

Oberflächenrauigkeit und Notwendigkeit der manuellen Nachbearbeitung von CAD/CAM-gefertigten Titan- und Kobalt-Chrom-Stegen – eine Pilotstudie

Zusammenfassung der Pilotstudie von PD Dr. Peter Gehrke et al.
Publiziert in The Open Dentistry Journal 13. 316–326.

Implantatgetragene Suprakonstruktionen sind eine häufige und zuverlässige Versorgung mit Erfolgsquoten zwischen 92–100 % je nach Behandlungsform.^{1,2} Dabei ist die Fixierung der Sekundärstruktur mit starren Stegen im Vergleich zu einzelnen Verbindungselementen vorteilhaft, da aufgrund der primärprothetischen Verblockung der Implantate Mikrobewegungen reduziert und das Risiko eines Implantatverlustes minimiert werden können.³ Als Alternative zu gelöteten, geschweißten oder gegossenen Stegen zeigen CNC-gefräste Titan- oder Cobalt-Chrom-Gerüste über einen Zeitraum von 10 Jahren gute klinische Ergebnisse^{4,5} und eine höhere Präzision und Passgenauigkeit gegenüber gegossenen Edelmetallgerüsten.^{6,7} Aufgrund dieser positiven Eigenschaften werden CAD/CAM-generierte Stege zunehmend in der Implantatprothetik eingesetzt. Für optimale klinische Langzeitergebnisse mit einer guten Integration von Weichgewebe und einer Vermeidung von Plaque und Bakterienretention spielt die Oberflächenmorphologie der Stege eine erhebliche Rolle. Studien nennen als Schwellenwert für die Oberflächenrauigkeit eine durchschnittliche Rauheit von $R_a = 0,2 \mu\text{m}$, die möglichst nicht über-, aber zugunsten der Weichgewebeintegration auch nicht unterschritten werden sollte.⁸ Da an Stege andere biologische Anforderungen gestellt werden als an Implantate, ist die häufig als Orientierung zitierte Definition einer glatten Implantatoberfläche nach Wennerberg und Albrektsson ($S_a = 0,0\text{--}0,4 \mu\text{m}$)⁹ für Stege nur bedingt aussagekräftig.

Zielsetzung und Nullhypothese

Über die biologische und klinische Oberflächenqualität von CAD/CAM-gefrästen Stegen liegen bis dato nur wenige Informationen vor. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die Oberflächentopographie von Stegen verschiedener Hersteller, basierend auf einer makroskopischen Beurteilung sowie einer profilometrischen Analyse zu beurteilen. Im Zuge dessen sollte auch untersucht werden, ob eine manuelle Nachbearbeitung der Stege im Labor – entgegen der Herstellerangaben – angezeigt sei.

Die Nullhypothese geht davon aus, dass CAD/CAM-gefräste, implantatgetragene Stege verschiedener Hersteller keine signifikanten Unterschiede in ihren R_a - und S_a -Rauheitswerten

aufweisen. Ferner wird bei allen zu untersuchenden Stegen eine biologisch akzeptable Oberflächenrauigkeit von $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ sowie keine Notwendigkeit zur Nachbearbeitung unterstellt.

Materialien und Methoden

Für die vorliegende *In-vitro*-Studie wurden sechs im CAD/CAM-Verfahren hergestellte Cobalt-Chrom- (CoCr) und zwei CAD/CAM-Titanstege (Ti) verschiedener Hersteller untersucht (Tabelle 1). Dazu wurde ein speziell angefertigtes Meistermodell eines zahnlosen Unterkiefers aus Kunststoff mit vier interforaminalen Implantaten (Camlog, D-Wimsheim) (FDI-Positionen 34, 32, 42 und 44; Abb. 1) achtmal repro-

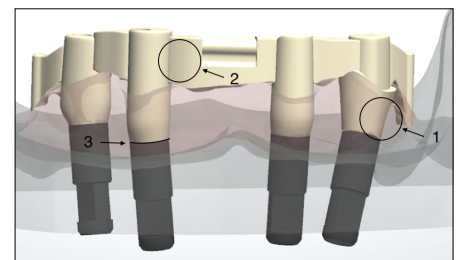


Abb. 1: CAD-Konstruktion einer Steg-Suprastruktur mit angezeichneten Regions of Interest (ROI): 1 transmukosaler Stegbereich; 2 labialer Stegbereich; 3 basaler Implantat-Steg-Bereich.

