, z.B. durch ein zerstörungsfreies Prüfverfahren, nachgewiesen werden?

## QUESTIONS POSTPROCESSING

- Is there any special post-processing work on the AM components?
- Do the AM components have to be aftertreated in a further process step?
- Can material not used in the AM process be recycled?
- How must the unused material be handled?
- Does the component quality have to be proven by a qualification, e.g. by a non-destructive testing procedure?



Hochschule Reutlingen  
Reutlingen University

**formnext**

formnext.com

Disclaimer: Der vorliegende Ratgeber entstand durch Prof. Dr.-Ing. Steffen Ritter/Hochschule Reutlingen in Zusammenarbeit mit der formnext/mesago Messe Frankfurt GmbH. Die hier gezeigten Verfahrensdarstellungen sind nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengefasst. Sie stellen den aktuellen Stand der Entwicklung dar. Sie sollen einen ersten strukturierten Überblick in die komplexe und vielschichtige Welt der additiven Fertigungsverfahren geben. Haftungsansprüche gegen die Autoren, die sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter oder unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

*Disclaimer: This guide was created by Prof. Dr.-Ing. Steffen Ritter from Reutlingen University in cooperation with formnext/mesago Messe Frankfurt GmbH. The process descriptions shown here have been compiled and summarized to the best of our knowledge and belief. They represent the current state of development. They are intended to provide an initial structured overview of the complex and multilayered world of additive manufacturing processes. Liability claims against the authors relating to material or non-material damage caused by the use or non-use of the information provided or by the use of incorrect or incomplete information are generally excluded.*

Cover picture by Nervous System, Jessica Rosenkrantz and Jesse Louis-Rosenberg, colour 3D-printed structures »Colony«, <http://nervo.us>



(CC BY-NC-ND 4.0)  
Ritter, Steffen (2019). formnext AM Field Guide 2019.  
Frankfurt am Main: Mesago Messe Frankfurt GmbH

ISBN 978-3-9820318-2-8

Stand: Oktober 2019 / Status: October 2019