

# [me]

SONDERHEFT FÜR  
**ADDITIVE FERTIGUNG**  
MÄRZ 2019

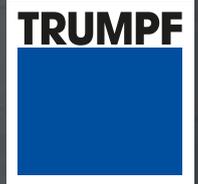
**Software Additive Print** Sichere Prozesse beim Metall-3D-Druck **Seite 8**

**Interview** „Nahtlose Verbindung zwischen Maschine und Realität“ **ab Seite 12**

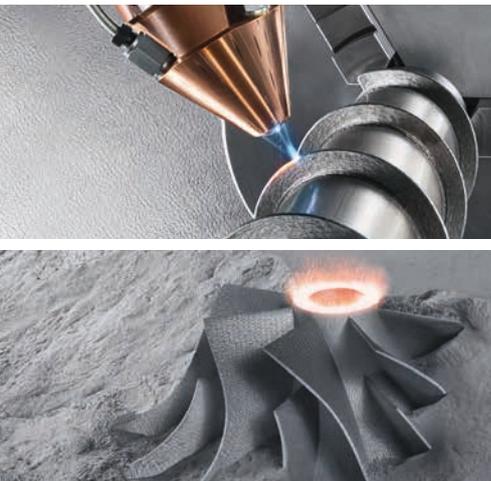
**Verschleiß nachhaltig reduzieren** 3D Service für den Maschinenbau **ab Seite 20**

## „Heavy Metal“ aus dem Drucker





**Besuchen Sie uns**  
Rapid.Tech in Erfurt,  
Stand 2-315



## Industrial Additive Technologies

TRUMPF bietet zwei wichtige additive Technologien an: Laser Metal Fusion (LMF) und Laser Metal Deposition (LMD). Beide erfüllen hohe Applikations- und Qualitätsanforderungen einer Vielzahl an Branchen. Die industriellen Lösungen entlang der gesamten additiven Prozesskette basieren auf den drei Erfolgsfaktoren: robuste Maschinen, intelligente Digitalisierung und clevere Services.

[www.trumpf.com/s/additivemanufacturing](http://www.trumpf.com/s/additivemanufacturing)

# Additive Technologien retten die Welt!

➤ Übersteigerte Hype-Nachrichten wie die Überschrift dieses Editorials sind zum Glück seltener geworden, der gesamte additive Bereich ist ernsthafter geworden – in der Wahrnehmung, aber auch in der Anwendung. Die Industrialisierung der additiven Technologien äußert sich unter anderem in der wachsenden Bedeutung der Prozesssicherheit, gleichbleibender Bauqualität und integrierten Überwachungsfunktionen für den Bauprozess.

Gleichzeitig ermöglichen immer bessere und vielfältigere Materialien den Einsatz 3D-gedruckter Bauteile in immer mehr Szenarien – vom individualisierten Einzelteil bis zum komplex geformten Serienteil. Metall und Keramik treten neben Kunststoff und erweitern den Fokus.

Um allerdings die Möglichkeiten, die die additiven Technologien bieten, wirklich nutzen zu können, müssen die Konstrukteure entsprechendes Wissen aufbauen. Wie lassen sich Funktionen in einem Bauteil zusammenfassen, welche Vorteile ergeben sich durch die Möglichkeit der „Innenraumgestaltung“? Wo ergeben sich neue Ansätze durch die Möglichkeit, sehr schnell ein neues Teil herzustellen? Und wie setzt man die Eigenschaften des Materials optimal ein?

Das ist die Stunde der Dienstleister, die mit ihrer Erfahrung aus vielen Projekten optimale Lösungen liefern können. Im optimalen Fall lernt der Kunde durch die Zusammenarbeit mit einem kompetenten Dienstleister, additive Technologien optimal einzusetzen.

Wir leben in spannenden Zeiten, in vielerlei Hinsicht. Ich wünsche mir, dass wir Ihnen mit diesem Heft einen kleinen Blick in Ihre eigene Zukunft liefern können.

Ihr Ralf Steck



Ich freue mich auf Ihre Reaktionen. Rufen Sie an, schreiben oder mailen Sie mir.

Ralf Steck  
Telefon: 07541/242-34

► [rsteck@die-textwerkstatt.de](mailto:rsteck@die-textwerkstatt.de)

## INHALT

- 4 Heavy Metal aus dem Drucker: 3D-Druckdienstleister wie Protolabs bieten schnelle Ergebnisse und optimale Bauteile an.
- 7 Hardware-News
- 8 „Sichere Prozesse beim Metall-3D-Druck: Simulation und AM sind ein Traumpaar“, sagt Cadfem.
- 10 Simulation, 3D-Druck und Guss: Eine perfekte Symbiose
- 11 Software-News
- 12 „Nahtlose Verbindung zwischen Maschine und Realität“: Interview mit Martin Gehringer, Business Development Manager AM bei Siemens, zur Partnerschaft zwischen Siemens und EOS.
- 14 JetFusion auch für Metall: Wie HP sein 3D-Druckverfahren für den Metalldruck adaptiert.
- 16 Additive Fertigung mit technischer Keramik: XJet hat ein Verfahren entwickelt, in dem sich sehr präzise Keramikteile herstellen lassen.
- 18 Endlos Drucken – der 4MOVE: Der Filamentdruck ist noch lange nicht ausgereizt – wie Multec zeigt.
- 20 Additive Fertigung hilft, Verschleiß zu reduzieren: Auch Lagerwerkstoffe lassen sich 3D-drucken, wie igus mit seinen Materialien für FDM und SLS zeigt.
- 22 Züge rollen mit 3D-Druckteilen: Die Siemens Mobility GmbH druckt auf FDM-Maschinen von Stratasys Ersatzteile, aber auch hoch belastbare Betriebsmittel und Vorrichtungen.
- 24 Test Ultimaker S5 - viel Platz für Ideen. Im Test zeigt der Drucker, wie er sich im Alltag schlägt.



Autor Christoph Erhardt

# „Heavy Metal“ aus dem Drucker

▲ Die 3D-Druckteile entstehen beim DMLS-Verfahren in einem Pulverbett (Bilder: Protolabs).

▼ Protolabs hält große Fertigungskapazitäten bereit und kann so sehr schnell liefern.



Der Metall-3D-Druck, beispielsweise im DMLS (Direktes Metall Laserintern)-Verfahren, bietet dem Konstrukteur fast unbegrenzte Möglichkeiten. Trotzdem erfordert das Verfahren einiges Know-how, um zuverlässig gute Teile aus dem Drucker zu erhalten. Aber auch die Gestaltung erfordert Erfahrung, damit beispielsweise das Pulver im Innern entfernt werden kann. Dienstleister wie Protolabs helfen hier mit ihrer Expertise, optimale Ergebnisse zu erhalten.

➔ Selbst die komplexesten Konstruktionen und Bauteile beginnen mit einer Idee, die meist in einer CAD-Datei festgehalten wird. Ingenieure bedienen sich hier einer Vielzahl an Konstruktionsprogrammen und Berechnungstools, um am Schluss optimierte physikalische Eigenschaften für den Zweck der Gesamtkonstruktion zu erreichen. Wenn dann aber bei der fertigen Konstruktion Spezialteile benötigt werden, vorhandene Werkstücke nicht den immensen Belastungen standhalten oder durch innovative Konstruktionsideen der Ingenieure etwas benötigt wird, das so noch nie genutzt wurde, ist schnelles Handeln und fachkundige Expertise gefragt.

**Zeitersparnis bei guter Beratung durch exzellentes Online-Angebot** Diese Expertise zu finden, ist im Dickicht des Online-Angebots schwierig. Oftmals scheitert man schon bei der ersten Anfrage. Die Online-Services von Protolabs bieten im Gegensatz dazu für Kunden ein übersichtliches und detailliertes Angebot. In einem einfachen Verfahren können CAD-Dateien von Prototypen bis zum Serienteil auf der Homepage des 3D-Druck-Dienstleisters unkompliziert hochgeladen werden. Die einfache Bedienbarkeit des Webinterfaces vereinfacht komplizierte Verfahren und lange Abstimmungsprozesse.

Einer der Vorteile für den Anwender ist die Vermeidung von unnötigem Füllmaterial und die dadurch kostengünstigere Produktion. Ingenieure und Planer haben oftmals noch wenig Erfahrung im Umgang mit den vielfältigen Möglichkeiten der additiven Fertigung. Im Gegensatz zum CNC-Fräsen oder Spritzgussverfahren ist hier durch die Produktionsweise – dem schichtweisen Auftragen neuer Materials, bis das eigentliche Werkstück entsteht – die Möglichkeit gegeben, überflüssiges Material einzusparen und sich auf die wesentlichen Strukturen zu konzentrieren.

Die automatisierte Machbarkeitsanalyse erhöht die Geschwindigkeit des Gesamtprozesses bereits von der ersten Planungsphase an und verkürzt den Produktlebenszyklus ab dem ersten Teil. Vor allem für Anwender, die noch nicht viel Erfahrung im Umgang mit der additiven Fertigung haben und daher die relevanten Stellschrauben bei der Produktion nicht kennen, ist die exakte Auslegung von CAD-Dateien und damit die Verwirklichung von druckbaren Teilen schwierig. Neben der Materialstärke und umständlich zu druckenden Winkeln, gilt es hier beispielsweise darauf zu achten, dass in bestimmten Geometrien Hilfskonstruktionen eingefügt werden müssen. Stolperfallen wie diese werden von der automatisierten Mach-

## Firmenprofil

**CADFEM**<sup>®</sup>

**ANSYS**<sup>®</sup>

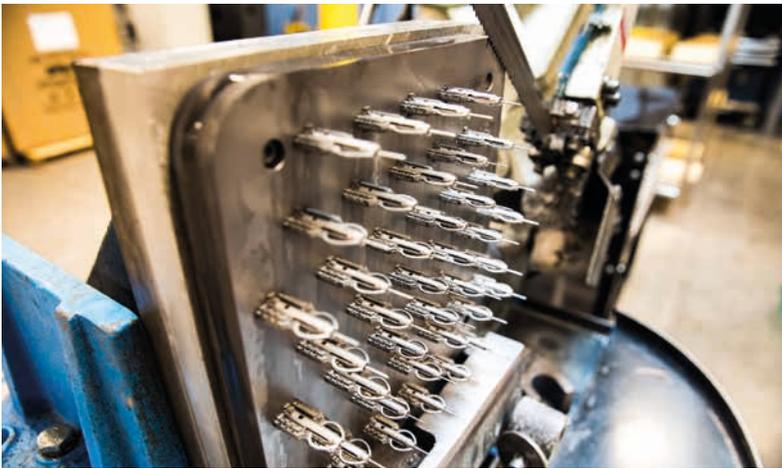
Firma: CADFEM GmbH  
ANSYS Elite Channel Partner  
85567 Grafing b. München  
Telefon: +49 (0)8092-7005-0  
E-Mail: info@cadfem.de  
Internet: www.cadfem.de/additiv

Produkt-/ Dienstleistungsprogramm: CADFEM unterstützt Simulationsanwender, das Potenzial von Simulation bestmöglich zu nutzen. Als ANSYS Elite Channel Partner setzen wir dabei vor allem auf die technologisch führende Software der ANSYS, Inc. Weil Software allein aber noch keinen Simulationserfolg garantiert, bieten wir Produkte, Service und Wissen aus einer Hand: Software und IT-Lösungen. Beratung, Support, Engineering. Know-how-Transfer.

Kernkompetenz: CADFEM ist auch der Ansprechpartner, wenn es um Software und Engineering-Kompetenz rund um die Simulation für die Additive Fertigung geht. ANSYS Werkzeuge kommen dabei gleich doppelt zum Einsatz: Für die Gestaltung additiv gefertigter Bauteile (Topologieoptimierung, variable Dichte durch Lattice-Strukturen) als auch zur Prozesssimulation, um Verzug, Eigenspannungen und die Mikrostruktur abzusichern, um auf Antrieb und mit wenig Ausschuss das passende Bauteil zu produzieren.

Ihr Ansprechpartner: Keno Kruse  
Telefon: +49 (0)8092-7005-0  
E-Mail: kkruse@cadfem.de





◀ 3D-Druck eignet sich nicht nur für Prototypen, sondern auch für Kleinserien komplexer Teile.

barkeitsanalyse direkt berücksichtigt und in das Design des Werkstücks implementiert.

**Breite Materialauswahl hilft selbst bei extremen Anwendungsgebieten** Je nach Zielsetzung gibt es unterschiedliche Rohstoffe, die es ermöglichen, kleine diffizile Teile zu fertigen, die beispielsweise im medizinischen Bereich Anwendung finden können. Ebenso lassen sich große, widerstandsfähige Werkstücke fertigen, die sich durch ihre Hitzebeständigkeit zum Beispiel für die Luft- und Raumfahrt eignen.

Besonders zu erwähnen ist hier die kürzlich zum Portfolio von Protolabs hinzugefügte Superlegierung Inconel 718, die sich exzellent für den Einsatz in extremer Umgebung eignet. Durch die Hitzebeständigkeit bis zu 704 °C sowie die gute Zug-, Dauer-, Kriech- und Bruchfestigkeit eignet sich dieses Material für eine Vielzahl von Anwendungen vom Einsatz in leistungsstarken Turbinen über Ventile bis zu Düsentriebwerken. Wo andere Werkstoffe längst versagen, bleibt Inconel 718 weiter stabil und leistet unschätzbare Arbeit für Endanwender. Trotz dieser Vorteile sind dem Material bei der Flexibilität im Produktionsprozess und der anwenderfreundlichen Fertigung durch Direktes Metall Lasersintern (DMLS) kaum Gestaltungsgrenzen gesetzt.

**Auf menschliches Expertenwissen wird nicht verzichtet** Bei besonders schwer umzusetzenden Einzelteilen oder einzigartigen Designs, die selbst für findige Ingenieure schwer umzusetzen sind oder bei denen es Schwierigkeiten in der Gestaltung von sinnvollen Druckvorlagen gibt, profitieren Kunden zudem von der weitreichenden Expertise des Unternehmens. Durch die jahrelange Erfahrung in der Fertigung von Prototypen und das technische Know-how bei der Produktion von Kleinserien können die Protolabs-Experten professionelle Ratschläge zu den verschiedenen Materialien liefern.

Die hohen Fertigungskapazitäten des 3D-Druck-Dienstleisters ermöglichen zudem eine rasche Lieferung. Auf diese Weise können Kunden lange Stillstandzeiten wegen eines defekten Einzelteils oder eines durch Anlagenumbau benötigten neuen Einzelteils vermeiden. Je nach Komplexität, Material und Größe lassen sich durch die additive Fertigung sowie durch direktes Metall Lasersintern Aufträge bereits innerhalb weniger Werktage durchführen. Im schnellsten Fall werden individuelle Fertigungen bereits innerhalb eines Tages umgesetzt.

