

# Neuer Hochleistungskunststoff in der Doppelkronentechnik

## Titan und PEEK (Polyetheretherketon) in Kombination

Doppelkronen in Form von Teleskop-/Konuskronen finden seit vielen Jahrzehnten Anwendung in der zahnärztlichen Prothetik. Hatte man in den Anfängen der zahnärztlichen Implantologie und Prothetik noch Bedenken, diese Konstruktionen auch auf den implantatgetragenen Zahnersatz entsprechend zu übertragen, so setzt sich in letzter Zeit in der praktischen Anwendung immer mehr eine teleskop-/konusgetragene Prothetik durch.

Dr. Rolf Vollmer, Dr. Martina Vollmer, ZTM Michael Anger, Dr. Rainer Valentin

■ In den 1970er- und 1980er-Jahren galt die Stegversorgung auf Implantaten z.B. nach Ledermann (1979) als das Mittel der Wahl. Ledermann selbst berichtet 1996 über Erfahrungen von zwanzig Jahren retrospektiv mit Stegprothetischen Sofortversorgungen und Belastungen im Unterkiefer. Im Laufe der Jahre wurden mehr und mehr Teleskop- bzw. Konuskronen-Anwendungen für implantatgetragenen Zahnersatz beschrieben. Aus der Erfahrung des Autors ist eindeutig festzustellen, dass eine Doppelkronenversorgung des Unterkiefers mit vier Implantaten und Sekundärkronen z.B. in Galvanotechnik sehr gute und stabile Langzeitergebnisse liefert (Abb. 1a und b). Die angebotenen Alternativen in Form von Attachments unterschiedlichster Art stabilisieren je nach Kieferverhältnissen die Prothesen nicht schlecht, sind einer Doppelkronenversorgung jedoch meist unterlegen. Speziell einteilige Implantatsysteme – unter Umständen mit durchmesser- und längenreduzierten Implantaten – mit einfachen Halteelementen, wie z.B. Gummiringen, sind hinsichtlich einer späteren Konstruktionsänderung absolut ungeeignet (Abb. 2a und b).

Eine Versorgungsart in Form von Doppelkronen ist sowohl vonseiten des Zahnarztes als auch vonseiten des Technikers im Hinblick auf den Aufwand und die Kosten aufwendiger. Im Folgenden soll eine neuartige Technik beschrieben werden, die unter Verwendung präfabrizierter Teile und eines neuen Materials die Vorteile der Teleskop-/Konuskronentechnik mit einfacher Verarbeitung und Herstellung verbindet. Die Anwendung sollte möglichst „chairside“ alternativ auch im Labor preisgünstiger erfolgen.

### Methoden

*Geschichtliche Entwicklung von Doppelkronensystemen*  
Aus der Literatur ist bekannt, dass Starr im Jahre 1886 wohl als erster über eine aus Doppelkronen hergestellte abnehmbare Brücke berichtet hat. Im englischen Schrifttum wird dann bei Peeso (1924), in Deutschland von Häupl im Jahre 1929 und Böttger im Jahre 1961 über Anwendungsmöglichkeiten von Doppelkronensystemen berichtet. Der Durchbruch der Doppelkronensysteme erfolgte in

Deutschland im Jahre 1969 mit Körber (1988), der die Verwendung von Konuskronen mit einem definierten Konvergenzwinkel propagierte. Die Konuskrone bekam dann im Laufe der Jahrzehnte den Namen „German Crown“, der auf die bis heute vielfache Verwendung im deutschsprachigen Raum hinweist.

Nach Körber 1988 sollten Doppelkronensysteme u.a. eine passgenaue Pfeilerintegration, eine Sekundärverblockung mit axial gerichteter parodontaler Belastung, festen Halt während der Funktion und leichte Abnehmbarkeit aus hygienischen Gründen beinhalten. Des Weiteren sollte die Herstellung möglichst rationell erfolgen und ein hoher wirtschaftlicher Effekt, bedingt durch zu erwartende lange Überlebensraten, entstehen.