duziert, mit den entsprechenden Scanpfosten (Camlog, D-Wimsheim) versehen und digitalisiert. Zusammen mit dem Fräsauftrag erhielt jedes Labor oder Produktionszentrum ein 3D-gedrucktes Steggerüst aus Acryl (Dental SG Resin Form 2 Desktop SLA 3D-Printer, Formlabs GmbH, D-Berlin) sowie die digitalen Daten der CAD-Stege (3Shape D800 Scanner und CAD-Software Dental Designer, 3Shape, DK-Kopenhagen). Alle Stege wurden mit einer CNC 5-Achs-Fräsmaschine gefräst (Abb. 2). Unterschiede zwischen den Werkstücken bzgl. ihrer Oberflächenrauigkeit wurden statistisch mit Kruskal-Wallis H-Tests, Tukey- und Kramer Post-hoc-Tests ermittelt.

Nr.	Ort der Herstellung	Hersteller	Produkt	Verwendetes Material	Bezeichnung
1	Labor	Amann Girrbach AG	ceramill® m-bar	CoCr	LAC
2	Zentrale Produktion	BEGO®	milled bar	CoCr	ZBC
3	Zentrale Produktion	Camlog	DEDICAM®	CoCr	ZCC
4	Labor	DATRON®	NEM bar	CoCr	LDC
5	Zentrale Produktion	Dentsply Sirona	ATLANTIS™ ISUS	CoCr	ZDC
6	Zentrale Produktion	Zirkonzahn®	CAD/CAM bar	CoCr	ZZC
7	Labor	DATRON®	Titanium bar	Ti	LDT
8	Zentrale Produktion	Straumann	Createch® bar	Ti	ZST

Tabelle 1: Untersuchte Stege und Produktionsstätte. Sortiert nach Material und Hersteller

Makroskopische Beurteilung

Acht Zahntechniker mit jeweils mindestens 10 Jahren Berufserfahrung beurteilten die CAD/CAM-gefertigten Stege durch eine subjektive Sichtprüfung und bemaßen den erforderlichen Zeitaufwand für eine etwaige zusätzliche manuelle Nacharbeit und Oberflächenpolitur.

Mikroskopische Untersuchung und Profilometrie

Im Rahmen der objektiven mikroskopischen Analyse wurden die Sa- und die Ra-Werte in jeweils drei kritischen Untersuchungsbereichen (Regions of Interest / ROI) ermittelt: transmukosal und labial am Steg sowie in der basalen Implantatregion. In den drei ROI wurde auch eine profilometrische 3D-Messung der Oberflächenrauigkeit mittels eines Fokusvariationsystems (Infinite Focus Standard G4, Alicona Imaging GmbH, A-Graz) vorgenommen.

Zunächst wurden die Rohmessdatensignale technisch aufbereitet, um lang- und kurzskalige Komponenten – Welligkeit und Rauheit – voneinander zu trennen und aus der resultierenden Oberfläche die verschiedenen Rauheitsparameter berechnen zu können. Die mittlere Rauheit (Ra) und die Gesamthöhe wurden als Amplitudenparameter auf der Grundlage einer 2D-Messung bestimmt. Die aus der 3D-Messung gewonnenen räumlichen Parameter waren die mittlere Oberflächenrauigkeit (Sa), die maximale Höhe der ausgewählten Oberfläche (Sz) und das ermittelte Schnittstellenflächenverhältnis (Sdr). Für die nachfolgenden Messungen wurde eine 20-fache Vergrößerung verwendet. Dadurch ergab sich ein Messbereich von 0,50 mm Tiefe und 0,70 mm Breite.

Ergebnisse der makroskopischen Beurteilung

Obwohl die STL-Daten bzw. Scan-Modelle aus der CAD-Planung, die den Anbietern für die computergestützte Fertigung (CAM) zur Verfügung gestellt wurden, auf demselben Fall beruhten, zeigt bereits die subjektive makroskopische Beurteilung durch die Zahntechniker deutlich unterschiedliche Ergebnisse (Diagramm 1). Die Zahntechniker bewerteten drei der Stege mit gut bis sehr gut: Dentsply Sirona (ZDC), Straumann (ZST) und Camlog (ZCC) (Diagramm 2). Hier schätzten sie auch den Bedarf an einer Nachbearbeitung mit 0–3 h als sehr gering ein. Die messtechnische Einordnung der Stege in Bezug auf ihre Qualität und die Notwendigkeit einer Nachbearbeitung bestätigt die Einschätzung der Zahntechniker (Diagramm 3).

