

# Vollkeramische Kronen und Brücken – Potenzial zur Routinetherapie?

Von H.-Ch. Lauer und P. Weigl, Frankfurt/Main

## 1 Einleitung

Das Behandlungskonzept, Zahndefekte mit vollkeramischen Restaurationen zu therapieren und auch Zahnlücken zu schließen, wird von Zahnärzten und Patienten zunehmend stärker in Anspruch genommen. Dieser Trend spiegelt sich auch in den Aktivitäten der Industrie wider, die in den vergangenen Jahren neue Vollkeramiksysteme bereitstellte und damit zur Ausweitung des Indikationsspektrums beigetragen hat. Das vielfältige Angebot erfordert jedoch Kenntnisse der spezifischen Werkstoffeigenschaften und Verarbeitungsvorgaben, um kalkulierbare Ergebnisse hinsichtlich der Ästhetik und der Endfestigkeit zu erzielen.

Die hohe Lebensdauer und die Ästhetik von keramischen Inlays und Inserts führen inzwischen zu einer breiten Anwendung in der zahnärztlichen Praxis. Bei Kronen- und Brückenversorgungen ist der Anteil vollkeramischer Restaurationen noch verhältnismäßig gering. In den USA liegt er bereits bei 25 Prozent. Die Ursache liegt darin, dass die Kosten-

differenz zwischen metallkeramischen und vollkeramischen Restaurationen für den meist privat zahlenden US-Patienten kleiner ist als für gesetzlich Krankenversicherte in der BRD. Zudem enthält der Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenversicherung bekanntlich nur metallkeramische Restaurationen; vollkeramische Arbeiten müssen vom Patienten selbst getragen werden.

Ob vollkeramische Kronen- und Brückenversorgungen das Potenzial für eine Routinetherapie aufweisen, hängt nach Auffassung der Autoren von folgenden drei Voraussetzungen ab:

1. Die Herstellungskosten bzw. der Abgabepreis vollkeramischer Restaurationen an den Patienten müssen gleich oder niedriger sein als für metallkeramische Restaurationen.
2. Die zahnärztlichen Anforderungen an die Pfeilerpräparation dürfen nicht höher sein als für gegossene Restaurationen bzw. deren Gerüste.
3. Die klinische Langzeitbewahrung von vollkeramischen Einzelkronen und 3gliedrigen Brücken darf jener von metallkerami-

schen Arbeiten nicht nachsehen.

## 2 Anforderungsprofile von Kronen- und Brückenrestorationen

Folgende Eigenschaften von Kronen- und Brückenrestorationen werden von Zahnärzten und in zunehmendem Maße auch von den Patienten gefordert:

- ▲ langlebig
- ▲ ästhetisch
- ▲ biokompatibel
- ▲ kostengünstig.

Diese Zielvorgaben hängen wiederum von folgenden Kriterien ab:

- ▲ Passgenauigkeit
- ▲ Ausmaß des Hartsubstanzabtrags
- ▲ Werkstoffeigenschaften
- ▲ Klinischer Behandlungsaufwand
- ▲ Zahntechnischer Herstellungsaufwand.

Die konventionellen metallkeramischen Restaurationen erfüllen einige der Zielvorgaben recht gut; sie weisen eine hervorragende Verweildauerprognose auf [1,2] und erzielen bei gut ausgebildeten Zahntechnikern eine ansprechende Ästhetik. Eine ausreichende Biokompatibilität liegt vor, wenn die Gerüste aus gut verträglichen Legierungen bzw. Reintitan gegossen oder aus reinem

Feingold galvanisch abgeschieden werden.

Die vollkeramische Restauration erleichtert die Realisierung einer exzellenten Ästhetik. Dies setzt eine adäquate Wahl des Keramiksystems und eine korrekte Zahnpräparation voraus. Neben der außerordentlich hohen biologischen Verträglichkeit und der Option zur ästhetischen Gestaltung bietet die Vollkeramik genügend Anreize, die Herstellkosten im Labor zu senken und die klinische Verweildauerprognose zu verbessern. Patienten bevorzugen intuitiv metallfreien Zahnersatz, weil Keramik hinsichtlich Farbe und Struktur dem Zahnschmelz und Dentin ähnlicher ist als Metall.

