

Designleitfaden

Designleitfaden für den Direktmetalldruck



Inhalt

- 03 Gründe für den Direktmetalldruck
- 04 Der Direktmetalldruck-Prozess
- 05 Grundprinzipien des Direktmetalldrucks
- 15 Strategien zur Reduzierung von Stützstrukturen
- 23 Richtlinien für die Teileausrichtung
- 29 Designrichtlinien
- 36 Nachbearbeitung
- 43 Wir sind für Sie da



Gründe für den Direktmetalldruck

Der Direktmetalldruck (DMP) ist eine additive Fertigungstechnik, mit der Teile in einer Vielzahl von Metalllegierungen hergestellt werden können.

Aus Metallpulver als Ausgangsmaterial wird das Produkt Schicht für Schicht hergestellt. Jede Schicht wird dann auf die vorhergehende aufgeschmolzen, wodurch ein festes und dichtes Teil (bis zu 99,9 %) entsteht, das mit den Ergebnissen konventioneller Herstellungsverfahren (Fräsen, Gießen) vergleichbar ist. Bei diesem Prozess entsteht fast kein Abfallmaterial, und es können komplexe Geometrien gebaut werden, die sonst nicht hergestellt werden könnten.



DMP eignet sich ideal für die Herstellung komplexer, organisch geformter interner Merkmale (z. B. konturnahe Kühlkanäle)



Durch die Kombination mehrerer Teile zu einem einzigen Produkt entfallen Montageprozesse, z. B. das Schweißen, was für zusätzliche Funktionalität sorgt.

VORTEILE DES DIREKTMETALLDRUCKS



Reduzierung des Gewichts

Verwendung von Gitterstrukturen, Topologieoptimierung usw.



Mehr Designfreiheit

Fähigkeit, optimierte organische Formen zu schaffen



Verbesserte Funktionalität von Teilen

Einschließlich thermischer, strömungstechnischer und struktureller Funktionalität oder Integration verschiedener Funktionen in ein Teil



Verbesserte Leistung auf Systemebene

Verbesserte Kraftstoffeffizienz, reduzierter Wartungsaufwand



Maßgeschneiderte Produkte

Interne Strukturen wie komplexe Kühlkanäle, die sonst nicht hergestellt werden könnten, patientenspezifische Anwendungen im Gesundheitswesen usw.



Reduzierung der Teileanzahl und Entfernung sekundärer Vorgänge

Reduzierung oder Eliminierung von Baugruppen



Schnelle Produktion

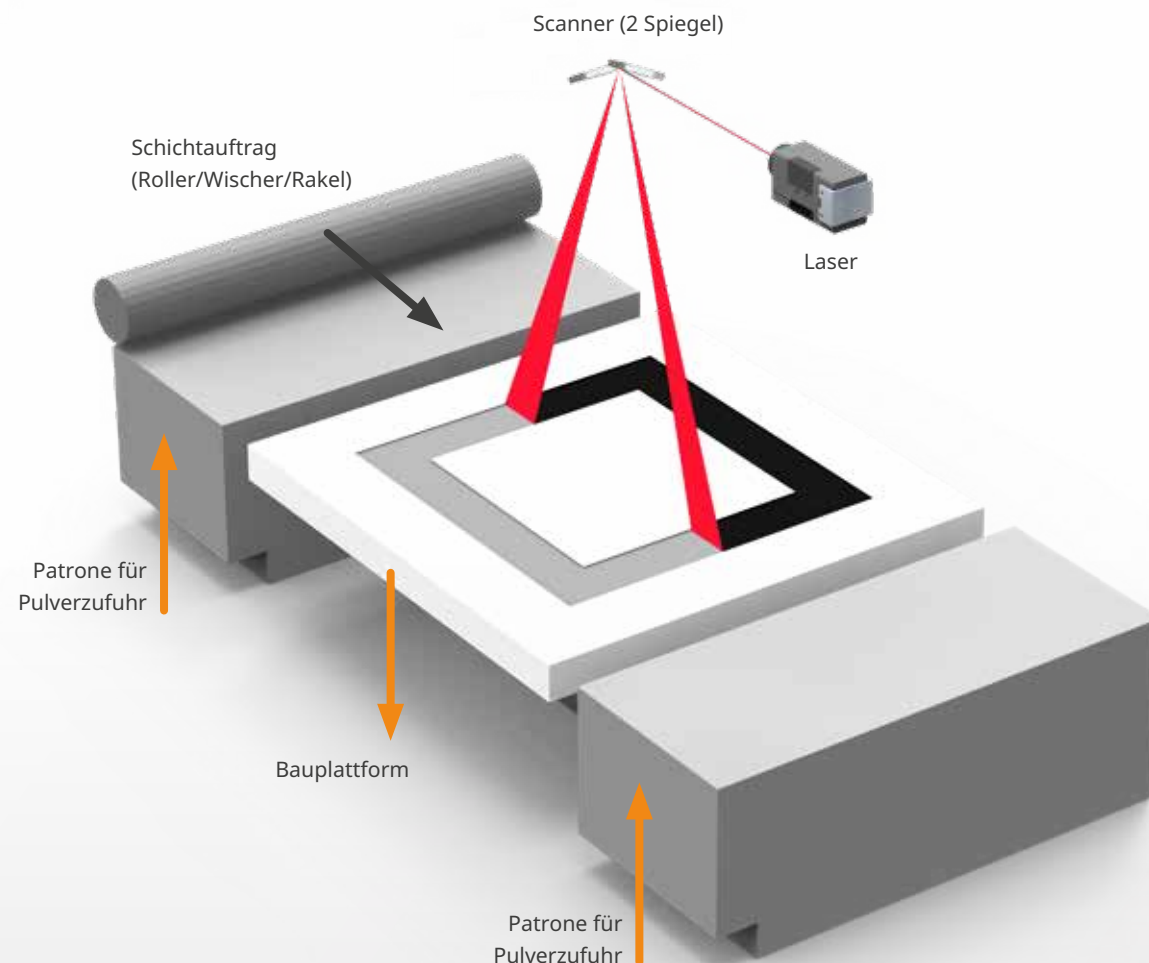
Keine Werkzeuge oder umfangreiche Programmierung erforderlich



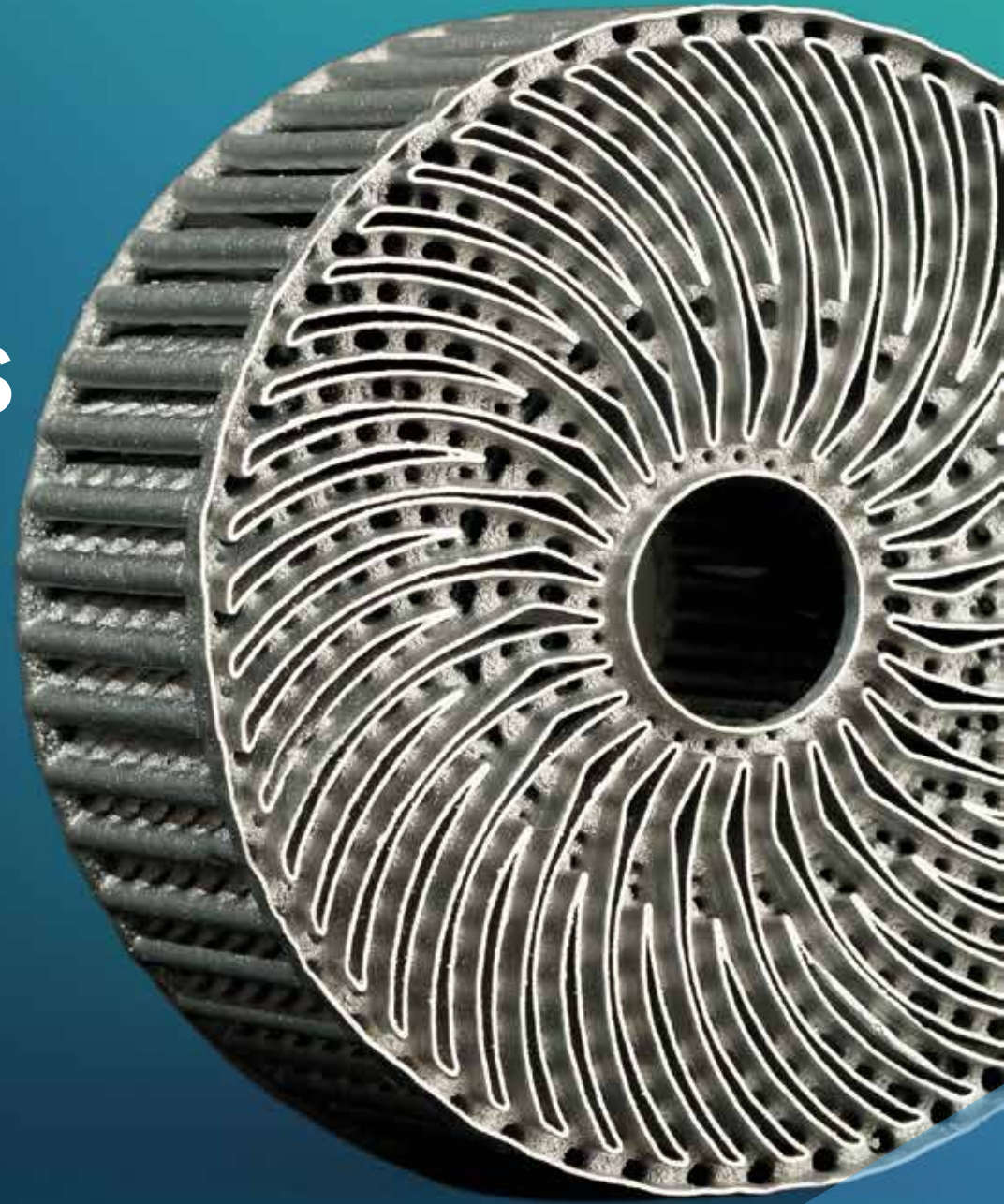
Weniger Abfall

Der Direktmetalldruck-Prozess

- Metallpulverschichten können in Schritten von bis herab zu 10 Mikron abgelagert werden
- Laserscanner verwenden optimale Energiedichte, um das Pulver vollständig in vollständig dichte Teile zu schmelzen (bis zu > 99,9 %)
- Der bidirektionale Pulverauftrag erhöht den Durchsatz
- Ultrahochvakuum ermöglicht < 15 ppm Sauerstoffdichte
- Das Argongas wird recycelt, um den Verbrauch für lange Druckvorgänge zu minimieren
- Zusätzliche lokale Überwachungstools zum Prüfen und Qualifizieren von Produkten sind verfügbar

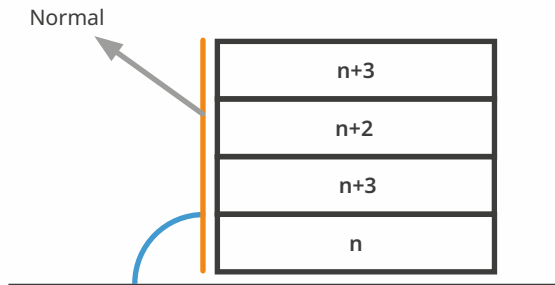


Grundprinzipien des Direktmetalldrucks



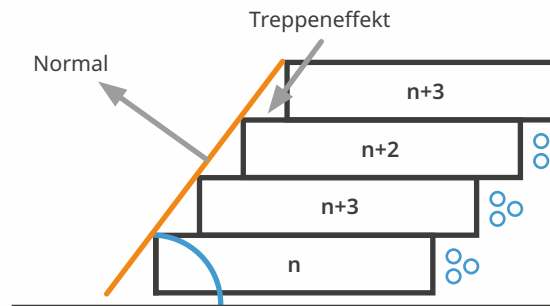
Grundlegende Begriffe

MITTLERE FLÄCHEN



Mittelgroße Oberflächen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Normale des Objekts parallel zur Bauplattform liegt

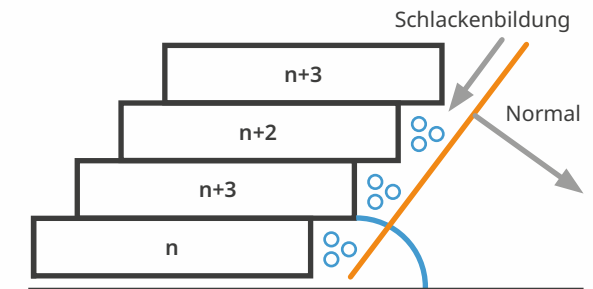
NACH OBEN GERICHTETE FLÄCHEN



Nach oben gerichtete Flächen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Normale des Objekts von der Bauplattform weg weist.

