

Engineering und 3D-Druck aus der 3D Print-Cloud BW

Geringe Kosten, verkürzte Produktionszeiten, flexible und kundenindividuelle Produktion – die additive Fertigung bietet der Forschung und Industrie viele Potentiale. „Die Nachfrage nach individualisierten Produkten wird zukünftig weiter zunehmen“, erklärt Prof. Jürgen Fleischer, Initiator der 3D-Print Cloud BW. Im Vergleich zu bisherigen Technologien können additive Fertigungsverfahren sehr komplexe Bauteile mit kürzeren Vorlaufzeiten in geringen Stückzahlen deutlich wirtschaftlicher produzieren. Durch die zusätzlichen Design-Freiheitsgrade können weiterhin Bauteilstrukturen erzeugt werden, die bisher, wenn überhaupt, nur unter großem Zeit- und Kosteneinsatz fertigbar waren. Im Projekt „3D-Print-Cloud BW“ erstellen das wbk und das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW)

der Universität Stuttgart eine offene Online-Plattform für die Gesamtprozesskette der additiven Fertigung. Diese soll die vielen aktuellen und zukünftigen Spezialprozesse, die Hochschulen und Unternehmen in Baden-Württemberg entwickelt haben, bündeln und die Akteure vernetzen. Die 3D-Print-Cloud BW bildet die Prozesskette von der Konstruktion über Simulation bis zur Optimierung digital ab, bis die Bauteile letztendlich in Fertigung und Nachbearbeitung realisiert und dem Kunden zugesandt werden.

Die Online-Plattform soll die technologische und wirtschaftliche Erschließung additiver Fertigungsverfahren und deren unterstützender Prozesse wie Simulationen und Optimie-

rungen unternehmensübergreifend unterstützen. Damit dieses Ziel umgesetzt werden kann, planen wbk und IfW in der ersten Phase die Architektur der Online-Plattform und den Aufbau eines Demonstrators. „Wir wollen mit unserem Fachwissen die Infrastruktur legen, um alle wichtigen Anwendungen und Akteure zusammenzubringen“, so Fleischer. In einem späteren Schritt soll die Cloud dann auch für Unternehmen und weitere Einrichtungen geöffnet werden. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst unterstützt das Projekt 3D-Print-Cloud-BW.

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Quirin Spiller
Telefon: +49 721/608-44982
E-Mail: quirin.spiller@kit.edu

Promotionen

Dipl.-Ing. Frederic Förster

Geregeltes Handhabungssystem zum zuverlässigen und energieeffizienten Handling textiler Kohlenstofffaserzuschnitte

Dipl.-Ing. Nikolay Boev

Numerische Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen Zerspanprozess und Maschine am Beispiel Räumen

Dipl.-Ing. Sebastian Greinacher

Simulationsgestützte Mehrzieloptimierung schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme

Dipl.-Wi-Ing. Benjamin Häfner

Lebensdauerprognose in Abhängigkeit der Fertigungsabweichungen bei Mikroverzahnungen

Dipl.-Ing. Stefan Klotz

Dynamische Parameteranpassung bei der Bohrungsherstellung in faserverstärkten Kunststoffen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Einspannsituation

Dipl.-Ing. Johannes Stoll

Bewertung konkurrierender Fertigungsfolgen mittels Kostensimulation und stochastischer Mehrzieloptimierung

Neueinstellungen



M.Sc. Benjamin Bold
Kalandrieren von Batteriefolien
zum 01.04.2017



M.Sc. Marco Friedmann
Autonome und vernetzte Greifsysteme
zum 01.07.2017



M.Sc. Maximilian Halwas
Elektromaschinenbau
Wickeltechnik
zum 01.07.2017



M.Sc. Sina Helmig
Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke
zum 01.04.2017



M.Sc. Jonas Hillenbrand
Elektromechanische Vorschubsachsen von Werkzeugmaschinen
zum 01.12.2016



M.Sc. Constantin Hofmann
Digitales Shopfloor-Management | Industrie-4.0-Anwendungen
zum 01.03.2017



M.Sc. Alexander Jacob
Produktionsplanung und -steuerung | Generative Fertigung
zum 01.02.2017



M.Sc. Daniel Kupzik
Leichtbaufertigung Greifsysteme und Rohbauzellen
zum 01.01.2017



M.Sc. Jonas Nieschlag
Leichtbaufertigung im Bereich der Faserverbundkunststoffe
zum 01.04.2017



M.Sc. Leonard Schild
Qualitätsmanagement in der generativen Fertigung
zum 01.04.2017



