

Keramik mit Langzeitgedächtnis?

Praxistipps für die Zirkoniumdioxid-Behandlung

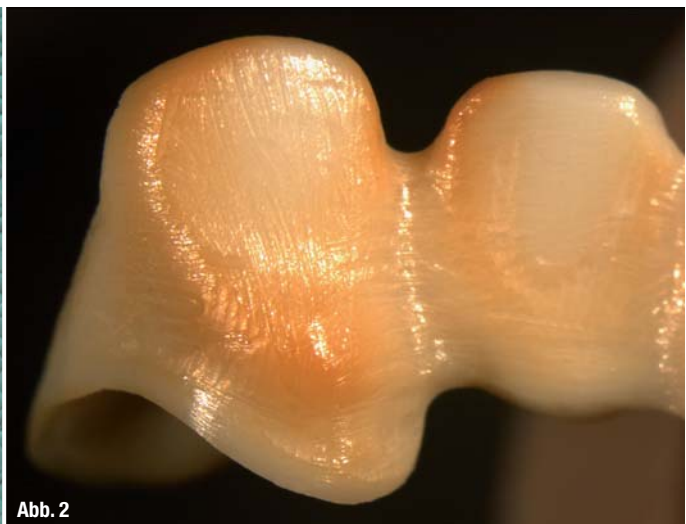
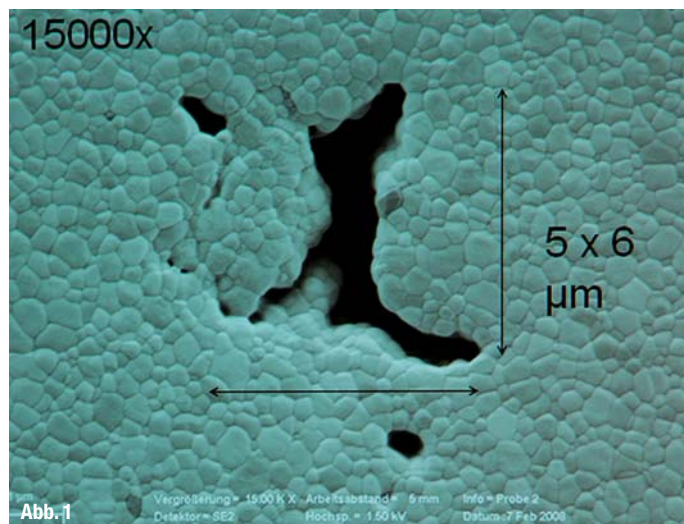
Autoren_Hans-Georg Bauer, Stephan Domschke, Markus Ewertz, Manfred Kern

Zirkoniumdioxidkeramik (ZrO₂) wurde der Werkstoff der Wahl für mehrgliedrige Frontzahnrekonstruktionen und für den kaulasttragenden Seitenzahnbereich. Das weiße Gerüst liegt farblich viel näher am Schmelz und Dentin, kann individuell koloriert und dünn verblendet werden. Damit bietet ZrO₂ nicht die Stolpersteine der VMK-Technik wie Lichtblockade, subgingivale Kronenränder, oxidische Randverfärbung und Mukosa-Sensibilisierung. Die Gerüstkeramik erfüllt alle Voraussetzungen, die eine verbesserte Ästhetik in der Prothetikermöglichkeit und zudem biologisch herausragende Eigenschaften bietet. Über 450.000 Restaurationen aus ZrO₂ wurden nach Erhebungen der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik) im vergangenen Jahr in Deutschland hergestellt und eingegliedert. Der Markt wächst und ZrO₂ hat das Potenzial, den Prothetikmarkt für fest-sitzenden Zahnersatz zu dominieren.

