

Konfokal-mikroskopische Analyse der Oberflächenstruktur präfabrizierter & CAD/CAM-gefertigter Aufbauten

Da kommt was an die Oberfläche

Ein Beitrag von Dr. Peter Gehrke, Ludwigshafen, und Ztm. Carsten Fischer, Frankfurt am Main/beide Deutschland

Wie sieht es mit der Oberflächenstruktur beziehungsweise -homogenität von Implantatabutments aus? Gibt es signifikante Unterschiede zwischen präfabrizierten, manuell individualisierten und customized CAD/CAM-Abutments? Der Beantwortung dieser Fragen gingen Dr. Peter Gehrke und Ztm. Carsten Fischer in einer qualitativen und quantitativen Versuchsreihe nach. In diesem Beitrag diskutieren sie anhand der aktuellen Literatur, ob und inwieweit ihre Messungen und Beobachtungen Einfluss auf das Ergebnis der implantatprothetischen Versorgung haben.

Einführung

Neben der dauerhaften Wiederherstellung der Funktionalität durch ein langfristig sicher osseointegriertes Implantat ist bei der Implantattherapie meist auch das ästhetische Erscheinungsbild dafür entscheidend, ob ein Patient die Rehabilitationsmaßnahme als Erfolg oder Misserfolg beurteilt.

Um die physiologischen Vorgaben möglichst naturgetreu wiedergeben zu können, ist eine gezielte Auswahl des Implan-

tattyps in Kombination mit einem abgestimmten Hart- und Weichgewebsmanagement notwendig. Bei den Implantatsystemen existieren erfolgversprechende Auswahlkriterien, die mit dem Material, der Form und Oberfläche des Implantats sowie den prothetischen Aufbau- und Laborteilen verbunden sind. Studienergebnissen zufolge sind auch die prothetischen Komponenten entscheidend am ästhetischen Erfolg der Implantologie beteiligt [9, 12]. Neben den technischen Fragen zu der Herstellung, Implantat-Aufbau-Verbindung und den Materialbe-

schaffenheit des Abutments hat auch deren Oberflächenbeschaffenheit einen entscheidenden Einfluss auf die Gesundheit des transmukosalen Bereichs. Während seit langer Zeit strukturpolierte oder mikrostrukturierte Oberflächen an Implantataufbau-Schultern konfektionierter Abutments gefordert, produziert und erforscht werden, ist zur Oberflächengüte und -rauigkeit individuell hergestellter CAD/CAM-Aufbauten, die im direkten Kontakt zu periimplantären Weichgeweben stehen sowie deren Auswirkung auf diese wenig bekannt.

Indizes

- Abutment
- CAD/CAM
- Homogenität
- Oberflächenstruktur
- Mukosabereich

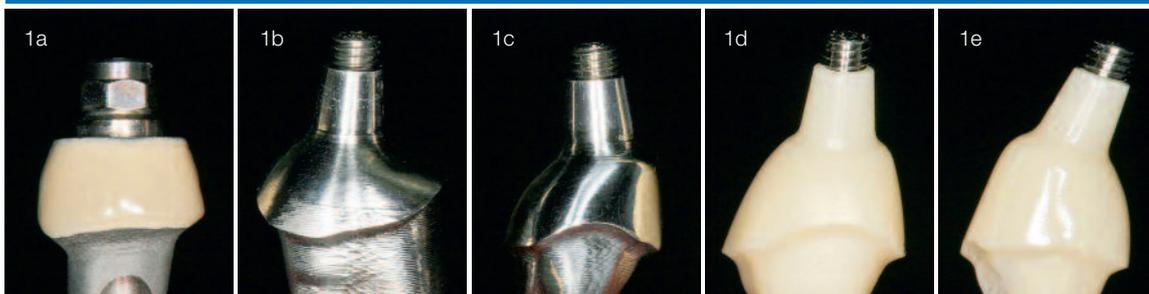
Literatur

QR-CODE:



Die Literaturliste erhalten Sie mittels des oben stehenden QR-Codes (Funktionshinweis siehe Inhalt) oder unter www.teamwork-media.de in der linken Navigationsleiste unter „Literatur“

Abb. 1a-e – Implantataufbauten und Oberflächengüte am Weichgewebe-Durchtrittsbereich



1a Präfabrizierter Titan-Aufbau mit individueller Keramikschulter (Friadent EstheticBase)

1b Individueller, CAD/CAM-gefertigter Titan-Aufbau, unbearbeitet (Ankylos-Custom-Abutment by Compartis)

