

ZrO<sub>2</sub>-Brücke (Lava), seit 6 Jahren in situ.

(Foto: PD Dr. Groten, Universität Tübingen)

## Das 1x1 der Zirkonoxid-Behandlung

► Manfred Kern, Hans-Georg Bauer, Hartmut Kimmich

**Indizes: Vollkeramik, Zirkoniumdioxid, Verblendung, Verblendfrakturen, Heilbrand, Abstrahlen, Checkliste Handlungsempfehlungen**

Zirkoniumdioxidkeramik (ZrO<sub>2</sub>) wurde der Werkstoff der Wahl für mehrgliedrige Front- und Seitenzahn-Rekonstruktionen. Über 350.000 Restaurationen wurden nach Erhebungen der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik) in 2009 in Deutschland aus ZrO<sub>2</sub> hergestellt und eingegliedert. Der Markt wächst und ZrO<sub>2</sub> hat das Potenzial, den Prothetikmarkt für festsitzenden Zahnersatz zu dominieren. Der folgende Beitrag zeigt den aktuellen wissenschaftlichen Stand und gibt konkrete Bearbeitungstipps sowie Handlungsempfehlungen hinsichtlich kontrovers diskutierter Arbeitsschritte, wie Abstrahlen und „Heilbrand“.

Zur klinischen Bewährung von ZrO<sub>2</sub>-Brücken teilte Prof. Joachim Tinschert vom Klinikum der RWTH Aachen mit, dass sich ZrO<sub>2</sub> für Brückengerüste im Front- und Seitenzahnbereich qualifiziert hat. Nach einer fiktiv angenommenen Belastungsdauer von 10 Jahren konnten für die ZrO<sub>2</sub>-Proben sehr günstige Dauerfestigkeiten mit Ausfallwahrscheinlichkeiten deutlich unter 1 Prozent nachgewiesen werden [Tinschert 2007]. Dies erklärt auch, warum in nachfolgenden zyklischen Belastungsversuchen (Kausimulator), die mit dreigliedrigen Zirkonoxidbrücken durchgeführt wurden, selbst bei einer mittleren maximalen Kaubelastung von 500 N (entspricht 50 kg/mm<sup>2</sup>)

über einen extrapolierten Zeitraum von mehreren Jahrzehnten sich das Frakturrisiko für die Brücken kaum erhöht [Tinschert 2006].

Klinisch wurden 65 drei- und viergliedrige ZrO<sub>2</sub>-Brücken über 7,5 Jahre beobachtet (mittlere Beobachtungszeit 5 Jahre). Es wurden keine absoluten Misserfolge, das heißt keine Gerüstfrakturen festgestellt. Langzeituntersuchungen mit viergliedrigen ZrO<sub>2</sub>-Brückengerüsten (Lava, 3M Espe) an den Universitäten Frankfurt/M., München und Tübingen zeigten ebenfalls keine Gerüstfrakturen [Lauer 2006, Pospiech 2006, Groten 2007]. In Anbetracht der li-

teraturbelegten Erfahrung, dass VMK-Brücken nach 5, 10 und 15 Jahren Tragezeit Überlebensraten von 96, 87 und 85 Prozent aufweisen [Walton 2002] – also pro Jahr mit einer Verlustquote von etwa 1 Prozent zu rechnen ist – erweist sich  $ZrO_2$  für Brückengerüste im Front- und Seitenzahnbereich als eindeutig geeignet. Auch Freibrücken konnten sich in separaten Studien bislang ohne Frakturen bewähren [Jenatschke 2003, Groten 2008]. Qualitätsaufzeichnungen in Zahntechniklabors ergaben eine äußerst kurze Mängelliste für  $ZrO_2$  mit Gerüstfrakturnraten weit unter 1 Prozent im Beobachtungszeitraum von 4 bis 5 Jahren. Ein Fräs Zentrum mit einer Fertigungskapazität von über 1.000  $ZrO_2$ -Gerüsten pro Arbeitstag berichtete, dass der Anteil der Gerüstfrakturen bei eingegliederten Brücken innerhalb eines mehrjährigen Zeitraums im Promillebereich liegt.

