



# Konstruktionsrichtlinien für SLM-Verfahren

Gültig für folgende Materialien: AlSi10MG

# Inhaltsverzeichnis

Zum SLM-Verfahren.....	3
Wandstärken.....	4
Vermeidung abrupt wechselnder Wandstärken.....	6
Löcher & Kanäle.....	7
Hohlräume und Öffnungen.....	8
Schriftzüge, Gravuren und Details.....	9
Strukturoptimierung.....	10
Toleranzen und Passungen.....	12
Gewinde (direkt und nachbearbeitet).....	13
Print-in-Place.....	14
Datenqualität (STL, Triangulierung).....	15
Richtige Baurichtung.....	17
Mindestabstände zwischen Wänden, Stegen, Flächen.....	18
Konstruktion für Nachbearbeitungsschritte.....	19
Kontakt.....	20

## Laserstrahlschmelzen (SLM) – Additive Fertigung für anspruchsvolle Metallbauteile

Beim Laserstrahlschmelzen wird Metallpulver Schicht für Schicht vollständig aufgeschmolzen. Dadurch entstehen **extrem dichte, belastbare Strukturen**, die sich ideal für Funktionsprototypen, **technische Bauteile und Kleinserien eignen**.

Im Gegensatz zum Lasersintern (SLS) wird das Pulver beim SLM nicht gesintert, sondern direkt verflüssigt – ein Prozess, der für maximale Festigkeit sorgt.

Der Bauraum wird erhitzt und mit Schutzgas gefüllt, um Oxidation zu verhindern. Das Ergebnis: **Metallbauteile in Industriequalität**, die konventionelle Fertigung oft ersetzen oder deutlich beschleunigen.

# Wandstärken

## Wie dick müssen Wandstärken mindestens sein, damit sie stabil und gut druckbar sind?

Für funktionale, prozesssichere Bauteile empfehlen wir folgende konstruktive Mindestanforderungen:

- **Mindestwandstärke für Strukturen: 1,0 mm** (siehe Abbildung 1): Kleinere Wandstärken zwischen 0,5 mm und 1,0 mm können auf Kundenrisiko gefertigt werden. Geometrien mit einer Größe von weniger als 0,5 mm lassen sich nicht zuverlässig darstellen.
- **Freistehende Stege oder Lamellen** benötigen eine größere Materialstärke, da diese stärker zum Verzug neigen. Zusätzliche Verstärkung kann hier auch helfen, je nach Funktion der Bauteile. Bei freistehenden Pins ist ein **minimaler Durchmesser von 2,0 mm notwendig**.
- **Lange dünne Bereiche eines Bauteils** neigen grundsätzlich prozessbedingt zu Verzug. Eine optionale Wärmebehandlung kann in diesem Fall entgegenwirken.
- **Als Wandstärke zählt** die rechtwinklig zur Oberfläche gemessene Dicke einer Geometrie, bei nicht parallel gegenüberliegenden Wänden zählt der geringere Wert (siehe Abbildung 2 – die grün markierte Wandstärke ist relevant).

# Wandstärken

Abbildung 1:  
Mindestwandstärke für Strukturen: 1,0 mm

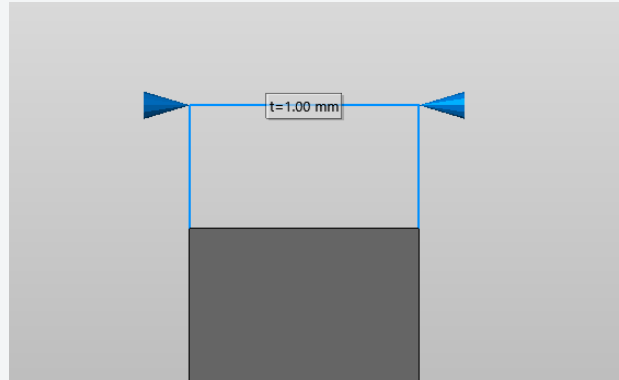
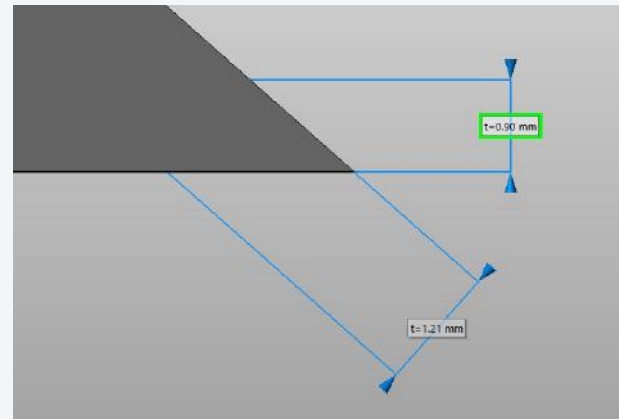