## 3 Ästhetik vs. Festigkeit bei keramischen Werkstoffen

Vollkeramische Systeme erfüllen für die Ästhetik und für die Festigkeit unterschiedliche Ansprüche. Je nach Werkstofftyp sind die Schwerpunkte der Eigenschaften differenziert oder bieten in der Kombination die Möglichkeit zur Indikationsausweitung auf Seitenzahnbrücken. So bieten mechanisch nur gering belastbare Glaskeramiken eine schmelzähnliche Transluzent und Transparenz. Hochfeste Oxidkeramiken können aufgrund der Opazität und Einfarbigkeit einen hohen



**Abb. 1a**  
Präparation der Zähne 11 und 21 zur Aufnahme eines ...



**Abb. 1b**  
... konventionell gesinterten Keramik-Veneers und einer vollkeramischen Procera-Krone

ästhetischen Anspruch nicht erfüllen. Deshalb finden sie als Gerüstkeramik Anwendung und erhalten in Kombination mit glaskeramischen Verblendmassen ihre ästhetische Wirkung in Form, Farbe, Transluzend und Fluoreszenz (Abb. 1a-b).

### Glaskeramik

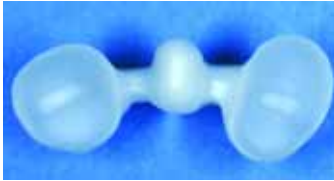
Die Glas- oder Silikatkeramik, dafür stehen Namen wie Empress 1, Cergogold, Vitapress u.a., zeichnen sich durch die Fähigkeit zur Lichttransmission aus. Ein großer Teil des einfallenden Lichts wird in der Keramik durchgeleitet; es tritt der sogenannte „Chamäleoneffekt“ ein. Die Restauration passt sich der Umgebungsfarbe an, und durch die Lichtstreuung erhält die Gingiva ein natürliches, gesundes Aussehen. Alle diese Vorteile kann die metallgestützte, durchlichtblockierende VMK-Krone nicht oder kaum in dem gewünschten Aus-

maß bieten. Allerdings endet die Biegefestigkeit der Silikatkeramik bei 400 MegaPascal (MPa). Diese Keramik ist somit nur für Einlagefüllungen, Onlays, Teilkronen, Veneers sowie für Kronen im Prämolarengebiet geeignet. Sie wird adhäsiv am Restzahn befestigt, um eine klinisch ausreichende Verbundfestigkeit zu erzielen.

Das leuzitverstärkte Lithiumdisilicat (Empress 2) ist eine Weiterentwicklung der Silikatkeramik für den Einsatz als Molarenkrone und als Brücke im Prämolarenbereich. Klinische Studien [16] belegen die Eignung für 3gliedrige Brücken bis Zahn 5, jedoch sind ästhetisch und parodontalhygienisch kompromissbehaftete Verbinderquerschnittsflächen von 16 mm<sup>2</sup> erforderlich.

### Oxidkeramik

Oxidkeramik umfasst die keramischen Gerüstwerkstoffe Alumini-



**Abb. 2**

Dünnwandiges  $ZrO_2$ -Gerüst (heißisostatisch gepresst, HIP) für eine Frontzahnbrücke (cad.esthetics)

umoxid und Zirkonoxid als eilgesinterte Grünlinge und als durchgesinterte Hartkernkeramik. Gerüste aus Aluminiumoxid (InCeram Alumina, Zirconia, Procera) eignen sich insbesondere für Kronen. Hohes Interesse gilt bei den neuen Oxidkeramiken dem Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ) [3]. Die initiale Biegefestigkeit von über 1000 MPa ermöglicht 3gliedrige Brückengerüste im Seitenzahnbereich. Inwieweit die unter Dauerwechsellast mit  $H_2O$  um ca. 50 Prozent reduzierte Biegefestigkeit ausreicht, auch weitspannigen Brücken eine hohe Lebensdauer zu geben, ist Gegenstand aktueller klinischer Studien.

Ferner sind mit  $ZrO_2$  grazile Dimensionierungen von Verbindern zum Zwischenglied sowie geringe Gerüst-Wandstärken möglich (Abb. 2). Das Ausmaß des Zahnschmelzabtrages bei der Präparation gleicht jener für eine metallkeramische Restauration.

Da  $ZrO_2$  gleiche und auch höhere Festigkeitswerte als Metalle [3,5,6] bietet, besitzt es theoretisch das Potenzial, Metallgerüste oder metallische Primärkronen für Konusprothesen (Abb. 3a-b) in Zukunft zu ersetzen. Diese Option weist bisher kein anderer keramischer Werkstoff in der Zahnheilkunde auf. Zudem schätzt der Zahntechniker bei weitspannigen Brückengerüsten aus  $ZrO_2$  den Vorteil, dass beim Aufbrennen der Verblendkeramik kein Verzug des Gerüsts eintritt. Bei metallischen Substrukturen ist dieses Problem hinlänglich bekannt und erschwert vor allem die Fertigung von implantatgetragenen Brücken, die aufgrund einer nicht mehr vorhandenen Eigenbeweglichkeit der Pfeilerzähne eine erhöhte Passgenauigkeit aufweisen müssen.

