

Ungefülltes PEEK als Gerüstmaterial für zwölfgliedrige Brücken

# Metallfreie implantatgetragene Restauration im zahnlosen Kiefer

Ein Beitrag von Dr. Bernd Siewert, Madrid, Spanien

**Lange Zeit galt die definitive, metallfreie implantatgetragene Restauration im zahnlosen beziehungsweise gering bezahnten Kiefer als neuralgischer Punkt. Mit der Verfügbarkeit von teilkristallinem Thermoplast aus der Werkstoffgruppe PAEK, wie zum Beispiel PEEK, ist die Lücke geschlossen worden. Der Autor hat in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von implantatgetragenen kieferumspannenden Brücken mit PEEK als Gerüstmaterial umgesetzt. Im Artikel stellt er anhand eines Patientenfalles sein Konzept vor. Besonderheiten in diesem Fall sind die monolithische Zirkonoxid-Verblendung sowie die Möglichkeit, die Brücke festsitzend oder abnehmbar im Mund zu befestigen.**

Die implantatprothetische Rehabilitation des zahnlosen Kiefers mit einer verschraubten Restauration hat in den vergangenen Jahren hohen Zuspruch erhalten [1,10]. Implantologische Konzepte, wie zum Beispiel All-on-4 oder Ähnliches, haben sich als vergleichsweise einfaches Therapiekonzept bewährt. Für die prothetische Versorgung wurden bislang hauptsächlich Metallgerüste (zum Beispiel NEM-Legierungen, Titan) oder in jüngster Zeit Gerüste aus Zirkonoxid verwendet [12]. Beide Materialgruppen haben ein hohes Elastizitätsmodul und wirken daher als relativ starre Verblockung. Überbelastungen der Implantate, Schraubenlockerungen oder Frakturen der prothetischen Restauration können die Folge dieser starren Einheit sein [2]. Außerdem berichten Patienten häufig von einem unphysiolo-

gischen Kaugefühl. Zudem galt es lange Zeit als unmöglich, komplett metallfreie implantatprothetische Versorgungen für den zahnlosen oder gering bezahnten Kiefer anzufertigen. Dies setzt dem Zahnarzt insbesondere im Hinblick auf das steigende Bewusstsein der Patienten für die ganzheitliche Gesundheit respektive dem Trend zu metallfreien Zahnersatzlösungen Grenzen.

## Prothetische Versorgung mit Keramikimplantaten

In den vergangenen 15 Jahren haben sich Keramikimplantate im Alltag bewährt. Allerdings entspricht die verschraubte Restauration auf Keramikimplantaten derzeit noch nicht dem Stand der Technik. Konsequenterweise sollte bei der Insertion von

keramischen Implantaten die prothetische Restauration komplett metallfrei gestaltet werden; auch im Bereich des festsitzenden Zahnersatzes im zahnlosen Kiefer. Das bewährte Konzept der bedingt herausnehmbaren (verschraubten) Versorgungen auf Titanimplantaten sollte auf Keramikimplantate übertragen werden können.

## PEEK in der Implantatprothetik

Mit der Verfügbarkeit von Hochleistungspolymeren aus der Werkstoffklasse PAEK (Polyaryletherketon) wird eine Alternative zu den konventionellen Gerüstmaterialien geboten. Zur PAEK-Familie gehören PEEK (Polyetheretherketon) und PEKK (Polyetherketonketon). Der Autor des Artikels verwendet seit mehr als zehn Jahren PEEK als Gerüstmaterial – vorwiegend für die



Abb. 1a Situation zum Zeitpunkt der Erstkonsultation in der Praxis des Autors im Jahr 2003



Abb. 1b Nach der Neuversorgung mit Titanimplantaten und einer Hufeisenbrücke im Oberkiefer im Jahr 2004

