



Fraunhofer  
GENERATIV

NEWS  
1.17

FUSED FILAMENT FABRICATION

DDMC 2018, 14.-15. MÄRZ, BERLIN

TOPOLOGIEOPTIMIERUNG RENNWAGEN

AM-SCHULUNGSREIHE

## Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2018

From March 14-15, 2018 the 4th Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference will take place at the Park Inn by Radisson Berlin Alexanderplatz.

The conference will cover the entire range of topics in additive manufacturing. These are:

- **product development**, incl. modeling, simulation, co-design and mass customization,
- **technologies** incl. bio-printing, hybrid processes, pre- and post-processing, novel developments, process chains for industrial production and software,
- **materials** incl. ceramics, bio-materials and multi-material approaches as well as
- **quality** incl. regulation & certification, process & part quality management.

Purpose of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference is an intellectual exchange between researchers, enterprises and users of Additive Manufacturing technologies in order to gather the latest information about trends, progress, importance and the future potential of these technologies for industrial applications.

[www.ddmc-fraunhofer.de](http://www.ddmc-fraunhofer.de)  
[info@generativ.fraunhofer.de](mailto:info@generativ.fraunhofer.de)



### Keynote Speakers DDMC 2018 will be among others

#### **Prof. Chua Chee Kai**

Singapore Centre for 3D Printing,  
Singapore

#### **Andreas Graichen**

Siemens Industrial Turbomachinery AB,  
Sweden

#### **Prof. Dietmar W. Hutmacher**

Queensland University of Technology,  
Australia

formnext

powered by:



Die formnext vom 14.-17. November 2017 in Frankfurt am Main powered by tct ist die Leitmesse für Additive Manufacturing und die nächste Generation intelligenter industrieller Fertigungs- und Herstellungsverfahren. Sie fokussiert vom Design über die Herstellung bis zur Serie die effiziente Realisierung von Produktideen.

Die Messe zeigt die einzigartige Kombination von Additive Manufacturing und konventionellen Fertigungstechnologien. Damit präsentiert sie die nächste Generation intelligenter industrieller Produktion. Besucher erfahren, wie Produktideen vom Design über die Herstellung bis zur Serie effizient realisiert werden können.

**Besuchen Sie uns auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand!**

**HALLE 3.0, STAND 50**  
**FRANKFURT AM MAIN**  
**14.-17. NOVEMBER**

## Elektronenstrahlschmelzen – Preis für bestes Funktionsteil

Im Rahmen des Arcam User Group Meetings, einem Treffen der weltweiten Experten im Bereich Elektronenstrahlschmelzen (EBM), wurde **Dr. Burghardt Klöden** vom Fraunhofer IFAM in Dresden mit dem Preis für das Best Functional Part ausgezeichnet.

Vom 20. bis 22. September 2016 kamen in Falkenberg (Schweden) Nutzer der Arcam-Anlagentechnik sowie weitere Gäste aus dem Bereich der Additiven Fertigung zusammen. Alle Teilnehmer waren eingeladen, eigene Bauteile mitzubringen und sich um einen der ausgeschriebenen Preise in den drei Kategorien Best Innovative Part, Best Functional Part sowie Best Creative Part zu bewerben. Alle Bauteile wurden während der Veranstaltung ausgestellt und konnten nicht nur angeschaut, sondern auch angefasst werden. Schließlich waren alle Teilnehmer aufgerufen, an der Abstimmung der Preisträger teilzunehmen.

Das Team des Fraunhofer IFAM Dresden erhielt den Preis in der Rubrik Best Functional Part für das Main Gear Bracket, ein Helikopterbauteil, das innerhalb des Projekts GenFly optimiert und mittels EBM gefertigt wurde. Mit dem Preis wird nicht nur die Leistung für ein einzelnes Bauteil gewürdigt, sondern auch das Renommee der Preisträger innerhalb der weltweiten Gemeinschaft der EBM-Fachleute und darüber hinaus gestärkt.



ARCAM AWARD (© Fraunhofer IFAM Dresden)



Main Gear Bracket (© Fraunhofer IFAM Dresden)

## Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bietet als innovativer FuE-Partner Lösungen in der Oberflächentechnik, die gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung erarbeitet werden. Das »Produkt« ist die Oberfläche, die durch Modifizierung, Strukturierung und/oder Beschichtung für Anwendungen in den Geschäftsfeldern Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik, Energie und Elektronik, Optik, Life Science und Umwelt sowie Luft- und Raumfahrt optimiert wird.

Dem IST stehen unterschiedlichsten Verfahren zur Topographiegestaltung sowie zur Schichtabscheidung und Oberflächenmodifizierung (Plasmadünnschichttechnik (CVD/PVD), Plasmadiffusion, atmosphärische Plasmen sowie elektrochemische Prozesse

und mechanische Verfahren) zur Verfügung. Diese Verfahrensvielfalt bietet diverse Ansätze zur gezielten Optimierung unterschiedlichster Kundenapplikationen. Das IST wird dadurch zu einem einzigartigen und leistungsstarken Partner.

Einer der Entwicklungsschwerpunkte des Instituts ist die Oberflächenbehandlung von Bauteilen im Bereich Additive Manufacturing. Die Optimierung der Oberfläche erfolgt unter Berücksichtigung des Bauteilwerkstoffs, der gewünschten Oberflächeneigenschaften sowie der konkreten Einsatzbedingungen. Der Schwerpunkt liegt dabei bei der Behandlung von komplexen, filigranen Geometrien. Variiert werden vor allem Oberflächenrauheit (durch Einebnung oder gezieltes Aufrauen), Schichtaufbau und

Schichtzusammensetzung und damit die Schichteigenschaften. Gleichzeitig erfolgt neben der reinen Oberflächenoptimierung eine Abstimmung und Optimierung der gesamten Fertigungskette: in Pre-Processing, Bau-Process (für die Kunststoffe) und in Post-

Processing incl. Auslegung von spannungsreduzierenden Behandlungen. Eine ebenfalls direkt applizierte Dünnschichtsensorik ermöglicht die Messung lokaler Dehnungen am Bauteil und damit eine intelligente Bauteilauslegung.



Institutsgebäude des Fraunhofer IST (© Fraunhofer IST)



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IST (© Fraunhofer IST)

**Fraunhofer-Institut für  
Schicht- und Oberflächentechnik IST**

Dr. Tatiana Hentrich

☎: +49 531 2155-518

✉: [tatiana.hentrich@ist.fraunhofer.de](mailto:tatiana.hentrich@ist.fraunhofer.de)

## Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Das Fraunhofer IGCV mit Hauptsitz in Augsburg und derzeit ca. 100 Mitarbeitern zielt darauf ab, die Forschung und Entwicklung in den Bereichen Leichtbaugusstechnologien, Faserverbundwerkstoffe und intelligente automatisierte Fertigung und Verarbeitung zu bündeln. Der Bereich der additiven Fertigung ist eines der wichtigsten Querschnittsthemen des IGCV.

Die Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV wurde am 1. Juli 2016 gegründet. In ihr gehen die Projektgruppe Ressourceneffiziente Mechatronische Verarbeitungsmaschinen RMV des Fraunhofer IWU (Prof. G. Reinhart) sowie der Institutsteil Funktionsintegrierter Leichtbau FIL des Fraunhofer ICT (Prof. K. Drechsler) auf. Gleichzeitig wurden die Gießereikompetenzen des Lehrstuhls utg (Prof. W. Volk) der Technischen Universität München mit integriert.

In Kooperation mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München wird in Augsburg seit über 25 Jahren Forschung im Bereich der Schichtbauverfahren betrieben. Anfangs standen dabei noch Stereolithographie-Verfahren für den Prototypeneinsatz im Vordergrund, die inzwischen vorrangig von den metallverarbeitenden Verfahren für die Serienproduktion verdrängt

wurden. Der dominierende Teil der Additivaktivitäten ist derzeit im Wissenschaftsbereich Verarbeitungstechnik angesiedelt. Hier befasst sich die Gruppe „Additive Fertigung“ vornehmlich mit pulverbettbasierten Verfahren zur Herstellung von metallischen Hochleistungsbauteilen, wie dem Laserstrahlschmelzen (LBM). Übergeordnete Forschungsziele sind

- die Generierung dreidimensionaler Multi-materialbauteile (Bauteile, die aus mindestens zwei Metalllegierungen bzw. einer Metalllegierung und einer technischen Keramik bestehen). Die Weiterentwicklung der Anlagentechnik wird in diesem Zusammenhang ebenso adressiert wie die Erarbeitung passender Prüfmethode und Vorgehensweisen für die Pulverwiederverwendung.
- die Befähigung additiver Fertigungsprozesse zur Verarbeitung von Sonderwerkstoffen wie z. B. Wolfram, Hartmetallen, Kupferlegierungen, Nickelbasiswerkstoffen etc. Das Fraunhofer IGCV betreibt dazu das PowderLAB – ein Labor zur anwendungsorientierten Untersuchung von Pulverwerkstoffen hinsichtlich des Einflusses von Verunreinigungen und des Alterungsverhaltens.
- die optimierte Bauteilauslegung z. B. durch den Einsatz bionischer Prinzipien und
- die Begleitung von Unternehmen bei der Implementierung additiver Fertigungsverfahren durch Potenzialstudien, Implementierungsstrategien und Produktionsplanung. Dazu befasst sich das Fraunhofer IGCV



Gründungsfeier des Fraunhofer IGCV (© Fraunhofer IGCV)

ebenfalls mit Aspekten der Sicherheit beim Betrieb additiver Fertigungsanlagen (vgl. VDI-Fachausschuss 105.6).

In den weiteren Wissenschaftsbereichen des Fraunhofer IGCV wird an folgenden Themen der additiven Fertigung geforscht:

- Einsatz binderbasierter additiver Fertigungsverfahren zur Herstellung von Kernen für Gießverfahren.
- Einsatz extrusionsbasierter additiver Fertigungsverfahren zur Herstellung von faserverstärkten Polymerteilen.

Um die benannten Forschungs- und Industrietransfergebiete zu betreiben, verfügt das Fraunhofer IGCV über das größte wissenschaftliche Additive Manufacturing Labor ([www.amlab.de](http://www.amlab.de)) in Süddeutschland, welches am Standort Augsburg in Zusammenarbeit

mit dem iwb der Technischen Universität München betrieben wird. Auf einer Vielzahl von Fertigungsmaschinen unterschiedlicher Hersteller können sowohl metallische, als auch nicht-metallische Bauteile hergestellt werden. Zusammen mit dem daran angeschlossenen Analyselabor ermöglicht dies die anwendungsorientierte Forschung, die Fraunhofer auszeichnet.

### Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Dr. Christian Seidel

☎: +49 821 90678-127

✉: [christian.seidel@igcv.fraunhofer.de](mailto:christian.seidel@igcv.fraunhofer.de)

### Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology IGCV

The Fraunhofer IGCV is headquartered in Augsburg with around 100 employees at present. Its mission is to pool research and development in the fields of lightweight casting technologies, fiber composite materials, and intelligent automated production and processing. The area of additive manufacturing represents one of IGCV's most important interdisciplinary topics.

In cooperation with the Institute for Machine Tools and Industrial Management (iwb) of Technical University of Munich, research in the area of additive manufacturing in Augsburg has been performed for more than 25 years now. At the beginning, the focus was on stereolithography processes for prototype applications, which have by now been replaced primarily by metal-working processes for series production. Today, "Additive Manufacturing" activities are primarily focused on powder bed-based processes for manufacturing metal high-performance parts, such as laser beam melting (LBM). The greater research objective in this context is:

- generation of three-dimensional multi-material parts (parts consisting of at least two metal alloys or a metal alloy and technical ceramics). Therefore, process equipment, suitable test methods and procedures for powder reuse were developed

- qualification of additive manufacturing processes for processing special materials (e.g. tungsten, carbide metals, copper alloys, nickel-based materials, etc.). In this context, the Fraunhofer IGCV operates the PowderLAB – a laboratory for the application-oriented examination of power materials regarding the influence of contaminations and aging behavior.
- optimization of parts with regards to lightweight and functionality, e.g. by applying bionic principles
- support of companies with implementing additive manufacturing processes by means of potential studies, implementation strategies, and production planning. In this context, the Fraunhofer IGCV also considers aspects of safety for the operation of additive manufacturing facilities (see VDI expert committee 105.6).

Additional research areas on additive manufacturing at Fraunhofer IGCV comprise:

- Use of binder-based additive manufacturing processes for producing cores for casting processes.
- Use of extrusion-based additive manufacturing processes for producing fiber-reinforced polymer parts.



Foundation ceremony of Fraunhofer IGCV (© Fraunhofer IGCV)

For its research in Additive Manufacturing, Fraunhofer IGCV has the largest scientific additive manufacturing laboratory ([www.amlab.de](http://www.amlab.de)) in Southern Germany available. The AMLab is operated at Fraunhofer IGCV's Augsburg site in cooperation with the iwb (Institute for Machine Tools and Industrial Management) of Technical University of Munich. A variety of production machines from different brands for producing both metal and non-metal parts is available. In combination with its additional analysis capacities, Fraunhofer IGCV has excellent prerequisites for high-class application-oriented research.

#### Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology IGCV

Dr. Christian Seidel

☎: +49 821 90678-127

✉: [christian.seidel@igcv.fraunhofer.de](mailto:christian.seidel@igcv.fraunhofer.de)

**Neue mehrteilige Schulungsreihe zur Additiven Fertigung**

Das Fraunhofer IGCV engagiert sich auch in der Qualifizierung und Weiterbildung von Ingenieuren für die Anwendung der additiven Fertigung in der Industrie. Als federführender Partner der Fraunhofer-Akademie für Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich Additive Fertigung erarbeitet das Fraunhofer IGCV gemeinsam mit dem Fraunhofer IFAM in Dresden eine neue Schulungsreihe zum Thema „Additive Fertigung“, die ab Mitte 2017 verfügbar sein wird. Das modular aufgebaute Konzept ermöglicht die zielgerichtete und praxisorientierte Weiterbildung von Neueinsteigern und erfahrenen Anwendern additiver Fertigungsverfahren. Durch die Fraunhofer Academy wird die Qualität und Aktualität der Schulungen sowie das eingesetzte didaktische Konzept in regelmäßigen Abständen geprüft und kontinuierlich verbessert. Mit der Aufnahme ins Programm der Fraunhofer Academy ist damit eine qualitätsgeprüfte und praxisorientierte Schulungsreihe zur Additiven Fertigung unter Nutzung modernster Lernmethoden verfügbar.

**Wissensbedarf im Bereich „Additive Fertigung“**

Das dynamische Wachstum im Bereich der additiven Fertigungstechnik, die zunehmend auch für die Produktion von Serienteilen eingesetzt wird, erfordert in vielen Unternehmen einen rapiden Ausbau der Wissensbasis

in diesem Bereich. Insbesondere der Einstieg in die additive Fertigung ist für viele Unternehmen mit komplexen Fragestellungen verbunden. Diese resultieren insbesondere daraus, dass bei der Implementierung additiver Fertigungsverfahren, der Herstellungsprozess nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern die gesamte Prozesskette für die additive Herstellung von Bauteilen beachtet werden muss.

Auf Basis der Erfahrung zahlreicher und branchenübergreifender Beratungsprojekte zur Implementierung additiver Fertigungsverfahren wurde der entsprechende Schulungsteil maßgeschneidert für Interessierte entwickelt. Da viele Unternehmen die additive Herstellung von Bauteilen als zentrale Technologie der Zukunft sehen, möchten sie das Wissen um diese Prozesse bei ihren Mitarbeitern verankern, um die Potenziale der additiven Fertigung langfristig nutzen zu können. Dementsprechend muss im jeweiligen Unternehmen in kurzer Zeit eine breite Wissensbasis zur additiven Fertigung und den angrenzenden Prozessen aufgebaut werden. Da sich die Anwendungsmöglichkeiten und der Markt für additive Verfahren schnell wandelt, ist auch nach einem erfolgreichen Einstieg in die Technologie eine laufende Weiterbildung der Mitarbeiter notwendig.

**Aufbau des Schulungskonzeptes**

Die mehrteilig aufgebaute Schulungsreihe, die großen Wert auf die praktische Anwendung des vermittelten Wissens legt, versetzt die Teilnehmer in die Lage, sich fundiert mit komplexen Fragestellungen im Themenfeld der „Additiven Fertigung“ auseinanderzusetzen. Parallel zu den in Vorträgen und Gruppengesprächen vermittelten Informationen setzen die Teilnehmer sich in mehreren praktischen Übungen mit dem vermittelten Wissen auseinander. Das Schulungssystem besteht aus mehreren jeweils 2-tägigen Modulen. Zunächst wird es ein Basis-Modul geben, das die Grundlagen der additiven Fertigung vermittelt. Für die technologiespezifischen Schulungen werden zwei Fortgeschrittenen-Module entwickelt. Das Modul „Elektronenstrahlschmelzen“ wird vom Fraunhofer IFAM erstellt. Das Fraunhofer IGCV verantwortet das Modul „Laserstrahlschmelzen“. Beide Institute können dabei auf langjährige Erfahrungen in der Anwendung, Entwicklung und Vermittlung der

jeweiligen Technologie zurückgreifen. Durch den modularen Aufbau können sich auch Teilnehmer, die bereits über Grundwissen verfügen, in einer Schulung zu ausgewählten Technologien weiterbilden. Darüber hinaus steht das Schulungsprogramm zukünftig weiteren Fraunhofer-Instituten offen, die ergänzende Module in das Programm einbringen möchten.

Die Integration der Schulungsreihe in das Programm der Fraunhofer Academy erfordert ein ausgereiftes didaktisches Konzept der Schulungen. Zudem werden die Schulungsunterlagen einheitlich gestaltet und in regelmäßigen Abständen aktualisiert und geprüft. Mit diesen Maßnahmen wird eine hohe Qualität aller Module garantiert. Zukünftig kann auf Basis der bestehenden Module ein Fraunhofer-Academy-Zertifikatskurs oder ein Fraunhofer-Master-Programm entwickelt werden. Ein wesentliches Merkmal des didaktischen Konzepts ist es dabei, ein etwa 50-50-Verhältnis aus Theorie und Praxis anzubieten, was im Besonderen aufgrund der exzellenten und modernen Ausstattung der involvierten Fraunhofer-Institute vorteilhaft für die Teilnehmenden ist.

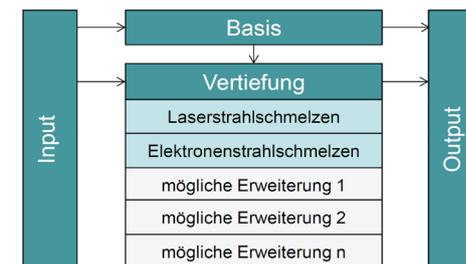


Abb. 1: Gliederung des Schulungsprogramms in Basis- und Vertiefungsmodulen (© Fraunhofer IGCV)

**Fraunhofer Academy München**

Armin Ritter

☎: +49 89 1205-1519

✉: armin.ritter@zv.fraunhofer.de

## Additive Fertigung und intelligentes Leichtbaudesign als Schlüsseltechnologien für Ressourceneffizienz

Die Forschungsgruppe Additive Design & Manufacturing des Fraunhofer EMI bearbeitet wissenschaftliche und technische Fragestellungen zur systematischen Anwendungsforschung Additiver Fertigungstechnologien. Dabei werden anwendungsspezifische Themenfelder wie Intelligente Leichtbaukonzepte, Multidisziplinäre Design-Optimierung, Hybrider Leichtbau und Fertigungsgerechtes Design mit dem Arbeitsfeld Additive Manufacturing verknüpft. Im 3D-Druck-Laborzentrum werden prozessseitige Fragestellungen bei der Additiven Fertigung von Metall- oder Polymerbauteilen untersucht. Durch die Additive In-house-Fertigung und vielseitige Charakterisierungsmöglichkeiten auf Werkstoff- bis Komponentenebene (bspw. Computertomographie, Servohydraulische Prüfung, 3D-Scanning, Röntgen-Crash) können additiv gefertigte Komponenten ganzheitlich untersucht und optimiert werden. Auf diese Weise werden Lösungskonzepte in einer anwendungsspezifisch ganzheitlichen Betrachtung des Additiven Designs im Zusammenhang mit Additiver Fertigung erarbeitet.

