

Keramik – Werkstoff mit Perspektiven?

# Licht ins Dunkel der Verblendfrakturen

| Manfred Kern

Die Anforderungen an prothetische Restorationswerkstoffe in der Zahnheilkunde sind weitgefächert. Um dem hohen Kaudruck zu widerstehen, sind gute mechanische Eigenschaften wie z.B. eine hohe Festigkeit und Risszähigkeit erforderlich. Da bei persönlichen Begegnungen nach dem Augenkontakt das Lächeln und damit die Zähne recht schnell in den Wahrnehmungsbereich kommen, stellt dies bei einer therapeutischen Rekonstruktion auch Ansprüche an Farbe und Ästhetik. Hinzu kommt, dass die Werkstoffe im Mund stabil, keine Sensibilisierungen auslösen und somit biologisch verträglich sein sollen.

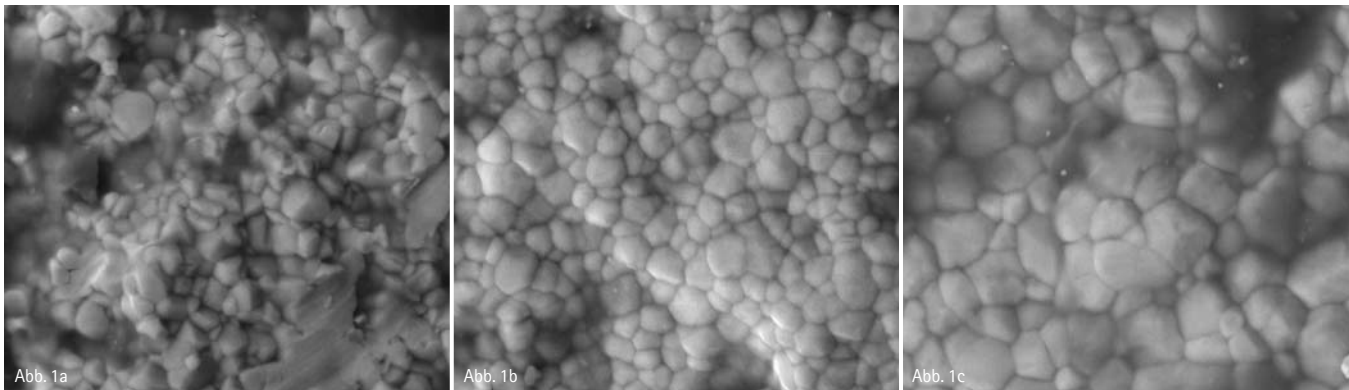


Abb. 1a–c: Unterschiedliche Rohstoffdotierungen und Pressverfahren beeinflussen die  $ZrO_2$ -Qualität in technischer und klinischer Hinsicht (Partikelstruktur 30.000-fach vergrößert).  
Quelle: Rosentritt

Bei der Auswahl des Materials sind die anatomische Situation und die Platzverhältnisse im Gebiss des Patienten zu berücksichtigen, ebenso funktionelle Eigenheiten des Kauorgans, die Ausdehnung der geplanten Versorgung sowie das individuelle, habituelle Hygieneverhalten.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Martin Rosentritt, Werkstoff-Wissenschaftler an der Universität Regensburg, differenzierte auf dem 12. Keramiksymposium die Eigenschaften der Restorationsmaterialien und ihre Eignung für prothetische Versorgungen. So ermöglicht die Festigkeit und Duktilität von Metall (VMK) verhältnismäßig dünne Wandstärken und

grazile Konnektoren; bruchlastprovozierende Biegewechsel sowie Zug- und Druckspannungen werden weitgehend kompensiert. Gerüstfrakturen durch Überlastung treten selten auf. Allerdings erfordert die Befestigung mit Zement (Zinkoxidphosphat) eine zirkuläre Umfassung des Kronenstumpfs (Zylinderform). Dies verhindert in angezeigten Fällen eine defektorientierte Präparation; unter Umständen muss gesunde Zahnschubstanz geopfert werden, um eine Retention für das Metallgerüst sicherzustellen. Um die metallische Oberfläche zahnfarben zu gestalten, muss auf minimalem Raum (0,5–2,0 mm) ein Haftgrund für die Keramik erzeugt (Oxid), eine deckende Mas-

kierung (Opaquer) gelegt und keramische Dentin- sowie Schmelzschichten aufgebracht werden. Dadurch ist eine zahnähnliche Farbtiefe und Transparenz nur mit Einschränkung zu erzielen. Auf der biologischen Seite wird der VMK angelastet, dass Metallionen im sauren Milieu in Lösung gehen, Spannungspotenziale durch elektrolytische Prozesse aufbauen und somit Gingivaentzündungen und Sensibilisierungen gegen Metall auslösen können.

