

Eine Einführung ins

DESIGN FÜR ADDITIVE FERTIGUNG



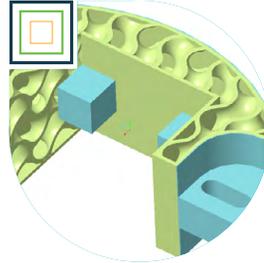


Dieses Inhaltsverzeichnis ist **interaktiv**. Bitte klicken Sie auf den gewünschten Abschnitt.

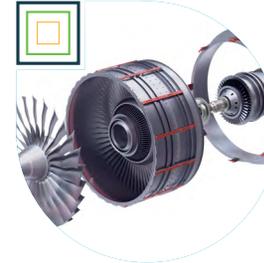
Grundlagen zu DfAM



Was ist additive Fertigung?

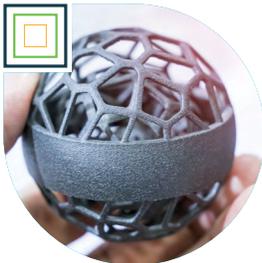


Design für additive Fertigung (DfAM)



Verbesserte Wettbewerbsfähigkeit im gesamten Unternehmen

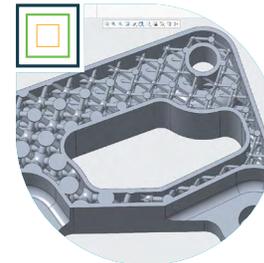
DfAM in der Praxis



Wie kann man additive Fertigung nutzen?



Das Reifemodell der additiven Fertigung



Gitter optimal nutzen

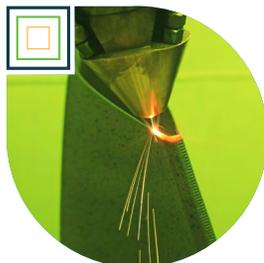


Komplexe Gitterkonstruktionen

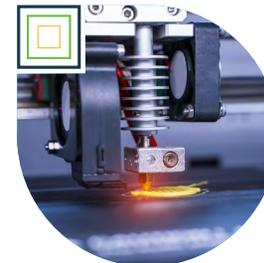
Die nächsten Schritte



Wie funktioniert additive Fertigung mit CAD-Systemen?



Metalldruck



Drucktechniken für die additive Fertigung



Wie geht es jetzt weiter?

WAS IST ADDITIVE FERTIGUNG?

Dieser Leitfaden stellt das Design für additive Fertigung (DfAM, von engl. Design for Additive Manufacturing) vor und gibt einen Überblick über dessen Vorteile, Anwendungsmöglichkeiten, die Konstruktionsprozesse und die Integration mit dem CAD-System. Aber was genau ist additive Fertigung?

Als additive Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck, bezeichnet man den Aufbau eines physischen Modells aus zahlreichen Materialschichten nach einem digitalen Entwurf. Additive Fertigung ist in der industriellen Fertigung weit verbreitet.

Anfänglich wurde additive Fertigung zur Reproduktion von Teilen verwendet, die ursprünglich für traditionelle Fertigungsprozesse vorgesehen waren. Dadurch entfielen jedoch die Einschränkungen traditioneller Fertigungsprozesse. **Produktdesign für die additive Fertigung (DfAM)** wurde möglich und erlaubte innovative Formen, die früher mit Guss- oder Zerspanungsverfahren nicht hätten erzeugt werden können. Heute sind diese Technologien oft in herkömmliche Fertigungsprozesse eingebettet.

DfAM erfordert eine enge Integration ins CAD-System – und das hat Implikationen für Produktkonstruktion und Geschäftsleitung. Unternehmen, die mit additiver Fertigung arbeiten, können ungehindert durch die Einschränkungen traditioneller Fertigungstechniken und ohne Einsatz unterschiedlicher Softwarepakete mit den daraus resultierenden Datenkonvertierungsproblemen innovative Produkte in außergewöhnlichen Formen kreieren und produzieren.

