

# Schicht für Schicht zum perfekten Implantat

**Komplexe Bauteile ohne Fügestellen sind die Spezialität generativer Verfahren. Immer deutlicher wird der Wert dieser Technologie für den medizintechnischen Bereich, etwa bei der Fertigung individuell angepasster Implantate. Beim additiven Schichtbauverfahren, dem so genannten »Laserstrahlschmelzen«, werden auf der Basis von CAD-Daten pulverförmige Werkstoffe wie Edelstahl, Titan und Aluminium verarbeitet. Durch einen Laser werden die Pulver definiert geschmolzen und es entsteht ein Bauteil mit einer Dichte von 99.94 %. Wichtig für vorbildgetreue Implantate: Die Technologie ermöglicht die Fertigung von Freiformen und Hinterschnitten, von außen- und innenliegenden filigranen, komplexen Strukturen als Einzelteil – und das in einem einzigen Arbeitsschritt.**

Implantate dienen der Wiederherstellung von geschädigtem Gewebe in Knochen und Gelenken. Ziel ist es, die Funktion des Körperteils möglichst vollständig wiederherzustellen. Weitere Anwendungen von Implantaten ist die Behebung oder Ausfüllung von Fehlbildungen, wie z. B. Löcher in einer Schädelplatte. Etabliert haben sich in den letzten Jahren auch zahnmedizinische Anwendungen, hierbei handelt es sich um Zahnimplantate, Brücken, und Träger zur Stabilisierung von Prothesen. Kalotten und Zahnbrücken können bereits generativ hergestellt werden.

## ► Leistungsstarke Biomaterialien

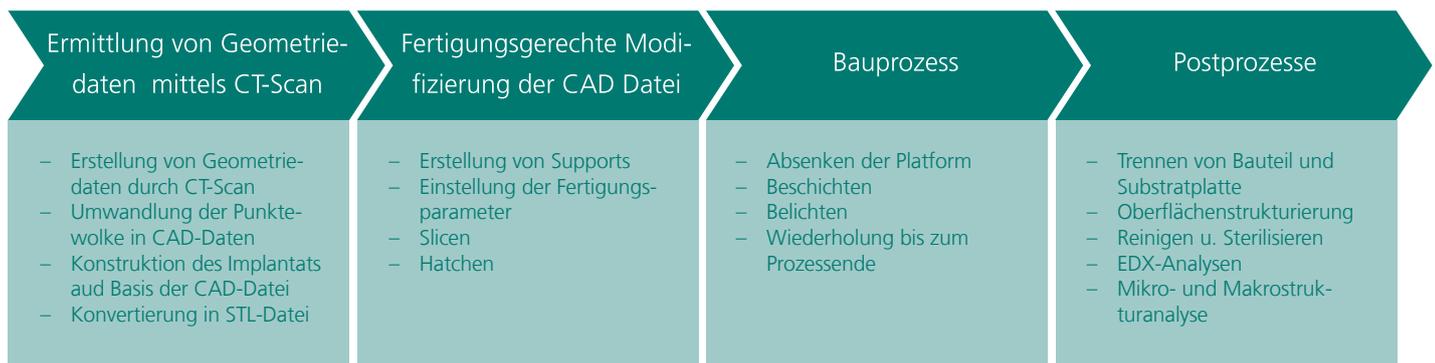
In der Medizin kommen aufgrund von hohen biologischen, physikalischen und chemischen Materialanforderungen nur

wenige Werkstoffe für Implantate in Frage. Ergonomische Merkmale, physikalische Eigenschaften und Alterungsprozesse der Werkstoffe müssen so ausgelegt sein, dass sie ein möglichst geringes Verletzungsrisiko bergen. Ein Großteil der verwendeten Metalle zählt zu den bioinerten Werkstoffen. Bei bioinerten Materialien kommt es zu keiner oder nur einer minimalen chemischen oder biologischen Wechselwirkung zwischen Implantat und Gewebe. Zu diesen Metallen gehören Titan, Tantal, Niob, Zirkonium, Aluminiumoxid und Zirkonoxid. Die großen Vorteile dieser metallischen Werkstoffe liegen in ihrer hohen Zugfestigkeit und dem guten Abriebwiderstand. Dadurch sind z. B. Prothesenbrüche äußerst selten. Außerdem sind diese Materialien sterilisierbar.

