



BOLDSERIES **DESIGN GUIDE**

Inhalte

Additive Fertigung	2
Laser Powder Bed Fusion	3
Anwendungen Metall 3D Druck	4
Übersicht BOLDSERIES	5
Prozesskette LPBF	6
Design Guidelines	8
- CAD-Modellierung	10
- Druckoptimierung	10
Benchmarkbaujob	12



Additive Fertigung

Additive Fertigung bezeichnet einen Prozess, bei dem ein Bauteil auf Basis von digitalen CAD-Konstruktionsdaten (CAD=Computer Aided Design) schichtweise aufgebaut wird. Im Gegensatz zu konventionellen, abtragenden oder auch subtraktiven Fertigungsverfahren, bei denen ein Werkstück aus einem festen Block herausgefräst wird, baut die additive Fertigung Komponenten schichtweise aus bspw. feinem Pulver, Filament oder Draht bestehenden Werkstoffen auf. Mögliche Materialien dafür sind Kunststoffe, Verbundwerkstoffe sowie verschiedene Metalle. Durch die additive Vorgehensweise können hochkomplexe individuelle Bauteile in kürzerer Zeit mit einem geringeren Kostenaufwand entstehen, was die additive Fertigung für unterschiedlichste Industriezweige attraktiv macht.

Laser Powder Bed Fusion

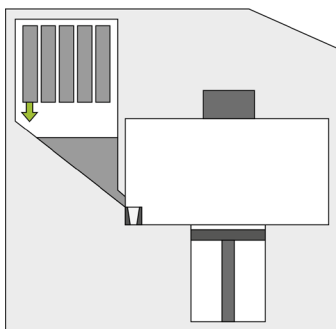
Pulverbettbasierte Verfahren bestehen am längsten im Markt, besitzen den größten Marktanteil und haben die größte industrielle und technische Reife. Laut einer Studie sind 90-95% der verkauften Metall 3D Drucker weltweit LPBF-Anlagen (vgl. AMPower-Studie 2018).

Der schichtweise Aufbauprozess des Laser Powder Bed Fusion-Verfahrens erzeugt hochdichte, sofort funktionale Komponenten. Die Formgebung und das Fügen passiert im Vergleich zu Sinterverfahren in einem Schritt. Bei Sinterverfahren dagegen findet die Formgebung im Drucker statt, die Grünlinge müssen anschließend in einem separaten Ofen gesintert werden. Teilweise müssen sie vorab thermisch oder chemisch vom Binder befreit werden. Mit dem LPBF-Verfahren reduziert sich der Bauzyklus dadurch um mehr als 50%, wodurch diese Technologie eine Reihe von Vorteilen bietet:

- Komplexe Bauteildesigns
- Hoher Individualisierungsgrad
- beschleunigte Entwicklungszeit
- Kosten- und Zeiteffektivität

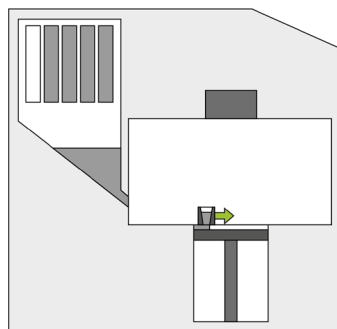
Die häufigsten Anwendungsfälle des LPBF-Verfahrens sind Funktionsprototypen, Einzelteile und Kleinserien für meist kleine bis mittelgroße Bauteile.