ZrO₂ hat ein Langzeitgedächtnis

Frau Priv.-Doz. Dr. Susanne Scherrer, Universität Genf, wies auf dem 10. Keramiksposium darauf hin, dass ZrO₂ kein generischer Werkstoff ist, sondern sehr unterschiedliche Fraktionen am Markt angeboten werden. Deshalb sind die Bearbeitungsvorschriften der Hersteller zu beachten. Die Referentin warnte vor „Billig-Blanks“ aus nicht autorisierten oder unbekanntenen Quellen, die teilweise keine normgerechten Eigenschaften haben und keine klinische Erprobung nachweisen können. So können Fehler bei der Pressung zu Spätfrakturen zu einem Zeitpunkt führen, wenn die Restauration schon im Patientenmund inkorporiert ist (Abb. 1). Auch bei der zahntechnischen Bearbeitung muss extensives Beschleifen zur Formkorrektur vermieden werden, weil dies zur Werkstoffermüdung führt (Abb. 2). Das in der Fachwelt diskutierte Chipping-Problem lässt

Abb. 1 Fehlerhaft gepresstes ZrO₂, REM 15.000-fach vergrößert. Die Dauerbiegebruchfestigkeit ist erheblich eingeschränkt. Foto: Scherrer
Abb. 2 Grobkörniges Nachschleifen von ZrO₂ senkt die Dauerbiegebruchfestigkeit bis zu 30 Prozent. Foto: Scherrer



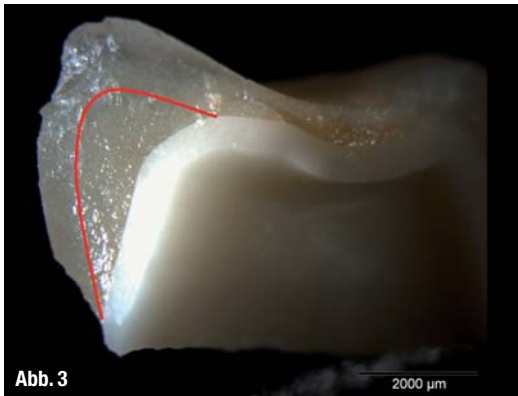


Abb. 3

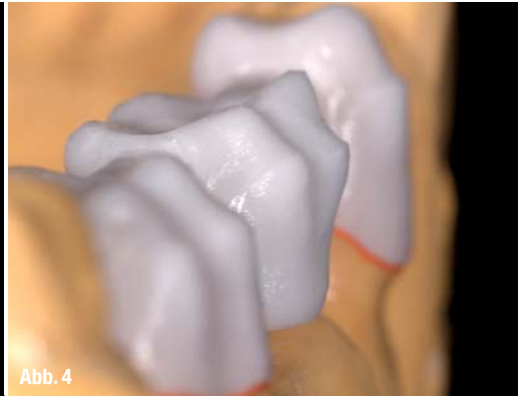


Abb. 4

Abb. 3_ Gerüste müssen höckerunterstützend geformt sein, um die Verblendung zu stabilisieren.

Foto: Scherrer

Abb. 4_ Anatoform gestaltete Höcker unterbinden Verblendfrakturen.

Foto: Tinschert

sich laut Dr. Scherrer beherrschen, wenn die Gerüste höckerunterstützend geformt (Abb. 3, 4) und stark wechselnde, Zugspannung verursachende Verblendschichtdicken vermieden werden. Da Gerüst- und Verblendkeramik schlechte Wärmeleiter sind, sollte beim Sintern der Verblendschicht eine Verlängerung der Abkühlphase genutzt werden; dadurch werden Spannungen am Interface ZrO_2 und Verblendung abgebaut.