Vollkeramiken hingegen sind spröde und empfindlich gegen Zugspannungen. Den prothetischen Nutzen zieht diese Werkstoffgruppe aus der Zahnfarbigkeit und Ästhetik, aus der Option der adhäsiven

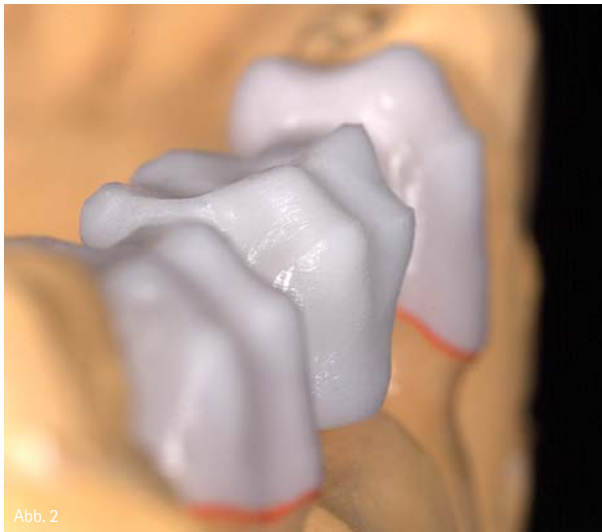


Abb. 2

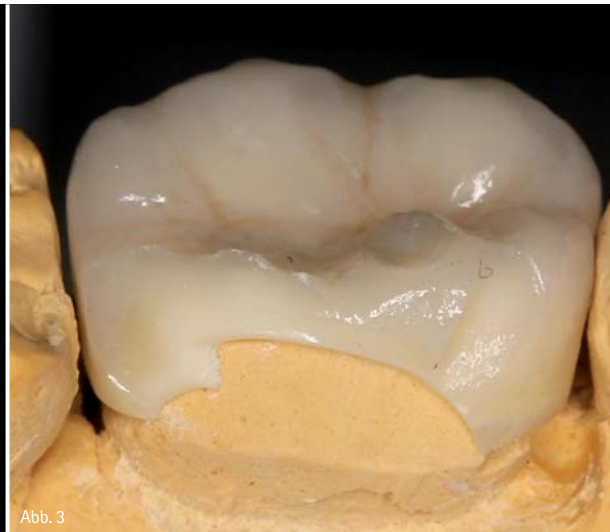


Abb. 3

Abb. 2: Das höckerunterstützende Gerüst folgt der anatomisch reduzierten Form und stabilisiert die Verblendkeramik. Quelle: AG Keramik – Abb. 3: Approximale Verblendfraktur einer VMK-Brücke. Quelle: Behr

Befestigung am Restzahn sowie aus der biologischen Verträglichkeit mit Zahn und Schleimhaut, weil Keramik auf hoher Oxidationsstufe chemisch inert ist. Dadurch, dass z.B. Silikatkeramik adhäsiv mit Schmelz und Dentin verbunden werden kann, kann defektorientiert und oftmals auch substanzschonend präpariert werden. In gewissen Situationen reicht eine schmelzverklebte Keramikteilkrone aus, wo nach den Kautelen der VMK-Technik evtl. eine substanzverzehrende, zervikale Metallkrone erforderlich wäre. Kronenwandstärken mit 0,5mm sind möglich (z.B. mit Zirkoniumdioxid,  $ZrO_2$ ); Brückenverbinder benötigen eine vertikal extendierte Dimension. Keramiken mit einer Glasphase (Feldspat, Lithiumdisilikat) sind lichtleitend und bieten eine zahnähnliche Farbtiefe. Die Reflektionswirkung erleichtert die farbliche Adaptation der Restauration zum Lateralzahn (Chamäleoneneffekt).

Aus klinischer Sicht haben sich Kronen und Brücken auf  $ZrO_2$ -Gerüsten bewährt. Mehrgliedrige Brücken wiesen nach zehnjähriger Beobachtung kaum Gerüstfrakturen auf. Dadurch hat sich  $ZrO_2$  zu einem akzeptierten Werkstoff für festsitzenden Zahnersatz entwickelt. Entscheidend für die Werkstoffqualität ist, dass die in der  $ZrO_2$ -Keramik verwendeten Stoffe einen hohen Reinheitsgrad bei homogener Kornverteilung (Abb. 1a-c) aufweisen, die Blocks mehrdimensional verpresst sind und auf den vorgesehenen CAD/CAM-Systemen verarbeitet werden,

da Parameter wie Vorschub, Drehgeschwindigkeit, Sinterschrumpfung von jeder Maschine anders umgesetzt werden. Deshalb ist für Logistik und Verarbeitung das Prinzip „im System bleiben“ eine sichere Voraussetzung für eine kontinuierliche Fertigungsqualität.