### Intelligentes Leichtbaudesign

Das große Potenzial der Additiven Fertigung für einen ressourceneffizienten Herstellungsprozess liegt darin, wirklich nur an den Stellen Strukturmaterial zu erzeugen, wo es für die Bauteilfunktion notwendig ist. Dies ist

möglich, indem Bauteilstrukturen nicht nur als bionische Strukturen der Natur nachempfunden werden, sondern der optimale Strukturaufbau durch die Methoden der numerischen Simulation wie der Topologie-Optimierung berechnet werden. Es resultiert ein Leichtbaudesign, das die für den Herstellungsprozess notwendigen Ressourcen sehr effizient nutzt. Auf diese Weise wird durch den Leichtbau weniger Ausgangsmaterial, wie beispielsweise Metallpulver, und Maschinenzeit und damit auch der notwendigen Energie für den Herstellungsprozess eingesetzt. Das intelligente Leichtbaudesign erfüllt folglich gleichzeitig unternehmerische Anforderungen, indem Material- und Betriebskosten minimiert werden.

### Symbiose zwischen Additiver Fertigung und intelligentem Leichtbau: Ressourceneffizienz

Um das Potential des Zusammenspiels zwischen Additiver Fertigung und intelligentem Leichtbaudesign weiter zu erforschen, hat das Fraunhofer EMI im Rahmen des vom Land Baden-Württemberg aufgesetzten Programms BWPLUS Untersuchungen zum Thema Leichtbaudesign für den Herstellungsprozess der Additiven Fertigung durchgeführt. Ziel des Projektes war es, anhand einer praxisnahen Komponente (siehe Abb. 1) zu quantifizieren, wie sich Leichtbau und spezi-

ell der Einsatz von Methoden der Strukturoptimierung auf die eingesetzten Ressourcen während des Herstellungsprozesses mittels Selective Laser Melting (SLM) auswirken.

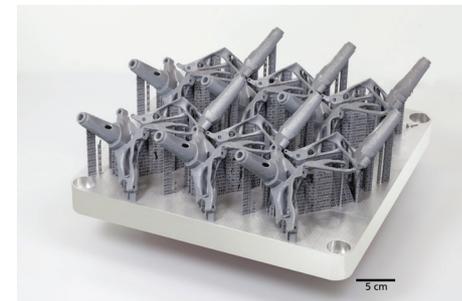


Abb. 1: Kleinserienfertigung eines Radträgers. Material: AlSi10Mg. Gefertigt auf der Anlage EOS M 400 am Fraunhofer EMI (© Fraunhofer EMI)

Hierzu wurden die Kennwerte Fertigungszeit, Materialbedarf, Strombedarf und CO<sub>2</sub>-Emission bei einer Kleinserienproduktion verschiedener Designkonzepte (siehe Abb. 2) auf der am Fraunhofer EMI zur Verfügung stehenden Fertigungsanlage EOS M 400 betrachtet.

### Ressourceneffizienz einer Kleinserienfertigung

Mit Hilfe der gewonnenen Daten über den Ressourcenverbrauch (siehe Abb. 2) konnte der Einfluss verschiedener Designkonzepte quantifiziert und dadurch der Frage nachgegangen werden, inwiefern der Einsatz von Leichtbaumethoden ökonomisch auch dann sinnvoll ist, wenn Leichtbau nicht implizit für den späteren Einsatz des Bauteils gefordert ist. Die gewonnenen Erkenntnisse des Pro-

jektes sind somit als Design-Richtlinien für Anwender industrieller Serienproduktion im Bereich Additiver Fertigung von hohem Interesse, da gerade hier schon kleinere Einsparungen von Ressourcen pro Bauteil hohe Kostenersparnisse bei Serienfertigungen mit sich bringen. Als weitere Erkenntnis konnte ein analytischer Zusammenhang definiert werden, der es ermöglicht, mit Hilfe der Bauteilgeometrie und einfacher Maschinenparameter den individuellen Ressourceneinsatz einer Serienfertigung a priori zu quantifizieren.

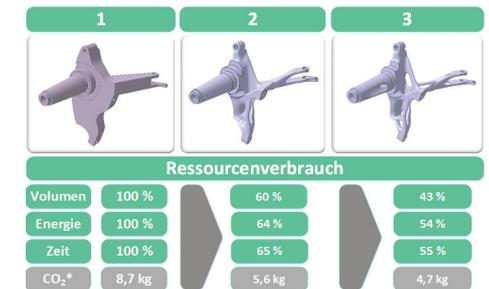


Abb. 2: Ressourcenverbrauch des SLM-Fertigungsprozesses mit der EOS M 400 bei unterschiedlichen Optimierungskonzepten. Mit 1: Konventionelles Design, 2: Bionisches Design, 3: Numerisch Optimiertes Design. Alle Werte sind auf das Konventionelle Design 1 bezogen. Der CO<sub>2</sub>\*-Wert bezieht sich auf die CO<sub>2</sub>-Emission. Material: AlSi10Mg. (© Fraunhofer EMI)

**Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI**  
 Dipl.-Ing. Marius Bierdel  
 ☎: +49 761 2714-440  
 ✉: marius.bierdel@emi.fraunhofer.de

## Additive Manufacturing and Intelligent Lightweight Design as key technologies for Resource Efficiency

The research group Additive Design & Manufacturing at the Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, EMI, is currently working on scientific and technological problems pertaining to the systematic application research of Additive Manufacturing technology. Doing so, application-specific topics such as Intelligent Lightweight Design concepts, Multidisciplinary Design Optimization, Hybrid Lightweight Design, and designs suitable for production are combined with Additive Manufacturing. Questions concerning the Additive Manufacturing process of metal or polymer components are studied in our 3D printing lab center. With the help of our in-house Additive Manufacturing and multi-faceted methods of characterization on the material and component level, such as computed tomography, servo-hydraulic tests, 3D-scanning, and X-ray technology, these components can then be thoroughly evaluated and optimized. In this way, holistic solutions considering the synergy of Additive Design and Additive Manufacturing regarding specific applications are developed.

### Intelligent Lightweight Design

Additive Manufacturing has the great potential to be a resource-efficient production process, by only producing structural material where it is absolutely necessary for the func-

tionality of the building components. This is possible if the building components are not only modelled after the bionic structures found in nature but also after the optimum structure that can be determined through numerical simulations such as Topology Optimization. The result is a Lightweight Design that efficiently uses the necessary resources throughout the manufacturing process. This efficiency results in a decrease in required basic raw materials such as metal powder along with operational time of machines and with that, a decrease in the amount of energy required for the production. Intelligent Lightweight Design thereby at once fulfills economic requirements by minimization of material and service costs.

### Resource Efficiency through symbiosis between Additive Manufacturing and Intelligent Lightweight Design

In order to research the potential in the combination of Additive Manufacturing and Intelligent Lightweight Design, Fraunhofer EMI carried out studies in the framework of the Baden-Württemberg program BWPLUS, pertaining to Lightweight Design for the manufacturing process of Additive Manufacturing. The goal of the project, on the basis of a practical component (see Fig. 1), was to quantify what effect Lightweight Design and the usage of structure optimization methods

had on the resources used during the process of Selective Laser Melting (SLM). Following different design concepts, the production time, material demand, energy demand and CO<sub>2</sub> emissions were analyzed for small series production with the manufacturing system EOS M 400 available at Fraunhofer EMI (see Fig. 2).

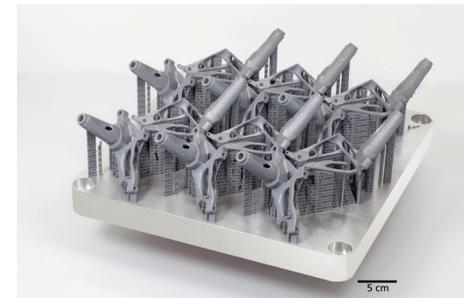


Fig. 1: Small series production of a wheel carrier. Material: AlSi10Mg. Created with the EOS M 400 manufacturing system at Fraunhofer EMI. (© Fraunhofer EMI)

### Resource Efficiency of a small-scale production

With the help of the acquired data in regards to resource usage (see Fig. 2), the influence of different design concepts could be quantified. Thereby, it could be investigated how economically reasonable it would be to apply lightweight methods even if lightweight is not implicitly required for the later application of the components. These results are particularly applicable as guidelines for industrial series production of Additive Manufacturing, as even small

reductions in amounts of resources used per component lead to great cost savings in mass production. Furthermore, an analytical relationship could be determined which, with the help of component geometry and simple machine parameters, a priori quantified the individual resource consumption of series manufacturing.

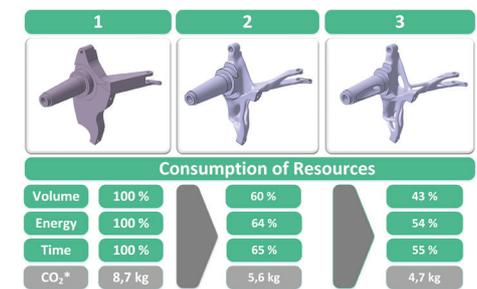


Fig. 2: Amount of resources consumed throughout the SLM process with the EOS M 400, depending on different optimization concepts. 1: conventional design, 2: bionic design, 3: numerically optimized design. All values are standardized against design 1. The CO<sub>2</sub>\* amount refers to CO<sub>2</sub> emissions. Used material: AlSi10Mg. (© Fraunhofer EMI)

**Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, EMI**  
 Dipl.-Ing. Marius Bierdel  
 ☎: +49 761 2714-440  
 ✉: marius.bierdel@emi.fraunhofer.de

## Fused Filament Fabrication (FFF) of ceramic components

The Fraunhofer IKTS Dresden has purchased an FFF equipment Hage3D 140L with the objective of its application for ceramics.

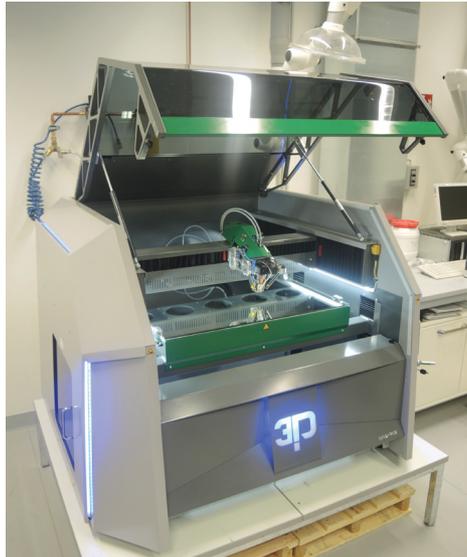


Fig. 1: standard Hage3D 140L FFF printer © Fraunhofer IKTS

Fused Filament Fabrication, also known as Fused Deposition Modelling (FDM), is an additive manufacturing technology which has been used for polymer shaping for many years. By means of this method, a part is built up layer by layer using a thermoplastic filament, which is extruded through a heated nozzle, whereby the so-called printing head is moved by several axes. This degree of freedom allows a production of complex parts even for hollow structures.