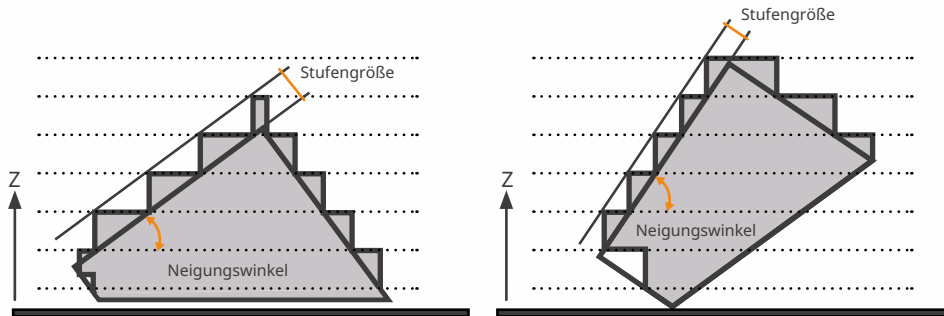
NACH UNTEN GERICHTETE FLÄCHEN

Die Kanten der nach unten gerichteten Flächen werden auf nicht geschmolzenem Metall aufgebaut



Nach unten gerichtete Flächen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Normale des Objekts zur Bauplattform hin weist

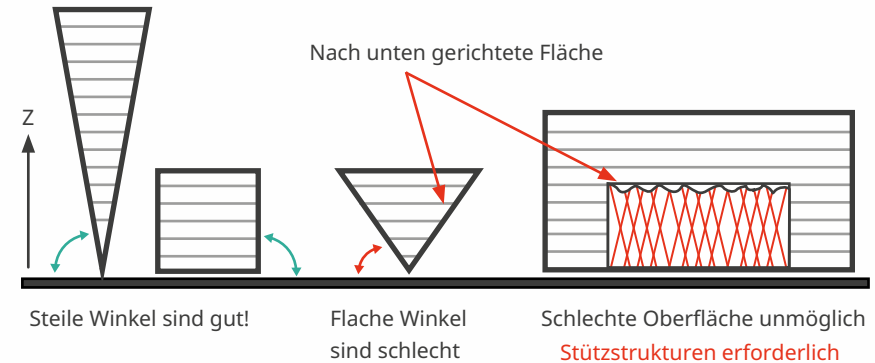
Auswirkungen auf die Qualität



Die Oberflächenqualität beim Direktmetalldruck ist abhängig von der Ausrichtung der Oberfläche.

Der Treppenstufeneffekt, der allen additiven Schichtherstellungstechnologien eigen ist, kann durch den Aufbau von stärker vertikalen oder aber perfekt horizontal ausgerichteten Flächen verringert werden.

Auf nach oben gerichteten Flächen ist dieser Effekt deutlich sichtbar und wichtig.



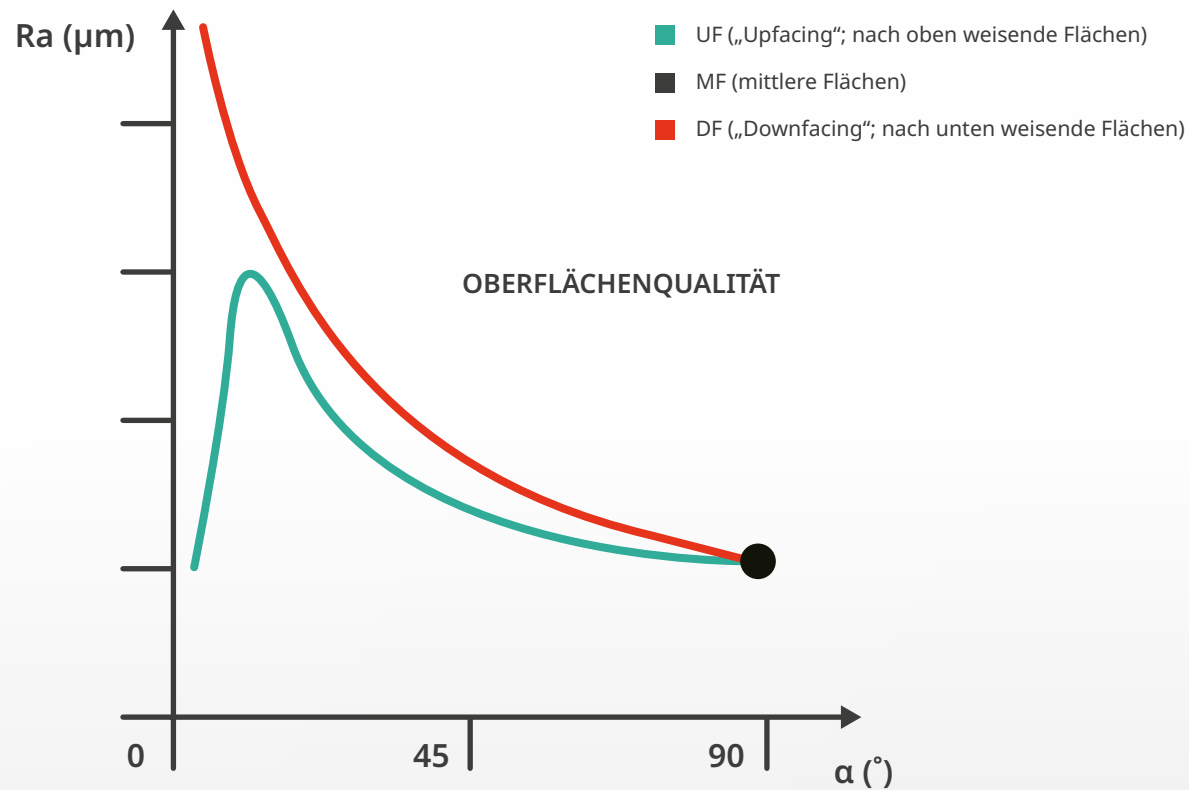
Auf nach unten gerichteten Flächen ist der Schlackenbildungseffekt in den meisten Fällen größer als der Treppeneffekt. Schlacke ist die unerwünschte Menge an geschmolzenem Material und Teilchen als Folge des Schmelzens auf losem Pulver.



- Je flacher der Winkel, desto größer die Schlackenbildung, und dadurch schlechtere Oberflächenqualität.
- Niedrige Winkel benötigen Stützstrukturen, bei denen es sich um temporäre Merkmale handelt, die zusätzliche Stabilität beim Drucken bieten und bei der Nachbearbeitung entfernt werden.
- Gestützte Flächen sind von schlechterer Qualität

Auswirkungen auf die Qualität

Oberflächenqualität je nach Art der Oberfläche und Winkel



Grundprinzipien

Warum gibt es thermische Spannungen im Bauteil?

- Hohe Schmelztemperaturen (z. B. Titan: 1650 °C; Edelstahl: 1200 °C)
- Schnelle Kühlrate: 1 ms/100 °C)
- Spannungen sammeln sich über alle Schichten an, weil bei jedem Druck einer Schicht die oberen Schichten mehrfach erwärmt und abgekühlt werden. Ausdehnung und Schrumpfung, blockiert durch bereits verfestigte Schichten, verursachen Restspannungen.
- Das Verformungsverhalten ist materialspezifisch.

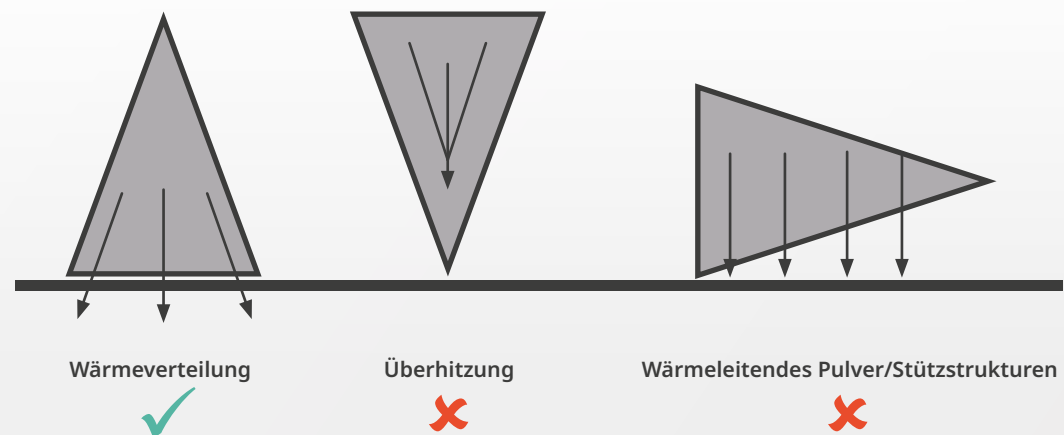
Wichtige Einflüsse auf derartige Belastungen

$\sigma T \sim A$ Die thermische Spannung ist proportional zur geschmolzenen Oberfläche.
Um dies zu mildern:

- Reduzieren Sie die zu schmelzende Fläche pro Schicht
- Stellen Sie sicher, dass die längste Ausdehnung des Teils entlang der Z-Achse liegt
- Sorgen Sie für eine hohe Anzahl von kleinen Abschnitten, was besser ist als ein großer Abschnitt

$\sigma T \sim \Delta T$ Die thermische Spannung ist proportional zum Temperaturabfall während der Verfestigung

Achten Sie auf eine gute Wärmeübertragung zur Grundplatte und zur Maschine. Je besser die Wärme übertragen wird, desto weniger wird sich ein Teil verziehen.



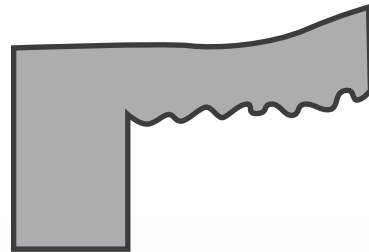
Umgang mit thermischen Spannungen

- Restspannungen führen zu Teilen, die zum Verziehen neigen
- Stützstrukturen sind erforderlich, um Verformungen zu vermeiden und ein Teil in Form zu halten.
- Spannungen bleiben nach dem Aufbau im Bauteil bestehen – wenn die Stützstruktur sofort entfernt wird, verformt sich das Teil immer noch in eine unerwünschte Position

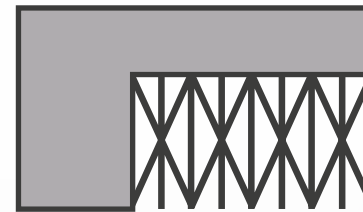
Eine Wärmebehandlung ist nach der Pulverentfernung und vor der Entfernung der Stützstrukturen und dem Ablösen von der Plattform erforderlich, damit die Spannungen sich lösen.