prothetische Versorgung von Titanimplantaten – und hat damit insbesondere im Bereich der Implantatprothetik umfassende Erfahrungen gesammelt. Die Vorteile von PEEK im Vergleich zu Metallen und Zirkonoxid sind das geringe spezifische Gewicht, die relativ einfache Verarbeitbarkeit und die Korrosionsunanfälligkeit [5]. Das geringe Gewicht der Gesamtrestauration ist ein häufig unterschätzter Aspekt. Im zahnlosen Kiefer werden Implantate oft jenseits der Zahnwurzel (basaler Knochen) gesetzt. Dadurch haben die prothetischen Restaurationen eine teils außergewöhnlich hohe vertikale Dimension und das Gerüst ein entsprechend massives Volumen. Das geringe spezifische Gewicht von PEEK ist diesbezüglich vielversprechend. Weiterer Vorteil von PEEK (E-Modul: 4 GPa) ist die reduzierte Übertragung der Kaukräfte auf den Knochen oder das periimplantäre Gewebe. Überlastungen, wie teilweise von starren Materialien (Titan = E-Modul 110 GPa, Zirkonoxid = E-Modul 210 GPa) bekannt, können vermieden werden. Auch die ausgezeichneten physikalischen und chemischen Eigenschaften von PEEK sowie die hervorragende biologische Verträglichkeit sind vielversprechend für implantatprothetische Versorgungen [4,6,7,11,13]. PEEK hat eine sehr geringe Wasseraufnahme und bleibt daher selbst nach längerer Tragezeit geruchsneutral. Unter anderem für sensible Patienten mit Unverträglichkeiten und/oder Allergien ist PEEK in vielen Fällen das Material der Wahl. Im Gegensatz zu Polymethylmethacrylat (PMMA) ist kein Restmonomer festzustellen, welches allergische Reaktionen auslösen könnte [3]. Zudem entstehen bei PEEK keinerlei Korrosionsprodukte, wie sie zum Beispiel bei Metalllegierungen auftreten und die Unverträglichkeiten auslösen können [8].

### Verarbeitung von PEEK

Verarbeitet werden kann PEEK im zahn-technischen Labor auf verschiedenen Wegen. Zur Verfügung stehen Rohlinge (Blanks) für die CAD/CAM-gestützte Fertigung (zum Beispiel YuDent, Yunyi Medical) sowie Pellets oder Granulat für eine press-

technische Umsetzung. Rohlinge für die CAD/CAM-gestützte Fertigung werden industriell unter standardisierten Bedingungen (Temperatur, Druck) hergestellt und bieten somit in der Regel eine einheitlich hohe Qualität [9,11].

Die Indikationen von PEEK reichen vom herausnehmbaren (zum Beispiel Klammern, Doppelkronen, Stege) bis zum festsitzenden Zahnersatz (Kronen, Brücken). Aufgrund der hohen Opazität und der grünlich-beigen Farbe von PEEK ist in der Regel eine Verblendung im ästhetischen Bereich unverzichtbar. Im direkten Schleimhautkontakt bevorzugt der Autor das reine, unverblendete Material. Die Oberfläche von 100 Prozent reinem PEEK ist gut polierbar und zeichnet sich durch eine geringe Plaqueanlagerung aus. Bei direktem Gingivakontakt kommt es – auch bei nicht optimaler Mundhygiene – zu keinen nennenswerten Irritationen. Einige Hersteller modifizieren reines PEEK-Material und passen so zum Beispiel die Farbe an die Ansprüche in der Zahnmedizin an. Für das Einfärben werden anorganische Farbstoffe verwendet, zum Beispiel Titandioxide (circa 10 Prozent), was unter anderem aus Sicht der ganzheitlichen Zahnmedizin diskutiert werden muss. Ob Titandioxid-Partikel während der Tragedauer in Lösung gehen, ist noch nicht erforscht. Der Autor favorisiert unter anderem vor diesem Hintergrund ein ungefülltes PEEK, wie es auch in der Humanmedizin (zum Beispiel Hüftprothesen, Zwischenwirbelkörper) zur Anwendung kommt. Das im vorgestellten Fallbeispiel verwendete YuDent von Yunyi Medical ist ein hochreines Material ohne jedwede Zusätze und Beimischungen.

### Verblendung von PEEK

Um die Eigenfarbe von reinem PEEK in ästhetisch relevanten Bereichen zu kaschieren, gibt es verschiedene Verblendmethoden. Verblendungen können beispielsweise aus Komposit individuell geschichtet, mit PMMA-Verblendschalen hergestellt oder aufgeklebten Zirkonoxid-Kronen (siehe Fallbeispiel) realisiert werden. In der Praxis des Autors kamen in den

vergangenen Jahren alle drei Methoden zur Anwendung.