ZrO₂ klinisch bewährt

Zur klinischen Bewährung von ZrO_2 -Brücken testierte Prof. Joachim Tinschert, RWTH-Klinikum Aachen, dass sich ZrO_2 für Brückengerüste im Front- und Seitenzahnbereich ausreichend qualifiziert hat. Nach einer fiktiv angenommenen Belastungsdauer von zehn Jahren konnten für die ZrO_2 -Proben sehr günstige Dauerfestigkeiten mit Ausfallwahrscheinlichkeiten deutlich unter 1 Prozent nachgewiesen werden [Tinschert 2007]. Dies erklärt auch, warum in nachfolgenden, zyklischen Belastungsversuchen (Kausimulation), die mit dreigliedrigen ZrO_2 -Brücken durchgeführt wurden, selbst bei einer mittleren maximalen Kaubelastung von 500 Newton (entspricht 50 kg/mm^2) über einen extrapolierten Zeitraum von mehreren Jahrzehnten sich das Frakturrisiko für die Brücken kaum erhöht [Tinschert 2006]. Klinisch wurden 65 drei- und viergliedrige ZrO_2 -Brücken über 7,5 Jahre beobachtet (mittlere Beobachtungszeit fünf Jahre). Es wurden keine absoluten Misserfolge, d.h. keine Gerüstfrakturen festgestellt. Langzeituntersuchungen mit viergliedrigen ZrO_2 -Brückengerüsten an den Universitäten Frankfurt am Main, München und Tübingen zeigten ebenfalls keine Gerüstfrakturen [Lauer 2006, Pospiech 2006, Groten 2007]. Anbetrachts der literaturbelegten 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 einem Prozent zu rechnen ist – erweist sich ZrO_2 für Brückengerüste im Front- und Seitenzahnbereich als eindeutig geeignet. Auch Freiendbrücken 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 einem Prozent im Beobachtungszeitraum von vier bis fünf Jahren. Ein Fräszentrum mit einer Produktivität von über 500 ZrO_2 -Gerüsten pro Arbeitstag (!) berichtete, dass der Anteil der Gerüstfrakturen bei eingegliederten Brücken innerhalb eines mehrjährigen Zeitraums im Promillebereich liegt.

Schwachstelle Verblendung?

Ganz ungetrübt ist die klinische Erfahrung mit ZrO_2 jedoch nicht. Prof. Matthias Kern, Universität Kiel, wies auf das Risiko der Verblendfrakturen (Chippings) hin. 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 Biegebruchfestigkeit sehr grazil mit dünnen Wandstärken und fehlender Höckerunterstützung ausgeschliffen und dicke Verblendschichten aufgetragen wurden, die unter Kaudruck Opfer von Zugspannungen wurden. Ferner waren die Wärmeausdehnungskoeffizient-Werte (WAK) zwischen Gerüst- und Verblendwerkstoff nicht immer optimal abgeglichen. Prof. Kern empfahl, die Wandstärke der ZrO_2 -Gerüste nicht unter 0,8 mm einzustellen und die Gerüstform anatoform (der anatomischen Form folgend) zu gestalten, sodass die Verblendung von den Höckern unterstützt wird. Die hohe Kaubelastung im Molarenbereich ist aber auch für konventionelle Werkstoffe eine Herausforderung; so ergab eine Meta-Analyse von Studien mit 4.118 metallkeramischen Brücken, dass nach 15 Jahren 20 Prozent Misserfolge eingetreten waren [Creugers 1994]. Deshalb betonen Kliniker, dass in Langzeitstudien mit ZrO_2 -Restorationen nur jene Zwischenfälle aufgetreten sind, die wir auch von der Metallkeramik in ähnlicher, prozentualer Größen-