Aaron Schmidt
Techniker (nach Ausbildung übernommen)
Werkstatt Ehrenhof
zum 01.02.2017



M.Sc. Florian Ungermann
Industrie 4.0 Brennstoffzellen
zum 01.07.2017



M.Sc. Benedict Stampfer
Kryogene Zerspanung
zum 01.03.2017

Impressum

wbk Institut für Produktionstechnik
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Kaiserstr. 12 | 76131 Karlsruhe
www.wbk.kit.edu

ISSN: 2509-4378 (Print), 2509-4386 (Online)

topics

Studie Laserstrahlschmelzen • Generative Fertigung für Faserverbundkunststoffe • Metallisierung von Keramiken

Editorial

Liebe Freunde und Partner des wbk,

die Entwicklung der generativen Fertigungsverfahren schreitet rasant voran und bringt in immer kürzeren Abständen neue Entwicklungen für die Produktionstechnik mit sich. Auch das wbk ist in diesem Bereich aktiv, sodass es an der Zeit ist, den inhaltlichen Schwerpunkt unserer Topics auf die generative Fertigung zu legen.

Durch die Eröffnung unserer neuen Labor-

hallen im Materialwissenschaftlichen Zentrum für Energiesysteme (MZE) mit der zugehörigen Anlagentechnik, decken wir am wbk nun für die generative Fertigung die vollständige Werkstoffpalette von Kunststoffen über Metalle bis hin zu Keramiken ab. Unsere Aktivitäten erstrecken sich ausgehend vom Bauteildesign über die Prozess- und Werkstoffentwicklung, Anlagen- und Prozesstechnik bis hin zu Produktionssystemen und der Qualitätssicherung generativ gefertigter Bauteile.

Im Bereich der Kunststoffverarbeitung wer-

den wir vom Fasereinbringen mit dem Arburg Freeformer berichten. Mit dem MZE wurde eine Laserschmelzanlage zur Verarbeitung von Metallpulver beschafft. Das Verfahren wird im Projekt AutoAdd unter Kostengesichtspunkten bewertet und der Einsatz in der Großserie evaluiert. Dieses und viele weitere Projekte zeigen, wie intensiv sich das wbk mit der generativen Fertigung beschäftigt. Aber lesen Sie selbst und haben Sie viel Spaß dabei!

Ihr wbk-Team

Zukunftsszenarien in der additiven Fertigung

Additive Fertigungsverfahren haben sich in den vergangenen Jahren im Prototypenbau etabliert: Der deutlich höhere Freiheitsgrad im Bauteildesign sowie der Wegfall von Werkzeugkosten wecken das Interesse der Industrie, diese Verfahren auch für die Serienproduktion zu verwenden. Für die Fertigung mit Metallen verspricht vor allem das Laserstrahlschmelzen (engl. Laser Beam Melting, LBM) großes Potenzial. Aus dem jetzigen Stand der Technik eignet sich dieses allerdings nur bedingt für die Serienanwendung.

Um LBM an die Anforderungen und Bedürfnisse möglicher Anwender anzupassen, muss es entsprechend weiterentwickelt werden. Deshalb hat das wbk die Studie „Laser-Strahlschmelzen – Technologie mit Zukunftspotenzial“ durchgeführt, die geeignete Maßnahmen ableitet, die das Verfahren für eine zielgerichtete Industrialisierung vorbereitet und priorisiert. Die Studie zeigt zudem zukünftige Entwicklungstrends des LBM-Verfahrens auf und kategorisiert potenzielle wirtschaftliche Einsatzgebiete der Anwender. Basierend auf 28 Interviews sowie

Workshops mit anerkannten Experten aus der Industrie und Forschung ließen sich letztlich Handlungsempfehlungen für Unternehmen, Forschung, Verbände und Politik ableiten. Die notwendigen Entwicklungstätigkeiten wurden in einer Roadmap festgehalten.

Deutlich wird, dass die geringe Prozessstabilität und Produktivität der LBM-Anlagen sowie der gesamten Prozesskette als größte Hürde gelten. Auch bei den verwendeten Materialien und von den entstehenden Bauteilen erwartet die Industrie große Entwicklungen. Das LBM-Verfahren eignet sich zum heutigen Zeitpunkt vor allem für Bauteile in kleinen Stückzahlen. Experten schreiben dem LBM-Verfahren ein großes Potenzial für die Serienfertigung zu. Allerdings müssen hierfür weitere Entwicklungsmaßnahmen vorgenommen werden. Die Studie definiert aus den Anforderungen der Anwender Klassen, die als besonders relevant betrachtet werden:

- Individualisierte Serienproduktion
- Qualitätsorientierte Produktion großer Bauteile
- Kostengünstige Produktion in hoher Stückzahl

Diese drei Klassen stellen Extremausprägungen dar, zwischen denen sich die Anwender mehrheitlich einordnen lassen und welche die Grundlage für die Handlungsempfehlungen bilden.



