



Foto: AG Keramik / Meinardus

# So hält keramischer Stahl

**Prof. Dr. Matthias Kern und Manfred Kern (AG Keramik)**

Das Verkleben von Restaurationswerkstoffen mit Schmelz und Dentin im feuchten Milieu der Mundhöhle stellt hohe Anforderungen an die Adhäsivtechnik. Der Beitrag stellt dar, wie oxidkeramische Kronen und Brücken Schritt für Schritt eingesetzt werden.

Die geeignete Befestigungstechnik hat einige Kriterien zu erfüllen: Sie muss biologisch verträglich sein, unterschiedliche Elastizität-Moduli tolerieren und sie muss dem Kaudruck mit seinen Biegebelastungen dauerhaft standhalten.

## Zementieren oder kleben?

Bekanntlich beruht die Befestigung von metallgestützten Restaurationen mit konventionellem Zement auf dem Prinzip, dass mit der Präparationsarchitektur für ausreichend große Retentionsflächen gesorgt werden muss. Das Rückhaltevermögen des Zinkoxidphosphatzements im Fügspalt entsteht durch die mikroretentive Friktionswirkung der Zementpartikel, die nach dem Aushärten an der benetzten Oberfläche zustande kommt (Keilwirkung). Die Verbundkraft ist jedoch minimal; Phosphatzement hält nur geringen Abzugskräften stand. Glasionomerezemente bieten zwar eine messbar

höhere Haftwirkung an Schmelz und Dentin – für Auswascheffekte, besonders in der Fügezone und am Kronenrand, sind beide Zementtypen jedoch ähnlich anfällig.

Mit der Verwendung vollkeramischer Werkstoffe für konservierende und prothetische Versorgungen stellte sich die Frage nach dem erforderlichen Verbund erneut. Die differenzierten Materialeigenschaften der Keramiken erfordern, sie gemäß den Empfehlungen der Hersteller zu befestigen (Abb. 1) – denn die Art der Befestigung am Restzahn muss in Form eines festen Fügeverbundes zur Gesamtstabilität und somit zur physikalischen und klinischen Haltbarkeit der Restauration beitragen. Das Prinzip fordert, Keramiken mit geringerer Festigkeit unter 350 MPa (MegaPascal) – aber hoher Transluzenz und Ästhetik – ausschließlich adhäsiv zu befestigen. Dies gilt für alle Silikatkeramiken, die zur Herstellung von Inlays, Onlays, Teilkronen, Veneers und Kronen zum Einsatz kommen. Der klinische

Navigation zur Befestigung von Vollkeramiken											
Keramik	Silikat		Lithiumdisilikat			Oxidkeramik glasinfiltriert			Oxidkeramik polykristallin		
Marken-namen (Auswahl)	Vitablocs Empress CEREC Blocs		e.max press / CAD			In-Ceram Spinell, Alumina, Zirconia			In-Ceram YZ, Procera, ZirCAD, Lava, In-Ceram AL, Sirona inCoris AL Sirona inCoris ZI		
Indikation	Inlay, Onlay, Veneers, Kronen		Kronen, kleine Brücken (1)			Kronen, 3-gliedrige Brücken			Kronen, Brücken		
Einsetz-material	Adhäsive Composite, licht/dual- härtend	Selbst- adhäsive Composite licht/dual- härtend (ohne Veneer)	Glasio- nomer	Adhäsive Composite	Selbst- adhäsive Composite	Glasio- nomer	Selbst- adhäsive Composite	Adhäsive Composite selbst- härtend	Glasio- nomer	Selbst- adhäsiv Composite	Adhäsive Composite selbsthärtend
Marken-namen (Auswahl)	Variolink, Silan, Bonder	Rely X Unicem	Ketac- Cem	Multilink, Panavia	Rely X Unicem	Ketac- Cem	Rely X Unicem	Multilink, Panavia	Ketac- Cem	Rely X Unicem	Multilink, Panavia
Keramik-vorbe-handlung	Flusssäure 60 sec, Silan, Bonder	Flusssäure, Silan	Reinigen	Flusssäure 20 sec, Silan	Flusssäure, Silan	Reinigen oder abstrah- len (2)	Abstrahlen (2) Rocatec- System	Abstrahlen (2) Zirkon- Primer	Abstrahlen oder Rocatec- System	Abstrahlen Zirkon- primer	
Zahnvor-behandlung	Schmelz- ätzung Dentin- adhäsiv (Licht- härtung)	Reinigen	Reinigen	Dentin- adhäsiv	Reinigen	Reinigen	Reinigen, Dentin- adhäsiv	Dentin- adhäsiv	Reinigen	Reinigen Dentin- adhäsiv	Dentin- adhäsiv Bond Trocken- legung!
Hinweise	Kofferdam	Siehe Gebrauchs- anweisung		Trocken- legung	Siehe Gebrauchs- anweisung		Siehe Gebrauchs- anweisung	Trocken- legung		Abstrahlen oder Anwendung von H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> zur Reinigung und Zirkonprimer, besonders bei kleinen Klebeflächen	