1c Individueller, CAD/CAM-gefertigter Titan-Aufbau, poliert (Ankylos-Custom-Abutment by Compartis)

1d Individueller, CAD/CAM-gefertigter Zirkonoxid-Aufbau, unbearbeitet (Ankylos-Cercon-Custom-Abutment by Compartis)

1e Individueller, CAD/CAM-gefertigter Zirkonoxid-Aufbau, händisch poliert (Ankylos-Cercon-Custom-Abutment by Compartis)

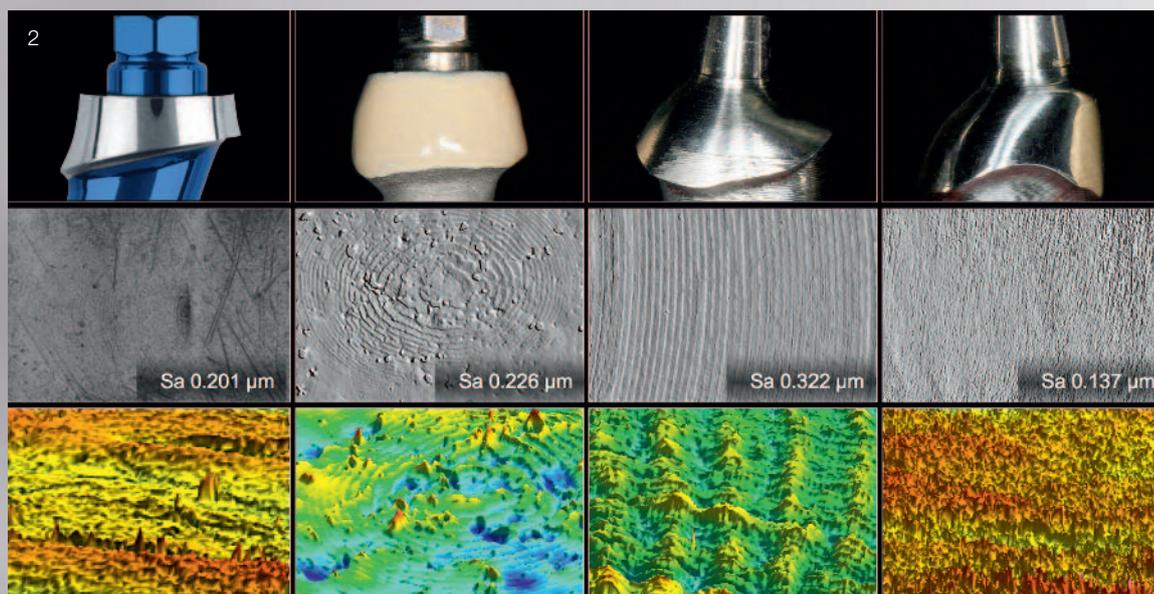


Abb. 2 Von links rechts: 2D- und 3D-Analyse des präfabrizierten EstheticBase-Aufbaus, des EstheticBase-Aufbaus mit individueller Keramikschulter, des CAD/CAM-gefertigten, unbearbeiteten Titan-Aufbaus, und des polierten CAD/CAM-gefertigten Titan-Aufbaus (beides Ankylos-Custom-Abutments by Compatis)

In der nachfolgend dargestellten Laboruntersuchung wurden präfabrizierte Implantataufbauten aus Titan und Zirkondioxid untersucht und in einer konfokalen Mikroskopiestudie mit einteiligen CAD/CAM-gefertigten Implantataufbauten aus denselben Materialien verglichen (Abb. 1a bis e).

Mit dieser Untersuchung sollte die Hypothese überprüft werden, ob je nach Herstellungsprozess signifikant unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten zwischen den verschiedenen Abutments vorhanden sind. Darüber hinaus wurde geprüft, ob zur signifikanten Reduzierung der Rauigkeit unterschiedlicher, im CAD/CAM-Verfahren hergestellter Implantataufbauten eine manuelle Politur vor der Eingliederung am Patienten erforderlich ist. Es wird vermutet, dass die Oberflächenqualität Einfluss auf die Gesundheit und den langfristigen Erhalt der periimplantären Weichgewebe haben könnte.

Bevor es an die Prüfung dieser Zusammenhänge geht, werden die für die Ästhetik entscheidenden Parameter dargestellt und im Zusammenhang mit aktueller Literatur über ihre Funktion beim Hart- und Weichgewebsmanagement post implantationem erläutert.

