

Die dentale Implantologie hat sich als wichtige Behandlungsmethode in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde etabliert. Die Hauptfunktion der implantologischen Versorgung besteht neben der ästhetischen und funktionellen Rehabilitation vor allem in der Prävention von periimplantärem Knochenabbau als Hauptursache für das Entstehen einer periimplantären Entzündung. Diese Studie beschäftigt sich mit der Osseointegration von Zirkoniumdioxidimplantaten mit mikrorauer Oberflächentopografie im Vergleich zu Titanimplantaten.



# Osseointegration von Zirkoniumdioxid- und Titanimplantaten

## Eine histologische Untersuchung im Vergleich

Univ.-Prof. Dr. Wolf-Dieter Grimm, Prof. Dr. Bernd Giesenhagen,  
Dr. med. dent. Marco Alexander Vukovic, Prof. Dr. Tilman Fritsch

Das Ziel der vorliegenden Schafsstudie bestand darin, das knöcherne Einheilungsverhalten von Zirkoniumdioxidimplantaten mit einer speziellen mikrorauen Oberfläche im UK-Modell eines Schafs zu untersuchen. Als Vergleichsproben dienten Titanimplantate mit säuregeätzter Oberfläche, die aktuell den „Goldstandard“ im Bereich der dentalen Implantologie darstellen. Durch qualitative histologische und initiale histomorphometrische Analysen wurde das Knochen-Implantat-Interface untersucht.

### Material und Methoden

#### Verwendetes Titanimplantatsystem

In den experimentellen Versuchen wurde ein Titanimplantatsystem mit optimaler Oberflächenmikrorauheit und Oberflächentopografie verwendet (K3 Pro Implantatsystem®, Argon Dental). Dieses zeichnet sich durch eine bakteriendichte Verbindung auf krestaler und subkrestaler Ebene mit einem geringen Austrittsprofil aus dem Sulkus aus (Abb. 1). Die raue Oberflächentopografie, die OsteoActive®-

Oberfläche, entsteht durch eine Säureätzung (Abb. 2).

#### Verwendetes keramisches Implantatsystem

Die verwendeten Keramikimplantate wurden von der Firma Carident AG, Schweiz, bereitgestellt (Abb. 3a und b). Die qualitativen Oberflächenuntersuchungen wurden mit einem ZEISS EVO MA15 Rasterelektronenmikroskop im Hochvakuum (15 kV/30 pA) durchgeführt. Zur Elementanalyse der Probenoberfläche wurde ein Bruker