### Schwachstelle Verblendung?

Ganz ungetrüb ist die klinische Erfahrung mit  $ZrO_2$  jedoch nicht. Prof. Matthias Kern, (Universität Kiel) wies auf dem 9. Keramiksymposium auf das Risiko der Verblendfrakturen (Chippings) hin (Abb. 1). So wurden in einigen Studien Chippings beobachtet, deren Misserfolgsrate einen Anteil bis zu 25 Prozent erreichte [Sailer 2007, Wolfart 2009]. Die Abplatzungen traten oft innerhalb der ersten drei Jahre auf [Tinschert 2005]. Dafür verantwortlich ist, dass anfänglich die  $ZrO_2$ -Gerüste im Vertrauen auf die hohe Bruchbiegefestigkeit sehr grazil mit dünnen Wandstärken ausgeschliffen und dicke Verblendschichten aufgetragen wurden, die unter Kaudruck Opfer von Zugspannungen wurden (Abb. 2). Ferner waren die WAK-Werte zwischen Gerüst- und Verblendwerkstoff nicht immer optimal abgeglichen. Kern empfahl, die Wandstärke der  $ZrO_2$ -Gerüste nicht unter 0,8 mm einzustellen und die Gerüstform anatoforn (der anatomischen Form folgend) zu gestalten, so dass die Verblendung von den Höckern unterstützt wird (Abb. 3). Die hohe Kaubelastung ist aber auch für konventionelle Werkstoffe eine Herausforderung; so ergab eine Meta-Analyse von Studien mit 4118 metallkeramischen Brücken, dass nach 15 Jahren 20 Prozent Misserfolge eingetreten waren [Creugers 1994]. Deshalb betonen Kliniker, dass in Langzeitstudien mit  $ZrO_2$ -Restaurationen nur jene Zwischenfälle aufgetreten sind, die wir auch von der Metallkeramik in ähnlicher, prozentualer Größenordnung kennen: Postoperativer Vitalitätsverlust und Abplatzungen der Verblendkeramik [Pospiech 2005].

**Tipp:** Um Frakturrisiken für die Verblendung auf  $ZrO_2$ -Gerüsten zu vermeiden, sollten nach Auffassung der AG Keramik folgende Grundsätze Beachtung finden: Die Kronenkappe oder das Brückengerüst sollte den verfügbaren Raum für ausreichende Wandstärken

nutzen – zusammen mit der Höckerunterstützung. Das größte Volumen sollte das Gerüstmaterial beanspruchen. Hier macht es keinen Sinn, mit dünnen Gerüsten Material zu sparen. Die unter dem Gesichtspunkt der Festigkeit schwächere Verblendkeramik sollte eine Schichtstärke von 1,5 mm nicht übersteigen; sie sollte nur dort verwendet werden, wo deren ästhetische Vorteile nötig sind. Auf starke Einziehungen zwischen Brückengliedern sollte verzichtet werden, wann immer das möglich ist.

**Misserfolgsraten von vollkeramischen Brücken**  
In-Ceram Zirconia, Zirkonoxidkeramiken und e.max Press  
Einfluss der Brückenlokalisierung

Erstautor	N	Keramik	Zeit (Monate)	Misserfolgsrate in %		
				Ant	Pm	M
Pospiech 2004	35	Lava	36	-	-	0*
Suárez 2004	10	In-Ceram Zr	36	0*	-	5,5
Rajirodski 2006	20	Lava	31	-	0*	0*
Sailer 2007*	33	DCM	53	-	-	26,1**
Molin 2008**	19	Denzir	60	0	0	0
Tinschert 2008**	65	DCS	37	0*	-	0*
Wolfart 2008	24	Cercon	45	-	-	4*
Wolfart 2008	37	Cercon Ext-Br	46	-	-	8,1**
Beuer 2009	21	Cercon	40	-	-	9,5
Eschbach 2009	60	In-Ceram Zr	60	-	-	3,2*
Wolfart 2009**	36	e.max Press	86	0*	-	6,7*

\* adhäsive Befestigung, \*\* konventionelle Befestigung  
\* bis zu 25% zusätzliche Verblendungsfrakturen, \*\* 2,2-4,8% Gerüstfrakturen

Abb. 1:  $ZrO_2$ -Gerüste blieben weitgehend frakturfrei; Chippings stören den klinischen Erfolg. (Foto: Prof. Matthias Kern, Universität Kiel)