Rot-weiße Ästhetik

Der ästhetische Gesamteindruck einer prothetischen Rekonstruktion entsteht aus dem Zusammenspiel unterschiedlicher Parameter von roter und weißer Ästhetik. Das Vorhandensein keratinisierter marginaler Gingiva, der Verlauf des Gingivalsaums sowie der jeweilige genetisch determinierte Biotyp beziehungsweise Phänotyp haben einen bedeutenden Einfluss auf die rote Ästhetik. Die Entfernung der Zähne führt zum Verlust der funktionellen Belastung dieser Strukturen und nachfolgend zur Atrophie des Alveolarfortsatzes sowie zu einer Regression des Weichgewebes, das für das Erscheinungsbild der roten Ästhetik entscheidend ist.

Übertragen auf die Implantattherapie sind die periimplantären Bedingungen, die zu dem Bild einer scheinbar physiologischen Gingiva beitragen, entscheidend für das ästhetische Gesamtergebnis.

In der Implantattherapie ergibt sich die Qualität der Weichgewebsintegration des Implantats unter anderem aus der interindividuellen, genetisch determinierten Variation des Biotyps [5, 7, 8]. Während der Phänotyp mit dicker Gingiva am

Zahn im Durchschnitt höhere Sondierungstiefen aufweist und mechanische Traumata besser toleriert, neigt der dünne Biotyp eher zu Rezessionen.

Diese Einteilung ist weitgehend auf die Bedingungen übertragbar, die nach Implantatinsertion herrschen. Beim dünnen Biotyp mit einer weniger als zwei Millimeter dicken marginalen Gingiva kann nicht nur das Implantat-Abutment aus Titan gräulich durchschimmern und sich somit negativ auf die Ästhetik auswirken, sondern häufig auch ein signifikanter Verlust krestalen Knochens beobachtet werden [6]. Neben diesen Aspekten kann auch die Qualität und Stabilität der Verbindung zwischen der Suprakonstruktion und dem Implantat und der daraus resultierende Mikrosplatt zu unerwünschten Reaktionen des Weichgewebes führen [1].

Daneben sind für die Reaktion des marginalen Hart- und Weichgewebes auch zahlreiche implantateigene Parameter verantwortlich, die einen Einfluss auf den krestalen Knochen und den Verlauf des marginalen Attachments haben. Neben der Beschaffenheit der Implantatschulter (beispielsweise rau oder glatt) scheint sogar deren Position die Gewebereaktion zu beeinflussen. Beobachtungen haben