Das Verfahren wird hier in einer schrittweisen Übersicht gezeigt:



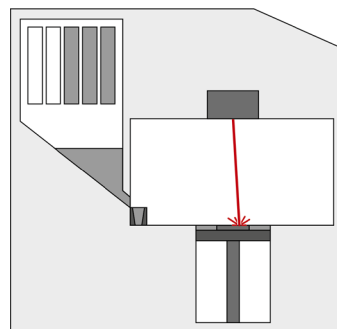
1. Bereitstellen des Pulvers

Pulverzufuhr durch Kartuschen



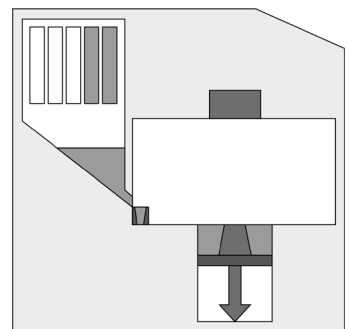
2. Beschichten

Pulverauftrag durch Beschichter



3. Verschmelzen

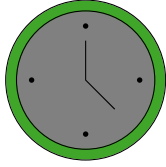
Verschmelzen des Pulvers durch Laser



4. Absenken

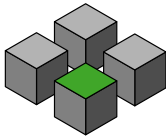
Absenken der Bauplattform und Wiederholung der Schritte eins bis vier bis Bauteilhöhe erreicht ist

Anwendungen Metall 3D Druck



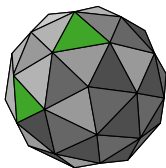
Rapid Prototyping

Die schnelle Erstellung von Konstruktionsmustern und funktionalen Fertigungsprototypen, die die mechanischen Eigenschaften des Endbauteils präzise abbilden können minimiert die Zeitspanne vom Konstruktionsentwurf bis zur vollständigen Produktion. Durch den Wegfall der Einrichtungs- und Werkzeugkosten, die bei traditionellen Fertigungsverfahren wie Gießen und maschinelle Bearbeitung notwendig sind, kann Metall 3D Druck fertige Prototypen herstellen und schnelle Designänderungen ermöglichen.



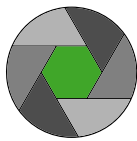
Kleinserie- und Einzelanfertigungen

Metall 3D Druck eignet sich ideal für Einzel- und Individualanfertigungen, da die Herstellungskosten und der Zeitaufwand für einmalige Anwendungen deutlich reduziert werden, wie die Herstellung von Werkzeugen für das Spritzgießen oder den Druckguss. Gerade in Ausbildungsabteilungen oder Universitäten ermöglicht Metall 3D Druck schnelles Drucken von studentischen Entwürfen.



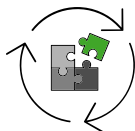
Komplexe Konstruktionen

Metall 3D Druck ermöglicht die Herstellung von schwer zu bearbeitenden Teilen, wie Komponenten mit langen oder partiellen Durchgangslöchern, inneren Hohlräumen, Konturen und konischen Geometrien sowie Metallgitterstrukturen. Formschlüssige Kühlkanäle können im Tooling gedruckt werden. Im Design sollte sichergestellt werden, dass keine Stützen erforderlich sind und dass sich überschüssiges Pulver beim Auspackprozess leicht entfernen lässt.



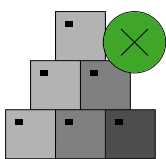
All-in-one-Baugruppen

Metall 3D Druck ermöglicht das Drucken von vollständig zusammengesetzten Komponenten, wodurch die Kosten für die Bearbeitung und Montage (oft Schweißen) von mehreren Bauteilen entfallen.



Dezentrale Fertigung

Metall 3D Druck macht eine dezentrale Fertigung möglich, da kritische Ersatzkomponenten vor Ort aus digitalen CAD-Dateien erstellt werden können.



Reduzierung des physischen Bestandes

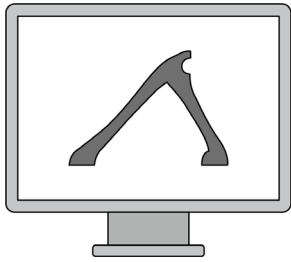
Durch die Prozesskette von Metall 3D Druck werden die Kosten und der Platz für physische Lagerhaltung durch digitale 3D-CAD-Dateien ersetzt. Komponenten werden schnell und einfach on-demand aus den CAD-Dateien gedruckt.



