

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Projektinformationen

IGF-Nr.:	20302 N
Laufzeit:	09/2018 - 05/2022
Fördersumme:	492.448 EUR
Industrieleistungen:	115.531 EUR

### Forschungseinrichtungen

- RWTH Aachen, Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung
- RWTH Aachen Universitätsklinikum, Klinik f. Mund-, Kiefer- u. Gesichtschirurgie

### Projektbegleitender Ausschuss

- Akad. f. zahnärztl. Fortbildung Karlsruhe
- BEGO GmbH & Co. KG
- bredent med. GmbH & Co. KG <sup>KMU</sup>
- Bürkert Werke GmbH & Co. KG
- CAMLOG Vertriebs GmbH
- Limmer Laser GmbH <sup>KMU</sup>
- LLS ROWIAK GmbH <sup>KMU</sup>
- Mectron Deutschland GmbH <sup>KMU</sup>
- Medentika GmbH
- National Instruments GmbH
- RWTH Aachen, Klinik für Unfallchirurgie und Wiederherstellungschirurgie
- Schlumbohm GmbH & Co. KG <sup>KMU</sup>
- Sirona Dental Systems GmbH

- **Medizinische Laser z. kontrolliert. Dentalimplantat-Erwärmung**
- **Osseodisintegration enossaler Implantate**

## Osseodisintegration enossaler Implantate mit biophysikalischen Methoden (ODIN)

### Die Herausforderung

Weltweit werden jährlich über 15 Millionen Dentalimplantate eingesetzt. Dabei werden 6-16 mm lange Schrauben im Kieferknochen (= enossal) fixiert, die anschließend irreversibel festwachsen (= Osseointegration) und so die notwendige Festigkeit erlangen, um Zahnersatzkonstruktionen tragen zu können.

Allerdings können Komplikationen auftreten, z. B. bei Implantatbrüchen, Verschleiß mit daraus resultierenden Passungenauigkeiten, Entzündungen oder ästhetischen Problemen, sodass es notwendig oder sinnvoll ist, Implantate zu entfernen. Allerdings ist die Osseointegration bisher irreversibel. Zur Entfernung sind die Implantate aus dem Knochenlager herauszufräsen, was erhebliche Knochendefekte um das Implantatbett herum verursacht. Dies verschlechtert jedoch die Möglichkeiten einer implantologischen Neuversorgung erheblich.

Ein gewebeschonendes Verfahren zur Osseodisintegration, also zur Lösung von Dentalimplantaten von den mit ihnen verwachsenen Knochenzellen, wäre ein Meilenstein in der Implantologie.

### Die Innovationsidee

Ziel war die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur atraumatischen Osseodisintegration enossaler Dentalimplantate. Der von ODIN verfolgte Ansatz beruhte auf einer intentionellen Lösung der strukturellen und funktionellen Verbindung zwischen Knochenzellen und Implantat durch kontrollierte Einbringung optimierter thermischer Impulse und homogener Temperatur-Ausbreitung.

Idealerweise kann eine für die effektive Lösung der Verbindung notwendige Erwärmung oder Kühlung räumlich eng auf den Bereich entlang der Implantat/Knochenzellen-Grenzfläche begrenzt werden. Durch eine dieserart erzielbare Reversibilität der Osseointegration sollen Implantate mit geringen Kräften herausgeschraubt werden können, ohne mehr als eine < 0,5 mm dünne Knochenschicht an der Grenzfläche zum Implantat zu denaturieren.

Die Innovationsentwicklung bedurfte einer Methodik zur gezielten Temperierung, numerische und experimentelle Untersuchungen bzgl. des thermischen Einflusses entlang der Grenzflächen, In-vivo-Verifizierung an Tiermodellen sowie Standardisierung eines Verfahrens.

## Projektbegleitender Ausschuss

(Fortsetzung)

- SPECTARIS e. V.
- W & H Deutschland GmbH
- Zahnärzte Ayoub <sup>KMU</sup>
- Zahnärzte am Kirchplatz Düsseldorf <sup>KMU</sup>
- Zahnärztl. Praxis f. Parodontologie <sup>KMU</sup>

## Das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMWK** fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projektimpulse.

2 **IGF-Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Die **Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen** (AiF) lässt die Anträge durch **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten.

7 Das **BMWK** finanziert die Forschungskosten bis max. 275/525/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen mithilfe von je 10-20 Unternehmen projektbegleitender **Industrieausschüsse** mit mindestens 50 % **KMU** einen regen Technologietransfer bis in die Branchen hinein sicher.

11 Die **Industrie** sorgt durch Bekundung ihrer Interessen für die Praxisrelevanz der Forschung, steuert Industrieexpertise bei und validiert die Ergebnisse.

**Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.**

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

### Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.  
Werderscher Markt 15, 10117 Berlin  
030 4140 21-50  
info@forschung-fom.de  
www.forschung-fom.de



## Die Ergebnisse

Es wurden drei Temperierungsmethoden entwickelt, eine elektrische Erwärmung mittels Heizelement, eine Laser-optische Erwärmung mittels Dentallaser und eine Erwärmung oder Kühlung durch erzwungene Konvektion (s. Abb. unten). Der thermische Einfluss auf die Verbindungsfläche Implantat/Knochen wurde für die genannten Temperierungsmethoden zunächst artunspezifisch, dann ex vivo an realen Implantaten in Schweinekiefern und in vivo an Implantaten in Kleintieren (Ratten) und Großtieren (Schweinen) untersucht.

In dem Projekt konnte eine gleichmäßige, lokal begrenzte und damit schonende Temperierung der gängigsten Zahnimplantate erreicht werden. Dadurch konnten thermische Schädigungen von Knochen außerhalb einer < 0,5 mm dünnen Knochenschicht an der Grenzfläche zum Implantat vermieden werden. Innerhalb dieser Knochenschicht hingegen stellten sich bei denselben Temperierungsbedingungen Anzeichen für die beabsichtigte Osseodisintegration ein: Bei In-vivo-Untersuchungen an Ratten konnten mit dem Transmissionselektronenmikroskop Zellschäden in der direkten Implantatumgebung nachgewiesen werden, unabhängig von der gewählten Temperierungsmethode. Unter anderem kam es zur Schrumpfung und Ablösung von der umgebenden Knochenmatrix, teilweise zu nekrotischen Zellen, die leere Ausbuchtungen ("Lakunen") hinterließen.

Es konnte ein ideales Temperaturfenster für die Osseodisintegration der Implantate identifiziert werden, bei dem das Implantat eine Temperatur von 50 °C erreicht. Die besondere Eignung dieses Temperaturfensters wurde bei den Untersuchungen am Kleintiermodell bestätigt. Intensität und Dauer der Temperierung haben dabei einen signifikanten Einfluss auf die Homogenität der Tempe-

raturverteilung an der Implantat/Knochen-Grenzfläche sowie an der Ausbreitung der Temperierung in den umgebenden Knochen. Eine höhere Heizleistung bei entsprechend kürzerer Aufheizzeit von z. B. < 2 Minuten führen zu einer inhomogeneren Temperaturverteilung auf der Implantatoberfläche, jedoch zu einer geringeren Penetrationstiefe der Temperierung in den Knochen und damit zu einer geringeren thermisch bedingten Knochennekrose.

Die Versuche am In-vivo-Großtiermodell lieferten keine weitere Bestätigung der Ergebnisse, da die Implantate von den Tieren nicht angenommen und herausgebissen wurden.

## Die Verwertung

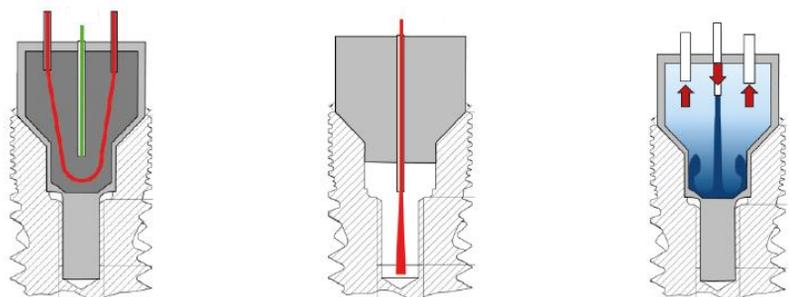
### KMU-Nutzen

Die Ergebnisse von ODIN tragen zur Entwicklung neuer Geräte zur Implantat-Entfernung und für andere Anwendungen bei. So profitieren vor allem kleinere Hersteller von thermischen Quellen für verschiedene Anwendungsnischen. Auch Zahnarztpraxen profitieren durch das neue Geschäftsfeld einer gewebeschonenden Implantatextraktion.

Über diese KMU-Nutzen hinaus profitieren Implantathersteller beliebiger Größe von den erarbeiteten Auslegungsempfehlungen für Osseodisintegrationsgeeignete Implantat-Innengeometrien.

### Umsetzung

Die Einsetzbarkeit der temperaturinduzierten Osseodisintegration enossaler Implantate und die besondere Eignung eines idealen Temperaturfensters wurden in vivo am Kleintiermodell gezeigt. Zusammen mit Unternehmen sollen nun klinische Studien durchgeführt werden. Zudem soll eine erweiterte Anwendbarkeit der Ergebnisse auf zementfrei implantierte Hüftprothesen innerhalb eines DFG-Projekts untersucht werden.



Schematische Darstellung der im Projekt entwickelten Temperierungsmethoden (von links nach rechts): elektrische Erwärmung mittels Heizelement, Laser-optische Erwärmung mittels Dentallaser, Erwärmung oder Kühlung durch erzwungene Konvektion von Wasser.