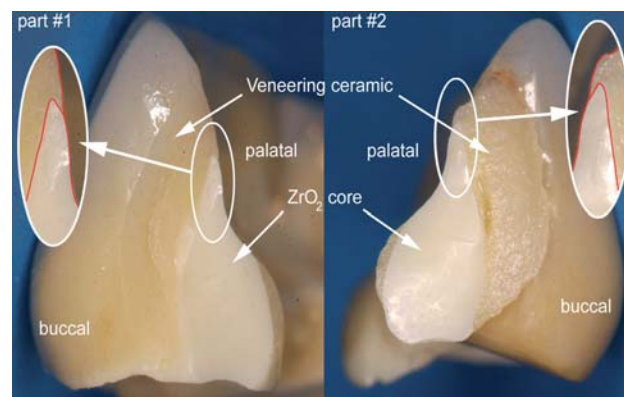


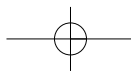
Abb. 2: Fraktur einer verblendeten  $ZrO_2$ -Brücke: Das Gerüst wurde palatinal eingeschliffen (spitz zulaufende Tropfenform) und bot der Verblendung keine ausreichende Unterstützung. Die überdimensionierte Verblendschicht geriet unter Zugspannung.

(Foto: Dr.-Ing. Ulrich Lohbauer, Universität Erlangen)



Abb. 3: Das höckerunterstützende Gerüst folgt der anatomisch reduzierten Form und stabilisiert die Verblendkeramik.

(Foto: Prof. Joachim Tinschert, RWTH-Klinikum Aachen)



### „Heilbrand“ – ja oder nein?

Nun ist es so, dass im Laboralltag das  $ZrO_2$ -Gerüst beim Aufpassen auf das Modell oftmals subtraktiv nachbearbeitet wird, besonders an den Rändern. Die durch das Schleifen mit Diamantinstrumenten mikrofeinen „Zerstörungen“ auf der Gerüstoberfläche beziehungsweise deren Folgeschäden in der Keramikstruktur sollen durch Temperung rehabilitiert werden. Damit sind wir beim Regenerationsbrand – oder auch „Heilbrand“ genannt – angelangt, der in der Fachwelt noch kontrovers diskutiert wird.

Der Grund für das thermische Regenerieren nach der Korrekturbearbeitung liegt darin, dass durch das mechanische Bearbeiten der Gerüstoberfläche der Oxidkeramik Energie zugeführt wird. Dies kann einerseits zu Verzerrungen des  $ZrO_2$ -Kristallgitters, aber auch zu einer Phasentransformation (Umwandlung des tetragonalen Gitters in monoklin) führen. Was bei der lokalen, tetragonalen „Rissheilung“ durchaus erwünscht ist, kann sich bei größeren Flächen fatal auswirken (Abb. 4). Zum einen kommt es zu einer diskontinuierlichen Veränderung des Volumens, zum anderen haben die beiden Phasen unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK). Beides kann nachteilige Folgen für die Verblendung haben. Deshalb ist das Beschleifen unbedingt auf kleine Flächen zu beschränken und mit großer Sorgfalt durchzuführen (Laborturbine, hohe Drehzahl, Wasserkühlung, Feinkorndiamant, geringer Anpressdruck, kurzzeitige Bearbeitung). Stark belastete Teile der Restauration, zum Beispiel Konnektoren, sollten keinesfalls nachträglich bearbeitet werden.

Da  $ZrO_2$  aufgrund der unterschiedlichen, industriellen Herstellmethoden nicht gleich  $ZrO_2$  ist, erlaubt ein Teil der Keramikhersteller den optionalen Regenerationsbrand (Straumann/Etkon, Ivoclar Vivadent, KaVo, Sirona, VITA). So empfiehlt Straumann/Etkon einen Brand auf  $750^\circ C$  zur thermischen Entspan-

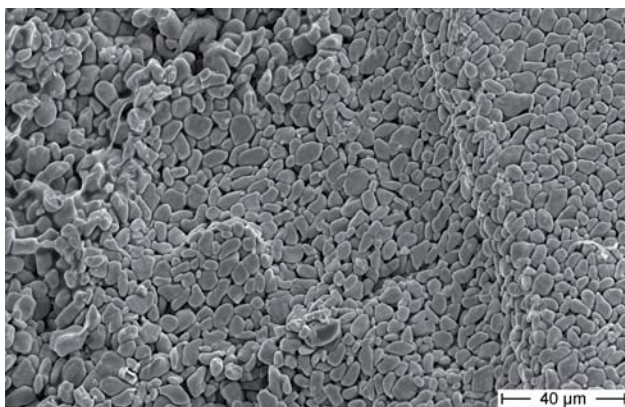


Abb. 4: Schäden im  $ZrO_2$ -Kristallgitter durch Energie-Eintrag, ausgelöst durch unsachgemäßes Beschleifen des Gerüsts.