Die Studie „Laser-Strahlschmelzen – Technologie mit Zukunftspotenzial“ unterstützt Anwender mit Handlungsempfehlungen.“

Die ganze Studie gibt es unter:
www.wbk.kit.edu/downloads/Studie_Laser-Strahlschmelzen.pdf

Ansprechpartner:
M: Sc. Robin Kopf
Telefon: +49 721/608-44018
E-Mail: Robin.Kopf@kit.edu

ActivePower: Elektrische Leiterbahnen auf Keramiksubstrat

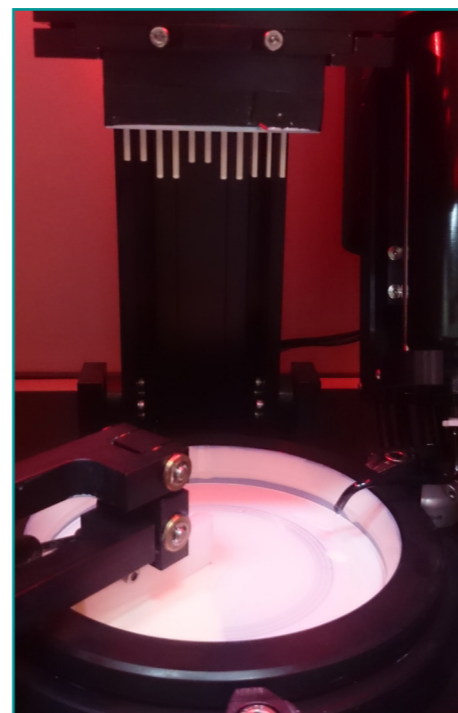
Dreidimensionale, keramische Oberflächen gezielt mit Aktivlot zu benetzen und somit elektrische Bauelemente, wie SMDs, FETs etc., zu Schaltkreisen zu verbinden – Das ist das Ziel des Projekts „ActivePower - Entwicklung eines keramisch spritzgegossenen 3D-Schaltungsträgers für die Kontaktierung und Integration von Leistungselektronik mittels widerstandsarmen Aktivlots“. Solche dreidimensionalen Moulded Interconnected Devices (3D-MID) finden u.a. in der Automobilindustrie Anklang, die zunehmend mechatronische Baugruppen zur Funktionsintegration nachfragt.

Im Allgemeinen treten beim Einsatz von Leistungselektronik hohe Temperaturen auf, die Kunststoffsubstrate zum Schmelzen bringen würden. Der Wechsel zu Keramik liegt nahe, birgt aber neue Herausforderungen bei der Umsetzung der Verbindung mit der Leiterbahn. Dafür soll Aktivlot eingesetzt werden, das aus den Elementen Titan sowie Kupfer und/oder Silber bestehen kann. Das Titan bildet dabei die Brücke zwischen der Leiterbahn und der Keramik und ermöglicht so eine Anhaftung. Eine weitere Herausforderung wird das dreidimensionale Dispensieren des Aktivlotes auf die Keramikoberfläche sowie das Füllen feiner Bohrungen mit Aktivlot sein.

In den bisherigen Untersuchungen liegen die Konzentrationen auf der Wahl des Aktivlots und der Bewertung der Anhaftung auf Aluminiumoxidkeramik. Neben dem Ceramic Injection Moulding (CIM) werden Keramiksubstrate mit dem Cerafab7500 von Lithoz additiv gefertigt, um einerseits die Anhaftung zu vergleichen und andererseits Neuheiten der Keramiksubstratherstellung aufzuzeigen. Bei CIM-Bauteilen, die nachträglich laserstrukturiert werden, kommt es zu Aufwürfen und damit zu Unebenheiten, feine Bohrungen dürfen nur ein geringes Aspektverhältnis aufweisen. Eine Alternative ist somit die additive Fertigung von Keramik, deren Potentiale im Rahmen des Projekts untersucht werden sollen.