Übersicht **BOLD**SERIES

Die BOLDseries ist das günstige Metall 3D Druck-System, bestehend aus der ganzheitlichen Produktlösung MPREP, MPRINT+ und MPURE, was eine optimal aufeinander abgestimmte Systemkette ermöglicht. Das Pulver- und Kartuschensystem gewährleistet ein einfaches und sicheres Pulverhandling. Die „Wir denken für dich mit“-Philosophie beinhaltet diverse Features von Software-Tutorials bis zu Poka Yoke-Prinzipien in der Bedienung, die den Anwender von Beginn bis Ende unterstützen und begleiten. Die geringe finanzielle Einstiegshürde ermöglicht zudem einen leichten Technologieeintritt.

Prozesskette LPBF

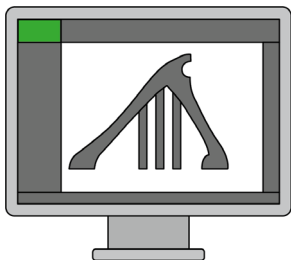


1. Datenerstellung

- **CAD-Modellieren:** Ohne Designvorlage kein Bauteil. Das bedeutet, das Bauteil mit einer CAD-Software vorab 3D-optimiert zu designen.
- **STL-Export:** Wenn das Design fertig ist, wird das Modell exportiert.



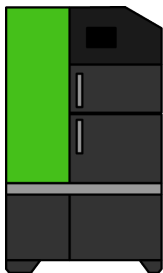
2. Datenvorbereitung mit MPREP



- **Stützengenerierung:** Oftmals sind Stützen notwendig, um z.B. Überhänge oder bestimmte Winkel zu stützen oder den Wärmeabfluss, insbesondere bei massiven Bauteilen, zu verbessern. Siehe dazu auch die Stützeneinstellungsmöglichkeiten in der MPREP-Software.
- **Parameterauswahl:** Parameter sind auf das Material und die Maschine optimierte Voreinstellungen. Sie unterscheiden sich in Bezug auf Oberflächengüte und Produktivität.
- **Slicing & Preview:** Als letzter Schritt wird eine Schichtvorschau erzeugt, bevor die Datei exportiert werden kann.



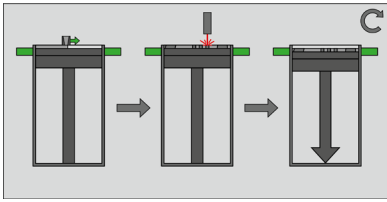
3. Druckvorbereitung mit der MPRINT+



- **Pulvervorratskartuschen einsetzen:** Die vollen Pulverkartuschen werden in die dafür vorgesehenen Kartuschenhalterungen eingesetzt.
- **Baumodul einsetzen:** Das Baumodul kann durch die praktischen Halterungsschienen unkompliziert eingesetzt werden.
- **Überlaufkartusche einsetzen:** Die ergonomisch geformte Pulverkartusche fängt überschüssiges Pulver auf.
- **Druckjob laden:** Die exportierte Bauteil-Datei wird geladen.
- **Inertisierung:** Der Prozesskammer wird Gas (Stickstoff) zugeführt, welches den Sauerstoff verdrängt und so die Werkstoffe vor dem Oxidieren schützt.



4. Bauprozess in der MPRINT+ mit dem LPBF-Verfahren

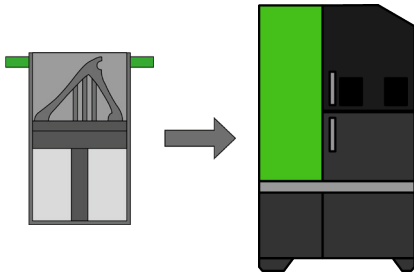


1. **Bereitstellen:** Pulverzufuhr durch Pulverkartuschen
2. **Beschichtung:** Pulverauftrag durch Beschichter
3. **Verschmelzung:** Pulverschmelzung durch Laser
4. **Absenkung:** Absenkung der Bauplattform um neue Schicht vorzubereiten

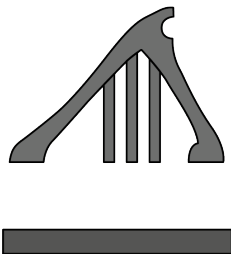
Wiederholung der Schritte eins bis vier bis Bauteilhöhe erreicht ist.