**Abb. 1a und b:** Individuell hergestellte Teleskopkronen mit Sekundärteilen in Galvanotechnik in „Passive-Fit“-Technik in Modellgussgerüst eingeklebt. – **Abb. 2a und b:** Einteilige Kugelkopf-implantate mit in der Prothese eingearbeiteten Retentionsringen.

Körber (1988) unterscheidet Teleskope nach der Grundform: **Zylinderteleskop:** Es toleriert technische Ungenauigkeiten kaum und ist daher nach Körber in der Herstellung als nicht unproblematisch einzustufen.

**Konusförmiges Teleskop:** Da bezüglich der Passgenauigkeit eine höhere Toleranz vorliegt, lässt sich die Herstellung mit einer geringen Fehlerquote durchführen.

**Resilienzteleskop:** Primär- und Sekundärteil sollen zueinander im okklusal liegenden Bereich ein gewisses „Spiel“ haben, um bei Belastung nicht direkt aufeinanderzuliegen. Das Teleskop übernimmt nur die Funktionen Friktion und indirekte Verbindung von Haltezähnen (sog. „Bracing“).

### Definition des Konuswinkels bei Doppelkronensystemen

Bei den drei Systemen, sei es die Teleskopkrone, die Konuskronen oder das Resilienzteleskop, handelt es sich um Doppelkronensysteme, die sich durch die Art der Passung und Haftung unterscheiden. Die ausschlaggebende Größe für die Stärke der Haftung ist nach Heners (1990) der Konvergenzwinkel  $\alpha$ .

#### Konvergenzwinkel $\alpha$ bei diversen Doppelkronen:

- Teleskopkrone:**  $\alpha = 0^\circ$  (nur Spielpassung)
- Konuskronen:**  $0^\circ < \alpha < 8^\circ$
- Resilienzteleskop:**  $\alpha$  darf nur so groß sein, dass gerade noch eine Haftung eintritt

**Größtmöglicher Konvergenzwinkel  $\alpha$**   
(bei Doppelkronensystemen nach Muhs, 2006)  
 $\alpha < 10^\circ$

#### Vorteile der Doppelkronentechnik

1. Unproblematische Erweiterbarkeit nach Verlust einer Primärkrone.
2. Reparaturmöglichkeit außerhalb des Mundes.
3. Bessere und leichtere Parodontalhygiene im Vergleich zu festsitzendem Zahnersatz.
4. Parallelisierung von Pfeilerzähnen bei Divergenzen.

#### Nachteile der Doppelkronentechnik

1. Komplizierte präzise technische Herstellung, hohe Anforderungen an den Techniker.
2. Hohe Kosten für die Arbeit des Technikers und Material (z.B. bei Verwendung von Edelmetall, Galvanotechnik).
3. Um ästhetische Ergebnisse zu erzielen, muss eine intensive Substanzreduktion der Pfeilerzähne erfolgen. Ist dies nicht möglich, ist das Ergebnis im Frontzahnbereich ästhetisch oft unbefriedigend.
4. Die Anwendung von Keramikverblendungen der Sekundärteile im Frontbereich ist riskant (Chipping).
5. Verlust der Haft- und Abzugskraft nach geraumer Zeit
6. Fehlende bzw. schwierige Aktivierungsmöglichkeiten (Nachgalvanisieren, Anbringen von Attachments).
7. Bei Verwendung preiswerter Nichtedelmetall (NE)/EcoGold-Kombination können Korrosionserscheinungen entstehen, die zu übermäßiger Friktion führen.

In den Anfängen der dentalen Implantologie stand man der Verwendung von Doppelkronensystemen auf Implantaten noch sehr skeptisch gegenüber. Als einer der ersten Kollegen hat der Hamburger Zahnarzt Dr. Nikola Laux 1984 die Anwendung von Teleskopkronen auf Implantaten dargestellt (Abb. 3a und b).