In klinischen Studien fällt auf, dass die manuell geschichteten Verblendungen auf den  $ZrO_2$ -Gerüsten teilweise zu Abplatzungen (Chipping) neigen, zumindest eingetreten in der Frühphase des klinischen Einsatzes von  $ZrO_2$ . Gründe für die Verblendfrakturen waren anfänglich sicherlich ein nicht angepasstes Design sowie die wenig abgestimmte Wärmeausdehnung (WAK) zwischen Gerüst- und

Verblendwerkstoff. Ferner hatten sehr dünne Wandstärken dazu geführt, dass die Verblendschichten 2mm und mehr mit wechselnden Zugspannung auslösenden Schichtstärken aufgetragen wurden. Zwischenzeitlich wurde erkannt, dass eine Präparation des Kronenstumpfs mit runden Übergängen, mit einem reduzierten Höcker-Fossa-Winkel am Kronenstumpf und abgestützten Kronenrändern, eine höckerunterstützende Gerüstgestaltung (Abb. 2), der Verzicht auf mesiale und distale Okklusionskontakte, vertikal extendierte Verbinder bei Brücken das Chipping-Risiko wesentlich reduzieren. Wichtig erscheint auch in diesem Zusammenhang, dass das okklusale

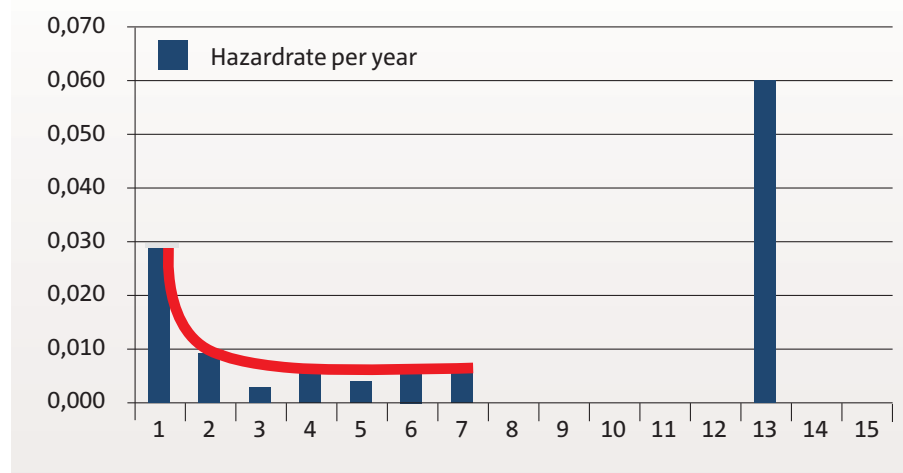


Abb. 4: Hazardrate des Ereignisses „Chipping“ auf 2-jähriger Basis für metallkeramische Brücken (EM) berechnet. Die Hazardrate betrug z.B. im ersten Jahr 0,012, das bedeutet, dass 1,2 Chipping-Fälle auf 100 Personenjahre Beobachtungszeit auftraten. Quelle: Behr

## Klinische Überlebensraten von Kronen und Brücken mit ZrO<sub>2</sub>-Gerüsten

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

Versorgung	Liegedauer (Jahre)	Überlebensrate %	Komplikation %	Observ. Einheiten	Autoren Publikationen
Brücke 3 gl. SZ	5	96,8		65	Eschbach, Kern
Brücke 3–5 gl.	3	100	4 Chipp.	65	Tinschert
Brücke 3–5 gl.	5	98,4	4 Chipp.	65	Tinschert
Brücke 3–5 gl.	10	67		57	Sax et al.
Brücke 3 gl.	5	100		35	Pospiech
Brücke 3 gl.	3	100	9 Chipp.	21	Edelhoff
Brücke 3 gl.	3	90,5		21	Beuer
Brücke 3–4 gl.	4	94	12 Chipp.	99	Rödiger
Brücke 3–4 gl.	4	96	13 Chipp.	24	Wolfart
Brücke 3–4 gl., Cantilever	4	92		34	Wolfart
Brücke 4 gl.	3	100		22	Sturzenegger
Kronen, Brücken	3	98,5		68	Beuer
Brücke 3–6 gl.	3	90,5	10 Chipp.	21	Edelhoff
Brücke 4–7 gl.	2	96,6	3 Chipp.	30	Schmitter

Abb. 5: Klinische Überlebensraten von Kronen und Brücken mit ZrO<sub>2</sub>-Gerüsten.