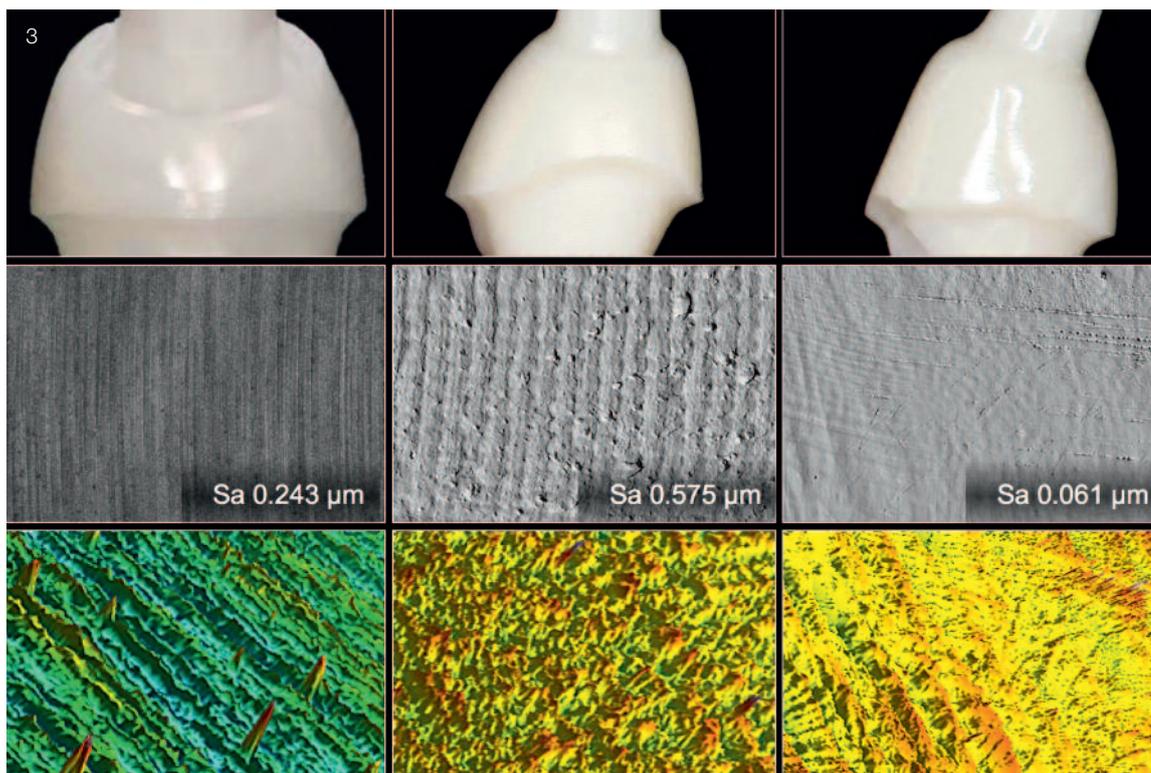


Abb. 3 Von links: 2D- und 3D-Analyse des präfabrizierten Zirkonoxid-Aufbaus (Friadent-Cercon-Aufbau, gerade), des unbearbeiteten zentral gefrästen CAD/CAM-Aufbaus aus Zirkonoxid (Ankylos-Cercon-Custom-Abutment by Compartis), und des polierten zentral gefertigten CAD/CAM-Aufbaus aus Zirkonoxid-Aufbaus (Ankylos-Cercon-Custom-Abutment by Compartis)

ergeben, dass sich die subkrestale Tiefe der Implantatschulter proportional zu den Umbau- und Resorptionsvorgängen im krestalen Knochen verhält [11]. Analog zu den Vorgängen im krestalen Knochen ist auch eine Veränderung des Weichgewebenvolumens zu erwarten. Damit sind nicht nur die Implantatoberfläche und die damit verbundene Primär- und Langzeitstabilität, sondern auch die harmonische Integration der implantatgetragenen Suprakonstruktionen im ästhetisch sichtbaren Bereich für den Erfolg einer Implantatbehandlung von großer Bedeutung [3]. Der ästhetische Langzeiterfolg hängt entscheidend von der Integration der Suprakonstruktion in die natürliche Zahnreihe und dem Weichgewebenvolumen ab. Als Teil der Suprakonstruktion stehen Abutments transmukosal in direktem Kontakt mit dem Weichgewebe. Biokompatibilität, Materialbeschaffenheit, Oberflächengüte und -homogenität spielen für die Weichgewebereaktion eine bedeutende Rolle. Dies wurde bereits im Bereich der konfektionierten Abutments bestätigt. Präfabrizierte Aufbauten aus Titan sind in der Implantatprothetik seit langem etabliert und

zeigen besonders funktionell hervorragende Ergebnisse. Aufgrund der ungünstigen optischen Eigenschaften, vor allem bei Patienten mit dünnem Gingivatyp, gibt es daher schon länger Bestrebungen, den konfektionierten Titanaufbau durch Individualisieren zu optimieren. Dazu gehört das laborseitige Aufbrennen einer Keramischulter, mit der das bereits beschriebene gräuliche Durchschimmern des Aufbaus durch die Schleimhaut verhindert werden soll. Ganz neue Möglichkeiten bieten Hochleistungskeramiken, deren mechanische Eigenschaften die Herstellung von Vollkeramik-Aufbauten erlauben: Angefangen bei den konfektionierten vollkeramischen Abutments aus Aluminiumoxid [10] bis zu den modernen yttrium-stabilisierten Zirkonoxid-Abutments sind präfabrizierte Keramikaufbauten erfolgreich in Verwendung [2]. Die Materialeigenschaften von Zirkonoxid [9] erlauben sogar die Einführung einteiliger Aufbauten. Neben den bemerkenswerten mechanischen und optischen Eigenschaften hat sich bei den Zirkonoxid-Abutments ei-

ne geringere Plaque-Akkumulation gezeigt, wodurch das Risiko einer Plaque-induzierten Periimplantitis verringert wird [4, 9]. Aufgrund des Fortschritts in der dentalen CAD/CAM-Technologie können neuerdings neben präfabrizierten Abutments auch patientenindividuelle Aufbauten sowohl aus Titan als auch aus Zirkonoxid angefertigt/geordert werden. Somit kann noch spezifischer auf die klinische Situation, speziell in Hinsicht auf das kosmetische Ergebnis, eingegangen werden. Um die Vorteile CAD/CAM-gestützt gefertigter Abutments optimal nutzen zu können, muss die Oberflächenmorphologie der am Computer designten und CNC-gefrästen Aufbauten derart beschaffen sein, dass sie eine Weichgewebe-Anlagerung fördert beziehungsweise die mechanische Plaque-Retention nicht begünstigen darf. Erkenntnisse, die zur Absicherung des klinischen Einsatzes von CAD/CAM-generierten Implantataufbauten in Bezug auf deren Oberflächenhomogenität, beziehungsweise -rauigkeit führen, sind daher von großem Forschungsinteresse.