ActivePower startete im Oktober 2016 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP) des KIT sowie dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Ansprechpartner:
M.Sc. Elisa Götze
Telefon: +49 721/608-46039
E-Mail: Elisa.Goetze@kit.edu



Keramikbauteile im Cerafab7500

Eröffnung des Materialwissenschaftlichen Zentrums für Energiesysteme (MZE)



Materialwissenschaftliches Zentrum für Energie (MZE) (Quelle: KIT)

Mit der Lieferung von insgesamt fünf neuen Anlagen für die generative Fertigung konnte das wbk Anfang 2017 seine Arbeit im Materialwissenschaftlichen Zentrum für Energiesysteme (MZE) des KIT aufnehmen. In insgesamt drei Versuchshallen mit 122 m², 112 m² und 19 m² sowie vier Büroarbeitsplätzen widmet sich der Forschungsbereich Fertigungs- und Werkstofftechnik dem neuen Themenfeld „Generative Fertigung“. Die Forschung konzentriert sich beginnend bei den Fertigungsverfahren bis hin zur Nachbehandlung und der Qualitätssicherung rund um additiv gefertigte Bauteile aus Kunststoff, Keramik und Metall. Hierfür wurden eine Laserschmelzanlage der Firma SLM-Solutions für metallische Bauteile sowie eine Stereolithografie-Anlage der Firma Lithoz zur Herstellung von sinterfähigen Grünlingen beschafft. Die Besonderheit der neuen Anlagen liegt darin, dass sie die Möglichkeit bieten, die eigentlichen Prozesse weiterzuentwickeln, neue Materialien und Kombinationen zu erproben sowie Materialzustände noch während des eigentlichen Prozesses zu erfassen. Um die Prozessketten zur Herstellung der Bauteile vollständig ab-

decken zu können, wurden als prozessbegleitende Maschinen ein Entbinderungs- und Sinterofen der Firma Caroblite-Gero und eine Drahterodiermaschine von Mitsubishi aufgestellt. Die Öfen ermöglichen die Wärmebehandlung von additiv aufgebauten Grünlingen unter Argon- bzw. Wasserstoffatmosphäre bis 1600 °C, um Delaminations-Effekten der stereolithographisch hergestellten Bauteile (bedingt durch z. B. Transport) vorzubeugen. Die Erodiermaschine kann per Laserschmelzen hergestellte Bauteile aus schwer zerspanbaren Materialien wie Inconel oder Titan hochgenau und effizient von der Substratplatte trennen, ohne feine oder komplexe Strukturen zu beschädigen. Mit der Anlagentechnik in den neuen Räumlichkeiten komplettiert das wbk sein einzigartiges Forschungsportfolio im Bereich der generativen Fertigung.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Frederik Zanger
Telefon: +49 721/608-42450
E-Mail: Frederik.Zanger@kit.edu

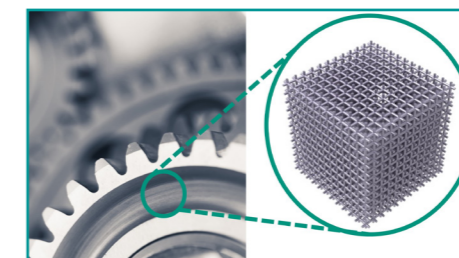
Industrialisierung der additiven Fertigung im BMBF-geförderten Projekt KitkAdd

Die additive Fertigung ermöglicht Anwendern eine hohe Funktionsintegration, individualisierte Produkte und eine wirtschaftliche Produktion in Kleinserie. Dadurch steigt die Industrielle Bedeutung additiver Fertigungsverfahren. Das Laser-Strahlschmelzen (LBM) ist hierbei hervorzuheben, weil es bereits im Bereich des Prototypenbaus und der Kleinserienfertigung ein etabliertes Verfahren ist. Um die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu verbessern arbeitet das wbk an folgenden Themenfeldern:

Entwicklung kombinierter Technologieketten aus additiven und konventionellen Fertigungstechnologien

Zur Erhöhung der Produktivität sollen nur Funktionsträger, d.h. Einzelbereiche eines Bauteils, in denen LBM einen Mehrwert bieten kann, additiv gefertigt werden. Etablierte Fertigungsverfahren, wie Zerspanen oder Gießen, kommen dort zum Einsatz, wo sie wirtschaftlicher sind oder LBM technisch nicht möglich ist. Entsprechend wird für jedes Pro-

dukt, bzw. jeden Funktionsträger, untersucht, mit welchen unterschiedlichen Fertigungsverfahren dieses hergestellt werden kann. So ergibt sich eine Vielzahl möglicher Technologieketten für das gesamte Produkt. Eine ganzheitliche Bewertung führt zu technisch umsetzbaren und wirtschaftlichen Technologieketten.