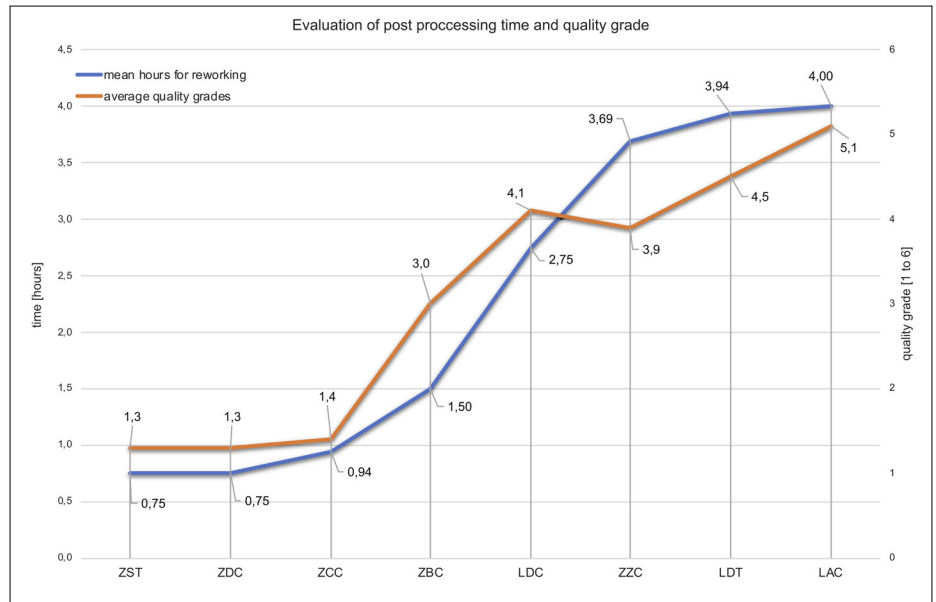


Diagramm 1: Bewertung der Nachbearbeitungszeit und Qualitätsstufe – durchschnittliche Nachbearbeitungszeit und Durchschnittsbewertung der Qualität

