

# So weit – so gut

Ein Beitrag von Prof. Dr. Florian Beuer MME und PD Dr. Benedikt Spies

Zahnfarbene Materialien auch für den enossalen Anteil implantatprothetischer Restaurationen haben in den vergangenen Jahren eine deutliche Renaissance erlebt. Durch den Einsatz von Zirkonoxid anstelle von Aluminiumoxid konnten die mechanischen Eigenschaften erheblich verbessert werden. Waren bislang mit den einteiligen Keramikimplantaten die prothetischen Möglichkeiten stark eingeschränkt, kamen in der jüngeren Vergangenheit interessante zweiteilige Varianten auf den Markt. Um deren Potenzial voll auszuschöpfen, bietet sich ein exaktes Backward Planning an, da sowohl die ein- als auch die zweiteiligen Keramikimplantate weniger Möglichkeiten zur Kompensation suboptimaler Positionen bieten. Dieser Artikel soll eine Übersicht über den aktuellen wissenschaftlichen Stand keramischer Implantate geben, die prothetischen Möglichkeiten diskutieren und einen Ausblick geben.

**Indizes: Implantatfraktur, Risszähigkeit, Sicherheit, Keramikimplantate, Zirkonoxid**

## Fragen an die Autoren

**Wann kommen bei Ihnen in der Klinik Keramikimplantate zum Einsatz?**

**Prof. Dr. Florian Beuer:** Ehrlich gesagt sind sie noch eine Nischenindikation und machen maximal zehn Prozent unserer inserierten Implantate aus. Wir verwenden einteilige Implantate, wenn entweder medizinische Gründe oder der Wunsch des Patienten gegen die Verwendung von Titanimplantaten sprechen. Die zweiteiligen Keramikimplantate setzen wir zur Zeit im Rahmen einer klinischen Studie ein. Da wir inzwischen vor allem von den Weichgeweben so begeistert sind, verwenden wir sie heute auch bei Standardfällen, wenn die Dimensionen es zulassen. Ich hoffe, dass uns die klinische Studie Auskunft darüber geben wird, ob es klinisch beweisbare Vorteile der Keramikimplantate gibt. Dann haben sie das Potenzial, der neue Standard zu werden.

**Worauf legen Sie im Handling von Keramikimplantaten beziehungsweise bei der prothetischen Versorgung von Keramikimplantaten besonderes Augenmerk?**

**PD Dr. Benedikt Spies:** Gerade für einteilige keramische Implantate sollte die Option der digitalen/prothetisch orientierten Implantationsplanung und einer schablonengeführten Insertion zur Verfügung stehen. Für zweiteilige Systeme wünsche ich mir mehr klinische Evidenz. Hier ist heute noch unklar, ob und mit welchem Workflow ich mich auf die aktuell angebotenen Verbindungen verlassen kann.

## Zirkonoxid brachte die Wende

Die Idee der „weißen“ Implantate ist fast so alt wie die Implantologie und Osseointegration. Man schätzt an den keramischen Materialien vor allem ihr hohes ästhetisches Potenzial, eine geringe Plaque-Akkumulation und die hohe Biokompatibilität. Davon verspricht man sich beim Einsatz als Implantatmaterial eine geringere Anfälligkeit für periimplantäre Entzündungen. All diese Eigenschaften gilt es allerdings noch wissenschaftlich zu beweisen.

Alles begann vor fast 50 Jahren mit keramischen Materialien für dentale Implantate. Das damals verwendete Material war Aluminiumoxid und wurde vor allem von Prof. Schulte als „Tübinger Sofortimplantat“ und von Prof. Sandhaus als „Crystalline Bone Screw“ eingesetzt [9,11]. Die geringe Risszähigkeit und die daraus resultierenden eingeschränkten mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs führten zu Implantatfrakturen und daher verschwanden diese Implantate wieder vom Markt. Auch heute noch fürchten viele Anwender Implantatfrakturen, wenn sie die Anwendung keramischer Implantate in Erwägung ziehen.