Die Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten.

(1) Frontzahn bis zum 2. Prämolare. Brücken bis zu 3 Gliedern.

(2) Korund (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) im Einwegstrahlverfahren, Korn 50 µm, Druck bei Spinell / Alumina / Zirconia 2,5 bar. Nach der Einprobe entfetten mit Alkohol o. ä.

Abb. 1: Die Art der Befestigung richtet sich nach dem Keramiktyp und der klinischen Belastung.

Quelle: Aus „Vollkeramik auf einen Blick“, AG Keramik.

Erfolg der Adhäsivtechnik liegt darin begründet, dass die Restauration durch einen kraftschlüssigen und dauerhaften Verbund an der Zahnhartsubstanz verklebt wird. Dadurch ist an der Restaurations-Innenseite keine mechanische Grenzfläche vorhanden und Risse auslösende Zugspannungen sind dann nicht mehr wirksam. Die adhäsive Befestigung führt zu einer erheblichen Erhöhung der Belastbarkeit.

Eine Sonderstellung nimmt die neue Lithiumdisilikatkeramik (Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e.max Press/CAD) ein – indiziert für Kronen im Frontzahnbereich sowie auf Prämolaren. Der Werkstoff ist eine zweistufig kristallisierende Silikatkeramik, deren Pressrohlinge laborseitig aufgeschmolzen und formgepresst werden, ist aber auch als CAD/CAM-Block erhältlich und für das computergestützte, subtraktive Ausschleifen geeignet. Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nimmt aus Sicht der optischen Qualität und der Biegefestigkeit einen

Platz zwischen Feldspat- und Oxidkeramik ein; bei wachsenden Wandstärken zeigt der Transluzenz-Gradient im Vergleich zur Glaskeramik eine rasch zunehmende Opazität. Nach der Formgebung im Labor durch schwindungsfreie Sinterung auf eine Biegefestigkeit von 360 MPa gebracht, können Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Kronen aufgrund der Stabilität konventionell mit Glasionerzement befestigt werden. Bei geringen Retentionsflächen empfiehlt es sich, Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adhäsiv wie Silikatkeramik zu befestigen oder mit Monomer-Phosphaton (Metal Primer) zu Verkleben.

### Multipler Verbund für „keramischen Stahl“

Hochfeste Keramiken mit mehr als 350 MPa Biegefestigkeit – darunter fallen die Gerüstkeramiken auf Basis von Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und Zirkonoxid

**DENTAL MAGAZIN**  
2/2006, Seite 42ff: PD Dr.  
**Roland Frankenger**  
stellte den Einfluss der  
Adhäsivtechnik auf die  
klinische Langlebigkeit  
vollkeramischer Restau-  
rationen dar.