1. Bei der presstechnischen Fertigung des PEEK-Gerüsts sind Verblendschalen eine effiziente Möglichkeit, die im Labor des Autors lange Zeit Anwendung fand. Innerhalb des CAD/CAM-gestützten Workflows sind Verblendungen mit konfektionierten PMMA-Schalen technisch nur schwierig umsetzbar. Nachteil ist zudem die hohe Abrasion der PMMA-Verblendschalen während der Tragezeit.
2. Mit der manuellen Kompositschichtung sind die Erfahrungen sehr gut. Für den optimalen Verbund wird das PEEK-Gerüst korundgestrahlt, mit einem Bonder (visio.link, bredent) konditioniert und anschließend mit Komposit aufgeschichtet. Die Schichtstärken entsprechen denen einer VMK-Restauration; es wird auf einem anatomisch reduzierten Gerüst gearbeitet. Nachteilig ist der vergleichsweise hohe Zeitaufwand. Zudem wird in einem halbdigitalen Prozess gearbeitet.
3. Das Verblenden mit individuell erstellten monolithischen Zirkonoxid-Restaurationen wird im nachfolgenden Patientenfall dargestellt. Verwendet wird ein hochtransluzentes Zirkonoxid (dd cube X2, Dental Direkt), welches als Multilayer-Material mit fließendem Farbverlauf (Dentin zu Schneide) erhältlich ist. Die digitale Verblendung aus monolithischem Zirkonoxid scheint aus Sicht des Autors der ideale Weg. Durch das Aufkleben von Zirkonoxid-Einzelkronen kann die Elastizität des PEEK-Gerüsts weitestgehend erhalten bleiben. In den vergangenen vier Jahren wurden mehrere Restaurationen auf diesem Weg umgesetzt. Die Ergebnisse sind stabil. Es sind keinerlei Frakturen zu beobachten. Auch Abnutzungserscheinungen (Abrasionen) bleiben aus.

### Patientenfall

Die heute 71-jährige Patientin leidet an einer 2015 nachgewiesenen Titanunverträglichkeit. Bei der Erstvorstellung 2003 waren an allen Implantaten Knocheneinbrüche durch Periimplantitis

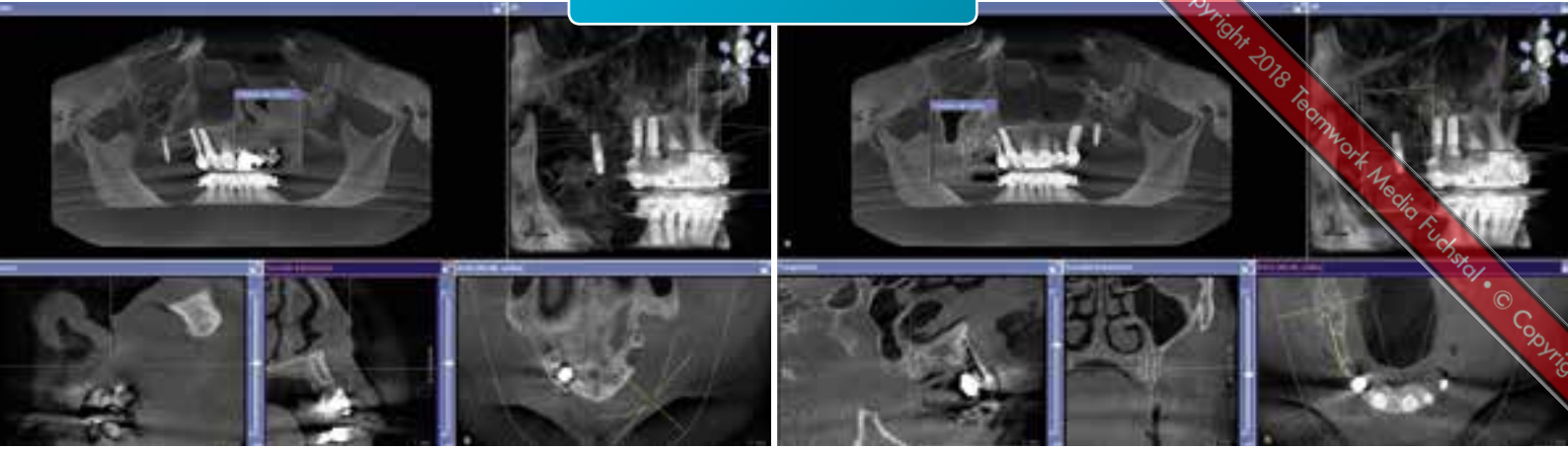


Abb. 2a und b Planung der Implantatpositionen am DVT. Deutlich sichtbar ist das reduzierte Knochenniveau im zweiten Quadranten.