Die umfassende Expertise, breite Materialauswahl und intelligente Mechanismen wie die automatisierte Machbarkeitsanalyse führen in dieser Kombination zu einem Iterationsprozess, der es Kunden ermöglicht, schnell und zielgerichtet das Werkstück in der Hand zu halten, die sie für ihre speziellen Anforderungen benötigen.

► [www.protolabs.de](http://www.protolabs.de)

■ **Trumpf setzt beim 3D-Druck auf Industrie 4.0** Um die Vorteile der vernetzten Produktion auf der Formnext erlebbar zu machen, hat Trumpf alle TruPrint-3D-Drucker auf dem Messestand an ein Fertigungsmanagementsystem (MES) und eine intelligente Bestellplattform angebunden. Damit ist es den Mitarbeitern möglich, mobil und in Echtzeit auf die Prozessdaten der Drucker und die anstehenden Aufträge zuzugreifen. Die Produktion lässt sich planen und papierlos steuern. Das steigert die Transparenz, erhöht die Flexibilität und letztlich auch die Produktivität der Fertigung.

Um 3D-Drucker maximal auszulasten und in Serie zu produzieren, müssen die Anlagen automatisiert sein. Dafür verfügt die neue TruPrint 5000 über einen automatisierten Prozessstart. So reduzieren sich die händischen Tätigkeiten, wenn der Mitarbeiter die Anlage für den Druck vorbereitet. Das spart Zeit und steigert die Qualität sowie die Produktivität in der additiven Fertigung. Spitzenreiter im AM-Programm von Trumpf ist die Kleinformatmaschine TruPrint 1000, deren Maschinenbasis im Kleinformat heute die meistverkaufte Anlage weltweit ist. ► <https://www.trumpf.com>



▲ Die AM-Anlagen von Trumpf lassen sich in Industrie 4.0-Szenarien integrieren (Bild: Trumpf).



▲ Die neuen Filamente von German RepRap und DuPont erreichen mit Faserverstärkung hohe Festigkeitswerte (Bild: German RepRap).

#### ■ German RepRap: faserverstärkte Nylon-Filamente von DuPont

German RepRap präsentiert zwei neue Hochleistungs-3D-Filamente aus Nylon (Polyamid), das karbonfaserverstärkte Zytel 3D10C20FL BK544 1.75 mm und das glasfaserverstärkte Zytel 3D12G30FL BK309 1.75 mm aus dem Hause DuPont. DuPont und German RepRap sind seit einigen Jahren Partner und arbeiten eng zusammen, um fortschrittliche Prozesstechnologie und neue Materialien auf den Markt zu bringen und neue Fertigungsmöglichkeiten für verschiedene Industriezweige zu schaffen. Das Zytel 3D-Filament mit 20 % kohlefaserverstärktem Nylon (Polyamid), in Schwarz, vereint Hitzebeständigkeit mit Beständigkeit gegen Chemikalien, Lösungsmittel, Treibstoffe, Automobilfluide und Hydrolyse. Außerdem besticht es mit einer hohen Steifigkeit (ca. 5–6 GPa), einer sehr schönen Oberfläche, geringer Feuchtigkeitsaufnahme und einer guten Wärmeformbeständigkeit von bis zu 159 °C.

Das Zytel 3D-Filament mit 30 % glasfaserverstärktem Nylon (Polyamid), in Schwarz, vereint ebenfalls Hitzebeständigkeit mit Beständigkeit gegen die meisten Chemikalien, Lösungsmittel, Treibstoffe, Automobilfluide und Hydrolyse. Die Steifigkeit liegt bei 4–5 GPa, die Wärmeformbeständigkeit bei bis zu 166 °C.

► <https://www.germanreprap.com/>

■ **Sintratec baut Präsenz in Deutschland weiter aus** Sintratec nun auch in Norddeutschland mit einem neuen Reseller vertreten. Die Firma das Dokuteam NordWest GmbH mit Sitz in Nottuln bei Münster übernimmt den Vertrieb der 3D-Druck-Systeme von Sintratec in Nordrhein-Westfalen. Damit baut der Schweizer Entwickler und Hersteller von Systemen für das selektive Lasersintern (SLS) seine Präsenz in Deutschland weiter aus. Neben den Desktop-Modellen Sintratec Kit und Sintratec S1 ist auch die neue End-to-end-Systemlösung Sintratec S2 sowie die Materialien Sintratec PA12 und Sintratec TPE im Portfolio von Dokuteam.

Dokuteam ist ein Full-Service-Industriepartner, der von Rapid Prototyping über Tooling bis hin zum Manufacturing über eine vielseitige Erfahrung in der additiven Fertigung verfügt und einen umfassenden technischen Support bietet. Dokuteam bietet neben Beratung, der Miete oder Leasing von Maschinen und Lohnfertigung auch Workshops und Seminare zum Thema 3D-Druck an. Dies nicht nur für den Bereich SLS (selektives Lasersintern), sondern auch für FDM (Fused Deposition Modeling) – auch bekannt als Fused Filament Fabrication (FFF) – und SLA (Stereolithographie). Die Experten für die additive Fertigung sind damit in der Lage, für alle Kundenanforderungen



das passende 3D-Druck-System zu liefern. Mit Dokuteam ergänzt Sintratec sein Vertriebsnetz in Deutschland, das bisher aus Mann Datentechnik in Karlsruhe und Picco's 3D World GmbH in Deggendorf bestand (Bild: Sintratec). ► <https://sintratec.com>

# Sichere Prozesse beim Metall-3D-Druck

Die additive Fertigung ermöglicht es, neuartige bionische Strukturen herzustellen, wie sie in der Topologieoptimierung erzeugt werden. Dazu gehören eine adaptive Dichte durch Lattice-Strukturen ähnlich dem menschlichen Knochen, individuelle Bauteile für den medizinischen Einsatz sowie Prototypen und Ersatzteile. **DIPL.-ING. (FH) CHRISTOF GEBHARDT**

➤ Dabei ist schon der schichtweise Aufbau, das Aufschmelzen, Erstarren und Abkühlen bei 3D-Druck ein höchst anspruchsvoller Prozess, der die Eigenschaften des gefertigten Bauteils in hohem Maße bestimmt. Zu den besonderen Herausforderungen zählen die Maßhaltigkeit der Bauteile, die gewünschte Materialstruktur sowie die Prozesssicherheit, die den Abriss von Support-

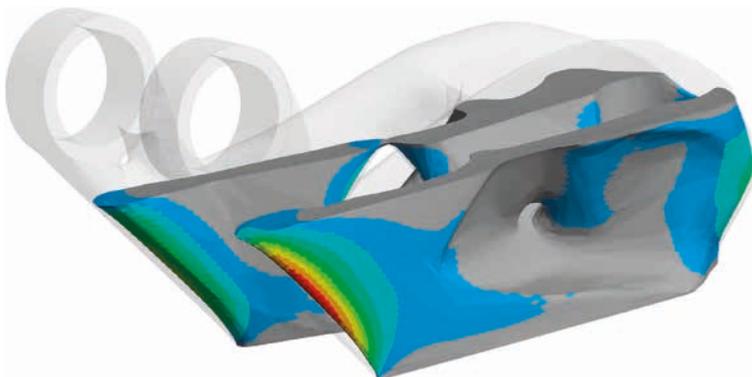
strukturen und einen so genannten Blade-Crash verhindert. Um die Fertigung und Produktqualität abzusichern, hat Cadfem mit der Ansys-Software Additive Print ein Werkzeug im Portfolio, das sich dediziert an Konstrukteure und Prozessingenieure richtet. Sie können damit in einer webbasierten Oberfläche den Fertigungsprozess für den Metall-3D-Druck simulieren und optimieren.

► Prognose von Blade Crashes beim Bau einer bionischen, selbststützenden Struktur

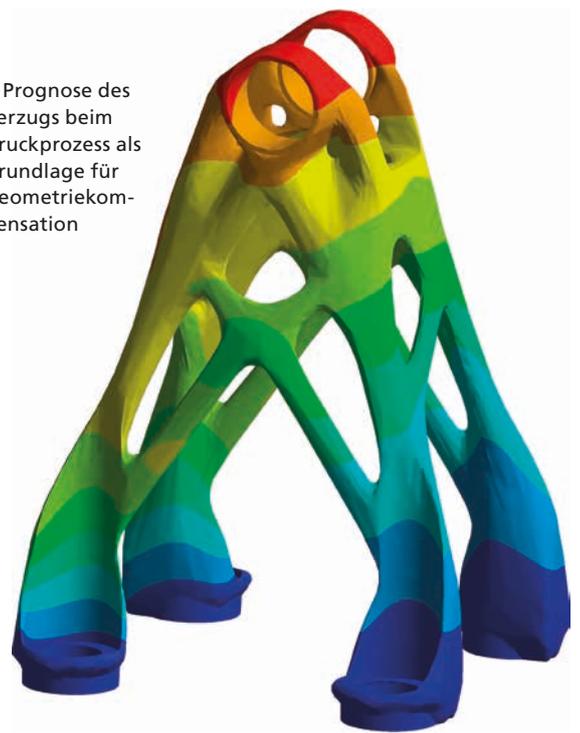


▲ Tetraeder mit Schichtstruktur in Baurichtung

▼ Simulation des schichtweisen Bauprozesses



► Prognose des Verzugs beim Druckprozess als Grundlage für Geometriekompensation



Dazu wird die STL-Geometrie des Bauteils eingeladen und durch automatisch generierte Supportstrukturen ergänzt. Ebenso können manuell definierte Supportstrukturen integriert werden. Die Bauteilgeometrie wird automatisch gerastert und in Form von Voxeln abgebildet, wobei der Anwender die Voxelgröße anhand der Struktur festlegt. Für die Abbildung von Krümmungen lassen sich automatisch lokale Verfeinerungen nutzen. Die Materialeigenschaften werden aus einer Materialdatenbank ausgewählt oder vom Anwender definiert und zugeordnet. Die Berechnung erfolgt mit einem der drei folgenden Ansätze:

Assumed Strain geht von einer gleichmäßigen Dehnung aus und ermittelt auf Basis der Bauteilgeometrie den zu erwartenden Verzug. Die Dehnung wird dabei über eine Kalibrierung anhand eines Referenzdrucks ermittelt, der die Maschinen- und Materialeigenschaften charakterisiert.

Scan Pattern berücksichtigt den Einfluss der Belichtungsstrategie und leitet daraus eine richtungsabhängige Dehnung für jede Lage ab. Dazu werden die Scan Pattern per Build-Files für ausgewählte Maschinenhersteller direkt eingelesen oder per Scan Pattern Generator als Teil von Additive Print erzeugt.

Thermal Strain führt eine thermisch-mechanische Analyse durch, bei der die thermische Analyse mit einer Auflösung von bis zu 15 µm die thermische Historie und damit die kumulierte zyklische thermische Dehnung (thermal ratcheting) mit hoher Realitätstreue abbilden kann.

Als Ergebnis der Analyse können die Deformationen des Bauteils auf der Bauplatte oder nach dem Ablösen von der Platte ermittelt werden. Darüber hinaus stehen Spannungsergebnisse zur Verfügung, um die Gefahr des Support-Abrisses einschätzen zu können. Zur Minimierung des Bauteilverzugs liefert Additive Print verschiedene Möglichkeiten. Einerseits erlauben alternative Prozessparameter eine Bewertung, wie durch eine andere Prozessführung der Verzug minimiert werden kann. Unter anderem lassen sich Schichtdicke, Laserleistung, Lasergeschwindigkeit und Vorheiztemperatur variieren. Andererseits verdeutlichen Optimierungen, wie sich durch adaptierte Supportstrukturen mittels variablen Abstands oder variabler Dicke der Verzug reduzieren lässt. Zusätzlich liefert die Geometriekompensation STL-Dateien, bei denen der Verzug vorgehalten ist. Dadurch werden fertigungsbedingte Verformungen berücksichtigt, so dass im Herstellungsprozess eine möglichst nahe an der Sollgeometrie liegende Bauteilgeometrie entsteht.

Laserleistung und Lasergeschwindigkeit sind zwei dominante Parameter, mit denen die Baugeschwindigkeit positiv beeinflussbar ist, die aber auch Auswirkungen auf die Bauqualität haben. Die Simulation kann helfen, hier ein besseres Setup zu finden als die Standard-Maschineneinstellung, die einen universellen Anwendungsbereich abdecken soll.

Detaillierte Analysen der Prozessführung ermöglichen Anpassungen, um eine optimale Balance von Baugeschwindigkeit und Produktqualität zu erreichen. Dazu können beispielsweise das Schmelzbad, die Porosität, die Wärmeverteilung in den einzelnen Schichten sowie die Korngröße und -orientierung betrachtet werden.

► [www.cadfem.de](http://www.cadfem.de)

## Firmenprofil



Firma: Solukon Maschinenbau GmbH,  
Kappbergstr.1,  
86391 Stadtbergen  
Telefon: +49 821 440980  
E-Mail: kontakt@solukon.de  
Internet: www.solukon.de



Produkt-/ Dienstleistungsprogramm: Depowdering – Powder-Removal  
Solukon Reinigungskabinen entfernen und sammeln loses Pulver aus komplexen Metallbauteilen mit gezielter Schwingungsanregung und programmierbarer räumlicher Bewegung innerhalb einer geschützten Atmosphäre. Solukon SFM-Systeme reduzieren signifikant den Arbeitsaufwand, die damit verbundenen Kosten und erfüllen höchste Ansprüche an die Arbeitssicherheit.

#### Vorteile:

- Hoher Schutz vor Explosions- und Gesundheitsgefahr
- Zeiteinsparung bis zu 90%
- Reproduzierbare Reinigungsergebnisse
- Robuste Konstruktion
- Minimaler Wartungsbedarf

#### Systeme:

- SFM-AT800:** Bauteile bis 800 x 400 x 550 mm<sup>3</sup>
- SFM-AT300:** Bauteile bis 300 x 300 x 350 mm<sup>3</sup>
- SFM-AT200:** Bauteile bis 300 x 300 x 230 mm<sup>3</sup>

Kernkompetenz: Solukon steht als Unternehmen für pfiffige und hochwertige Systemlösungen und bietet 15 Jahre Erfahrung bei der Entwicklung von AM-Systemen. Mit Vorstellung der SFM-Reinigungskabinen 2014 gilt Solukon als Pionier für das automatisierte Entpulvern von Metallbauteilen.

Zum internationalen Kundenstamm gehören sowohl renommierte Weltmarktführer im Bereich Aerospace, Automotive, Medical und Energy als auch innovative Startups.

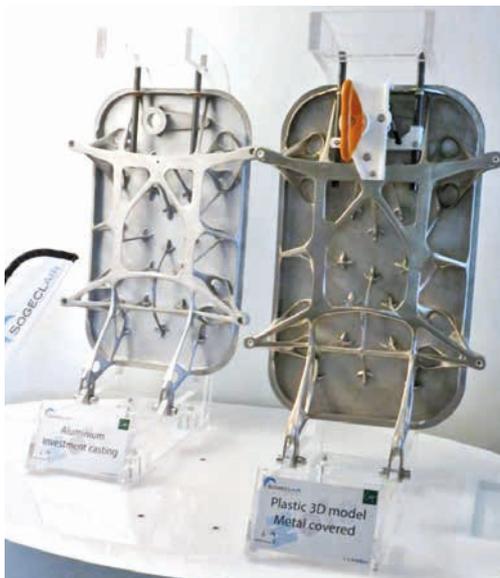
Die Vision des Unternehmens ist es, den AM-Postprozess zu automatisieren und damit sicher, effizient und kostengünstig zu machen.

