



W.H. Mörmann, A. Ender, E. Durm, J. Michel, D. Wolf, A. Bindl

Zirkonoxidgerüste bei Kronen und Brücken: aktueller Stand

Y-TZP Zirkonoxid (Yttria stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal) ist die zurzeit widerstandsfähigste Dentalkeramik und kann als Gerüstmaterial das Metall ersetzen. Die Gerüstform wird entweder von einer Wachsmodellation abgetastet, oder häufiger wird die Präparation ab Modell gescannt und das Gerüst mit Computerunterstützung dreidimensional konstruiert (CAD=Computer Aided Design). Anschließend wird das Gerüst aus Zirkonoxid-Rohlingsblöcken per Computer maschinell formgeschliffen (CAM=Computer Aided Machining). In unserer Klinik liegen Erfahrungen mit ca. 170 dreigliedrigen und 32 viergliedrigen inLab-Zirkonoxidgerüstbrücken mit bis zu vier Jahren Tragzeit vor. Alle fehlerfrei hergestellten Brückengerüste blieben intakt, lokale Absplitterungen innerhalb der Verblendkeramikwaren waren auf anfänglich ungenügende Gestaltung der Gerüste mit zu geringer Unterstützung der Verblendung zurückzuführen. Die klinische Qualität der Zirkonoxid-Gerüstbrücken beurteilen wir als gut. Die marginale Passgenauigkeit ist sehr zufrieden stellend, das ästhetische Potential hervorragend. Klinische und technische Erfahrungen sind weiter aufzubauen.

Schlüsselwörter: Y-TZP-Zirkonoxid, Zirkonoxid-Blockkeramik, inLab-Gerüstbrücken, CAD/CAM-Methoden.

Y-TZP Zirconia (Yttria stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal) high strength dental ceramic is able to replace metal as a material for fixed-partial-denture (FPD) frames.

The shape of the frame is either scanned from a wax-up or mostly the preparation will be scanned directly from a model. On the preparation-scan the FPD-frame will be computer-assisted designed (CAD) in three dimensions. The FPD-frame is then computer-assisted machined (CAM) either by milling or form-grinding from a pre-fabricated zirconia block. The experience in our clinic comprises 170 three-unit- and 32 four-unit inLab-zirconia FPDs with up to four years of clinical service. All FPD-zirconia frames fabricated according to the instructions of the manufacturer stayed intact without any breakage. Local chipping fractures within the veneer ceramic were related to initial insufficient anatomical support by the frame. The clinical quality of the all-ceramic zirconia-frame FPDs is rated good. The marginal fit was found adequate and the esthetic potential is outstanding.

Keywords: Y-TZP-zirconia, zirconia block-ceramic, inLab-frame FPDs, CAD/CAM-methods.

System/Hersteller	Zirkonoxid	Aluminiumoxid	Lithium-Di-Silikat	Feldspat	Komposit	Metall
inLab/Sirona	✓	✓	✓	✓	✓	NE Infinident Fertigung*
inLab MC XL/Sirona	✓	✓	✓	✓	✓	NE Infinident Fertigung*
Everest/Kavo	✓	○	✓	✓	○	Titan
Cercon/Degudent	✓	○	○	○	○	○
Zeno/Wieland	✓	○	○	○	○	Titan
Lava/3M-Espe	✓	○	○	○	○	○

Tabelle 1 Auswahl wichtiger dentaler CAD/CAM-Systeme, einsetzbare Keramiken, Komposit, Metall.

* Zentrale Fertigung im Werk, Datenübertragung per Internet.

1 • Einleitung

Vollkeramische Gerüstbrücken wurden zunächst aus den Glasinfiltrationskeramiken In-Ceram Alumina und später auch In-Ceram Zirconia (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) hergestellt [13, 15]. Die Erfolgsraten dieser Studien lagen zwischen 82,5 % und 95,0% im Seitenzahnggebiet nach einer Beobachtungszeit von bis zu fünf Jahren. Die Glasinfiltrationskeramik wird heute durch die wesentlich festere polykristalline Oxidkeramik, insbesondere die Zirkonoxidkeramik ergänzt. Die Kombination von hoher Festigkeit und exzellenter Risszähigkeit der Y-TZP Zirkonoxid-Gerüstkeramik lässt ein ausgezeichnetes Langzeitverhalten und eine hohe klinische Erfolgsrate der Restaurationen bei Dauerbelastung erwarten. Seine ausgezeichnete biologische Verträglichkeit hat das Y-TZP in seiner über 30jährigen klinischen Bewährungszeit in Hüftgelenkprothesen im menschlichen Körper bewiesen. Im dentalen Bereich werden derzeit zahlreiche Brückenstudien durchgeführt [7].