#### 4 Formgebung von keramischen Werkstoffen mit Fräsmaschinen

Anders als bei der Formgebung von Glaskeramik – Sintern, Pressen oder Ausschleifen – können Restaurationen aus Oxidkeramik derzeit nur aus industriell vorgefertigten Keramikblocks gefräst werden. Die initiale Werkstoffqualität der Keramikblocks ist aufgrund der homogenen Kornverteilung und Dichte hervorragend. Bei der mechanischen, subtraktiven Bearbeitung bzw. bei



**Abb. 3a**  
Primärkronen auf den Implantaten regio 23, 24 und Zahn 25 aus ZrO<sub>2</sub>-Keramik (Cercon) ...



**Abb. 3b**  
... und eingesetzte Konusprothese im Oberkiefer

evtl. unsachgemäßem Umgang bei der Nachbearbeitung wird die Oberflächenstruktur geschwächt. Diese Schädigung kann jedoch wieder durch nachfolgende Prozessschritte wie Infiltration von Lanthanglas (InCeram) oder Sinterbrand (Cercon, Cerec YZ, Lava, Procera u.a.) teilweise bis vollständig „geheilt“ werden.

Ein apparativ einfaches Verfahren für die subtraktive Bearbeitung von Keramik bietet das Celay-Verfahren. Eine modellierte Restauration wird hierbei mit einem Taster abgefahren, der mechanisch

an eine Turbine gekoppelt ist, und deren Schleifkörper zeit- und bahnidentische Bewegungen des Tasters durchführt. Diese Kopierfräsvorrichtung eignet sich für Einlagefüllungen, Teilkronen und Kronen. Die mechanische Kopplung zwischen Taster und Schleifkörper lässt auch einen festen Vergrößerungsfaktor zu, der in Zukunft auch das Formfräsen von Zirkonoxidkeramik im Grünzustand ermöglicht.

Die CAD/CAM-Technologie ersetzt den Kopiervorgang durch die elektronische 3D-Vermessung von Zähnen und durch das computerunterstützte Modellieren der Restauration. Die längste Erfahrung mit der CAD/CAM-Technologie kann das chairside arbeitende Cerec-System nachweisen. Als einziges System verzichtet es auf die Abformung im Mund; die Präparation wird durch eine Messaufnahme optisch im Mund erfasst. Die Konstruktion der Restaurationen (Inlay, Onlay, Teilkrone, Veneer, Krone) erfolgt auf einem handelsüblichen PC; eine Zahndatenbank oder der Antagonist liefert Vorlagen für Höcker, Fissuren und Okklusalfächen. Nacharbeiten beim Eingliedern wie das Einschleifen der Kauflächen sind erforderlich. Mit Cerec wurde es erstmals möglich, den Patienten in einer Sitzung mit einer vollkeramischen Restauration zu versor-

gen. Den Vorteil der extraoralen, lichtoptischen Abtastung am Sägemodell nutzt das System Cerec inLab, ein Digitalisier- und Schleifautomat für das Dentallabor, das einen Laserscanner und eine Fräseinheit auf engstem Raum vereinigt. Dadurch können subgingivale Präparationsränder, die konventionell mit Retraktionsfäden gegen die Einwirkung von Speichel und Blut abgeformt sowie Unterschnitte exakt mit dem extraoralen Laserscanner erfasst werden. Wahlweise kann auch ein Wax-up gescannt werden. Hergestellt werden Kronenkappen und Gerüste für 3gliedrige Brücken aus Silikatkeramik oder InCeram Oxidkeramik zur Lanthan-Infiltration. Neuerdings kann auch Zirkonoxidkeramik als Grünling gefräst werden zur anschließenden Dichtsinterung.

Seit Jahren eingeführt ist das Procera-System [13], geeignet für Kronenkäppchen aus Aluminiumoxidkeramik für die aufbrennkeramische Verblendung. Der Modellstumpf wird im Labor taktil gescannt, das Käppchen auf dem Bildschirm konstruiert und die Daten über die Telefonleitung ins Herstellerwerk gesandt. Dort wird ein Metallstumpf gefräst, der ca. 25 Prozent größer ist als das Original. Das Aluminiumoxid wird auf den Metallstumpf gepresst und in einem Sinterprozess verdichtet. Hierbei schrumpft das

Kronenkäppchen wieder auf die Ausgangsgröße des Stumpfmodells zurück. Neuerdings wird für Procera-Kronenkappen auch Zirkonoxid eingesetzt.