Hardware und Software sind dabei natürlich von großer Bedeutung, aber das Ökosystem der additiven Fertigung erstreckt sich weit darüber hinaus. Hier das Ökosystem eines vollständig integrierten DfAM-Prozesses:

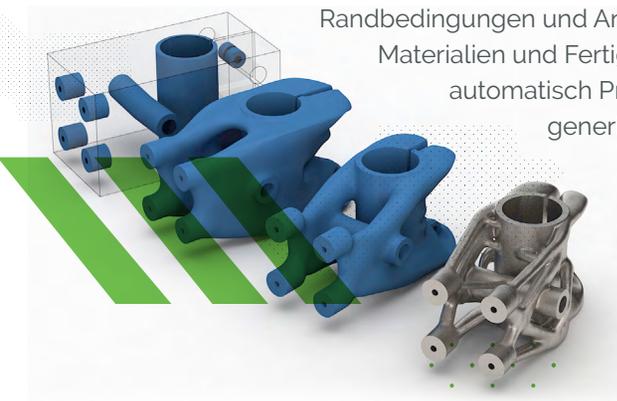


DESIGN FÜR ADDITIVE FERTIGUNG (DfAM)

Wie genau sollte man das Design für additive Fertigung angehen, um in den Genuss der Vorteile zu kommen? Additive Fertigung ersetzt keine traditionelle Fertigungsmethoden, sondern bringt neue Denkansätze in die Produktkonstruktion ein. DfAM nutzt den transformativen Einfluss der additiven Fertigung und gibt Ingenieuren und Technikern die nötigen Mittel an die Hand, um hochkomplexe Entwürfe zu erzeugen, die die Grenzen traditioneller Fertigung sprengen.

GENERATIVES DESIGN KENNENLERNEN

Generatives Design ist ein Tool, das mithilfe von KI (künstlicher Intelligenz) und auf der Grundlage der vorgegebenen Randbedingungen und Anforderungen – beispielsweise Materialien und Fertigungsprozessen – automatisch Produktkonstruktionen generiert. In Verbindung miteinander ermöglichen generatives Design und additive Fertigung eine schnellere Entwicklung, höhere Qualität und fertigungsreife Entwürfe.



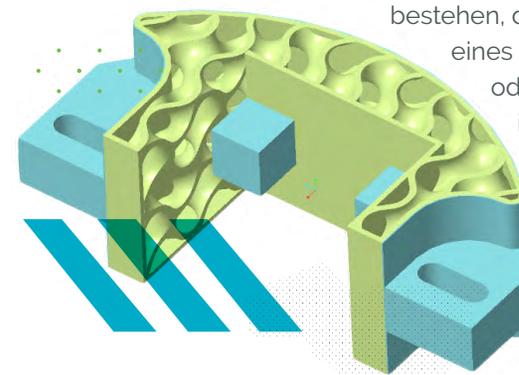
WEITERE INFORMATIONEN ZU CREO GENERATIVE DESIGN →

MEHRERE BAUTEILE ZU EINEM ZUSAMMENFASSEN

Aufgrund der Einschränkungen traditioneller Fertigungstechniken lassen sich die angestrebten Konstruktionsziele oft nur mit mehreren Bauteilen erreichen. Bei der additiven Fertigung dagegen kann man häufig mehrere Bauteile zu einem zusammenfassen. Das spart Montagekosten und vereinfacht die Fertigungsverfahren. Darüber hinaus verhindert DfAM Montagefehler – ein weiterer Beitrag zu einer höheren Gesamtqualität.

DEN UMGANG MIT GITTERN ERLERNEN

Gitter sind die Quintessenz des DfAM. Sie erschließen Flexibilitäts-, Kosten- und Gewichtsvorteile, die bei traditioneller Fertigung nicht denkbar wären. Gitter können aus beliebigen Zellen



bestehen, die entlang der Oberfläche eines Bauteils angeordnet sind, oder sie können Hohlräume in Bauteilen ausfüllen. Sie können sogar bestimmte Zwecke erfüllen, beispielsweise Wärmeaustausch oder Stoßdämpfung. Auf den Seite 8 und 9 erfahren Sie mehr über Gitter.