### Das Material PEEK – Ein historischer Rückblick.

Kunststoffe kommen seit langer Zeit im dentalen Bereich häufig zur Anwendung. Geringes Gewicht, leichte Verarbeitungsmöglichkeit im Vergleich zu Metallen und Keramiken sind die Vorteile. Die meist bekannten Kunststoffe sind Polyoxymethylen (POM) und Polymethylmethacrylat (PMMA). PEEK (Polyetheretherketon) ist ein neueres Polymer und seit Mitte der 1990er-Jahre werden daraus auch Medizinprodukte gefertigt. Der Werkstoff wurde 1978 entwickelt und zunächst hauptsächlich im Maschinenbau und in der Autoindustrie verwendet. Mittlerweile werden aus PEEK hergestellte Biomaterialien in der Medizin z.B. für künstliche Wirbelkörper, Verankerungsschrauben, künstliche Gelenke etc. verwendet (Abb. 4). Da das Originalmaterial eine dunkle Färbung hat, erschien es zunächst für die zahnmedizinische Anwendung nicht geeignet. Es gelang jedoch dann die Farbe des Materials zu variieren, sodass es auch für Provisorien und Abutments (Kirsch, 2002) verwendet werden konnte. Heute werden als Indikationen Vollkronenkappen für Einzelkronengerüste, vollanatomische Brücken, Gerüste für Verblendbrücken, Primärkronen, Inlays, Inlaybrücken und Marylandbrücken genannt. Bisher war die Zulassung des Materials auf herausnehmbaren beziehungsweise bedingt herausnehmbaren (verschraubten) Zahnersatz beschränkt. Dies bedeutet, dass mit dem beschriebenen Material metallfreie Prothesen, Sekundärteile, Oberkonstruktionen bei kombiniertem Zahnersatz, implantatgestützte Vollkronen im Seitenzahnbereich und bedingt herausnehmbare, verschraubte Brücken realisierbar sind.



Abb. 3a

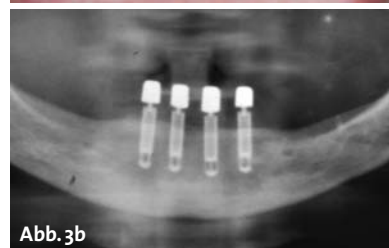


Abb. 3b

**Abb. 3a und b:** Teleskopkronen auf IMZ Zylinderimplantaten (Dr. Nikola Laux 1984). – **Abb. 4:** Anwendungsbereiche von PEEK im menschlichen Körper (Quelle: elements39, Ausgabe 2/2012).



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 7

**Abb. 5:** Aus sogenannten Blanks gefräste PEEK-Prothetikteile (Dentalscheiben Tizian PEEK Blank der Firma Schütz Dental GmbH). –

**Abb. 6:** Keine radiologische Sichtbarkeit des PEEK-Käppchens. – **Abb. 7:** Konuskronen-Sekundärteile aus PEEK vor dem Abtrennen aus dem Blank.



Abb. 6

Zu unterscheiden ist zwischen reinem PEEK und PEEK mit Zusatzstoffen. Seit Kurzem sind industriell hergestellte Blanks (Abb. 5) mit einer Zulassung auch für definitiven, bedingt herausnehmbaren Zahnersatz verfügbar (z.B. Dentalscheiben Tizian PEEK Blank®, Schütz Dental GmbH). Dieses Material hat keine Zusätze – ist also hochrein – und wird in der Medizin seit vielen Jahren verwendet. Da das hochreine PEEK-Material keine Zusätze – wie zum Beispiel Bariumsulfat – enthält, ist es auf Röntgenkontrollaufnahmen nicht sichtbar (Abb. 6).

Andere Hersteller hingegen verwenden auch Zusätze wie z.B. Barium für eine röntgenologische Darstellung. Von verschiedenen Firmen wird im Bereich Zahnersatz auch ein sogenanntes „White-PEEK“ angeboten. Dieses Material ist versetzt mit bis zu 20 % Titandioxiden, welche die Farbe heller bzw. weißlich erscheinen lassen. Bei diesem Verfahren wird die Härte (Biegefestigkeit) des Werkstoffs heraufgesetzt, gleichzeitig jedoch die Gleiteigenschaft verschlechtert. Ein weiterer Nachteil ist, dass bei diesem Material Titandioxid-Ionen – ähnlich einem Belüftungselement – nach einer gewissen Tragedauer in Lösung gehen und zu Verfärbungen der Gingiva führen können. Daher ist reines, medizinisches PEEK für die Weiterverarbeitung zu prothetischen Teilen bevorzugt anzuwenden.