Ihr Ansprechpartner: Andreas Hartmann / Dominik Schmid  
Telefon: 0821-440980  
E-Mail: kontakt@solukon.de



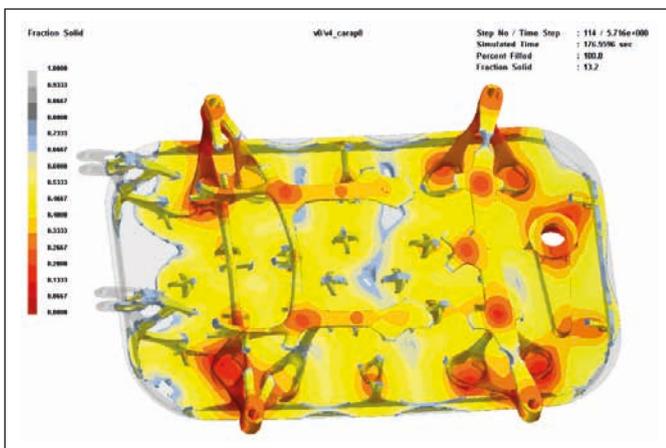
# Eine perfekte Symbiose

Der 3D Druck hat in der Luftfahrt großes Potential in Bezug auf den Leichtbau, allerdings ist das Fertigungspotenzial noch auf die Baugröße der 3D-Drucker beschränkt, was die Technologie für größere Komponenten ungeeignet macht. Obwohl das Problem der Baugröße eine Hürde darstellt, ist eine Flugzeugtür beziehungsweise eine Wartungsklappe aufgrund ihrer Komplexität und Funktionsintegration ein vielversprechendes Bauteil für die Kostenreduzierung durch sogenannte One-Shot-Produktionsmethoden.



◀ Die Wartungsklappe wurde Topologie optimiert und in einer 3D-gedruckten Form gegossen. (Bilder: Sogecclair)

Die Guss-simulation verifizierte die Herstellbarkeit des komplexen Gussteils.



➤ In einer Studie untersuchten Ingenieure von Sogecclair Aerospace dieses Problem. Sie entwickelten einen Entwicklungsprozess, der zwei Herstellungsmethoden – die additive Fertigung und den Guss – vereint und somit auch die Vorteile beider Fertigungsmethoden nutzt. Während Guss eine validierte und mehr als fünftausend Jahre alte Methode ist, bietet additive Fertigung eine Designfreiheit wie keine andere Methode. Um das volle Potenzial sowohl der additiven Fertigung als auch des Gusses zu nutzen, wurde für den Design- und Optimierungsprozess die Altair HyperWorks Software Suite eingesetzt.

Sogecclair Aerospace, Teil der Sogecclair S.A. Group, ist einer der bedeutendsten Ingenieurspartner und Zulieferer für die Luftfahrtindustrie. Sogecclair Aerospace bietet Beratung und Management-Services im Bereich Konfigurationsmanagement, Luftfahrt-Strukturen, Systeminstallation, Flugzeuginnenraum, Herstellung und Equipment.

**Simulation bei Sogecclair** Sogecclair nutzt die Lösungen von Altair schon seit vielen Jahren und verlässt sich im Bereich Simulation und Entwicklung auf die Altair HyperWorks Suite. Ungefähr 20 Personen arbeiten regelmäßig mit den Altair-Tools, darunter auch einige Ingenieure der Innovationsabteilung von Sogecclair, die für die Entwicklung der Wartungsklappe verantwortlich war. Die Ingenieure nutzen verschiedene HyperWorks Tools, vor allem Altair OptiStruct, ein FEA-Solver und Optimierungstool, sowie Altair HyperMesh und Altair HyperView, welche für die Vor- und Nachbearbeitung eingesetzt werden.

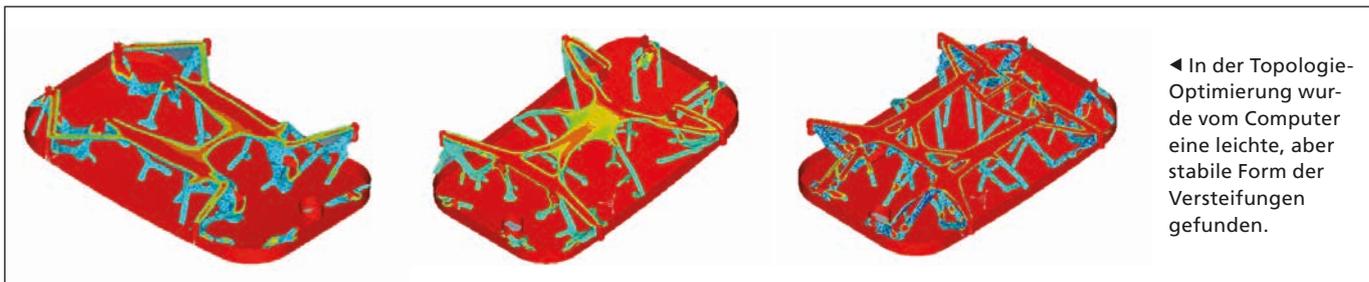
OptiStruct wissen die Ingenieure unter anderem auch deshalb sehr zu schätzen, weil es ein umfassender FEA-Solver und eine Optimierungssoftware ist, die eine Reihe an interessanten Funktionen bietet, um Optimierungen durchzuführen und zu einer zufriedenstellenden Lösung zu kommen. Darüber hinaus arbeiten die Designer bei Sogecclair Aerospace mit Altair Inspire, Altairs Lösung zur generativen Optimierung von Designs und Topologien. Das Werkzeug ermöglicht sehr schnelle Design-Lösungen, ist einfach zu nutzen und liefert vor allem in der ersten Designphase sehr gute Ergebnisse.

**„One-Shot“ Lösungen mit Simulation, 3D-Druck und Guss** Das gewählte Beispiel in dieser Studie ist eine Ebay – eine große Wartungsklappe, die sich an der Rumpfnase befindet und zur Inspektion und Wartung des Flugzeuges genutzt wird. Die Ebay ist in vielerlei Hinsicht ein interessanter Anwendungsfall, wobei das Team einer Reihe von kniffligen Herausforderungen gegenüberstand: Die Tür ist aufgrund ihrer Größe von etwa 800 mm x 500 mm x 250 mm nicht mit Metall-3D-Druck produzierbar, sie besteht aus AS7G06-Aluminium, was noch nicht für Luftfahrt unter Verwendung von DMLS qualifiziert ist, und nicht zuletzt besitzt sie eine sehr dünne Oberfläche mit äußerst genauen dimensional und geometrischen Toleranzen.

Der Herstellungsprozess basiert auf Präzisionsguss in einer 3D gedruckten Gießharz-Form. Die Studie wurde von Sogecclair Aerospace geleitet, zudem waren die Unternehmen CTIF, Ventana und voxeljet, ein Hersteller von 3D-Druck-Systemen für industrielle Anwendung, der sich auf Powder-Binder-Jetting von Plastik und Sand spezialisiert hat, beteiligt.

Das größte technische Problem, das in diesem Projekt bewältigt wurde, war es, wie man eine Flugzeugtür mit einem einmaligen Guss „One-Shot“ herstellt und dabei die richtige Form erzielt: Eine dünne Oberfläche, an der organische Versteifungen angebracht sind. Die Optimierungsstudie dauerte etwa zwei Monate und umfasste acht Topologie-Optimierungs-Durchläufe sowie vier mechanische Spannungstests, um ein zufriedenstellendes Design zu erreichen.

Unter den zahlreichen Herausforderungen, welchen sich die Ingenieure bei diesem Projekt gegenüberstehen, waren zwei von besonderer Bedeutung: Beim Guss musste die Oberflächendicke auf die mi-



◀ In der Topologie-Optimierung wurde vom Computer eine leichte, aber stabile Form der Versteifungen gefunden.

nimal mögliche Wandstärke gesetzt werden. Dies ist wichtig, da die äußere Oberfläche der Tür einen Teil des Rumpfes bildet und sehr genaue dimensionale und geometrische Toleranzen einhalten muss. Ein weiterer kniffliger Punkt bei der Zugangstür war die Verbindung zwischen der Oberfläche und den Versteifungen. Um dies zu handhaben, entwarf Sogclair Aerospace einige Ideen, welche für ein CAD-Modell und die anschließende Prozesssimulation verwendet wurden.

Zu Beginn der Studie wurde Topologieoptimierung in der Konzeptphase des Designprozesses verwendet, um das Material-Layout innerhalb eines gegebenen Bauraumes zu optimieren, was eine der wichtigsten Bedingungen war. In einer anschließenden FE-Analyse untersuchten die Ingenieure das optimierte Design. Die darauffolgende Gussimulation machte es den Ingenieuren möglich, das Design des Bauteils zu verbessern und das Auftreten von Defekten wie Schwindung oder Risse zu minimieren.

Simulationen zur Füllung und Erstarrung wurden durchgeführt, um die genaue Position und Größe von bestimmten Defekten wie unvollständige Füllungen oder Lunker vorherzusagen zu können. Dann wurden für repräsentative und besonders komplexe Bereiche der Flugzeugtür Beispiele für die Machbarkeit erstellt. Auf der Basis dieser Muster stellte Sogclair Aerospace schließlich die Flugzeugtür in Originalgröße her und erstellte einen 3D-Druck in PMMA-Gussharz unter Verwendung der Binder-Jetting-Technologie. Entsprechend dieser Prozedur wurde das Harz zunächst in Barbotine eingelegt und mit einem Mantel aus mehreren Schichten Sand überzogen, um die Gussform herzustellen. Als nächstes wurde die Gussform erhitzt und das Harz entfernt. Schließlich wurde die Zugangstür gegossen und

nach dem Entfernen aus der Form hitzebehandelt. Das Resultat war eine optimierte Zugangstür, welche neben den korrekten Abmaßen auch alle weiteren wichtigen Vorgaben für dieses Projekt erfüllte.

**Vorteile der Symbiose aus Simulation, 3D-Druck und Guss** Sogclair Aerospace war insgesamt sehr zufrieden mit den Ergebnissen der Simulationen, die sie mit den HyperWorks Tools erhielten, da das neue Design alle Vorgaben erfüllte. Während im Bereich Zertifizierung und Qualifizierung noch einiges zu tun bleibt, bevor eine solche Lösung in einem zukünftigen Luftfahrzeug eingesetzt werden kann, hat es der Einsatz von Altair HyperWorks möglich gemacht, ohne Anstrengung ein Tür-Design zu optimieren, besonders in Bezug auf Gewichtsreduzierung.

Unter den Vorteilen der Simulation wusste Sogclair Aerospace vor allem die große Zeitersparnis zu schätzen, die durch die Altair-Software möglich wurde. Da die Simulation schnelle Ergebnisse liefert, können die Ingenieure ihre wertvolle Zeit für andere wichtige Ingenieursarbeit im Entwicklungsprozess nutzen. Die Altair-Lösungen ermöglichten es Sogclair Aerospace, Entwicklungszyklen und Zeiten zu reduzieren, denn es wäre um einiges zeitaufwändiger gewesen, die gleichen Ergebnisse ohne die Hilfe von Simulation zu erreichen. Sobald die Zertifizierung der mit dieser Methode hergestellten Teile abgeschlossen ist, wird Sogclair Aerospace über einen fortschrittlichen Simulationsprozess verfügen, der jederzeit angewendet werden kann, um viele weitere potenzielle Komponenten zu entwickeln, die dazu beitragen können, die übergreifenden Eigenschaften der Flugzeuge weiter zu optimieren.

► [www.altair.de](http://www.altair.de)



■ **Neue Dienste mit Ultimaker Cloud** Bei der neuen Ultimaker Cloud handelt es sich um eine Plattform, die den professionellen 3D-Druck-Workflow unterstützt. Zu den ersten angebotenen Cloud-Services gehören Remote 3D-Druck, uneingeschränkter Zugang zum Marketplace, den Marketplace Ratings sowie die Sicherung der Benutzereinstellungen über Fernzugriff. Optimale Benutzereinstellungen werden in der Cloud abgespeichert und können so an jedem Ort und auf jedem Computer

◀ Ultimaker Cloud ermöglicht es, die 3D-Drucker des Unternehmens über die Cloud mit Daten zu versorgen (Bild: Ultimaker).

aufgerufen werden. Registrierte Benutzer können auf den Marketplace das ideale Material für ihre Anwendung suchen und erhalten über Ultimaker Cura automatisch das optimale Setting für den Druck. Anwender können direkt Feedback zu bereitgestellten Plugins geben oder in der Community ihre Erfahrungen zu den genutzten Plugins teilen. Druckaufträge lassen sich weltweit an netzwerkfähige Ultimaker-Drucker senden. Zudem können sich die Anwender über den Status des Druckprozess auf dem Laufenden halten. Jos Burger, CEO bei Ultimaker: „Ultimaker Cloud ist die Grundlage, um für Ultimaker und seinen Partnern in den Schlüsselindustrien auch in Zukunft einen Mehrwert zu bieten. Dies ist ein entscheidender nächster Schritt auf unserem Weg, die weltweite Transformation zur lokalen digitalen Fertigung voranzutreiben. Ich bin sicher, unsere Plattform, die wir gemeinsam mit unserem weltweiten Netzwerk an Software- und Materialpartnern geschaffen haben, macht Ultimaker zur bevorzugten Lösung im Desktop-Bereich im 3D-Druck.“

► [www.ultimaker.com](http://www.ultimaker.com)

# „Nahtlose Verbindung zwischen Maschine und Realität“

Siemens und EOS arbeiten seit längerem als Partner an der Weiterentwicklung des industriellen 3D-Drucks bzw. der additiven Fertigung (Additive Manufacturing, AM). Wir sprachen mit Martin Gehringer, der als Business Development Manager AM bei Siemens arbeitet. Er betreut die Partnerschaft mit EOS im Bereich des pulverbettbasierten Verfahrens. **RALF STECK, FRIEDRICHSHAFEN**

## Herr Gehringer, wie ist das Thema additive Fertigung bei Siemens eingebunden?

Innerhalb der Digital Factory-Division der Siemens AG wurde ein Competence Center Additive Manufacturing gegründet, das Lösungen von Siemens im Bereich Software, Automatisierungstechnik sowie Digitalisierungslösungen mit Zuschnitt auf Additive Manufacturing anbietet. In Erlangen haben wir ein Additive Manufacturing Experience Center (AMEC). Hier entwickeln wir mit unseren Partnern aus dem AM-Bereich Lösungen und zeigen Kunden die gesamte Prozesskette der additiven Fertigung.