VERBESSERTE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT IM GESAMTEN UNTERNEHMEN

DfAM ist so attraktiv, weil unterschiedlichste Drucktechniken und Materialien – von menschlichen Zellen bis hin zu Metall – für den schichtweisen Aufbau der gewünschten Konstruktion genutzt werden können. Aber die Vorzüge von DfAM gehen weit darüber hinaus. Der eigentliche Nutzen dieser Technologie ist strategischer Natur und die finanziellen Vorteile schlagen sich in so wichtigen operativen Kennzahlen wie Herstellungskosten, Time-to-Market und Lagerhaltungskosten nieder.

1. OPERATIVE ASPEKTE

Höhere Qualität, niedrigere Kosten und innovatives Design erhöhen den Umsatz und verbessern die Rentabilität.

2. TECHNISCHE ENTWICKLUNG

Rapid Prototyping (schnelle Prototypenherstellung), Teilekonsolidierung und Hochleistungsdesign.

3. VERTRIEB

Kürzere Time-to-Market durch innovative, kundenspezifisch angepasste Produkte.

4. FERTIGUNG

Hochwertige Produkte, kostengünstige Produktion und kürzere Ausfallzeiten.

5. SERVICE UND WARTUNG

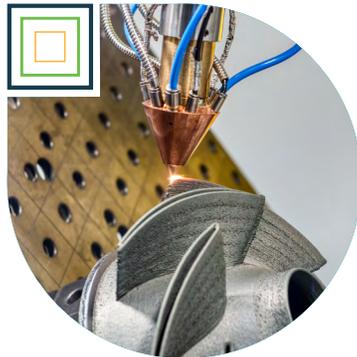
Niedrigere Lagerhaltungskosten und bei Bedarf Herstellung von Wartungsteilen für Altgeräte.



Neugierig auf noch mehr Vorteile? [Dann lesen Sie den Artikel von Mike Gayette zu den zehn wichtigsten Vorteilen der additiven Fertigung.](#)

WIE KANN MAN ADDITIVE FERTIGUNG NUTZEN?

Was lässt sich mit der neuen Technologie anfangen? Eine kluge Antwort darauf lautet: „**Was immer man will!**“ Denn es liegt in der ureigensten Natur additiver Fertigung, dass sie sich für unterschiedlichste Anwendungsgebiete eignet. Die Auswahl der folgenden Anwendungsbeispiele kann nur einen kleinen Eindruck vom Potenzial der additiven Fertigung vermitteln.



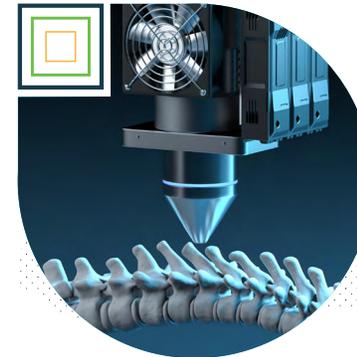
Hochleistungsteile,
Leichtbauteile und
Teilekonsolidierung



Werkzeuge, Heft-
und Spannelemente
sowie Wartungsteile
auf Anfrage



Flexibilisierte
Massenproduktion



Kundenspezifisch
angepasste
Präzisionsteile

DAS REIFEMODELL DER ADDITIVEN FERTIGUNG

Ein Reifemodell ist ein Framework, anhand dessen sich Unternehmen mit anderen vergleichen und erkennen können, wo sie sich auf dem Weg vom Einsteiger zur Weltklasse befinden. Man kann es sich wie eine Landkarte vom Start zum Ziel vorstellen.

Der Einstieg in DfAM ist leichter, als man vielleicht glaubt. Auf jeden Fall ist es von Vorteil, wenn das DfAM-Tool vollständig mit dem CAD-System integriert ist. Damit erspart man sich den Zeitaufwand und die Probleme, die die Arbeit mit unterschiedlichen Softwarepaketen unweigerlich mit sich bringt.