Das hochfeste Zirkonoxid, auch „keramischer Stahl“ genannt, gilt als Türöffner für die maschinelle Frästechnik – also Kopierfräsen, CAM- oder CAD/CAM-Systeme. Zirkonoxid wird in zwei Aggregatzuständen verarbeitet. Die Systeme DCS und Digident fräsen die Restauration aus dem hartgesinterten Keramikblock; dadurch kann der Zahntechniker unmittelbar nach dem Ausschleifen die Passgenauigkeit am Modell prüfen. Weitspannige Brückengerüste bis 12 und mehr Glieder sind technisch möglich. Allerdings ist der Zeitaufwand für den Schleifprozess sehr hoch, weil sich die Sinterdiamantwerkzeuge über mehrere Stunden durch das harte Zirkonoxid arbeiten müssen. Die andere Methode bedient sich des Grünlings. Zirkonoxid wird hier im teilgesinterten Zustand bearbeitet; der Werkstoff ist noch ungehärtet und leicht zu fräsen. Die gefrästen Restaurationen sind, je nach System, um 20-30 Prozent überdimensioniert und werden in einem Sinterofen unter Hitze verdichtet. Der Werkstoff schrumpft dreidimensional, die Restauration nimmt die Größe des Ausgangsmodells an. Allerdings kann der Techniker erst

jetzt die Passgenauigkeit prüfen. Vom Grünling aus Zirkonoxid mit Schrumpfsinterung machen die Systeme Cerec inLab, Cercon, Digident, Lava [14] Gebrauch. Das CAD/CAM-System Everest verarbeitet sowohl ZrO<sub>2</sub>-Grünlinge als auch dichtgesintertes ZrO<sub>2</sub>.

### 5 Konventionelle vs. virtuelle Modellierung für die fräsende Keramikbearbeitung

Ausgangspunkt für die virtuelle Reproduktion des Modells ist der Scanner, der die lichteptische oder taktile Vermessung vornimmt und die Daten auf dem Bildschirm zur weiteren konstruktiven Bearbeitung abbildet (CAD). Wie mit einem „virtuellen Wachsmesser“ wird die Krone oder das Brückengerüst am PC gestaltet und liegt anschließend als „virtuelles Wachsmodell“ vor. Passende Okklusionsvorlagen und Gerüstkonnectoren können hierzu aus einer Zahndatenbank geholt werden. Materialmindeststärken und Zementspalt werden eingestellt und zusätzlich von der Software überwacht. Nach Abschluss der Konstruktion erfolgt der Schleifbefehl an den Fräsautomaten (CAM).

Eine CAD-Konstruktion am Bildschirm verlangt bei ungeschulten Zahntechnikern teilweise einen zeitlichen Mehraufwand. Diese

Herausforderung kann vermieden werden, wenn die Restauration konventionell auf dem Meistermodell aus Wachs oder Kunststoff modelliert wird (Cercon-System). Die funktionell gestaltete Außenkontur lässt sich digital vermessen und ergibt zusammen mit der ebenfalls gescannten Innenkontur [7] ein virtuelles Abbild der gesamt zu fertigenden Restauration. Diese Vorgehensweise erfordert keine CAD-Software; das verbleibende CAM-System arbeitet wie ein „digitaler Kopierfräser“.

### 6 Empfehlungen für die Gestaltung der Zahnpräparation

Die Gestaltung der Zahnpräparation für vollkeramische Restaurationen wird maßgeblich von zwei Einflussgrößen bestimmt:

- ▲ Systemspezifische Limitationen durch die zu fräsende Formgebung
- ▲ Festigkeit des Vollkeramiksystems.

Die Vermessungseinrichtungen von CAD/CAM-Systemen, insbesondere die taktil arbeitenden, zwingen zu einer Präparation mit ausgeprägten Stufen oder Hohlräumen, damit die Sensoren den Präparationsrand erkennen und verarbeiten können [8,9]. Damit verbunden ist häufig ein hoher Hartschubabtrag (Abb. 4). Die Präparationsgrenze muss präzise



**Abb. 4**

Hoher Hartsubstanzabtrag mit vorgeschriebener, ausgeprägter Hohlkehle für eine vollkeramische Procera-Einzelkrone an Zahn 41

gelegt und vom jeweiligen Scannersystem klar erfasst werden. Doch nicht nur die Abtastung ist bei mäßig bis schlecht ausgeführten Präparationsgrenzen völlig überfordert, auch der formgebende Fräser kann die korrespondierenden, oft im Raum komplex verlaufenden Restaurationsränder nicht korrekt ausarbeiten. Zahntechniker hingegen können bei der handwerklichen Methode (Goldränder, Keramikschulter) auf Erfahrungen zurückgreifen und die Restauration auch bei fehlerhaften Präparationsgrenzen mit einem akzeptablen Randschluss versehen. Dem maschinellen Fertigungsprozess fehlt diese Fähigkeit; er ist auf eindeutige Präp-Formen angewiesen. Deshalb ist der Präparationsaufwand höher als vergleichsweise bei der VMK-Technik oder für Presskeramiken.