### Die Eigenschaften von PEEK

PEEK ist bis zu einer Temperatur von ca. 152 °C formstabil, der Schmelzpunkt liegt bei etwa 334 °C. PEEK ist gegenüber Wasser und ionisierende Strahlung resistent. Deshalb werden die physikalischen Eigenschaften auch nicht bei Sterilisation bei 170–180 °C, Feucht/Hitzesterilisation bei 200 °C/1 Bar oder Sterilisation mit Gammastrahlung nicht verändert. Die chemische Beständigkeit ist sehr gut. Es reagiert lediglich mit konzentrierter Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Aus diesem Grunde ist der Einsatz in der Mundhöhle unbedenklich, und das Material Tizian PEEK Blank® besitzt das CE Zeichen für Medizinprodukte. Das geringe spezifische Gewicht, die knochenähnliche Elastizität, die Metallfreiheit, die Zähigkeit,

kombiniert mit einer fast nicht existierenden Materialermüdung, machen den Werkstoff zu einem idealen Partner in der prothetischen Zahnmedizin.

### Verarbeitung von PEEK

Für die Verarbeitung von PEEK stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um aus Pulvern oder Pellets des Grundmaterials sogenanntes „Halbzeug“ für die spätere Weiterverarbeitung herzustellen. Dies sind:

1. Extrusion
2. Spritzguss
3. Selektives Laser Sintern (SLS Technik)
4. CAD/CAM

#### Extrusion

Bei diesem Verfahren wird das vorgewärmte Material unter Vakuum langsam durch eine Düse gepresst. Manche Hersteller nutzen das Verfahren, um z.B. Glasfasern und anorganische Füller mit in das Material einzubringen. Das so produzierte Halbzeug kann mithilfe von CAD/CAM zu Fertigteilen weiterverarbeitet werden.

#### Spritzguss

In der CAD/CAM-Technik bzw. in dentalen CNC-Fräsmaschinen werden sogenannte „Blanks“ (Abb. 5) unterschiedlichster Materialien in einer Normgröße von 98 mm Durchmesser verwendet. Die hier zur Anwendung kommenden Blanks aus hochreinem PEEK werden im Spritzgussverfahren hergestellt.

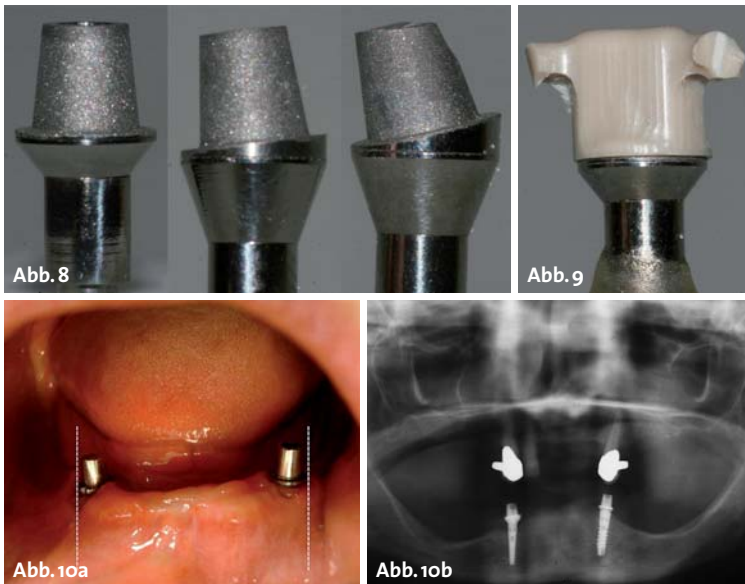
Das Spritzgießen (Spritzguss oder Spritzgussverfahren) ist ein Umformverfahren, welches hauptsächlich in der Kunststoffverarbeitung eingesetzt wird. Es ermöglicht, direkt verwendbare Formteile in großer Stückzahl herzustellen. Der jeweilige Werkstoff wird in einer Spritzeinheit plastifiziert und in eine Hohlform eingespitzt. So lassen sich Gegenstände mit hoher Genauigkeit als Massenprodukte in kurzer Zeit herstellen. Das Spritzgussverfahren ist nur für größere Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll. PEEK, hergestellt im Spritzgussverfahren, ist für die CAD/CAM-Verarbeitung geeignet.