5. Auspackprozess MPURE

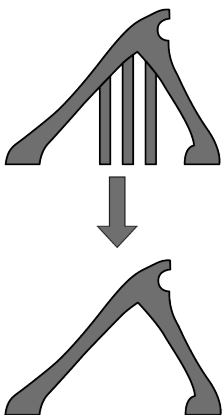


- **Baumodul transportieren:** Baumodul wird aus MPRINT+ entfernt und mit dem Trolley in MPURE eingesetzt.
- **Vorbereitung Bauplattform:** Bauplattform in MPURE wird hochgefahren bis gewünschte Höhe erreicht ist.
- **Pulverentfernung:** Mit den Handschuheingriffen wird Pulver grob vom Bauteil sowie aus Zwischenräumen und Stützstrukturen entfernt.



6. Trennen des Bauteils von Bauplattform

- Trennen mit Bandsäge, Bündelschneidewerkzeug oder durch Draht-EDM

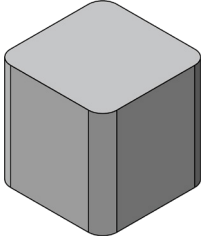


7. Nachbearbeitung des Bauteils (optional)

- Manuelle Stützenentfernung durch Zange oder Seitenschneider
- Finale Oberflächenbehandlung
- Wärmebehandlung für mechanische Eigenschaften
- Traditionelle Endbearbeitungsverfahren wie Schleifen, Polieren, Perlstrahlen, Honen von Innenkanälen mit Schleifschlamm
- Gleitschleifen, Nasstrahlen und Trockenstrahlen
- Nachbehandlungsprozesse wie Wärmebehandlung
- Erneuerung der Oberflächenbeschichtung der Bauplattform

Design Guidelines

CAD-Modellierung



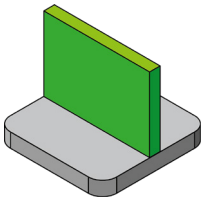
Maximale Bauteilgrösse

150 x 150 x 150mm³ mit 20 mm Radius



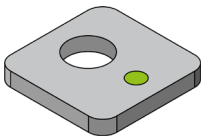
Minimale Bauteilgrösse

0,3 x 0,3 x 0,1mm³ (B x T x H)



Minimale Wandstärke

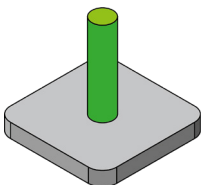
0,3mm



Minimale Lochgrösse

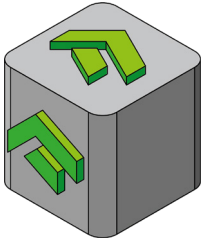
Ø 0,5mm vertikal

Ø 0,8mm horizontal



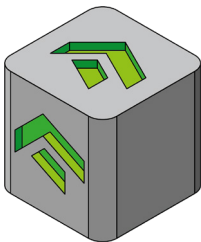
Minimaler Zylinderstift Durchmesser

Ø 0,5mm



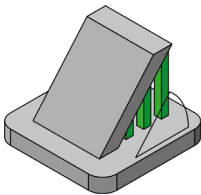
Minimale Ausprägung

X/Y	W 0,2mm H 0,1mm
Z	W 0,2mm H 0,1mm



Minimale Einprägung (Gravur)