Der erforderliche Präparationsabtrag für Restaurationen mit Zir-

konoxidgerüsten ist gegenüber früheren Keramiken deutlich reduziert, weil die hohe Festigkeit dünnere Wandstärken zulässt. Damit ist für die Kronen- und Brückenrestauration eine minimalinvasive Therapielösung möglich und ergänzt die bereits bekannten minimalinvasiven vollkeramischen Techniken wie Inserts, Inlays, Eckenaufbauten, Veneers, Teilkronen, Kauflächen, Funktionsflächen etc.

Jede Keramikrestauration bezieht ihre Stabilität auch aus der Gestaltung der Kavität bzw. aus der Präparation des Kronenstumpfes. Als Präparationsgrenze für die Krone sind die Hohlkehle oder eine innen abgerundete Stufe erforderlich. Weitere Richtlinien sind: Präparationswinkel 6-10 Grad, gerundete Linien- und Kantenwinkel, Abflachung des Höcker-Fossa-Reliefs. Für Zirkonoxid scheinen aufgrund der hohen Bruchzähigkeit einfachere Präparationsformen wie in der Metallkeramik möglich zu sein, wobei speziell hierzu klinische Langzeiterfahrungen noch fehlen.

## 7 Überlebensdauer

Die klinische Verweildauerprognose von vollkeramischen Einzelkronen, gefertigt mit dem Procera Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gerüst [10,15], zeigt keinen signifikanten Unterschied im



System	Präparationsgrenze	axiale Reduktion mm	inzisale, okklusale Reduktion mm
Empress 1	Stufe, innen abgerundet		
Empress 2	dto.	1,0 – 1,5	2,0
In-Ceram	Hohlkehle, Stufe innen abgerundet	1,0 – 1,2	1,5
Procera AllCeram, AllZirkon	Hohlkehle	0,8 – 1,5	1,5 – 2,0
Cercon	Stufe, innen abgerundet Hohlkehle	ca. 1,0	1,5 – 2,0
Cerec inLab (InCeram Zirconia)	Stufe, innen abgerundet Hohlkehle	1,0 – 1,2	1,5
Lava	Stufe, innen abgerundet, Hohlkehle	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0
DigiDent (ZrO <sub>2</sub> )	Stufe, innen abgerundet Hohlkehle	ca. 1,0	1,5 – 2,0
DCS (ZrO <sub>2</sub> )	Stufe, innen abgerundet Hohlkehle	ca. 1,0	1,5 – 2,0

**Tab. 1**  
Präparation bei Vollkeramik-Restaurationen

Vergleich zu Kronen auf InCeram-Gerüsten [11]. Aufgrund der hervorragenden mechanischen Eigenschaften der ZrO<sub>2</sub>-Keramik [5,6] kann eine sehr gute Überlebensrate erwartet werden. Die Festigkeitsreserve von ZrO<sub>2</sub> ist so hoch, dass auch die bei allen Keramiken eintretende Festigkeitsschwächung aufgrund einer Werkstoffermüdung kein kritischer Wert bezüglich der klinischen Beanspruchung eintreten wird [12].

In einer eigenen, prospektiven klinischen Studie stehen bei 59 Patienten 53 Restauration in der Front (46 Kronen; 4 x drei-; 2 x vier-; und 1 x fünfgliedrige Brücken)

und 56 Restaurationen im Seitenzahnbereich (25 Kronen; 22 x drei-; 6 x vier-; und 3 x fünfgliedrige Brücken) auf 136 Peilerzähnen und 17 Implantaten durchschnittlich 17,1 Monate ( $\pm$  5,5 SD) unter Risiko. Hohe Schichtstärken der Verblendkeramik aufgrund einer fehlenden anatomischen Ausgestaltung der ZrO<sub>2</sub>-Gerüste führten bei 3 Seitenzahnbrücken zu Abplatzungen (Kohäsivbruch). Die Verweilwahrscheinlichkeit der Verblendkeramik beträgt 96,1 Prozent (Kaplan-Meier-Schätzung). Eine 4gliedrige Seitenzahnbrücke frakturierte nach 16 Monaten. Dieser Misserfolg ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Überhit-



**Abb. 5a**  
Indikation für zwei  
zementierte, implantat-  
getragene OK-Verbund-  
brücken



**Abb. 5b**  
ZrO<sub>2</sub>-Gerüste (aus heiß-  
statisch gepressten  
Blanks, HIP). Die noch  
fehlenden Außenkontu-  
ren (cad.esthetics)...