Funktionskonzept den Bedingungen der Keramik angepasst und eine suffiziente Front-Eckzahn-Führung etabliert wird, um Schleifkontakte bei exzentrischen Unterkieferbewegungen zu vermeiden. Risikominimierend im Laborbereich wirkt auch, dass Gerüstkorrekturen nur auf kleine Flächen beschränkt bleiben, für die Gerüstbearbeitung nur hochoberflächig arbeitende Feinstkorndiamanten in der Laborturbine unter Wasserkühlung zum Einsatz kommen, Verblendstärken auf maximal 1,5 mm beschränkt bleiben sowie eine Verlängerung der Abkühlungsphase nach jedem Sinterbrand zur Vermeidung von Strukturspannungen eingehalten wird. Die Brenntemperatur sollte der Anzahl der Einheiten im Sinterofen angepasst werden.

Auch das intraorale Einschleifen der ZrO<sub>2</sub>-Restauration kann Mikrorisse auslösen. Deshalb sollte die eingeschliffene Versorgung nach der Einprobe gründlich poliert und idealerweise nochmals glasiert werden. Jüngere Studien zeigen, dass unter Berücksichtigung dieser Bedingungen die Verblendfrakturrate ZrO<sub>2</sub>-basierter Kro-

nen und Brücken deutlich gesunken ist und ein Niveau erreicht hat, das auch den Zwischenfällen von VMK-Versorgungen entspricht. Lediglich implantatgetragene Verblendkronen auf ZrO<sub>2</sub>-Gerüsten scheinen ein höheres Chipping-Risiko zu haben. Die fehlende Eigenbeweglichkeit der Enossalpfeiler nach ossärer Einheilung sowie fehlende Propriozeptoren verursachen eine Verblendfrakturrate, die signifikant über jener von Kronen auf natürlichen Zähnen liegt.

### Verblendschäden auf VMK und ZrO<sub>2</sub>

Bei der Analyse der klinischen Daten von Restaurationen auf verblendeten Gerüsten aus Zirkoniumdioxid (ZrO<sub>2</sub>) fällt auf, dass die angegebenen Häufigkeiten von Keramikschäden bzw. Chippings stark schwanken. Prof. Dr. Michael Behr, Oberarzt an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Regensburg, prüfte zum Thema „Chipping bei Metallkeramik und ZrO<sub>2</sub> – Analyse klinischer Daten“ die vorhandene Literatur zum Frakturverhalten von keramischen Verblendungen auf Edelmetalllegierungen und

Oxidkeramik. Laut Behr lässt sich der landläufige „Generalverdacht“, dass Verblendungen auf ZrO<sub>2</sub> eher zu Chippings neigen, nicht so einfach nachweisen, und er führte auch eigene Erfahrungen in Regensburg, die auf 654 drei- und viergliedrigen Brücken und 997 Einzelzahnkronen (aus EM) basieren, ins Feld. Das Ausmaß der Verblendungsschäden lässt sich in drei Kategorien einordnen:

- die abgeplatzte Fläche ist oberflächlich und lässt sich auspolieren
- der Substanzverlust lässt sich mit Komposit reparieren
- aufgrund des Schadens ist eine Erneuerung der Restauration erforderlich (Abb. 3).

Diese Einteilung in Schadensklassen ist in vielen Studien, die Chippings auf VMK oder ZrO<sub>2</sub> kontrollierten, nicht vorgenommen worden. Die Literaturdaten zum Frakturverhalten sind laut Behr teilweise widersprüchlich; sie basieren meist auf geringen Fallzahlen, die Beobachtungszeiten sind oft zu kurz, Chipping und Ge-

rüstfrakturen wurden nicht getrennt ausgewiesen oder die Mittelwerte basieren auf weit streuenden Abweichungsdaten (MW 9,3 Prozent, Chipping 0–30 Prozent). Auffallend ist, dass es zur Überlebensrate von metallkeramischen Verblendungen nur wenig klinische Daten gibt. Ferner unterscheiden viele VMK-Studien nicht zwischen EM- und NEM-Gerüsten. Zum Beispiel errechneten Autoren aus dem wenig homogenen Datenpool für VMK auf Basis von 127 Fällen innerhalb von vier Jahren eine Schadenshäufigkeit von 33 Prozent, bei ZrO<sub>2</sub>-Verblendungen schwankte der Wert – basierend auf 596 Fällen – zwischen 23 und 51 Prozent. Für VMK-Brücken im Beobachtungszeitraum von zehn Jahren stellten Autoren folgende Chippinghäufigkeiten fest: Reichen-Graden 1989: 4,5 Prozent – Näpänkangas 2002: 5,9 Prozent – Walton 2003: 5,0 Prozent – Behr 2012: 4,3 Prozent – Sailer 2007 (Review fünf Jahre): 2,9 Prozent. Auf Titangerüsten (drei bis sechs Jahre Beobachtung) war die Chippinghäufigkeit weitaus höher: Walter 1999: 45,5 Prozent – Böckler 2010: 30,4 Prozent; auf CoCr-Gerüsten innerhalb drei bis sieben Jahren: Elisson 2007: 17,6 Prozent. Bei VMK-Kronen lag die Verblendfrakturrate innerhalb von zehn Jahren niedriger: Goodacre 2003: 3,0 Prozent – Reitemeier 2006: 1,0 Prozent – Behr 2012: 1,7 Prozent. In einer neueren Untersuchung überprüfte der Referent 484 Brücken mit drei Gliedern und 170 4-Glieder-Brücken aus EM-Gerüsten, konventionell zementiert (96 Prozent) und adhäsiv befestigt (vier Prozent) – ebenso 997 VMK-Kronen. Nach fünf Jahren lag die Schadensquote für Brücken bei vier Prozent, nach zehn Jahren bei ca. sechs Prozent.