Auch für Gerüste von Kronen und Implantatabutments wurde Aluminiumoxid in verschiedenen Varianten eingesetzt. Mit der Einführung von Zirkonoxid verlor der Werkstoff in der Prothetik jedoch an Bedeutung und wird heute so gut wie nicht mehr verwendet. Betrachtet man den Werkstoff genauer, gibt es eine Erklärung, warum die mechanischen Eigenschaften von Zirkonoxid denen anderer in der Zahnmedizin verwendeter Keramiken überlegen sind: Die hohe Risszähigkeit des Werkstoffs Zirkonoxid (die „Achillesferse“ einer jeden Keramik) ist dem Polymorphismus der zugrunde liegenden Gitterstruktur geschuldet: Es kann monoklin (Raumtemperatur bis 1170 °C), tetragonal (1170 bis 2370 °C) und kubisch (2370 °C bis zum Schmelzpunkt) strukturiert sein [1]. Werden diese Temperaturschranken durchschritten, kommt es zu Volumenveränderungen im Gefüge. Um ungewollte Volumensprünge im Rahmen der Herstellung zu vermeiden, wird der Phasenübergang von tetragonal

nach monoklin beim Abkühlen nach dem Sintervorgang (die Sintertemperatur liegt deutlich über 1170 °C) durch die Zugabe von speziellen Oxiden unterbunden. Die nun bei Raumtemperatur metastabil – also sozusagen „unfreiwillig“ – vorliegende tetragonale Phase ermöglicht den sogenannten Selbstheilungsmechanismus der Transformationsverfestigung [4]: Bei einer belastungsinduzierten Rissbildung sind an den Riss angrenzende Kristallite in der Lage, ihr Gitter in die monokline Modifikation umzuwandeln. Durch die bereits erwähnte Volumenänderung (Volumenzunahme) entsteht Druckspannung im Gefüge und es kann theoretisch ein Fortschreiten des Risses unterbunden werden. Dieser Mechanismus der Transformationsverfestigung verleiht dem Zirkonoxid die hohe Risszähigkeit und somit überlegene mechanische Eigenschaften. Bei Zahnersatz mit Zirkonoxid-Gerüsten wurden die Gerüstfrakturen als extrem seltenes Ereignis beschrieben. Die Fraktur eines osseointegrierten Implantats wäre natürlich deutlich folgenreicher als die Fraktur eines Kronengerüsts.

### Sind keramische Implantate sicher?

Aktuelle Studien zeigen, dass Implantate aus Zirkonoxid zur Befestigung von Einzelkronen und dreigliedrigen Brücken zumindest über den Beobachtungszeitraum von bis zu fünf Jahren absolut geeignet sind. Längere Beobachtungszeiten gibt es derzeit leider nicht. Vielmehr stehen sie dem heutigen Goldstandard Titan hinsichtlich der Einheilung in den Knochen und ihrer Frakturresistenz nicht nach [8]. Wenn es zu Frakturen kam, waren diese beinahe ausschließlich bei durchmesserreduzierten Implantaten oder in Kombination mit herausnehmbarem Zahnersatz beschrieben worden [7]. Auch zeigten diese kein keramikgerechtes Design [2]. Leider liegt derzeit nur für einteilige keramische Implantate ausreichende Evidenz vor. Allerdings stellen einteilige Implantate eher eine Nischenindikation dar. Sie bedürfen einer noch präziseren Planung, da Unterschiede zwischen Implantat-achse und zukünftiger Zahnachse kaum kompensierbar sind. Zusätzlich lassen