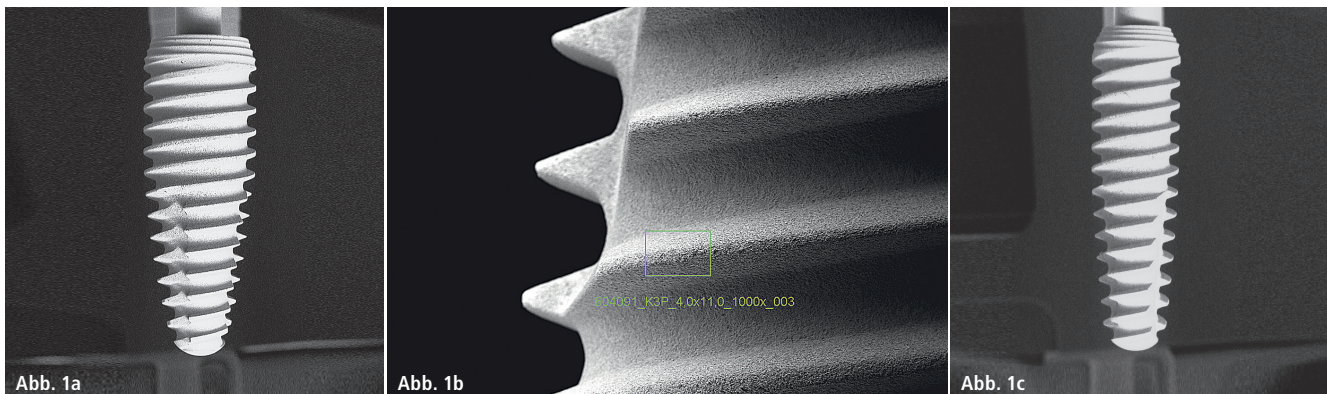
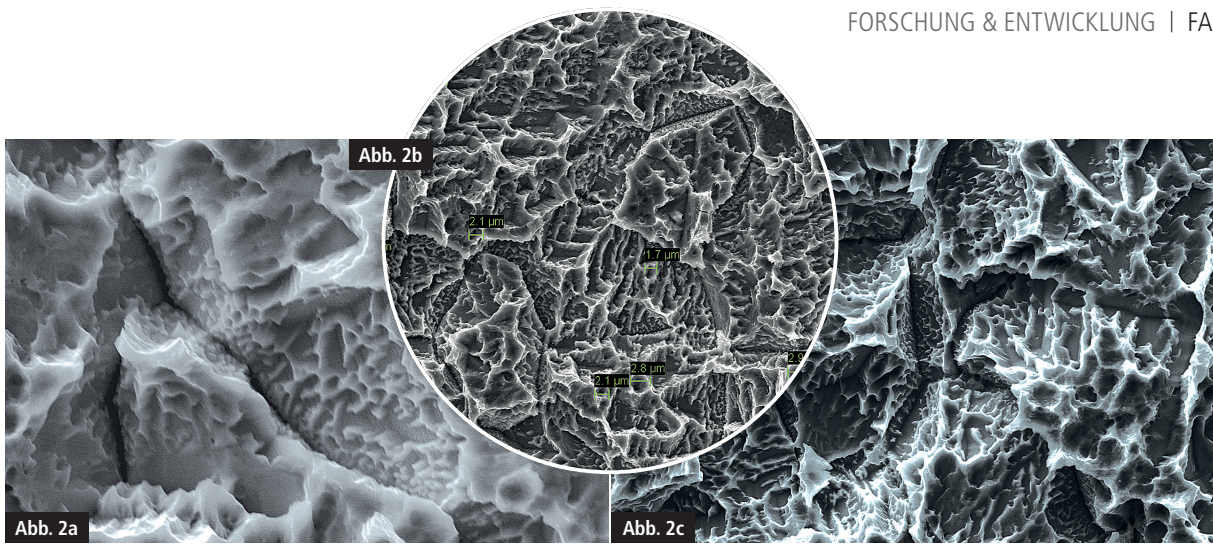


Abb. 1a–c: 3-D-Darstellung der verwendeten Ti-Implantate.



**Abb. 2a–c:** REM-Aufnahmen der Ti-Implantatoberflächen und OsteoActive®-Oberflächen des K3-Implantatsystems.

XFlash® 5010 EDX-Detektor eingesetzt (Abb. 4a–e).

### Das Tiermodell

Für den vorliegenden Tierversuch wurden sechs klinisch gesunde Schafe (Stavropol Sheep) untersucht. Die Tiere waren zum Zeitpunkt der Implantation 18 Monate alt und wiesen ein Körpergewicht zwischen 60 und 67 kg auf. Das Versuchsprotokoll entspricht den Vorgaben der Ethikkommission der Stavropol State Medical University (AZ 98/4, 10/03/2011). Die Tiere waren in geeigneten Stallungen der Außenstelle des Research Institute for Goat and Sheep, Stavropol, untergebracht. Zur qualitativen Beurteilung der Osseointegration wurde der Unterkiefer der Tiere mittels Computertomografie radiologisch untersucht. Nach Versuchsabschluss wurden die Unterkiefersegmente der Schafe histologisch aufgearbeitet. Es erfolgte eine Kunststoffeinbettung und die Anfertigung von Übersichtspräparaten des Defektes. Außerdem erfolgte zur Bewertung der zellulär-periimplantären Knochenregenerationsvorgänge eine TRAP-Analyse.