2 • Materialeigenschaften der Zirkonoxid-Gerüstkeramik

Y-TZP (Yttria stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal) Zirkonoxid gilt derzeit als die leistungsfähigste Oxidkeramik für zahnmedizinische Anwendungen. Die ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften von Y-TZP, kombiniert mit der hellen Farbe und Transluzenz führen zu faszinierenden Möglichkeiten für moderne vollkeramische Restaurationen [11]. In Verbindung mit der geeigneten Verblendkeramik, deren Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) perfekt auf das Y-TZP angestimmt ist, entsteht eine im hohen Grade ästhetische vollkeramische Restauration.

2.1 • Umwandlungsverstärkung

Die rein kristalline Mikrostruktur ist einphasig, die Kristalle weisen eine sehr kleine Korngröße auf ($<0.4\mu\text{m}$) und sind zudem in Form und Größe sehr homogen (Abb. 1a, c). Daraus resultieren überragende Materialeigenschaften wie Bruchlastwerte von über 2000 N [16] und eine Biegefestigkeit von über 900 MPa [11]. Die hohe Risszähigkeit von $6\text{--}10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

lässt sich durch die so genannte Umwandlungsverstärkung erklären [6, 7]. Unter Spannungsbelastung, findet in der Kristallstruktur des Zirkonoxids eine Phasenumwandlung statt [6, 7]. Die ZrO_2 -Kristalle befinden sich durch den Zusatz von Y_2O_3 (Yttriumoxid) im tetragonalen Phasenzustand. Wird nun dem tetragonalen Zirkonoxid lokal Energie in Form eines durch den Werkstoff laufenden Risses zugeführt, wandeln sich die Zirkonoxidkristalle im Rissbereich in ihre stabilere monokline Phase unter Volumenzunahme um (Abb. 1e, f). Die bei der Umwandlung verbrauchte Energie und die durch den lokalen Volumensprung entstehenden Druckschwingungen im Gefüge führen zu einer Verlangsamung oder gar Stopp des Risses [3, 7].

2.2 • Gerütherstellung

Zirkonoxidkeramik steht für die Herstellung dentaler Gerüste ausschließlich als Blockkeramik zur Verfügung, die meist in teilgesintertem Zustand aber auch dicht gesintert, in hochfestem Zustand mit verschiedenen CAD/CAM-Herstellungstechniken trocken formgefräst oder nass formgeschliffen wird [18] (Abb. 2). Die Bearbeitung der Zirkonoxidblockkeramik in teilgesintertem Zustand erleichtert die formgebende maschinelle Gerütherstellung im Vergleich zur Bearbeitung der Keramik in dicht gesintertem, hochfestem Zustand. Das teilgesinterte Zirkonoxid hat ein gegenüber dem dicht gesinterten Zirkonoxid ein um ca. 25 % erhöhtes Volumen (Abb. 1b). Der Porositätsgrad wird für jede Fabrikationscharge im Herstellerwerk festgestellt, und die Blöcke werden per Strichcode entsprechend gekennzeichnet. In der Formschleifmaschine wird der exakte Porositätsgrad des Blockes per Laser vom Strichcode abgelesen, und die Dimensionen des Gerüsts von der Schleifsoftware automatisch entsprechend linear vergrößert, um die spätere Sinterschrumpfung im Ofen zu kompensieren. Aufgrund des kontrolliert porösen Mikrogefüges wird diese Vergrößerung durch die isotrope Schrumpfung des Materials während des Sinterprozesses im Hochtemperaturofen (z.B. 1530°C , Zirconat, Vita) um den gleichen Betrag reduziert (Abb. 1b, d). Dies ermöglicht die ausgezeichnete Passung der Restaurationen und führt durch die homogene, dichte Struktur zu der hohen Festigkeit und zu einer hohen Oberflächenqualität [2, 3].