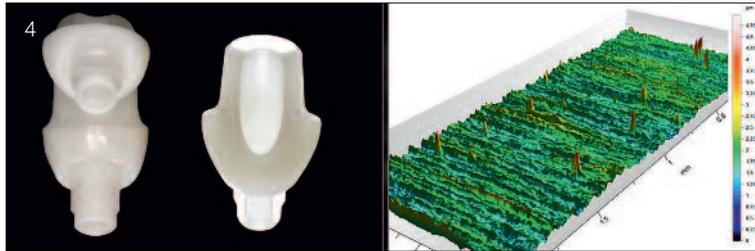


Abb. 4 Optische und 3D-Analyse des präfabrizierten Zirkonoxid-Aufbaus (Friadent-Cercon-Aufbau, gerade)

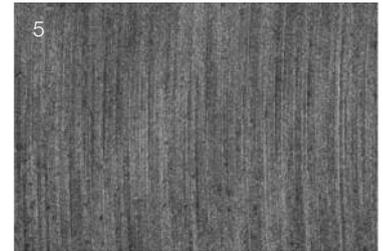


Abb. 5 2D-Analyse der Oberfläche des präfabrizierten Zirkonoxid-Aufbaus (Friadent-Cercon-Aufbau)



Abb. 6 Optische und 3D-Analyse des präfabrizierten Titan-Aufbaus (Friadent EstheticBase)



Abb. 7 2D-Analyse des präfabrizierten Titan-Aufbaus (Friadent EstheticBase)

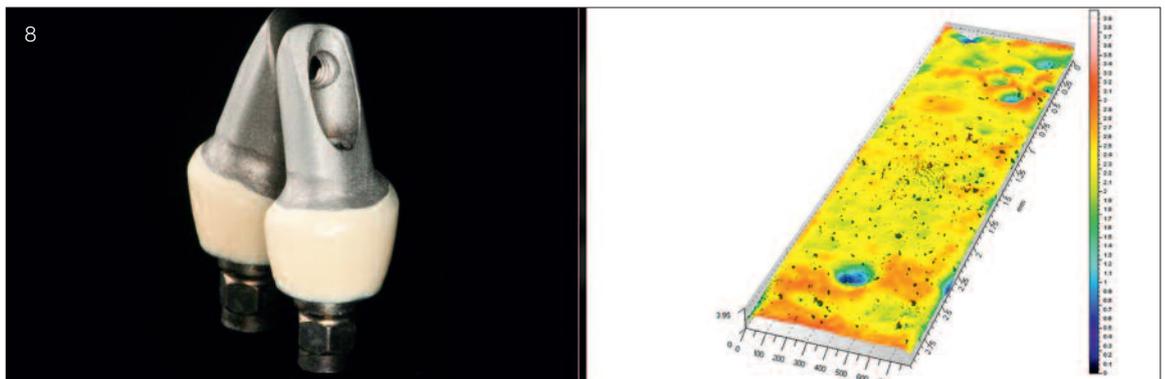


Abb. 8 Optische und 3D-Analyse des mit einer Keramikscherle versehenen präfabrizierten Titan-Aufbaus (Friadent EstheticBase, mit händisch geschichteter Keramikscherle)

Zusätzlich ist zu prüfen, ob Qualitätskriterien wie die Oberflächengüte und -homogenität, die für konfektionierte Aufbauten gelten, auch auf individuell designte und mittels CAD/CAM-Verfahren hergestellte Aufbauten übertragbar sind. In der vorliegenden Untersuchung war zusätzlich eine Evaluierung der eventuell notwendigen Oberflächen-Bearbeitungsschritte (Politur) vor dem klinischen Einsatz der CAD/CAM-gestützt hergestellten Aufbauten geplant.

Methodik

Die konfektionierte und CAD/CAM-gefertigten Aufbauten wurden zunächst optisch und danach mittels Konfokalmikroskopie verglichen.

Nach der optischen Begutachtung wurden die Oberflächen der Testkörper vergrößert betrachtet und mit dem qualifizierten Mess-System des Konfokalmikroskops ausgewertet. Die 3D-Auswertung erfolgt mittels der μ surf-Konfokalmikroskopie (Nanofocus, Oberhausen). Die quantitative Analyse wird anhand eines Analyseprotokolls nach ISO 25178 erstellt. Die Rauigkeit in 2D- und 3D-Parametern, die Form, die Dicke und die Mikrogeometrien wurden berechnet und optisch sowie ohne statistische Signifikanz verglichen (Abb. 2 und 3).