Viele Unternehmen beginnen mit Prototypen, häufig aus Polymermaterialien, die sie zur Prüfung durch die Kunden und zur Konstruktionsvalidierung nutzen. Additive Fertigung ermöglicht die schnelle Herstellung von Werkzeugen, Heft- und Spannelementen. Damit kann sie für Fertigungsteams schon in kurzer Zeit spürbare Vorteile bringen. Mit wachsender Erfahrung können Unternehmen additive Fertigungstechniken in Form von Polymer- oder Metalldruck für hochwertige Produkte in Kleinserien einsetzen. Im weiteren Verlauf können Unternehmen zu höheren Produktionsvolumina übergehen und additive Fertigung letztendlich als Schlüssel zur Innovation nutzen.



GITTER OPTIMAL NUTZEN

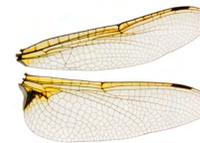
Gitter sind von der Natur inspiriert. Sie bestehen aus Konfigurationen gleichartiger Zellen. Gitter verbessern Flexibilität und Festigkeit im Verhältnis zum Gewicht und sie senken die Kosten. Additive Fertigung eignet sich ideal für Gitterkonstruktionen, die es in nahezu unendlicher Vielfalt gibt (siehe Abbildungen).

In Creo Additive Manufacturing Extension steht eine Datenbank komplexer Gitterstrukturen zur Verfügung, die auch vom Kunden definierte Zellen enthalten kann. Und das Beste daran: Die Funktion ist direkt mit der Creo-Designumgebung integriert.

Von der Natur inspiriert

In der Natur sind Gitterstrukturen allgegenwärtig.

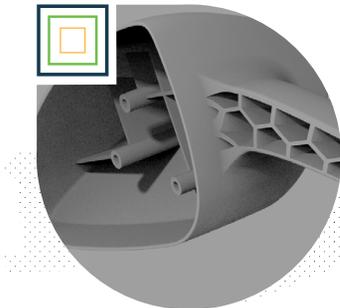
2D-Netzstrukturen



Extrudierte (2,5D) Wabenstrukturen



3D-Balkenstrukturen



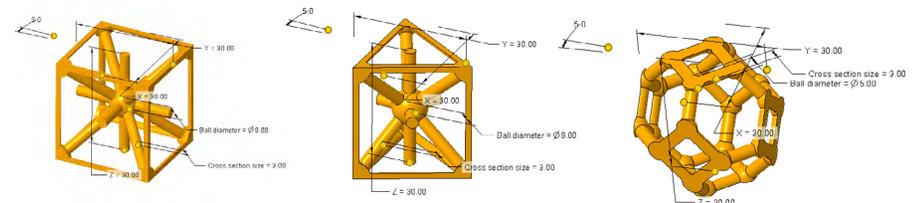
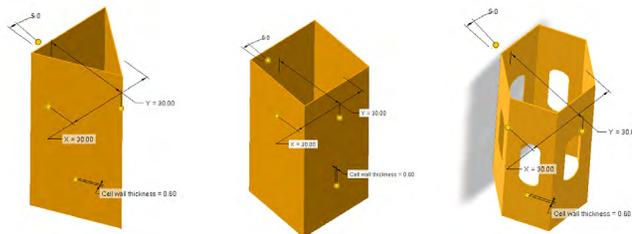
Extrudierte (2,5D) Wabenstrukturen

Solche Gitterstrukturen entstehen durch die Extrusion von Formen wie Drei-, Vier-, Sechs- oder Achtecken. Sie können Ablauflöcher enthalten, damit kein Material darin eingeschlossen wird. Für die Halterung dieses Fahrzeugspiegels wurde eine Bienenwabenstruktur gewählt.

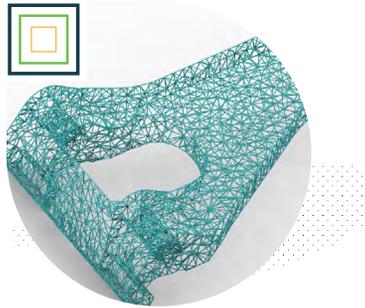


3D-Balkenstrukturen

Solche Gitterstrukturen bestehen aus miteinander verbundenen Balken, die die Hohlräume von Bauteilen ausfüllen. Die Gitterzellen können dabei gleichmäßig oder nach dem Zufallsprinzip angeordnet oder nach Kundenspezifikation generiert werden. Kritische Stellen können durch dickere Balken verstärkt werden, die in gleichmäßigem Verlauf in dünnere übergehen, sodass es im Gitter nicht zu einem abrupten Strukturwechsel kommt.