### Studiendesign

Die Verteilung der Implantate erfolgte nach einem randomisierten Grundschema, wobei bei jedem Tier jeweils drei aus Titan und drei aus Zirkoniumdioxid (ZrO<sub>2</sub>) verwendet wurden („Split-mouth-Design“; Abb. 5, Tab. 1).

### Implantation

In jeden Unterkiefer wurden jeweils sechs Implantate im Split-mouth-Design eingebracht. Die Wahl der Knochenheilungszeit von sechs Monaten erfolgte analog zu vorangegangenen Studien (Duncan 2005), die diesen Zeitrahmen als ausreichend für eine knöcherne Regeneration der zahnlosen Kieferabschnitte beim Schaf befanden.

### Histologische Auswertung

Die histologische Auswertung der periimplantären Knochenneubildung basierte zum einen auf mit Toluidinblau gefärbten Kunststoffschnitten. Zum anderen wurden zusätzlich noch TRAP-Färbungen vorgenommen, um die zelluläre Knochenneubildung qualitativ bewerten zu können (Abb. 6a–d).

### Radiologische Untersuchung (CT)

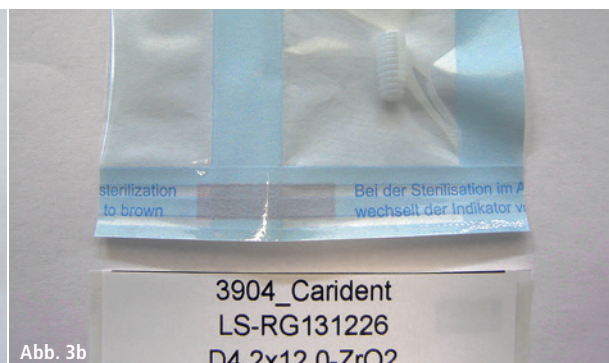
Die radiologische Untersuchung erfolgte mit einem Computertomografen (CT). Die Bildsegmentierung wurde mit Osiris, Version 8.0.2, auf die Schafunterkiefersegmente angewendet.

### Ergebnisse der histologischen Untersuchungen

Von den ursprünglich 36 Implantaten, die für die histologischen Untersuchungen vorgesehen waren, gingen sieben Probekörper (fünfmal ZrO<sub>2</sub>, zweimal Titan) während der Einheilphase verloren. Direkte Knochenanlagerungen an den Implantatoberflächen ließen sich sowohl in Bereichen mit trabekulären Knochenanteilen als auch entlang von Zonen, die hauptsächlich aus Knochenmark bestanden, beobachten. Ein physiologischer Knochenumbau um die inserierten Implantate war in beiden Versuchsgruppen in kortikalen Bereichen erkennbar. Dies wird auch durch die parallel angefertigten REM-Untersuchungen bestätigt (Abb. 7a und b). Der neu gebildete periimplantäre Knochen ist dicht und es fanden sich vermehrt



**Abb. 3a**



**Abb. 3b**

**Abb. 3:** Die verwendeten Keramikimplantate: **a)** Steriler Probekörper. **b)** Unsteriler Probekörper.

Osteone in direkter Umgebung der Implantatoberflächen (Abb. 8a und b).

Diskussion

Versuchsdesign und Methodik

Bei der Wahl des Tiermodells galt für die vorliegende Studie als entscheidendes Kriterium die Vorgabe, dass der chirurgische Eingriff am Versuchstier, bezüglich Operationstechnik, verwendeter Instrumente und Implantate analog zum humanchirurgischen Eingriff durchgeführt werden sollte. Aufgrund der Größe, bzw. des Gewichtes, der relativ einfachen und kostengünstigen Haltung und der ähnlichen anatomischen und physiologischen Parameter (Breyer 2010) stellte sich das Schaf als das geeignete Tiermodell (Egermann et al. 2005, Stadelmann et al. 2008, Goldhahn et al. 2005, 2008) dar und erfüllte so die meisten Anforderungen, die Wissing et al. (1990) definierten.

