

# Generative Herstellung von Implantaten mit Hybridstrukturen für den Schädelbereich

Lehrstuhl Biomaterialien der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Cauerstraße 6, 91058 Erlangen

Dr.-Ing. Rainer Detsch, rainer.detsch@fau.de

GeSiM - Gesellschaft für Silizium-Mikrosysteme mbH, Bautzner Landstrasse 45, 01454 Grosserkmannsdorf

Dr. Hendrick Fiehn, fiehn@gesim.de

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen

Dr. Stefan Gerth, stefan.gerth@iis.fraunhofer.de

Universitätsklinikum Freiburg – Orale Biotechnologie, Hugstetter Straße 55, 79106 Freiburg

Prof. Dr. Thorsten Steinberg, thorsten.steinberg@uniklinik-freiburg.de

Stryker Leibinger GmbH & Co KG (Projektkoordinator), Bötzingen Straße 41, 79111 Freiburg

Sven Kuhn, sven.kuhn@stryker.com



**Biomaterials**  
Erlangen

**GESIM**



## Motivation

Im Forschungsvorhaben HY2PRINT werden Hydrogele mit Titan-Implantaten mittels additiver Fertigung kombiniert. Diese sollen im Krano-/Maxillo-/Fazial-Bereich zur Regeneration von

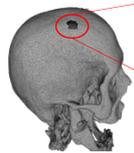
heute nicht optimal versorgten sog. „critical size bone defects“ eingesetzt werden. Hierzu werden unterschiedliche Schichten der Hydrogele gefertigt, die jeweils besondere biologische und

biomechanische Eigenschaften aufweisen. Die unterschiedlichen Schichten greifen das biologische Vorbild auf. Die Übertragung für patientenspezifische Lösungen ist damit möglich.

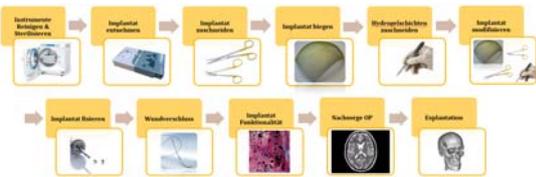
## Konzept / Produkt

Die Anforderungen aus der Klinik sind definiert damit das Implantat den größtmöglichen Nutzen erreicht.

Die Lösung kann sehr wahrscheinlich auch auf andere klin. Applikationen übertragen werden.



In ersten Vorversuchen zum Handling des Implantats im klinischen Einsatz konnten gute Ergebnisse erzielt werden:

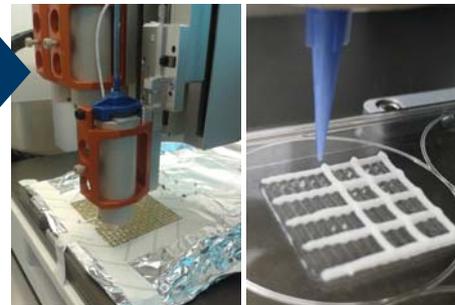


Titan-Implantat für externe mechan. Belastungen  
Hydrogel-Schicht A als Haft- und Trennschicht  
Hydrogel-Schicht B für das verbesserte Einwachsen des Knochens  
Hydrogel-Schicht C als Trennschicht  
Hydrogel-Schicht D für die Unterstützung der Regeneration der Dura

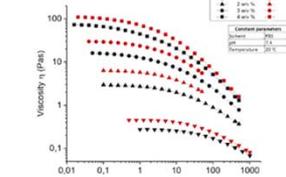
## Materialentwicklung und Prozessaufbau

Mittels 3D-Drucken werden unterschiedliche Hydrogele Schichten gefertigt, die jeweils spezielle biologische und biomechanische Eigenschaften aufweisen müssen.

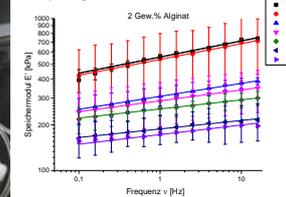
Die Struktur der unterschiedlichen Schichten greift das biologische Vorbild des Schädelknochens und der darunterliegenden Gehirnhaut auf.



3-D Drucken von unterschiedlichen Implantatschichten: Titan-Alginat Hybridstruktur (links), Hydroxylapatit-Alginat Verbundmaterial (rechts).



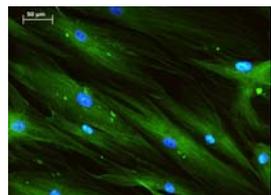
Rheologische Charakterisierung der Hydrogele.