Abbildung 2: bei nicht parallel gegenüberliegenden Wänden zählt der geringere Wert



# Vermeidung abrupt wechselnder Wandstärken

## Warum sollten Wandstärken möglichst gleichmäßig verlaufen?

Beim Selektiven Laserschmelzen sollten Wandstärken möglichst gleichmäßig über das Bauteil verlaufen. Abrupte Änderungen, insbesondere stufenartige Volumensprünge, können zu Problemen führen. Wenn möglich, ist **mit größtmöglichen Radien** statt mit scharfen Kanten zu **konstruieren**. Dies führt außerdem zu stabileren Bauteilen durch eine Verringerung von Kerbwirkungen.

Während des Druckprozesses entstehen lokale Spannungen. Bei stark abweichenden Wandstärken oder stufenartigen Übergängen kann dies zu **Verzug, Streifenbildung, Oberflächendefekten oder Deformationen** führen.

# Löcher & Kanäle

**Wie groß dürfen Bohrungen oder Kanäle sein, damit sie korrekt gefertigt werden? Gibt es Längen-/Durchmesser-Verhältnisse zu beachten?**

- Minimale Durchmesser für Kanäle: **ab 2 mm** zuverlässig darstellbar.
- Kleinere Kanäle können durch mechanische Nacharbeit ermöglicht werden
- Kurven oder Richtungswechsel sollten mit größtmöglichen Radien gestaltet werden, **um Verstopfungen durch Pulverreste** zu vermeiden.
- **Kanäle nur in einer Richtung darstellbar:** : Je nach Bauteilausrichtung wird eine Kanalausrichtung begünstigt. Sobald der Kanal die Richtung ändert, wird die Form dieses Kanals (oder mehrerer Kanäle in verschiedenen Richtungen) leicht verändert dargestellt. Bitte sprechen sie mit uns bezüglich der optimalen Ausrichtung ihres Bauteils gerne an.

# Hohlräume und Öffnungen

## Was muss bei geschlossenen oder schwer zugänglichen Hohlräumen beachtet werden?

- Metallpulver ist **gesundheitsschädlich und bei reaktiven Metallen wie Aluminium und Titan außerdem leicht entzündlich oder explosiv**. Geschlossene Hohlräume enthalten nach dem Druck unverschmolzenes Pulver, das daher **nicht sicher entfernt werden kann**. Daher sind verschlossene oder nicht reinigbare Hohlräume nicht zulässig. Geschlossene Hohlräume bergen außerdem ein Explosions- / Implosionsrisiko bei Temperaturänderungen.
- Wenn Hohlräume nicht vermeidbar sind, muss die Konstruktion **zugängliche Öffnungen** und **möglichst große Entleerungsschächte** vorsehen, um Pulverreste zu entfernen.

# Schriftzüge, Gravuren und Details

## Welche Mindestgröße und Tiefe braucht es, damit Gravuren oder Logos gut sichtbar sind?

- Beim SLM können **Schriftzüge, Logos oder feine Details** direkt im Bauteil realisiert werden. **Minimale Strichbreite:** für Gravuren und erhabene Elemente gilt eine Mindestbreite von **1 mm**, um eine klare Darstellung zu gewährleisten.
- **Minimale Tiefe/Höhe:** Gravuren und erhabene Elemente/Reliefs sollten mindestens 1 mm tief bzw. hoch sein.
- **Schriftgröße:** Für Standardschriftarten sollten Buchstaben mindestens 5 mm hoch sein, sowohl bei Gravuren als auch bei erhabenen Schriftzügen oder Logos, um eine gute Lesbarkeit sicherzustellen.

# Strukturoptimierung

## Welche Verstärkungen verbessern die Stabilität ohne unnötiges Material?

- **Rippen und Streben:** Verstärken Sie dünne Wandbereiche oder große Flächen durch konstruktive Rippen oder diagonale Streben.
- **Lattice- oder Gitterstrukturen:** Innenliegende Gitter können die Festigkeit verbessern, sollten jedoch so gestaltet werden, dass keine nicht zugänglichen Hohlräume entstehen.
- **Radien:** Ecken und Übergänge sollten abgerundet werden, um die Kerbwirkung zu reduzieren und Spannungsspitzen zu vermeiden.