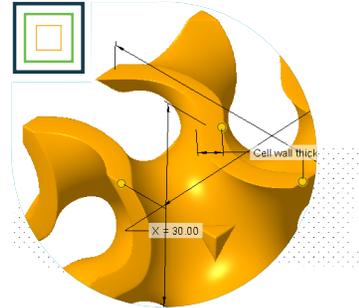
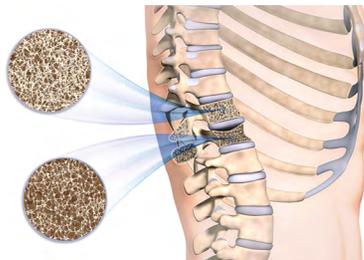


KOMPLEXE GITTERKONSTRUKTIONEN



Winkeltreue Gitter

Diese Gitter bestehen aus miteinander verbundenen Balken, die sich der Form des entsprechenden Bauteils anpassen. Sie können das Bauteil komplett ausfüllen oder lediglich die Außenfläche, die „Haut“, des Bauteils bilden. Solche stochastischen Gitter sind durch randomisierte Zellen charakterisiert, die eine schaumstoffartige Struktur bilden. Winkeltreue Gitter kommen in der Schalldämmung, bei Knochenimplantaten und auf vielen anderen Gebieten zum Einsatz.



3D-Oberflächengitter

Sie werden mitunter auch „formelgesteuerte Gitter“ genannt. Die so erzeugten Gyroide sind selbsttragend. Nachbearbeitungen sind nicht erforderlich und die Materialkosten sinken. Die Zellen bilden eine durchgehende Fläche und können bestimmte Zwecke erfüllen, beispielsweise Wärmeaustausch oder Stoßdämpfung.

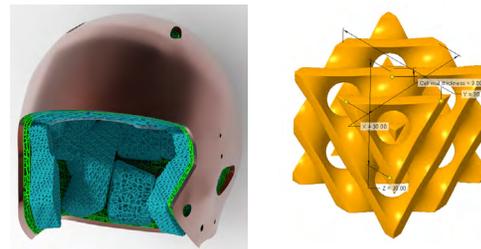
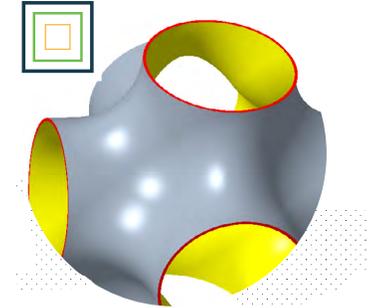
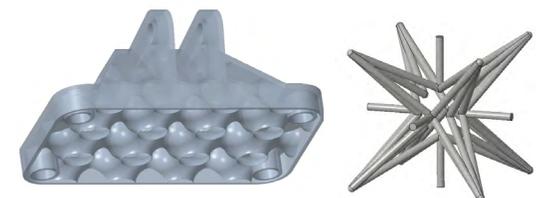