sich Versorgungen auf diesen einteiligen Keramikimplantaten nur zementieren. Bei der Implantatinsertion gilt zu beachten, dass die prothetikkorrekte Positionierung noch wichtiger ist. Fehlpositionierungen können nur in einem sehr geringen Ausmaß durch die Prothetik oder intraorale Modifikationen des Abutments kompensiert werden. Vor allem bei einteiligen Implantaten bleibt hier nur die Option, den Aufbau zu beschleifen. Ob das Beschleifen von Zirkonoxid im Mund ein Schritt in die richtige Richtung ist, bleibt fraglich. Es ist also empfehlenswert, die Implantatinsertion geführt nach vorherigem prothetischen Set-up (dem sogenannten Backward Planning) durchzuführen. Dies kann entweder digital oder konventionell erfolgen. Nach Generierung dreidimensionaler Daten der Knochensituation durch Digitale Volumentomografie (DVT) oder Computertomografie (CT) und der intraoralen Situation mittels Intraoralscan oder Scanner der Modelle werden diese fusioniert [3]. Die dreidimensionale Planung der Implantation kann bei diesem System auf Basis jeder offenen Planungs-Software wie beispielsweise Smop (Swissmeda, Zürich/Schweiz) oder coDiagnostiX (Dental Wings, Letourneux/Kanada) erfolgen.

### Die prothetische Versorgung von Keramikimplantaten

Aus der Literatur wird ersichtlich, dass einteilige keramische Implantate bedenkenlos mit Einzelkronen und dreigliedrigen Brücken versorgt werden können (Abb. 1 und 2) [8]. Eine Versorgung größerer Spannen oder gar mit herausnehmbarem Zahnersatz muss noch als experimentell betrachtet werden [6]. Bei keramischen Implantaten liegt es nahe, auch für die Suprakonstruktion auf keramische Materialien zurückzugreifen. Auch die Suprakonstruktionen aus keramischen Materialien zeigen hohe Überlebensraten, sofern man nur Einzelkronen und dreigliedrige Brücken betrachtet [12,14]. Allerdings werden auch bei Keramikimplantaten hohe Raten an Verblendkeramik-Abplatzungen bei Zirkonoxid-Gerüsten von Kronen und Brücken berichtet. Dies deckt sich

mit den Daten dieser Restaurationen auf Titanimplantaten. Selbst wenn diese Arten der Misserfolge kaum negative Einflüsse auf die Patientenzufriedenheit haben, schließlich werden sie meistens erst vom Zahnarzt beim routinemäßigen Kontrollbesuch entdeckt, sind sie dennoch als unerwünschtes Ereignis zu werten. Hier ist vielleicht nochmal kurz über den Misserfolg der Verblendkeramik-Abplatzung nachzudenken: In der Vergangenheit gingen wir davon aus, dass vor allem technische Probleme bei der Verblendung von Zirkonoxid-Gerüsten dafür verantwortlich waren. Gehen wir jedoch davon aus, dass diese weitgehend gelöst sind, ist eine Fraktur immer ein Zeichen und gleichzeitig das „Ventil“ für sehr hohe auftretende Kräfte. Der Lösungsansatz, die prothetische Versorgung mechanisch stabiler zu machen, kann dazu führen, dass der schwächste Punkt der Restauration nun nicht mehr auf der Kaufläche liegt, sondern im schlimmsten Fall das Implantat im Knochen ist. Monolithisches Lithium-Disilikat scheint hier für Kronen ein besonders gut geeignetes Material zu sein, da es, was technische Komplikationen betrifft, deutlich besser abschneidet als verblendetes Zirkonoxid, aber dennoch nicht stabiler als das Implantat zu sein scheint [13]. Stand heute kann dies aber nur für Einzelkronen empfohlen werden. Die neuen Generationen an transluzenterem Zirkonoxid könnten auch als Brückenmaterial interessant werden. Neben der einfacheren Herstellung ist

vor allem auch die Fertigung im digitalen Workflow zukünftig interessant. Bei der Verwendung der monolithischen Materialien gilt es aber immer zu bedenken, dass der schwächste Teil der Restauration auf der am besten zugänglichen Stelle liegen muss. Vor allem muss das Implantat durch den Zahnersatz geschützt werden und dabei spielt das Implantatmaterial keine Rolle. Die Suprakonstruktion muss immer mechanisch schwächer sein als das Implantat oder Abutment. Hier liegen leider nur wenige Daten vor und es bedarf dringend weiterer Untersuchungen.