#### Selektives Lasersintern (SLS-Technik)

Diese Technik dient dazu, aus Pulver sehr feine Strukturen durch Verschmelzen der Teilchen herzustellen, wie z.B. 3-D-Gerüste.

#### CAD/CAM-Technik

Da sich das Material mithilfe von CNC-Fräsern sehr gut bearbeiten lässt, wird die Anwendung der CAD/CAM-Technik zur Herstellung der Fertigteile genutzt (Abb. 7). Aufwendige individuelle Arbeitseinsätze des Zahn-technikers in Form von Gerüstmodellationen mit anschließender individueller Polymerisation werden vermieden.



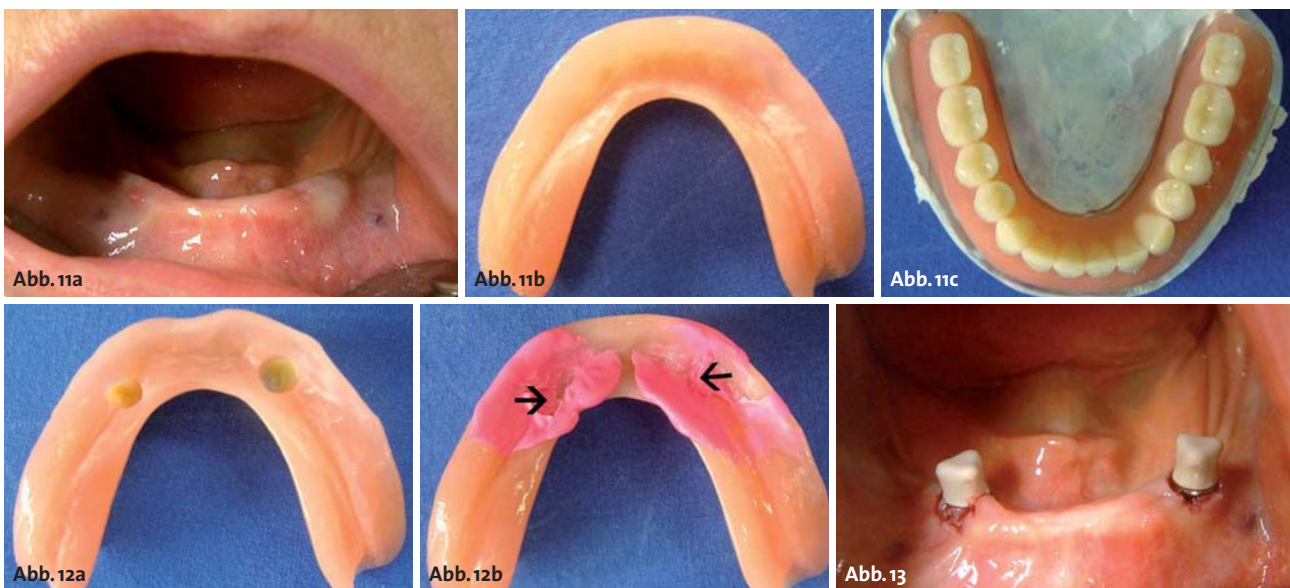
**Abb. 8:** Vorgefertigte Primärteile unterschiedlichster Abwinkelungen (Fa. Schütz Dental). – **Abb. 9:** CNC-gefrästes PEEK-Sekundärteil (Dental Labor/Fräszentrum Anger, Regensburg). – **Abb. 10:** Parallelisierung der Primärteile **a)** im Mund und **b)** Röntgenkontrolle.

