

# Bauteile aus Pulver und Licht

In den letzten Jahrzehnten haben sich die Generativen Fertigungsverfahren enorm weiterentwickelt. Ihr Einsatzgebiet, ursprünglich das Rapid Prototyping (RP) für die Fertigung von Funktionsprototypen und technischen Prototypen, hat sich zunehmend auch auf das Rapid Tooling und Rapid Manufacturing ausgeweitet. Die Bandbreite einsetzbarer Werkstoffe nimmt zu, so dass heute außer den im RP-Bereich allgegenwärtigen Kunststoffen auch metallische Standardwerkstoffe wie Edel- und Werkzeugstähle, Titan-, Aluminium-, Kobalt-Chrom- und Nickelbasis-Legierungen, aber auch Keramiken verarbeitet werden. Für die Erzeugung von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen, die keinerlei Binder oder sonstige Zusätze benötigen, wurde am Fraunhofer ILT im Jahr 2002 das »Selective-Laser-Melting-Verfahren« entwickelt. Das Fraunhofer IPK hat sich der Technologie in seinem neuen Kompetenzfeld »Generative Verfahren« angenommen und entwickelt sie in gezielten Parameterstudien weiter.

## ► Selective Laser Melting

Das Selective Laser Melting (SLM) ist ein additives Fertigungsverfahren. Die für das Verfahren notwendigen Bauteilinformationen werden zunächst in Form von 3-D-CAD-Daten bereitgestellt. Im nächsten Schritt der Prozessvorbereitung, dem so genannten »Slicen«, wird das Bauteilmodell mittels spezieller Software in übereinanderliegende Schichten definierter Schichtdicke zerlegt. Im letzten Schritt der Datenvorbereitung, dem »Hatchen«, wird jede Schicht in einzelne Laservektoren zerlegt. Der sich anschließende SLM-Prozess durchläuft drei Phasen, die sich zyklisch wiederholen, bis das Bauteil vollständig aufgebaut ist. In der ersten Phase wird die Substratplatte um eine im Vorfeld gewählte Schichtdicke, die

typischerweise zwischen 10 und 60 µm beträgt, abgesenkt. In der zweiten Phase wird eine Schicht Metallpulver mit einem Beschichter auf die Substratplatte aufgebracht. In der dritten Phase wird das aufgebrachte Pulver unter Verwendung eines Lasers vollständig aufgeschmolzen. Hierbei wird nicht nur die soeben aufgetragene Pulverschicht auf-, sondern auch die darunterliegende und bereits erstarrte Materialschicht teilweise angeschmolzen. Die so entstandene schmelzmetallurgische Schicht weist bei abgestimmten Verfahrensparametern eine relative Dichte von nahezu 100 Prozent auf. Nicht nur die physikalischen, auch die mechanischen Eigenschaften der erzeugten Bauteile entsprechen denen gegossener Werkstücke, so dass sie überwiegend einen Seriencharakter besitzen.

*Unterschiedlichste Bauteile können in einem Bauprozess gefertigt werden.*

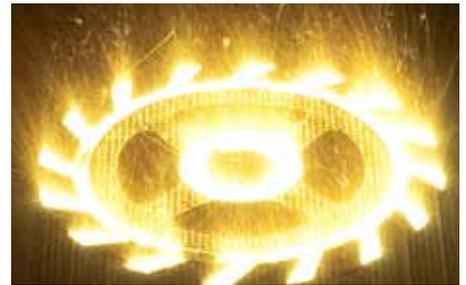




Mensch-Maschine-Interface



Belichtung der Bauteilkontur



Vollständiger Aufbau einer Bauteilschicht

### ► Individualisierte Produkte

Hierdurch rücken bisher schwer erreichbare Entwicklungsziele in greifbare Nähe: Das Ablösen teurer und aufwändiger Werkzeuge durch die digitale Fertigung, die Erzeugung funktionsintegrierter Bauteile und der Wechsel von der seriellen Massenproduktion hin zu einer Massenproduktion individualisierter und individueller Produkte. Speziell in Bereichen, in denen kleine Bauteile minimaler Losgrößen benötigt werden, ist das SLM-Verfahren heute schon eine konkurrenzfähige Alternative. Der metallische Unterbau von Zahnkronen, die so genannten Käppchen, können mit dem SLM-Verfahren innerhalb von 48 Stunden gefertigt werden. Im Vergleich zur konventionellen Prozesskette, die ein aufwändiges Feinguss-Verfahren mit verlorenen Formen umfasst, bedeutet dies eine Zeitersparnis von fünf Tagen. Weiterhin erlaubt die enorme Gestaltungsfreiheit des Verfahrens die Fertigung von Konstruktionen, die auf dem herkömmlichen Wege nicht herstellbar sind. Hohlräume, Hinterschnitte und komplexe Innengeometrien, wie konturnahe Kühlkanäle und verwobene Stützstrukturen, können mit den Mitteln der Generativen Fertigung erzeugt werden.