Zur Dokumentation der Politur wurde ein Protokoll erstellt, das die Reihenfolge, die Dauer und das Politurwerkzeug samt Aufsatz festlegte. Die CAD/CAM-gefertigten Titan-Aufbauten wurden mit Ti-

tan-Gummipolierern (Komet, Gebr. Brasseler, Lemgo) nachbearbeitet. Für die Politur der computergesteuert gefrästen Aufbauten aus Zirkonoxid kamen diamantierte Gummipolierer (Komet, Gebr. Brasseler) in absteigender Körnung (Farbkodierung: blau, rot, grau) zum Einsatz. Abschließend wurden sie mit einem Bison-Haarbürstchen und Zirkonoxid-Diamant-Polierpaste (Sirius Ceramics, Frankfurt) hochglanzpoliert.

Ergebnisse

Bei der optischen Betrachtung zeigte sich zunächst, dass die polierten CAD/CAM-Aufbauten und der präfabrizierte EstheticBase-Aufbau glatter erschienen als die EstheticBase mit aufgebrannter Keramik-

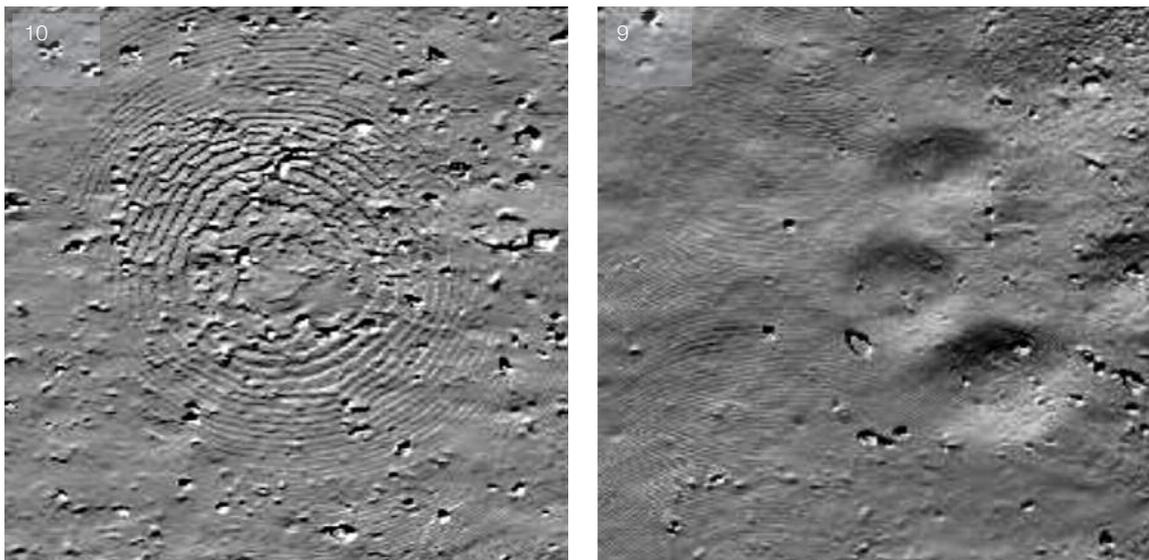


Abb. 9 und 10 2D-Analyse der aufgebrannten Keramikschulter

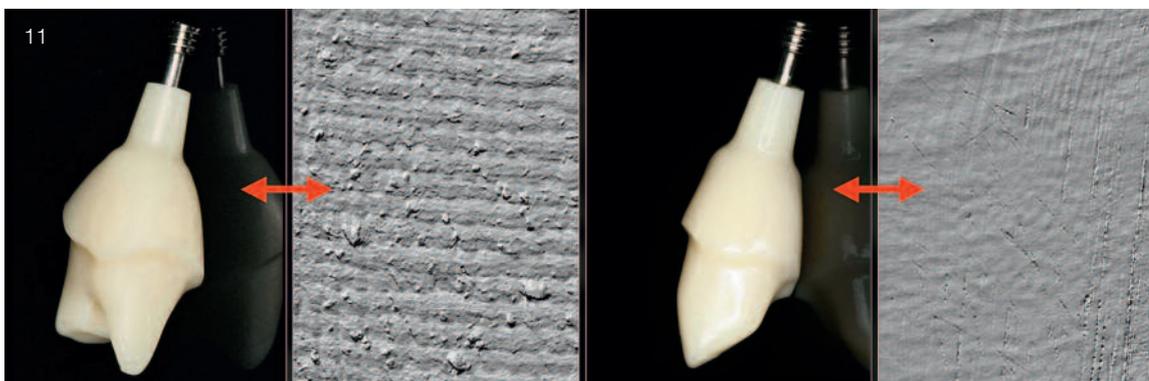


Abb. 11 Von links: Optische und 2D-Analyse des computergestützt designten und gefrästen Zirkonoxid-Aufbaus (Ankylos-Cercon-Custom-Abutment by Compartis), unbearbeitet versus manuell poliert