Abb. 2: Konventionelle Befestigung einer verblendeten Procera-Krone ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mit Glasionomermertement.  
Foto: AG Keramik/Kunzelmann



Abb. 3: Das Abstrahlen der Oxidkeramik (auf der Kroneninnenseite) mit Aluminiumoxidkorn vergrößert die Haftoberfläche für die Befestigungsmedien.  
Foto: 3M Espe



Abb. 4: CoJet-Strahlgerät zum Chairside-Silikatisieren von Oxidkeramik.  
Foto: 3M Espe



Abb. 5: Teilkronenverankerte Adhäsivbrücke: Verblendung von basal.  
Foto: AG Keramik/Groten

( $\text{ZrO}_2$ ) – können aufgrund ihrer Eigenstabilität prinzipiell konventionell befestigt werden. Obwohl in der Praxis hierfür häufig Zinkoxidphosphatzement verwendet wird, ist Glasionomermertement (Ketac) zum Zementieren aus den genannten Gründen vorzuziehen (Abb. 2). Phosphatzement hält nur geringen Abzugskräften stand und kann bei sehr engem Zementspalt keine Friktionswirkung entfalten. Der Einsatz von Compomere ist wegen seines Quellverhaltens im feuchten Milieu dagegen kritisch zu bewerten. Vor der Zementierung kann die Innenfläche oxidkeramischer Restaurationen mit Aluminiumoxidpulver (Korn  $50\ \mu\text{m}$ , Druck 2,5 bar) abgestrahlt werden, um die Retentionsflächen zu reinigen und anzurauen. Auch Sandstrahlen wird herstellerseitig als Option empfohlen. Aufgrund der hohen Stabilität und Biegefestigkeit der Gerüstkeramiken ist ein vollflächiger, adhäsiver

Kraftschluss zum Restzahn nicht unbedingt erforderlich – trotzdem trägt ein enger Zementspalt zur Gesamtstabilität bei. Wenn nun zur Befestigung Glasionomermertement herangezogen wird, so ist dieser mit seiner relativ geringeren Haftwirkung am Restzahn den adhäsiven Systemen unterlegen. Deshalb gilt für die Befestigung der Grundsatz: Je mehr Schmelzanteil noch vorhanden ist, umso sinnvoller ist eine kraftschlüssige, adhäsive Befestigung, die den Gesamtverbund deutlich steigert. Das heißt: Wenn wenig oder kein Schmelz zur Verfügung steht – wie bei Kronen und Brückenpfeilern, die mit einer zirkulären Präparation am Dentin verankert werden – ist es ohnehin erschwert, einen dauerhaften Adhäsivverbund zu erzielen. Die Eigenschaften der hochfesten Keramiken erlauben jedoch den Einsatz differenzierter Befestigungskonzepte, die die Nachteile konventioneller

**Prof. Dr. Mattias Kern**  
zum Thema „CAD/CAM-  
Technologie in der  
Entwicklung“,  
DENTAL MAGAZIN  
6/2006, Seite 70ff.



Abb. 6: Abdecken der Verblendkeramik mit Polyäther vor dem Abstrahlen. Foto: AG Keramik/Groten



Abb. 7: Einbringen des selbstadhäsiven Befestigungskomposits (Multilink) in die Lithiumdisilikat- oder Zirkonoxid-Krone. Vorbehandlung von Schmelz und Dentin ist nicht erforderlich. Foto: Ivoclar-Vivadent

Zemente wie Auswaschung des Fügspalts und ihre Opazität kompensieren. Composite-basierte Befestigungswerkstoffe dominieren die Nachteile klassischer Zemente. Die Fähigkeit zur Lichttransmission unterstützt das ästhetische Potenzial der Gerüstkeramiken und erhöht gleichzeitig die Verbundfestigkeit am Interface Keramik zum Zahn. Befestigungscomposites haben besonders dann ihre Berechtigung, wenn z. B. im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich eine hohe Transluzenz der Restauration erwünscht oder bei klinisch kurzen Kronen eine geringe mechanische Retention gegeben ist.