### Verschrauben oder zementieren?

Die derzeitigen einteiligen Implantatsysteme lassen keine verschraubten Versorgungen zu, der Zahnersatz muss also zementiert werden. Der Zusammenhang zwischen Zementüberschüssen im Sulcus und periimplantären Entzündungen wurde mehrfach beschrieben. Daher ist bei Zementierung von einer erhöhten biologischen Komplikationsrate auszugehen. Dennoch gilt das Ziel, die Überschüsse adäquat zu entfernen oder – besser noch – deren Auftreten zu vermeiden [16]. Bedingt durch das präfabrizierte Emergenzprofil und Abutment kann die Lage des prospektiven Kronenrands bei einteiligen Implantaten nur im Laufe der Implantatinsertion beeinflusst werden. Die zukünftige Dicke der Weichgewebe kann dabei nur grob eingeschätzt werden. So ist es durchaus denkbar, dass der

zukünftige Restaurationsrand subgingivaler liegt, als dieser anfangs geplant war, selbst, wenn mit allen technisch zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln geplant wurde. Grundsätzlich ist man zwar froh über den Weichgewebegewinn, allerdings macht er die prothetische Versorgung vor allem bei der Zementierung schwieriger. Die Grenze zwischen Erreichbarkeit und Unerreichbarkeit der Zementüberschüsse scheint zwischen 1 und 2 mm unterhalb des Marginalsaums zu liegen [5,15]. Auch daher ist eine dreidimensionale Planung und geführte Insertion des Implantats empfehlenswert. Es existieren aber durchaus Behandlungsstrategien, wie sich Überschüsse so gering wie möglich halten lassen. Eine Arbeitsgruppe der Universität Basel hat sich mit dieser Thematik intensiv auseinandergesetzt und verschiedene altbekannte Zementierungs-Protokolle hinsichtlich ihrer Kompatibilität mit einteiligen keramischen Implantaten beleuchtet. Im Fokus lagen hierbei zwei Methoden, den Zementüberschuss zu verringern: Das sogenannte „Vorzementieren“ der Restauration auf ein Laboranalog beseitigt einen großen Teil des Zementüberschusses bereits extraoral, während ein oral gelegenes Abflussloch („venting hole“) in der Krone verhindern soll, dass der Zement beim Eingliedern in schwer zugängliche subgingivale Bereiche gepresst wird [18]. Unabhängig vom gewählten Zement (adhäsiver Zement oder modi-



1 Zweiteiliges keramisches Implantat mit Außenrotationsschutz zur Aufnahme einer auf Implantatniveau verschraubten Einzelzahnkrone

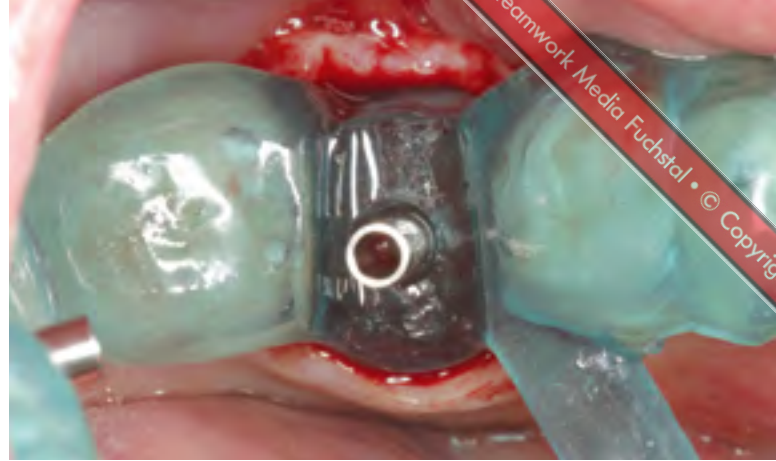


2 Zweiteilige keramische Implantate mit Außenrotationsschutz zur Aufnahme einer auf Implantatniveau verschraubten dreigliedrigen Brücke