Implantatdesign

In der vorliegenden Studie kamen zylindrische und konische Zirkoniumdioxid- bzw. Titanimplantate zum Einsatz. Als Vergleichsproben dienten in der vorliegenden Untersuchung Titanimplantate mit OsteoActive®-Oberfläche. Diese säurebehandelte Oberfläche ist im klinischen Bereich weitverbreitet und wurde in den letzten Jahren in zahlreichen experimentellen Studien *in vitro* (Boyan et al. 1998, Kieswetter et al. 1996, Martin et al. 1995) und *in vivo* (Buser et al. 1991, 1998, 1999, 2004, Cochran et al. 1996, 1998, Gahlert et al. 2007) sowie auch in klinischen Studien an Menschen (Bornstein et al.

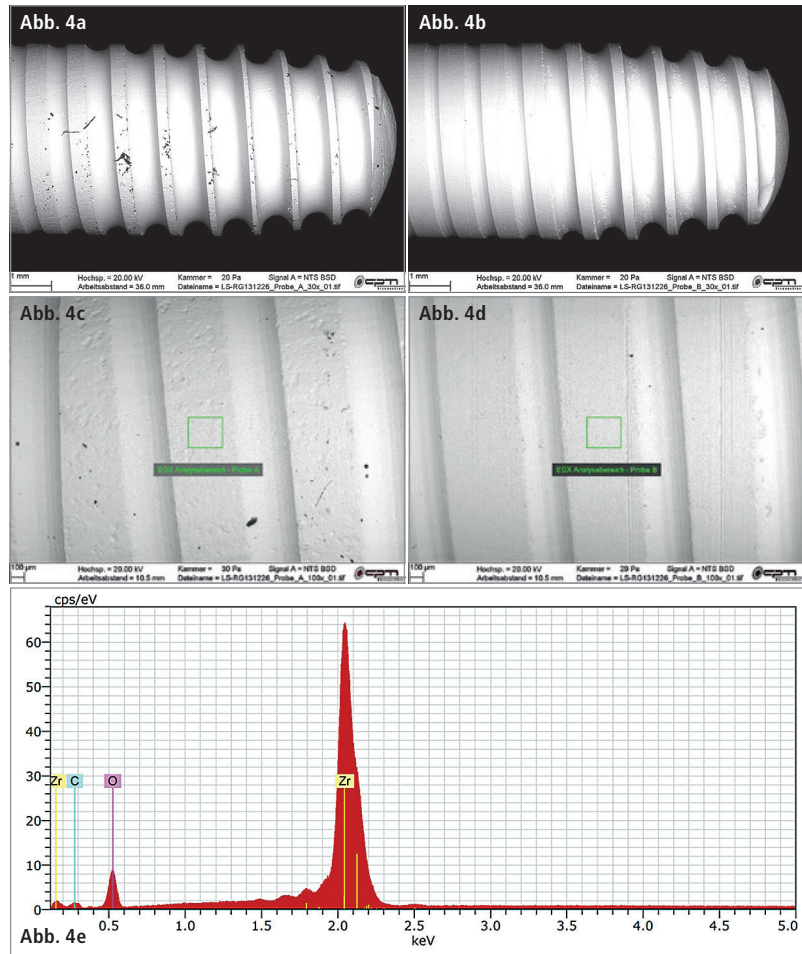


Abb. 4a–e: Oberflächenprofil der Keramikimplantate mit EDX-Scan.

2003, 2005, Cochran et al. 2002, Rocuzzo et al. 2001) ausgiebig untersucht und ermöglichte somit einen aussagekräftigen Vergleich zu den Zirkoniumdioxidimplantaten.