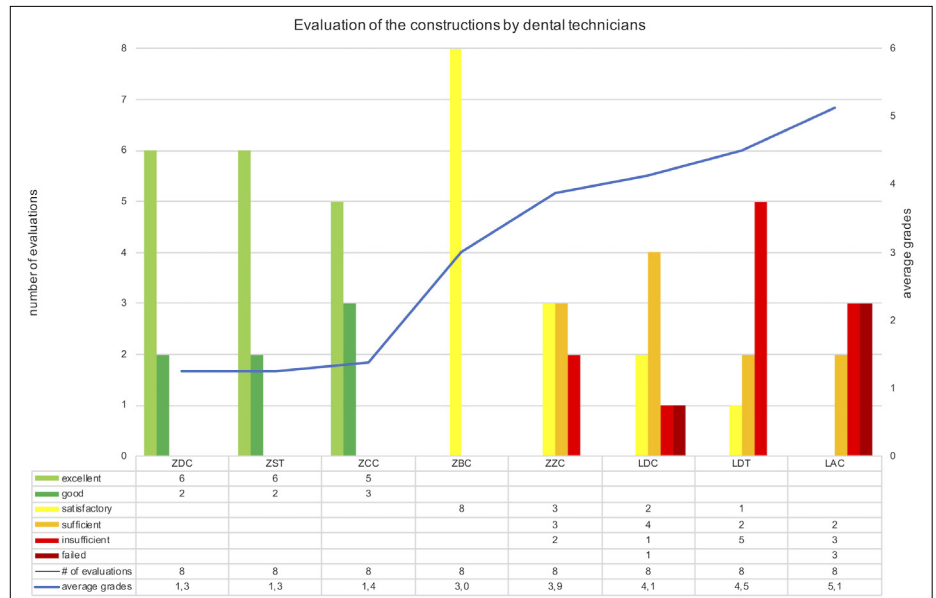


Diagramm 2: Bewertung der Stegkonstruktionen durch Zahntechniker

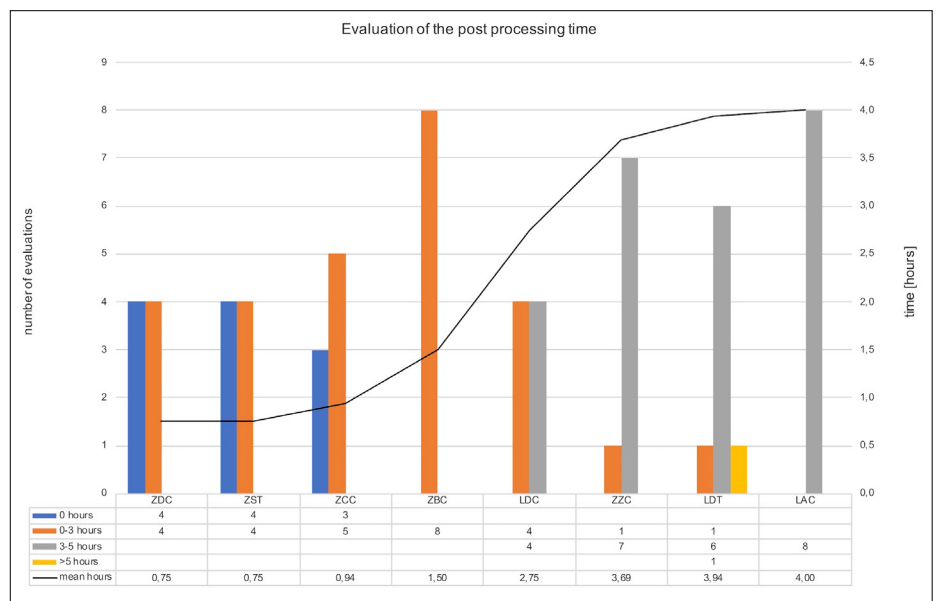


Diagramm 3: Auswertung der Nachbearbeitungszeit

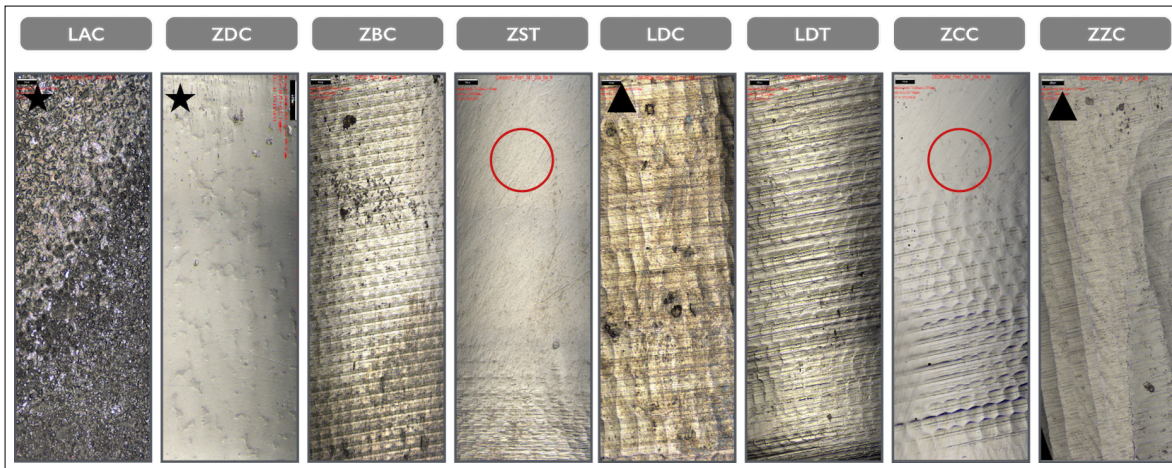


Abb. 2: ROI 1 transmukosale Region: ★ isotrope Struktur; ▲ unregelmäßige Struktur; ○ poliert; ohne Symbol: anisotrope Struktur