**Abb. 5c**  
... lassen nur schmale  
Kauflächen zu und ...

zung bei der manuellen, formgebenden Nachbearbeitung des ZrO<sub>2</sub>-Gerüsts zurückzuführen. Die ersten Nachuntersuchungsergebnisse bestätigen die Wichtigkeit der anatomischen Formgebung von Kronen- und Brückengerüsten mit dem Ziel, eine gleichmäßige Schichtstärke der Verblendkeramik zu erhalten. Gerüststrukturen, die mit gleichmäßiger Wandstärke lediglich die Form des Zahnstumpfes wiedergeben (Abb. 5a-c), erfordern oft dickere Schichtstärken und riskieren Frakturen der Verblendkeramik (Abb. 5d). Die meisten CAD-Softwareprogramme verfolgen als Arbeitsziel die anatomische Außenkontur der Gerüste. Zeitaufwändiger und schwieriger ist jedoch die individuelle CAD-Kon-

struktion mit variablen Gerüstwandstärken. Das CAM-System Cercon benötigt aufgrund des Kopierverfahrens keine CAD-Konstruktion der Gerüste; die anatomischen Außenkonturen der Kronen- und Brückengerüste werden in gewohnter Weise (Abb. 6a-c) in Wachs modelliert. Auch Klebebrücken, Geschiebe, Stege und Primärkronen können damit einfach gestaltet und in Zirkonoxid umgesetzt werden.

Die Achillesferse der Keramik ist die geringere Resistenz gegenüber Zugspannungen. Um Spannungen zu vermeiden, müssen die Verbindungen zwischen den Brückengliedern ausreichende Dimensionen aufweisen. Lithiumdisilikatkeramik benötigt mindes-



**Abb. 5d**  
... erhöhen das Risiko einer Fraktur innerhalb der Verblendkeramik

tens 16 mm<sup>2</sup> Konnektorfläche, Oxidkeramik erfordert 8-12 mm<sup>2</sup>. Frakturen bei Keramikronen und -Brücken stellen sich dann ein, wenn mit der gewählten Indikation die Herstellerempfehlung überschritten wird. Ungeeignete Präparationen, zu dünne Wandstärken, unterdimensionierte Konnektoren, tief separierte Brückenglieder (mit Diamantscheibe), Bearbeitungsfehler beim Schleifen im Labor (hoher Anpressdruck, keine Nasskühlung) – all das kann Zugspannungen oder Mikrorisse im Werkstoff verursachen, die Monate später eine Fraktur auslösen können.

Sollte bei einem Pfeilerzahn, der ein ZrO<sub>2</sub>-Gerüst mit geringem Substanzabtrag trägt, die Indikation für eine endodontische Therapie eintreten, besteht bei der Trepanation trotz anderslautenden Meinungen kein erhöhter Schwierigkeitsgrad. Wird das ZrO<sub>2</sub>-Gerüst mit der Stirnseite (Spitze)



**Abb. 6a**  
Vom Zahntechniker funktionell modellierte Kronengerüste ermöglichen durch den Kopiervorgang des Cercon-Systems ...



**Abb. 6b**  
... eine gleichmäßige Schichtstärke der Verblendkeramik und ...



**Abb. 6c**  
... höchst komplexe Gerüststrukturen für eine Inlay-Brücke

des diamantierten Schleifkörpers bearbeitet, verglüht das Instrument. Beim tangentialen Aufsetzen eines grobkörnigen Schleif-

körpers hingegen lässt sich das  $ZrO_2$ -Gerüst problemlos perforieren.

## 8 Kosten

Die Kosten für eine Therapie mit vollkeramischen Kronen- und Brückenrestaurationen setzen sich aus dem Aufwand der klinischen Behandlungsschritte und der zahntechnischen Herstellung zusammen.

### Klinischer Aufwand

Vollkeramisch restaurieren erfordert einen Mehraufwand. Die zeitliche Mehrarbeit bei der Behandlung gegenüber dem konventionellen, metallkeramischen Zahnersatz wird ausgelöst von den Anforderungen an die Zahnpräparation und an die Befestigungstechnik. Die obligate maschinelle Formgebung von Oxidkeramik durch Fräsmaschinen zwingt zu einer exakten Ausarbeitung der Präparationsränder. Die hohe Biegefestigkeit der Zirkonoxidkeramik lässt dünne Wandstärken und zirkulär verlaufende Hohlkehlen zu. Auch ästhetisch anspruchsvolle Kronen aus Glaskeramik erfordern eine präzise und damit zeitaufwändige Gestaltung der Präparation. Zur Festigkeitssteigerung glaskeramischer Kronen ist die adhäsive Befestigung notwendig. Bei Verwendung von Gerüsten aus reiner