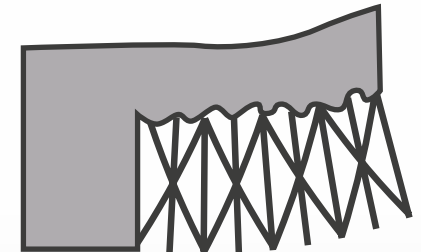
ENTWICKELTES MODELL



VERFORMUNG UND
SCHLACKENBILDUNG



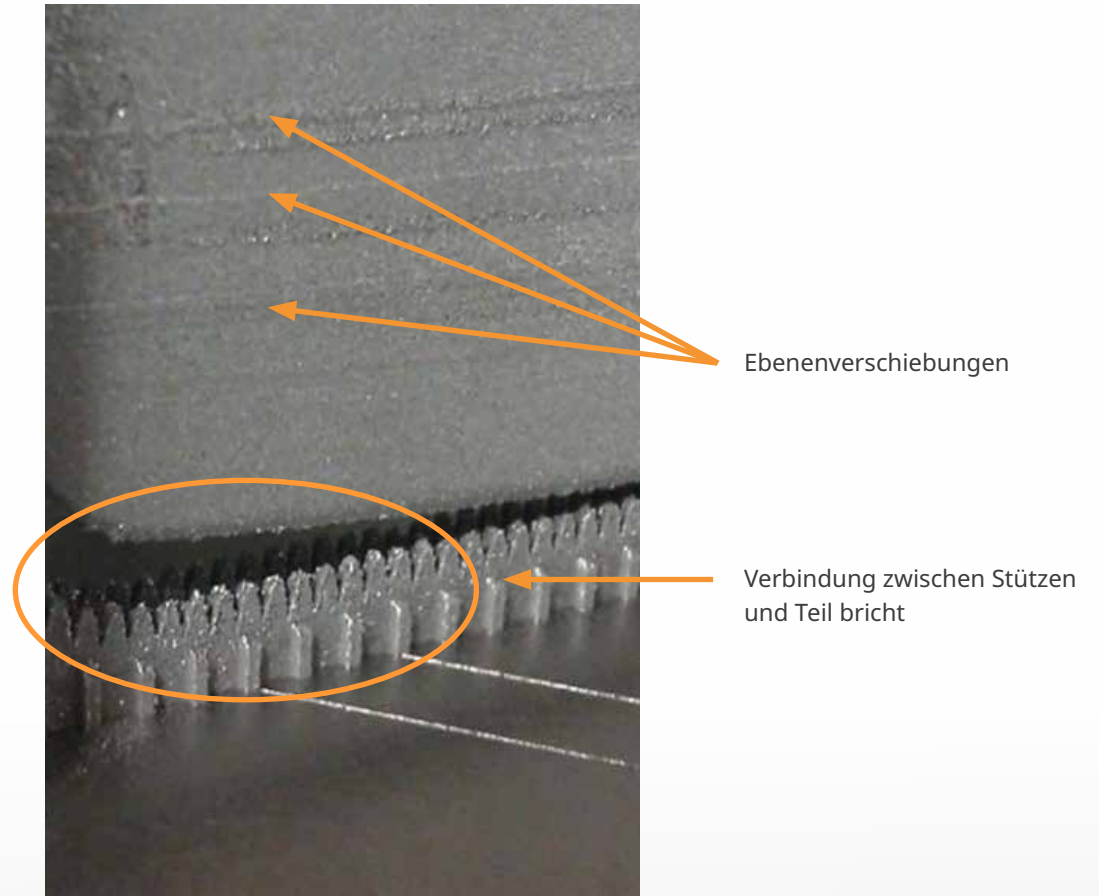
STÜTZSTRUKTUR



VERFORMUNG BEI
ENTFERNEN VON
DER PLATTE VOR
WÄRMEBEHANDLUNG

Ebenenverschiebungen

- Verursacht durch unsachgemäße Stützstrukturen
- Verbindung zwischen Stützstrukturen und Teilen reißt aufgrund von Eigenspannung
- Teil verschiebt sich, während sich der Riss ausbreitet
- Der Laser erkennt diese Veränderung nicht und scannt weiter gemäß Konstruktionsabsicht
- Das Ergebnis ist eine horizontale „Verschiebung“ über den gesamten Scanbereich



Ursachen für Schrumpfungslinien

Schrumpfungslinien erscheinen, wenn zwei getrennte Einheiten zu einer Schicht verbunden werden

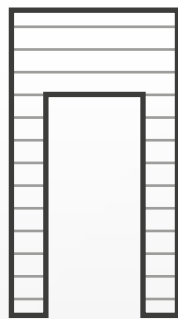
- Die Verbindungsfläche schrumpft und zieht die beiden Einheiten zueinander
- Die nächste Ebene wird wieder auf die Originalmaße gedruckt
- Im Teil sichtbare Linie
- Typisch auf Brücken/innenliegenden Kanälen

Ebenenverschiebung =
Stützstrukturproblem

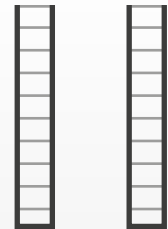
Schrumpfungslinien =
Geometrieproblem



ENTWICKELTES MODELL

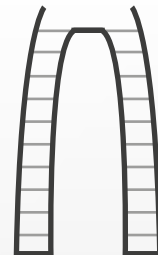


VERTIKALER AUFBAU



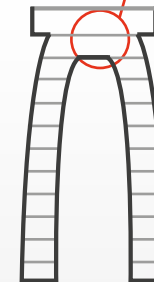
Während diese vertikalen Säulen aufgebaut werden, hat jede von ihnen eine Eigenspannung; diese interagieren jedoch nicht miteinander.

HORIZONTALER AUFBAU



Eine große, plötzliche Veränderung im Querschnitt führt aufgrund der Wechselwirkung von Restspannungen zur Bildung von Schrumpfungslinien.

VERFORMUNG

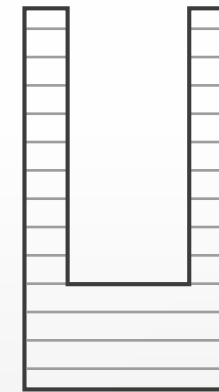


Der Laser scannt weiterhin basierend auf Ihrem entworfenen Modell.

Ausmaß der Verformung hängt von der Geometrie ab

VS

OPTION



OPTIMIERTE AUSRICHTUNG

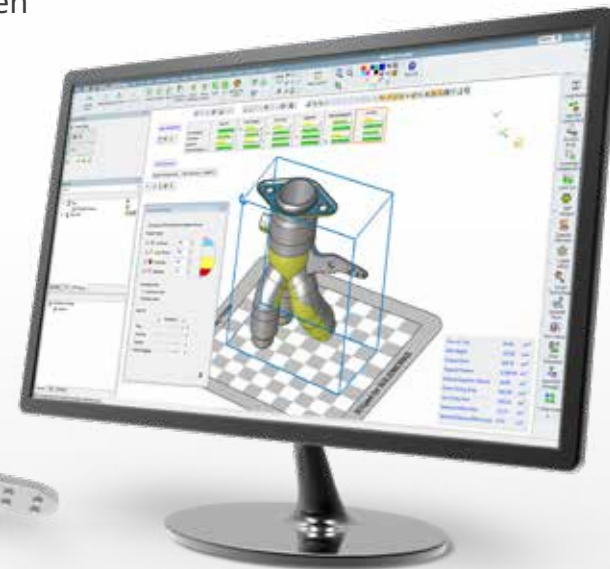
Vermeiden Sie Schrumpflinien, indem Sie das Teil so konstruieren oder ausrichten, dass Elemente beim Aufbau in Z-Richtung nicht konvergieren, sondern divergieren.

Vorhersage von Schrumpflinien mit der Software 3DXpert®

3DXpert ist eine integrierte All-in-One-Software für den gesamten Workflow der additiven Fertigung, die eine ultimative Kombination aus Automatisierung und vollständiger Kontrolle durch den Benutzer bietet.

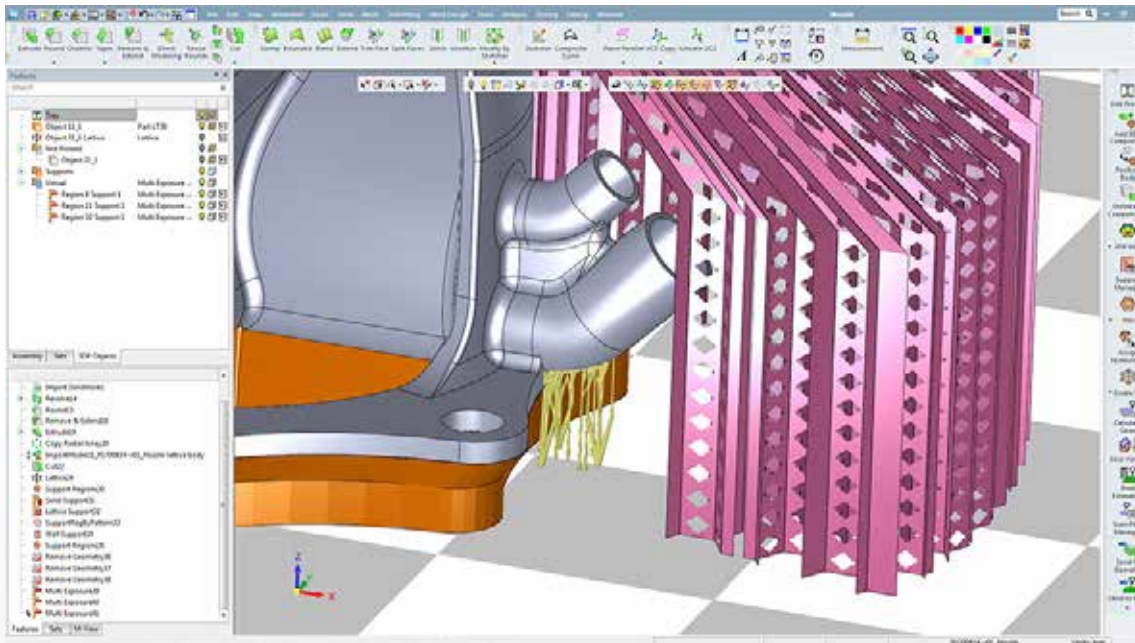
Die Simulationswerkzeuge in 3DXpert ermöglichen es Anwendern, effektiv vorherzusagen, wo und wie Verschiebungen an einem Teil auftreten können, damit für das gewünschte Ergebnis Stützstrukturen optimal platziert werden können.

3DXpert ermöglicht außerdem die Minimierung von Handarbeit durch die Verwendung von kompensierten Modellen, bei denen die Software prognostizierten Verformungen entgegenwirkt, um den idealen Zustand zu erreichen.



Stützstrukturen

Für die Wärmeübertragung ist eine geeignete Stützstruktur erforderlich, um Verformung zu verhindern, die Schlackenbildung zu minimieren und Schrumpflinien zu reduzieren.



Es gibt eine Vielzahl möglicher Stützstrukturen.

Hier sind einige Beispiele:



Wandstützen



Volumenkörperstützen



Gitterstützen



Feste Wand



Kegelstütze



Manueller Kegel

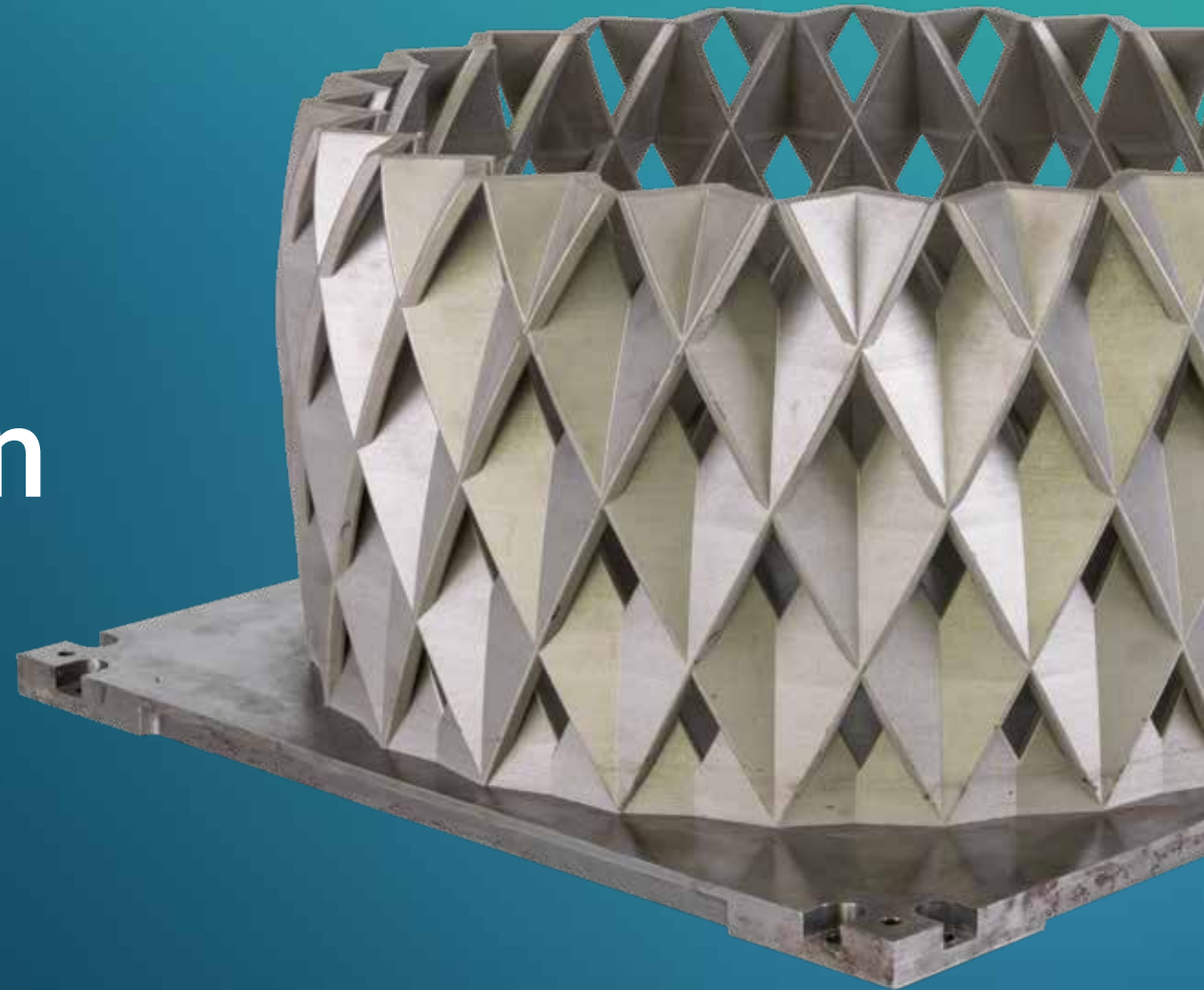


Seitenstütze



Mehrfache Lage

Strategien zur Reduzierung von Stützstrukturen



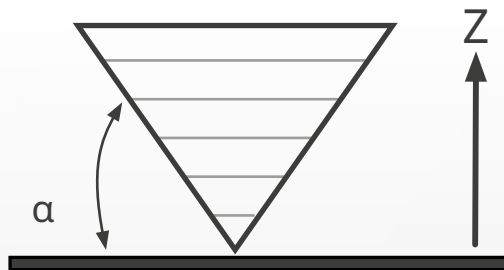
Was kann ohne Stützstrukturen gebaut werden?