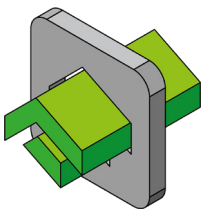
X/Y	W 0,3mm H 0,1mm
Z	W 0,3mm H 0,2mm



Minimaler ungestützter Überhangwinkel

0 - 45° Grad benötigt Support

> 45° Grad benötigt kein Support



Minimaler Zwischenraum

0,5mm

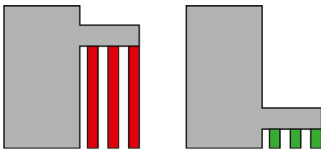
Design Guidelines

Druckoptimierung

Optimieren der Bauteilausrichtung:

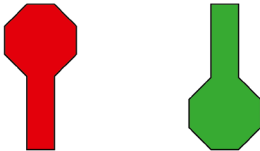
Die Art und Weise, wie das Bauteil auf der Bauplattform für das Drucken ausgerichtet ist, hat Auswirkungen auf die Oberflächenqualität und die Herstellungszeit. Für ein optimales Ergebnis sollten daher folgende Punkte bei der Bauteilorientierung berücksichtigt werden:

Stützenanzahl minimieren



Die Anzahl der benötigten Stützen sollte auf ein Minimum reduziert werden, um Druckzeit und -material zu sparen. Daher sollten große Überhänge, die auf Stützkonstruktionen aufliegen, vermieden werden.

Hohe Schwerpunkte vermeiden



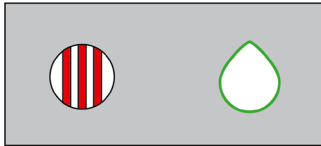
Ausrichtungen, die den Schwerpunkt des Bauteils nach oben verschieben, sollten vermieden werden. Denn je höher der Schwerpunkt liegt, desto mehr Stützstrukturen müssen angebracht werden, um den Schwerpunkt aufzufangen.

Kontakt von kritischen Oberflächen mit Stützen vermeiden

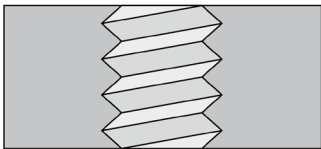


Oberflächen, die mit Stützstrukturen in Berührung kommen, haben eine rauere Oberflächenqualität. Daher ist es empfehlenswert, den Kontakt von kritischen Oberflächen mit Stützstrukturen zu vermeiden.

Löcher:



Für horizontale Löcher mit bestimmten Durchmessern können Stützen erforderlich sein, die Stützenoption in der MPREP berechnet und generiert diese automatisch. Die Verwendung von Stützstrukturen für horizontale Löcher kann vermieden werden, indem die kreisförmige Lochform in eine Tropfenform umgestaltet wird, welche einen selbsttragenden Winkel verwendet. Dieser macht zusätzliche Stützen überflüssig.



Gedruckte Gewindegänge:

Häufig wird das Drucken von Löchern und das anschließende Gewindeschneiden empfohlen. Als Orientierung dient nachstehende Tabelle.

Gewindegröße	Methode
< M3	Löcher drucken, Gewinde schneiden
≥ M3	Gewinde drucken, Gewinde nachschneiden

Weitere Empfehlungen

- Das Hinzufügen von Verrundungen verringert Spannungen bei Geometrieänderungen.
- Unnötige Blöcke von gedrucktem Material sollten vermieden werden.
- Falls praktisch durchführbar, sollten innere Löcher parallel zur Aufbaurichtung (Z-Achse) gedruckt werden.

Benchmarkbaujob

GITTERSTRUKTUR 0,3mm

Grundsätzlich sind verschiedene Arten von Gitterstrukturen möglich, um Leichtbauweisen umzusetzen. Die Gitterstruktur am Bauteil hat einen Durchmesser von 0,3mm.

GEWINDE M3 und M6

Das M3 sowie M6-Gewinde wurden direkt gedruckt und können daher sofort funktional verwendet werden. Eine Mutter kann sofort aufgeschraubt werden.

ZYLINDERSTIFTE 0,5mm bis 3mm

Die vier Zylinderstifte haben einen Durchmesser von 0,5mm, 1mm, 2mm und 3mm.