schulter. Bei der Analyse der 2-D- und 3-D-Parameter mittels μ surf-Konfokalmikroskopie zeigten sich deutliche Unterschiede in den Rauigkeiten der Aufbauten. Weiterhin waren Effekte der Politur auf die CAD/CAM-gefertigten Aufbauten zu beobachten (Abb. 2 und 3).

Während die präfabrizierten Aufbauten aus Zirkonoxid (Abb. 4 und 5) und aus Titan (Abb. 6 und 7) mit 0,201 und 0,243 Mikrometern im Vergleich mit den 0,226 Mikrometern Rauigkeit der EstheticBase mit individueller Keramikschulter ähnlich rau sind (Abb. 8 bis 10), weisen die unbearbeiteten, im CAD/CAM-Verfahren hergestellten Aufbauten aus Titan und Zirkonoxid (Cercon) mit 0,322 und 0,575 Mikrometern (Abb. 11 bis 13) eine deutlich höhere Rauigkeit als im polierten Zustand auf.

Nach Einsatz der Politur verändert sich bei den Prüfkörpern der Grad der Rauigkeit umgekehrt proportional. Die Oberfläche des polierten, individuell gefertigten Titan-Aufbaus wird mit 0,137 Mikrometer um durchschnittlich mehr als die Hälfte glatter, während der polierte, im CAD/CAM-Verfahren hergestellte Cercon-Aufbau mit 0,061 Mikrometer Oberflächenrauigkeit die glatteste Oberfläche von allen Prüfkörpern aufweist.

Zahnfarbene Aufbauten im ästhetisch sichtbaren Bereich im Detail

Im Fall des Einsatzes von Implantataufbauten im ästhetischen Front- und Seitenzahnbereich empfiehlt es sich, aufgrund der Ergebnisse zu Oberflächengüte und -rauigkeit, entweder einen präfa-

brizierten Aufbau aus Zirkonoxid (vgl. Abb. 4 und 5) oder einen CAD/CAM-gefertigten, polierten Zirkonoxid-Aufbau zu verwenden (vgl. Abb. 11 bis 13). Die Oberfläche des nicht bearbeiteten, individuellen CAD/CAM-Aufbaus aus Zirkonoxid ist im Vergleich dazu deutlich rauer und birgt Nachteile gegenüber den anderen Variationen.

Aufbauten mit individueller Keramikschulter im Detail

Zusätzlich zu der Oberflächenrauigkeit von 0,226 Mikrometer sind bei den Friedent-EstheticBase-Aufbauten mit individuell gebrannter Keramikschulter unregelmäßige Einbuchtungen und Rillen zu erkennen, die eine Anheftung von Plaque-Bakterien fördern können (vgl. Abb. 8 bis 10).

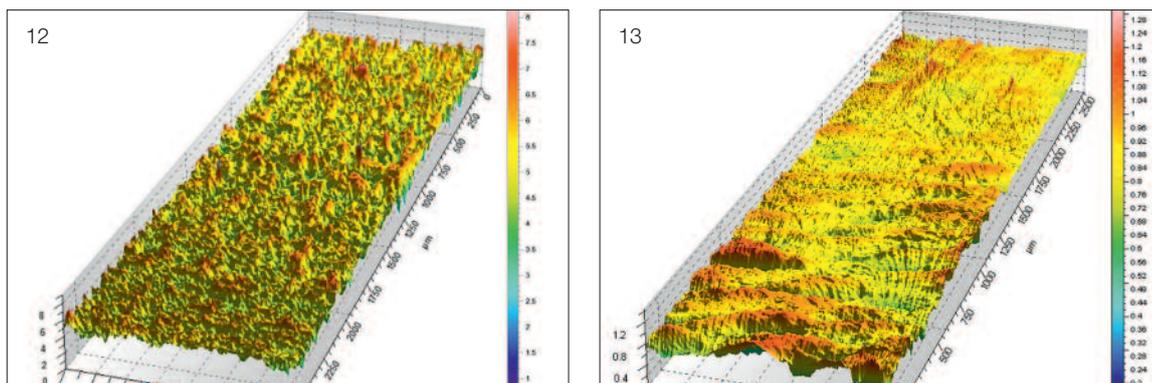


Abb. 12 und 13 3D-Analyse der CAD/CAM-gefertigten Zirkonoxid-Aufbauten im Detail; unbearbeitet (links) und poliert (rechts)