# Strukturoptimierung

## Welche Verstärkungen verbessern die Stabilität ohne unnötiges Material?

- **Topologieoptimierung:** Die Topologieoptimierung ist ein FEM-basierter Prozess zur gezielten Materialverteilung – abhängig von einem definierten Ziel (z. B. Gewichtsreduktion oder mechanische Performance) und bestimmten Randbedingungen. Sie setzt ein gutes Verständnis der Bauteilfunktion und Lastverteilung voraus, ermöglicht aber eine hochgradig effiziente Reduktion von Gewicht und Kosten im Vergleich zum ursprünglichen Design.
- Beispiel:



Abmessung: 68,30mm x 50,00mm x 40,22mm  
Volumen: 61,45cm<sup>3</sup>



Abmessung: 68,30mm x 50,00mm x 40,22mm  
Volumen: 10,35cm<sup>3</sup>

# Toleranzen und Passungen

## Welche Vorgaben sind beim SLM-Verfahren üblich?

Beim Selektiven Laserschmelzen können folgende Toleranzen erzielt werden, abhängig von Bauteilgröße, Geometrie und Nachbearbeitung.

### Übliche Richtwerte:

- Die Allgemeintoleranz beträgt :  $\leq 100\text{mm} \pm 0,3 \text{ mm}$  //  $>100\text{mm} \pm 0,3\%$ .
- **Engere Toleranzen** können **durch gezielte mechanische Nacharbeit** wie z. B. CNC-Fräsen erreicht werden. Dies muss vorher angefragt werden und erfordert eine technische Zeichnung.

# Gewinde (direkt und nachbearbeitet)

## Welche Gewinde funktionieren direkt? Welche müssen nachbearbeitet werden?

- Grundsätzlich sollten **Gewinde im SLM Verfahren nicht gedruckt** werden, sondern immer durch nachträgliches Gewindeschneiden, -fräsen oder -drehen eingebracht werden.
- Im Bauteil muss das für das Gewinde notwendige Kernloch (Kerndurchmesser) sowie mindestens die notwendigen Freistiche **gemäß den jeweiligen Normen konstruiert** werden.
- Beispiele:
  - DIN 13-1 für den Kernlochdurchmesser von metrischen ISO-Gewinden
  - DIN 76-1 für den Freistich von metrischen ISO-Gewinden – mindestens 3,5 x Gewindesteigung
- Es muss außerdem dafür gesorgt werden, dass das Bauteil korrekt eingespannt werden kann und ausreichend **Platz für die Bewegungen von Werkzeugen** vorhanden ist.
- Das Einbringen der Gewinde muss separat bestellt werden.

# Print-in-Place

## Was ist bei der Fertigung von verbundenen Einzelteilen zu beachten?

- Die Print-in-Place Methode, also die Fertigung von untrennbar verbundenen, aber zueinander beweglichen Einzelteilen wie z.B. Scharniere und Ketten ist im SLM-Bereich als **experimentell** anzusehen. **Bitte sprechen Sie uns an**, damit wir prüfen können, wie wir Ihr Projekt umsetzen können.

# Datenqualität (STL, Triangulierung)

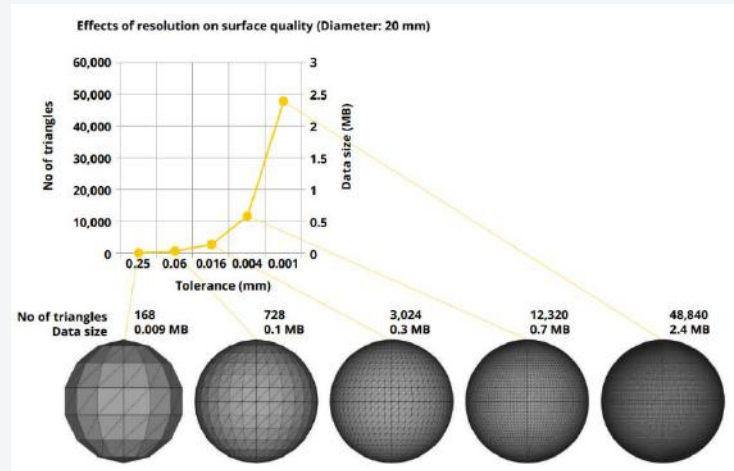
## Woran erkennt man gute vs. schlechte 3D-Daten? Was führt häufig zu Problemen im Prozess?