Common polymer materials, used in FFF, are for instance: PLA, ABS, PC or nylon. Of course for FFF of ceramics, a new thermoplastic filament material composition has to be developed. For that purpose, we can use our long-time, extensive know-how in the field of thermoplastic feedstock development for ceramic injection molding. For FFF, ceramic powders must be mixed into a thermoplastic compound with a content of about 40-60 % by volume which can be processed to filaments to be used for printing. The main advantage of FFF compared to other AM technologies for ceramics which are also still in state of development, is that there is almost no limitation in the kind of ceramic material, the powder type and the component size. In that way it is possible to print parts made of oxides, nitrides, carbides or even fiber reinforced ceramics for manifold applications. Furthermore, FFF is one AM technology which allows to manufacture multi-material components like ceramic-ceramic or even metal-ceramic. However, the resolution caused by the relatively high nozzle diameter and viscosity of the molten material is comparatively low. Geometrical accuracy, which is needed for mounting dimensions, can be reached by machining in green or sintered state. The main field of application of FFF-made ceramics is targeted to heavy thermally loaded components instead of structural ones.

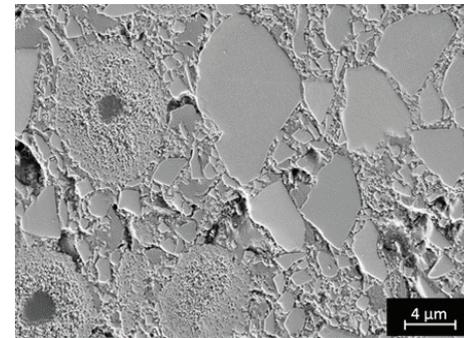


Fig. 2: microstructure of the sintered SiC/SiC CMC, 90° to printing direction © Fraunhofer IKTS

First investigations concerning FFF of ceramics are focused on silicon carbide short fiber reinforced silicon carbide composites (SiC/SiC). A thermoplastic filament has been developed, which can be coiled and smoothly printed with the Hage3D 140L FFF printer. The printed parts are precursor infiltrated, pyrolyzed and sintered. Because of the binder content of ~55 vol.-%, the pyrolysis has to be executed under specially adapted conditions to avoid cracks. After sintering, the resulting microstructure is typical for conventional manufactured Ceramic Matrix Composites (CMC) and promise therefore similar mechanical behavior. Due to the shear gradient in the nozzle of the FFF machine, the fibers are unidirectional which enables tailored properties by applying certain printing strategies. Beside SiC/SiC, thermoplastic compounds for FFF will be developed for other ceramic materials, like alumina, silicon nitride and tungsten carbide.



Fig. 3: greenbody SiC/SiC short fiber,  $\varnothing \sim 2$  cm,  $h \sim 5$  cm, CMC made by FFF (© Fraunhofer IKTS)

The Fraunhofer IKTS is able to attend the whole process chain for custom-built material to print large parts in a building volume of about 700x500x400 mm<sup>3</sup> in the future.

### Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS

Johannes Abel

☎: +49 351 2553-7502

✉: johannes.abel@ikts.fraunhofer.de

Dr. Hans-Jürgen Richter

☎: +49 351 2553-7557

✉: hans-juergen.richter@ikts.fraunhofer.de

## Strukturoptimierter Lenkstockhalter

In Kooperation mit der Technischen Universität Dresden wurde ein Lenkstockhalter für ein Formula-Student-Fahrzeug strukturoptimiert, um es mit dem additiven Fertigungsverfahren Elektronenstrahlschmelzen am Fraunhofer IFAM herzustellen. Der Lenkstockhalter überträgt die Lenkbewegungen über ein an ihm befestigtes Winkelgetriebe auf das Verteilergetriebe für die Räder. Die Beanspruchungen an das Bauteil setzen sich aus den fahrrelevanten Lenkbewegungen sowie Kräften des Fahrers auf das Lenkrad zusammen. Hauptaugenmerk der Arbeit war die größtmögliche Gewichtseinsparung bei maximaler Steifigkeit des Bauteils. Die ursprüngliche Baugruppe in Abb. 1 bestand aus insgesamt 16 Teilen.

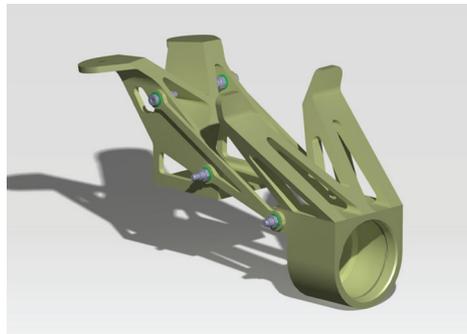


Abb. 1: Bisherige Baugruppe (© Fraunhofer IFAM)

Auf Basis der bestehenden Anschlussgeometrien der Baugruppe wurde ein optimierbares Volumen erzeugt.

Die Größe des zu optimierenden Volumens führte zu einer 2-teiligen Optimierungsstrategie. Im ersten Schritt wurde das Gesamtvolumen auf 10 % reduziert, um dieses im zweiten Schritt präziser optimieren zu können. Für die Rekonstruktion des Optimierungsentwurfs und damit die Erstellung einer fertigen Datei konnte durch das sog. Box-Modeling die Rekonstruktionszeit von min. 40 auf ca. 8 Stunden reduziert werden. Das EBM-Verfahren erwies sich zusätzlich als sehr vorteilhaft für das Bauteildesign. Durch den verfahrenstypisch geringen Verzug bei der Bauteilfertigung und die vergleichsweise filigrane Supportgestalt konnten die entsprechend komplexen und gleichzeitig leichten Strukturen realisiert werden. Zusätzlich ist entsprechendes Wissen in Bezug auf CAM-gestützte Nacharbeit von additiv gefertigten EBM-Bauteilen entstanden. Einzelne Geometrien des Bauteils sind zueinander entsprechend so zu tolerieren, um ein Verspannen des Getriebes und damit ein Abfälschen des Feedbacks aus der Lenkung und die Beschädigung der rotierenden Teile zu vermeiden. Diese Toleranzen lassen sich nur durch spanende Nacharbeit realisieren. Da die filigrane Struktur des Bauteils stark schwingungsanfällig ist, sind konstruktiv zusätzliche "Aufspann-Geometrien" integriert worden, die diesem Verhalten vorbeugen und eine fehlerfreie Nacharbeit und das Einstellen der Toleranzen gewährleisten.

In Abb. 2 sind die entsprechenden Aufspanngeometrien rot und die nachzubearbeitenden Flächen gelb bzw. grün dargestellt.

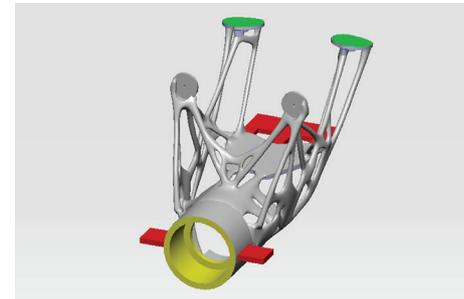


Abb. 2: Fertigbarer Entwurf mit Aufspanngeometrien für die Nacharbeit (rot) und nachzubearbeitenden Flächen (gelb, grün) (© Fraunhofer IFAM)

Neben entsprechendem Aufmaß für nachzubearbeitende Geometrien ist diese Art der Funktionsintegration für die additiv-subtraktive Fertigung elementar für „Design for Additive Manufacturing“. Durch die Topologieoptimierung ist die bisherige Baugruppe zu einem einzigen Bauteil, zu sehen in Abb. 3, vereint und 35 % Gewicht trotz des Materialwechsels von Aluminium auf Ti-6Al-4V eingespart worden. Zusätzlich ist das resultierende Bauteil 5-mal steifer als die bisherige Baugruppe.

Da neben der Topologieoptimierung vor allem die Bereiche der Additiven Fertigung mit der Nacharbeit bis zum Einsatz des Bauteils betrachtet und effizient umgesetzt

wurden, ist dieses Projekt ebenfalls vom Softwarehersteller solidThinking® (<http://www.solidthinking.com/ExploreStories.aspx?item=Stories&category=Explore>) und auf der Motorsport World Expo 2016 veröffentlicht worden.



Abb. 3: Finales Design des Bauteils (© Fraunhofer IFAM)

**Fraunhofer-Institut für  
Fertigungstechnik und Angewandte  
Materialforschung IFAM**

**Institutsteil Dresden**

Dr. Burghardt Klöden

☎: +49 351 2537-384

✉: burghardt.kloeden@ifam-dd.fraunhofer.de

## Kundenindividuelle Fußbekleidung

Bevor neue Materialien in die Anwendung kommen können, müssen diese auf Herz und Nieren geprüft werden. Dies gilt vor allem für Produkte, die am Körper getragen werden oder sogar eine medizinische Funktion erfüllen sollen.

Im BMBF-geförderten Projekt „Lasergestützter Aufbau kundenindividueller Fußbekleidung – LauF“ untersuchen die Wissenschaftler am Fraunhofer IWM verschiedene thermoplastische Polyurethane (TPU) hinsichtlich ihrer Eignung für orthopädische Schuhe. Polyurethane werden schon lange für Schuhe, Matratzen oder in Textilfasern eingesetzt, die untersuchten TPUs machen gummiartige Materialeigenschaften erstmalig für den 3D-Druck zugänglich. Für die Anwendung in individuellen Schuhen wurde auch die Eignung als Außensohlen untersucht und mit bisher eingesetztem Sohlenmaterial verglichen. Nicht nur den Reibwert, also die Rutschneigung, verglichen die Forscher, sondern auch den Verschleiß unter verschiedenen Belastungsarten. Genau wie es Straßen und Wege mit Sand, Schotter oder Kopfstein gibt, so verwenden die Forscher verschiedene Gegenpartner aus Sandpapier, scharfen Kanten oder glatten Kugeln, um mögliche Szenarien zu untersuchen. Und sie stellen fest: die untersuchten TPU-Varianten sind mindestens genauso abriebfest wie bisher eingesetztes Material.