Stahl, Edelstahl, Inconel

- Große* nach unten gerichtete Bereiche $\alpha > 60^\circ$
- Mittlere* nach unten gerichtete Bereiche $\alpha > 50-55^\circ$
- Kleine* nach unten gerichtete Bereiche $\alpha > 45^\circ$

Titan, Aluminium

- Große* nach unten gerichtete Bereiche $\alpha > 50^\circ$
- Mittlere* nach unten gerichtete Bereiche $> 40-45^\circ$
- Kleine* nach unten gerichtete Bereiche $\alpha > 35^\circ$

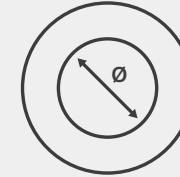


*Diese Werte sind Erfahrungswerte, gewonnen auf ProX DMP 320-Druckermodellen, die sich je nach Druckermodell, spezifischen Geometrien und verbesserten Konstruktionsstilen ändern können.

*Die Größe dieser Flächen hängt von der Teilegeometrie ab.

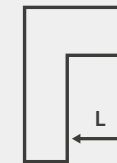
Horizontale kreisförmige Löcher

- Ohne Stützstrukturen $\varnothing \text{ mm} < 10 \text{ mm}$
- Stützstrukturen erforderlich $\varnothing \text{ mm} > 10 \text{ mm}$



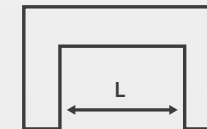
Horizontale Brücken

- Ohne Stützstrukturen $L < 1,2 \text{ mm}$
- Stützstrukturen erforderlich $L > 1,5 \text{ mm}$

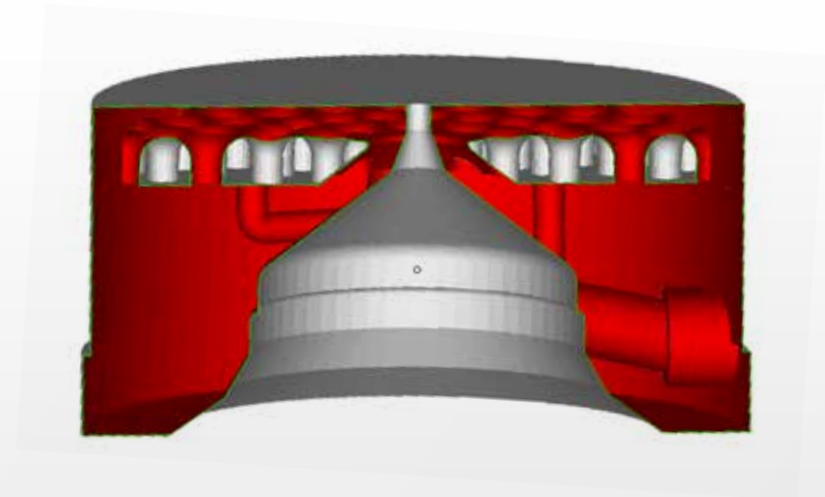
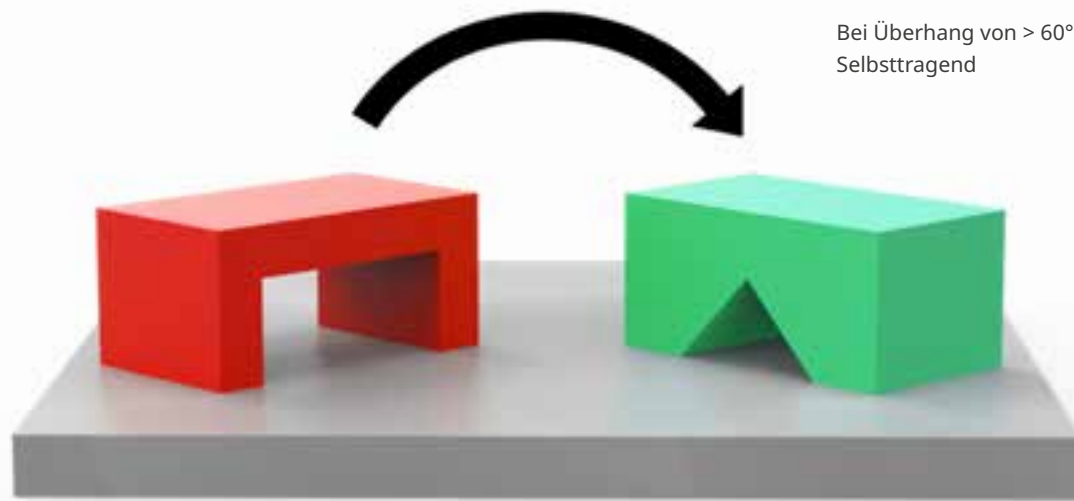


Horizontale Brücken

- Ohne Stützstrukturen $L < 2 \text{ mm}$
- Stützstrukturen erforderlich $L > 2 \text{ mm}$



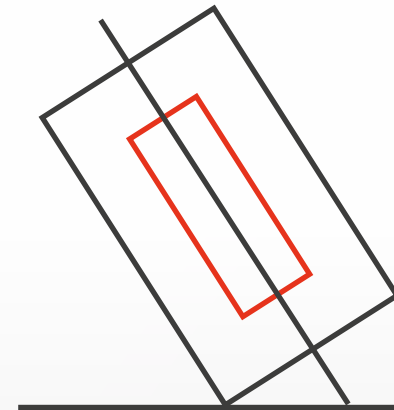
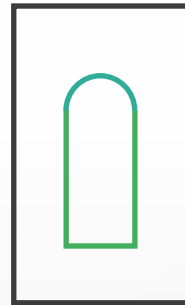
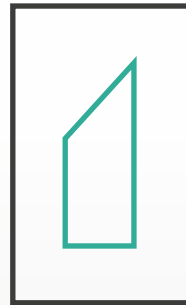
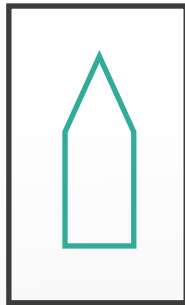
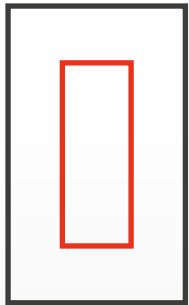
Vermeiden Sie nach unten gerichtete Flächen und erzeugen Sie selbsttragende Geometrien



Kanaldesign

Große (interne) Überhänge sind nicht druckbar

- Design der internen Kanäle ändern (Abschluss mit $> 45^\circ$)
- Winkelteil bei einem selbsttragenden Winkel (45°)
- Möglicherweise wird eine zusätzliche Stützstruktur an der Außenseite des Teils benötigt



NoSupports™ mit 3DXpert®

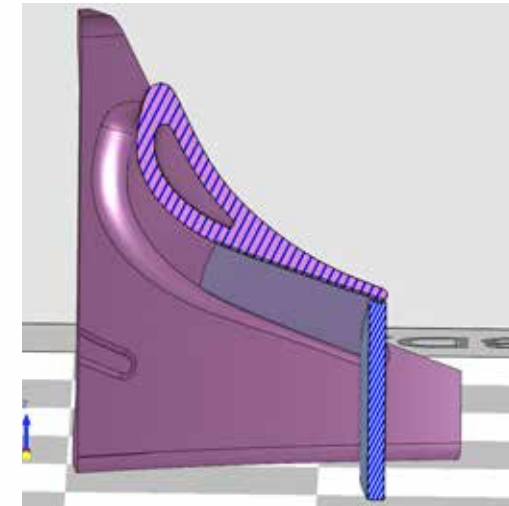
Strategien, die von der Software 3DXpert® unterstützt werden, ermöglichen den 3D-Metalldruck ohne Stützstrukturen

Zusammen mit dem führenden Fachwissen und den Maschinenplattformen von 3D Systems verfügt das 3DXpert-Softwarepaket über fortschrittliche Funktionen für die additive Metallfertigung, mit denen Sie Ihren Designumfang um Funktionen wie Mehrfachbelichtung und Kühlrippen erweitern können, um das Designziel ohne Stützstrukturen zu erreichen.

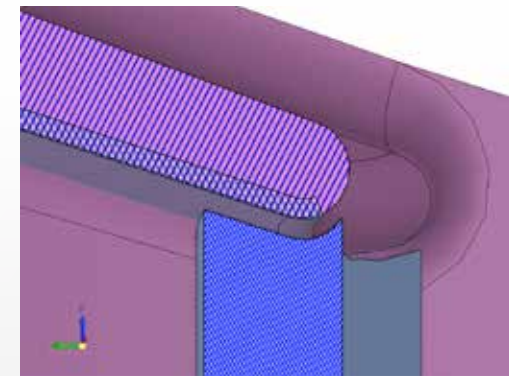
3DXpert ist eine integrierte All-in-One-Software für den gesamten Workflow der additiven Fertigung.

Sie bietet eine ultimative Kombination aus Automatisierung und vollständiger Kontrolle durch den Benutzer.

- Parametrische und verlaufsbasierte Hybrid-CAD-Tools (B-rep und Mesh)
- Verlaufsbasierter Ansatz ermöglicht Veränderungen in jeder Phase
- Integrierte Simulation beschleunigt die Überprüfung des Designs
- Optimierung von Druckstrategien, um die Qualität trotz kürzerer Druckzeit sicherzustellen



Kühlrippe
Kontaktlose Stützstrukturen



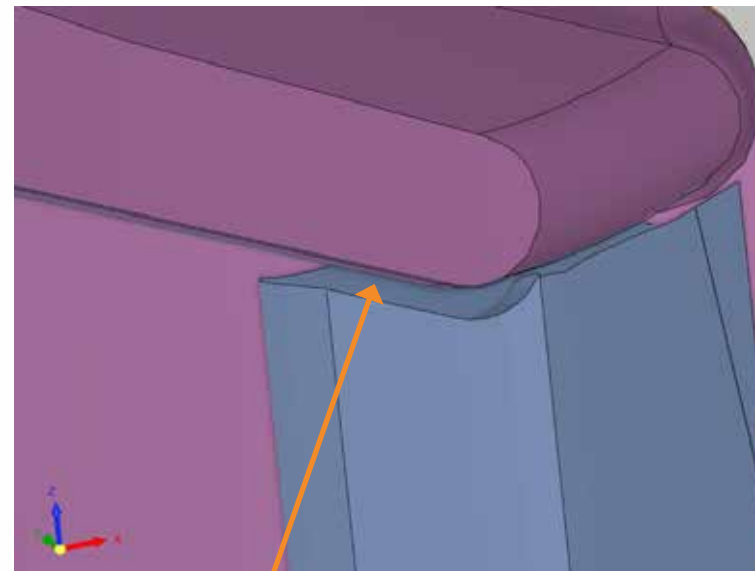
Mehrfachbelichtung
Parameter für nach unten weisende Mehrfachschräffuren
(Multi-Hatching)

Kühlrippen

Kontaktlose Stützstrukturen

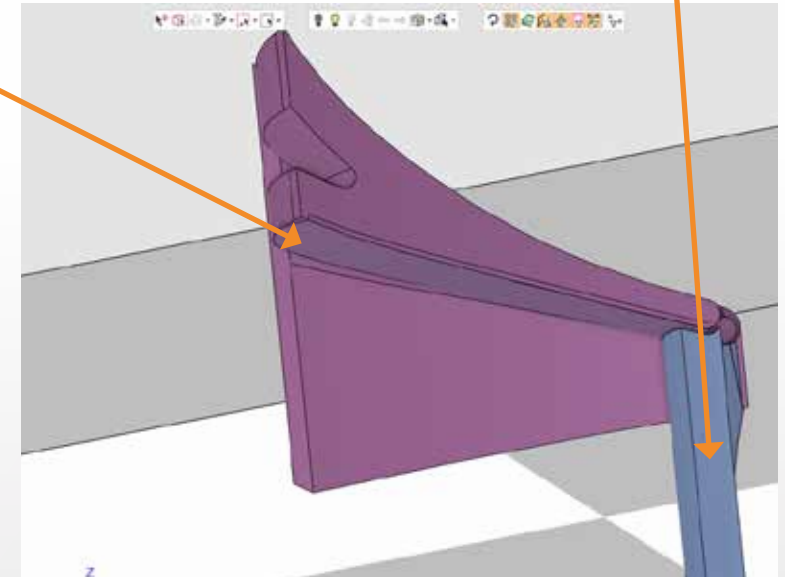
Kühlrippen bieten eine Struktur zur Wärmeübertragung und Steuerung des Schweißprozesses für die Elemente mit dem niedrigsten Winkel, ohne diese mit dem Teil zu verschweißen.