- Typischerweise liegen STL-Dateien je nach Komplexität des Bauteils zwischen 1 MB und 30 MB. Die Größe ist softwareabhängig sowie die Anzahl der Dreiecke und des Detaillierungsgrads. Für die meisten Modelle reicht eine **STL-Dateigröße von < 5 MB** völlig aus. Bei sehr **komplexen Geometrien** mit Gittern, Freiformflächen oder 3D-Scans sind **< 50 MB** in der Regel ausreichend.
- Beim Exportieren nach STL in einem CAD-Paket müssen Sie häufig einige Parameter wie Winkeltoleranz und Abweichungssehnenhöhe eingeben. Diese Parameter definieren die Auflösung und die Dateigröße des Bauteils.
- Die folgenden **Tipps** helfen Ihnen, mit dem **besten Verhältnis aus Oberflächenqualität und Dateigröße** zu exportieren.
  - Zu viele Dreiecke sind schwer zu verarbeiten. Wird eine bestimmte Größe überschritten, bieten die zusätzlichen Dreiecke keinen weiteren Qualitätsvorteil und Genauigkeit.

# Datenqualität (STL, Triangulierung)

- Empfohlene **Export-Einstellungen**:

- Ausgabeformat: Binary
- Abweichungstoleranz (Chordale):  
0,05 mm
- Winkelabweichung: 2°



- Faustregel:** Wenn bei einem Zoom von 1:1 am Bildschirm Facetten sichtbar sind, werden diese auch am gedruckten Bauteil erkennbar sein.

# Richtige Baurichtung für Funktion & Festigkeit

- Die Baurichtung sollte hauptsächlich zur **Sicherstellung der Druckbarkeit** und Detaildarstellung gewählt werden. **Mechanische Probleme durch Schichtung treten beim SLM-Verfahren nicht auf.**
  - **Bauteilabhängig:** Die optimale Orientierung hängt von der Geometrie und den gewünschten Funktionen ab.
  - **Schichtverschmelzung:** Bei SLM verschmelzen die Schichten vollständig, sodass **Festigkeitsprobleme durch die Schichtung nicht auftreten.**
  - **Sichtbarkeit und Detailtreue:** Bewegliche Teile, Gravuren, filigrane Details oder komplexe Geometrien profitieren von einer Ausrichtung, die **eine saubere Darstellung und minimale Nachbearbeitung** ermöglicht.
  - **Testdrucke:** Bei komplexen oder sehr feinen Bauteilen können Probedrucke helfen, die optimale Orientierung zu bestimmen.
  - **Oberflächenrauheit:** Es können Unterschiede bezüglich der Oberflächenrauheiten je nach Ausrichtung auftreten.

**Kontaktieren Sie uns gern**, um gemeinsam die optimale Druckausrichtung zu bestimmen. Sollten Sie bereits Erfahrung haben und selbst eine Ausrichtung wählen wollen, senden Sie uns im Bestellprozess das Bauteil bereits in der gewünschten Ausrichtung und vermerken Sie im Notizfeld „Ausrichtung beibehalten“.

# Mindestabstände zwischen Wänden, Stegen, Flächen

Wieviel Abstand sollte zwischen Bauteilbereichen sein, damit keine Verschmelzungen oder Brüche auftreten?

- Für zuverlässige Druckbarkeit wird zwischen Wänden, Stegen und Flächen ein **Mindestabstand von 1,0 mm** empfohlen.

# Konstruktion für Nachbearbeitungsschritte

## Wieviel Material sollte zusätzlich für die Nachbearbeitung eingeplant werden?

- Aufmaß/Materialzugabe: Aufgrund der Toleranzen sollten **ca. 1,0 mm Materialzugabe** an kritischen Flächen eingeplant werden, um eine anschließende spanende Nachbearbeitung zu ermöglichen.


# Wir freuen uns auf Sie!



## Ihre 3D-Druck-Experten



## Rapidobject GmbH

 Weißenfeller Str. 84, 04229 Leipzig

 [www.rapidobject.com](http://www.rapidobject.com)

 [info@rapidobject.com](mailto:info@rapidobject.com)

 +49 341 23 18 37 50

## Sie haben noch Fragen?



Welches Material ist für mein  
Fertigungsvorhaben empfehlenswert?



Welche Oberflächenveredelungen sind  
machbar und sinnvoll?



Wie kann ich die Kosten reduzieren und die  
Qualität meines Produkts erhöhen?



Was muss ich bei der Datenaufbereitung  
beachten?



ISO 27001



ISO 9001



ESG-Rating 2023 A Gold



ISO 14001



ISO 52920

KOMPETENZ

INNOVATION

QUALITÄT

NACHHALTIGKEIT