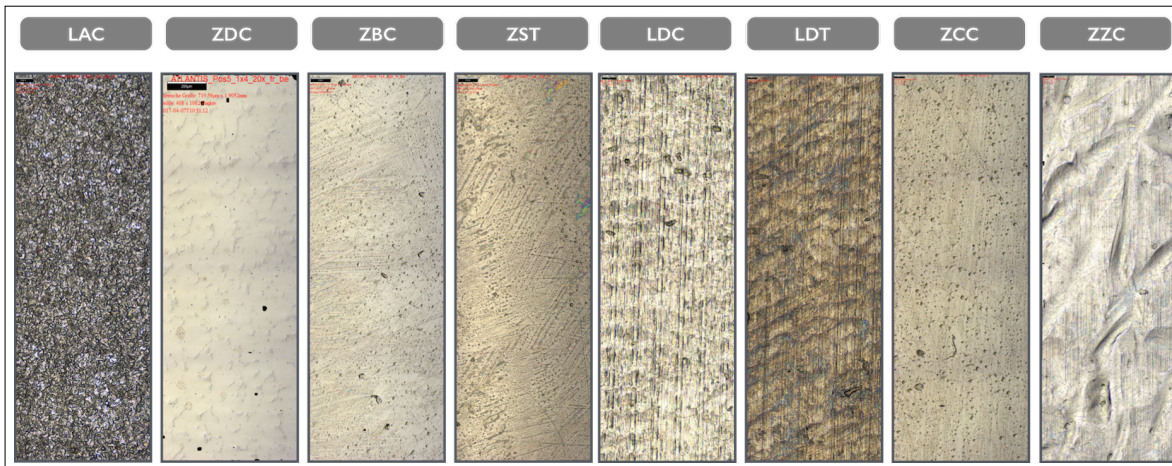


Abb. 3: ROI 2 labiale Region

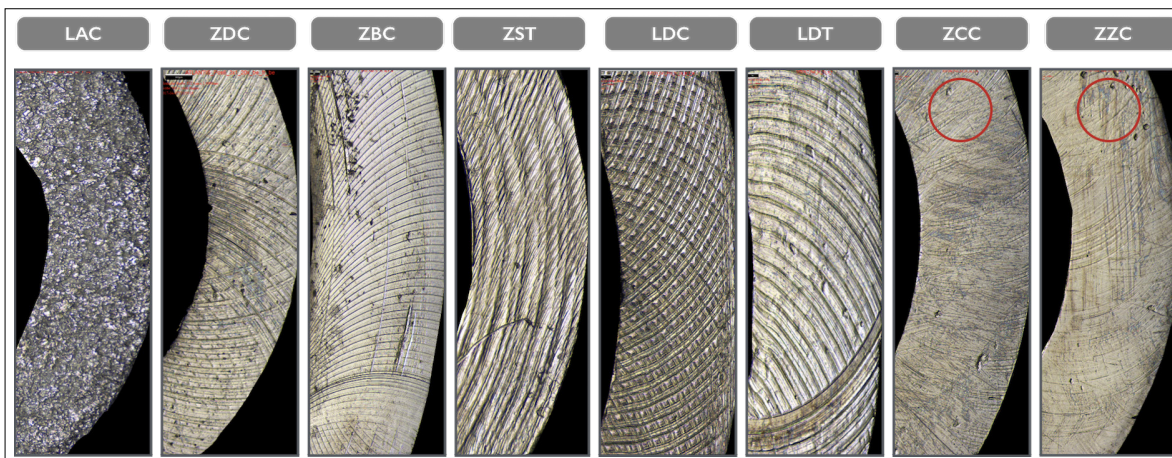


Abb. 4: ROI 3 Implantat-Steg-Schnittstelle: ○ Polierspuren?

Ergebnisse der Profilometrie

Die profilometrischen Aufnahmen (20:1) zeigen unterschiedliche Bearbeitungsspuren und deutliche Variationen der Oberflächentopographie durch Fräswerkzeuge im transmukosalen Bereich (Abb. 2). In den labialen Bereichen sind Polierspuren am deutlichsten (Abb. 3). Die basalen Implantat-Steg-Bereiche von ZCC und ZCC weisen an einigen Stellen glattere Abschnitte auf (20-fache Vergrößerung), deren Ursache unbekannt ist; sie könnten jedoch durch Polieren entstanden sein. Alle anderen Stege scheinen nach dem CAD/CAM-Herstellungsprozess nicht manuell nachbearbeitet worden zu sein (Abb. 4).

Nach der Auswertung der profilometrischen Untersuchung für den transmukosalen Bereich wiesen die Proben von Dentsply Sirona (ZDC), Straumann (ZST) und Camlog (ZCC) Sa-Rauheitswerte in einer biologisch akzeptablen Bandbreite und bieten damit optimale Bedingungen für eine zuverlässige Weichgewebeadaptation. Im intraoralen Bereich zeigte nur die ZST-Leiste (Straumann) einen für die Verhinderung der Plaque-Akkumulation optimalen Sa-Wert. Bei den Ra-Werten liegen die Stege ZST (Straumann), ZBC (BEGO), ZDC (Dentsply Sirona) und ZCC (Camlog) im optimalen Bereich. Alle anderen Stege müssten manuell nachbearbeitet werden, um den entscheidenden Grenzwert zu erreichen.