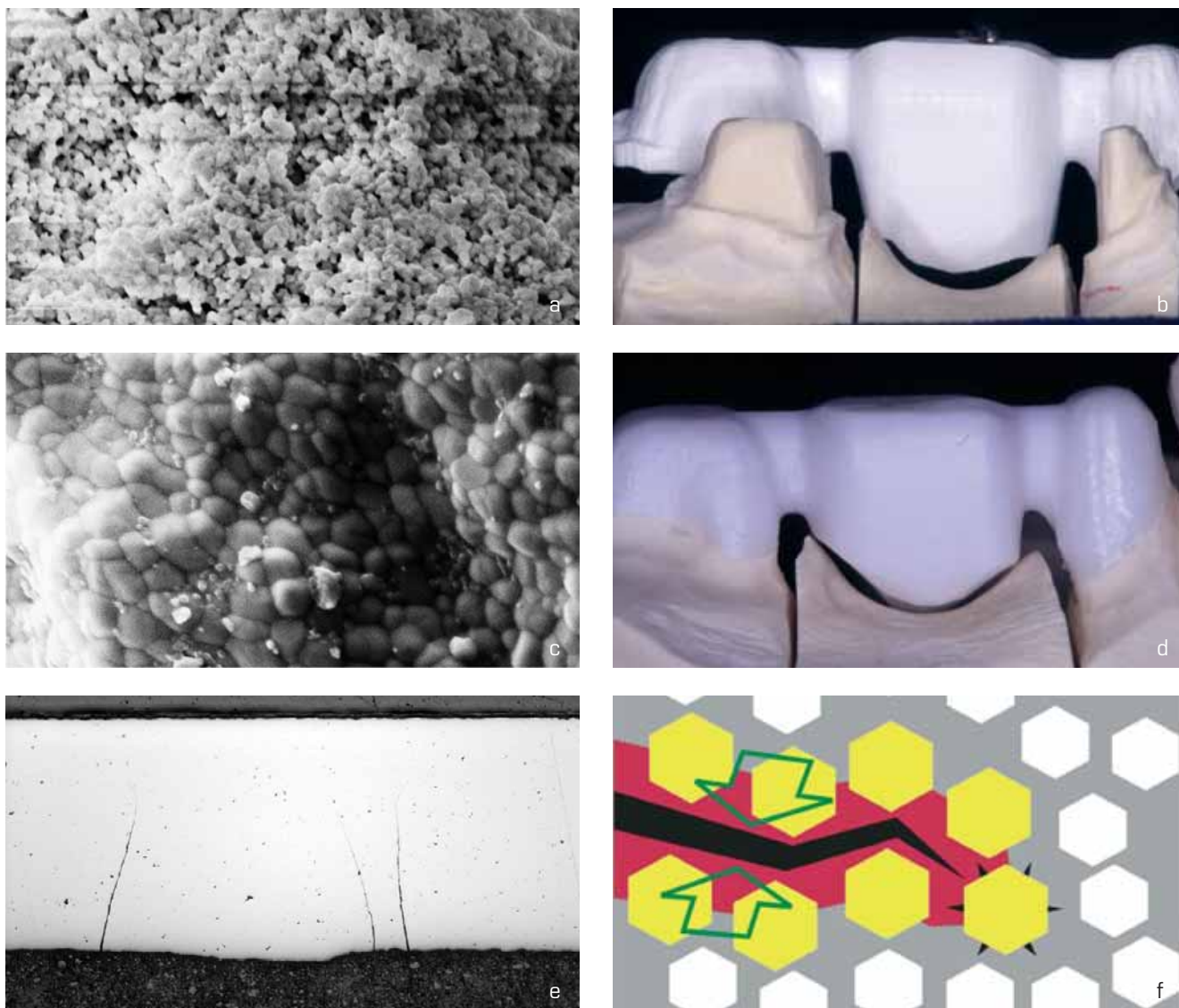


Abbildung 1 a) Porös gesinterte Zirkonoxidkeramik In-Ceram YZ, Vergrößerung 20'000fach; b) dreigliedriges in Lab-Brückengerüst aus porös gesinteter Zirkonoxidkeramik; c) dicht gesinterte Zirkonoxidkeramik, Vergrößerung 20'000fach; d) dreigliedriges Brückengerüst von b, dicht gesintert, linear ca. um 25% geschrumpft, mit ausgezeichneter Passung; e) beginnende Rissbildung bei zunehmender Überlast an einer Kronenkappe aus Zirkonoxidkeramik; f) Schema der Umwandlungsverstärkung, die der Rissausbreitung entgegenwirkt.