Das ermöglicht neue Produkte aus der generativen Fertigung: für rheumatische Patienten können so Außensohlen individuell gestaltet werden. Glatte und raue Zonen können für jeden Patienten gestaltet und positioniert werden. Und über Rotationselemente können die schmerzenden Hüftgelenke entlastet und die Drehung auf den Fuß verlagert werden. Zusammen mit den Partnern von der Materialentwicklung, über die Fertigung bei der rpm GmbH und Sintermask bis hin zur Erfassung dreidimensionaler Körper durch die Explus GmbH und die Anwendung bei der IETEC Orthopädische Einlagen GmbH können so neue Lösungen erarbeitet werden. Doch in die Anwendung kommen nur Materialien, die vorher gründlich untersucht wurden.



Abb. 1: Prüfmaschine für die Abriebprüfung. Neben den hier gezeigten Kugeln können auch Klingengeometrien eingesetzt werden, um unterschiedliche Belastungsarten nachzustellen. (© Fraunhofer IWM)

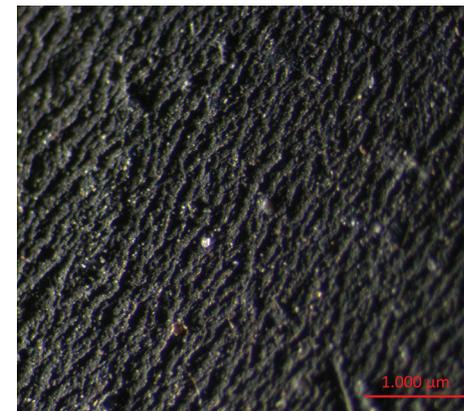


Abb. 2: Riefenstruktur einer Schuhsohle, wie sie durch stetigen Abrieb entsteht. (© Fraunhofer IWM)

**Fraunhofer-Institut für  
Werkstoffmechanik IWM**

Dr. Tobias Ziegler

☎: +49 761 5142-367

✉: tobias.ziegler@iwm.fraunhofer.de

## System zur Multimaterialfertigung beim Laser-Strahlschmelzen

Die generative Fertigung von Bauteilen aus mehreren Werkstoffen ist mit pulverbettbasierten Verfahren derzeit noch nicht wirtschaftlich abbildbar. Somit werden die konstruktiven und funktionalen Freiheiten bei der Bauteilauslegung nicht vollends nutzbar gemacht. Für die Multimaterialfertigung existieren derzeit für das Laser-Strahlschmelzen (engl. Laser Beam Melting, LBM) hauptsächlich Ansätze, die auf die exakte Positionierung von Pulverpartikeln eines Zweitmaterials abzielen. Dabei werden jedoch die Pulverwerkstoffe vermischt und für weitere Bauprozesse unbrauchbar. Um Multimaterialbauteile (vgl. Abb. 1) fertigen zu können, wird am Fraunhofer IWU ein neuartiger Ansatz unter Nutzung eines Pastenextruders zur Einbringung von Sekundärwerkstoffen entwickelt.

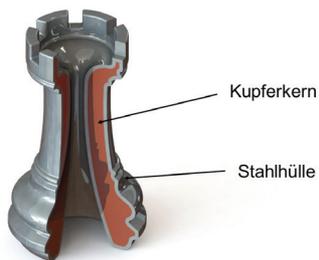


Abb. 1: Multimaterialkomponente  
(© Fraunhofer IWU)

Im bekannten Laser-Strahlschmelz-Prozess wird zunächst eine Kavität gebildet, dort das vorliegende lose Pulver mittels einer Absaugereinheit entfernt und ein pastöses Zweitmaterial eingebracht.

Anschließend erfolgt die thermische Aktivierung der Paste, welche sich infolge der Entbinderung und Versinterung verfestigt. Diesen Prozessablauf verdeutlicht Abb. 2.

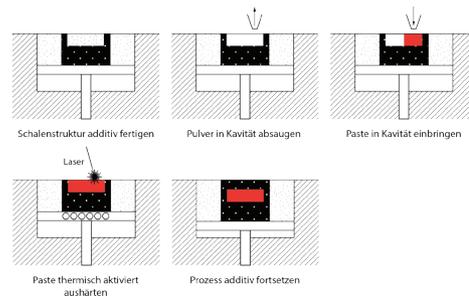


Abb. 2: Prozesskonzept zur Multimaterialfertigung als Verfahrenskombination von Laser-Strahlschmelzen und Pastenextrusion  
(© Fraunhofer IWU)

Zur Bestätigung der Machbarkeit wurden zunächst manuelle Bauversuche durchgeführt. Die mit variierenden Kavitätenhöhen generativ gefertigten Probekörper wurden mit einer kommerziell erhältlichen Siebdruck-Kupferpaste gefüllt und anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen. Das Ergebnis ist in Abb. 3 dargestellt und zeigt, dass insbesondere geringe Schichtstärken bis 250 µm für ein zusammenhängendes, lunkerfreies Materialgefüge beim Pastenauftrag geeignet sind. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass ein spaltfreier Formschluss zwischen pastösem Zweitmaterial und dem durch Laser-Strahlschmelzen aufgebauten Grundkörper gegeben ist.

Damit sind die Voraussetzungen für die Nutzung der günstigen Wärmeleitungseigenschaften von Kupfer erfüllt.

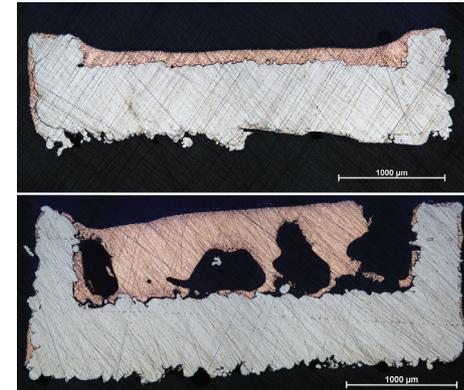


Abb. 3: gesinterte Paste in laser-strahlgeschmolzenem Körper;  
Oben: 250 µm Pastenschichtstärke,  
Unten: 750 µm Pastenschichtstärke  
(© Fraunhofer IWU)

Zur Erprobung der Prozesskette wurde ein technisches System (Abb. 4) für eine Realizer SLM 100 entwickelt und ein hoher Automatisierungsgrad bei reproduzierbaren Ergebnissen bereits in der Entwicklungsphase umgesetzt. Die zum System gehörige entwickelte Software erlaubt die manuelle, aber auch ablaufgesteuerte Bewegungsführung des Systems und seiner Werkzeuge. Eine Anwendung für diesen neuartigen generativen Multimaterial-Prozess zielt zunächst auf den Werkzeugbau ab, indem die heutigen Möglichkeiten zur konturnahen Kühlung erweitert werden sollen.

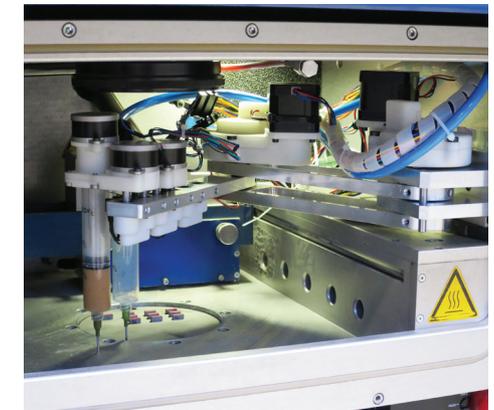


Abb. 4: Integration des entwickelten Systems in die Laser-Strahlschmelz-Anlage mit einem ersten Prototypenwerkzeug  
(© Fraunhofer IWU)

In einem Werkzeugeinsatz soll in filigranen Bereichen, die nicht mit einem Kühlkanal versehen werden können, ein Kupfereinsatz ausgeführt werden.

Langfristig werden mit dem Prozess ebenso Leiterbahnen mit Isolierung in Metallbauteilen möglich, da Pasten mit verschiedenen Füllmaterialien – auch elektrisch nichtleitende – erhältlich und verarbeitbar sind.

### Autoren:

Richard Kordaß, Martin Jaretzki, Dr. Ines Dani

**Fraunhofer-Institut für  
Werkzeugmaschinen und  
Umformtechnik IWU**

Richard Kordaß

☎: +49 351 4772 2921

✉: richard.kordass@iwu.fraunhofer.de

## System for multi-material processing based on laser beam melting

Additive multi-material processing is nowadays not economically viable. So, design and functional freedom are not completely usable. Present approaches aim at the exact positioning of a second powder material in the Laser-Beam-Melting (LBM) process. However, the intermixing of the powder materials cannot be prevented during and especially after the layerwise process. Intermixed powder material becomes unfit for further use. To generate multi-material components (cf. Figure 1), a new concept is developed at Fraunhofer IWU using a paste extruder to insert a second material.



Fig. 1: Multi-material component (© Fraunhofer IWU)

Initially, a cavity is formed by LBM. The powder inside of the cavity is removed by a suction unit and a pasty material introduced. The paste is thermally activated and thus solidifies as a result of debinding and sintering. This process is shown in Fig. 2.

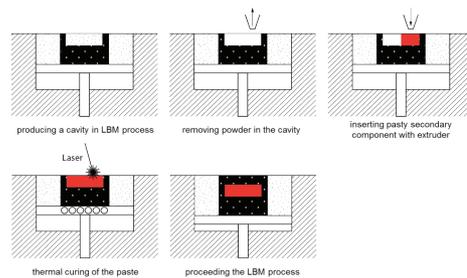


Fig. 2: process concept for multi-material production combining LBM and paste extrusion (© Fraunhofer IWU)

To demonstrate the feasibility of this process, additively manufactured samples are filled with a pasty second component consisting of copper which is used for screen printing. These samples were subsequently fired to get a dense material structure. The results for two different material thicknesses are depicted in Fig. 3. It becomes obvious that especially thin single layers of paste are necessary for a contiguous material. Furthermore, it can be seen that at least a tight fit between pasty material and via LBM produced base component is reached. This is a requirement for a further optimization in additively manufactured parts by multi-material processing, especially regarding higher electrical and thermal conductivity. The developed equipment and the appropriate software, which is part of the lab system, allows a manual or sequence controlled motion of the system and its tools. A high degree of automation, which is absolutely

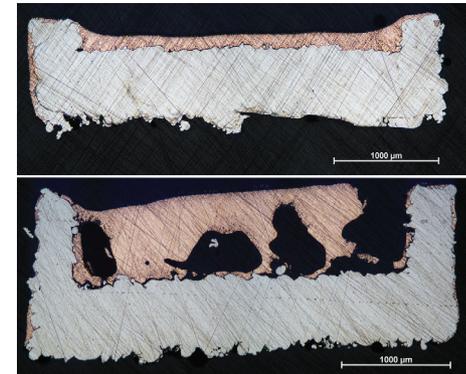


Fig. 3: sintered paste in additively manufactured specimen; top: 250 µm paste thickness, bottom: 750 µm paste thickness (© Fraunhofer IWU)

necessary for industrial application, is thus already considered in the development phase. The system was integrated in a commercial LBM-machine "Realizer SLM 100", as shown in Fig. 4.