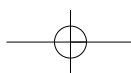
(Foto: Dr.-Ing. Ullrich Lohbauer, Universität Erlangen)

nung. KaVo, Sirona und VITA empfehlen folgendes Vorgehen: VT  $500^\circ C$ , Aufheizrate  $100^\circ C/min$ , Brand  $1.000^\circ C$  ohne Vakuum, Brenndauer 15 min, keine Langzeitabkühlung. Ivoclar-Vivadent: Brand  $1.050^\circ C$ , 15 min Dauer, Langzeitabkühlung  $1.000^\circ C$ , 15 min Haltezeit. Die Temperung ist laut Herstellerempfehlung dann angezeigt, wenn eine großflächige Bearbeitung des Gerüsts stattgefunden hat, zum Beispiel nach dem Abtrag von Höckern oder nach Reduzierung der Wandstärke. Wichtig zu wissen ist, dass entstandene Mikrorisse, auch durch Abstrahlen unter hohem Druck, durch die Temperung nicht regeneriert werden können. Andere Keramikhersteller sehen keine Erfordernis für das thermische Regenerieren (3M Espe, Heraeus Kulzer, Nobel Biocare, Wieland). Hier gilt das Credo, dass der „Heilbrand“ keine Mikrorisse oder Sprünge in der Gerüststruktur verschließt – was sich oftmals Zahntechniker von der Temperung erhoffen. Damit soll der Verführung zu großflächigen Gerüstkorrekturen mit anschließender Regeneration Einhalt geboten werden, weil bei unsachgemäßem Beschleifen Strukturschäden im Kristallgitter zurückbleiben können. Demzufolge lohnt es sich also, den Verarbeitungshinweisen der Hersteller (Gerüstkeramik sowie Verblendkeramik) Beachtung zu schenken.

### ...und wie steht's mit dem Abstrahlen?

Das Abstrahlen als Maßnahme zur Reinigung der äußeren, zu verblendenden Gerüstflächen wird von den Keramikherstellern fast ausnahmslos abgelehnt; damit soll durch mechanische Beanspruchung keine neue Energie in das  $ZrO_2$ -Kristallgitter mit dem Risiko der WAK-Verschiebung hineingetragen werden. Für das Gerüstreinigen ist das Abdampfen bestens geeignet und ausreichend. Anders verhält es sich bei den nicht verblendeten Innenflächen der Krone, die aufgrund der glatten Oberfläche keine Mikroretention aufweist. Anätzen mit Flusssäure scheidet aus, weil  $ZrO_2$  keine Glasphase enthält; somit bleibt HF-Ätzen ohne Wirkung.

Um ein Retentionsmuster für die definitive Befestigung zu schaffen, empfehlen die meisten Keramikhersteller (3M Espe, Straumann/Etkon, Ivoclar Vivadent, Sirona, VITA, Wieland) das Abstrahlen mit einem feinkörnigen Strahlmittel ( $Al_2O_3$ , 30 bis 100  $\mu m$ -Korn, 1,0 bis 2,5 bar, 10 bis 15 sec Dauer). Da auch hier die Gefahr einer mechanischen Überbeanspruchung mit Schädigung des  $ZrO_2$ -Kristallgitters nicht ausgeschlossen werden kann, raten andere Unternehmen vorsorglich vom Abstrahlen ab (Heraeus, KaVo, Nobel Biocare) und empfehlen stattdessen eine adhäsive Befestigung (Monomer-Phosphat) für den innigen Kontakt zum Restzahn. Lediglich bei klinisch kurzen Kronen mit geringer Retentionsfläche ist ein kurzzeitiges, schonendes Abstrahlen mit





reduziertem Strahldruck möglich. Um die Wirkung des Abstrahlens optisch kontrollieren zu können, eignet sich der Auftrag einer Deckfarbe (Eding-Stift); beim Abstrahlen erodiert die Farbe und zeigt progressiv die behandelte Fläche.