Unter dem Dach des Digital Enterprise Portfolios bietet Siemens durchgängige Lösungen für die additive Fertigung. Darunter finden wir die Siemens PLM Software mit NX sowie Simcenter als Simulations- und Testsoftware, außerdem Teamcenter als Produktlebenszyklus-Verwaltungssystem sowie

SIMATIC IT und SIMATIC WinCC, zwei Produkte des Siemens Manufacturing Operations Management (MOM)-Portfolios für die Produktion. Abgerundet wird das Digital Enterprise Portfolio durch MindSphere, dem cloudbasierten, offenen IoT-Betriebssystem. Siemens sammelt übrigens mit 55 AM-Maschinen eigene Erfahrungen in der Produktion und als Service-Anbieter.

## Welche Themen bearbeiten Sie in der Partnerschaft mit EOS? EOS gehört mit zu unseren wichtigsten strategischen Partnern im Bereich AM. Es geht dabei um Themen wie die Druckdatenvorbereitung, die Automatisierungstechnik für AM-Maschinen sowie die Digitalisierung.

Wie die Druckdatenvorbereitung, die Automatisierungstechnik für AM-Maschinen sowie die Digitalisierung.

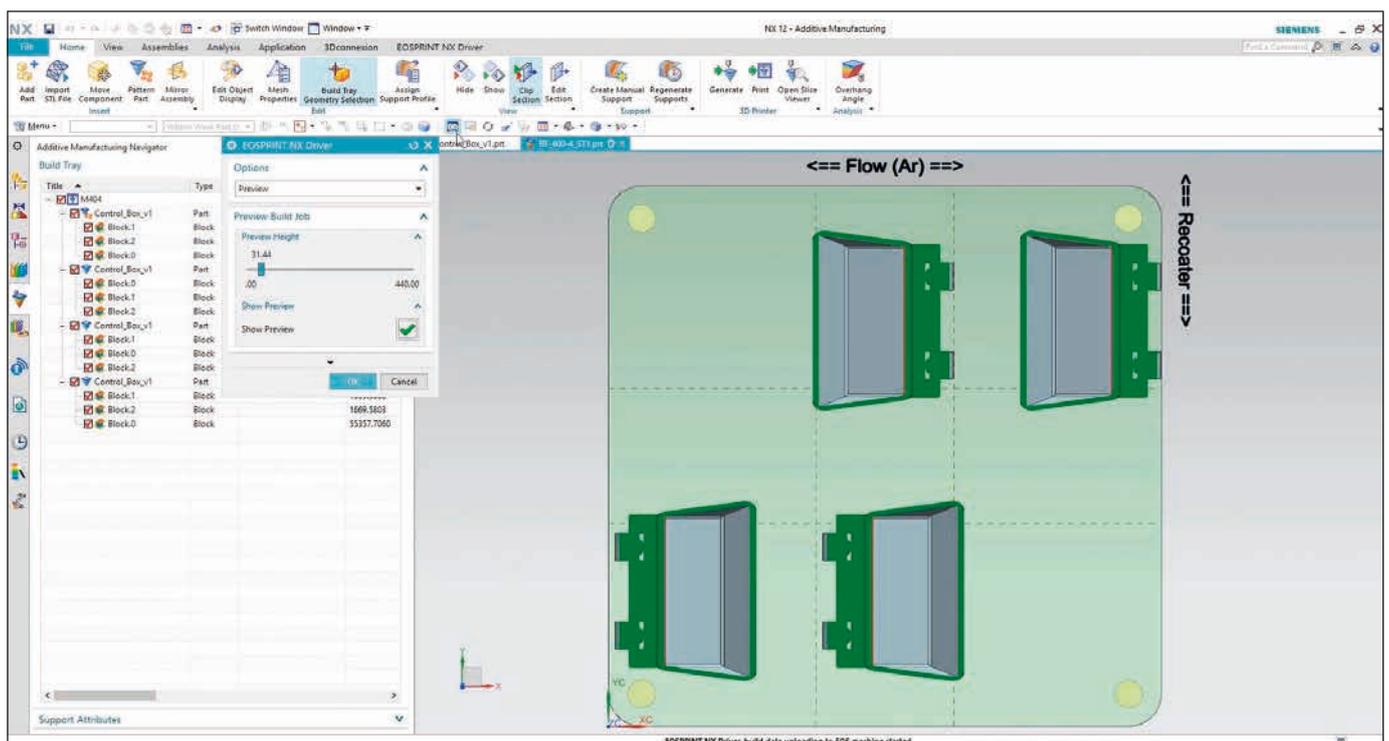
## Wie binden Sie Ihre Lösungen in die Druckdatenvorbereitung ein? Die Datenvorbereitung ist ja üblicherweise in

## einer Software des Druckerherstellers angesiedelt.

Wir fassen den Begriff weiter; additive Technologien beeinflussen ja schon die Modellierung von Bauteilen, beispielsweise gehören Topologieoptimierung, bionische Formen, Gitter- oder andere Leichtbaustrukturen zu diesem Themenfeld. Um die Vorteile der additiven Technologien wirklich nutzen zu können, muss man schon bei der Produktgestaltung umdenken. In NX haben wir die Werkzeuge dafür integriert.

Hinsichtlich der Druckdatenvorbereitung haben Sie vollkommen Recht. In vielen Fällen stellt der Hersteller des 3D-Drucksystems eine eigene Druckdatenvorbereitungs-Software zur Verfügung. Manko dieser Lösung ist häufig, dass keine direkte Anbindung an ein CAD-System besteht und damit die Soft-

▼ Die EOSPRINT-Software lässt sich nahtlos in das Siemens-CAD/CAM-System NX integrieren.



warekette unterbrochen ist. Dies bedingt dann Export- und Import von Datensätzen, was zu Informationsverlusten führen kann und die Datenhaltung komplex macht.

Unser Anspruch ist, dass wir einen durchgängigen Datenfluss vom CAD-System bis hin zum Drucker in einer Softwareumgebung gewährleisten können, ohne störende Schnittstellen. EOS bietet mit EOSPRINT ein Druckvorbereitungstool für EOS Systeme. Mittels eines Treibers kann EOSPRINT nahtlos in die NX Umgebung eingebunden werden. Damit kann der Baujob mit optimalem Zuschnitt auf die EOS Anlagen definiert und parametrisiert werden, ohne dass der Anwender die NX Softwarekette verlassen muss.

**EOS nutzt ja auch Siemens-Produkte aus dem Bereich Automatisierungstechnik, richtig?** Das ist ebenfalls ein Teil unserer Partnerschaft. Wir helfen EOS mit SPS-Steuern, Servomotoren, Niederspannungstechnik, Bedienpanels, Netzteilen und anderen Produkten, ihre Systeme zu optimieren. EOS entwickelt die Steuerung und den Industrie-PC für die Lasereinheit.

**Am Metall-AM-Prozess wäre ja auch noch einiges zu automatisieren, beispielsweise in der Nachbearbeitung.** Das ist richtig. Während in der Maschine selbst Automatisierung Einzug erhält, – z. B. durch einen automatisch aus- und einfahrbaren Wechsel-



▲ Martin Gehringer, Business Development Manager AM bei Siemens. (Bilder: Siemens)

rahmen, der nahezu kontinuierliche Bauprozesse zulässt, weil Abkühlvorgang und auch die Entpulverung außerhalb der Maschine stattfindet – gibt es auch in der Nachbearbeitung noch viel Automatisierungspotential. Auch hierbei unterstützen wir Bestrebungen in der Industrie. Auf der IMTS letztes Jahr haben wir zusammen mit EOS einen Prozess präsentiert, um die Bauteile mit Hilfe einer CNC-Fräsmaschine automatisiert von den Stützstrukturen und der Bauplattform zu entfernen. Dazu wird schon bei der Platzierung der Bauteile im Bauraum der Bediener unterstützt, damit die Teile so liegen, dass sie automatisiert bearbeitet werden können. Dann nutzen wir die CAM-Funktionen in NX – wir haben ja ein vollständiges 3D-Modell des fertigen 3D-Drucks inklusive Bauplatt-

form und Stützstrukturen. Auf dessen Basis lassen sich dann NC-Programme für das Bearbeitungszentrum erstellen, und der Nachbearbeitungsprozess lässt sich so zumindest zum Teil automatisieren. Aber da stecken wir noch in den Anfängen.

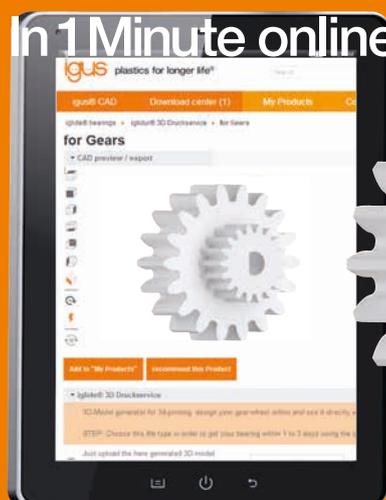
### **Kommen wir zu einem weiteren Bereich der Partnerschaft, der Digitalisierung.**

**Was verstehen Sie darunter?** Da gehört der gesamte Bereich des Fertigungsmanagements dazu, das Management von Pulver und dessen Wiederverwendung sowie die Verwaltung der Bauplattformen. Wir arbeiten daran, unsere MES-Angebote in den Bereich der additiven Fertigung zu erweitern. Qualitätssicherung und Prozessüberwachung gehören ebenfalls dazu. Hier bietet EOS mit seiner EOSTATE Monitoring Suite schon umfangreiche Lösungen an. Und schließlich haben wir mit MindSphere die Plattform, um die additive Fertigung an die Industrie 4.0 anzubinden. Als offenes Betriebssystem konzipiert, ermöglicht MindSphere die nahtlose Verbindung zwischen der Maschine und der digitalen Welt. Durch die Nutzung umfangreicher Datenmengen erreichen Maschinen- und Produkthersteller mehr Produktivität und Effizienz – über das gesamte Unternehmen hinweg.

Da kann man ja gespannt sein. Vielen Dank für das Gespräch, Herr Gehringer.

► [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

In 1 Minute online konfiguriert ... in 1 bis 3 Tagen geliefert ...



mit 40% mehr Lebensdauer\*

Kein aufwändiges Konstruieren von Zahnradern mehr: Individuelles hochabriebfestes Zahnrad in 60 Sekunden online konfigurieren und sofort bestellen. Keine Werkzeugkosten durch 3D-Druck, effizient ab Stückzahl 1.

\* im Vergleich zu POM-Zahnradern. Schneckenrad-Tests mit 5 Nm Drehmoment und 12 U/min im 2.750 qm igus® Testlabor.

[igus.de/3DZahnrad](http://igus.de/3DZahnrad)  
igus® GmbH Tel. 02203-9649-975 info@igus.de  
plastics for longer life®

# HP druckt jetzt auch Metall

Auf der International Manufacturing Technology Show (IMTS) 2018 in Chicago präsentierte HP seine neueste Drucktechnologie, auch auf der Formnext war sie schon zu sehen. HP Metal Jet ermöglicht die Serienfertigung von Metallteilen in Produktionsqualität. Dazu hat das Unternehmen sein JetFusion-Verfahren, das bisher mit Kunststoffpulver arbeitete, um eine Version für Metallpulver erweitert.



▲ Volkswagen plant die Fertigung individualisierter Fahrzeugteile auf den HP-Maschinen.

➤ Die im neuen Drucker generierten Druckteile werden nach einer Behandlung im Sinterofen echte Metallteile. Zunächst baut HP einen eigenen Metal Jet-Produktionsservice auf, ab 2021 sollen die Geräte dann allgemein verfügbar sein.

HP Metal Jet basiert auf der aus den Vorgängermodellen bekannten Binder-Jetting-Technologie auf Voxel-Ebene. Das Gerät bietet eine Druckbett-Größe von 430 x 320 x 200 Millimeter, die Druckdüsen sind vierfach redundant angeordnet. HP Metal Jet arbeitet in der aktuellen Ausführung mit Edelstahlmaterial. HP kooperiert mit dem Unternehmen GKN Powder Metallurgy, in dessen Fabriken mit HP Metal Jet funktionelle Metallteile für führende Fahrzeug- und Industrieunternehmen wie Volkswagen und Wilo gefertigt werden sollen – die industrieweit erste Zusammenarbeit dieser Art.

GKN Powder Metallurgy ist ein weltweit führender Hersteller von Materialien und Produkten unter Einsatz pulvermetallurgischer Verfahren und umfasst die Marken GKN Sinter Metals, GKN Hoeganaes sowie GKN Additive Manufacturing. Das Unternehmen produziert mehr als drei Milliarden Komponenten pro Jahr und will bereits im kommenden Jahr HP Metal Jet-Teile in Produktionsqualität und Millionenstückzahlen für seine Kunden drucken.

Volkswagen integriert HP Metal Jet in seine langfristigen Design- und Produktionspläne. Als erstes Ziel der Kooperation von Volkswagen, GKN Powder Metallurgy und HP evaluieren die drei Unternehmen die Herstellung von individualisierten Massenteilen – beispielsweise personalisierten Schlüsselringen oder Namensschildern zur Außenanbringung. Der mehrjährige Plan von VW, HP Metal Jet einzusetzen, sieht auch die Produktion funktioneller Hochleistungsteile mit erheblichen strukturellen Anforderungen wie Schaltknäufe und Spiegelhalterungen vor. Da neue Plattformen wie Elektrofahrzeuge in Serie gehen, wird erwartet, dass HP Metal Jet für zusätzliche Anwendungen wie die Leichtbauweise von vollständig sicherheitszertifizierten Metallteilen genutzt wird.



▲ Die neuen Metalldrucker von HP sind ab dem nächsten Jahr verfügbar, aktuell liefert ein Druckservice erste Teile. (Bilder: HP)

„Die Autoindustrie steckt mitten in einer Revolution. Die Kunden erwarten heutzutage nicht nur eine Personalisierung, bis 2025 wird die Volkswagen-Gruppe 80 neue elektrische Modelle eingeführt haben“, sagt Dr. Martin Goede, Head of Technology Planning and Development bei Volkswagen. „Ein einziges Auto besteht aus sechs- bis achttausend verschiedenen Teilen. Ein großer Vorteil von additiven Technologien wie HP Metal Jet: viele dieser Teile können wir fertigen, ohne dass zuerst die entsprechenden Produktionswerkzeuge hergestellt werden müssen. Durch die Verkürzung der Produktionszeit von Teilen können wir die Serienfertigung in einem höheren Volumen sehr schnell realisieren. Aus diesem Grund ist die neue HP Metal Jet-Plattform für die Industrie ein gewaltiger Schritt nach vorne.“

GKN Powder Metallurgy nutzt die HP Metal Jet-Technologie auch, um für den Pumpenhersteller Wilo kostengünstige Industrieteile mit höherem hydraulischem Wirkungsgrad herzustellen. Wilo setzt auf HP Metal Jet-Technologie, um hydraulische Teile wie Laufräder, Diffusoren und Pumpengehäuse, die intensiver Saugwirkung, Druck und Temperaturschwankungen widerstehen müssen, in höchst variablen Maßstäben zu produzieren.

