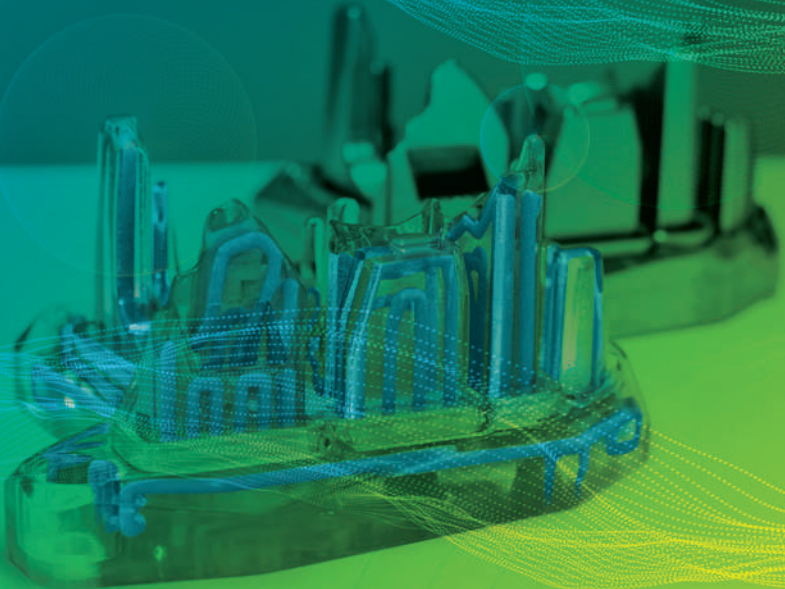


Edition
deutsch
& **english**
2021

formnext
AM FIELD GUIDE
COMPACT

EDITION DEUTSCH & ENGLISH 2021



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

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?

formnext

formnext.com



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



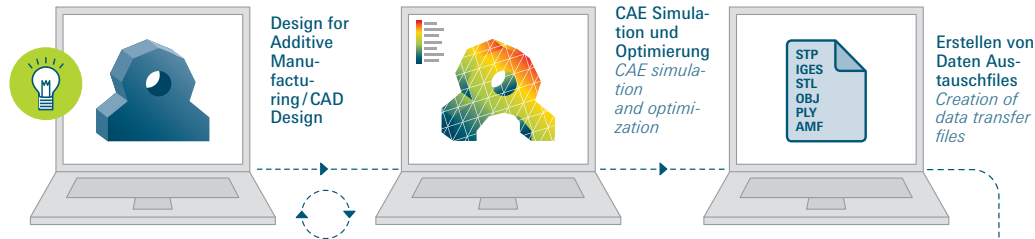
ISBN 978-3-9820318-9-7

(CC BY-NC-ND 4.0) Ritter, Steffen (2021). | formnext AM Field Guide compact 2021. | Frankfurt am Main: Mesago Messe Frankfurt GmbH | Stand: Oktober 2021/Status: October 2021