Behr und Rosentritt resümierten, dass spezielle Risikofaktoren für Chippings auf VMK nicht ermittelt werden konnten. Interessanterweise ereigneten sich Verblendfrakturen am häufigsten in den ersten beiden Jahren in situ (Abb. 4). Dies weist laut Behr auf Fehler bei der Herstellung und Eingliederung der Versorgungen hin; ein Problem, das VMK- und ZrO<sub>2</sub>-Restaurationen gemeinsam haben.

#### Schwachstelle Verblendung?

In neueren Literaturübersichten zur Langzeitbewährung von verblendeten ZrO<sub>2</sub>-Restaurationen fällt auf, dass die klinische Performance – gekennzeichnet durch

eine hohe Fraktursicherheit der Gerüste – durch Chippings in der Verblendung belastet wird (Abb. 5). Sicherlich waren in den 1990er-Jahren, der Frühphase des ZrO<sub>2</sub>-Einsatzes in der Prothetik, die Kenntnisse um die Behandlung des ZrO<sub>2</sub> noch nicht verbreitet. Ein nicht angepasstes Gerüstdesign sowie die wenig abgestimmte Wärmeausdehnung (WAK) zwischen Gerüst- und Verblendwerkstoff trugen dazu bei, dass Risiken für die Verblendung entstanden. Neue Studien zeigen, dass unter Berücksichtigung neuer Verarbeitungsbedingungen die Verblendfrakturrate ZrO<sub>2</sub>-getragener Kronen und Brücken niedriger ausfällt. Allerdings scheint laut Behr der Verarbeitungsspielraum für ZrO<sub>2</sub> gering und dadurch die Fertigung von ZrO<sub>2</sub> und das Aufbringen der aufbrennkeramischen Verblendung sensibler und fehleranfälliger zu sein. Hier verzeiht offenbar die konventionelle VMK-Technik in der Praxis mehr. Die systematische Fehleranalyse in der Literatur wird aber dadurch erschwert, dass klinische Untersuchungen selten so wichtige Parameter der ZrO<sub>2</sub>-Anwendung ausweisen wie z.B. Präparationsdesign, Präparationstiefen, Wandstärken, Konnektorengestaltung, Verblenddesign, Schichtstärken, Sintertemperaturführung, Prozedere des intraoralen Einschleifens, Kontaktpunktgestaltung, Befestigungstechnik etc. Auch auf der Industrieseite der Keramikhersteller besteht noch keine Einigkeit, ob ein Regenerationsbrand („Heilbrand“) nach der zahntechnischen Gerüstbearbeitung zulässig, vorteilhaft oder abzulehnen sei. Dadurch wird der Zahntechnik ein Handlungsspielraum überlassen – sicherlich mit Auswirkungen auf das spätere Endergebnis.

#### Haftverbund von Zirkonoxid untersucht

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Ulrich Lohbauer mit dem Forscherteam Alexandra Grigore, Stefanie Spallek, Prof. Anselm Petschelt, Dr. Benjamin Butz, Prof. Erdmann Spiecker, Institut für Biomaterialien & Center for Nanoanalysis and Electron Microscopy der Universität Erlangen-Nürnberg sowie Zahnklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Werkstoffwissenschaftliches Labor, Universität Erlangen, erhielten den Forschungspreis der AG Keramik. Das Team hatte mittels einer mikrostrukturellen Studie die Grenzfläche zwischen

# Qualität + Service zu fairen Preisen!



[www.zahnwerk.eu](http://www.zahnwerk.eu)

## ■ CAD/CAM-Fräszentrum

für Zirkon, Vollzirkon, NEM-, Titan-, PEEK- und Kunststoffgerüste

- Wir verarbeiten Ihr Stumpfmodell oder Ihre Datensätze
- Wir fräsen 5-achsig mit modernster Technologie