Bild mit freundlicher Genehmigung von Dr. Andreas Vlahinos



Benutzerdefinierte Gitter

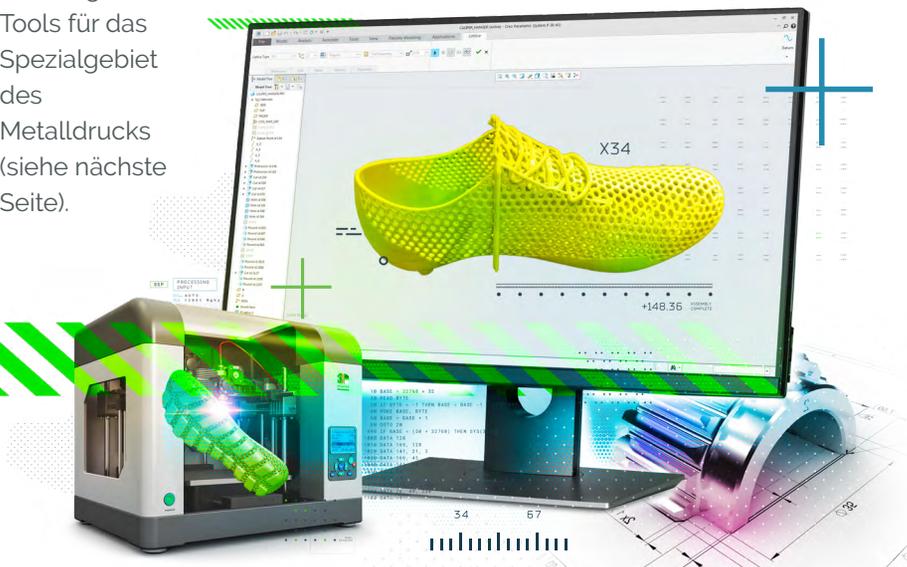
Bei Creo sind Sie nicht auf vorhandene Gittervarianten beschränkt, sondern können eigene Gitterstrukturen kreieren, um beispielsweise interne Spannungskonzentrationen zu minimieren. Oder Sie können benutzerdefinierte Gitter entwickeln, die mechanische oder thermische Eigenschaften verbessern. Die Möglichkeiten sind praktisch unbegrenzt.



WIE FUNKTIONIERT ADDITIVE FERTIGUNG MIT CAD-SYSTEMEN?

Die Industrie ist bei der additiven Fertigung im Hinblick auf Anbieter, Standards sowie die verschiedenen Aspekte der Software und Hardware eher fragmentiert. Es genügt also leider nicht, einfach die Drucktaste zu drücken. Um die Vorteile additiver Fertigung in vollem Umfang nutzen zu können, ist eine vollständige Integration mit dem CAD-System erforderlich. Andernfalls sieht man sich womöglich einer Fülle von Dateiimport-/exportproblemen gegenüber, die nichts als Zeit und Nerven kosten. Wie sich das in der Praxis darstellen könnte, wird im Kasten rechts erläutert.

Mit PTC sind solche Risiken und Frustrationen nicht zu befürchten. Die Tools für additive Fertigung sind vollständig in Creo integriert. Sie können Gitterstrukturen ausarbeiten, Simulationen ausführen und verschachtelte Druckdateien für die additive Fertigung erstellen, ohne die Creo-Designumgebung je zu verlassen. Creo enthält sogar die nötigen Tools für das Spezialgebiet des Metalldrucks (siehe nächste Seite).



Brauchen Sie wirkliche 4 verschiedene Softwareprogramme?



KONSTRUKTION



Ihre Konstruktion für die additive Fertigung liegt vor, aber Ihr CAD-System kann die gewünschte Gitterstruktur nicht generieren.



GITTERERZEUGUNG



Sie müssen die Konstruktion in ein Softwarepaket zur Gittererzeugung exportieren und dann wieder zurück in das CAD-System importieren.



SIMULATION



Sie wollen mit einer Simulation prüfen, ob das Bauteil mit der Gitterstruktur die nötige Belastungs- und Verformungsfestigkeit aufweist. Dazu müssen Sie die Datei in eine Simulationssoftware und dann wieder zurück ins CAD-System exportieren, und zwar so oft, bis der Entwurf die Anforderungen erfüllt.



DATEIVORBEREITUNG



Nun müssen Sie Ihre Konstruktion für den 3D-Druck aufbereiten – mit allen nötigen Verschachtelungen und tragenden Strukturen. Die so entstandene Datei exportieren Sie in eine weitere Software zur Druckvorbereitung.

Unterschiedliche Softwarepakete führen zu zeitaufwendigen, fehlerträchtigen und fragmentierten Arbeitsprozessen.

So schwierig muss DfAM nicht sein - mit seinen integrierten Tools macht Creo alles viel leichter.