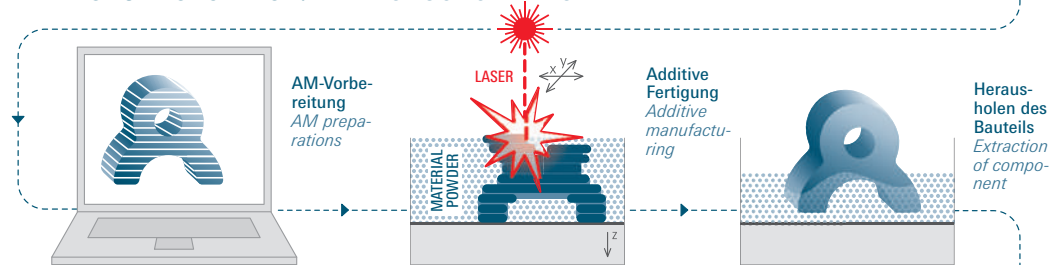
DER AM-PROZESS IM ÜBERBLICK

THE AM PROCESS AS A WHOLE

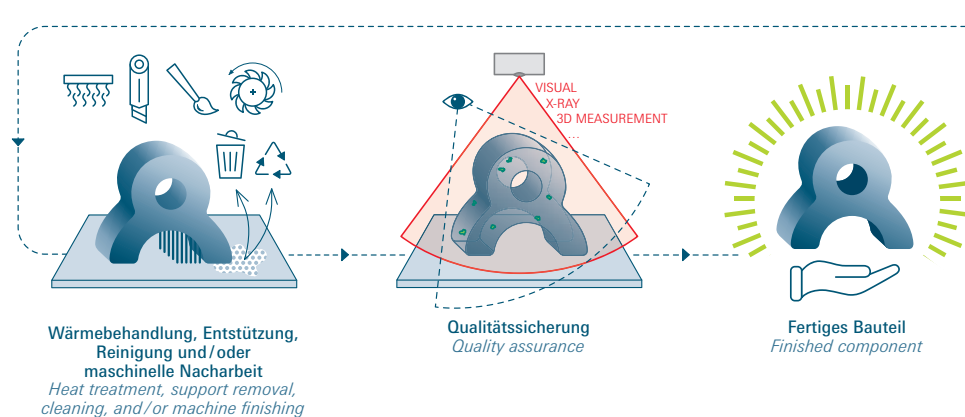
ENTWICKLUNGSPHASE / PREPROCESSING



AM-PRODUKTIONSPHASE / AM PRODUCTION PHASE



NACHBEARBEITUNGSPHASE / POSTPROCESSING



FRAGEN ZU DEN PHASEN

QUESTIONS ABOUT THE PHASES

ENTWICKLUNGSPHASE / PREPROCESSING

- 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?
- *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?*

AM-PRODUKTIONSPHASE / AM PRODUCTION PHASE

- 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?
- *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?*

NACHBEARBEITUNGSPHASE / POSTPROCESSING

- 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?
- *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?*

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.

ANWENDUNGSFELDER

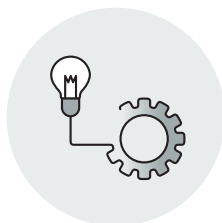
AREAS OF APPLICATION

Ein wirtschaftlicher Einsatz additiver Fertigungsverfahren ist im Wesentlichen gegeben, wenn sich die AM-Applikation auf eines oder mehrere der dargestellten Anwendungsfelder bezieht.

Im Einzelfall ist der entsprechende Nachweis, bezogen auf das speziell angewandte AM-Verfahren, mitsamt dem zugehörigen AM-Gesamtprozess, zu erbringen.

Generally speaking, additive manufacturing processes are cost-effective if the AM application relates to one or more of the fields illustrated below.

However, the feasibility of each individual case will need to be verified in relation to the specific AM process involved and the corresponding entire AM process too.



PROTOTYPENBAU PROTOTYPING

Nach wie vor ist das „Rapid Prototyping“ eine der häufigsten Anwendungen additiver Fertigungstechnologien im Entwicklungsprozess bei der Prototypenerstellung. Jegliche Art von Dummy-Bauteilen über Funktionsprototypen bis hin zu seriennahen Erstmustern ist denkbar. Die schnelle Verfügbarkeit der Teile im Gegensatz zu klassisch hergestellten Prototypenbauteile ist hierbei hervorzuheben.

Rapid prototyping is still one of the most common applications for additive manufacturing technologies used during the prototyping development process. Any type of dummy component is possible, from functional prototypes right through to production-quality initial samples. It is important to note that these parts can be made very quickly compared to prototypes manufactured in the traditional way.



MODELLBAU MODEL MAKING

Bei der Erstellung von erklärenden Modellen bieten mehrkomponentige oder mehrfarbige AM-Verfahren vielfältige Möglichkeiten, insbesondere auch komplexe geometrische Strukturen schnell, anschaulich und preisgünstig darzustellen.

AM processes capable of producing multiple components in multiple colors offer a wide range of possibilities for making clear, cost-effective explanatory models quickly, even those with complex geometrical structures.



KLEINSERIEN SMALL BATCHES

Da additive Verfahren im Wesentlichen nicht auf teure und speziell angepasste Werkzeuge und Produktionsmittel angewiesen sind, verursachen sie vorab auch keine aufwändigen Investitionen. Damit eignen sich die AM-Verfahren für die wirtschaftliche Erstellung von Kleinserien. Hierbei ist die größte Herausforderung, mit den AM-Verfahren Bauteil- und Materialeigenschaften auf dem Niveau klassischer Fertigungsverfahren zu erzielen.