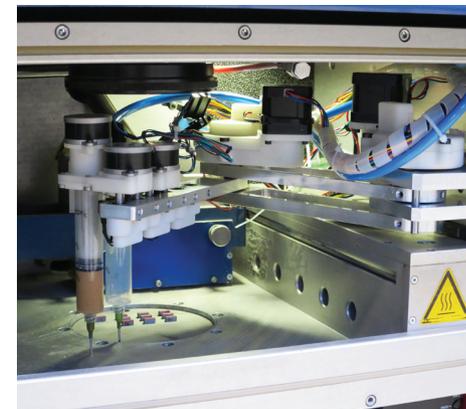


Fig. 4: integration of the developed system in a LBM-machine (© Fraunhofer IWU)

A first application for this process is tool-making by expanding today's possibilities for conformal cooling. It is planned to implement a copper core in filigree tooling segments, which cannot be equipped with a fluid bearing cooling channel. In the long term, the process is also intended to produce conductor paths with insulation in metal components, since pastes with different filling materials are available and processable.

### Authors:

Richard Kordaß, Martin Jaretzki, Dr. Ines Dani

**Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology IWU**

Richard Kordaß

☎: +49 351 4772-2921

✉: richard.kordass@iwu.fraunhofer.de

## Metallbasierte Multimaterialverarbeitung

In der Produktion von Bauteilen werden heutzutage unterschiedlichste Fertigungstechnologien eingesetzt. Neben subtraktiven Verfahren wie Drehen oder Fräsen, etablieren sich auch immer mehr auftragende Methoden aus der additiven Fertigung. Ihre Vorteile gegenüber den konventionellen Fertigungsverfahren ergeben sich maßgeblich aus der hohen konstruktiven Freiheit, welche vor allem bei der Herstellung von Leichtbaukonstruktionen zum Tragen kommt. Ein weit verbreitetes additives Fertigungsverfahren zur Herstellung von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen ist das Laserstrahlschmelzen (kurz: LBM). Hier werden mithilfe eines Laserstrahls dünne Schichten aus Metallpulver selektiv aufgeschmolzen und verfestigt. Derzeit können mit diesem Verfahren Bauteile aus einem Werkstoff hergestellt werden. Die Produktion von Multimaterialbauteilen ist nur in Aufbaurichtung und in Verbindung mit einem hohen Zusatzaufwand möglich.

Multimaterialbauteile zeichnen sich durch mindestens zwei unterschiedliche Werkstoffe aus, die fest miteinander verbunden sind. Die Fertigung von 2-D-Multimaterialbauteilen, bei welchen ein Materialwechsel zwischen aufeinanderfolgenden Schichten erfolgt, kann durch einen manuellen Materialwechsel bereits seit einigen Jahren erfolgen. Dies ist bei einem 3-D-Multimaterialbauteil nicht möglich, da hier innerhalb einer Schicht beide Werkstoffe vorliegen (siehe Abb. 1). Zur Fertigung dieser Bauteile ist es notwendig, den Pulverauftragsmechanismus anzupassen und die Ablage eines zweiten Werkstoffes in der Pulverschicht zu ermöglichen.

Am Fraunhofer IGCV wurden hierfür folgende Konzepte untersucht:

- ein Düsen-Konzept,
- ein Fotoleiter-Konzept sowie
- ein Beschichter-Konzept (Abbildung 2).

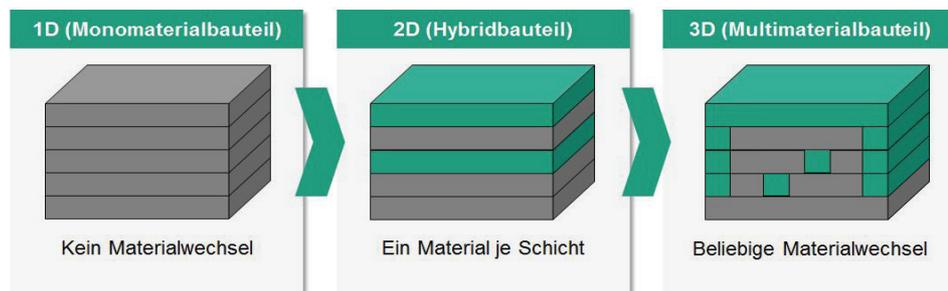


Abb. 1: Multimaterialbauarten in der additiven Fertigung (Anstaett und Seidel 2016) (© Fraunhofer IGCV)

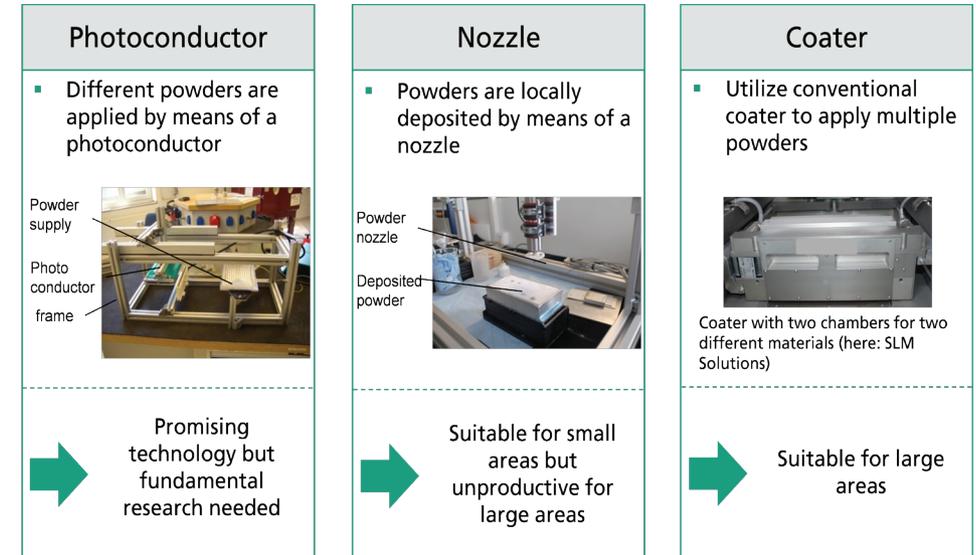


Abb. 2: Konzepte zur Multimaterialverarbeitung im LBM-Prozess (Anstaett und Seidel 2016) (© Fraunhofer IGCV)

Das Düsen-Konzept legt den ersten Werkstoff lokal mithilfe einer Düse ab. Bevor das zweite Material durch einen Beschichter aufgebracht und aufgeschmolzen wird, wird der erste Werkstoff mithilfe des Lasers verfestigt. Auf diese Weise kann in kleinen Bereichen ein zweiter Werkstoff zeiteffizient aufgebracht und eine Vermischung der beiden Ausgangswerkstoffe vermieden werden. Soll in größeren Bereichen ein zweiter Werkstoff abgelegt werden, steigt die Fertigungszeit in Folge langer Bewegungszeiten der Düse.

Eine komplett neue Art des Pulverauftrags wird mit dem Fotoleiter-Konzept realisiert. Hierbei werden Partikel mithilfe eines Fotoleiters transportiert und im Bauraum abge-

legt. Erste praktische Erfahrungen auf einer Versuchsanlage konnten bereits für Bauteile mit kleinen Bauhöhen gesammelt werden (Kumar et al. 2004). Eine Umsetzung in kommerziell verfügbaren Fertigungsanlagen ist noch nicht erfolgt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der geringen Durchmischung der unterschiedlichen Pulver, da der Werkstoff präzise lokalisiert abgelegt werden kann.

Der dritte Ansatz nutzt das in industriellen Anlagen vorhandene Beschichter-Konzept. Indem ein Absaugmodul ergänzt wird, ist es möglich, sequenziell Werkstoffe aufzubringen und zu verfestigen. Mit diesem Verfahren kann in großen Bereichen schnell der Werkstoff aufgetragen und somit eine kurze Ferti-



Abb. 3: Multimaterialstrukturen aus 1.2709 (grau) und CCZ (rot-gold) © Fraunhofer IGCV

gungszeit des Bauteils sichergestellt werden. Am Fraunhofer IGCV wurde das Beschichter-Konzept in eine LBM-Anlage integriert und erste Strukturen aus 1.2709 und einer Kupferlegierung wurden aufgebaut (Abb. 3). Dies ermöglicht es, weitreichende Erkenntnisse in der Multimaterialverarbeitung im LBM-Prozess zu erhalten. So zeigte es sich, dass die additive Prozesskette für eine Multimaterialverarbeitung in allen Prozessschritten angepasst werden muss. Die Adaptionen im Fertigungsprozess sind hauptsächlich von der Wahl des Auftragskonzeptes abhängig und ergeben sich in Folge hinzukommender Prozessschritte und einer veränderten Fertigungsreihenfolgen.

Diese Veränderungen bedingen auch Modifikationen in der Datenvorbereitung. Hier müssen den unterschiedlichen Werkstoffen unterschiedliche Fertigungsparameter zugewiesen werden, so dass Strukturen mit Dichten von mehr als 99,5% gefertigt werden können. Es wird ein zusätzlicher Parametersatz für den Übergangsbereich der beiden Werkstoffe benötigt. Auch muss die

Skalierung der materialspezifischen Bereiche optimiert werden, um das unterschiedliche Schrumpfungsverhalten zu kompensieren. Im abschließenden Prozessschritt – der Nachbearbeitung – sind Änderungen sowohl auf Bauteilseite als auch im Bereich des Pulvers notwendig. Je nach Wahl des Auftragskonzeptes sind Schritte zur Separierung des nicht verfestigten Pulvers zu ergänzen. Diese sind notwendig, um das Pulver in weiteren Bauprozessen wiederverwenden und somit eine hohe Ressourceneffizienz erreichen zu können. Trennmethoden können in Anlehnung an Verfahren aus der Recyclingtechnologie angewendet werden. Diese nutzen die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften, wie magnetisch – nicht-magnetisch, Dichteunterschiede etc., um Werkstoffe zu trennen. Aufgrund der kleinen Korndurchmesser müssen die bestehenden Verfahren noch für die Anwendung in der additiven Fertigung optimiert werden.