**ZAHNWERK**  
Frästechnik GmbH

Lindgesfeld 29 a  
42653 Solingen  
Fon (0212) 226 41 43  
Fax (0212) 226 41 44  
info@zahnwerk.eu



[www.zahnwerk.eu](http://www.zahnwerk.eu)

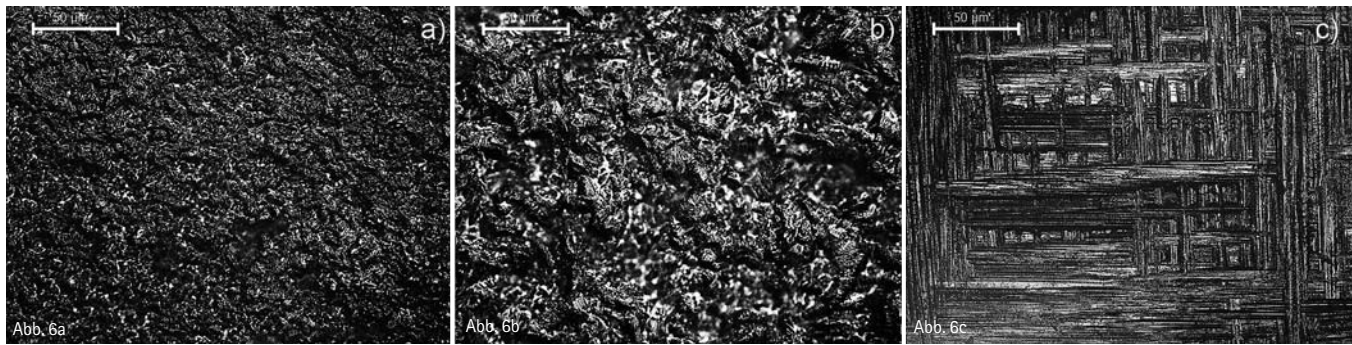


Abb. 6: Oberflächenzustand von Zirkonoxid nach a) Sandstrahlen mit 35 µm Aluminiumoxidpulver; b) Sandstrahlen mit 105 µm Aluminiumoxidpulver; c) rotierender Bearbeitung mit einem Diamanten (150 µm). Quelle: Lohbauer

Zirkonoxid und Verblendkeramik untersucht. Die  $ZrO_2$ -Gerüstkeramik erhält durch die Sinterung nach subtraktiver Formgebung eine hohe Festigkeit und Bruchzähigkeit. Das Prinzip der Zähigkeitssteigerung beruht auf einer martensitischen Umwandlung von tetragonalen in monokline Einzelkristallite. Klinische Studien zeigen, dass Frakturen innerhalb der Verblendkeramik (Chippings) auftreten können und somit ein Problem für vollkeramischen Zahnersatz aus  $ZrO_2$  darstellen. Die Ursachen der Chippings sind noch nicht völlig geklärt.  $ZrO_2$ -Gerüste werden in der Praxis noch vor der Verblendung oftmals verschiedenen Oberflächenbehandlungen unterzogen, die Auswirkungen auf den Verbund zur Verblendkeramik haben können. Lohbauer et al. haben Oberflächenkonditionierungsverfahren wie Sandstrahlen mit unterschiedlichen Korngrößen (35/105 µm), rotierende Bearbeitung mit Diamantschleifern (150 µm Korn), thermi-

scher Entspannungsbrand auf  $ZrO_2$ -Substraten (Y-TZP) angewandt und anschließend die Verblendung aufgebrannt. Ziel war, die Mikrostruktur an der Grenzfläche zwischen  $ZrO_2$  und Verblendung zu analysieren und die morphologischen Veränderungen in der  $ZrO_2$ -Oberfläche nach der Verblendung zu beschreiben (Abb. 6–9). Es wurde festgestellt, dass eine ansteigende Aluminiumoxid-Korngröße (35 µm vs. 105 µm) in der  $ZrO_2$ -Matrix sowie die rotierende Bearbeitung mit Diamantinstrumenten (150 µm Korn) einen zunehmenden Einfluss auf die Oberflächenrauigkeit der Oxidkeramik und auf die strukturelle Integrität des oberflächennahen  $ZrO_2$ -Gefüges hat. Der relative monokline Gehalt vor und nach thermischer Behandlung wurde mittels Röntgenbeugung (XRD) untersucht. Es wurde festgestellt, dass durch den thermischen Verblendprozess eine Umkehrung der martensitischen Transformation von monoklin nach tetragonal stattfindet. Die Mikrostruktur an