Werkstoffe, die aktiv mit dem umliegenden Knochen reagieren, wodurch eine Adhäsion zwischen Knochen und Implantat entsteht, werden als bioaktiv bezeichnet. Zu diesen Werkstoffen gehören Hydroxylapatit, biodegradierbare Polymere sowie Titanoxid in einer Gitterform mit Strukturen von 20 µm.

## ► Laserstrahlschmelzen für die Medizintechnik

Durch generative Technologien können Implantate patientenindividuell gefertigt werden. Das heißt zum Beispiel, dass Knochenaufbauten analysiert und exakt nachgebildet werden können, wodurch das Implantat sehr nah am individuellen Körper des Patienten ausgerichtet werden kann. Durch die Anpassung an das vorhandene gesunde Material wird der



Generative Prozesskette zur Herstellung von Implantaten



Strukturiertes Hüftimplantat aus Ti6Al4V



Zahnkrone (1.4404)

Erfüllungsgrad der geforderten Biokompatibilität erhöht und Verankerungen des Implantats im Körper werden gefestigt. Generative Verfahren ermöglichen eine sehr komplexe Strukturierung der Oberfläche des Implantats in Anlehnung an die Struktur gesunder Körperteile. Dadurch kann das umliegende Gewebe in das Implantat einwachsen – das künstliche Körperteil wird so vom Körper schonend und auf natürliche Weise zusätzlich verankert.

Bisher werden Implantate mit definierter Porosität, die Gewebestrukturen ähneln sollen, durch den Einsatz von Metallschäumen hergestellt. Das ist bspw. relevant, wenn die Implantate für einen ungestörten Bewegungsablauf flexibel nachgeben müssen wie ihr biologisches Vorbild. Eine gezielte Einstellung der Porosität und damit auch der Flexibilität des Implantats ist bei Metallschäumen jedoch nicht möglich. Diese Graduierung in Anlehnung an die Gewebebeschaffenheit des einzelnen Patienten ist eine der Stärken generativer Verfahren. Im Bereich der strukturellen Biokompatibilität ist die Technologie wegweisend.

#### ► Prozesskette vom Scan zum Implantat

Die Prozesskette zur generativen Fertigung von Implantaten beginnt mit einem computertomographischen Scan der betroffenen Knochen- und Gewebestruktur. In Form einer Punktwolke wird die

Struktur digital festgehalten. Auf Basis dieser Punktwolke kann eine CAD-Datei erstellt werden, auf der die Konstruktion des Implantats basiert. Die finale Implantatgeometrie wird in eine STL Datei konvertiert und anschließend für den Bauprozess fertigungsgerecht modifiziert. Das schließt die Erstellung von nötigen Stützstrukturen, das Zuordnen von passenden Fertigungsparametern und das anschließende Slicen und Hatchen mit ein. Im Anschluss an den Fertigungsprozess wird das fertige Bauteil von der Substratplatte getrennt und kann ohne weitere Zwischenschritte einer weiteren Oberflächenstrukturierung oder direkt der gründlichen Reinigung und Sterilisierung unterzogen werden.

Die neue Technologie der generativen Fertigung muss noch für die Medizintechnik qualifiziert werden. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IPK arbeiten an der Untersuchung und Optimierung der Phasen- und Oberflächenzusammensetzungen von generativ gefertigten Teilen mittels EDX-Analyse. Durch weitere metallographische Analysen können die Mikro- und Makrostrukturen geprüft werden. Durch die Kooperation des Fraunhofer IPK und der Charité Universitätsmedizin Berlin wird langfristig auch die Einstufung der Biokompatibilität und des Langzeitverhaltens generativ gefertigter Implantate durch Zell-, Gewebe- und Organtests avisert. ■

### Layer by Layer to the Perfect Implant

Complex components without joints are the specialty of generative manufacturing processes. The manufacturing method has become increasingly valuable for the field of medical technology, for example for the manufacturing of individual implants. Based on CAD files, powdery materials like stainless steel, titanium and aluminum are being processed during the additive layer-wise building process, the so called »Selective Laser Melting«. Powders are melted by the laser in a defined manner, which results in a component with a density of 99.94 percent. What is important for model-specific implants: This technology enables the manufacturing of free forms and undercut as well as internal and external filigree complex structures as an individual component – and all this in one single step.

#### Ihre Ansprechpartner

Dipl.-Ing. André Bergmann  
Telefon +49 30 39006-107  
andre.bergmann@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Frederik John  
Telefon +49 30 39006-107  
frederik.john@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.roechner@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