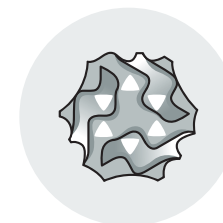
Since additive processes do not for the most part rely on expensive and specially adapted tools and means of production, they do not require considerable investment in advance. As such, AM processes are suitable for cost-effective small-batch production. The biggest challenge is how to achieve component and material properties with AM processes that are at the same level as those provided by traditional manufacturing methods.



INDIVIDUALISIERUNG CUSTOMIZATION

Fertigung von Bauteilen, die auf einen Einzelfall speziell angepasst sind. Selbst dann ist eine wirtschaftliche Fertigung dieser vollständig individualisierten Bauteile möglich. Kundenspezifische Einzelanfertigungen sind besonders aus der Medizintechnik und der Prothetik bekannt.

Production of components that have been specifically adapted for one individual case. Even such fully customized components can still be made in a way that is cost-effective. The idea of customer-specific singleunit products from the fields of medical engineering and prosthetics are well known.



KONSTRUKTIONSFREIHEIT FREEDOM OF DESIGN

Die additiv gefertigten Bauteile können ohne Mehrkosten mit nahezu jeder Geometrie hergestellt werden. Mit minimalem Materialeinsatz werden Funktionen optimal erreicht und Strukturen auf das Nötigste reduziert. Damit durch die verfahrensspezifischen Designfreiheiten und Funktionsintegration Strukturen mit Mehrwerten entstehen, müssen die Konstrukteure, im Gegensatz zu klassischen Verfahren, umdenken.

AM components can be made in practically any geometry with no additional costs. Optimum functionality is achieved with minimal use of materials and structures are reduced to only what is absolutely necessary. In order to create structures with added value through the process-specific design freedoms and functional integration, designers have to rethink their approach in contrast to classic processes.



IN-SITU FERTIGUNG IN-SITU MANUFACTURING

Mit additiven Verfahren besteht die Möglichkeit, überall und sofort Produkte zu produzieren. Es handelt sich also um die örtliche und zeitlich Verfügbarmachung von Bauteilen, ohne diese vorab aufwändig lagern zu müssen.

Thanks to additive processes, products can be made anywhere, just like that. So components can be made available right when and where they are needed, without having the inconvenience of storing them beforehand.

*nach DIN EN ISO/ASTM Terminologie / according to DIN EN ISO/ASTM Terminology



PBF

Powder Bed Fusion*

Fused with agent + energy

Fused with laser

MJF

Multi Jet Fusion

SLS

Selective Laser Sintering



MEX

Material Extrusion*

Material extrusion Filament

Material extrusion Granulate

FDM

Fused Deposition Modeling

APF

Arburg Plastic Freeforming



MJT

Material Jetting*

Cured with UV light

MJ

Material Jetting



VPP

Vat Photopolymerization*

Cured with laser

Cured with projector

SLA

Stereo Lithography

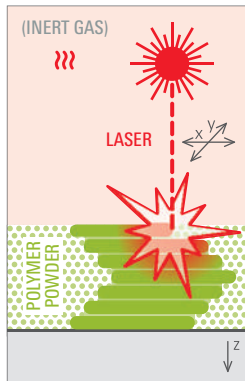
DLP

Direct Light Processing



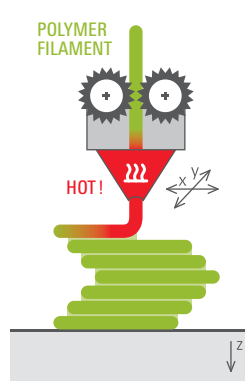
Kleinste Flüssigkeitströpfchen werden lokal auf eine Polymerpulverschicht aufgebracht. Sie erhöhen oder unterdrücken die Wärmeabsorption des Materials. Eine integral wirkende Infrarotquelle schmilzt das pulverförmige Ausgangsmaterial lokal auf.

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.