- Verwendet die „Solid Support“-Funktionalität von 3DXpert
- Stützt nach unten weisende Flächen mit niedrigem Winkel und bietet Wärmemanagement an den begrenzenden Kanten
- Kühlrippen fungieren als Kühlkörper zur Ableitung von Wärme durch die Pulverschicht an die Kühlrippe
- Optimierter Spalt ermöglicht einfaches Entfernen ohne physische Stützstrukturen, die das Teil berühren
- Keine zu entfernenden Kontaktreste



Kühlrippe

Pulverspalt

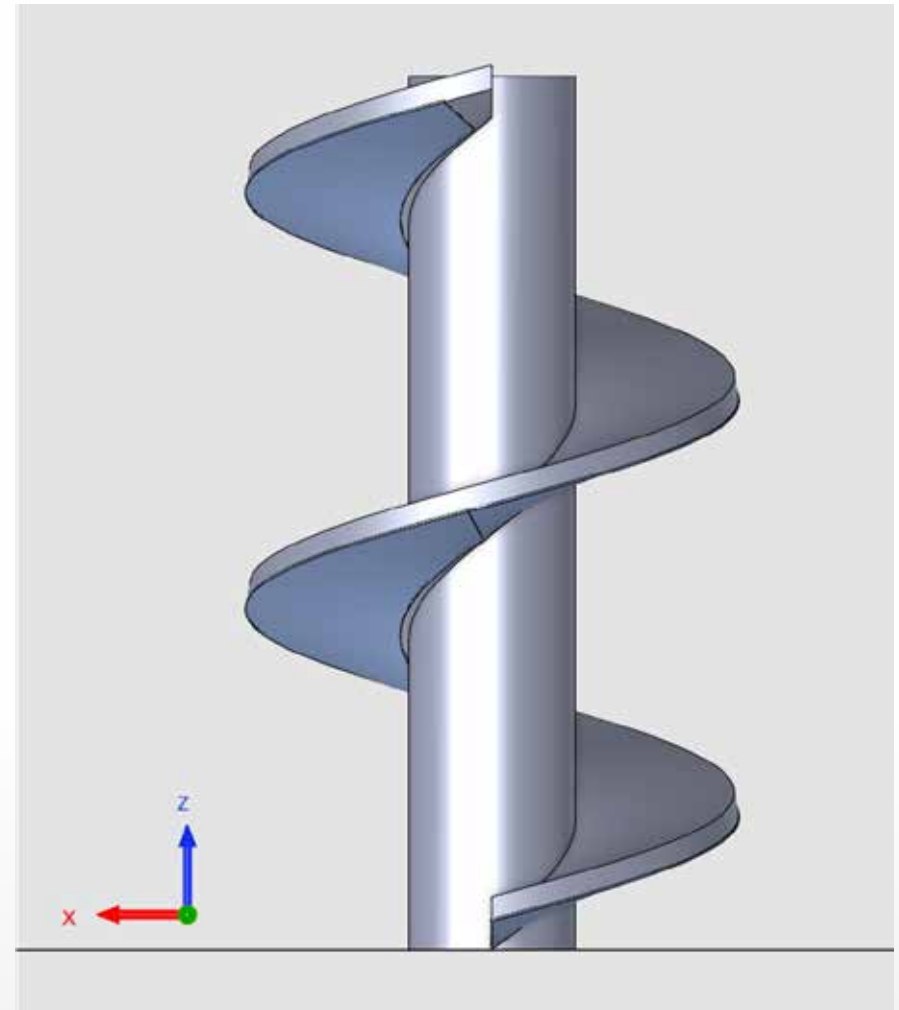


Mehrfachbelichtung

Parameter für nach unten weisende Mehrfachschraffuren (Multi-Hatching)

Mehrfachbelichtung kann den selbsttragenden Winkel drastisch reduzieren, während eine hochwertige Oberfläche sichergestellt wird.

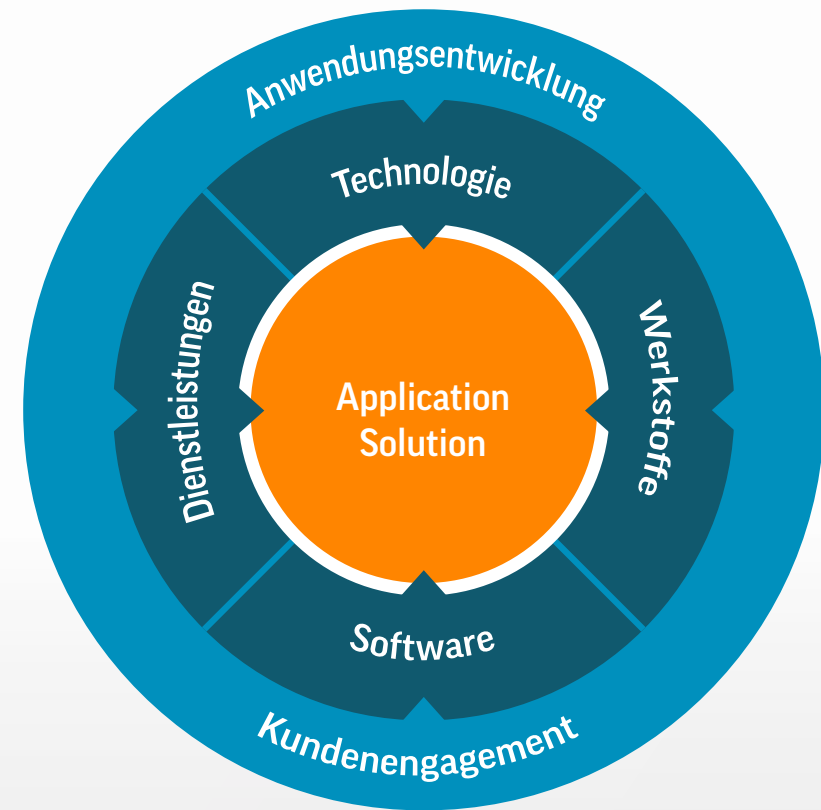
- Strategie zum konsistenten Aufbau von Regionen mit geringen Überhängen, die weder umgestaltet noch ungestützt belassen werden können
- Verbesserungen nach unten weisender Oberflächen
- Mehrfachbelichtungsparameter können auf bestimmte Bereiche angewendet werden



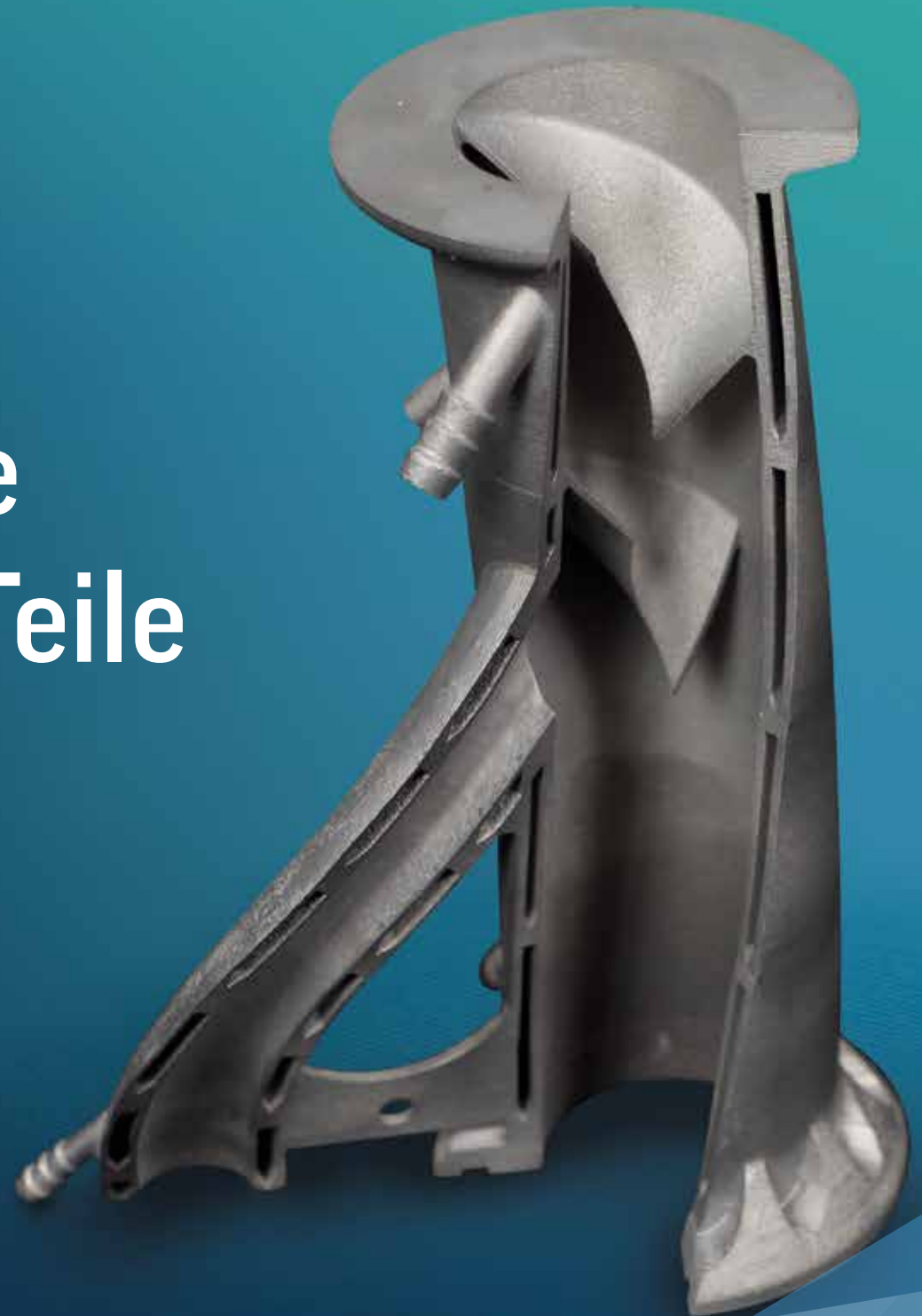
Anwenden von NoSupports auf erweiterte Anwendungen

Die Application Innovation Group von 3D Systems beschäftigt sich mit der ständigen Weiterentwicklung von Parametern für den gesamten DMP-Materialkatalog von 3D Systems und arbeitet routinemäßig mit Kunden zusammen, um hochoptimierte Teile zu entwickeln, die sich nicht auf konventionelle Stützstrategien für DMP verlassen können.

Wenn Sie Hilfe bei der Lösung Ihrer Anwendungsherausforderungen benötigen, wenden Sie sich an die [Application Innovation Group](#) von 3D Systems.



Richtlinien für die Ausrichtung der Teile



Allgemeine Qualität des Bauteils

Wie das Teil im Hinblick auf dessen allgemeine Qualität auszurichten ist, hängt hauptsächlich von den nach unten gerichteten Flächen ab.

Nach unten gerichtete Flächen haben die geringste Qualität und weisen eine hohe Rauheit auf. Ganz allgemein kann man sagen, dass die Qualität des Teils durch Verringerung der nach unten gerichtete Flächen steigt.

Nach unten gerichtete Flächen sind die Flächen unterhalb des selbsttragenden Winkels (α).