Aluminiumoxidkeramik (z.B. Procera) oder Lanthanglas-infiltriertem  $Al_2O_3$  (z.B. InCeram) sowie aus Zirkonoxid kann durch eine konventionelle Zementierung die Behandlungszeit etwas verkürzt werden. Die Nachsorgekosten werden bei den sehr kleinen Ausfallraten der Oxidkeramik statistisch pro Patient geringfügig höher ausfallen als bei metallischen Gerüstwerkstoffen. Gleiches gilt für vollkeramische Kronen aus Glaskeramik.

### Zahntechnische Herstellung

Die zahntechnische Kalkulation für Vollkeramik basiert auf zusätzlich anfallenden Investitionskosten für Geräte und Schulung sowie für Material, Arbeitszeit, Geräteverschleiß und Amortisation. Es zeigt sich in jüngster Zeit, dass sowohl bei glaskeramischen als auch bei oxidkeramischen Systemen eine Kostenreduktion eingetreten ist. Dieser Trend wird dadurch verstärkt, dass bei CAD/CAM oder CAM-basierten Verfahren bisher ungenutztes Innovationspotenzial im Labor mobilisiert wird. Nicht anatomisch ausgeformte Gerüststrukturen, so z.B. mit Hilfe des Procera- oder Wolceram-Verfahrens hergestellt, erreichen zwar noch nicht die Herstellungskosten von Gerüsten aus NEM-Legierungen, liegen aber auf gleichem



**Abb. 7a**  
Indikation für eine weit-  
spannige OK-Brücken-  
konstruktion



**Abb. 7b**  
Einprobe  $ZrO_2$ -Gerüst  
(Cercon)



**Abb. 7c**  
Keramisch verblendetes  
 $ZrO_2$ -Gerüst (Cercon)

Niveau wie hochgoldhaltige Metallgerüste.

Die Herstellung von Gerüsten aus heißgepresster, dichtgesinterter  $ZrO_2$ -Keramik erfordert sehr standfeste, schwere und damit teure NC-Fräsmaschinen. Zudem müssen hochtourige Antriebe (Spindeln) für diamantierte Schleifkörper installiert sein, um Fräszeiten von 60-90 Minuten pro Kronengerüst oder Zwischenglied zu erzielen. Daraus ergeben sich derzeit Preise zwischen 150 und 250 € pro Gerüsteinheit. Dieser Aufwand muss dem Vorteil der grazil gestaltbaren  $ZrO_2$ -Seitenzahnbrücke und der Möglichkeit, bei Gerüstwandstärken von nur 0,3 mm (Abb. 2) substanzschonend präparieren zu können,

gegenübergestellt und im Patientengespräch erklärt werden. Einen Ausweg aus der schleifzeitintensiven Fertigungsmethode scheint die Bearbeitung von vorgesintertem  $ZrO_2$ -Grünkörpern zu bieten. Die Systeme Cercon, Cerec inLab, Everest, Lava, Procera nutzen diese Verfahrensweise. Inwieweit der endgültige Schrumpfsinterprozess nach der subtraktiven Formgebung für weitspannige Seitenzahnbrücken (Abb. 7a-c) eine ausreichend hohe Werkstoffqualität reproduzierbar gewährleistet, bleibt abzuwarten. Aufgrund der relativ kurzen Verfügbarkeit von Gerüsten aus  $ZrO_2$ -Grünkörpern liegen noch keine klinischen Langzeitergebnisse über mindestens 5 Jahre Erfahrung vor. Der Patient sollte vor

Therapiebeginn über die noch bestehenden, versagenskritischen Restrisiken einer  $ZrO_2$ -Restauration informiert werden (Abb. 5d), da bei einer evtl. Fraktur nach mehrjähriger Tragezeit Folgekosten entstehen können, die bei einer metallkeramischen Restauration mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftreten.

## 7 Resümee

Für die Patienten stehen heute neue, qualitativ deutlich verbesserte vollkeramische Restaurationswerkstoffe zur Verfügung. Im Frontzahnbereich ermöglichen Einzelkronen aus Glaskeramik eine bestechend natürlich-wirkende Ästhetik. Durch das maschinelle Fräsen von Zirkonoxidkeramik können exzellente mechanische Eigenschaften für Kronen und Brücken genutzt werden. Damit sind substanzschonende Pfeilerpräparationen für dünne Gerüst-Wandstärken möglich geworden, die eine Indikationsausweitung auf mehrgliedrige Seitenzahnbrücken erlauben. Diese Vorteile, zusammen mit der zweifelsfrei verbesserten Ausgangssituation für eine natürliche Ästhetik, die viel versprechenden ersten Ergebnisse zum klinischen Langzeitverhalten und die Option der konventionellen Zementierung werden vollkeramischen Kronen- und Brückenrestaurationen den Weg öffnen, eine Routi-

Prof. Dr. Hans-Christoph Lauer, Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik ZZMK (Carolinum) der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

OA Dr. Paul Weigl, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik ZZMK (Carolinum) der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

Manfred Kern, Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V.