der Grenzfläche zur Verblendkeramik wurde im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) an Dünnschliff-Proben untersucht. Die mechanisch vorbehandelten Proben zeigten dabei einen stark deformierten Bereich von 1–3 µm in der  $ZrO_2$ -Oberfläche. Der Verbund zur Verblendkeramik wurde davon nicht beeinflusst. Die Methode der Selected Area Electron Diffraction (SAED) wurde angewandt, um die Tiefe der Phasenumwandlung im  $ZrO_2$  zu beurteilen. Die Anwesenheit monokliner Phasenanteile im  $ZrO_2$  wurde bis zu einer Tiefe von 4 µm unterhalb der Oberfläche gefunden. Nach Sandstrahlung waren die Phasenanteile in 11–35 µm Tiefe nachweisbar, nach Diamantschleiferbearbeitung bis 9 µm. Die Studie zeigte zum ersten Mal mikrostrukturelle Aufnahmen der Grenzfläche zwischen Verblendung und  $ZrO_2$ . Der thermische Prozess der Verblendung führt zu einer Regeneration des Kristallgefüges im  $ZrO_2$ -Gerüst und damit zur Wiederher-

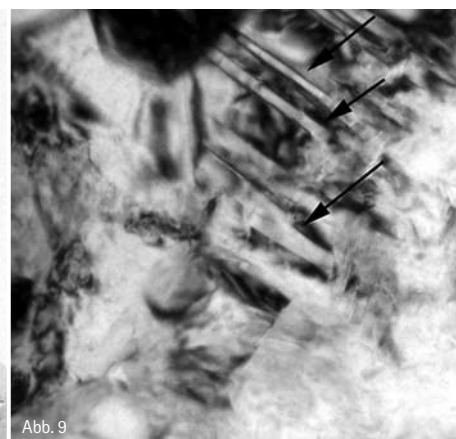
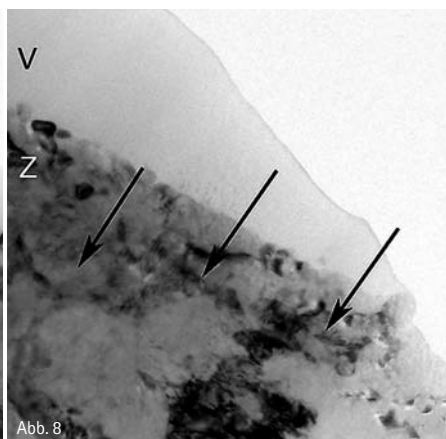
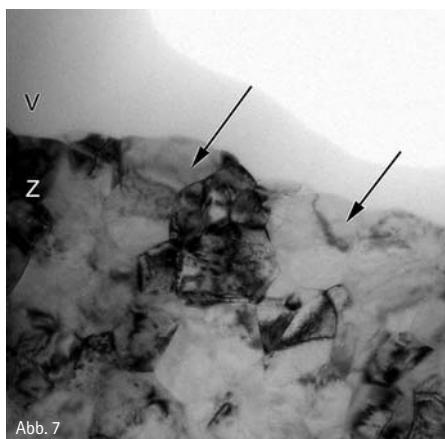


Abb. 7: Verbundzone zwischen unbehandeltem  $ZrO_2$  (Z) und Verblendkeramik (V) im Durchlicht (TEM). Sichtbar ist eine perfekte Benetzung der Verblendkeramik und eine intakte, tetragonale Kornstruktur des  $ZrO_2$ -Gefüges. Quelle: Lohbauer – Abb. 8: Verbundzone zwischen sandgestrahltem (105 µm)  $ZrO_2$  (Z) und Verblendkeramik (V) im Durchlicht. Zu sehen ist eine deformierte, teilweise monoklin umgewandelte Mikrostruktur und eine hohe Defektkonzentration (Pfeile) in der  $ZrO_2$ -Oberfläche. Die Benetzung der Verblendkeramik ist weiterhin perfekt. Quelle: Lohbauer – Abb. 9: Darstellung teilweise transformierter ( $t \rightarrow m$ )  $ZrO_2$ -Körner im Durchlicht. Zu sehen sind die kristallografisch-monoklinen Verwerfungen innerhalb der tetragonalen  $ZrO_2$ -Körner. Quelle: Lohbauer



Abb. 10



Abb. 11

Abb. 10: Anatomische, verblendfreie „Vollzirkon“-Brücke nach Tauchfärbung und Sinterung, mit VITA Akzent charakterisiert und glasiert. Quelle: AG Keramik/Wiedhahn – Abb. 11: ZrO<sub>2</sub>-Brücke eingegliedert. Farbliche Unterschiede zur benachbarten VMK-Brücke (Zähne 33, 32) sind kaum erkennbar. Quelle: AG Keramik/Wiedhahn

stellung der zähen Materialeigenschaften. Mit korrekt verarbeiteter ZrO<sub>2</sub>-Keramik können laut Lohbauer et al. deshalb auch geringere Wandstärken (bis 0,5 mm) und filigrane Verbinderquerschnitte realisiert werden.

