

Künstliches Knochenimplantat hergestellt mittels CerAM VPP und Gefrierschäumen.

Gesund, fit und rüstig bis ins hohe Alter – gerade in Hinblick auf die steigende Lebenserwartung stehen diese Wünsche bei vielen weit oben auf der Liste. Doch auf der Lebensstrecke 60+ bleiben Knochen- und Gelenksdegradation sowie Gewebs-, Muskel- und Sehnenverluste nicht aus. Aber auch jüngere Menschen können nach Krankheit oder Unfällen von Knochen- und Gelenkschäden betroffen sein. Zur Behebung solcher Defekte und Aufwertung der Lebensqualität entwickelt und erforscht die Fraunhofer IKTS-Gruppe »Biologisierte Materialien und Strukturen« Implantate und Implantat-Materialien, die die menschliche Knochenstruktur nachahmen.

Wie entsteht ein biokompatibles Knochenimplantat und was zeichnet es aus?

Der künstliche Knochen wird personalisiert, d. h. maßgeschneidert. Solche sogenannten Scaffolds entstehen durch die Kombination von additiv gefertigten Strukturen (*corticalis*-artig umgebend und/oder als biomechanisch optimierte Stützstreben) und einer porösen biokeramischen Füllung (*spongiosa*-artig). Für die Herstellung der Stützstrukturen wird am Fraunhofer IKTS das additive Verfahren der Ceramic Additive Manufacturing Vat Photopolymerization (CerAM VPP) eingesetzt.

Gefüllt sind die Scaffolds mit porösen Biokeramiken, die über Gefrierschäumung hergestellt werden. Dabei wird der Umgebungsdruck um eine wässrige keramische Suspension in einem Gefriertrockner abgesenkt. Das führt zum Aufblähen der



Komplexe Knochenstrukturen aus hybrider Fertigung (CerAM VPP und Gefrierschäumen).

Suspension. Der so entstandene Schaum wird durch Gefrieren stabilisiert und über anschließend vom Eis befreit und getrocknet. Nach der für keramische Werkstoffe üblichen Wärmebehandlung ist ein fester Schaum entstanden, der als Knochenersatzmaterial verwendet werden kann.

Gefriergeschäumte Biomaterial-Strukturen weisen eine überwiegend offene Porosität zwischen 70 und 90 Prozent sowie Porengrößen im Mikro-/Meso-Bereich von 0,1 bis 20 μm und im Makrobereich von 100 bis 1000 μm auf. Zudem sind sie interkonnektiert und weisen porenverbindende Stege auf, die ausgefüllt und mikroporös zugleich sind. Sie tragen damit zur Stabilisierung der sonst hochporösen Struktur bei. Eine Eignung als Implantatmaterial ist im Projekt HybridBone (FKZ: 03VP07633) erfolgreich nachgewiesen worden (Bild unten).



Hybrid-Bone-Testimplantat: Innere CerAM VPP-Stützstreben (TCP:ZrO₂; links) und ausfüllender Gefrierschaum (TCP).

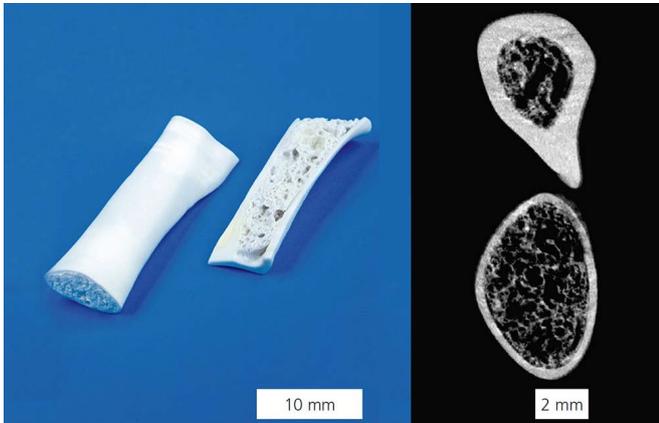
Dr. Matthias Ahlhelm

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden
Telefon +49 351 88815-7440
matthias.ahlhelm@ikts.fraunhofer.de

374-W-23-10-17



Development of personalized bone replacement materials



Artificial femoral bone segment made by CerAM VPP and Freeze Foaming.

Healthy, fit and sprightly into old age - especially in view of increasing life expectancy, these wishes are on top on the list of many people. However, bone and joint degradation as well as tissue, muscle and tendon loss are not absent from the 60+ life span. But younger people can also be affected by bone and joint damage after illness or accidents. To repair such defects and enhance quality of life, the Fraunhofer IKTS group "Biologized Materials and Structures" develops and researches implants and implant materials that mimic the human bone structure.

How is a biocompatible bone implant created and what are its characteristics?

The artificial bone is replicated in a personalized way. The customized bone implants (scaffolds) are realized by combining additively manufactured support structures (*corticalis*-like surrounding and/or as biomechanically optimized scaffolds) and a porous bioceramic filling (*spongiosa*-like). For the fabrication of the biomechanical support structures, the Ceramic Additive Manufacturing Vat Photopolymerization (CerAM VPP) is used at Fraunhofer IKTS.

The scaffolds are filled with porous bioceramics, produced via Freeze Foaming. In this process, the ambient pressure is lowered around an aqueous ceramic suspension in a freeze dryer. This causes the suspension to expand until the resulting foam is stabilized by freezing. Via freeze-drying, the structure is freed



Hybrid shaping of complex bone structures.

from ice and dried. After heat treatment, which is common for ceramic materials, a solid foam is formed that can be used as a bone substitute material.

Common freeze-foamed biomaterial structures have a predominantly open porosity between 70 and 90 percent and pore sizes in the micro/meso range of 0.1 to 20 μm and in the macro range of 100 to 1000 μm . In addition, they are interconnected and feature pore-connecting struts that are filled and microporous at the same time. They thus contribute to the stabilization of the otherwise highly porous structure.

Its suitability as an implant material has been successfully demonstrated in the HybridBone project (funding code: 03VP07633) (figure below).



Hybrid-bone test implant: inner CerAM VPP support (TCP/ZrO₂; left) and foamed-in Freeze Foam (TCP).

Dr. Matthias Ahlhelm

Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS
Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden, Germany
Phone +49 351 88815-7440
matthias.ahlhelm@ikts.fraunhofer.de

374-W-23-10-17