Neue Aspekte in der Nachbehandlung des Bauteils ergeben sich vor allem bei Wärmenachbehandlungen. Aufgrund der

verschiedenen Werkstoffe müssen neue Wärmenachbehandlungsstrategien erarbeitet werden, so dass alle Bereiche des Bauteils die optimalen Eigenschaften erreichen. Dies ist vor allem für Werkstoffe mit stark unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten oder Schmelztemperaturen zu beachten, da diese maßgeblich die Temperatur-Zeit-Zyklen einer Wärmenachbehandlung beeinflussen.

Langfristig ergeben sich durch die Multimaterialverarbeitung neue Möglichkeiten und Einsatzbereiche für die additive Fertigung. Beispielsweise werden neue Konstruktionsmöglichkeiten geschaffen, wodurch das Leichtbaupotenzial noch weiter ausgeschöpft werden kann oder Funktionen optimiert werden können. Gleichzeitig impliziert dies jedoch auch eine erhöhte Komplexität im Konstruktionsprozess. Daher ist es erforderlich neben der weiteren Qualifizierung des Prozesses auch Software-Tools bereitzustellen, die Konstrukteure im Design-Prozess umfassend und möglichst intuitiv unterstützen.

#### Literaturverzeichnis

Anstaett, Christine; Seidel, Christian (2016): Multi-Material Processing. Next step in laser-based powder bed fusion. In: Laser Technik Journal (4), zuletzt geprüft am 16.11.2016.

Kumar, Ashok V.; Dutta, Anirban; Fay, James E. (2004): Electrophotographic printing of part and binder powders. In: Rapid Prototyping Journal 10 (1), S. 7–13. DOI: 10.1108/13552540410512480.

### Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Dr. Christian Seidel

☎: +49 821 90678-127

✉: christian.seidel@igcv.fraunhofer.de

## SLSAssist – Herstellung eigener Hilfsmittel im „3D Drucker“

*Haben Sie sich schon mal die Idee zu einem "genialen" Hilfsmittel gehabt und sich geärgert, dass es dies nirgendwo zu kaufen gibt und Sie nicht die Möglichkeit haben es selbst herzustellen?*

*Würden Sie gerne Dinge individuell an Ihre Bedürfnisse anpassen; Ihre eigenen Ideen umsetzen und die Teile schließlich selbst herstellen und sofort ausprobieren können?*

Mit diesen Fragen werden im aktuellen Projekt SLSAssist von Fraunhofer UMSICHT rheumakranke Menschen angesprochen, die durch den Verlust der Beweglichkeit und der Kraft in den Gliedmaßen oft starke Einschränkungen im täglichen Leben erfahren. Im Fachhandel sind zwar entsprechende Hilfsmittel (Stiftverdickung, Griffe für Drehverschlüsse) verfügbar, die jedoch oft nicht genau den eigenen Bedürfnissen entsprechen: Insbesondere bei Jugendlichen, wo die Hilfsmittel regelmäßig an das Wachstum angepasst werden müssen. Zudem können die betroffenen Menschen ihre Bedürfnisse selbst am besten erkennen; ihnen fehlten aber bisher die Möglichkeiten zur technischen Umsetzung.

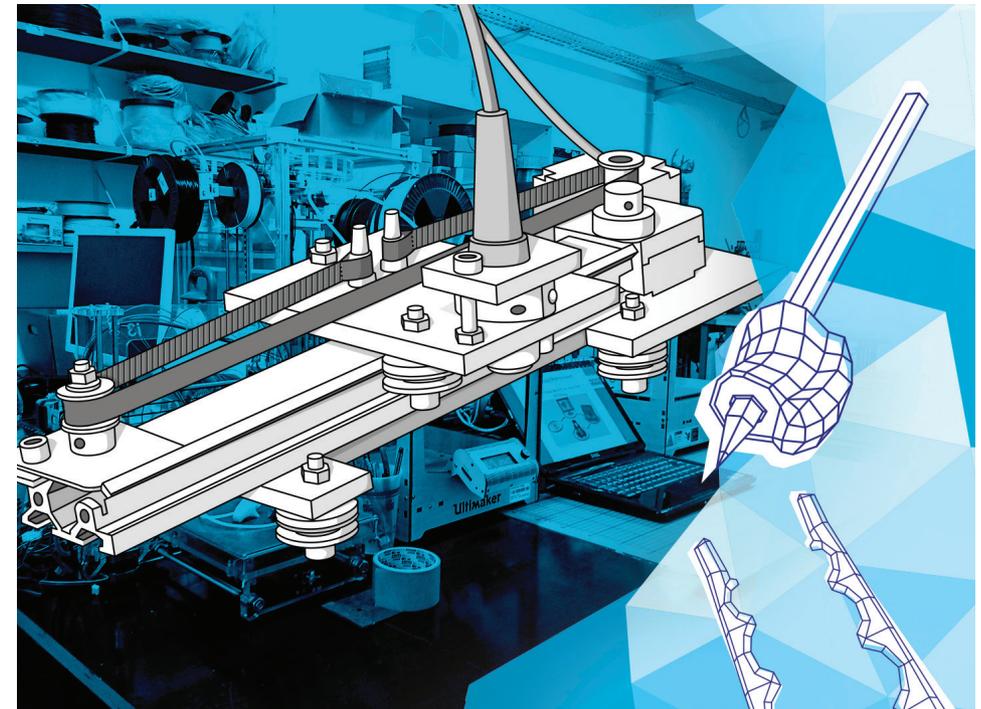
Ziel des Projekts ist, den Menschen die Möglichkeiten aufzuzeigen, die die neuen Techniken wie „3D-Drucken“ (SLS, FDM), Lasercutter und 3D-Scanner bieten und diese einzusetzen, um perfekt angepasste oder

auch ganz neue Hilfsmittel zu entwerfen. Die Teilnehmer sollen lernen mit Spaß ihre eigenen Ideen in echte Produkte umzusetzen und so ein Stück Selbstbestimmung zurück erhalten. Für das Selektive Lasersintern stehen eine Desktop-Maschine (Sintratec-Kit), eine von Fraunhofer Umsicht selbst entwickelte Anlage und eine kommerzielle Anlage zur Verfügung.

Während der Projektlaufzeit werden in der DEZENTRALE Dortmund, dem FabLab von Fraunhofer UMSICHT, regelmäßig Kurse angeboten, in denen rheumakranke Menschen den Umgang mit diesen Technologien unter Anleitung und mit Unterstützung von Mitarbeitern von Fraunhofer UMSICHT erlernen können.

Die entstandenen Ideen sollen gemäß den Idealen der Maker und der Do-it-Yourself Bewegung frei im Netz geteilt werden, um so für viele Menschen erreichbar zu sein und um zur Nachahmung und Verbesserung einzuladen. Durch die Einbeziehung der kreativen Ideen der Betroffenen sollen so auch ganz neue Hilfsmittel entstehen, die bisher noch gar nicht verfügbar waren.

Das Projekt wird in der Ausschreibung Light-Cares des BMBF gefördert. Es ist zu Beginn des Jahres gestartet und hat eine Laufzeit von 18 Monaten.



DEZENTRALE (© Fraunhofer UMSICHT)

**Fraunhofer-Institut für Umwelt-,  
Sicherheits- und Energietechnik  
UMSICHT**

Dr.-Ing. Jan Blömer

☎: +49 208 8598-1406

✉: jan.bloemer@umsicht.fraunhofer.de

<http://slassist.de/>

Am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Dresden wurde im Oktober 2016 die Q20plus des schwedischen Herstellers ARCAM in Betrieb genommen. Das Institut ist damit die erste Einrichtung im FuE-Bereich, die über diese Anlage mit dem größten derzeit verfügbaren Bauraum für Selective Electron Beam Melting (SEBM) verfügt. Schwerpunkt der Q20plus ist die kostengünstige Herstellung von Flugzeugkomponenten aus Titanlegierungen wie Ti-6Al-4V, zukünftig wird sie aber auch für andere Werkstoffe und Anwendungsbereiche nutzbar sein.

Der Bauraum eignet sich mit einem Durchmesser von 350 mm und 380 mm Höhe zur Fertigung von großen Bauteilen, aber auch zur optimalen und effizienten Produktion von kleineren Teilen. Die neue Anlage zeichnet sich dabei durch sehr hohe Aufbauten aus. Eine weitere Besonderheit ist ein Kamerasystem, das die Qualitätskontrolle deutlich verbessert. Auch verfügt die Anlage über eine Einkristall-Kathode mit wesentlich höherer Lebensdauer und besseren Strahleigenschaften im Vergleich zu bisherigen Maschinen. Selective Electron Beam Melting ist ein pulverbasierter Prozess für die additive Fertigung, bei dem insbesondere Werkstoffe mit hohem Schmelzpunkt, hoher Sensitivität gegenüber Verunreinigungen und/oder Rissanfälligkeit durch einen Elektronenstrahl selektiv aufgeschmolzen werden. Zu diesen Werkstoffen zählen z. B. Titan-, Nickel- und

Refraktärlegierungen sowie Spezialstähle. Unter Hochvakuum entstehen somit fertige Komponenten, deren Eigenschaften mit Guss- oder Knetlegierungen vergleichbar sind und die je nach Anwendungsfall nachbearbeitungsfrei sind. Somit ist SEBM auch besonders rohstoffschonend.

Dem Fraunhofer IFAM in Dresden stehen nun bereits zwei Anlagen zur additiven Fertigung von dreidimensionalen Bauteilen mittels Elektronenstrahlschmelzen zur Verfügung. Der Aufbau eines Zentrums für Electron Beam Melting am Institut ist damit wieder einen großen Schritt vorangekommen. In den nächsten zwei Jahren wird hier ein Technikum gebaut, in dem mehrere Anlagen, darunter auch Spezialanlagen, ihren Platz finden werden.