Die Nullhypothese kann als verworfen angesehen werden, da die untersuchten CAD/CAM-Stege unterschiedliche Oberflächeneigenschaften und Rauheitsgrade als Resultat individueller Fräsprozesse aufweisen.

Es ist wünschenswert, weitere klinische Studien mit profilometrischen Daten zu generieren und eine klare Rautiefengrenze für die klinische Akzeptanz von transmukosalen CAD/CAM-generierten Oberflächen zu definieren.

Die Publikation ist als Open Access verfügbar



Peter Gehrke, Jochen Dinkel, Carsten Fischer, Kai Schmenger and Robert Sader; Surface Roughness and Necessity of Manual Refinishing Requirements of CAD/CAM-Manufactured Titanium and Cobalt-Chrome Bars – A Pilot Study
The Open Dentistry Journal, 2019, Volume 13: 316–326; DOI:10.2174/1874210601913010316.
<https://opendentistryjournal.com/VOLUME/13/PAGE/316/FULLTEXT/>

Referenzen

- ¹ Rentsch-Kollar A, Huber S, Mericske-Stern R. Mandibular implant overdentures followed for over 10 years: Patient compliance and prosthetic maintenance. *Int J Prosthodont* 2010; 23(2): 91-8. [PMID: 20305844]
- ² Meijer HJ, Raghoobar GM, Batenburg RH, Vissink A. Mandibular overdentures supported by two Brånemark, IMZ or ITI implants: A ten-year prospective randomized study. *J Clin Periodontol* 2009; 36(9): 799-806. [<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01442.x>] [PMID: 19563327]
- ³ Ledermann PD. Immediate prosthetic care of edentulous mandible with help of Ledermann-screw. *Quintessenz* 1990; 41(6): 953-64. [PMID: 2395995]
- ⁴ Drago C, Howell K. Concepts for designing and fabricating metal implant frameworks for hybrid implant prostheses. *J Prosthodont* 2012; 21(5): 413-24. [<http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-849X.2012.00835.x>] [PMID: 22413997]
- ⁵ Tipton PA. The milled bar-retained removable bridge implantsupported prosthesis: A treatment alternative for the edentulous maxilla 2002; 14(4): 208-16. [<http://dx.doi.org/10.1111/j.1708-8240.2002.tb00166.x>]
- ⁶ Torsello F, di Torresanto VM, Ercoli C, Cordaro L. Evaluation of the marginal precision of one-piece complete arch titanium frameworks fabricated using five different methods for implant-supported restorations. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19(8): 772-9. [<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01555.x>] [PMID: 18720557]
- ⁷ de Torres EM, Rodrigues RC, de Mattos MdaG, Ribeiro RF. The effect of commercially pure titanium and alternative dental alloys on the marginal fit of one-piece cast implant frameworks. *J Dent* 2007; 35(10): 800-5. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2007.07.013>] [PMID: 17825466]
- ⁸ Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dent Mater* 1997; 13(4): 258-69. [[http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641\(97\)80038-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641(97)80038-3)] [PMID: 11696906]
- ⁹ Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1—review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004; 17(5): 536-43. [PMID: 15543910]

Distributor Deutschland

CAMLOG Vertriebs GmbH | Maybachstr. 5 | 71299 Wimsheim | Deutschland
Telefon +49 7044 9445-100 | Fax +49 800 9445-000 | info.de@camlog.com | www.camlog.de
eshop.camlog.de

Distributor Österreich

Alltec Dental GmbH | Schwefel 93 | 6850 Dornbirn | Österreich
Telefon +43 5572 372341 | Fax +43 5572 372341-404 | info@alltecdental.at | www.alltecdental.at
eshop.alltecdental.at

Headquarters

CAMLOG Biotechnologies GmbH | Margarethenstr. 38 | 4053 Basel | Schweiz
Telefon +41 61 565 41 00 | Fax +41 61 565 41 01 | info@camlog.com | www.biohorizonscamlog.com

DEDICAM® ist eine eingetragene Marke der CAMLOG Biotechnologies GmbH. Alle Drittmarken gehören dem entsprechenden Markeninhaber.
Hersteller aller individualisierten DEDICAM® Produkte: ALTATEC GmbH | Maybachstr. 5 | 71299 Wimsheim | Deutschland