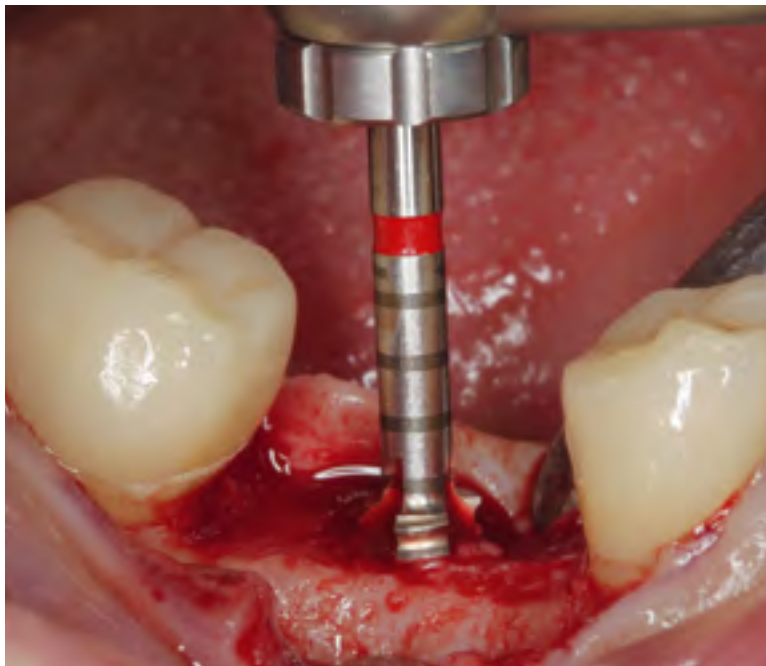




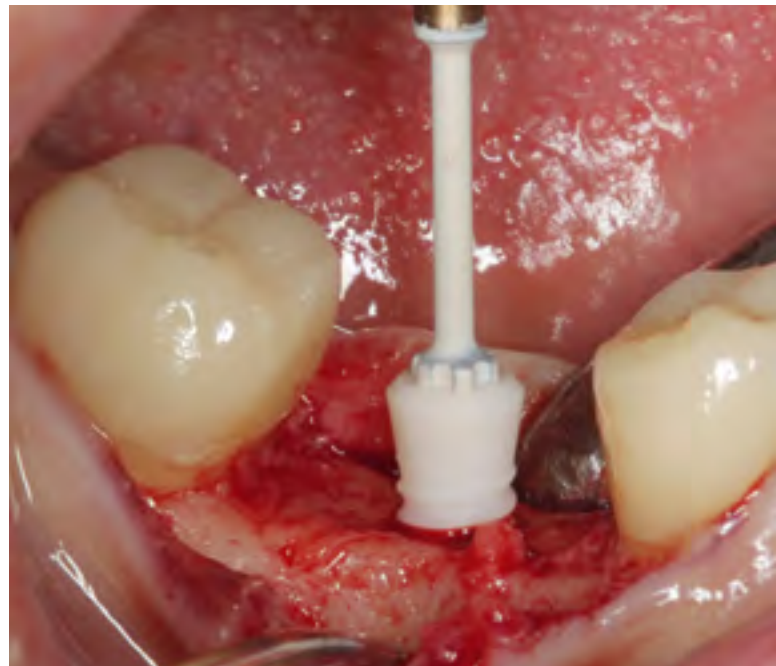
3 Klinische Situation einer ausgeheilten Alveole nach Elevation eines Mukoperiostlappens