Das Institut bietet Partnern aus Industrie und Forschung vielfältige Entwicklungsleistungen vom Pulver bis zum Bauteil, z. B. in Form von Machbarkeitsstudien, der Bewertung von Pulvern für die additive Fertigung und der Qualifizierung neuer SEBM-Werkstoffe. Weiterhin ist die Bauteilentwicklung beginnend beim Pulver und weiterführend über die Konstruktion (z.B. Topologieoptimierung zur Gewichtseinsparung und/oder Bauteilintegration) bis zur Herstellung mittels SEBM und Nachbearbeitung Bestandteil des Angebotes.

At the Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM in Dresden, Q20plus by the Swedish manufacturer ARCAM was launched in October 2016. Thus, the institute is the first R&D institution featuring the facility with the biggest build chamber currently available for Selective Electron Beam Melting. The focus of Q20plus lies on cost-efficient production of aerospace components from titanium alloys, but will also be usable for other materials and applications in the future.

The build chamber with a diameter of 350 mm and a height of 380 mm is especially suitable for big components, but also for the optimal and efficient manufacturing of small parts. At the same time, the latest facility is distinguished by high build rates. Another special feature is the camera system which improves the quality assurance significantly. Furthermore, the facility features a monocrystal cathode with a much longer durability and better beam properties compared to previous facilities. Selective Electron Beam Melting (SEBM) is a powder-based process for additive manufacturing in which especially materials with a high melting point, high sensitivity towards impurities and/or susceptibility to cracking are selectively fused by an electron beam. Among these materials are titanium, nickel and refractory alloys as well as special steels. Thus, finished parts are generated under high vacuum whose properties are comparable to casting

or forging alloys. Furthermore, they do not require any secondary finishing depending on the respective application. Consequently, raw materials are especially saved by SEBM. Consequently, there are now already two facilities for additive manufacturing of 3D components via electron beam melting available at Fraunhofer IFAM in Dresden. This is a further step in establishing a center for electron beam melting at the institute. Within the next two years, a technical center will be built in which several facilities including special facilities will be placed. The institute offers partners from industry and research versatile development services from powder to component, e.g. feasibility studies, the assessment of powders for additive manufacturing and the qualification of new materials for SEBM. Furthermore, component development starting from the powder, leading on to the construction (e.g. topology optimization for weight reduction and/or component integration) up to the manufacturing via SEBM and post-processing are part of the offer.

**Fraunhofer Institute for  
Manufacturing Technology  
and Advanced Materials IFAM**

**Dresden Branch**

Dr. Burghardt Klöden

☎: +49 351 2537-384

✉: burghardt.kloeden@

ifam-dd.fraunhofer.de

### 21. Augsburger Seminar für additive Fertigung am 20.7.2017

Seit 1996 stellt das jährlich stattfindende Augsburger Seminar für additive Fertigung den Wissenstransfer zwischen Forschung und Industrie sicher. Für die Gastgeber, das iwb Anwenderzentrum Augsburg der TUM sowie das Fraunhofer IGCV ist die additive Fertigung eines der wichtigsten Forschungsgebiete. Dieses Jahr findet das Seminar am 20. Juli 2017 statt. Im Seminar werden zwei parallele Vortragsreihen zu spannenden Themen der additiven Fertigung geboten. Zum Abschluss findet eine Podiumsdiskussion statt. Für den thematischen Einstieg in das 21. Augsburger Seminar für additive Fertigung wird am Vortag des Seminars

wieder einen kompakter Einführungskurs angeboten. Der Einführungskurs in die additive Fertigung metallischer Bauteile richtet sich an technologieinteressierte Ingenieure und Betriebswissenschaftler. Neben Funktionsweisen und Anwendungsbereichen werden schwerpunktmäßig die Potenziale und Limitationen der additiven Fertigungsverfahren betrachtet. Eine Führung durch das Additive Manufacturing Laboratory (AMLab) ergänzen den Kurs um praktische Eindrücke. Bei einem gemeinsamen Abendessen in gemütlicher Atmosphäre können anschließend noch offene Fragen mit den Experten geklärt und aktuelle Entwicklungen im Bereich der additiven Fertigung diskutiert werden.



save the date

21. Augsburger Seminar für additive Fertigung

AMLab  
www.amlab.de

20. Juli 2017

Veranstaltet im Hotel

DREI MOHREN  
AUGSBURG  
STEIGENBERGER

AMLab

TUM  
Technische Universität München

Fraunhofer  
IGCV

[www.amlab.de/seminar2017](http://www.amlab.de/seminar2017)

### Additive Manufacturing trifft Oberflächentechnik

Additive Manufacturing (AM) ist als Treiber von Industrie 4.0 bekannt. Experten erwarten, dass mit AM-Prozessen 20 bis 25 Prozent der Energie- und Produktionskosten eingespart werden können. AM-Verfahren stellen als relative junge Technologien die Oberflächentechnik vor neue Aufgaben, vor allem in den Bereichen Auslegung und Beschichtung von inneren Konturen, Standardisierung von Behandlungsprozessen etc.. Bei Endprodukten, Ersatzteilen oder Kleinserien stehen neben der Auswahl der Druckverfahren und Werkstoffe auch Oberflächenqualität und -funktionalität der entstandenen Bauteile im Fokus.

Die Veranstaltung am **29. und 30.11.17 im Fraunhofer IST in Braunschweig** zeigt Möglichkeiten und Herausforderungen der Oberflächentechnik bei AM-gedruckten Teilen sowohl bei Kunststoffen als auch bei Metallen. Am ersten Tag können die Teilnehmer im mobilen 3D-Druck-Labor »FabBus« 3D-Drucker live beobachten und neue Wege des Prototyping und der Produktion kennenlernen. In weiteren Workshops werden verschiedene Verfahren in den Bereichen Dünnschichtsensorik und Oberflächentechnik demonstriert.

Weitere Informationen

<https://inplas.de/de/appointment&id=4049>



Abb. 1: © Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V. – INPLAS)

---

## Fraunhofer-Kompetenz für die generative Fertigung

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung (Allianz GENERATIV) integriert deutschlandweit siebzehn Institute und bildet die gesamte Prozesskette der generativen Fertigung ab.

Sie lässt sich im Wesentlichen in vier Leitthemen bzw. Forschungsschwerpunkte untergliedern:

- Engineering (Anwendungsentwicklung),
- Werkstoffe (Kunststoffe, Metalle, Keramiken),
- Verfahren (pulverbettbasiert, extrusionsbasiert, druckbasiert) und
- Qualität (Reproduzierbarkeit, Zuverlässigkeit, Qualitätsmanagement).

Die Allianz hat zum Ziel, anwendungsorientierte Entwicklungen voranzutreiben und Trends in der Generativen Fertigung zu setzen.

Die langjährige Erfahrung aus nationalen und internationalen Industrieaufträgen sowie Forschungsprojekten bildet die Grundlage für uns, kundenindividuelle Konzepte zu entwickeln und komplexe Aufgaben zu bewältigen. Die Fraunhofer-Allianz GENERATIV richtet sich an Branchen wie Automobil und Luftfahrt, aber auch Bio-, Medizin- und Mikrosystemtechnik sowie den Maschinen- und Anlagenbau.

Titelbild: Fused-Filament-Fabrication (FFF) von kurzfaserverstärkten SiC Bauteilen (SiC/SiC)

© Fraunhofer IKTS, Foto Sebastian Geier

# EIN THEMA – 17 INSTITUTE – EINE ALLIANZ

## Fraunhofer-Kompetenz für die generative Fertigung

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung (Allianz GENERATIV) integriert deutschlandweit siebzehn Institute und bildet die gesamte Prozesskette der generativen Fertigung ab. Sie lässt sich im Wesentlichen in vier Leitthemen bzw. Forschungsschwerpunkte untergliedern: Engineering (Anwendungsentwicklung), Werkstoffe (Kunststoffe, Metalle, Keramiken), Verfahren (pulverbettbasiert, extrusionsbasiert, druckbasiert) und Qualität (Reproduzierbarkeit, Zuverlässigkeit, Qualitätsmanagement). Die Allianz hat zum Ziel, anwendungsorientierte Entwicklungen voranzutreiben und Trends in der Generativen Fertigung zu setzen.

Die langjährige Erfahrung aus nationalen und internationalen Industrieaufträgen sowie Forschungsprojekten bildet die Grundlage für uns, kundenindividuelle Konzepte zu entwickeln und komplexe Aufgaben zu bewältigen. Die Fraunhofer-Allianz GENERATIV richtet sich an Branchen wie Automobil und Luftfahrt, aber auch Bio-, Medizin- und Mikrosystemtechnik sowie den Maschinen- und Anlagenbau.

Fraunhofer EMI | [www.emi.fraunhofer.de](http://www.emi.fraunhofer.de)

Fraunhofer IAO | [www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

Fraunhofer IFAM | [www.ifam.fraunhofer.de](http://www.ifam.fraunhofer.de)

Fraunhofer IFF | [www.iff.fraunhofer.de](http://www.iff.fraunhofer.de)

Fraunhofer IGB | [www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de)

Fraunhofer IGCV | [www.igcv.fraunhofer.de](http://www.igcv.fraunhofer.de)

Fraunhofer IGD | [www.igd.fraunhofer.de](http://www.igd.fraunhofer.de)

Fraunhofer IKTS | [www.ikts.fraunhofer.de](http://www.ikts.fraunhofer.de)

Fraunhofer ILT | [www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

Fraunhofer IPA | [www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

Fraunhofer IPK | [www.ipk.fraunhofer.de](http://www.ipk.fraunhofer.de)

Fraunhofer IPT | [www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

Fraunhofer IST | [www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

Fraunhofer IWM | [www.iwm.fraunhofer.de](http://www.iwm.fraunhofer.de)

Fraunhofer IWS | [www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

Fraunhofer IWU | [www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)

Fraunhofer UMSICHT | [www.umsicht.fraunhofer.de](http://www.umsicht.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

[www.generativ.fraunhofer.de](http://www.generativ.fraunhofer.de)

[info@generativ.fraunhofer.de](mailto:info@generativ.fraunhofer.de)

Sprecher der Allianz

Dr.-Ing. Bernhard Müller

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

c/o Fraunhofer IWU

Nöthnitzer Straße 44

01187 Dresden

Deutschland - Germany

Telefon +49 351 4772 2136