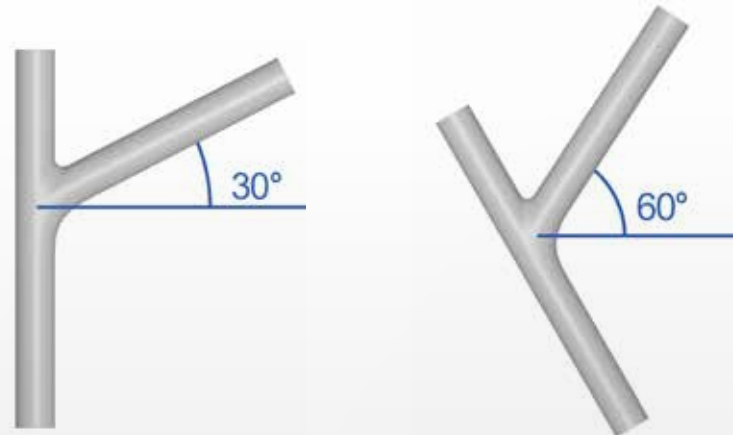
Der selbsttragende Winkel hängt vom Material und vom Druckverfahren ab.

- Ti-Legierungen $\alpha = 40-45^\circ$
- Stahl, CoCr, Aluminium-Legierungen $\alpha = 50-55^\circ$

Das folgende Beispiel veranschaulicht diese Situation.

Der linke Teil hat einen Schenkel, der einen Winkel von 30° zur Bauplatte bildet, sodass dieser Schenkel abgestützt werden muss (weil er unterhalb des selbsttragenden Winkels liegt)*.

Wird dasselbe Teil um 30° gedreht, erkennt man, dass der Schenkel nun einen 60° -Winkel mit der Bauplatte bildet. Dadurch muss in diesem Bereich keine Stützstruktur eingefügt werden, wodurch die Gesamtqualität dieses Teils steigt.



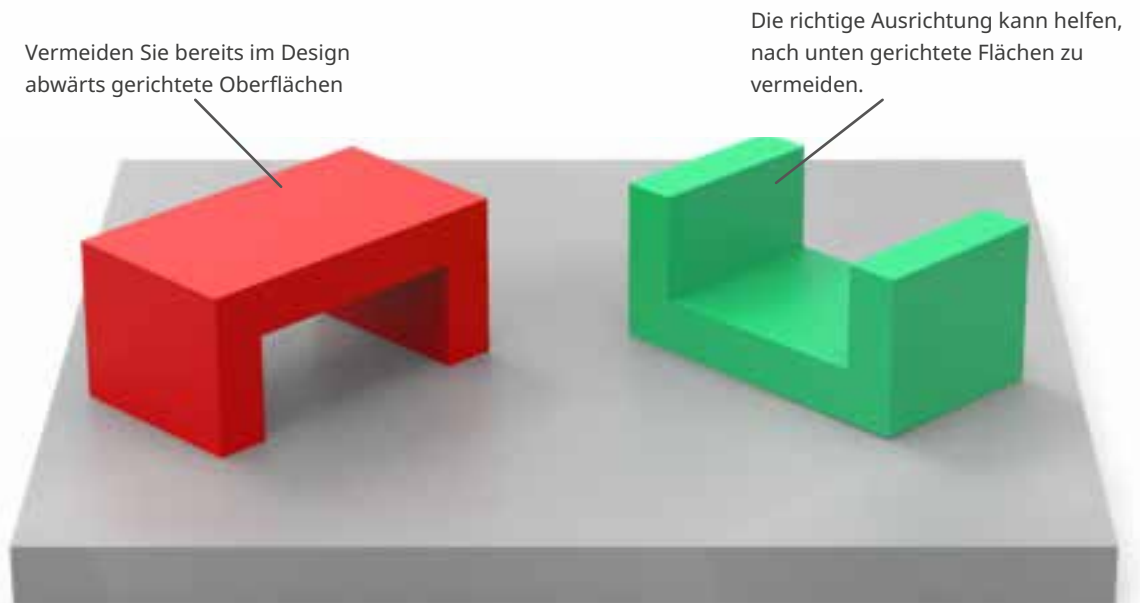
*Metalldrucker mit einem Rollensystem, wie die DMP-Maschinen von 3D Systems, können für Ti Winkel von bis zu 30° erreichen

Vermeiden von nach unten gerichteten Flächen

Vermeiden Sie große Überhänge oder große nach unten gerichtete Bereiche.

Die Teile werden viel besser aufgebaut, wenn Sie mehr mittlere und nach oben gerichtete Bereiche statt nach unten gerichtete Bereiche haben.

- ↓ Verringert die Schlackenbildung
- ↓ Verringert die Möglichkeit der Bildung von Schrumpfungslinien
- ↓ Weniger Stützstrukturen



Die rot markierte Ausrichtung ist wegen des großen Überhangs schlecht gewählt.

Die grün markierte Ausrichtung ist gut, weil das Teil unmittelbar auf der Grundplatte aufgebaut wird und keinen nach unten gerichteten Bereich hat.

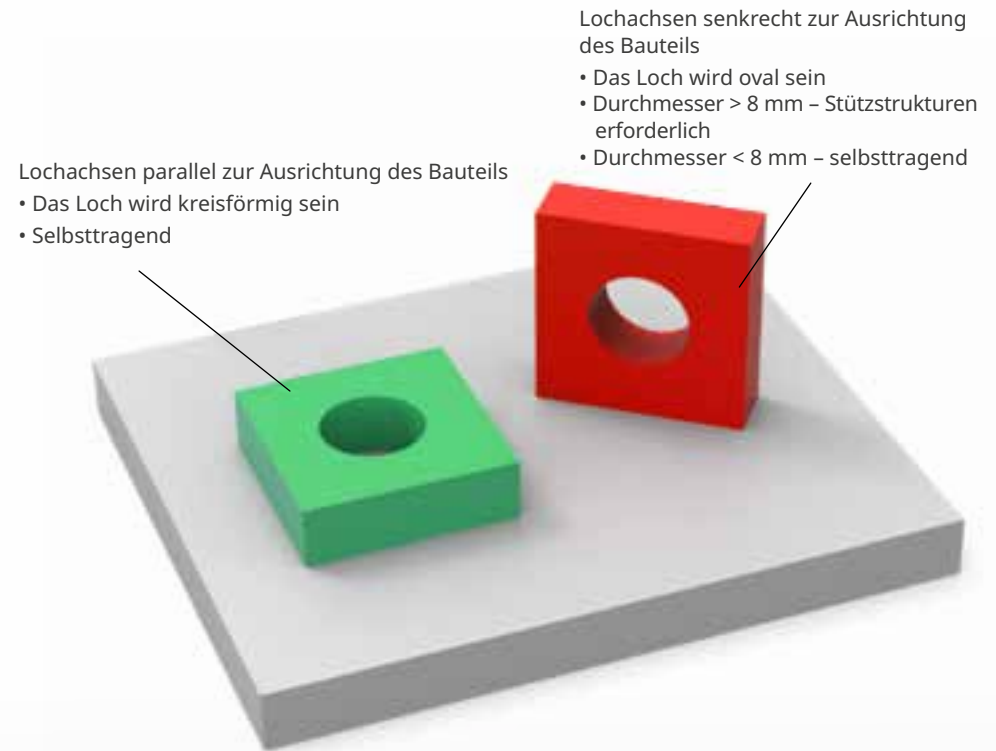
Besondere Merkmale

Die Qualität von Druckmerkmalen wie Löcher, Taschen, Schraubengewinde usw. hängt von der Ausrichtung des Teils ab.

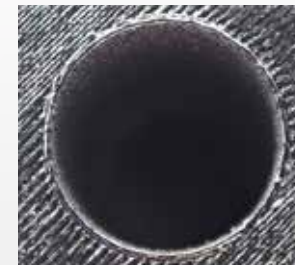
Die höchste Qualität beim Drucken entsteht in Z-Richtung (senkrecht zur Bauplattform).

Wenn diese Details in X/Y-Richtung (parallel zur Bauplattform) gedruckt werden, verschlechtert sich deren Qualität durch die Ausrichtung nach unten.

Durch Drucken von Merkmalen in einem Winkel kann die Entstehung von Schrumpfungslinien verringert werden. Die Bedingungen der thermischen Belastung sind bei Kuppeln anders als bei Löchern, und größere Kuppeldurchmesser können ohne Stützstrukturen gedruckt werden. Die Qualität des Drucks ist je nach Detail unterschiedlich.



Kuppel mit 15 mm Durchmesser ohne Stützstrukturen gedruckt



Beispiel für ein vertikal aufgebautes Loch



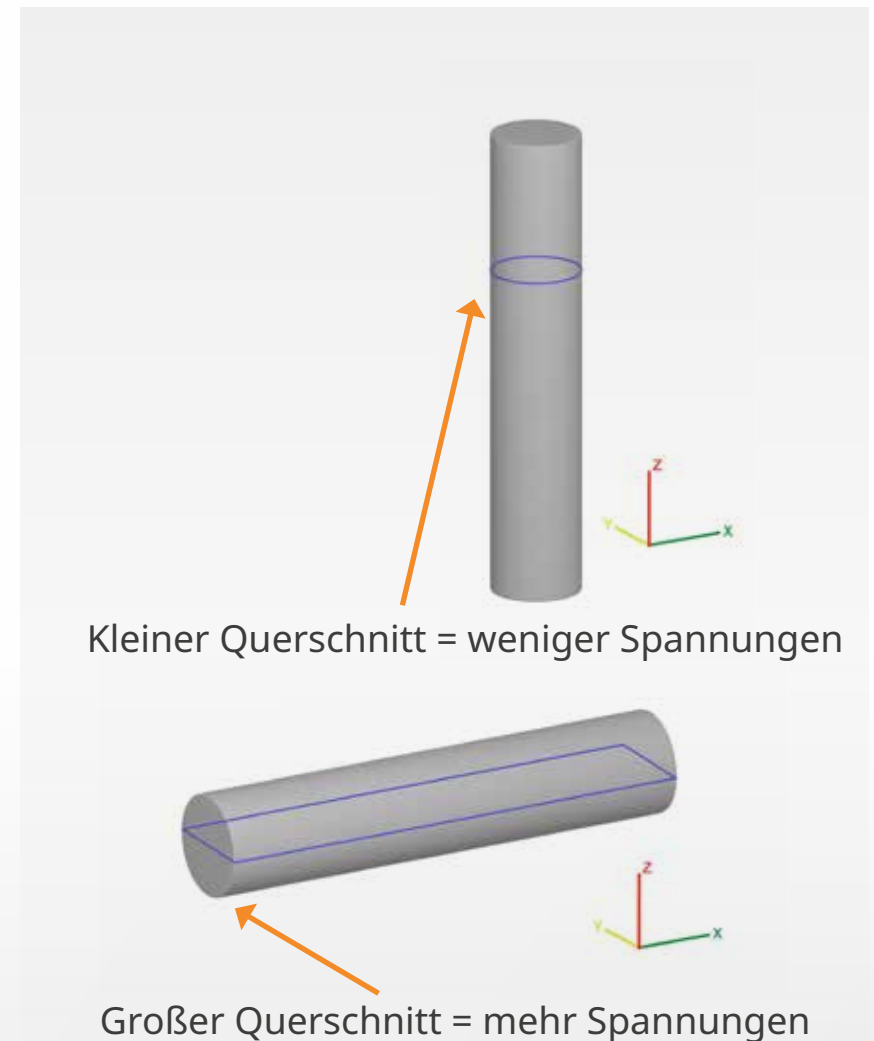
Beispiel für ein horizontal aufgebautes Loch

Thermische Belastung

Bei der Ausrichtung der Teile möchten wir die thermischen Spannungen so gering wie möglich halten.

Diese thermischen Spannungen werden durch eine erste lokale Erwärmung des Pulvers und eine schnelle Abkühlung nach dem Schmelzen des Pulvers erzeugt. Eine Möglichkeit, die Spannungen so gering wie möglich zu halten, besteht darin, die Querschnitte (das, was tatsächlich in jeder Schicht gescannt wurde) so klein wie möglich zu halten.

Auf dem Bild rechts: die Ausrichtung links hat einen kleinen Querschnitt, und die thermischen Spannungen würden auf ein Minimum reduziert. Die unten gezeigte Ausrichtung kann gedruckt werden, aber es ist eine stabile Stützstruktur notwendig, um das Teil in Form und am Platz zu halten.