4 Eingegliederte Bohrschablone zur geführten Pilotbohrung bei der Implantatinsertion



5 Gewindeschneiden während der Aufbereitung des Implantat-lagers für ein keramisches Implantat



6 Einschrauben eines zweiteiligen keramischen Implantats

fizierter Glasionomer-Zement) oder dem Kronenmaterial (Lithium-Disilikat oder Zirkonoxid) waren in einer Laboruntersuchung sowohl eine Vorzementierung als auch das sogenannte Venting-Protokoll in der Lage, den Zementüberschuss gegenüber dem klassischen Protokoll signifikant zu reduzieren. Dieselbe Arbeitsgruppe konnte auch zeigen, dass weder das Zementierungsprotokoll (klassisch, „venting“ oder vorzementieren) noch der gewählte Zement Einfluss auf die Frakturresistenz der Krone ausübten [17]. Lediglich das Kronenmaterial selbst war

für die Versagensgrenze maßgebend. Das Abflussloch zeigte keinen negativen, also schwächenden, Effekt.

#### Wo stehen die zweiteiligen keramischen Implantate?

Inzwischen sind auch einige zweiteilige Implantatsysteme aus Zirkonoxid erhältlich. Diese ermöglichen ein relativ ähnliches klinisches Vorgehen dem heute bekannten Protokoll von zweiteiligen Titanimplantaten, mit der Einschränkung, dass das Vorschneiden des Gewin-

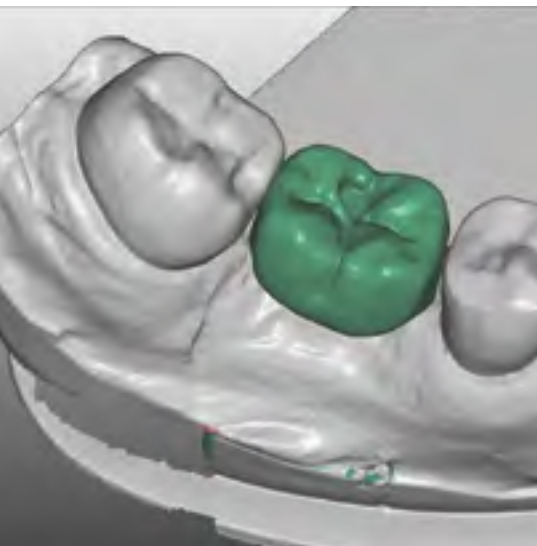
des für keramische Implantate vielleicht noch wichtiger ist als für Titanimplantate (Abb. 3 bis 11). Die Verbindung von dem enossalen Anteil und dem Abutment stellt jedoch immer noch eine technische Herausforderung dar. Neben der keramikgerechten Gestaltung des Rotations-schutzes bleibt die Frage der Verbindung bestehen. Wird geschraubt, bleibt die Frage, welches Schraubenmaterial am besten geeignet erscheint. Verwendet werden derzeit neben metallischen Schrauben aus Titan und Gold auch karbonverstärkte Kunststoffe. Dabei wird



**7** Insetiertes zweiteiliges Keramikimplantat in Endposition; es wurde bewusst eine leicht suprakrestale Lage der Implantatschulter gewählt



**8** Aufgeschraubter Scanpfosten zur digitalen Erfassung der Implantatposition während der Implantatinsertion



**9** Digitale Herstellung der verschraubten Krone; CAD-Konstruktion (Foto: Ztm. Andreas Kunz, Berlin)



**10** Auf Implantatniveau verschraubbare Krone (Foto: Ztm. Andreas Kunz, Berlin)



**11** Eingegliederte auf Implantatniveau verschraubte Krone; die Zugangskavität wurde verschlossen

diese Frage durchaus emotional diskutiert, da Keramikimplantate mit Metallschrauben für Metallphobiker nicht als metallfrei gelten. Auch für die Abutments werden verschiedene Materialien verwendet. Zum einen wird Zirkonoxid wie beim enossalen Anteil benutzt, zum anderen auch kunststoffbasierte Materialien wie Polyetherketonketon (PEKK). Bei der Restauration auf dem Abutment gelten ähnliche Regeln wie bereits oben beschrieben (Abb. 12 und 13). Ein Nachteil