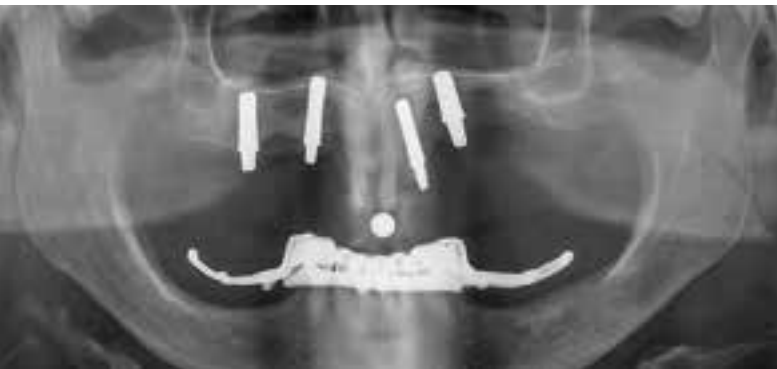


Abb. 2c Situation nach der Insertion von vier einteiligen Keramikimplantaten



Abb. 3a Vorbereitung für die Überabformung nach Gingivektomie an den subgingivalen Bereichen der Implantate

zu sehen (Abb.1a). Die Problematik der Periimplantitis war zu dieser Zeit noch nicht so klar definiert wie heute. Nach Ausheilung wurde die beidseitige Freie Situation im Unterkiefer mit einem kombinierten Zahnersatz versorgt, der heute noch in Funktion ist. Im Oberkiefer wurde ein Implantat entfernt und nach Extraktion der nicht erhaltungswürdigen Zähne 13 und 26 zwei Titanimplantate inseriert und nach Einheilung mit einer zementierten, kieferumspannenden Metallkeramikbrücke versorgt (Abb. 1b).

Aufgrund der Titanunverträglichkeit traten ausgeprägte Reaktionen in Form von schweren Periimplantitis-Schüben und einem starken Knochenverlust auf. Trotz umfangreicher Therapieversuche konnten die Implantate nicht erhalten werden und gingen im Laufe der Zeit verloren. Die Brücke wurde entfernt und die Patientin mit einer Vollprothese als Übergangslösung versorgt. Nachdem die Situation komplett ausgeheilt war, erfolgte ein Beratungsgespräch über das weitere Vorgehen. Empfohlen wurde die Insertion von vier keramischen Implan-

taten und einen komplett metallfreien Zahnersatz auf Basis eines PEEK-Gerüsts. Die Patientin stimmte diesem Vorschlag zu. Sie wünschte einen fest verankerten Zahnersatz, den sie bei Bedarf beziehungsweise zur Reinigung selbst dem Mund entnehmen kann.

### Implantologische Behandlung

Nach entsprechender Vorbehandlung sollten vier einteilige Keramikimplantate (Pure Ceramic, Straumann) in den Oberkiefer inseriert werden. Insbesondere bei einteiligen Implantaten ist die konsequente präoperative Planung der Implantatposition entscheidend für eine prothetisch zufriedenstellende Lösung. In diesem Fall musste die knöcherne Situation aufgrund der Vorerkrankung als schlecht bewertet werden. Auf Basis eines DVT wurde die Implantatposition so geplant, dass der vorhandene Knochen bestmöglich genutzt werden konnte (Abb. 2a und b). Die Insertion der vier einteiligen Keramikimplantate erfolgte entsprechend dem Protokoll. Es folgte eine viermonatige, belastungsfreie Ein-



Abb. 3b Reposition der Implantatanaloge in die Abformkappen der Überabformung

heilphase (Abb. 2c). Die beiden präparierten Zähne im Frontzahnbereich wurden für eine konventionelle Überkronung vorbereitet und durch Provisorien geschützt.