Kleine Merkmale

Stark abhängig von

- Werkstoff
- Ausrichtung
- Teilegeometrie
- Schichtdicke
- Laserspot-Größe

Kleinstmögliche Details unabhängig von der Höhe

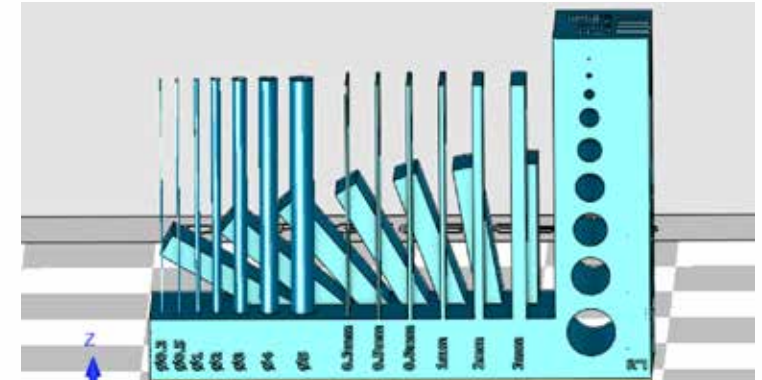
- Wandstärke (gasdicht) – 0,20 mm
- Durchmesser der Säule – 0,50 mm
- Minimale Details für Höhen < 5 mm
- Wandstärke – 0,18 mm
- Durchmesser der Säule – 0,18 mm

Diese Werte sind Erfahrungswerte, gewonnen auf ProX DMP 320-Druckern, die sich je nach Druckermodell, spezifischen Geometrien und verbesserten Konstruktionsstilen ändern können.



Dieses Testmuster veranschaulicht die Geometrieabhängigkeit. Die 0,3- und 0,5-mm-Säule und die 0,3-mm-Rippe brachen ab, da sie hier als eigenständige Merkmale in 50 mm Höhe konzipiert wurden.

Die kleinste Säule war mit dieser Länge so zerbrechlich, dass sie beim Herausnehmen des Teils sehr leicht brach.



Die kleinste Wand baut sich bis zu einer bestimmten Höhe auf. Darüber hinaus beginnt sie, sich zu verbiegen, weil sie zu zerbrechlich ist. Dies zeigt, dass solche Wände perfekt aufgebaut werden können, jedoch nur bis zu einer bestimmten Höhe.

Was die kleinste Lochgröße betrifft: Muss man sehr kleine Löcher horizontal drücken, empfiehlt es sich, diese zu versetzen. So lässt sich die Schlackenbildung oben am Loch kompensieren.

Design- Richtlinien



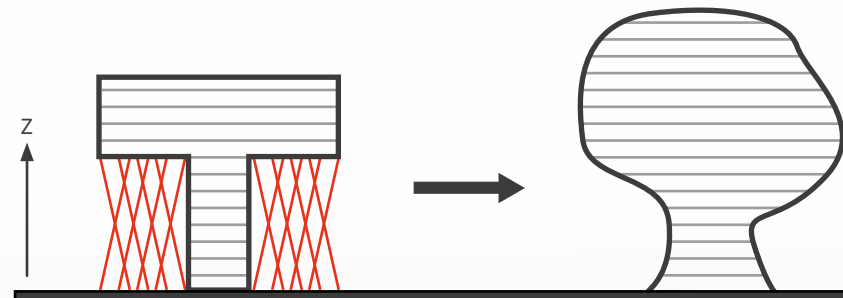
Entwerfen Sie organisch geformte Strukturen

Vermeiden Sie den Aufbau von Teilen, die für Guss oder CNC konstruiert wurden. Diese zeichnen sich meistens aus durch:

- scharfe Ecken
- Plötzliche Änderung der Querschnittsflächen
- Wenig bis gar kein Kostenvorteil durch 3D-Druck

Verwenden Sie organisch geformte Strukturen

- Vermeiden Sie nach unten gerichtete Bereiche, so erhalten Sie eine bessere Oberflächenqualität und benötigen weniger Stützstrukturen.
- Es wird eine höhere Genauigkeit erreicht
- In vielen Fällen wird eine stärkere Gewichtsreduzierung erreicht



Formgenauigkeit

- Graduelle Übergänge zwischen den Schichten:
 - Verwenden Sie Verrundungen (Radien), Bögen
 - Verwenden Sie Fasen
 - Verwenden Sie organische Designs
- } Vermeiden Sie Spannungskonzentrationen
- Verwenden Sie genügend Stützstrukturen, um das Teil zu fixieren; eine Wärmebehandlung wird die entstandenen Spannungen anschließend wieder lösen
 - Topologische Optimierung mit dem Prinzip des Designs für die additive Fertigung (DfAM)
 - Gewicht reduzieren
 - Druckzeit verringern
 - Verhältnis von Steifigkeit zu Gewicht erhöhen
 - Weniger Details, die Stützstrukturen erforderlich machen
 - Weniger Stützstrukturen + weniger Verformung = besseres Produkt
 - Nutzen Sie konventionelle Nachbearbeitung zur Erhöhung der Genauigkeit

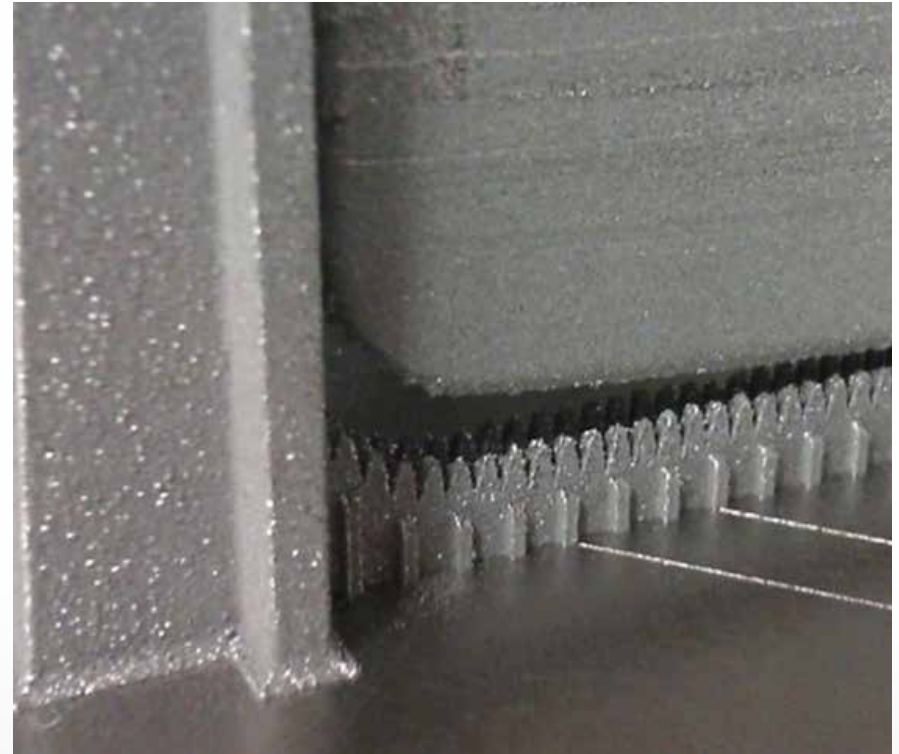


Topologisch optimierte Satellitenhalterung für Thales Alenia Space

- 189,0 x 229,5 x 288,5 mm
- Besseres Verhältnis von Steifigkeit zu Gewicht und 25 % Gewichtseinsparung im Vergleich zum konventionellen Design
- Gedruckt mit LaserForm Ti Gr5 (A) auf einem DMP350-Metalldrucker

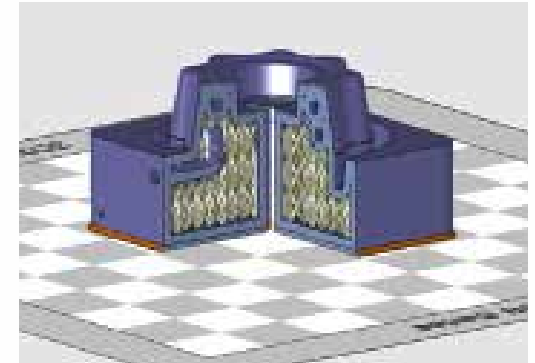
Fügen Sie Radien hinzu

- Massive Teile bauen viele Spannungen auf und können sogar zum Verziehen der Bauplatte führen, wie in der Abbildung gezeigt
- Das Design muss angepasst werden, um Risse im Bereich der Grundplatte oder nach Änderungen der Geometrie zu vermeiden. Risse entstehen dort, wo eine hohe Spannungskonzentration besteht, zum Beispiel an Ecken
- Nutzen Sie Radius und Versatz in Bezug auf die Grundplatte
- Typischer Radius: 2,5–5 mm



Techniken zur Gewichtseinsparung

- Gerüst-/Gitterstrukturen
 - Gewichtsersparnis
 - Stützstruktur für Knochenbefestigung für medizinische Anwendungen
- Verschiedene Arten von Gerüst-/Gitterkonstruktionen sind möglich
- Topologieoptimierung
- Mechanische Teile erfordern zusätzliche Analysen



Durch das Aufbringen einer internen Gitterstruktur wurde die Gesamtmasse dieses Teils erheblich reduziert



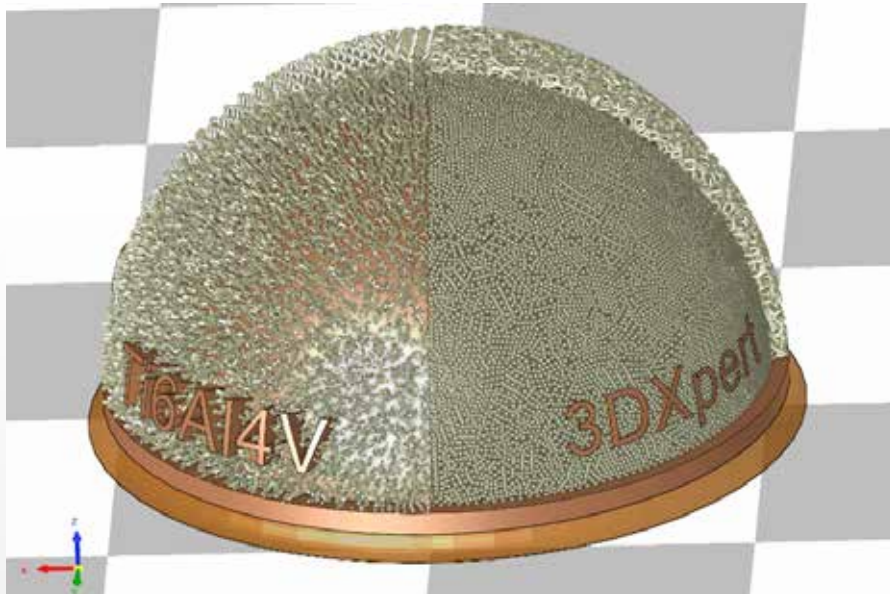
ESA-Brennkammer mit einer Netzstruktur von 12 % volumetrischer Dichte für erhebliche Gewichtseinsparungen



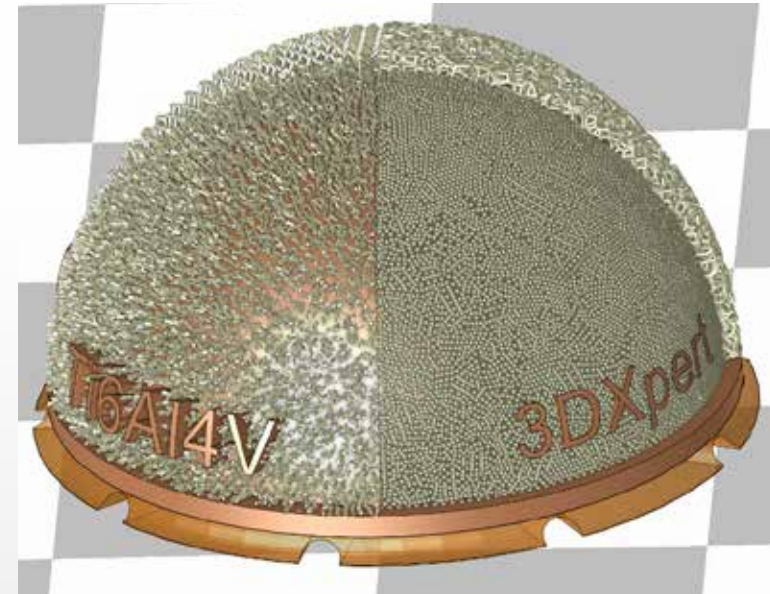
Antennenhalterung (190 x 230 x 290 mm) für geostationäre Telekommunikationssatelliten von Thales Alenia Space

Pulverentfernung

- Prüfen Sie die inneren Hohlräume, da dort Pulver eingeschlossen sein könnte.
 - Fügen Sie Entsorgungslöcher zur Pulverentfernung an strategischen Stellen im Teil hinzu.
 - Fügen Sie kleine Röhren hinzu, um das Einblasen von Luft in das Teil zu erleichtern.
- Das Pulver hat in der Regel eine gute Fließfähigkeit, sodass es mit Druckluft und Vibrationen entfernt werden kann.