der heute verfügbaren zweiteiligen Implantate sind sicher noch die erhältlichen Durchmesser, die etwas größer sind als bei Titanimplantaten. Um auch in engen Lücken die Mindestabstände einzuhalten, kann die geführte Insertion der Implantate hilfreich sein. Insgesamt lässt sich heute sicher feststellen, dass Implantate aus Zirkonoxid chirurgisch gut funktionieren, teilweise aber noch schwieriger prothetisch zu versorgen sind. Die Erwartung, dass die periimplan-

tären Weichgewebe gesünder und stabiler um Keramikimplantate seien, wurde bisher wissenschaftlich noch nicht bestätigt, auch wenn sie subjektiv sehr gut aussehen. Es bleibt spannend, ob sich die hochgesteckten Erwartungen erfüllen werden und wissenschaftlich beweisen lassen. Bis jetzt sieht es sehr vielversprechend aus. ■

 **Literaturverzeichnis** unter [www.teamwork-media.de/literatur](http://www.teamwork-media.de/literatur)





**12** Auf Knochenniveau inseriertes zweiteiliges Keramikimplantat nach Ausheilung der Weichgewebe | **13** Auf Implantatniveau verschraubte Krone vor dem Verschließen der Zugangskavität

## Die Autoren



**Prof. Dr. Florian Beuer MME** studierte von 1994 bis 1999 Zahnheilkunde an der LMU München. Im Jahr 2004 trat er an der LMU die Tätigkeit als Oberarzt an. Seit 2005 ist Prof. Beuer zertifizierter Implantologe. Zwei Jahre (2007/2008) war er als Visiting Professor am Pacific Dental Institute (PDI), Oregon/USA (Director: John Sorensen, DMD, PhD), tätig. In den Jahren 2009 bis 2015 war er Vizepräsident der Gesellschaft für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ). Seit Januar 2011 ist Prof. Beuer Mitherausgeber des Journals „teamwork“, seit November 2015 Fortbildungsreferent im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI) und seit September 2011 Vorstandsmitglied der Arbeitsgemeinschaft für Keramik (AG Keramik). Seine klinischen und wissenschaftlichen Schwerpunkte sind Vollkeramik, CAD/CAM-gefertigter Zahnersatz, Zirkonoxid und Implantologie. Im April 2015 hat Prof. Beuer den Lehrstuhl für Zahnärztliche Prothetik an der Charité – Universitätsmedizin Berlin übernommen und ist Direktor der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre. Seit Juni 2015 ist er Master of Medical Education MME (Universität Heidelberg) und seit November 2015 Fortbildungsreferent im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI). Prof. Beuer ist unter anderem

Mitglied der DGI, DGZMK, IADR, Mitinitiator der Arbeitsgruppe Vollkeramik München sowie Mitinitiator des Curriculum CAD/CAM (CAD/CAM-Führerschein).

**PDDr. Benedikt Spies** studierte von 2005 bis 2010 Zahnmedizin an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Im Jahr 2010 erfolgte die Promotion. Von 2011 bis 2016 arbeitete er als Assistent an der Klinik für Zahnärztliche Prothetik des Departments für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Freiburg (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. J. R. Strub), wo er 2016 zum Oberarzt ernannt wurde. Im Jahr 2014 qualifizierte er sich zum Spezialisten für prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro) und zum zertifizierten Spezialisten für zahnärztliche Implantologie (DGI). Seit 2017 ist er als Oberarzt an der Klinik für Zahnärztliche Prothetik der Charité in Berlin tätig (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. F. Beuer). Im selben Jahr erfolgte die Habilitation und Ernennung zum Privatdozenten.

### Kontakt

Prof. Dr. Florian Beuer MME  
 Direktor Zahnärztliche Prothetik,  
 Alterszahnmedizin und Funktionslehre  
 Charité – Universitätsmedizin Berlin  
 Aßmannshauer Straße 4-6 · 14197 Berlin  
 florian.beuer@charite.de