In der Medizinindustrie arbeitet HP zudem mit Parmatech zusammen, um die Seri-



▲ Wie HPs Kunststoffdruckverfahren zeichnet sich auch HP MetalJet durch hohe Detailgenauigkeit aus.



▲ Der Impeller von Wilo zeigt, dass sich Hohlräume in diesem Verfahren ohne Stützstrukturen drucken lassen.

enfertigung von Metal Jet-Teilen auf Kunden wie OKAY Industries, Primo Medical Group und weitere Unternehmen auszubauen. Parmatech ist weltweit führend beim Metall-

spritzguss, seit über 40 Jahren ein Pionier in der Metallverarbeitung und spezialisiert auf kostengünstige Großserien-Metalteile für den medizinischen und industriellen Bereich. In der ersten Jahreshälfte 2019 startet HP einen Metal Jet-Produktionsservice, bei dem Kunden 3D-Designdateien hochladen können, um Teile in Industriequalität und hoher Zahl zu erhalten. Die Teile werden in Zusammenarbeit mit den HP-Partnern GKN Powder Metallurgy und Parmatech hergestellt.

Anlagen werden ab dem Jahr 2020 für knapp 399 000 Euro angeboten und an erste Kunden ausgeliefert. Ab 2021 sind sie dann allgemein verfügbar. Kunden, die Metal Jet-Systeme vorbestellen möchten, können diese ab sofort reservieren.

Erste Tests zeigten, dass die Teile aus dem Metal Jet-Verfahren einige Vorteile gegenüber den typischen Laserschmelzteilen haben, vor allem vermeidet das Sinterverfahren die starken inneren Spannungen, die beim Laserschmelzen entstehen. Auch das Gefüge soll besser sein und damit die Schichtung weniger Einfluss auf die Werkstoffkennwerte hat. Herkömmliche 3D-Druckteile sind, weil sie schichtweise aufgebaut sind, anisotrop, das bedeutet, dass sie je nach Ausrichtung unterschiedliche Eigenschaften haben – bekanntestes Beispiel eines anisotropen Werkstoffs ist Holz. ► [www.hp.com](http://www.hp.com)

# Additive Fertigung mit technischer Keramik

Auf dem Weg von der Massenproduktion zur Massenindividualisierung trägt additive Fertigungstechnologie (AM) in großem Umfang zu diesem Trend bei. Haim Levi, Vice President Manufacturing & Defense Markets bei XJet Ltd., stellt sich die Frage, warum diese bahnbrechende Technologie in der technischen Keramik an Fahrt gewinnt.

Die additive Fertigung mit technischer Keramik ist ein junges Spezialgebiet, das aus den seit mehreren Jahrzehnten bestehenden reiferen Sektoren von Kunststoff- und Metall-AM hervorgegangen ist. Diese frische Disziplin konzentriert sich auf reale Bauteile für Endanwender-Anwendungen, und die Akzeptanz dieser Disziplin im produzierenden Gewerbe steigt ständig. Sie zeigt ein eindrucksvolles Potenzial, wie durch eine jährliche Wachstumsrate von 21,4 % von 2015 bis 2017 belegt wird. Laut Expertenprognosen wird der globale Markt für den 3D-Druck mit technischer Keramik von 174 Mio. US-Dollar im Jahr 2017 auf 544 Mio. US-Dollar im Jahr 2022 ansteigen. Er könnte bis 2027 einen Wert von 3,1 Milliarden US-Dollar haben. Additive Fertigung mit technischer Keramik wird traditionelle Fertigungsmethoden wie z. B. den keramischen Spritzguss (CIM), heißisostatisches Pressen (HIP) und diverse Gussmethoden ergänzen und in einigen Fällen ersetzen, insbesondere bei der Fertigung komplexer Bauteile in kleinen bis mittleren Stückzahlen. Dies bringt enorme Zeit- und Kostenersparnisse, wobei die Leistung des Bauteils erhalten bleibt.

Zusätzlich wird die additive Fertigung mit technischer Keramik ein ganz neues Spektrum an Anwendungen und Einsatzbereichen realisierbar machen, die zuvor nicht möglich waren. Beispiele hierfür sind konturangepasste Kühlkanäle in Formeinsätzen, personalisierte Implantate und andere medizinische Hilfsprodukte sowie die Erstellung komplexer Geometrien, die das Gewicht eines Bauteils reduzieren und gleichzeitig die Festigkeit optimieren.

**Additive Fertigung heute** Technische Keramik, auch als Ingenieur-, Industrie- oder Hochleistungskeramik bekannt, wird heute aufgrund ihrer außerordentlichen Eigenschaften wie hohe Temperaturbeständigkeit, Robustheit, Festigkeit, chemische Beständigkeit und Abriebfestigkeit in den verschiedensten Branchen eingesetzt. Bei einigen Anwendungen übertrifft Keramik in seinen Eigenschaften Metall und ist deshalb in vielen Branchen auf dem Vormarsch.

Bauteile aus technischer Keramik werden unter Einsatz mehrerer traditioneller Methoden, darunter Spritzguss, HIP, Extrusion, Guss und mehr, produziert. Alle erfordern Werkzeuge, die teuer sein können,

insbesondere wenn bei geringen Stückzahlen die Kosten pro Bauteil berechnet werden. Additive Fertigung hat sich als eine wertvolle Alternative für traditionelle Fertigungsmethoden bewiesen, da sie den Rüstprozess eliminiert, was zu großen Zeit- und Kostenersparnissen führen kann. Da es sich um ein additives Verfahren handelt, ergeben sich außerdem enorme Vorteile in Bezug auf die Konstruktionsfreiheit.

Bei einem subtraktiven Fertigungsverfahren kann der Zugang zu inneren Hohlräumen von Bauteilen beschränkt sein, wodurch Werkzeugwege limitiert werden. Bei der additiven Fertigung dagegen sind komplexe Geometrien genauso leicht produzierbar wie einfache Bauteile. Das additive Fertigungsverfahren ermöglicht es außerdem, mehrere Bauteile simultan auf einem Bau tray zu bauen. Dies könnte verschiedene Design-Iterationen, verschiedene Größenooptionen, Bauteile für eine Baugruppe oder ein wiederholtes Kontrollbauteil für Funktionstests umfassen. Alle sind innerhalb von Stunden verfügbar – und alles, was Hersteller benötigen, sind ein additives Fertigungssystem und eine digitale Datei.

**Bauteileigenschaften** Additive Keramikbauteile erzielen physikalische Eigenschaften, die identisch mit traditionell gefertigten Bauteilen sind. Allerdings können geometrische Eigenschaften sich entsprechend der eingesetzten Fertigungstechnologie ändern und müssen eventuell nachbearbeitet werden, was potenziell zu zusätzlicher Zeit und zusätzlichen Kosten für das Verfahren führt. Hierbei liefert die NanoParticle Jetting (NPJ)-Technologie einen bahnbrechenden Vorteil dank ihrer Fähigkeit, endkonturnahe Bauteile zu produzieren. Die durch NPJ-Technologie erreichte Präzision produziert Bauteile mit ausgezeichneter Form- und Maßtoleranz, wodurch in den Grünpha-





▲ Keramikbauteile aus dem 3D-Drucker sind in ihren Eigenschaften mit herkömmlichen Keramikteilen praktisch identisch. (Bilder: Xjet)

◀ Die israelische Firma Xjet hat ein Verfahren entwickelt, in dem sich Keramik sehr genau und dicht 3D-drucken lässt.

▼ Die Keramikpartikel werden in einer flüssigen Dispersion transportiert und durch Tintenstrahl Druckwerke aufgebracht.

sen eine geringere Nachbearbeitung erforderlich ist, was Kosten und Zeitskalen noch weiter reduziert.

Diese neue Technologie liefert hochwertige Keramikbauteile mit glatten Oberflächen, sehr feinen Details, hoher Dichte und ausgezeichneter Maßtoleranz. Erreicht wird dies durch die Dispersion von Keramikpartikeln in Nanogröße, die in einer Flüssigrezeptur suspendiert sind und aus Tintenstrahldüsen gespritzt werden, wodurch sehr dünne Schichten aufgebaut werden. Die

verschiedenen Formen und Größen dieser Nanopartikel ermöglichen eine natürliche Ablagerung und eine hohe Dichte, was zu festen, robusten und harten Keramikbauteilen führt. Die in geschlossenen Patronen enthaltene Dispersion aus Flüssigeramik ermöglicht eine sichere und einfache Handhabung des Materials.

**Es findet eine Transformation statt** Das Potenzial für additive Fertigung mit technischer Keramik ist ganz klar enorm. Die Bereitschaft der Technologie, die Größe des potenziellen Marktes, die unterschiedlichen Anwendungen, die Vorteile für Anwender – sie alle weisen auf einer Transformation in der Industrie hin. Healthcare-, Energie- und Automobilbranche, die bereits mit additiver Fertigung auf Kunststoff- und Metallbasis arbeiten, begeben sich jetzt auf eine spannende Reise in die technische Keramik. Es wird erwartet, dass die Technologie vollständige Akzeptanz als eine gültige, benötigte und sogar bevorzugte Fertigungsmethode erlangen wird. Hinsichtlich ihres Potenzials scheint die additive Fertigung mit Keramik eine glänzende Zukunft zu haben.

► <https://xjet3d.com/>



# Endlos Drucken: der 4MOVE

Die FFF (Fused Filament Fabrication)-Drucktechnologie ist nicht nur wegen ihrem guten Preis-Leistungs-Verhältnis so attraktiv. Auch einfache Handhabung, große Festigkeit der Druckteile und eine immer größere Materialvielfalt machen die Technik für alle Branchen und alle Unternehmensgrößen zum Wachstumsbeschleuniger. Die Voraussetzung für den industriellen Einsatz im Unternehmen liegt im Herzstück – dem Druckkopf.



▲ Die Multirap-Baureihe von Multec bietet FFF-Druck in allen Größen (Bilder Multec).

➤ Sowohl die Anschaffung als auch die Folgekosten sind beim FFF-Verfahren sehr überschaubar. Selbst für hochwertige Industriesysteme mit großen Druckbereichen liegt der Investitionsbetrag deutlich unter dem anderer additiver Verfahren. Weil in den meisten Fällen auch keine Bindung an eine bestimmte Filamentauswahl des Herstellers besteht, profitiert der Anwender langfristig von den Weiterentwicklungen dieses Wachstumsmarktes. Durch den freien Filamentmarkt gibt es einen gesunden

Wettbewerb und damit auch ein Wachstum, das sowohl den Herstellern als auch den Anwendern zugute kommt.

Allerdings gab es bisher einige technische Einschränkungen, die den industriellen Einsatz zumindest eingeschränkt haben. Für die Behebung dieser Einschränkungen hat Multec 2018 einen wesentlichen Technologiefortschritt auf den Markt gebracht – den 4MOVE. Dieser neue patentierte Druckkopf löst durch einige Verbesserungen mehrere bisherige Probleme auf einen Schlag:

Beim bisherigen Stand der Technik pausiert der Druck, wenn die Filamentspule aufgebraucht ist. Der Anwender muss dann eine neue Spule einlegen, damit der Druck fortgesetzt werden kann. Im Idealfall ist nur die Wechselzeit verloren, ansonsten kommt es oft genug vor, dass die Druckfortsetzung zu Fehlern führt und der Druck ganz abgebrochen werden muss.

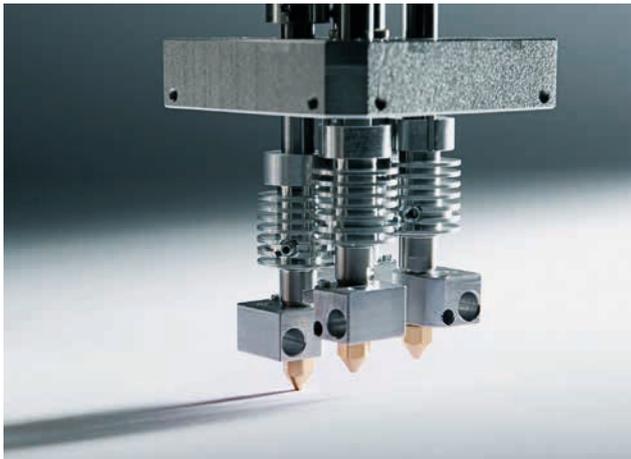
Der 4MOVE erlaubt das einfache Anwählen von bis zu drei Backup-Düsen, die den Druckvorgang unterbrechungsfrei und automatisiert mit der nächsten verfügbaren Filamentspule fortsetzen. Schöner Nebeneffekt: Filamentspulen mit Restmengen können bewusst aufgebraucht werden.

Ein großer Vorteil von FFF ist die immer größere Materialvielfalt von weichen bis harten Thermoplasten mit unterschiedlichsten Materialeigenschaften. Damit können echte Funktionsbauteile produziert werden, ohne dass beispielsweise durch UV-Licht eine Versprödung der Druckteile die Lebensdauer drastisch verkürzt.

Mit dem 4MOVE lassen sich unterschiedliche Materialien kombinieren. Das erweitert nicht nur die Anwendungsmöglichkeiten, sondern vereinfacht auch die Nacharbeit deutlich. Durch sauber mitgedruckte lösliche Stützmaterialien reduziert sich der Personalaufwand für das Entfernen dieses „Supports“ deutlich.

Normalerweise muss der 3D-Druckerbediener sich vor dem Druck entscheiden: Nutzt er eine Düse mit größerem Durchmesser, die einen schnelleren Druck, aber auch eine schlechtere Oberflächenqualität ermöglicht? Oder entscheidet er sich für eine feinere Düse, längere Druckzeiten und sauberere Oberflächen? Diese Auswahl wird mit dem 4MOVE überflüssig, denn in ihm lassen sich größere und feinere Düsen kombinieren. Gerade bei großem Volumen kann mit größeren Düsen im Innenbereich viel Druckzeit gespart werden. Auf gute Oberflächen muss durch die Kombinationsmög-

lichkeit mit feinen Düsen dennoch nicht verzichtet werden. Bei Einsatz von mehr als einer Düse müssen für den Materialwechsel Abstreifwände (Ooze Shield) oder Abfallstützen/Prime Pillar) mitgedruckt werden. Diese eigentlich überflüssigen Strukturen sorgen dafür, dass nach einem Düsenwechsel nachströmendes Material der vorigen Düse nicht auf das Modell tropft. Es wird quasi gezielt in einem Bereich getropft oder die Düse abgestreift, wo dies keine Nachteile hat. Der 4MOVE verzichtet durch seinen patentierten Tropfschutz auf diesen Verlust von Zeit und Mate-



▲ Der Vierfach-Druckkopf 4MOVE zeigt den neuesten Stand der FFF-Technik.