### Primärteleskope: Zirkonoxid

Nach der Osseointegration der Implantate erfolgte eine Gingivektomie im Bereich der Implantate und anschließend die Überabformung mit speziellen Abformkappen (Abb. 3a). Eine exakte Fixierung der Kappen auf dem Implantat wird über



Abb. 4a und b CAD-Konstruktion der Primärteile



Abb. 4c Die Primärteile aus Zirkonoxid auf dem Modell

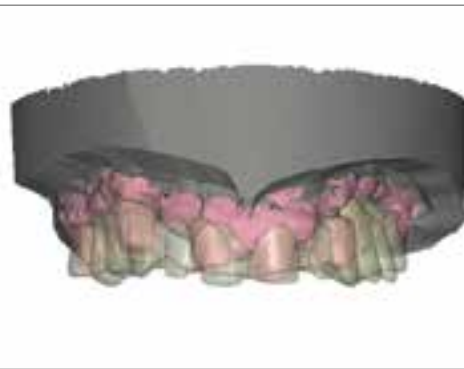
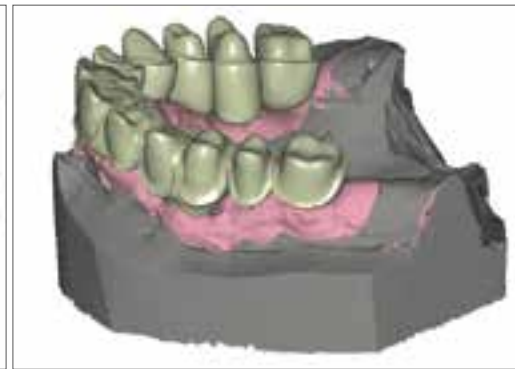


Abb. 5a und b CAD-Konstruktion des Sekundärgerüsts



ein hörbares Klicken signalisiert. In die in der Silikonabformung fixierten Kappen wurden nun die Implantatanaloga aufgesteckt. Erneut bestätigte das Klicken den korrekten Sitz. Im Bereich der Implantate wurde das Material für die Gingivamaske aufgefüllt und das Meistermodell erstellt (Abb. 3b). Um eine einheitliche Einschubrichtung zu generieren, wurden zunächst sechs Primärteleskope aus Zirkonoxid hergestellt. Diese wurden in Form von Primärkronen in der CAD-Software konstruiert ( $0^\circ$ ) und aus Zirkonoxid gefräst (Abb. 4). Es folgten die Anprobe der Zirkonoxid-Teleskope im Mund und die Überabformung. Die Zirkonoxid-Kappen konnten danach mit einheitlicher Einschubrichtung im Parallelometer nachgearbeitet und poliert werden. Für das Konstruieren der PEEK-Sekundärstruktur wurde das Modell mit Primärkappen digitalisiert.

### Sekundärgerüst: PEEK

Die CAD-Konstruktion des Gerüsts erfolgte in Form einer Brücke, wobei gingivanahe sowie basale Anteile und die pa-



Abb. 6 Ausfräsen des Sekundärgerüsts aus ungefülltem PEEK (YuDent, Yunyi Medical)

latinale Gerüstverstärkung (Girlande) vollanatomisch konstruiert wurden, um in diesen Bereichen ohne Verblendung zu arbeiten (Abb. 5). Die Zähne sollten verblendet werden. Als Material für das Sekundärgerüst kam ein ungefülltes PEEK (YuDent, Yunyi Medical) zur Anwendung. Insbesondere bei Patienten mit nachgewiesener Materialunverträglichkeit liegt es in der Verantwortung des Zahnarztes, reine Materialien ohne jedwede Zusatzstoffe (zum Beispiel Metalloxide zum Einfärben vom PEEK) zu verwenden. Das verwendete PEEK-Material ist als Ronde

für alle gängigen Fräsmaschinen erhältlich. In diesem Fall erfolgte das Fräsen in einer kompakten 5-Achs-Desktop-Maschine (Organical Desktop 8, R + K CAD/CAM), die schnell und präzise arbeitet (Abb. 6). Die Passung respektive Friktion der Primärteile im Sekundärgerüst wurde vor der Entnahme der Ronde aus der Maschine geprüft. Gegebenenfalls kann das Gerüst in spezifizierten Bereichen (etwa innerhalb der Sekundärkronen) nachgefärd und die optimale Passung sukzessive eingestellt werden. PEEK und Zirkonoxid harmonieren perfekt miteinander, zum