### Aufgaben und Zielstellung

Die Anwendung der Doppelkronentechnik auf Implantaten soll im Folgenden beschrieben werden. Die zuvor genannten Vorteile des in der Zahnmedizin neuen Werkstoffes PEEK sollen unter Verwendung standardisierter präfabrizierter Fertigteile auf dentalen Implantaten genutzt werden, wobei die in der Doppelkronentechnik genannten Vorteile bestehen bleiben sollen und die Nachteile weitestgehend vermieden bzw. auf kostengünstige Art wieder behoben werden können. Es wird ein im Vergleich zu herkömmlichen individuell gefertigten Doppelkronen auf individuell gefrästen Primärteilen ein System beschrieben, das den Vorteil der bekannten Doppelkronentechnik mit hochpräziser

industrieller Fertigteilerstellung verbindet. Zur Anwendung kommen präfabrizierte Konusteile gleicher Dimension, aber mit unterschiedlichen Abwinkelungen der Implantataufbauten (Abb. 8). Auf diesen werden passgenaue PEEK-Käppchen in CAD/CAM-Technik gefertigt (Abb. 9). Die Konus-Primärteile können ohne aufwendige Abdrucknahme und Übertragung auf ein Modell im Mund des Patienten parallelisiert werden. Lediglich eine Röntgenkontrollaufnahme zur Verifizierung des Abutmentsitzes ist sinnvoll (Abb. 10a und b). Die vorab hergestellte totale Unterkieferprothese (Abb. 11a–c) wird mithilfe eines Bissnahme-Silikons an den Implantataustrittspunkten gekennzeichnet und in der Prothese entsprechend ausgeschliffen (Abb. 12a und b). Dann wird die Prothese ausgeschliffen und im Mund über die mit den PEEK-Käppchen versehenen Implantate angepasst (Abb. 13). Dabei sollte auf Leichtgängigkeit geachtet werden, damit keine Spannungen entstehen. Mithilfe

eines Autopolymerisats werden sodann die PEEK-Käppchen (Sekundärteile) im Mund des Patienten in die Prothese geklebt (Abb. 14). Dieses Verfahren ermöglicht eine sogenannte „Passive-Fit“-Passung. Durch die gute Adaptation des PEEK-Materials an die Primärteile kommt es auch zu einer Sog-/Saugwirkung zusätzlich zur Friktion der Teile. Zur weiteren Steigerung der Friktion können – falls erforderlich – die Primärteile sandgestrahlt und somit angeraut werden (Abb. 15). Dies ist jedoch in den meisten Fällen (bei ausreichenden Parallelflächen der Aufbaupfosten untereinander) nicht erforderlich. In dem vorliegenden Patientenfall ist es gelungen, trotz des im posterioren Zahnbereich extrem atrophierten Unterkieferknochens eine sehr gute Stabilisierung der Prothese zu erreichen, ohne den Effekt



**Abb. 11a:** Klinische Situation mit starker Unterkieferatrophy im posterioren Bereich. – **Abb. 11b und c:** Herstellung der totalen Unterkieferprothese vor Implantatfreilegung. – **Abb. 12a:** Ausschleifen der Prothese für das Einkleben der Sekundärteile. – **Abb. 12b:** Markierung der Implantatpositionen. – **Abb. 13:** PEEK-Sekundärteile in situ.



**Abb. 14:** PEEK-Sekundärteile in Prothese einpolymerisiert. – **Abb. 15:** Sandgestrahltes Primärteil zur Friktionssteigerung. – **Abb. 16a:** Kombination von Lokatoren und vorfabrizierten Primärkonuskronen. – **Abb. 16b:** Umgearbeitete Unterkieferprothese.

einer Drehbewegung um die Verbindungsachse der Implantate zu haben.