Fazit

Neben den technischen Fragen zur Herstellung, Implantatverbindung und Materialbeschaffenheit von konfektionierten Abutments spielen die Oberflächengüte und -homogenität eine entscheidende Rolle. Strukturpolierte oder mikrostrukturierte Oberflächen an den Implantataufbau-Schultern konfektionierter Abutments werden seit langem produziert. Die mittels μ surf-Konfokalmikroskopie erhobenen Ergebnisse der vorliegenden Un-

tersuchung geben erste Hinweise darauf, dass polierte, bearbeitete CAD/CAM-gefertigte Zirkonoxid-Aufbauten eine bessere Oberflächenhomogenität und -güte aufweisen als konfektionierte Titanaufbauten, oder konfektionierte Abutments mit individuell gebrannter Keramikschulter sowie unpolierte CAD/CAM-gestützte gefertigte Custom Abutments. Neben diesen Schlussfolgerungen bleibt zu klären, ob sich die Hypothese klinisch bestätigt, dass sich die Plaque-Akkumulation an polierten, zentral gefrästen Abutments ver-

ringert und dadurch die Gesundheit der periimplantären Weichgewebe sicher gestellt werden kann. Weiterhin stellt sich die Frage, welcher Grad an Rauigkeit beziehungsweise Mikrogeometrie entsprechend einer Bearbeitung mit Politur für eine gesunde Weichgewebe-Situation an CAD/CAM-Abutments notwendig und ausreichend ist und wie diese in einer Art Politurprotokoll als Standard gesichert werden kann. Studien zu diesen Fragestellungen existieren bisher nicht und wecken Forschungsinteresse. ■

Zu den Personen

Dr. Peter Gehrke studierte von 1986 bis 1991 Zahnheilkunde an der Freien Universität Berlin. Nach seiner Promotion, die durch ein Stipendium der Schering AG Berlin unterstützt wurde, ließ er sich in privater Praxis in Hamburg nieder und konzentrierte sich auf die Bereiche Prothetik und Implantologie. Bereits als Stipendiat, aber auch später an der Universität und in freier Praxis, fokussierte er seine Tätigkeit auf die wissenschaftlichen Aspekte der Zahnheilkunde. Zur Weiterbildung in zahnärztlicher Prothetik und Implantologie ging er 1994 in die USA (New York University, College of Dentistry). 1996 kam er nach Mannheim, um hier für ein Implantatunternehmen auf den Gebieten der Fortbildung und der Forschung zu arbeiten. Er ist aktives Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Implantologie, der Academy of Osseointegration, der European Association for Osseointegration und des International College of Prosthodontics. Seit 2012 hat Dr. Gehrke die Co-Schriftleitung der Zeitschrift für zahnärztliche Implantologie (ZZI) übernommen. Dr. Gehrke ist Partner der oralchirurgischen Gemeinschaftspraxis Prof. Dr. Dhom & Partner in Ludwigshafen.

Ztm. Carsten Fischer ist seit 1996 selbstständiger Zahntechniker. Seinen Abschluss zum Zahntechniker machte er 1992 im väterlichen Betrieb. Er ist in und mit seinem Beruf gewachsen – seit 1994 ist Carsten Fischer als nationaler und internationaler Referent tätig und unterstreicht diese Tätigkeit durch vielfache Publikationen. Carsten Fischer ist Mitglied in verschiedenen Fachbeiräten und langjähriger Berater der Dentalindustrie. Unter anderem war er maßgeblich an Produktentwicklungen von vollkeramischen Doppelkronen sowie Presskeramiken beteiligt. 2007 wechselte er von Hamburg nach Frankfurt am Main, wo er seit 2007 ein Fachlabor für vollkeramische Restaurationen und Implantologie führt.

Kontaktadresse

Dr. Peter Gehrke • Praxis Prof. Dr. Dhom & Partner • Bismarckstraße 27 • 67059 Ludwigshafen
praxis@prof-dhom.de
 Carsten Fischer • sirius ceramic • Lyoner Straße 44-48 • 60528 Frankfurt
fischer@sirius-ceramics.com