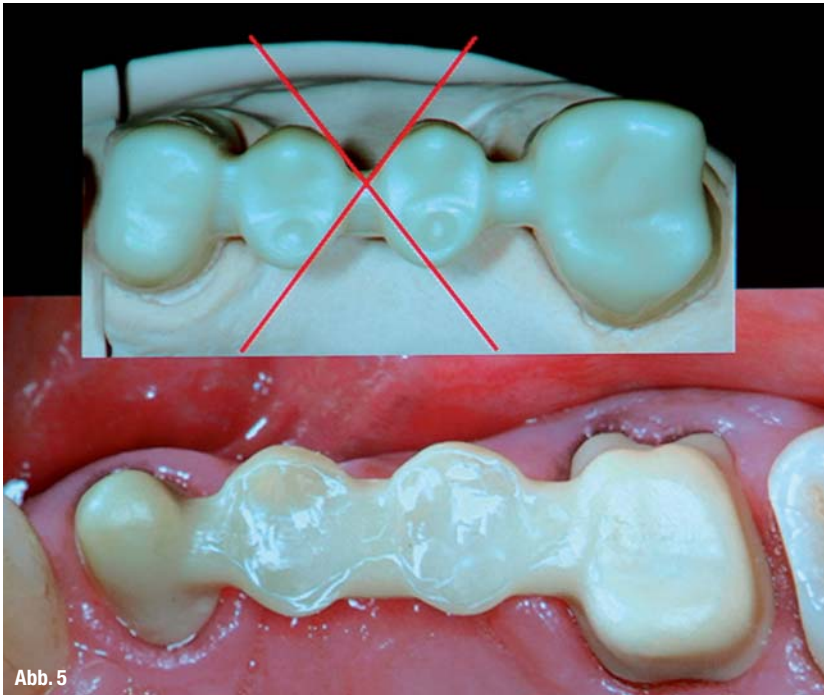


Abb. 5

Abb. 5_ Unterdimensionierte Konnektoren (oben) sind kontraindiziert. ZrO₂-Gerüste müssen anatomisch geformt sein. Foto: Scherrer

ordnung kennen: Postoperativer Vitalitätsverlust und Abplatzungen der Verblendkeramik [Pospiech 2006]. Um Frakturrisiken für die Verblendung auf ZrO₂-Gerüsten zu vermeiden, sollten nach Auffassung der Kliniker folgende Grundsätze Beachtung finden: Die Kronenkappe oder das Brückengerüst sollte den verfügbaren Raum für ausreichende Wandstärken und Konnektoren nutzen – zusammen mit der Höckerunterstützung (Abb. 5). 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 auch benötigt werden. Auf starke Einziehungen zwischen Brückengliedern sollte verzichtet werden, wann immer das möglich ist.

„Heilbrand“ – ja oder nein

Nun ist es so, dass im Laboralltag das ZrO₂-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 bzw. deren Folgeschäden in der Keramikstruktur sollen durch Temperung rehabilitiert werden. Damit sind wir beim Regenerationsbrand angelangt – oder auch „Heilbrand“ genannt –, 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 ei-

nerseits zu Verzerrungen des ZrO₂-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. Zum einen kommt es zu einer diskontinuierlichen Veränderung des Volumens, zum anderen haben die beiden Phasen unterschiedliche WAK-Werte. 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 [$< 2\text{ N}$], kurzzeitige Bearbeitung). Stark belastete Teile der Restauration, z.B. Konnektoren, sollten keinesfalls nachträglich bearbeitet werden.

Dieser Prozess ist zwar nach einer großflächigen Gerüstbearbeitung angezeigt, um Spannungen in der Kornstruktur abzubauen. Die zugefügten Mikrorisse durch grobkörnige Diamantschleifer und thermische Überhitzung bei fehlender Wasserkühlung können laut Dr. Scherrer jedoch nicht „geheilt“ werden, weil Risse nicht durch Verschmelzen eliminiert werden. Obwohl bei der thermischen Regeneration der „Airbag“-Effekt – d.h. die Partikelaußenung in der monoklinen Phase – einen evtl. Rissfortschritt „zuklemmt“ oder verhindert, können früh gesetzte Mikrorisse zu späteren Gerüstfrakturen führen.

Da ZrO₂ aufgrund der unterschiedlichen, industriellen Herstellmethoden nicht gleich ZrO₂ ist, erlaubt ein Teil der Keramikhersteller den optionalen Regenerationsbrand (Straumann/etkon, Ivoclar Vivadent, KaVo, Sirona, VITA). So empfiehlt Straumann folgendes Vorgehen: VT 500°C, Aufheizrate 100°C/min, Brand 1.000°C ohne Vakuum, Brenndauer 15 min, keine Langzeitabkühlung. Ivoclar Vivadent: Brand 1.050°C, 15 min Dauer, Langzeitabkühlung auf 750°C zur thermischen Entspannung. KaVo, Sirona, VITA: Brand 1.000°C, 15 min Haltezeit. Die Temperung ist laut Herstellerempfehlung dann angezeigt, wenn eine großflächige Bearbeitung des Gerüsts stattgefunden hat, z.B. 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, 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.