Abb. 7a und b CAD-Konstruktion der Verblendung



Abb. 8 und 9 Die monolithisch gefräste Zirkonoxid-Restoration (Einzelkronen) zementiert auf dem PEEK-Gerüst



Abb. 10 Fertige Restauration (Brücke) von basal: PEEK-Gerüst mit Zirkonoxid-Verblendung

Abb. 11 Klinische Situation vor dem Einsetzen der implantatgetragenen Brücke

Beispiel als Partner bei einer Doppelkronenversorgung. Die weichen Gleiteigenschaften und der feste Halt sorgen für einen hohen Tragekomfort. Das Ausarbeiten des PEEK-Gerüsts nach dem CAD/CAM-Fräsen beschränkte sich auf wenige Handgriffe.

### Verblendung: monolithisches Zirkonoxid

Im nächsten Schritt wurde das Modell mit Gerüst digitalisiert und die Verblendung in Form von Einzelkronen konstruiert (Abb. 7). Statische und dynamische Funktion wurden ebenso berücksich-

tigt wie Zahnform und Morphologie. Die digitale CAD-Verblendung wurde monolithisch aus einem hochtranslucenten Zirkonoxid gefräst (dd cube X2, Dental Direct) und in wenigen Schritten fertiggestellt, wobei die Oberfläche des Zirkonoxids hochglatt gestaltet wurde; insbesondere im Antagonistenkontakt. Hinweis: Wenn möglich werden für die digitale Verblendung Einzelkronen oder kleine Kronenblöcke gestaltet. So wird die Flexibilität des PEEK-Gerüsts beibehalten. Das Gerüst wurde mit Aluminiumoxid-Pulver (50 µm) abgestrahlt, mit einem Primer (visio.link, bredent) benetzt, eine hauchdünne Schicht Opaker

aufgebracht und die Zirkonoxid-Kronen mit einem Dualzementkleber verklebt. In sichtbaren Bereichen wurden die Gingivaanteile mit Komposit (Gradia, GC) imitiert und die Restauration anschließend fertiggestellt (Abb. 8 und 9).

### Einsetzen

Die Patientin war positiv überrascht vom geringen Gewicht der Restauration. Die Brücke (PEEK-Gerüst mit Zirkonoxid-Verblendung) wurde über die auf den Implantaten zementierten Zirkonoxid-Primärteile eingesetzt (Abb. 10 und 11). Die Passung war hervorragend. Die



*Abb. 12 und 13 Komplett metallfrei. Die PEEK-Brücke mit Zirkonoxid-Verblendung ist fest verankert und kann auf Wunsch jederzeit von der Patientin dem Mund entnommen werden.*

### Herausnehmbar oder festsitzend

Die Brücke ist so konstruiert, dass die Patientin selbst entscheiden kann, ob der Zahnersatz nur beim Recall in der Praxis dem Mund entnommen wird oder für die häusliche Mundhygiene. Die Reinigungsfähigkeit ist wie bei einer fest verschraubten Restauration gegeben (Abb. 12 und 13).

### Zusammenfassung

Grundsätzlich wird versucht, bei einer prothetischen Versorgung so wenige Materialien wie möglich zu kombinieren. Insbesondere bei Patienten mit hoher Materialsensitivität gewinnt dieser Ansatz nochmals an Bedeutung. Nicht nur metallische Materialien sollten vermieden werden, auch Materialkombinationen (PEEK, PMMA, Komposit, Verbundmaterialien, Keramik) sollten wohl überlegt und schwach „dosiert“ eingesetzt werden. Der vorgestellte implantatprothetische

Gleiteigenschaften von PEEK auf einem Zirkonoxid-Gerüst erinnern vom Gefühl her an das weiche Gleiten von Doppelkronen aus einer Goldlegierung. Friktion und Halt sind perfekt. Abnutzungserscheinungen, wie zum Beispiel von Goldlegierungen oder Galvanokappen bekannt, sind weder am PEEK-Gerüst noch an den Zirkonoxid-Primärteilen zu erwarten. Der

Kaukomfort wurde von der Patientin als optimal beurteilt, was sich mit den Erfahrungen bei diesem prothetischen Konzept deckt. Trotz der vergleichsweise hohen Materialhärte der Zirkonoxid-Verblendungen berichten Patienten von angenehmen Trageigenschaften und hohem Kaukomfort. Die PEEK-Gerüststruktur scheint die auftretenden Kaukräfte gut zu dämpfen.