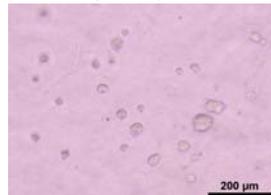
Degradationsuntersuchungen mittels dynamisch-mechanische Analyse (DMA).

## Biologische & Biomechanische Prüfung

Präklinische in vitro Validierung von neu-entwickelten Biomaterialien mittels organotypischen 2D/3D- Zellkulturmodellen von human- und gewebespezifischen Fibroblasten und Osteoblasten.

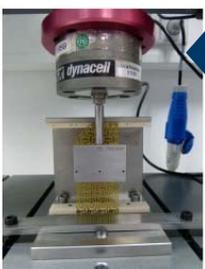


adhärent wachsende Fibroblasten mit authentischer Zellmorphologie. (Immunfluoreszenzfärbung; blau: kss Zellkern, grün: microtubule-associated protein 4)



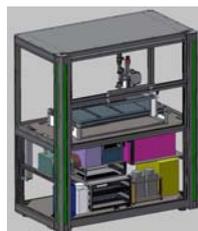
Atypische Fibroblasten-Morphologie, adhären nicht auf Hydrogel-Schichten A / C (Phasenkontrastmikroskopie)

Stat. und dynamische Testmethoden für die Evaluierung der mechanischen Belastung wurden erarbeitet und die Akzeptanzkriterien erreicht.

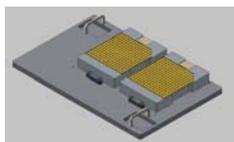


Handlingstests zur Bewertung von scharfen Kanten nach dem Schneiden wurden erfolgreich mit mehr als 6 Chirurgen durchgeführt. Ein Testaufbau zur Bewertung der Delamination wurde erstellt.

## 3D-Produktionsdrucker zum Drucken unterschiedlicher Hydrogellagen

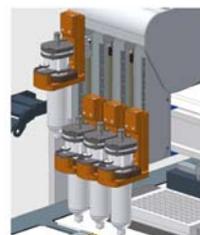


Tischgehäuse für den HY2PRINT-Drucker



Spezielle Halterung für Titanimplantate zum Bedrucken mit Hydrogelen.

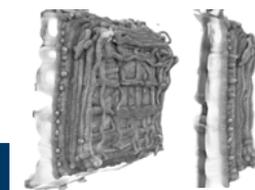
Entwicklung und Herstellung eines 3D-Druckers für den Aufbau dreidimensionaler Mehrmaterialsysteme auf Titan-Implantate. Eine 3D-Druck-Software mit vielfältigen Möglichkeiten zur freien Wahl von Druckparametern und freien Geometriegestaltung wird ebenfalls entwickelt.



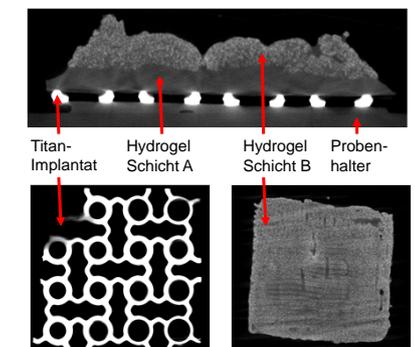
Mechanischer Kolbenextruder für bis zu 4 Hydrogel-Schichten.

## Hochauflösende Messung von Hydrogelschichten in Hybridsystemen

Mittels Röntgen-Computertomographie (CT) erfolgt die Materialprüfung und Charakterisierung der Hydrogel-Titan-Implantate. Anhand der Dichte können die Schichten unterschieden und charakterisiert werden.



Die 3D-Bilder zeigen das Implantat aus zwei Blickwinkeln mit dem Titan an der Unterseite und den beiden Hydrogel-Schichten darüber.



## Zusammenfassung

Mit diesem neuartigen Ansatz kann die Leistung von Titan-Implantaten deutlich erweitert werden. Die einzigartigen Kompetenzen im Konsortium erlauben eine fokussierte Arbeit an den grundlegenden Problemen um den Druck der Implantate für Standard- aber auch individualisierte Implantate zu ermöglichen. Des Weiteren erlaubt diese Technologie in Zukunft vielfältige Einsatzmöglichkeiten um weitere positive Eigenschaften zu integrieren.



Bundesministerium für Bildung und Forschung

Gefördert: Additive Fertigung – Individualisierte Produkte, komplexe Massenprodukte, innovative Materialien (ProMat\_3D)  
Themenschwerpunkt: Materialforschung: (HY2PRINT- 03XP0097 A-E)