### Vorbehandlung von Oxidkeramiken

Das Anätzen von Oxidkeramiken mit Flusssäure bewirkt keine mikromechanische Retentionssteigerung, weil sie keine Glasphase ( $\text{SiO}_2$ ) enthalten. Auch Silan bindet an Oxidkeramik ohne Vorbehandlung nicht an, weil kein Siliziumdioxid zum „Andocken“ vorhanden ist. Hier lässt sich die Adhäsionswirkung durch tribochemisches Silikatisieren (Rocatec für Silikatisieren im Labor, Partikelgröße  $110\mu\text{m}$ , Abb. 3 – CoJet für chairside-Anwendung,  $30\mu\text{m}$ , Abb. 4) der Kroneninnenflächen steigern. Beim Silikatisieren werden Silikatpartikel mit hoher kinetischer Energie auf die zu klebende Keramikoberfläche gestrahlt und bilden eine Silikatschicht, die anschließend mit Silan (Sil) benetzt wird. Durch eine Kondensationsreaktion entsteht eine Si-O-Si-Bindung zwischen der Silikatschicht der Keramikoberfläche und dem Silan, dessen organo-

funktionelle Gruppen aufgrund ihrer ungesättigten Doppelbindungen eine Polymerisationsreaktion mit den Kunststoffmolekülen aller gängigen „Dentalkleber“ eingehen können.

Ursprünglich als Haftvermittler für Metalle entwickelt, haben sich Primer für den verlässlichen Verbund mit dichtgesintertem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{ZrO}_2$  etabliert (Metal Primer, Panavia). Hierzu müssen Schmelz und Dentin vorbehandelt werden. Ganz entscheidend für die Dauerhaftigkeit der Klebeverbindung ist die vorgängige Korundstrahlung der Keramikoberfläche (Korn  $50\mu\text{m}$ , Druck  $<2,5\text{ bar}$ ), die eine



Prof. Dr. Matthias Kern

studierte in Freiburg Zahnmedizin und war danach an der prothetischen Abteilung der Zahnklinik Freiburg tätig. Eine zweijährige Unterbrechung durch ein Stipendium der deutschen Forschungsgemeinschaft führte ihn an die University of Maryland in Baltimore, USA. 1997 wurde Prof. Kern auf die C 4-Professur für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik und Werkstoffkunde an die Christian-Albrecht-Universität in Kiel berufen, wo er ein Jahr später zum Direktor ernannt wurde. Prof. Kern ist Fachbeiratsmitglied zahlreicher wissenschaftlicher Fachzeitschriften. Seine Hauptarbeitsgebiete sind festsitzender und partieller Zahnersatz, Implantologie, Adhäsivprothetik, vollkeramische Restaurationen und Materialkunde.



Abb. 8: Eingliederung einer Lithiumdisilikatkeramik-Krone mit selbstadhäsivem Befestigungskomposit.  
Foto: AG Keramik



Abb. 9: Reinigen des Kronenstumpfes mit Bimssteinmehl.  
Foto: AG Keramik

gute Reinigungswirkung hat und die Oberfläche vergrößert. Auf der gestrahlten und somit chemisch aktivierten Fläche werden erhöhte Verbundkräfte erzielt. Beim Abstrahlen muss die benachbarte Verblendkeramik durch Abdecken (niedrigvisköses Polyäther) vor dem Pulverstrahl geschützt werden (Abb. 5, 6).

Für die glasinfiltrierte  $Al_2O_3$ -Keramik (In-Ceram) wurde nachgewiesen, dass die Korundstrahlung die Passgenauigkeit nicht beeinträchtigt. Eine Festigkeitsminderung bei  $ZrO_2$ -Keramik durch Abstrahlen wird zwar diskutiert, tritt aber nicht ein, wenn die empfohlene Korngröße und der Strahldruck eingehalten werden. Die laborseitige Bearbeitung der endgesinterten Gerüste mit rotierenden Diamantinstrumenten kann jedoch die Festigkeit beeinflussen; deshalb sollte ein nachgeschliffenes  $ZrO_2$ -Gerüst nochmals gesintert werden. Bei einer evtl. Kontamination mit Speichel wird die gestrahlte Innenseite am besten erneut abgestrahlt oder mit Phosphorsäure gereinigt.