### Wie Verblendfrakturen vermeiden?

Beim partiellen Abplatzen von Verblendkeramik auf ZrO<sub>2</sub>-Gerüsten handelt es sich um die Abschilferung der Keramik. Als Ursache für Chippings gelten Misserfolg-anfällige Vorgehensweisen in Praxis und Labor – so zum Beispiel:

#### Unbedingt vermeiden:

- Unterschiedliches Wärmeausdehnungsverhalten (WAK) zwischen Gerüst- und Verblendkeramik (Werkstoffauswahl), besonders bei Verwendung von Gerüst- und Verblendmaterial verschiedener Hersteller (Empfehlung: „Im System bleiben“)
- Zu dünne Wandstärke der Kronenkappe zusammen mit zu dicken Verblendschichten (mehr als 1,5 mm Schichtstärke ist abzulehnen)
- Die Gestaltung der Kronenkappe folgt nicht der reduzierten, anatomischen Form mit Höckerunterstützung – Empfehlung: Gerüstdesign anatoforn, Verblendschicht reduzieren
- Zu steil gewinkelte Koronarflächen der Kronenkappe, dadurch geringe Abstützung der Verblendung
- Extensives Beschleifen des dichtgesinterter Gerüsts (Modellaufpassung) und des Innenlumens ohne Wasserkühlung – besonders mit grobkörnigen Diamantschleifern – oder mit ungeeigneten Trockenschleifkörpern
- Zugspannung in der Verblendschicht durch wechselnde, uneinheitliche Schichtstärken
- Keramikschulter am Kronenrand ohne Gerüstunterstützung
- Zu schneller Temperaturanstieg beim Hochheizen zum Verblendungsbrand bzw. zu kurze Aufheizzeit, besonders bei dickwandigen, anatofornen Gerüsten
- Zu kurze Abkühlphase nach dem Sinterbrand der Verblendkeramik
- Intraorales Einschleifen der Verblendung ohne Wasserkühlung, evtl. mit grobkörnigen Diamantschleifern, anschließend keine Oberflächenpolitur oder keine Wiederholung des Glanzbrands.

## DIE BASIS FÜR IHR LABOR



Dampfstrahler  
Wasi-Steam Classic



Poliermotor WSM-2



Gipstrimmer HSS-88

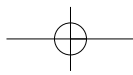


**WASSERMANN**  
DENTAL-MASCHINEN

● Die Basis für Ihr Labor

### Wir beraten Sie gern

Wassermann Dental-Maschinen GmbH · Hamburg  
Tel.: +49 (0)40 730 926-0 · Fax: +49 (0)40 730 37 24  
info@wassermann-dental.com · www.wassermann-dental.com



### Checkliste ZrO<sub>2</sub>-Verarbeitungsempfehlungen:

Die in der AG Keramik vertretenen Keramikhersteller haben folgende Empfehlungen für die Verwendung von ZrO<sub>2</sub> für Kronen und Brücken und zur Vermeidung von Verblendfrakturen erarbeitet:

- ☑ Als Design der Präparationsgrenze wird die ausgeprägte Hohlkehle zur Abstützung des Kronenrandes empfohlen. Eine Tangentialpräparation, die Zugspannungen auslöst, ist kontraindiziert.
- ☑ Das Gerüstdesign soll der anatomisch reduzierten Form der Krone folgen (verkleinerte anatomische Zahnform, evtl. Zurückschleifen mit Cutback-Technik) und hierbei die Höckerform unterstützen.
- ☑ Gerüste für Frontzahnkronen sollen eine Minimal-Wandstärke von 0,3 bis 0,7 mm aufweisen.
- ☑ Seitenzahnkronen erfordern Wandstärken von mindestens 0,5 bis 0,8 mm.
- ☑ Verbinderstellen im Frontzahn brauchen als Querschnittsfläche 7 bis 9 mm<sup>2</sup>, bei mehrgliedrigen Brücken 7 bis 12 mm<sup>2</sup>, abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder.
- ☑ Verbinderstellen im Seitenzahn benötigen 8 bis 12 mm<sup>2</sup>, bei mehrgliedrigen Brücken 9 bis 12 mm<sup>2</sup>, abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder. Besonders Zwischenglieder und Freianglieder erfordern 12 mm<sup>2</sup>.
- ☑ Nachträgliches Einfärben der Gerüste mit Infiltrationslösung (dentinfarbig) und anschließende Trocknung und Sinterung; bessere Ergebnisse in der Farbhomogenität und Konsistenz bieten industriell voreingefärbte Blanks.
- ☑ Die Nachbearbeitung der Gerüstoberfläche im dicht gesinterten Zustand muss möglichst vermieden oder zumindest so schonend wie möglich und kleinflächig durchgeführt werden. Zur Nachbearbeitung wird die Laborturbine mit Wasserkühlung empfohlen. Diamantkorngröße <30 µm und geringer Anpressdruck. Die Verwendung von zu groben Schleifkörpern (>100 µm) wirkt sich negativ auf die Festigkeit aus. Bei der trockenen Bearbeitung muss ausdrücklich auf die Verarbeitungshinweise der Materialhersteller geachtet werden. Nicht alle Schleifkörper sind zum Trockenschleifen geeignet.
- ☑ Für eine eventuell geplante Wärmebehandlung des manuell nachbearbeiteten Gerüsts („Regenerationsbrand“) ist unbedingt die Empfehlung des jeweiligen ZrO<sub>2</sub>-Herstellers zu beachten.
- ☑ Die Reinigung der Gerüstoberfläche durch Abdampfen ist möglich, ebenso der Kronen-Innenflächen.
- ☑ Für ein Abstrahlen des Kronenlumens (Klebefläche) mit Korund (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) muss die Verarbeitungsvorschrift des jeweiligen ZrO<sub>2</sub>-Herstellers beachtet werden. Generell wird als Korngröße 30 bis 100 µm genannt. Strahldauer kurz, höchstens 10 bis 15 Sek. Empfehlung: 30 bis 100 µm-Korn, 1,0 bis 2,5 bar. Vorsicht im Randbereich; Außenflächen werden nicht abgestrahlt.
- ☑ Auch bei adhäsiver Befestigung kann das Abstrahlen der Kroneninnenflächen sinnvoll sein (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Korn 30 bis 100 µm, 1,0 bis 2,5 bar, kurze Strahldauer). Bitte Herstellerempfehlung beachten.
- ☑ Die Kalibrierung des Hochtemperatur-Sinterofens muss in festen Intervallen vorgenommen werden, um exakte Brenntemperaturen auf Dauer zu gewährleisten.
- ☑ Die Konditionierung der ZrO<sub>2</sub>-Oberfläche durch Liner und Opaquermassen ist möglich, sofern der ZrO<sub>2</sub>-Hersteller dies ausdrücklich erwähnt.
- ☑ Die Gerüstsinterung (Aufheizphase, Brennführung, Haltezeiten, Abkühlphase) hat nach Vorgaben des jeweiligen Herstellers (ZrO<sub>2</sub>, Sinterofen) zu erfolgen.
- ☑ Grundsätzlich sollten intraoral keine umfangreichen Einschleifarbeiten durchgeführt werden.
- ☑ Intraorales Einschleifen erfolgt mit Feinkorndiamant unter Wasserkühlung.
- ☑ Wenn die Restauration probeweise eingesetzt wurde und Einschleifarbeiten erforderlich waren, ist eine sorgfältige Politur erforderlich, idealerweise auch die Erneuerung des Glanzbrands.

Um spätere Frakturen der Verblendschicht auf ZrO<sub>2</sub>-Gerüsten zu vermeiden, empfehlen die Keramikhersteller als zusätzliche Maßnahmen:

- ☑ Beim Verblenden die Zurücknahme der Temperatur-Steigrate im Brennofen, besonders bei großen und dickwandigen Objekten. Ein schnelles Aufheizen und Abkühlen ist zu vermeiden (bitte Herstellervorschrift beachten).
- ☑ „Entspannungskühlen“ nach dem letzten Sinterbrand zum Abbau von Spannungen am Interface Gerüstkeramik/Verblendung.
- ☑ Polieren der Verblendung nach dem intraoralen Einschleifen, besser noch eine Wiederholung des Glanzbrandes.

#### MANFRED KERN

Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V., Postfach 10 01 17, 76255 Ettlingen  
E-Mail: info@ag-keramik.de; www.ag-keramik.eu