### ► Potenziale und Perspektiven

Die Oberflächenqualität der erzeugten Strukturen hat sich in den letzten Jahren bereits verbessert, bietet aber immer noch großes Optimierungspotenzial. Soll die Oberflächenrauheit nicht funktional, zum Beispiel für ein besseres Anwachsen von Implantaten eingesetzt werden, muss sie heute mittels spanender oder abtragender Verfahren nachbearbeitet werden. Um die immer weiter steigenden Bauteilanforderungen erfüllen zu können, müssen deshalb die Rauheit, aber auch die Form- und Maßhaltigkeiten generierter Bauteile weiter erhöht sowie der Bauteilverzug und die Eigenspannungen gesenkt werden.

Die Wissenschaftler des Fraunhofer IPK erforschen das Verfahren seit Anfang 2010 auf einer Selective-Laser-Melting-Anlage SLM 250HL der Firma MTT. Diese Anlage verfügt über den zurzeit stärksten auf dem SLM-Markt verfügbaren Laser und kann bis zu 400 Watt Leistung in der Fokusebene zur Wirkung bringen. Mit dieser Anlage führen die Ingenieure Parameterstudien durch, um zukünftig Bauteilverzug und Eigenspannungen erzeugter Bauteile entgegenzuwirken, aber auch um gezielt Werkstoff- und Bauteileigenschaften einstellen zu können. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt ist die Qualifizierung neuer Werkstoffe für das SLM-Verfahren. Aus diesen Werkstoffen werden Werkstücke aufgebaut, deren Qualität anschließend in Einsatzuntersuchungen validiert wird.

### Made from Powder and Light

Over the last decades generative manufacturing processes have developed rapidly. The application area has extended from rapid prototyping for the production of different prototypes to rapid tooling and rapid manufacturing. The process has been enhanced and the variety of applicable materials has widened. Nowadays, even metallic standard materials are used for the selective laser melting process (SLM). Research engineers at Fraunhofer IPK work on a SLM 250HL machine by MTT, which uses the strongest laser currently available on the SLM market with a maximum power of 400 watt. They will run several parameter studies which should help to work against warping and internal stress of the components. Moreover, these studies will provide information necessary to set targeted material and part properties. Furthermore, the qualification of new materials for this process will be one of the exploratory focuses of a newly established field of competence at Fraunhofer IPK: additive fabrication.

#### Ihre Ansprechpartnerin

Dipl.-Ing. (FH) Kamilla Urban

Tel.: +49 30 39006-107

E-Mail: kamilla.urban@ipk.fraunhofer.de

## Kurzprofil

# Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin

Das Produktionstechnische Zentrum PTZ Berlin umfasst das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der Technischen Universität Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Im PTZ werden Methoden und Technologien für das Management, die Produktentwicklung, den Produktionsprozess und die Gestaltung industrieller Fabrikbetriebe erarbeitet. Zudem erschließen wir auf Grundlage unseres fundierten Know-hows neue Anwendungen in zukunftsträchtigen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik.

Besonderes Ziel des PTZ ist es, neben eigenen Beiträgen zur anwendungsorientierten Grundlagenforschung neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu entwickeln. Das PTZ überführt die im Rahmen von Forschungsprojekten erzielten Basisinnovationen gemeinsam mit Industriepartnern in funktionsfähige Anwendungen.

Wir unterstützen unsere Partner von der Produktidee über die Produktentwicklung und die Fertigung bis hin zur Wiederverwertung mit von uns entwickelten oder verbesserten Methoden und Verfahren. Hierzu gehört auch die Konzipierung von Produktionsmitteln, deren Integration in komplexe Produktionsanlagen sowie die Innovation aller planenden und steuernden Prozesse im Unternehmen.

## Ihre Ansprechpartner im PTZ Berlin

### Unternehmensmanagement

Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins  
Telefon +49 30 39006-233, -234  
kai.mertins@ipk.fraunhofer.de

### Virtuelle Produktentstehung, Industrielle Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark  
Telefon +49 30 39006-243  
rainer.stark@ipk.fraunhofer.de

### Produktionssysteme, Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann  
Telefon +49 30 39006-101  
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

### Füge- und Beschichtungstechnik (IPK)

Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier  
Telefon +49 30 8104-1550  
michael.rethmeier@ipk.fraunhofer.de

### Füge- und Beschichtungstechnik (IWF)

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark (komm.)  
Telefon +49 30 314-25415  
rainer.stark@tu-berlin.de

### Automatisierungstechnik, Industrielle Automatisierungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Telefon +49 30 39006-181  
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