Als Material für die Keramikimplantate kam in der vorliegenden Studie yttriumstabilisiertes ( $Y_2O_3$ ) Zirkoniumdioxid zum Einsatz, das alle die nach ISO-Norm 13356 (2008) geforderten physikalischen und chemischen Eigen-

schaften für Zirkoniumdioxid als chirurgisches Implantatmaterial erfüllte. Ein wichtiger Vorteil von Zirkoniumdioxid gegenüber Titan ist die geringere bakterielle Adhäsion. Grössner-Schreiber et al. (2001) inkubierten unbehandelte Titanscheiben und Titanscheiben, die mit Titanitrid oder Zirkoniumnitrid beschichtet wurden, mit einer Bakteriensuspension aus *Streptococcus mutans* und *Streptococcus sanguinis*

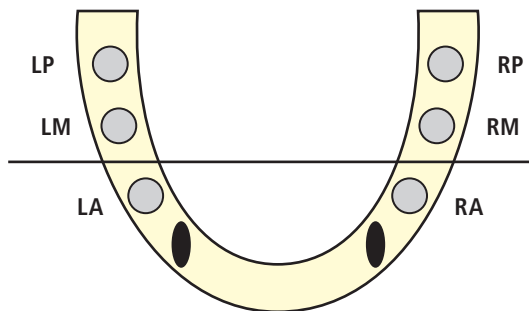


Abb. 5

Schaf	L	R	Implantation	Blockentnahme
1	3 x Ti	3 x ZrO <sub>2</sub>	Oktober 2015	März 2016
2	3 x ZrO <sub>2</sub>	3 x Ti	Oktober 2015	März 2016
3	3 x ZrO <sub>2</sub>	3 x Ti	Oktober 2015	März 2016
4	3 x ZrO <sub>2</sub>	3 x Ti	Oktober 2015	März 2016
5	3 x Ti	3 x ZrO <sub>2</sub>	Oktober 2015	März 2016
6	3 x Ti	3 x ZrO <sub>2</sub>	Oktober 2015	März 2016

Tab. 1

Abb. 5: Implantationsschema der Implantate (LA: links anterior; LM: links medial; LP: links posterior; RA: rechts anterior; RM: rechts medial; RP: rechts posterior). – Tab. 1: Study design (L: linker UK-Seitenzahnbereich, R: rechter UK-Seitenzahnbereich) und Implantatverteilung im Kiefer der Schafe (Ti-OsteoActive®, ZrO<sub>2</sub> Zirkoniumdioxid).

**88 %  
Hohlraum  
für Knochen-  
wachstum**



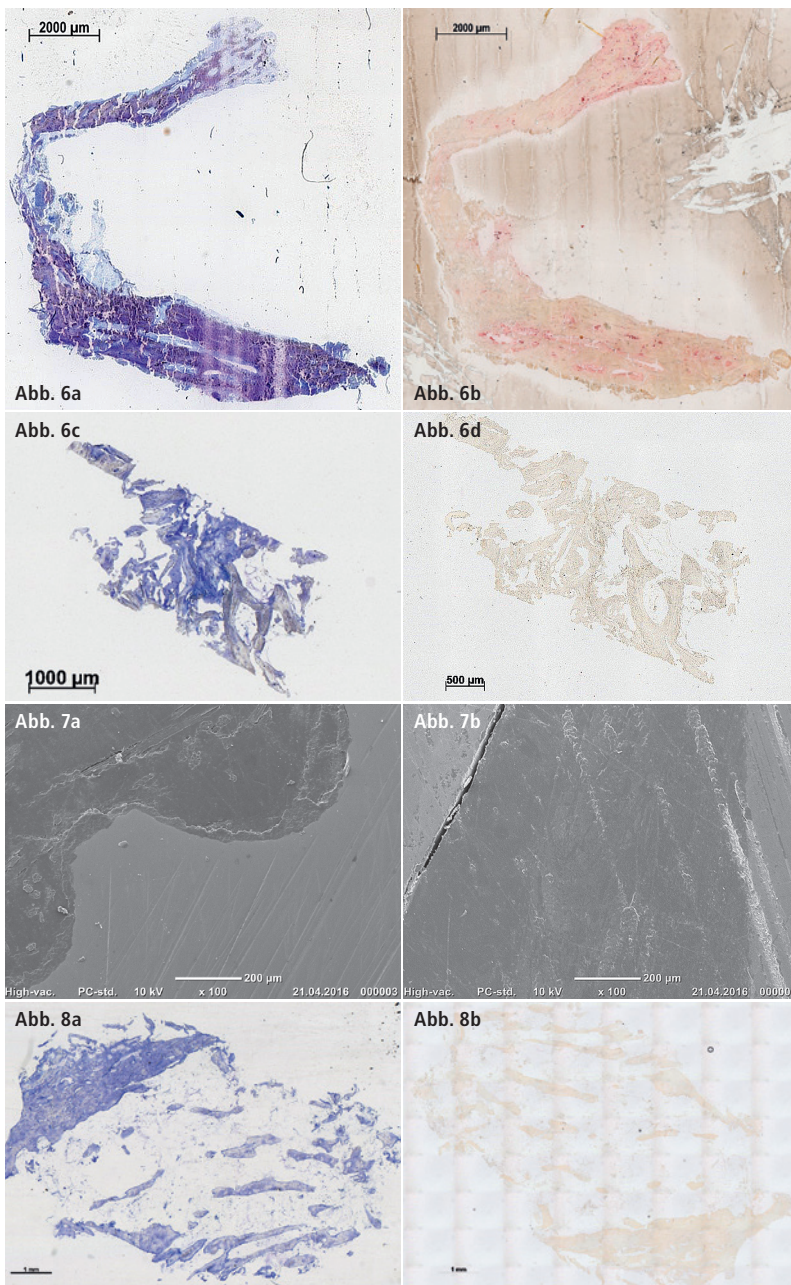
3267175-DE-1701 © 2017 Dentsply Sirona. Alle Rechte vorbehalten.