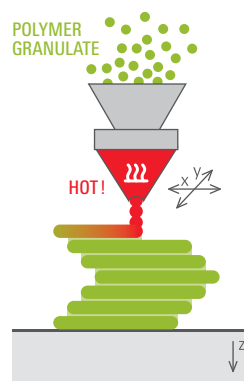
Mittels eines beweglichen Laserstrahls wird Polymerpulver schichtweise selektiv lokal gesintert und verfestigt damit einen Querschnitt des Bauteils.

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.



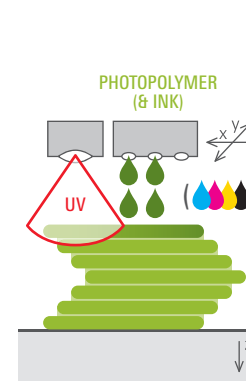
Drahtförmiger Kunststoff, sogenanntes Filament, wird in einer Düsen Einheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

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



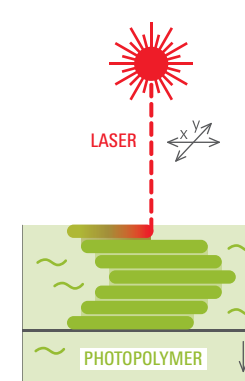
Kunststoffgranulat wird in einer Düsen Einheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

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



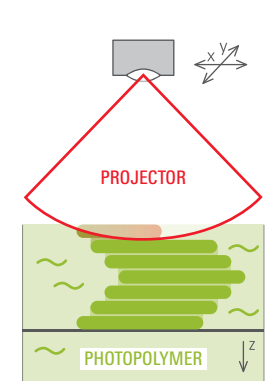
Durch viele Düsen werden kleinste Photopolymertröpfchen lokal und schichtweise aufgebracht. Direkt im Anschluss wird das dickflüssige Photopolymer durch UV-Licht ausgehärtet.

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.

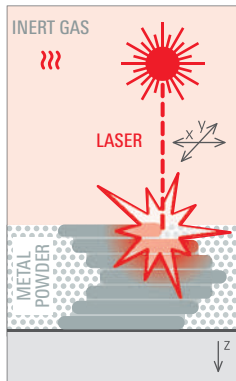
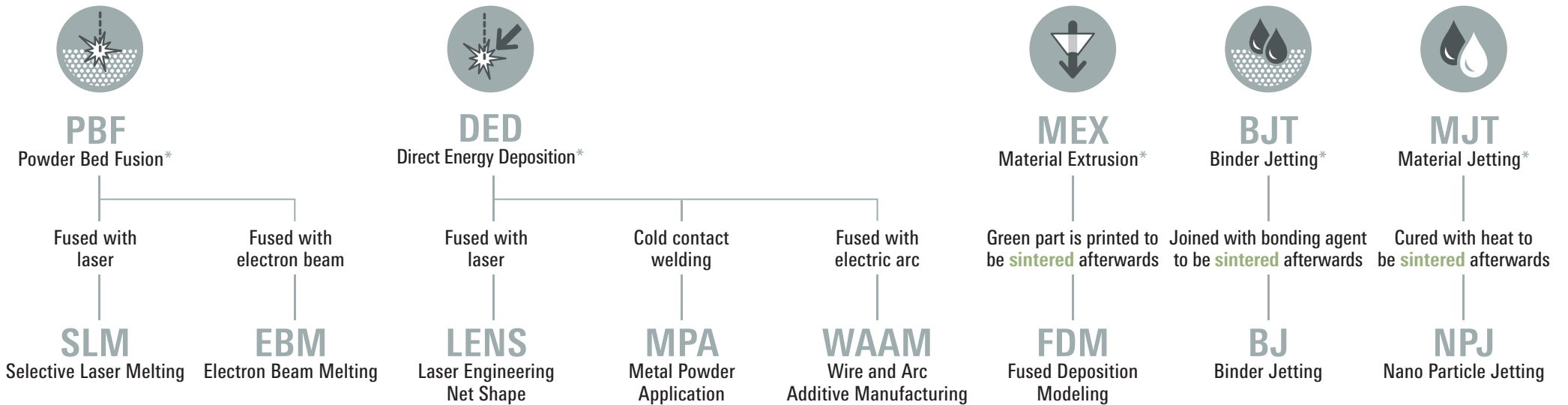


Mittels eines Projektors wird ein Photopolymer schichtweise belichtet. Material, das belichtet wird, polymerisiert lokal aus und verfestigt sich.