Das Sandstrahlen der Kroneninnenfläche zur Verbesserung der Haftung am Restzahn verbessert die adhäsive Zementierung. Dr. Scherrer empfiehlt 30–50 μm Al_2O_3 -Korn, 1 bar Druck, kurzzeitiges Strahlen. Groberes Korn und höherer Druck können die martensitische Phasenumwandlung im ZrO_2 mit der Folge einer Werkstoffermüdung auslösen. Auch die meisten Keramikhersteller (3M ESPE, Straumann/etkon, Ivoclar Vivadent, Sirona, VITA, WIELAND) empfehlen das Abstrahlen, um ein Retentionsmuster für die definitive Befestigung zu schaffen. Da aber auch hier, besonders bei höherem Strahlendruck, 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 Strahlendruck 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 (Abb. 6). Anätzen des Kronenlumens mit Flußsäure scheidet aus, weil ZrO_2 keine Glasphase enthält; somit bleibt HF-Ätzen ohne Retentionswirkung.

Wie Verblendfrakturen vermeiden?

Beim partiellen Abplatzen von Verblendkeramik auf ZrO_2 -Gerüsten handelt es sich um die Abschilferung der Keramik. Als Ursache für Chippings gelten misserfolganfällige Vorgehensweisen in Praxis und Labor – so z. B.:

– Unterschiedliches Wärmeausdehnungsverhalten (WAK) zwischen Gerüst- und Verblend-

keramik (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 anatoform, Verblendschicht reduzieren
- Zu steil gewinkelte Koronarflächen der Kronenkappe, dadurch geringe Abstützung der Verblendung
- Extensives Beschleifen des dichtgesinterten 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, anatoformen 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 in der AG Keramik vertretenen Keramikhersteller haben folgende Empfehlungen für die Verwendung von ZrO_2 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 Cut-back-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 0,7 mm.

- _ Verbinderstellen im Frontzahn brauchen als Querschnittsfläche 7 bis 9 mm², bei mehrgliedrigen Brücken 7 bis 12 mm², abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder.
- _ Verbinderstellen im Seitenzahn benötigen 8 bis 12 mm², bei mehrgliedrigen Brücken 9 bis 12 mm², abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder. Besonders Zwischenglieder und Freianglieder erfordern 12 mm².
- _ 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 ZrO₂-Herstellers zu beachten.
- _ Die Reinigung der Gerüstoberfläche durch Abdampfen ist möglich, ebenso der Kroneninnenflächen.
- _ Für ein Abstrahlen des Kronenlumens (Klebefläche) mit Korund (Al₂O₃) muss die Verarbeitungsvorschrift des jeweiligen ZrO₂-Herstellers beachtet werden. Generell wird als Korngröße 30–50 µm genannt, Strahldruck Korn 1,0–2,5 bar, Strahldauer kurz, höchstens 10–15 Sek. Vorsicht im Randbereich; Außenflächen werden nicht abgestrahlt.
- _ Auch bei adhäsiver Befestigung kann das Abstrahlen der Kroneninnenflächen sinnvoll sein (Al₂O₃-Korn 30–50 µm, 1,0–2,5 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 ZrO₂-Oberfläche durch Liner und Opaquermassen ist möglich, sofern der ZrO₂-Hersteller dies ausdrücklich erwähnt.



Abb. 6

Abb. 6 Die Klebefläche der Adhäsivbrücke wird eingefärbt zur Visualisierung der Abstrahlwirkung. Die Verblendung ist mit Silikon geschützt. Foto: Kern

- _ Die Gerüstsinterung (Aufheizphase, Brennführung, Haltezeiten, Abkühlphase) hat nach Vorgaben des jeweiligen Herstellers (ZrO₂, Sinterofen) zu erfolgen.
- _ Grundsätzlich sollten intraoral keine umfangreichen Einschleifarbeiten durchgeführt werden.
- _ Intraorales Einschleifen erfolgt nur 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 ZrO₂-Gerüsten zu vermeiden, empfehlen die Keramikhersteller als zusätzliche Maßnahmen:

- _ Beim Verblenden die Zurücknahme der Temperatur-Steigrade 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.

_Kontakt	cosmetic dentistry
<p>Manfred Kern Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V. E-Mail: info@ag-keramik.de www.ag-keramik.eu</p>	