FUNKTIONSINTEGRATION

Bewegliche Elemente wie der Schlossanhänger können zusammen in einem Durchgang gedruckt werden. Die Bewegung kann nach der Stützenentfernung freigesetzt werden.

ÜBERHANG 15° bis 60°

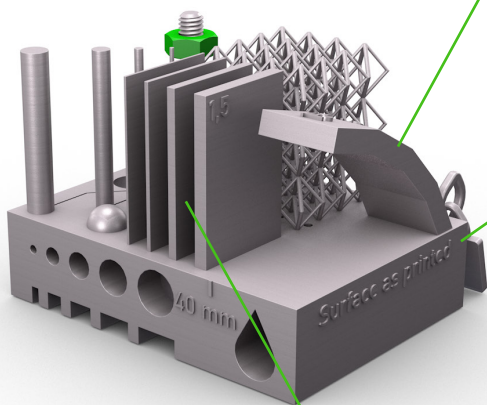
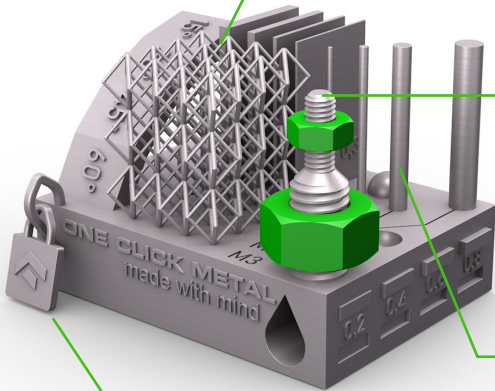
Die Überhänge am Bauteil betragen 15°, 30°, 45° sowie 60°. Bis zu einem Winkel von 45° wird in der Regel gestützt.

UNBEARBEITETE OBERFLÄCHE $R_a < 11\mu m$

Die unbearbeitete, ungestrahlte Oberfläche hat eine Oberflächenrauheit von weniger als $11\mu m$.

WANDSTÄRKE 0,3mm bis 1,5mm

Die vier Wände haben eine Dicke von 0,3mm, 0,5mm, 1mm und 1,5mm.



TREPPENEFFEKT

Die Ausprägung des Treppeneffekts ist von der Schichtstärke abhängig. Grundsätzlich gilt: Je geringer die Schichtstärke, desto weniger Treppeneffekt.

LÖCHER & HORIZONTALE ÜBERHÄNGE 1mm bis 5mm

Die Löcher sowie horizontalen Überhänge haben einen Durchmesser/eine Breite von 1mm, 2mm, 3mm, 4mm sowie 5mm. Im horizontalen 5mm-Überhang wurden Stützen in der Nachbearbeitung entfernt, daher ist die Überhangfläche an dieser Stelle feiner.

MAßHALTIGKEIT < 0,1mm

Bei unserer Bauteillänge von 40mm beträgt die Abweichung weniger als 0,1mm. Eine typische Abweichung liegt üblicherweise zwischen 0,2% und 0,4%.

PRÄGUNGEN 0,2mm bis 0,8mm

Die Prägungen sowohl nach innen als auch nach außen betragen 0,2mm, 0,4mm, 0,6mm sowie 0,8mm. Grundsätzlich gilt: Je stärker die Prägung, desto kritischer der Überhang.

TROPFENFORM 5mm

Die Tropfenform des Lochs mit einem Durchmesser von 5mm hat eine selbststützende Funktion. Dadurch sind keine Stützstrukturen notwendig.

DURCHGANGSKANAL 5mm

Der tropfenförmige sowie stützenfreie Durchgangskanal kann flexibel an jede Bauteilgeometrie angepasst werden.

INNENLIEGENDE KANÄLE 0,7mm bis 1mm

Die kleinsten innenliegenden Kanäle haben einen Durchmesser von 0,7mm, 0,8mm, 0,9mm sowie 1mm.