### Vollzirkon-Brücke – Vorbild für Ästhetik?

Kronen und Brücken aus semitransparentem Vollzirkon (ZrO<sub>2</sub>), die vollanatomisch ausgefräst werden und keine Verblendung benötigen, haben trotz einiger Bedenken wegen ihrer potenziellen Abrasivität auf den Antagonisten Eingang in die niedergelassene Praxis gefunden. Nach optoelektronischer Intraoralabformung der Präparation ermöglicht die Software ein Brückendesign mit einem ansprechenden okklusalen Relief und relativ dünnen Wandstärken.

Die Transparenz von ZrO<sub>2</sub> wird beeinflusst durch die Porosität des Materials und durch den Anteil an Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sowie dessen Verteilung in der Keramikstruktur. Die Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Dotierung ist verantwortlich für die Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und beeinflusst damit das klinische Langzeitverhalten, bestimmt aber auch die Opazität des Werkstoffs. Beträgt der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Anteil in der

ZrO<sub>2</sub>-Gerüstkeramik 0,5 Prozent (inCoris TZI, Sirona), liegt der Anteil bei 0,005 Prozent in der semitransparenten Version (inCoris TZI). Die Biegebruchfestigkeit liegt jeweils bei 900 MPA (Megapascal). Ob und inwieweit sich das klinische Langzeitverhalten durch die Absenkung des Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verändert, dafür liegen noch keine Studien vor. Behr kritisierte die herstellerseitig genannten Mindestwandstärken für Vollzirkonkronen (Fissur 1,5 mm, Höcker 2,0 mm, zirkuläre Wand 1,0–1,5 mm), die sich substanzverzehrend auswirken und nach seiner Erfahrung unterschritten werden können. Der Vorteil, dass für die gerüstfreie Krone kein Raum für die Verblendung geschaffen werden muss, ermöglicht eine minimale Präparation für anteriore Wandstärken (0,3–0,5 mm, Lava Plus/3M ESPE). Vollzirkon kennt kein Chipping und ist als Alternative zu Metall für Bruxer und Knirscher seitens der Hersteller freigegeben.

Die Verarbeitung von Vollzirkon erfordert nach dem Ausfräsen der Restauration und als Vorbedingung für die Einfärbung ein Vortrocknen im Sinterofen – ca. drei Minuten bei 80 °C und 40 Minuten unter einer Rotlichtlampe. Das Tauchfärben mit kolorierenden Oxiden erfordert ca. 10–20 Minuten, z.B. für die Farben A1, A2, A3.

Eine Verlängerung der Tauchzeit verursacht dunklere Farben. Für die Kontrolle der Zahnfarbe, auch an Nachbarzähnen, haben sich digitale Farbmesssysteme bewährt (z.B. Easysshade, VITA). Wichtig ist, dass beim Einfärben die Farbhelligkeit exakt getroffen wird; sie vermittelt den entscheidenden Farbeindruck. Kleine ästhetische Einschränkungen zählen zum Toleranzbereich, deshalb eignen sich Vollzirkonrestaurationen zzt. nur für den Molarenbereich. Dennoch sollte die sichere Farbwahl durch Versuche in der Praxis geübt werden. Zur Alterungsbeständigkeit der Tauchfärbung liegen noch keine Daten vor.

Das Färbeliquid dringt nur mit geringer Tiefe in die ZrO<sub>2</sub>-Oberfläche ein. Dies ist für das intraorale Einschleifen von Bedeutung, weil durch den Keramikabtrag „Hellstellen“ auftreten können bzw. das weiß-opake Material sichtbar werden kann. Eine mehrstufige Politur mit feinstkorndiamanthaltigen Polierkörpern (z.B. Acurata, EVE, MDS) und eine Glasur gewährleisten, dass das ZrO<sub>2</sub> eine glatte, hochglänzende Oberfläche erhält (Abb. 10 und 11). Diese Vergütung ist erforderlich, damit eventuell zurückgebliebene Rauigkeiten keine Abrasion am Antagonisten auslösen können. Vor der Eingliederung hat sich die Reinigung des Kronenlumens von phosphathaltigen Rückständen bewährt (z.B. mit Ivoclean, Ivoclar). Hier empfiehlt sich, vor der definitiven Befestigung eine Einprobe durchzuführen. Falls ein Einschleifen der Kaufläche (nur mit Feinstkorndiamant) erforderlich war, muss gründlich nachpoliert werden. Idealerweise sollte der Glanzbrand wiederholt werden, um die Oberflächen zu glätten.

## kontakt.

### Manfred Kern

Schriftführung  
Arbeitsgemeinschaft für Keramik  
in der Zahnheilkunde  
info@ag-keramik.de  
www.ag-keramik.de