METALLDRUCK

[WEITERE INFORMATIONEN ZUR METALLDRUCKSIMULATION](#) →

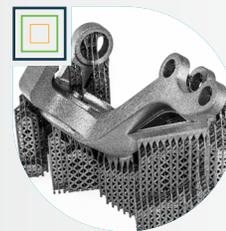
Irgendwann kommt beim DfAM der Moment, über Metalldruck nachzudenken. Was ist anders als beim Polymerdruck, was vergleichbar? Auf welche neuen Herausforderungen sollten Sie sich einstellen? Metalldruck unterscheidet sich nicht prinzipiell vom Polymerdruck, hat jedoch bestimmte Eigenheiten.

Zunächst die gute Nachricht: Metalldruck ist mit einer Vielzahl an Materialien möglich, darunter Aluminium, Werkzeugstahl, Titan und Inconel, um nur ein paar zu nennen. Darüber hinaus bietet Metall hervorragende mechanische Eigenschaften wie Korrosionsfestigkeit, Festigkeit im Verhältnis zum Gewicht und Biokompatibilität. Und falls Originalwerkzeuge nicht mehr zur Verfügung stehen, aber ein kurzer, schneller Produktionslauf für bestimmte Teile erforderlich ist, dann ist Metalldruck eine optimale Lösung.

Ein großer Unterschied zwischen Polymer- und Metalldruck liegt in der Hitzeentwicklung und dem Temperaturmanagement. Dünne Wände sind bei Metalldruckverfahren mitunter problematisch und man muss gegebenenfalls den zu erwartenden Wärmeverzug kompensieren. Tragende Strukturen sind beim Metalldruck noch kritischer, denn Metallteile sind dichter als Polymerteile. Kurz und gut: Beim Metalldruck ist eine Lernkurve zu durchlaufen.

Aber glücklicherweise kann Creo Sie dabei unterstützen: Die optionale Erweiterung Creo Additive Manufacturing Extension Advanced for Materialise verhilft Ihnen beim Metalldruck zu schnellen Erfolgen.

CREO ADDITIVE MANUFACTURING EXTENSION ADVANCED FOR MATERIALISE



Diese Erweiterung ermöglicht die Anbindung an eine Vielzahl von Metalldruckern und generiert mit Materialise Magics automatisch tragende Strukturen. Außerdem lassen sich mit Creo Metallgitter optimieren und Drittanbieteranwendungen über Standard-APIs anbinden.



Druckdienstleister für additive Fertigung

Glücklicherweise brauchen Sie nicht von Anfang an in modernste Druckertechnologie zu investieren. Denn Druckdienstleister bieten auf Anfrage eine breite Palette von Druckverfahren für Prototyp- und Produktionsdruck an, sowohl für Polymer- als auch für Metallobjekte. Diese Dienstleister helfen bei Teilekonstruktion und Druckvorbereitung, erstellen Kostenschätzungen und Kostenvoranschläge und beraten.

Zudem können Druckdienstleister viele Druckaufträge direkt über die Creo-Designumgebung ausführen.

Es gibt mehrere grundlegende Drucktechnologien, optimiert für unterschiedliche Materialien und Ergebnisse. Zum Glück ermöglicht Creo wie Druckertreiber für Computer den 3D-Druck auf zahlreichen Druckerfabrikaten und -typen.