X Ohne Löcher zur Pulverentfernung konstruiertes Teil



✓ Das Innere dieses Teils ist hohl, sodass es viel Pulver enthält. Am Boden unter dem Drahterosionsversatz befinden sich Löcher zur Pulverentfernung.

Dos and Don'ts

Do

- Wertschöpfung erhöhen
- Schwerpunkt auf Funktionalität
- Design für additive Fertigung: Topologieoptimierte organische Freiformen
- $\alpha > 45^\circ$
- Divergierendes Design
- Bögen/Ausrundungen/Abschrägungen
- Fläche verkleinern = Volumen verringern
- Vermeiden Sie große Flächenänderungen zwischen den Schichten
- Legen Sie während des Entwurfsprozesses die Ausrichtung der Konstruktion so früh wie möglich fest

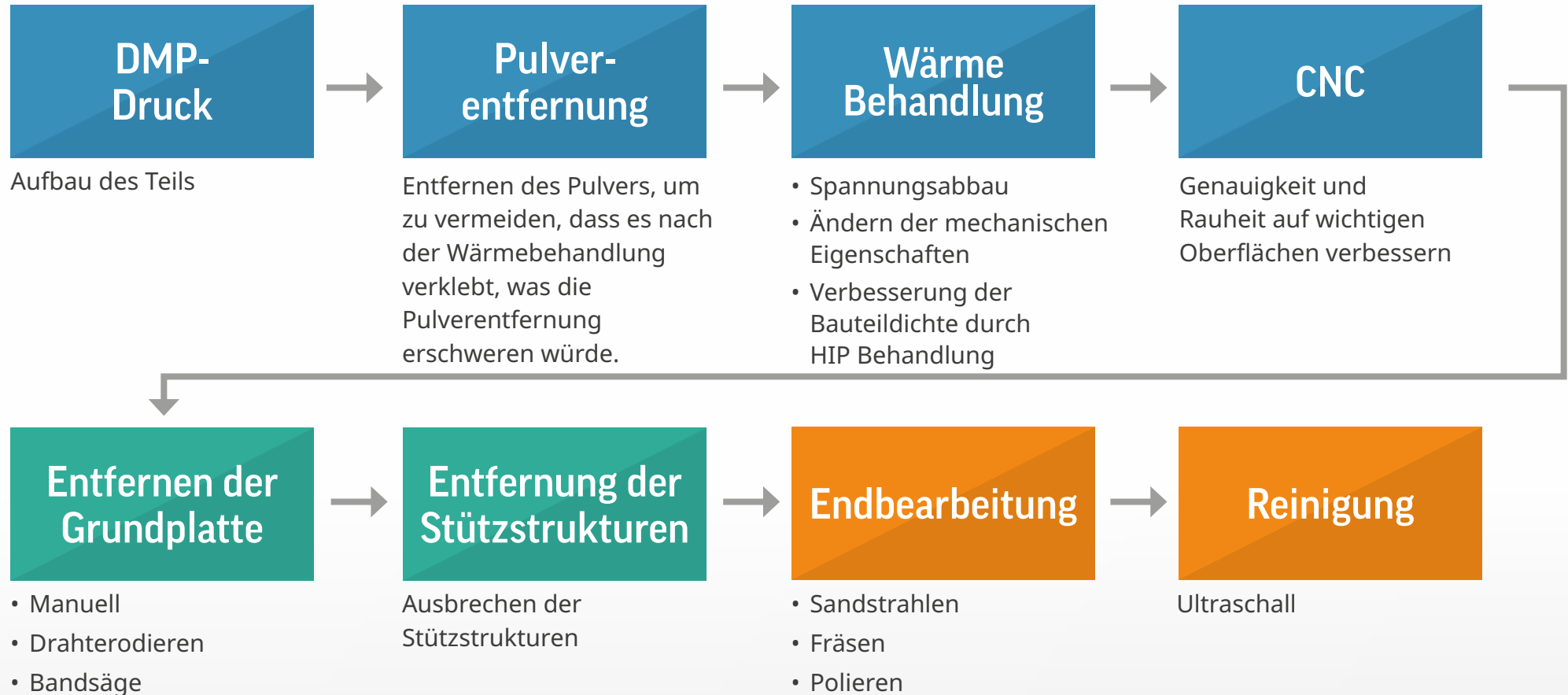
Don't

- Design für subtraktive/konventionelle Fertigung
- $\alpha < 45^\circ$
- Konvergierendes Design
- Gerade Ecken, flacher Überhang
- Hohe Anzahl von Schnitten
- Schwerpunkt auf Herstellbarkeit

Nachbearbeitung



Typischer Prozessablauf*



*Dieser Workflow dient der Veranschaulichung und ist nicht vollständig. Zusätzliche Nachbearbeitungsvorgänge ähnlich wie andere Produktionstechniken für ähnliche Materialien sind möglich, erfordern jedoch möglicherweise eine Feinabstimmung durch einen additiven Fertigungsexperten.

Zusätzliche Nachbearbeitungsoptionen

- Beschichtung von Teilen
- Allgemeine Qualitätsprüfungen:
 - Röntgen zur Überprüfung der internen Kanäle
 - Optischer Scan zur Überprüfung der Maßhaltigkeit
 - Geomagic-Software kann auf Grundlage von Scandaten eine Verformung nach dem Bauvorgang anzeigen
 - 3DXpert kann vorhersagen, welche Verformungen nach dem Bauvorgang entstehen und diese kompensieren





LÖSUNG: DMP FACTORY 500

Skalierbare additive Metallfertigung für nahtlose große Bauteile

- Bauvolumen 500 mm x 500 mm x 500 mm
- Integriertes Pulvermanagement
- Konsistente Umgebung mit geringem O₂-Anteil
- Intelligente, nahtlose Teilefertigung
- Skalierbare Fertigung für die Produktion



DMP FLEX 100

Erschwinglicher, präziser 3D-Metalldrucker für feinste Details und dünnste Wände

- Bauvolumen: 100 mm x 100 mm x 90 mm
- Feine Details/dünne Wände
- Unübertroffene Oberflächengüte
- Einzigartiges Roller-/Recoater-System
- Perfekte Schichten mit fast jedem Pulver



DMP FLEX 350 UND DMP FLEX 350 DUAL

Robuste, flexible 3D-Metalldrucker für die Teileproduktion rund um die Uhr

- Bauvolumen 275 mm x 275 mm x 420 mm
- Schneller, einfacher Materialwechsel
- Konsistente Umgebung mit geringem O₂-Anteil
- Hoher Durchsatz, hohe Wiederholbarkeit



DMP FLEX 200

Professioneller und präziser 3D-Metalldrucker mit 500-W-Laserquelle

- Bauvolumen: 140 mm x 140 mm x 115 mm
- Einfaches Laden und Reinigen
- Hohe Leistung bei geringeren Kosten
- Feine Details/dünne Wände
- Unübertroffene Oberflächengüte
- Einzigartiges Roller-/Recoater-System
- Perfekte Schichten mit fast jedem Pulver



DMP FACTORY 350 UND DMP FACTORY 350 DUAL

Skalierbare, hochwertige additive Metallfertigung mit integriertem Pulvermanagement

- Bauvolumen 275 mm x 275 mm x 420 mm
- Integriertes Pulvermanagement
- Konsistente Umgebung mit geringem O₂-Anteil
- Hoher Durchsatz, hohe Wiederholbarkeit

Titan



Laserform Ti Gr5 (A)

Hohe Festigkeit, geringes Gewicht, hervorragende Biokompatibilität



Laserform Ti Gr23 (A)

Hohe Festigkeit, geringes Gewicht, hervorragende Biokompatibilität, weniger Sauerstoff als Gr5



Laserform Ti Gr1 (A)

Hohe Festigkeit, biokompatibel, extreme Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit

Edelstahl



LaserForm 316L (A)

Sterilisierbar und hoch korrosionsbeständig



LaserForm 316L (B)

Sterilisierbar und hoch korrosionsbeständig



LaserForm 17-4PH (A)

Hervorragende Korrosionsbeständigkeit, hohe Festigkeit bei guter Zähigkeit



LaserForm 17-4PH (B)

Hervorragende Korrosionsbeständigkeit, hohe Festigkeit bei guter Zähigkeit

Maraging-Stahl



Certified M789 (A)
Kobaltfreier, hochfester
Werkzeugstahl mit hervorragender
Korrosionsbeständigkeit



LaserForm Maraging Steel (A)
Hervorragende Härte und Festigkeit,
gute Verschleißfestigkeit



LaserForm Maraging Steel (B)
Echter Werkzeugstahl (1,2709), hohe
Festigkeit und Härte

Kobalt-Chrom



LaserForm CoCrF75 (A)
Hochgradig korrosions-, verschleiß-
und hitzebeständig; biokompatibel



LaserForm CoCr (B) oder (C)
Sehr korrosionsbeständig, geeignet
für biomedizinische Anwendungen

Aluminiumlegierung



Certified Scalmalloy (A)
Hochfestes Aluminium mit ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit



LaserForm AlSi7Mg0.6 (A) Leicht, gute mechanische Eigenschaften und verbesserte Wärmeleitfähigkeit



Laserform AlSi10Mg (A)
Gute mechanische Eigenschaften und gute Wärmeleitfähigkeit



LaserForm AlSi12 (B)
Metallpulver für leichte Teile mit guten thermischen Eigenschaften



A6061-RAM2 (V)
Verbesserte Festigkeit, Duktilität und Oberflächengüte im Vergleich zu AlSi10Mg

Nickel-Superlegierung



Laserform Ni625 (A)
Hervorragende Korrosionsbeständigkeit, hohe Festigkeit und Hitzebeständigkeit

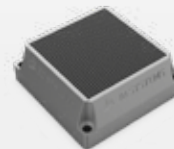


LaserForm Ni625 (B)
Hervorragende Korrosionsbeständigkeit, hohe Festigkeit und Hitzebeständigkeit



Laserform Ni718 (A)
Oxidations-, Korrosions- und extrem hohe Temperaturbeständigkeit

Glänzende Metalle



Wolfram (A)
Reinmetall mit hoher Dichte und hervorragender Strahlungsabschirmung und hervorragender Korrosionsbeständigkeit

Wir sind für Sie da

Seit mehr als drei Jahrzehnten beweist 3D Systems seine Führungsrolle und Kompetenz und unterstützt Hersteller in einer Vielzahl von Branchen bei der Neudefinition ihrer Arbeitsabläufe und der Umsetzung der Vorteile der additiven Fertigung.

Wir sind bestrebt, die Entwicklung fortschrittlicher Anwendungen voranzutreiben. Von der Installation bis hin zur praktischen Schulung und Beratungsunterstützung ermöglichen Ihnen die Experten von 3D Systems einen schnellen und effektiven Übergang von der Prototypenerstellung bis hin zur Serienproduktion. Die Application Innovation Group von 3D Systems besteht aus einer engagierten Gruppe von Ingenieuren, Technikern und Designern, die Ihnen bei der Lösung Ihrer schwierigsten Aufgaben in Design und Produktion helfen können. Ob es darum geht, Qualifikationsdefizite zu ermitteln, die Leistung von Teilen zu verbessern oder Ihren Fertigungs-Workflow zu skalieren – wir stehen Ihnen in jeder Phase zur Verfügung, um unser professionelles Fachwissen für Ihre individuellen Ziele einzusetzen.



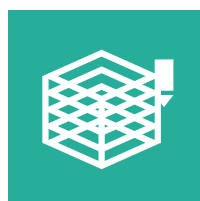
Entdecken

Strategische Beratung zur Ermittlung der Kundenbedürfnisse



Erneuern

Gemeinsame Anwendungsentwicklung und Design for Additive Manufacturing (DfAM) für spezifische Anforderungen



Entwickeln

QS und Prozesscharakterisierung vom Vor-Prototyp bis zum Prototyp



Überprüfen

Schulung, Validierung und Zertifizierung



Entwickeln

Produktions- und Fertigungsservices



Maßstab

Aufwärtsskalierung und Technologietransfer

Was ist der nächste Schritt?

Unsere Experten unterstützen Sie gerne.
Setzen Sie sich noch heute mit uns in Verbindung–wir sind sofort für Sie da!

[Sprechen Sie mit
einem Experten](#)