Abb. 14 Die direkt mit der Gingiva in Kontakt stehenden Gerüstbereiche verbleiben unverblendet in reinem PEEK.



Abb. 15 Röntgenologische Darstellung nach der Versorgung



Abb. 16 und 17 Nachuntersuchung nach vier Monaten Tragezeit. Die Patientin hat zur häuslichen Mundhygiene die Brücke nicht entfernt. Die Brücke wurde das erste Mal zur Nachuntersuchung abgenommen.

Therapieweg zeigt folgende Besonderheiten: komplett digitaler Workflow, metallfreie Restauration und kurze Materialliste sowie die Flexibilität zwischen abnehmbar und festsitzend. Die Materialliste ist einfach und übersichtlich:

- ungefülltes PEEK (YuDent, Yunyi Medical) – Gerüst
- transluzentes Zirkonoxid (dd cube X2, Dental Direkt) – Verblendung
- Bonder (visio.link, bredent), Opaker (Gradia) und Dualzement (G-CEM LinkACE, beides GC Europe) – Verkleben der Zirkonoxid-Kronen auf dem Gerüst
- Glasionomierzement – Zementierung der Primärteleskope auf den einteiligen Implantaten

Im dargestellten Fall kommt zusätzlich zahnfleischfarbenes Komposit für die prothetische Gingiva hinzu, welches aufgrund des starken Knochenrückgangs unverzichtbar war. Wenn möglich wird im Bereich des Weichgewebes das PEEK unverblendet belassen (Abb. 14). Das metallfreie Materialkonzept und die basale Gestaltung der Brücke ermöglichen, bei korrekter Mundhygiene, ein gut

adaptiertes, entzündungsfreies Weichgewebe (Abb. 15 bis 17). PEEK scheint nicht anfällig für Plaque und Verfärbungen zu sein, wenn eine professionelle Politur erfolgte und die gute Compliance seitens des Patienten gewährleistet ist. Treten – zum Beispiel aufgrund unzureichender Mundhygiene – trotzdem Verfärbungen auf, können diese einfach entfernt werden. Grundsätzlich scheint Plaque auf einem PEEK-Gerüst weniger aggressiv zu sein als auf einem Metallgerüst, bei dem Korrosion eine destruktive Zahnfleischveränderung nach sich ziehen kann.

### Fazit

Mit PEEK wird dem Zahnarzt eine Therapieoption für metallfreie Versorgungen geboten, die sich im klinischen Praxisalltag insbesondere bei komplexen implantatgetragenen Restaurationen im zahnlosen beziehungsweise gering bezahnten Kiefer gut bewährt. Idealerweise erfolgt das Herstellen der PEEK-Gerüste CAD/CAM-gestützt. CAD/CAM-Rohlinge werden industriell unter standardisierten Bedingungen (Temperatur, Druck) hergestellt und bieten in der Regel eine

einheitlich hohe Qualität [9,11]. Aufgrund der Materialeigenschaften werden auftretende Kaukräfte gedämpft auf den Knochen oder das periimplantäre Gewebe übertragen. Dies schonet die knöchernen Strukturen um das Implantat. Zudem wird ein hoher Tragekomfort geboten. Letztlich sind die ausgezeichneten chemischen Eigenschaften von PEEK sowie die hervorragende biologische Verträglichkeit vielversprechend für implantatprothetische Versorgungen [4,6,7,11,13]. Unter anderem für sensible Patienten mit Unverträglichkeiten ist PEEK das Material der Wahl. Ungefüllte PEEK-Materialien wie YuDent von Yunyi Medical kommen den Ansprüchen an eine hohe Biokompatibilität entgegen, denn Zusätze wie Metalloxide sind nicht vorhanden. ■

Literatur beim Verlag

#### Kontakt

Dr. Bernd Siewert  
Calle Aquilón, 2 Local 7/8  
28223 Pozuelo de Alarcón, Spanien  
E-Mail: Siewert@dental-med.com