E-Mail: [info@ag-keramik.de](mailto:info@ag-keramik.de)

ne-Therapielösung in der Zahnheilkunde zu werden.

Die Therapiekosten liegen zurzeit noch über jenen für konventionell hergestellte Metall-Restaurationen. Die CAD/CAM-Technologie bietet das Potenzial für eine Kostenreduktion bei VMK-gleicher oder verbesserter Qualität. Hierzu sind jedoch noch Anstrengungen in der Entwicklung und Umsetzung von Werkstoff- und Fertigungstechnologien notwendig. Inwieweit sich hierbei die Herstellungstechnik der Grünkörperbearbeitung von  $ZrO_2$  gegenüber dem Fräsen der hochfesten, durchgesinterten Zirkonoxidkeramik durchsetzt, lässt sich derzeit noch nicht beantworten.

## Literatur

- 1 *Creugers, N. H., Kayser, A.F. van 't Hof, M. A.*: A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dent Oral Epidemiol* 22, 448 (1994)
- 2 *Scurria, M. S., Bader, J. D., Shugars, D. A.*: Meta-analysis of fixed partial denture survival: Prostheses and abutments. *J Prosthet Dent* 79, 459 (1998)
- 3 *Luthardt, R., Herold, V., Sandkuhl, O., Reitz, B., Knaak, J. P., Lenz, E.*: Kronen aus Hochleistungskeramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 53, 280 (1998)
- 4 *Piconi, C., Maccauro, G.*: Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1, 1 (1999)
- 5 *Kosmac, T., Oblak, C., Jevnikar, P., Funduk, N., Marion, L.*: Strength and reliability of surface treated Y-TZP dental ceramics. *J Biomed Mater Res* 53, 304 (2000)
- 6 *Tinschert, J., Natt, G., Mautsch, W., Augthun, M., Spiekermann, H.*: Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *Int J Prosthodont* 14, 231 (2001)
- 7 *Rinke, S., Jenatschke, R.*: Neue Perspektiven in der Anwendung vollkeramischer Seitenzahnrestaurationen auf Zirkonoxidbasis - Zwei klinische Fall-darstellungen. *Quintessenz* 11, 35 (2001)
- 8 *Lin, M. T., Sy-Munoz, J., Munoz, C. A., Goodacre, C. J., Naylor, W. P.*: The effect of tooth preparation form on the fit of Procera copings. *Int J Prosthodont* 11, 580 (1998)
- 9 *Mou, S. H., Chai, T., Wang, J. S., Shiu, Y. Y.*: Influence of different conver-gence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *J Prosthet Dent* 87, 248 (2002)
- 10 *Odman, P., Andersson, B.*: Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 14, 504 (2001)
- 11 *McLaren, E. A., White, S. N.*: Survival of In-Ceram crowns in a private practice: a prospective clinical trial. *J Prosthet Dent* 83, 216 (2000)
- 12 *Geis-Gerstorfer, J., Fässler, P.*: Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten der Dentalkeramiken Zirkondioxid-TZP und InCeram. *Dtsch Zahnärztl Z* 54, 692 (1999)
- 13 *Ottl, P., Piwowarczyk, A., Lauer, H.-Ch., Hegenbarth, E. A.*: The Procera All-Ceram System. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20, 151 (2000)
- 14 *Piwowarczyk, A., Kuretzky, T., Lauer, H.-Ch.*: Lava – ein innovatives Vollkeramiksystem. *Quintessenz* 54, 1, 73-81 (2003)
- 15 *Kempf, M., Lauer, H.-Ch., Ottl, P., Piwowarczyk, A., Hegenbarth, E.*: Prospektive klinische Studie zum Procera AllCeram-System – Resultate nach zweijähriger Beobachtungsdauer. Poster zum Nobel Biocare Deutschen Kongress, 30.-31.01.2004 in München.
- 16 *Edelhoff, D.*: Gute Langzeitergebnisse ohne Experimente. *Ästhetische Zahnmedizin* 3, 18 (2003)

Alle Abbildungen von Prof. Dr. Lauer und OA Dr. Weigl.