Symbios® Xenograft-Granulat

## Porcines Knochenaufbaumaterial

- Mehr Raum für neue Knochenanlagerung - hochporös mit 88 bis 95 Prozent Hohlraum
- Unterstützt die Vaskularisierung, das Knochenwachstum und die Nährstoffzufuhr - interkonnektierende Makro- und Mikroporenstruktur
- Erleichtert die Zellanhaftung und das Knochenwachstum - raue Oberflächenstruktur
- Unterstützt den Knochenumbau des heilenden Knochens - natürliches Karbonatapatit

[dentsplysirona.com/implants/symbios](https://dentsplysirona.com/implants/symbios)



**Abb. 6a–d:** Periimplantäre Knochenneubildung um Keramikimplantate, Toluidinblau- und TRAP-Färbung, unterschiedliche Vergrößerungen. – **Abb. 7:** REM-Untersuchungen der BIC-Flächen: **a)** Ti-Implantate. **b)** Keramikimplantate. – **Abb. 8:** Periimplantäre Knochenneubildung um das Ti-Implantat mit geringer entzündlicher Zellinfiltration, **a)** Toluidinblau- und **b)** TRAP-Färbung.

für eine Stunde und zählten anschließend die einzelnen durch adhärierende Bakterien gebildeten Kolonien mittels Fluoreszenzmikroskop. Bei nahezu identischen Werten bezüglich Oberflächenrauheit und Oberflächenenergie fanden diese Autoren eine signifikant geringere Anzahl an adhärierenden Bakterien auf den mit Titanitrid und mit Zirkoniumnitrid beschichteten Plättchen.

#### Qualitative Histologie am nicht dekalzierten Knochen

Da der direkte Knochenimplantatkontakt als der entscheidende Parameter für eine erfolgreiche Osseointegration von Implantaten gilt (Albrektsson

et al. 1981, Brånemark 1983, Brånemark et al. 1969), wurde im Rahmen der histologischen Analyse das Interface zwischen Implantatoberfläche und direkt angrenzendem Knochengewebe mittels REM untersucht. Durch die Färbung der Präparate mit Toluidinblau und die TRAP-Färbung konnten knöcherne und nicht knöcherne Bereiche eindeutig unterschieden und auch entzündliche Prozesse nachgewiesen werden (Willbold und Witte 2010, Willbold et al. 2013). Die qualitative histologische Untersuchung des ossären Integrationsverhaltens der Zirkoniumdioxidimplantate ergab wenige Unterschiede im Vergleich