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

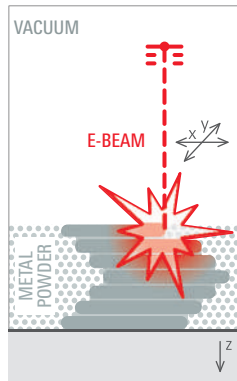
Für alle Verfahren gilt: Durch den schichtweisen selektiven Ablauf entstehen dreidimensionale Strukturen.
It applies to all processes: three-dimensional structures are created by the selective layer-by-layer process.

*nach DIN EN ISO/ASTM Terminologie / according to DIN EN ISO/ASTM Terminology



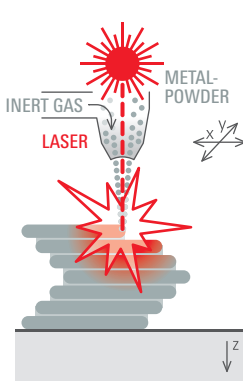
Mittels eines beweglichen Laserstrahls wird Metallpulver schichtweise selektiv lokal aufgeschmolzen und verfestigt damit einen Querschnitt des Bauteils.

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



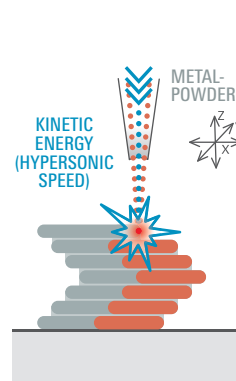
Mittels eines beweglichen Elektronenstrahls wird Metallpulver schichtweise selektiv lokal aufgeschmolzen und es verfestigt sich damit ein Querschnitt des Bauteils.

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



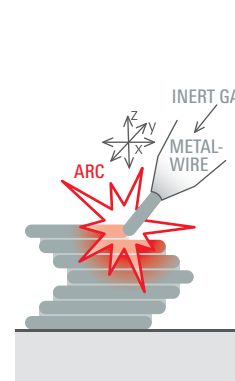
Material wird aufgebracht und simultan durch einen Laserstrahl aufgeschmolzen. Das folgende Erstarren der Schmelze generiert neue Schichten, die über- und nebeneinander angeordnet werden.

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.



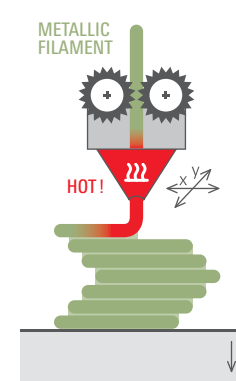
Materialpulver wird mit sehr hoher kinetischer Energie schichtweise aufgebracht. Endkonturnahe Bauteile entstehen. Materialkombinationen sind möglich.

Material powder is applied in layers with very high kinetic energy. Components close to the final contour are produced. Material combinations are possible.



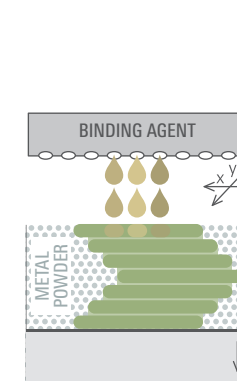
Metalldraht wird im Lichtbogenschweißverfahren geschmolzen und schichtweise lokal aufgetragen, um schnell große endkonturnahe Metallstrukturen zu erzeugen.

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



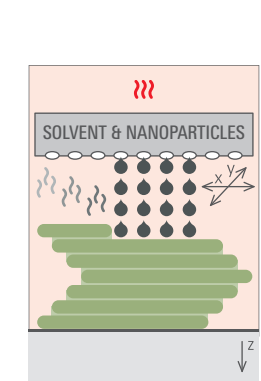
Drahtförmiger metallhaltiger Kunststoff, sogenanntes Filament, wird in einer Düsen-einheit plastifiziert und schichtweise selektiv lokal dosiert.

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



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.