### Selbstadhäsive Befestigungskomposites

Zur Verklebung stehen neuerdings alternativ zu den klassischen Befestigungskomposites auch selbstadhäsive Befestigungskomposites zur Verfügung, die keine Vorbehandlung der Zahnsubstanz mit Phosphorsäure und Bonding erfordern (z. B. RelyX Unicem, Multilink Automix); sie kombinieren die einfache klinische Anwendung der Zemente mit der Ästhetik und den Verbundeigenschaften der Befestigungskomposites. Dabei sind sie weniger technik-

sensitiv und zeitaufwändig zu verarbeiten. In klinischen Studien zeigten sie bisher gute, initiale Haften Eigenschaften, besonders auf Dentin (Abb. 7, 8). Klinische Langzeitdaten stehen zurzeit noch aus. Lediglich zur Befestigung von silikatkeramischen Restaurationen auf Schmelz (Inlays, Veneers etc.) sind die selbstadhäsiven Composites nicht freigegeben; dafür ist die Schmelzhaftung nicht ausreichend. Falls im Zusammenhang mit selbstadhäsiven Befestigungskomposites auf Oxidkeramik eine zusätzliche Schmelzätzung vorgesehen ist, muss das Dentin sorgfältig abgedeckt werden, weil sonst die Adhäsionskraft des Composites auf Dentin gemindert wird.

### Verklebung von oxidkeramischen Kronen und Brücken

Für den Einsatz eines Kunststoffklebers werden die Zahnstümpfe wie für die konventionelle Zementierung vorbereitet (Abb. 9). Auf den Pulpenschutz mit Kalziumhydroxid kann verzichtet werden; das anzuwendende Dentinadhäsiv gewährleistet die Abdichtung der Dentintubuli. Für den Fall, dass eine absolute Trockenlegung mit Kofferdam nicht möglich ist, sollte z. B. bei leicht subgingivalen Kronenrändern ein Retraktionsfaden gelegt werden, um Sulkusflüssigkeit fernzuhalten und die Impaktion von Kleberüberschüssen zu vermeiden. Nach Applikation des Dentinadhäsivs und Konditionierung der Keramikoberfläche wird das angemischte Befestigungskomposite dünn auf die Restaurations-Innenflächen aufgetragen, so dass sie vollständig bestrichen sind.



Die Literaturliste zu diesem Beitrag stellen wir Ihnen auf [www.dentalmagazin.de](http://www.dentalmagazin.de) zur Verfügung.

Diesen Beitrag können Sie im Internet ([www.dentalmagazin.de](http://www.dentalmagazin.de)) als pdf herunterladen.

## Provisorische Befestigung von Oxidkeramiken

Prof. Dr. Matthias Kern: „Für die temporäre Befestigung von Kronen und Brücken aus Aluminiumoxid- oder Zirkonoxidkeramik ist ein eugenolfreier, provisorischer Befestigungszement geeignet (z. B. Systemp.Cem/Vivadent-Ivoclar, RelyX Temp/3M Espe – selbsthärtender temporärer Befestigungszement auf Zinkoxid-Basis und einer wässrigen Lösung aus Polyacrylsäure). Zur besseren Entfernbarkeit beim Ausgliedern können Kronenstumpf oder Kavitätenwände mit Vaseline isoliert werden – oder etwas Vaseline dem Zement beigefügt werden. Grundsätzlich ist ein „Probetragen“ oxidkeramischer Restaurationen aufgrund der Festigkeit möglich. Keramikerhersteller empfehlen jedoch, auf das Probetragen zu verzichten, da beim Ausgliedern die Restauration beschädigt werden kann.