mit den Ti-OsteoActive®-Implantaten. Es konnte gezeigt werden, dass, bei Insertion der Probekörper in den periimplantären Knochen, es sowohl für Ti-OsteoActive® als auch für ZrO<sub>2</sub> zu einer direkten Knochenanlagerung an die Oberfläche der Implantate kam. Die Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen von bereits durchgeführten Tierstudien, die ebenfalls eine direkte Knochenanlagerung an Zirkoniumdioxid- bzw. Titanprobekörper im Schafsversuch nachweisen konnten, weitgehend überein (Siddiqi et al. 2016). Besonders in den TRAP-Präparaten waren verschiedene Entwicklungsstufen der Knochenneubildung zu differenzieren.

Bezüglich BIC sind die Medianwerte der Titanimplantate offensichtlich leicht höher als die Medianwerte der Zirkoniumdioxidimplantate.

#### Schlussfolgerungen

In der histologischen Untersuchung wurde sowohl für Zirkoniumdioxid als auch für Titan eine direkte Knochenanlagerung an die Oberflächen der Untersuchungsimplantate beobachtet. Eine Zwischenschicht aus lockerem Bindegewebe konnte nicht nachgewiesen werden. Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen die Schlussfolgerung, dass Zirkoniumdioxidimplantate eine vergleichbare osseointegrative Kapazität besitzen wie Titanimplantate mit säuregeätzter Oberfläche.

#### Danksagung

Besonders möchten wir der Argon Medical (Bingen am Rhein) und der Carident AG, Schweiz, für die Bereitstellung der Implantatsysteme danken.

*Die Literaturliste ist beim Autor erhältlich.*

#### Kontakt

**Univ.-Prof. Dr. med. dent. habil. Wolf-Dieter Grimm**

DGP-Spezialist™ für Parodontologie  
Praxisteam Hasslinghausen (PH)  
Mittelstraße 70, 45549 Sprockhövel  
Tel.: 02339 911160  
prof\_wolf.grimm@yahoo.de  
www.ph-zahnaerzte.de

# LegacyP

## Verstärkte Primärstabilität

Die LegacyP Implantate kombinieren ein **progressiv tieferes V-Gewinde** mit einer gleichbleibend schmalen Gewindehöhe am Implantat. Dies ermöglicht eine **erhöhte Primärstabilität**, eine stärkere Osseointegration und dadurch eine hervorragende Patientenzufriedenheit.<sup>1</sup>



3.2mmD | 3.7mmD | 4.2mmD  
4.7mmD | 5.2mmD | 5.7mmD



6mmL | 8mmL | 10mmL  
11.5mmL | 13mmL | 16mmL



31. Kongress der DGI  
30.11.-2.12.2017  
Düsseldorf

Besuchen Sie uns an Stand 11!

### Duale Oberfläche

#### Maschinerte Oberfläche

Der maschinerte Oberflächenabschnitt von  $0.5\mu\text{m}$  (Sa) ist sicherer, wenn er mit dem Mundmilieu in Kontakt kommt. Dies minimiert die Plaqueansammlung und das dadurch verursachte Entzündungsrisiko der Mukosa.<sup>2</sup>

#### Bewährte SBM-Oberfläche

Diese Oberfläche entsteht mit Hilfe eines Soluble Blast Mediums aus Hydroxylapatit-Kristallen (HA) für eine mittelraue Textur von  $1.8\mu\text{m}$  (Sa).



Kompatibel mit Zimmer Biomet-Dental und BioHorizon

LegacyP bestellen:

[www.implantdirect.de](http://www.implantdirect.de) | 00800 4030 4030

#### Referenzen:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4279055>
- Berglundh T., Gotfredsen K., Zitzmann N.U., Lang N.P., Lindhe J. (2007) „Spontaneous progression of ligature induced peri-implantitis at implants with different surface roughness: an experimental study in dogs.“, Clinical Oral Implants Research, 18 (5), 655-661