▼ Mit dem Vierfach-Druckkopf lassen sich bis zu vier Materialien in einem Bauteil verarbeiten.



rial und erlaubt einen übergangslosen Materialwechsel während des Druckvorgangs. Durch das integrierte Thermomanagement sind alle Düsen nur solange beheizt, wie sie im Einsatz sind. So gibt es keine Zersetzungsprozesse im Düsenkanal, und die Düsen sind immer gut gefüllt, so dass auch die Druckqualität bei den Wechselvorgängen gleichbleibend hoch ist. In Verbindung mit einer soliden Maschinenbaubasis kann dieser Druckkopf die heutigen Möglichkeiten von FFF deutlich erweitern und beschleunigen. Dazu bieten die Multirap-Systeme von Multec einen hohen Automatisierungsgrad und eine Prozesssicherheit, die für einen industriellen Einsatz Grundvoraussetzung sind. Weil das Oozing-Problem gelöst wurde, kann die FFF-Technik zeigen, wie viel Potential in ihr steckt. Und dass man nie genug Düsen zur Verfügung haben kann. ► [www.multec.de](http://www.multec.de)

## Firmenprofil



# TROVUSTECH

Firma: Trovus Tech GmbH  
 Buchenstraße 18  
 93426 Roding  
 Telefon: +49/9461/9559020  
 E-Mail: [info@trovus.de](mailto:info@trovus.de)  
 Internet: [www.trovus.de](http://www.trovus.de)

Produkt-/ Dienstleistungsprogramm: Die Trovus Tech ist Ihr Partner rund um das Thema Additive Fertigung. Wir können die gesamte Prozesskette abbilden, von der ersten Zeichnung bis hin zur Qualitätsprüfung gefertigter Teile.

Unsere Dienstleistungen im Bereich der Additiven Fertigung sind:

- Beratung
- Konstruktion und Design für Additive Manufacturing
- Projektmanagement
- Additive Fertigung von Metall- und Kunststoffbauteilen inkl. mechanischer Nachbearbeitung
- Qualitätsprüfung

Zudem bieten wir auf Ihre individuellen Bedürfnisse zugeschnittene, praxisnahe Workshops und Schulungen zum Thema Additive Fertigung. Gerne unterstützen wir Sie auch bei Fragen zur Implementierung Additiver Fertigung in Ihrem Unternehmen.

Kernkompetenz: Zu unseren Kernkompetenzen gehört die persönliche und fundierte Beratung. Mit einer eigenen Produktion und mehrjähriger Erfahrung ist die Trovus Tech GmbH Experte in der Herstellung von additiven Bauteilen, sowohl in Metall als auch in Kunststoff. Dieses Know-How ermöglicht es uns, Sie kompetent beraten zu können.

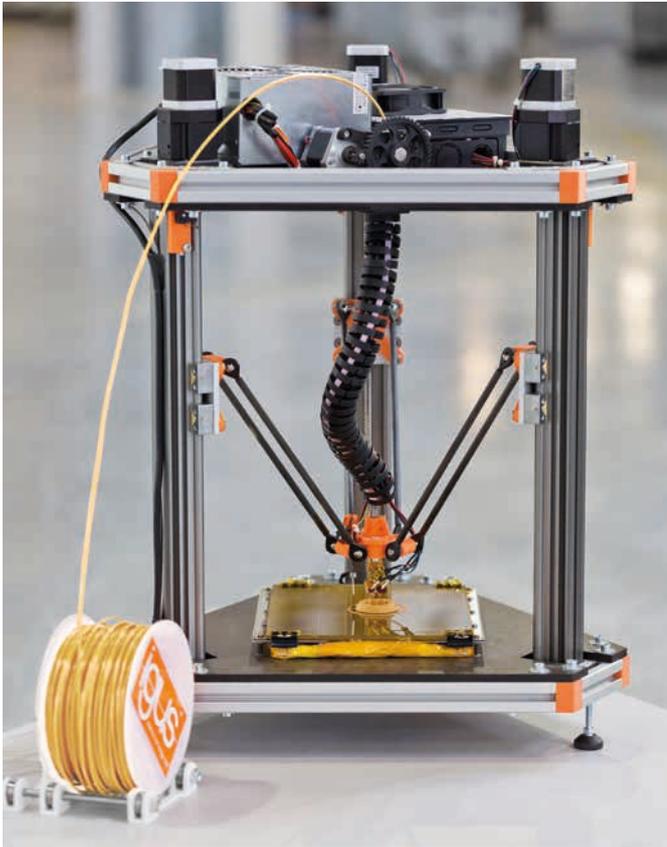
Als Zulieferer für Kleinserien und Prototypen, verfügen wir über Referenzen im Motorsportbereich und der Automobilbranche (s. Spiegelhalterung). Wir sind zudem in den Branchen Sondermaschinenbau, metallverarbeitende Industrie sowie Luft- und Raumfahrt tätig.

Ihr Ansprechpartner: Dominik Ruhland  
 Telefon: +499461/9559024  
 E-Mail: [d.ruhland@trovus.de](mailto:d.ruhland@trovus.de)



# Verschleiß nachhaltig reduzieren

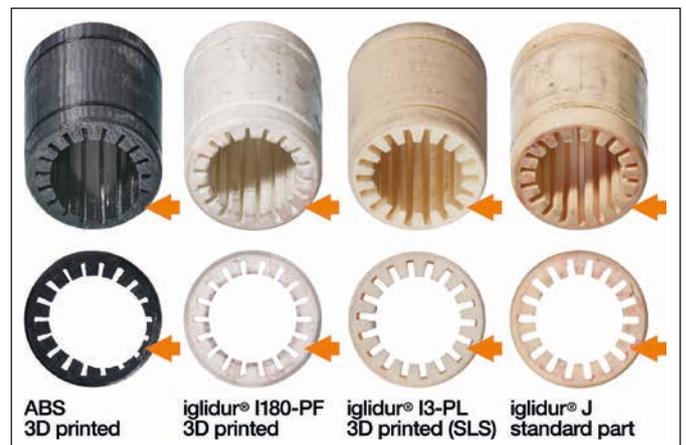
Neben der Digitalisierung der gesamten Wirtschaft gilt der 3D-Druck aktuell als eines der großen Innovationsthemen. Die Vision von Losgröße 1 wird damit zur Realität und ermöglicht beispielsweise die personalisierte Serienfertigung von Möbeln, Schuhen oder Uhren. Aber auch der Maschinenbau profitiert von der additiven Fertigung.



◀ Kunststofflager-Spezialist igus bietet Filamente aus Lagerwerkstoffen für das FFF-Verfahren an. (Bilder: igus)

▶ Auch für SLS-Drucker liefert igus zwei Materialien mit hoher Verschleißfestigkeit an.

▼ Gegenüber gedrucktem ABS spielen die Tribo-Filamente ihre Vorteile aus. Der Unterschied zum spritzgepressten Teil ist vernachlässigbar.



➤ Laut einer Studie der Unternehmensberatung Ernst & Young sind deutsche Unternehmen weltweit führend beim Einsatz von 3D-Druckern und setzen mittlerweile fast eine Milliarde Euro mit diversen Bauteilen um. Und die Umsätze im Bereich 3D-Druck explodieren derzeit regelrecht: Von 3,1 Mrd. Dollar im Jahr 2013 bis auf 21 Mrd. Dollar im Jahr 2020, so die Hochrechnung. Das entspricht einem Wachstum von 700 % innerhalb von nur sieben Jahren. Auf eine vergleichbare Weise entwickelt sich die Zahl der ausgelieferten 3D-Drucker: Diese lagen 2015 bei 245 000 Stück – für das Jahr 2019 erwarten Marktforscher dann bereits den Verkauf von 5,6 Millionen Geräten weltweit.

**Dynamisches Duo: Material und Drucker** Dabei gehören zu der additiven Fertigung immer zweierlei Dinge: präzise 3D-Drucker sowie leistungsstarke Werkstoffe. Letztere müssen den speziellen Anforderungen der Schmelz- und Schwindungsprozesse im 3D-Druck genügen und dürfen dabei nicht ihre charakteristischen Materialeigenschaften verlieren. Der motion plastics Spezialist igus bietet seit 2014 verschleißfeste Tribo-Filamente für den 3D-Druck, wobei das Sortiment ständig erweitert wird. Damit lassen sich Lager, Zahnräder, Linearschlitten und viele weitere Verschleißteile in individuellen Abmessungen als Einzelteile, Prototypen oder Klein-

serien kostengünstig und schnell produzieren. Neuster Vertreter ist das am einfachsten zu verarbeitende iglidur I150-PF für das FDM-Verfahren. Die leichte Verarbeitbarkeit macht das Filament äußerst kostengünstig. Zudem zeichnet sich der Werkstoff durch eine hohe Verschleißfestigkeit aus, die eine lange Lebensdauer des gedruckten Bauteils garantiert. Hohe Abriebfestigkeit bei niedrigen Gleitgeschwindigkeiten und guten mechanischen Kennwerten sorgt weiter für Wirtschaftlichkeit. Der Werkstoff ist wahlweise mit einem Durchmesser von 1,75 oder 3 mm erhältlich und kann so mit handelsüblichen 3D-Druckern für das FDM (Fused-Deposition-Modeling)-Verfahren verarbeitet werden. Gerade Branchen und Anwendungen in hygienisch sensiblen Bereichen, beispielsweise in der Pharma- und Lebensmittelindustrie, profitieren von iglidur I150-PF. Darüber hinaus bietet igus sechs weitere Filamente an, mit denen Anwender sich ihre Bauteile drucken können. So kann, je nach Wunsch, der Schwerpunkt beispielsweise auf einer hohen Chemikalienbeständigkeit liegen (igidur C210-PF), einer besonders hohen Verschleißfestigkeit (igidur I180-PF) oder einer hohen Anwendungstemperaturen gepaart mit höchster Lebensdauer (igidur J260-PF). Alle Tribo-Filamente von igus weisen deutlich geringere Reibwerte als ABS- und PLA-Materialien auf. Durch ihre Abriebfestigkeit sind sie insbesondere für dynamische Anwendungen geeignet.

**Sonderlösungen für höchste Anforderungen** Herausragend: Für das 3D-Druckmaterial iglidur I150 PF liegt seit kurzem eine Konformitätserklärung entsprechend der EU-Verordnung 10/2011 für Lebensmittelkontakt vor. Durch diese Zertifizierung können Kunden das vielseitig einsetzbare Tribo-Filament auch zum Drucken von Sonderteilen für bewegte Anwendungen nutzen, die im direkten Kontakt mit Nahrungsmitteln oder auch Kosmetik stehen.

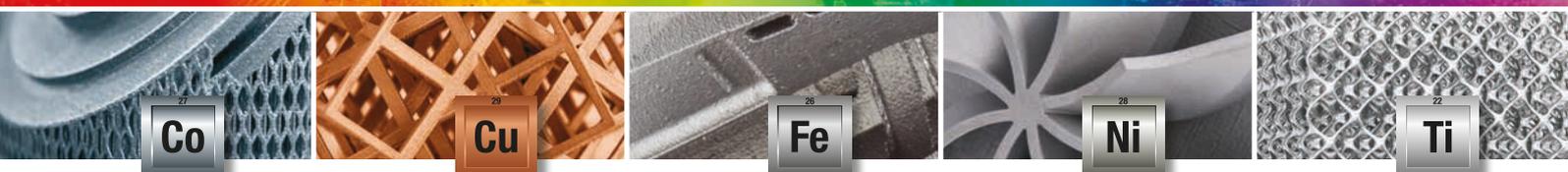
Gerade bei Sonderlösungen ist igus stets ein verlässlicher Partner: So hat das Unternehmen beispielsweise speziell für Zahnräder, die hohen Anforderungen in bewegten Anwendungen standhalten, das Lasersintermaterial iglidur I6-PL entwickelt. Durch den Einsatz dieses Werkstoffs kann die Lebensdauer von gedruckten Zahnrädern weiter erhöht werden. Der neue Werkstoff erweitert das bereits bestehende Angebot aus sechs Tribo-Filamenten für das FDM-Verfahren und iglidur I3-PL für das SLS (selektives Lasersintern). Um Lebensdaueraussagen zu untermauern, können die Experten von igus auf das hauseigene 2750 m<sup>2</sup> große Testlabor zurückgreifen.

Für iglidur I6-PL zeigte sich, dass der neue Werkstoff für Zahnräder eine besonders hohe Verschleißfestigkeit und dadurch eine besonders lange Lebensdauer besitzt. Im Vergleich mit den bisher gängigen Materialien für den SLS-Druck wurde ein Schneckenrad mit 5 Nm Drehmoment und 12 U/min getestet. Dabei blieb das Zahnrad aus dem Standard-Lasersintermaterial PA12 bereits nach 521 Zyklen stehen, da der Reibwert zu hoch geworden war. Das Zahnrad aus dem neuen Lasersintermaterial iglidur I6-PL zeigte nach einer Million Zyklen lediglich einen geringen Verschleiß auf und war noch voll funk-

tionsfähig. Gefräste Zahnräder aus POM wiesen bereits nach 621 000 Zyklen einen totalen Verschleiß auf, während gefräste Zahnräder aus PBT schon nach 155 000 Zyklen brachen.

**Druckservice erweitert Werkstoffangebot** Da viele Unternehmen nicht über eigene 3D-Drucker verfügen, können Kunden sich bei igus im 3D-Druckservice ihre individuellen Verschleißbauteile als FDM- oder SLS-Bauteil direkt ausdrucken lassen. Dazu bietet igus einen 3D-Druckservice. Die Tribo-Filamente können somit als reiner Werkstoff bezogen werden oder wahlweise bereits als fertig gedrucktes Bauteil, das sofort einbaufertig ist. Die entsprechenden Daten gelangen online im STEP (STP-)-Format per Drag&Drop ins Browserfenster. Im nächsten Schritt werden die benötigten Mengen festgelegt und das geeignete Material ausgewählt. Ergebnis: je nach Wunsch wird ein formales Angebot erstellt, oder der direkte Bestellvorgang kann ausgelöst werden. Im SLS-Druckverfahren kann igus auch komplexe Sonderteile sehr schnell fertigen und außerdem Bauteile mit einer Höhe von bis zu 300 mm herstellen. Bereits heute entstehen Kleinserien von bis zu 500 Stück aus iglidur I3-PL und iglidur I6-PL in kürzester Zeit. Selbstverständlich fließen die technischen Möglichkeiten des 3D-Drucks auch in die eigenen Produkte des Kölner Spezialisten für Hochleistungskunststoffe ein: So bietet der Lineartisch SLT-I3 höchste Variabilität in der Gestaltung der individuellen Linearachse. Dies ermöglichen 3D-gedruckte Schlitten und Traversen. Dadurch lassen sich schmiermittel- und wartungsfreie Lineartische günstig und besonders schnell nach Kundenwunsch realisieren. ► [www.igus.de](http://www.igus.de)

## Make the future with proven powders created by Praxair



**TruForm™**  
Metal Powders



**TruForm™** metal powders support every part you make with capacity, quality and experience.

- Used by leading OEMs across AM industry
- Custom alloys and particle sizing available
- Aerospace-grade

**It's Tru:**

In 2018, Praxair created over 200 new custom alloys for customer applications.