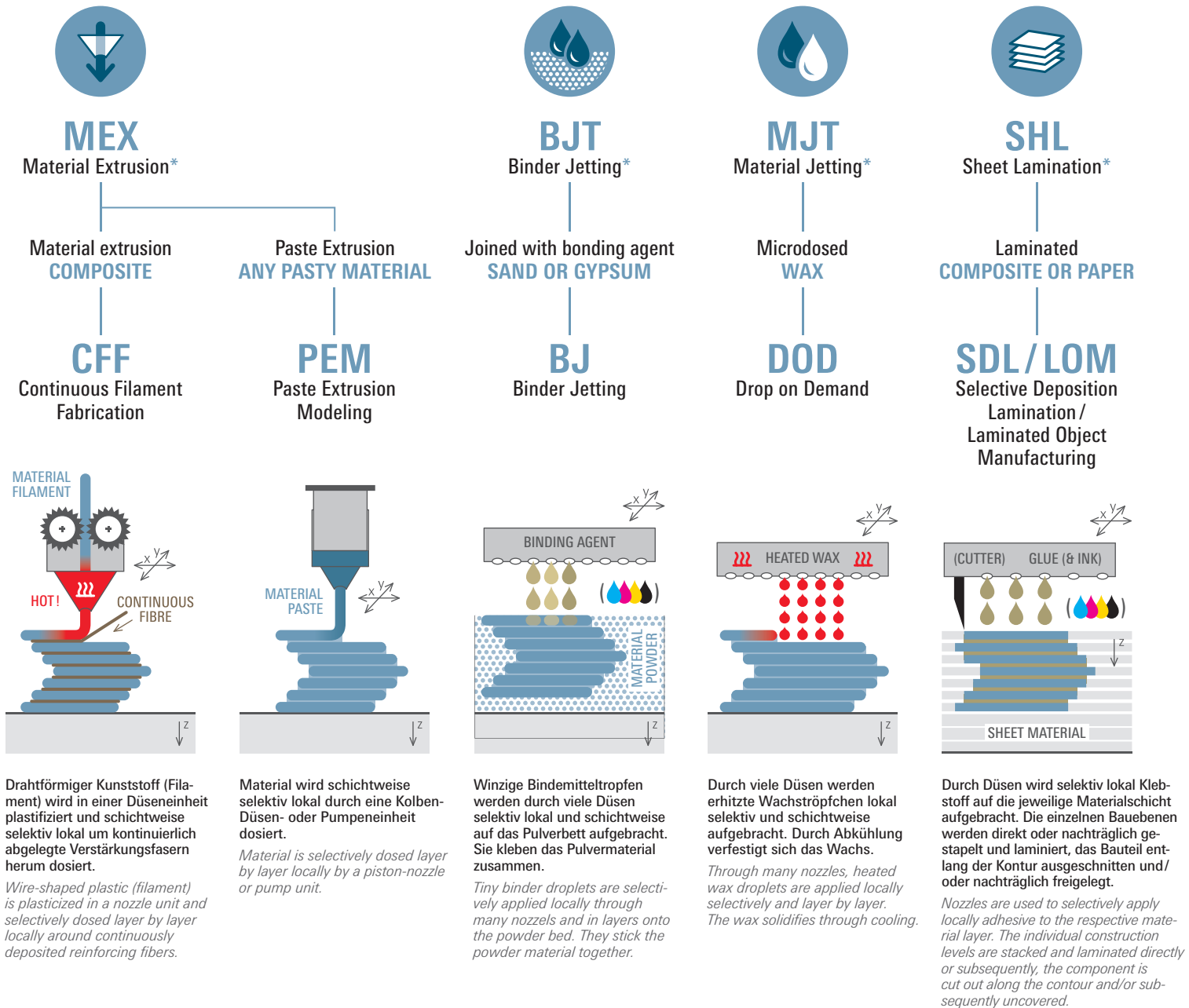


Eine Metallpartikel-Lösemittelflüssigkeit wird in einer Düsen-einheit selektiv lokal dosiert. Das Lösemittel verdunstet und die Nanopartikel verbinden sich.

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.

*nach DIN EN ISO/ASTM Terminologie / according to DIN EN ISO/ASTM Terminology



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.