Lässt sich in ästhetischen und funktionellen Zweifelsfällen eine provisorische Eingliederung nicht vermeiden, ist der Patient zu informieren, dass die Krone noch nicht endgültig befestigt ist und nicht voll belastet werden darf. Die provisorische Tragezeit sollte eine Woche nicht überschreiten.

Das Ausgliedern der Restauration mit Entnahmehilfen muss sorgfältig geschehen – z. B. mit Gripit Aufbisskissen (Hager&Werken); die Kaukissen entfalten nach Erwärmung eine gute Klebekraft und verteilen die Abzugskraft gleichmäßig über die Restauration. Besteht die Gefahr, dass die antagonistische Restauration gelöst wird, sollte diese isoliert werden; der Behandler kann die provisorisch befestigte Restauration am Kaukissen abziehen. Bei sorgfältiger Anwendung geeignet sind auch Almore Crown Remover (American Dental) oder Corona-Flex (KaVo). Es dürfen jedoch keine Spannungen im Keramikgefüge oder Frakturen im Randbereich ausgelöst werden. Die diamantierte Pinzette ist kontraindiziert, weil sie die Keramikverblendung verletzt.

Nach dem Ausgliedern sind Kronenstumpf oder Kavitätenwände mit Polierpaste oder Bimssteinbrei zu reinigen; die Innenflächen der Oxidkeramik-Restauration ist mechanisch und mit Alkohol zu reinigen, ggf. mit Airflow (EMS) oder Korund (3M Espe) mit geringem Druck abzustrahlen.“

Die Restauration wird in situ gebracht und mit langsam zunehmendem Druck in die Endposition gedrückt und dort gehalten. Flüssige Composite-Überschüsse werden mit Schaumstoffpellets und Zahnseide entfernt. Zur anschließenden Polymerisation wird ein Sauerstoff-Schutzgel (Airblock) aufgetragen. Bei dual aushärtenden Klebern wird zusätzlich die Lichtpolymerisation durchgeführt. Nach vollständiger Aushärtung werden alle Überschüsse entfernt, die Restaurationsränder ausgearbeitet und, wenn möglich, poliert. Außerdem wird die statische und dynamische Okklusion kontrol-

liert. Abschließend sind alle Keramikflächen sorgfältig zu polieren (OpraFine, EVE). Die Befestigung einer Adhäsivbrücke nach klassischem Adhäsiv-Protokoll erfordert den Kofferdam-Einsatz. Die Schmelzoberfläche wird mit fluoridfreiem Bimssteinmehl oder Prophylaxe-Pulverstrahlgerät gereinigt. Mit 37%iger Phosphorsäure in Gel-form wird der Schmelz mindestens 30 Sekunden angeätzt. Nachbarzähne sollten mit Kunststoffstrips geschützt werden. Die Säure wird mit Wasser abgesprayed, die Zähne mit Luft getrocknet. Freiliegendes Dentin wird mit Dentinadhäsiv geschützt. Nach der Keramikconditionierung (Abstrahlen, evtl. Silikatisieren und Silanisieren) wird vorzugsweise ein zahnfarbiger dual- oder autopolymerisierender Kleber verwendet.

Falls das Klebersystem optional ein Bonding enthält, wird es nach Herstellerangabe dünn auf die konditionierte Keramik- und auf die Zahnoberfläche gegeben und verblasen, danach erfolgt das Auftragen des Klebers auf die Gerüstinnenseite. Die Restauration wird mit Fingerdruck in situ gebracht und dort bis zum Aushärten gehalten. Das anschließende Procedere erfolgt wie oben beschrieben.

## Information



Viele Hinweise zum Befestigen von Vollkeramiken wurden dem Buch entnommen: „Vollkeramik auf einen Blick“ von Kunzelmann, Kern, Pospiech, Mehl, Frankenberger, Reiss, Wiedhahn, 2. deutsche Auflage, ISBN 3-00-017195-9, Eigenverlag der AG Keramik.