### Weitere Fallbeschreibungen

Der mittlerweile 80-jährige Patient hatte seit Jahren erhebliche Probleme mit dem Halt seiner UK-Totalprothese. Aus Kostengründen wurde von einer Stegversorgung bzw. teleskopierenden Versorgung in Galvanotechnik abgesehen. Die vor drei Jahren eingebrachten zwei anterioren Implantate mit einer einfachen Verbindungseinrichtung sorgten zwar für eine Stabilisierung der Prothese, dennoch kam es immer wieder im posterioren Bereich der Mandibula zu erheblichen Druckstellen. Zwei Jahre später wurden auf Wunsch des Patienten zwei weitere Implantate anterior eingebracht. Die Versorgung der vier Implantate mit Locatoren brachte zwar eine Verbesserung, jedoch keine 100%ige Zufriedenheit des Patienten, obwohl die Prothese passgenau am Kiefer ansaß. Um die Kippbewegungen beim Kauen im distalen Kieferbereich zu beseitigen, wurden dann im letzten Jahr zwei Locatoren gegen ein präfabriziertes Konussystem mit PEEK-Sekundärteilen getauscht (Abb. 16a und b). Erstaunlich war die sofortige stabile Lage und der Sitz der Unterkieferprothese. Endlich hatte der Patient das gewünschte Ergebnis, das sich im Rahmen seines Budgets bewegte.

### Diskussion

In den letzten Jahren wurden die unterschiedlichsten Vorschläge zu einer preisgünstigen implantologischen Versorgung des Patienten gemacht. Ging man früher davon aus, dass für eine stabile Versorgung des Unterkiefers mindestens vier Implantate erforderlich sind, sehen wir uns heute mit neuen Konzepten wie All-on-4® (Paolo Malo) bis hin zu „All-on-1“ („Besser eins als keins“) – Multi-center-Studie der Universität Kiel, unter Leitung von Prof. Dr. Matthias Kern – konfrontiert. Ziel der Studie aus Kiel ist es, immer mehr Patienten preisgünstig mit einer entsprechenden Rekonstruktion bei eingeschränkter Indikation, wie z.B. sehr starker distaler Atrophie des Unterkiefers, zu versorgen. Generell bieten zu sparsame implantatreduzierte Lösungen den Nachteil, dass schon der Verlust eines einzigen Implantates zu einer kompletten Neukonstruktion führt. Dies sollte bei allen Planungen berücksichtigt werden. Die Versorgung mit zwei Implan-

taten unter Einsatz von konfektionierten Teilen stellt – zumindest im Unterkiefer – einen guten Kompromiss zwischen Minimallösung (ein Implantat) mit einer sehr eingeschränkten Indikation und mäßiger Stabilisierung und prothetischen Lösungen, die auf mindestens vier oder mehr inserierten Implantaten beruhen und mit aufwendigen zahntechnischen Oberkonstruktionen versorgt sind. Das neue Hochleistungspolymer PEEK bietet in Kombination mit vorgefertigten Konuskronen viele Möglichkeiten, speziell unter Einsatz der CAD/CAM-Technik das prothetische Spektrum auf preisgünstige Art zu erweitern. Die beim Einsatz von NE/EcoGold beschriebenen Korrosionserscheinungen werden vermieden.

### Fazit

Die von Ledermann propagierte stegprothetische Versorgung des Unterkiefers stellt zurzeit die einzige wissenschaftlich bestätigte Indikation dar. Alle anderen beschriebenen Techniken benötigen noch weitere klinische Erprobung und wissenschaftliche Nachweise ihrer Tauglichkeit. Die hier beschriebene Versorgungsmöglichkeit soll die Vorteile eines hochwertigen implantatgetragenen Zahnersatzes mit den Vorteilen einer günstigen einfachen Herstellung verbinden. Die Verwendung von Fertigteilen und der Einsatz neuer preiswerter Materialien ermöglicht gut sitzende stabile preisgünstige Versorgung speziell in Fällen fortgeschrittener Unterkiefer-Atrophie.

Die Implantatprothetik wird auch in Zukunft neue zusätzliche Möglichkeiten bieten. Hier sind dem Ideenreichtum der Kollegen für die Entwicklung kaum Grenzen gesetzt. Es gibt noch viel zu tun. Packen wir es an! ■

*Literatur beim Verfasser.*

### KONTAKT

**Dr. Rolf Vollmer**

Nassauer Str. 1, 57537 Wissen  
info.vollmer@t-online.de

**Zahntechnik Michael Anger**

Drususstr. 8–9, 53424 Remagen  
info@ma-fraeszentrum.de