Zahnrad mit innenliegender Gitterstruktur zur Massenreduzierung und Geräuschkämpfung

Prozessüberwachung und Qualitätsmanagement (QM)

Werden die Messaufgaben im LBM-Prozess mittels prozessnaher Sensoren in die Anla-

ge integriert, können sie genutzt werden um Prozessparameter (Pulverschichtdicken, Temperatur, u.a.) dynamisch während des Aufbauprozesses zu regeln oder durch die frühe Erkennung irreparabler Defekte eine Veredelung von Schrott zu vermeiden. Bisherige prozessintegrierte Messverfahren bieten keine Ansätze zur zuverlässigen Überwachung innenliegender Strukturen der gefertigten Bauteile. Um im Prozess innenliegende Strukturen und Defekte beurteilen zu können, bieten sich akustische Messmethoden an. Dazu wird am wbk ein Sensor zur Aufnahme von Ultraschallsignalen in den LBM-Prozess integriert. Durch das Aufzeichnen von akustischen Signalen während der Laserbearbeitung können mittels einer intelligenten Datenauswertung Aussagen über die Prozessstabilität und Bauteileigenschaften getroffen werden.

Ansprechpartner:
M.Sc. Niclas Eschner
Telefon: +49 721/608-44016
E-Mail: niclas.eschner@kit.edu

Erweiterung des ARBURG Kunststoff-Freiformens zur additiven Herstellung metallischer sowie faserverstärkter Bauteile

Der Metallpulverspritzguss eignet sich hervorragend zur Herstellung komplexer Bauteile mit hohen mechanischen Anforderungen. Die notwendigen Werkzeugformen machen das Verfahren jedoch erst ab einer gewissen Stückzahl wirtschaftlich einsetzbar. Das ARBURG Kunststoff-Freiformen bietet hierbei Abhilfe. Am wbk wird die Erweiterung dieses Verfahrens zur additiven Herstellung metallischer Bauteile in dem von der DFG geförderten Projekt „Prozessmodell für die werkzeugfreie Herstellung metallischer Bauteile mit dem Arburg-Freiform-Verfahren“ untersucht. Hierbei wird anstelle einer Spritzgussmaschine der ARBURG Freeformer zur Abformung von Grünlingen verwendet. Die anderen Prozessschritte der klassischen Metallpulverspritzgusskette wie etwa Entbindern



Freigeformte Metallbauteile nach dem Sintern

und Sintern verlaufen dabei identisch ab. Dadurch ist es möglich die Vorteile der additiven Fertigung, wie beispielsweise wirtschaftliche Fertigung ab Losgröße eins und Gestaltungsfreiheit mit denen des Metallpulverspritzgusses zu kombinieren. Mittlerweile werden mit der Verfahrenserweiterung Zugfestigkeiten von bis zu 90% gegenüber konventionell abgeformten Bauteilen erzielt.

Neben der Erweiterung des Verfahrens auf metallische Bauteile, wird am wbk Institut für Produktionstechnik an der Herstellung faserverstärkter Kunststoffe mit dem ARBURG freeformer geforscht. Eine Verstärkung von additiv gefertigten Bauteilen durch die Verwendung von Kurz- und Endlosfasern wird seit wenigen Jahren in verschiedenen Forschungsarbeiten untersucht. In ersten Grundlagenversuchen wurde bereits ermittelt, auf welche Weise Endlosfasern während der Fertigung in eine Zugprobe eingebracht werden können und wie weit die theoretisch mögli-

Ansprechpartner Metallbauteile:
Dipl.-Ing. Quirin Spiller
Telefon: +49 721/608-44982
E-Mail: Quirin.Spiller@kit.edu

che Verstärkung ausgeschöpft werden kann. Das Überdrucken von Glasfasern lieferte eine Erhöhung des E-Moduls um 21%. Dies entspricht 80% des berechneten theoretischen E-Moduls. Der Faservolumengehalt betrug



Carbonfaser gefüllte Zugproben

dabei lediglich 0,6%. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird in einer Kooperation zwischen dem wbk und ARBURG eine Anlagentechnologie entwickelt, welche eine Fasereinbringung in beliebiger Orientierung in der Ebene und Faserlänge automatisiert.

Ansprechpartner Faserverstärkung:
M.Sc. Florian Baumann
Telefon: +49 721/608-44012
E-Mail: Florian.Baumann@kit.edu