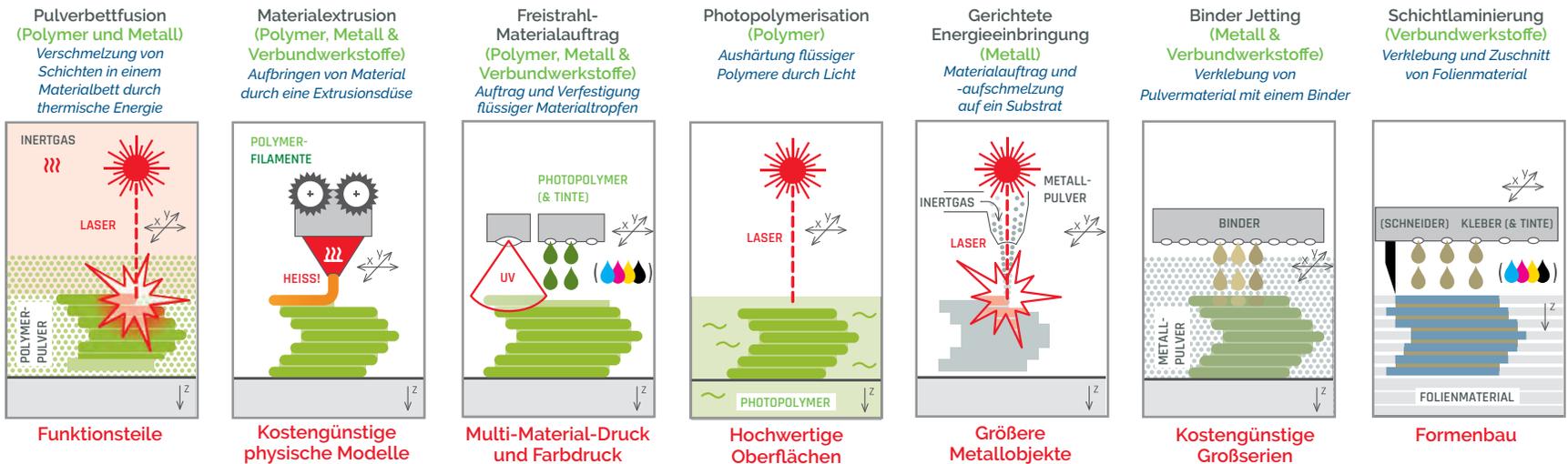
LEGENDE

Druckertyp
(Materialien)
Beschreibung



Grafische
Darstellung

Gängige
Anwendungen



WIE GEHT ES JETZT WEITER?

Ganz gleich, wo Sie in Sachen DfAM stehen, PTC kann helfen. Wir haben die nötigen Tools für die Herstellung von Prototypen, zur Produktionsunterstützung, für die Produktion und die komplette digitale Integration. Bitte kontaktieren Sie PTC! Wir beraten Sie gern.



DAS REIFEMODELL DER ADDITIVEN FERTIGUNG

[BROSCHÜRE VON CREO ZUR
ADDITIVEN FERTIGUNG ANZEIGEN](#) →

[WÜNSCHEN SIE WEITERE INFORMATIONEN?](#) →

← [ZURÜCK ZUM INHALTSVERZEICHNIS](#)

AKRONYME

3DP – 3D-Druck

3MF – 3D Manufacturing Format (Dateiformat für den 3D-Druck)

AMF – Additive Manufacturing File Format (Dateiformat für die additive Fertigung)

AMX – Creo Additive Manufacturing Extension

AMX Advanced – Creo Additive Manufacturing Advanced Extension for Materialise

CAD – Computer-Aided Design (Computer-gestützte Konstruktion)

CLI – Common Layer Interface (CAD-Dateiformat für Schichtkonturen)

DfAM – Design for Additive Manufacturing (Design für additive Fertigung)

DMD – Direct Metal Deposition (Laserauftragschweißen)

DMLS – Direct Metal Laser Sintering (Direktes Laserschmelzen)

EBM – Electron Beam Melting (Elektronenstrahlschmelzen)

FDM – Fused Deposition Modeling (Schmelzschichtung)

FFF – Fused Filament Fabrication (Schmelzschichtung)

PBF – Pulverbettfusion

SLA – Stereolithografie

SLS – Selektives Laser-Sintern

SLM – Selective Laser Melting (Laser-Strahlschmelzen)

STL – Stereolithografie/Standard Triangle Language/Standard Tessellation Language
(Standardschnittstelle vieler CAD-Systeme)

© 2020, PTC Inc. Alle Rechte vorbehalten. Die Inhalte dieser Seiten werden ausschließlich zu Informationszwecken bereitgestellt und beinhalten keinerlei Gewährleistung, Verpflichtung, Bedingung oder Angebot seitens PTC. Änderungen der Informationen vorbehalten. PTC, das PTC Logo und alle anderen PTC Produktnamen und Logos sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von PTC und/oder Tochterunternehmen in den USA und anderen Ländern. Alle anderen Produkt- oder Firmennamen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.

205809_Additive_Manufacturing_ebook_0722-de