### Montagetechnik und Fabrikbetrieb

Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger  
Telefon +49 30 314-22014  
guenther.seliger@mf.tu-berlin.de

### Qualitätsmanagement, Qualitätswissenschaft

Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem  
Telefon +49 30 39006-118  
roland.jochem@ipk.fraunhofer.de

### Medizintechnik

Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve  
Telefon +49 30 39006-120  
erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

## Fraunhofer- Innovationscluster

### Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energie und Verkehr

Dipl.-Ing. Markus Röchner  
Telefon +49 30 39006-279  
markus.roehner@ipk.fraunhofer.de

### Sichere Identität

Dipl.-Phys. Thorsten Sy  
Telefon +49 30 39006-282  
thorsten.sy@ipk.fraunhofer.de

## Fraunhofer-Allianzen

### AdvanCer

**Hochleistungskeramik**  
Tiago Borsoi Klein M.Sc.  
Telefon +49 30 39006-154  
tiago.borsoi.klein@ipk.fraunhofer.de

### Reinigungstechnik

Dipl.-Ing. Martin Bilz  
Telefon +49 30 39006-147  
martin.bilz@ipk.fraunhofer.de

### Verkehr

Dipl.-Ing. Werner Schönewolf  
Telefon +49 30 39006-145  
werner.schoenewolf@ipk.fraunhofer.de

## Arbeitskreise

### Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe

Dipl.-Ing. Matthias Graf von  
der Schulenburg  
Telefon +49 30 314-21791  
schulenburg@iwf.tu-berlin.de

### Keramikbearbeitung

Dipl.-Ing. Vanja Mihotovic  
Telefon +49 30 314-23473  
mihotovic@iwf.tu-berlin.de

### Trockeneisstrahlen

Dipl.-Ing. Martin Bilz  
Telefon +49 30 39006-147  
martin.bilz@ipk.fraunhofer.de

### Mikroproduktionstechnik

Dr.-Ing. Dirk Oberschmidt  
Telefon +49 30 6392-5106  
dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

### Berliner Runde (Werkzeugmaschinen)

Dipl.-Ing. Bernd Duchstein  
Telefon +49 30 314-24456  
duchstein@iwf.tu-berlin.de

## Kompetenzzentren

### Anwendungszentrum

**Mikroproduktionstechnik (AMP)**  
Dr.-Ing. Dirk Oberschmidt  
Telefon +49 30 6392-5106  
dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

### Benchmarking

Dr.-Ing. Holger Kohl  
Telefon +49 30 39006-168  
holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

### Elektromobilität

Dipl.-Ing. Werner Schönewolf  
Telefon +49 30 39006-145  
werner.schoenewolf@ipk.fraunhofer.de

## Mehr Können – Veranstaltungen 2011

Claudia Engel  
Telefon +49 30 39006-238  
claudia.engel@ipk.fraunhofer.de

### Methods-Time Measurement

Dipl.-Ing. Aleksandra Postawa  
Telefon +49 30 314-26866  
postawa@mf.tu-berlin.de

### Modellierung technologischer und logistischer Prozesse in Forschung und Lehre

Dipl.-Ing. Sylianos Chiotellis M.Sc.  
Telefon +49 30 314-23547  
skernb@mf.tu-berlin.de

### PDM/PLM

Dr.-Ing. Haygazun Hayka  
Telefon +49 30 39006-221  
haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

### Rapid Prototyping

Dipl.-Ing. (FH) Kamilla Urban  
Telefon +49 30 39006-107  
kamilla.urban@ipk.fraunhofer.de

### Simulation

Dipl.-Ing. Pavel Gocev  
Telefon +49 30 39006-170  
pavel.gocev@ipk.fraunhofer.de

### Self-Organising Production (SOPRO)

Dipl.-Ing. Eckhard Hohwieler  
Telefon +49 30 39006-121  
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

### Szenarien für die Produkt- entwicklung und Fabrikplanung

Dipl.-Ing. Marco Eisenberg  
Telefon +49 30 314-25549  
meisenberg@mf.tu-berlin.de

### Virtual Reality Solution Center (VRSC)

Dr.-Ing. Johann Habakuk Israel  
Telefon +49 30 39006-109  
johann.habakuk.israel@ipk.fraunhofer.de

### Wiederverwendung von Betriebsmitteln

Dipl.-Ing. Timo Fleschutz  
Telefon +49 30 314-22404  
tfleschutz@mf.tu-berlin.de

### Wissensmanagement

Dr.-Ing. Dipl.-Psych. Ina Kohl  
Telefon +49 30 39006-264  
ina.kohl@ipk.fraunhofer.de

### Zentrum für Innovative Produktentstehung (ZIP)

Dr.-Ing. Haygazun Hayka  
Telefon +49 30 39006-221  
haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