**Learn more:** [praxairsurfacetechologies.com/am](http://praxairsurfacetechologies.com/am)  
**Contact us:** Praxair Surface Technologies GmbH  
Am Mühlbach 13, 87487 Wiggensbach  
Germany  
Tel: +49 (0) 837 0 9207 0  
Fax: +49 (0) 837 0 9207 20  
Email: [AME\\_Europe@praxair.com](mailto:AME_Europe@praxair.com)

**PRAXAIR**  
SURFACE TECHNOLOGIES

© Copyright 2019 Praxair S.T. Technology, Inc. All rights reserved.



Im Siemens Mobility RRX Rail Service Center werden Siemens-Schienenfahrzeuge der unterschiedlichsten Kunden gewartet. (Bilder: Stratasys)

# Züge rollen mit 3D-Druckteilen



▲ Zum Bewegen der Drehgestelle werden je nach Kunde unterschiedliche Deichseln benötigt, die Siemens Mobility jetzt im 3D-Druck fertigt.



▲ Die 3D-gedruckten Teile halten die Belastung beim Ziehen und Bremsen der schweren Drehgestelle problemlos aus.

Die Siemens Mobility GmbH hat ihr erstes digitales Zentrum zur Instandhaltung von Eisenbahnen eröffnet – das Siemens Mobility RRX Rail Service Center. Das neue Instandhaltungsdepot in Dortmund-Eving bietet eine Digitalisierung der Instandhaltung auf höchstem Niveau, unter anderem mithilfe der FDM-3D-Druck-Technologie von Stratasys.

➤ Als Vorzeige-Depot von Siemens Mobility werden monatlich etwa hundert Züge im RRX Rail Service Center gewartet. Dieses hohe Aufkommen setzt die Lieferkette unter Druck und erfordert verlässliche Fertigungslösungen, die eine breite Palette von Kundenanforderungen auf schnelle und kostengünstige Weise erfüllen. Deshalb hat das Unternehmen in einen Stratasys Fortus 450mc 3D-Drucker investiert, um Ersatzteile und Werkzeuge bedarfsgerecht herstellen zu können.

„Wir glauben, dass unser RRX Rail Service Center das fortschrittlichste Depot der Welt ist“, sagt Michael Kuczmik, Head of Additive Manufacturing, Siemens Mobility GmbH, Customer Service. „Durch die Kombination von verschiedenen innova-



Für unterschiedliche Drehgestelle wurden verschiedene auswechselbare Verbinder gedruckt.

tiven digitalen Technologien können wir die Effizienz der Eisenbahnbetriebe unserer Kunden erheblich steigern. Die additive Fertigung mit FDM von Stratasys spielt dabei eine zentrale Rolle. Dies ermöglicht uns, Ersatzteile mit längerer Lebensdauer zu reduzierten Kosten und innerhalb kürzester Zeit zu optimieren.“

**Erhöhte Kundenorientierung durch maßgeschneiderte Lösungen** Laut Michael Kuczmik hat die Möglichkeit, maßgefertigte Ersatzteile je nach Bedarf herzustellen, die Flexibilität gesteigert, mit welcher Kundenanforderungen erfüllt werden. Siemens Mobility konnte die Bevorratung bestimmter Ersatzteile reduzieren, die Fertigungszeiten der Bauteile wurden um bis zu 95 % verringert.

„Jeder Zug muss mehrmals im Jahr gewartet werden. Wie Sie sich vorstellen können, möchten alle unsere Kunden, dass dieser Prozess schnellstmöglich durchgeführt wird. Gleichzeitig erwarten sie von unserer Arbeit höchste Genauigkeit, Sicherheit und Qualität. Zudem müssen wir jederzeit mit ungeplanten oder kurzfristig anfallenden Arbeiten rechnen. In Anbetracht der verschiedenen Zugmodelle und Unternehmen, die wir bedienen, erfordert dies eine Menge maßgefertigter Lösungen. Dafür ist die Fortus 450mc genau richtig. Diese bietet uns die Möglichkeit, individuelle, maßgefertigte Produktionsbauteile schnell und kostengünstig herzustellen“, erläutert Kuczmik.

Früher war Siemens von herkömmlichen Methoden wie dem Spritzguss abhängig, um Kundenanforderungen zu erfüllen. Die etwa sechswöchige Herstellungszeit eines kundenspezifischen Spritzgussbauteils führte zu langen Vorlaufzeiten, was bei Einzelteilen wirtschaftlich nicht vertretbar war. Um kostengünstiger zu werden, stellte das Team oft größere Stückzahlen der Bauteile her, von denen viele Bauteile dann doch nicht genutzt wurden.

„Mit der Fortus 450mc können wir Ersatzteile innerhalb weniger Stunden per 3D-Druck herstellen. Bauteile, die sonst sechs Wochen Lieferzeit hatten, können jetzt in 13 Stunden hergestellt werden. Innerhalb von nur einer Woche können wir den Entwurf prüfen und optimieren sowie ein endgültiges, maßgefertigtes und hochwertiges Bauteil herstellen. Dadurch konnten wir die Fertigungszeit für jedes Bauteil um bis zu 95 % reduzieren, wodurch unsere Reaktionszeit gegenüber unseren Kunden erheblich verkürzt wurde“, sagt Tina Eufinger, Business Development Additive Manufacturing, Siemens Mobility Division.

**Agile Fertigung** Neben dem 3D-Druck von Ersatzteilen verwendet das Team die Technologie von Stratasys auch zur Herstellung von Werkzeugen. Ein Beispiel dafür ist der Drehgestellverbinder, der zur Wartung von Drehgestellen – das sind die Rahmen, in denen die Radsätze sitzen – eingesetzt wird. Die Anfertigung von Werkzeugen für diese Anwendung ist mit herkömmlichen

Methoden relativ aufwendig, da diese Bauteile äußerst komplexe Formen aufweisen können und genau angepasst sein müssen. Zudem wiegen die Drehgestelle mehrere Tonnen. Um sie zu bewegen, ist ein robustes und langlebiges Material erforderlich, das den erheblichen Kräften beim Fahren oder Bremsen standhält.

Siemens verwendet die Fortus 450mc, um innerhalb weniger Stunden individuelle Werkzeuge für jedes Drehgestell herzustellen. Um die benötigte Stabilität zu gewährleisten, verwendet das Team das thermoplastische Material Ultem 9085.

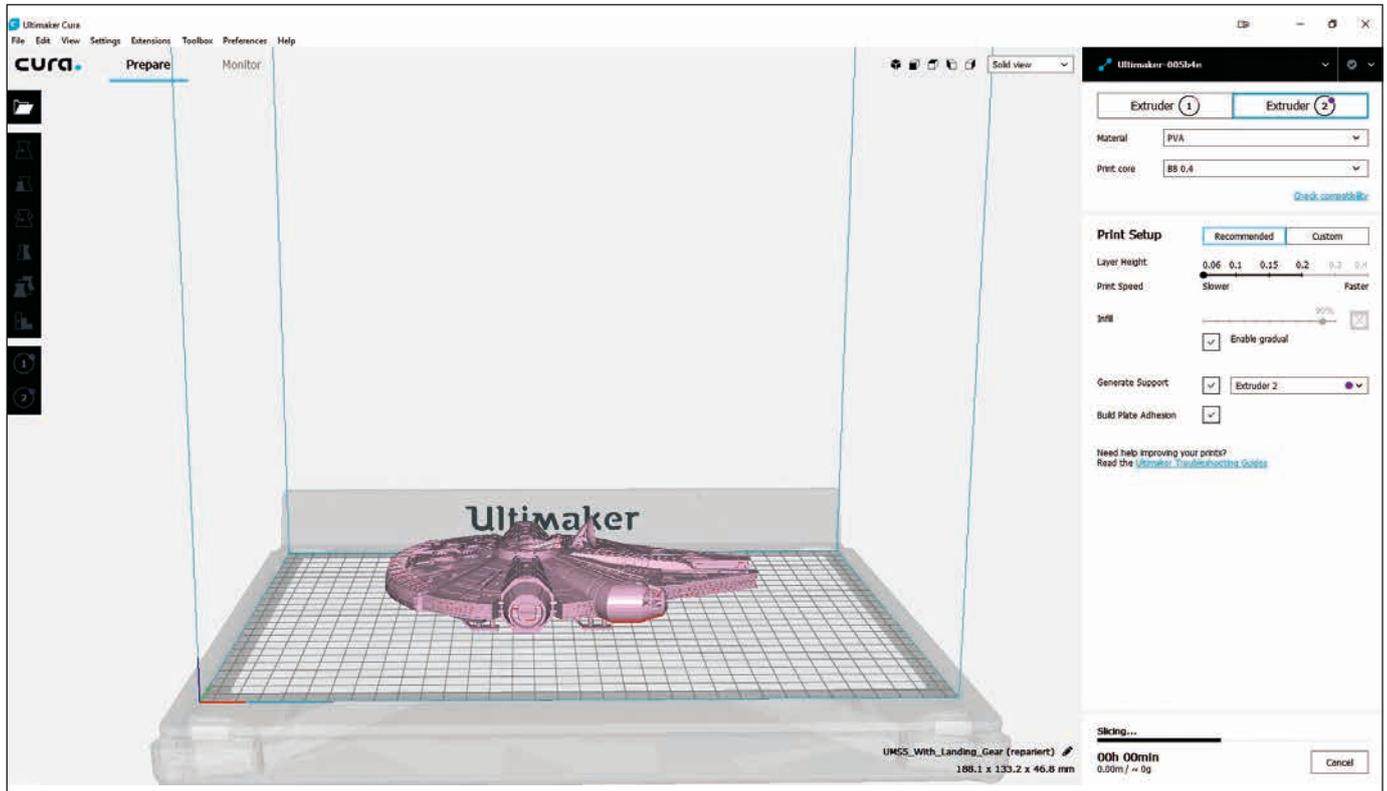
„Die Verbinder gelten als grundlegende Werkzeuge für eine effektive und sichere Instandhaltung von Drehgestellen. Deshalb war es besonders wichtig, Materialien der additiven Fertigung zu finden, die robust genug sind, um solchen Belastungen standzuhalten“, erklärt Kuczmik. „Das Material Ultem 9085 ist so widerstandsfähig, dass wir die Vorteile des 3D-Drucks nutzen und unsere herkömmlichen Fertigungsmethoden in dieser Werkzeuganwendung ersetzen können.“

„Die Möglichkeit, maßgefertigte Werkzeuge und Ersatzteile ohne Mindestanzahl jederzeit und nach Bedarf mittels 3D-Druck herzustellen, hat unsere Lieferkette verändert. Wir haben unsere Abhängigkeit von externen Lieferanten sowie die Kosten pro Bauteil reduziert. Nun sind wir in der Lage, Wartungsarbeiten für Kleinserien kostengünstig und effizient zu übernehmen“, sagt er abschließend.

► [www.stratasys.com](http://www.stratasys.com)

# Ultimaker S5: Viel Platz für Ideen

Ultimaker hat sich einen Ruf als Lieferant sehr zuverlässiger und qualitativ hochwertiger Filament-3D-Drucker erarbeitet. Mit dem Ultimaker S5 hat das Unternehmen ein neues Modell herausgebracht, das ein großes Bauvolumen mit Profi-Qualität verbindet. Im Test soll der Ultimaker S5 zeigen, wie er sich im Alltag schlägt. **RALF STECK, FRIEDRICHSHAFEN**



▲ Die Slicer-Software Cura bietet einen Modus mit wenigen Einstellungen für schnelle Druckvorbereitung (Bilder: Ultimaker).

➤ Das FDM-Verfahren, bei dem ein fadenförmiges Material (Filament) in einer Düse geschmolzen und aufgetragen wird, hat sich als Standardverfahren im Hobbybereich, aber auch bei den Einsteiger-Profimaschinen fest etabliert. Die Spanne reicht von Bastler-Bausätzen unter 200 Euro aus chinesischen Internetshops bis zu Produktionsdruckern wie den Fortus-Maschinen von Stratasys. FDM hat eine ganze Reihe von Vorteilen, unter anderem die breite Palette von einsetzbaren Materialien und das einfache Funktionsprinzip, das es ebenso einfach macht, extrem preiswerte Maschinen zu bauen wie extrem zuverlässige.

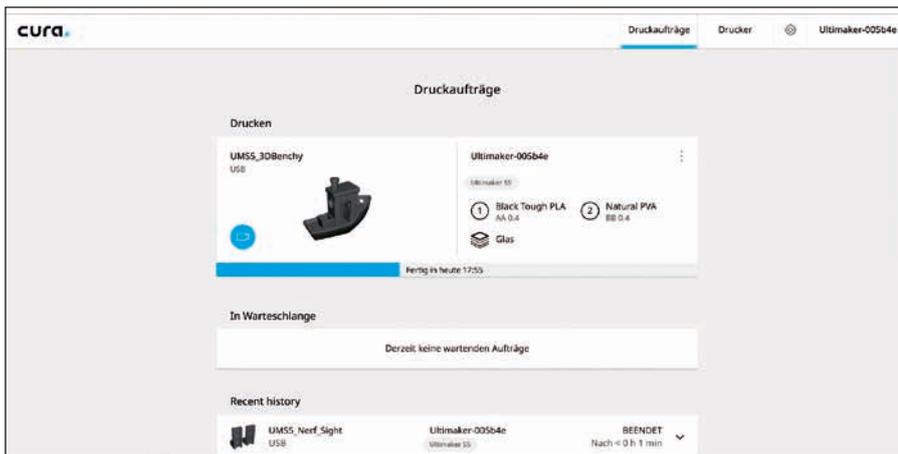
Der Markt für preiswertere Maschinen im Bereich um 1 000 bis 2 000 Euro ist unter dem Ansturm chinesischer Anbieter, die auf Basis von Standardkomponenten

extrem preiswerte, aber auch extrem lausig konstruierte und gebaute Geräte auf den Markt brachten, nahezu völlig zusammengebrochen. Einige wenige Anbieter aus diesem Bereich konnten durch konsequente Professionalisierung überleben und bieten nun Geräte an, die sich für das Erstellen von Prototypen, Funktions- und Handmustern und vieles andere eignen. Die Kehrseite ist, dass sich diese Geräte aus dem Hobbybereich bis etwa 1 000 Euro komplett verabschiedet haben – aber Qualität ist nun einmal nicht kostenlos zu haben.

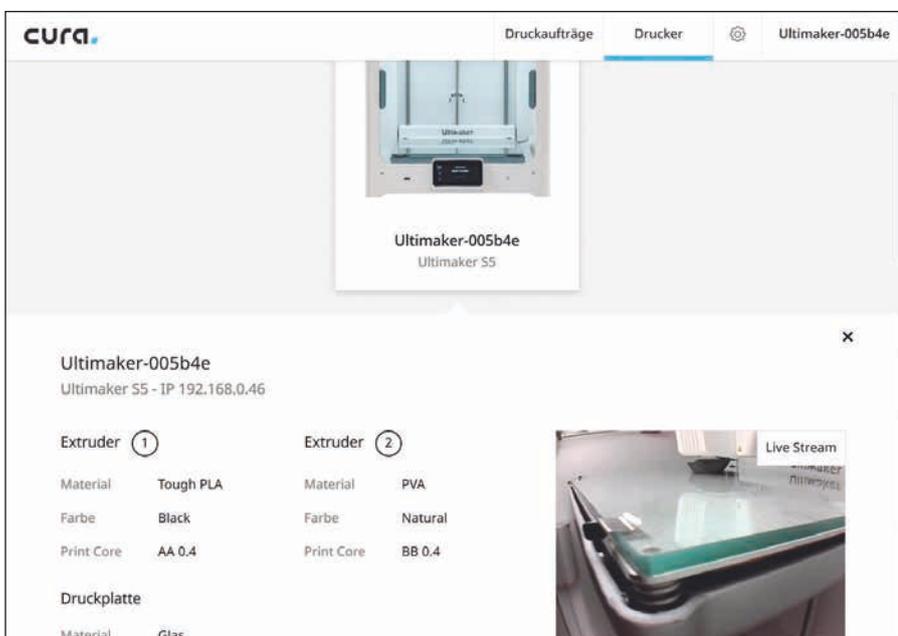
Einer davon ist der niederländische Hersteller Ultimaker, der seit 2011 seine Geräte anbietet, zunächst vor allem an Privatanwender, Schulen, Büchereien und Fablabs. Spätestens seit der dritten Generation Ultimaker 3 hat sich der Fokus auf professionelle

Anwender verschoben. Ultimaker eignen sich sehr gut für Industriedesigner, kleinere Firmen oder Abteilungen größerer Firmen, die mit einem annehmbaren finanziellen Aufwand in den 3D-Druck einsteigen möchten, aber weder Zeit noch Ressourcen für die bei preiswerteren Geräten notwendige Bastelei haben. Entsprechend sind die Geräte qualitativ hochwertig gebaut.

Mit dem Ultimaker S5 stellte Ultimaker im Frühjahr 2018 ein neues Modell vor, das eine konsequente Weiterentwicklung des Vormodells darstellt. Das Bauvolumen wurde in der XY-Ebene kräftig erweitert, so dass nun Teile bis 33 x 24 x 30 cm generiert werden können. Auch ansonsten ist die Ausstattung mehr als vollständig: Der Ultimaker S5 hat eine eingebaute Kamera, einen beleuchteten Bauraum, einen Touch-



▲ Der Ultimaker S5 gibt per Web und App Auskunft über seinen Status.



▲ Die Webcam ermöglicht es, aus der Ferne nach dem Druck zu sehen.

screen sowie USB-, WLAN- und Ethernet-Anschluss.

Auch unter Eigenbauern schon lange sehr beliebt ist die zugehörige Slicersoftware Cura, die in den letzten Versionen stark weiterentwickelt wurde. Auch hier wird inzwischen viel Wert auf einfache Bedienung ohne Spezialistenwissen gelegt. Die vielen möglichen Einstellungen zu Temperaturen, Geschwindigkeiten und Materialien lassen sich durch eine vereinfachte Darstellung der wichtigsten Parameter ersetzen, was das Vorbereiten eines Druckjobs sehr einfach macht.

Schon beim Auspacken und Aufbau zeigt sich die Sorgfalt des Herstellers: Der Drucker kommt in einem riesigen Karton, der auf allen Seiten gute zehn Zentimeter Sicherheitsabstand zum eigentlichen Verpackungskarton einhält. Der innere Ver-

packungskarton hat ein schlaues Detail: Er lässt sich nach oben vom Drucker abheben, so dass das Auspacken des immerhin fast 21 Kilo schweren Geräts einfacher fällt. In einer „Accessory Box“ sind die noch zu montierenden Teile beigelegt, darunter die Glasplatte, die das Druckbett bildet, zudem aber auch die verschiedenen Druckköpfe, Werkzeug und Schmiermittel.

Ein Quick Start Guide hilft bei der Montage des doppelten Spulenhalters hinten am Drucker. Hier zeigt sich schon eine der Funktionen, die das Leben mit dem Ultimaker einfacher machen: In den Spulen der Originalmaterialien ist ein RFID-Chip installiert, über den der Drucker das installierte Material erkennt. Nach der Installation der Glasplatte und dem Einbau der zwei Bowdenrohre wird der Drucker erstmals einge-

schaltet. Auf dem Touch-Farbdisplay wird der Anwender durch das Setup geführt. Dabei sorgt der Drucker dafür, dass der richtige Druckkopf – Printcore genannt – installiert ist. Der AA-Core verarbeitet praktisch alle Materialien, während der BB-Core speziell auf das mitgelieferte PVA-Material angepasst ist.

Der Ultimaker S5 hat zwei Druckköpfe, mit denen sich zwei Farben in einem Modell drucken lassen, wichtiger allerdings ist die Möglichkeit, neben dem normalen Druckmaterial das wasserlösliche PVA als Stützmaterial zu verwenden. So können Stützkonstruktionen, wie sie an überhängenden Bereiche des Modells notwendig sind, relativ einfach weggeschwemmt werden. Drucker mit einem Kopf erzeugen die Stützstrukturen aus demselben Material wie das Modell, so dass die Stützen nach dem Druck mechanisch entfernt werden müssen. Das sorgt für raue und unsaubere Oberflächen.

Die Druckköpfe lassen sich nach dem Lösen des Materialzuführrohrchens sehr einfach ausbauen. Dazu drückt man lediglich – nach dem Abklappen der Luftführung am Druckkopf – zwei Handgriffe zusammen und zieht den Printcore heraus. Im Lieferumfang des S5 sind zwei AA-Köpfe und ein BB-Kopf enthalten. Erstere sind für eine breite Palette von Materialien, letztere für PVA optimiert, so dass man mit den beiliegenden zwei AA-Köpfen und einem BB-Kopf sowohl mit zwei Farben als auch mit PLA/PVA drucken kann.

Das Gerät erkennt, wenn beispielsweise zwei AA-Printcores installiert sind und PVA geladen werden soll, dann zeigt er eine entsprechende Warnmeldung an. Ist der Drucker per Netzwerk mit dem Rechner verbunden, auf dem Cura läuft, werden die geladenen Druckmaterialien automatisch in der Software eingestellt. Dankenswerterweise nutzt Ultimaker die RFID-Funktionalität nicht dazu, den Drucker auf die eigenen Materialien zu „verdongeln“, sondern es lassen sich Filamente aus beliebigen Quellen nutzen – dann müssen jedoch die Verarbeitungsdaten wie Geschwindigkeiten und Temperaturen selbst in Cura hinterlegt werden.

Die Druckvorbereitung ist extrem einfach, Cura bietet sogar Plugins für verschiedene CAD-Systeme, so dass Modelle direkt aus dem CAD-System in den Slicer übertragen werden können. Es sind Plugins für Inventor, Blender, SolidWorks und NX sowie

für die Freeware-Systeme OpenScad und FreeCAD verfügbar. Ich habe das SolidWorks-Plugin getestet. Das Makro für SolidWorks ließ sich mit Hilfe des angebotenen Tutorials sehr einfach installieren, lediglich der Speicherort des SolidWorks-Makros, das im CAD-System installiert werden muss, stimmte nicht mit den Angaben des Tutorials überein. Eine Suche unter „Benutzer“ nach „\*.swp“ brachte die passende Datei schnell zutage.

Nach dem Installieren des Makros in SolidWorks wird das 3D-Modell sofort in Cura

noch das Abspeichern der Druckdatei bzw. der Start des Drucks, wenn man direkt aus Cura heraus drucken möchte. Der Drucker lässt sich auch mit einer ganzen Reihe von Drucken in einer Warteschlange versorgen, die er nacheinander abarbeitet. Das erfordert allerdings nach jedem Druck das manuelle Entfernen des fertigen Druckobjekts.

Ich empfehle, die Daten auf einen USB-Stick zu laden und diesen direkt am Drucker einzustecken, dann benötigt der Drucker keinen zusätzlichen PC, der während des Drucks angeschaltet sein muss. Denn das

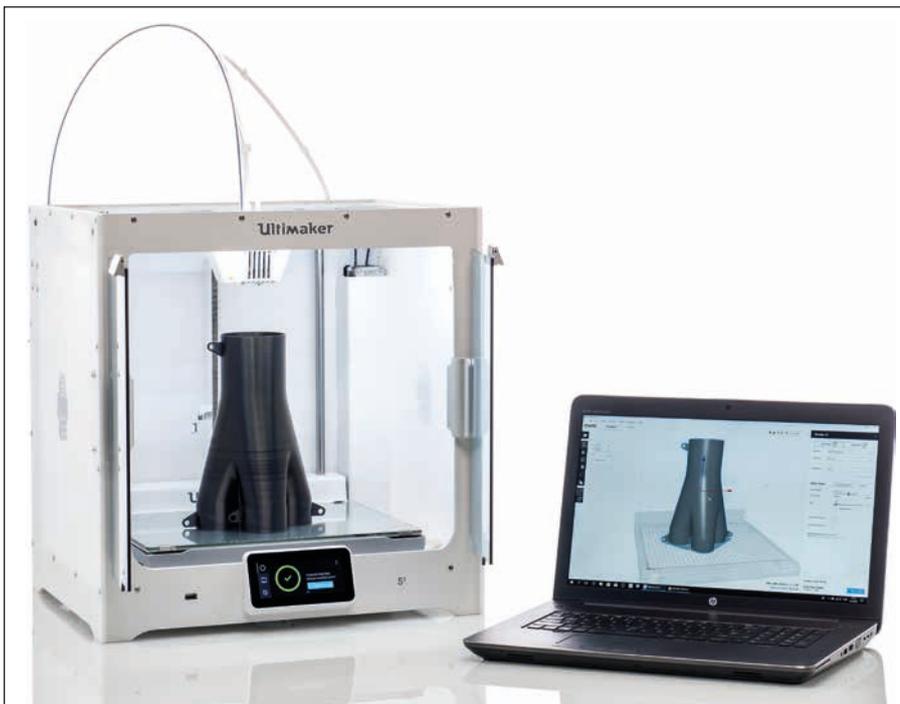
ckende bzw. die verbleibende Zeit angezeigt; die in der rechten vorderen Ecke des Druckers eingebaute Kamera ermöglicht einen Blick auf den laufenden Druckprozess. So lassen sich die üblichen Druckkatastrophen – beispielsweise, wenn sich das Objekt von der Bauplattform gelöst hat – sofort erkennen und der Druck stoppen. Ausgehendes Material ist übrigens kein Problem. Der Drucker erkennt, wenn das Modell zur Neige geht, und pausiert den Druck, so dass man eine neue Spule einfädeln kann.

Die Qualität der Drucke ist über alle Kritik erhaben. Bei einer Schichthöhe von 0,06 mm lassen sich die einzelnen Schichten kaum mehr erkennen, aber auch bei 0,15 mm werden alle Details des Modells sauber abgebildet. Das Tough PLA von Ultimaker zeigt einen schönen, seidigen Glanz und ist äußerst stabil. Das Stützmaterial aus PVA sollte man zunächst soweit möglich mechanisch entfernen, also abbrechen oder abschneiden. Dann steckt man das Druckobjekt in warmes Wasser, wo sich das PVA teils auflöst, teils in eine klebrige, seifige Masse verwandelt, die man vom Modell abkratzen muss. Ultimaker selbst empfiehlt warmes, bewegtes Wasser – vielleicht wäre ein Magnetrührer mit Heizung, wie man ihn aus dem Chemieunterricht kennt, ideal für diesen Zweck.

Die Haftung der Modelle auf der Glasplatte – oft ein Problem bei FDM-Druckern, das einige Einstellarbeiten voraussetzt – ist fast schon zu gut, auch im abgekühlten Zustand waren manche Drucke kaum von der Platte zu entfernen. Schlimmer allerdings wäre mangelnde Haftung, insofern ist eine gute Haftung eher positiv als negativ zu sehen.

Der Ultimaker S5 ist ein hervorragender Drucker, der für Profianwender nach dem Prinzip „Fire & Forget“ funktioniert – man muss sich um nichts kümmern, der Drucker liefert ohne weitere Einstellarbeiten hervorragende Ergebnisse. Zusätzlich bietet das Gerät allerdings auch die Freiheit, beliebige Materialien zu nutzen und mit den Einstellungen zu spielen. So ist das Gerät auch für neue Materialien gerüstet. Die Verarbeitung und der Aufbau sind qualitativ hochwertig, was bei dem doch relativ hohen Preis auch zu erwarten ist. Und für Anwender mit größeren Bauteilen bietet der S5 nun das extra bisschen Bauraum an, das sie brauchen.

► [www.ultimaker.com](http://www.ultimaker.com)



▲ Der Ultimaker S5 glänzt mit großem Bauraum, Dualdruck und guter Qualität.

übertragen, dabei wird die Ausrichtung des Modells angepasst – in SolidWorks zeigt die Y-Achse nach oben, im 3D-Druckbereich ist die Z-Achse die Senkrechte. Dann stellt der Anwender die Schichtauflösung zwischen 0,06 und 0,4 mm ein – was wiederum je nach installierter Düse weiter eingeschränkt wird, mit der mitgelieferten 0,4-mm-Düse kann maximal 0,2 mm pro Schicht gedruckt werden. Darüber hinaus muss nur noch der Füllgrad der inneren Struktur definiert werden sowie ob mit Stützmaterial und/oder einem Rand zur Erhöhung der Haftung auf der Druckplatte gearbeitet werden soll.

Ultimaker Cura berechnet ständig die Schichten mit und zeigt am unteren Ende des Fensters nach wenigen Sekunden die Druckdauer und den Materialverbrauch der aktuellen Einstellungen an. Dann bleibt nur

kann dauern – Ultimaker hat sehr niedrige Geschwindigkeitsvorgaben hinterlegt, die einerseits für eine gute Qualität sorgen, andererseits die Druckdauer sehr lang werden lassen. Man kann die Druckgeschwindigkeiten im Expertenmenü manuell anpassen, aber eben auf eigene Gefahr – das PVA reagiert beispielsweise sehr stark negativ auf höhere Druckgeschwindigkeiten, die Schichten werden dann schnell so unsauber, dass die Stützwirkung nicht mehr gegeben ist. Alle Testobjekte wurden mit den vorgegebenen Geschwindigkeiten erstellt.

Während des Drucks kann man sich über das Webinterface des Druckers, in der Cura-Software über den Reiter „Monitor“ oder auch über die Ultimaker-App für Smartphones auf dem Laufenden halten. Es wird nicht nur das wahrscheinliche Dru-