2.3 • Laboreinrichtung und CAD/CAM-Systeme

Zur Durchführung dieser Technik wird folgende Laboreinrichtung benötigt: Ein Scanner, mit dem das Präparationsmodell dreidimensional vermessen wird (Datenakquisition) (1), ein leistungsfähiger PC mit Monitor für die „CAD“-3D-Konstruktion des Gerüstes (2), eine Schleifeinheit zum automatischen Formschleifen des Gerüstes (3) und ein Hochtemperatur-Brennofen zum Dichtsintern des Gerüstes (4). Zusätzlich wird die jeweils aktuelle CAD-Software benötigt. Abbildung 3 zeigt die typische aktuelle Gerätefamilie. Eine Auswahl der wichtigsten im Markt befindlichen Systeme wird mit den verarbeitbaren Materialtypen in Tabelle 1 und mit den von den Systemen herstellbaren Restaurationstypen in Tabelle 2 dargestellt. Weitere dentale CAD/CAM-Systeme, die für die Zirkonoxid-Gerüsterstellung in Frage kommen, befinden sich in unterschiedlicher Konfiguration auf dem Markt und können hier nicht detailliert beschrieben werden. Dazu gehören, wegen des ständigen

Wandels ohne Anspruch auf Vollständigkeit und Aktualität: Cicero (Cicero Dental Systems, Hoorn, Niederlande); Digident (Girrbach Dental, Pforzheim); Cercon (Degudent, Hanau), "es1 (Etkon, Gräfelfing); DentaCAD (Hint-Els, Darmstadt-Griesheim); Lava (3M-Espe, Seefeld). Precident (DCS, Allschwil, Schweiz); Procera (Nobel Biocare, Schweden); Pro 50 (DDS-Cynovad, Frankreich und Canada), siehe auch *Tinschert* (2006).

3 • Klinischer Fall

3.1 • Vorbereitung und Präparation der Pfeilerzähne

Zur Vorbereitung der Pfeilerzähne entfernt man alte Restaura- und Unterfüllungsmaterialien sowie kariöse Läsionen vollständig. Gegebenenfalls fertigt man einen Stumpfaufbau oder Füllungen unter Anwendung der Adhäsivtechnik, z.B. unter Verwendung von Tetric Ceram und Syntac Classic (Ivo-

System/Hersteller	Brücken- Gerüste	Inlays	Overlays	Vollkronen	Veneers	Abutments
inLab/Sirona	✓	✓	✓	✓	✓	Infinident Fertigung*
CEREC MC XL/Sirona	✓	✓	✓	✓	✓	Infinident Fertigung*
Everest/Kavo	✓	✓	✓	✓	○	○
Cercon/Degudent	✓	○	○	○	○	○
Zeno/Wieland	✓	○	○	○	○	○
Lava/3M-Espe	✓	○	○	○	○	○

Tabelle 2 Mit CAD/CAM-Systemen herstellbare Restaurationstypen.

* Zentrale Fertigung im Werk, Datenübertragung per Internet.



Abbildung 2 Zirkoniumdioxid-Brückengerüst nach Beendigung des Formschleifprozesses in der Schleifkammer einer dentalen Nass-Formschleifmaschine für keramische Restaurationen (hier CEREC MC XL/Sirona). Das Gerüst bleibt am Ende der Bearbeitung mit dem Restblock samt Blockhalter durch einen schmalen Steg verbunden. Der Zahntechniker nimmt das Ganze aus der Schleifkammer und trennt das Gerüst manuell vom Restblock ab.

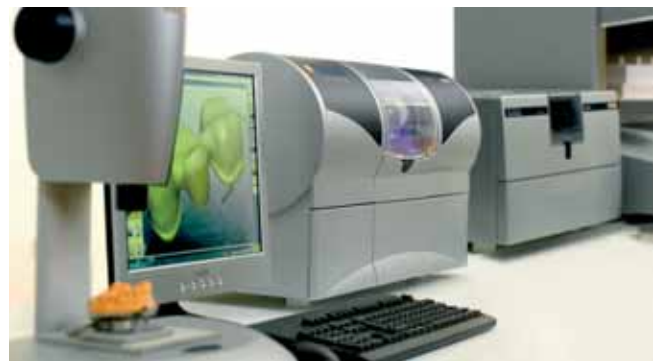


Abbildung 3 Beispiel einer aktuellen Laborgerätefamilie (inLab, Sirona) für die Herstellung von Zirkoniumoxid-Brückengerüsten bestehend aus vier Grundelementen, von (links nach rechts) inEOS-Scanner (1), Bildschirm mit Rechner für CAD (2), CEREC MC XL/Sirona Hochleistungs-Nass-Formschleifmaschine, bzw. herkömmliches inLab Scan- und Nass-Formschleifgerät CAM (3) und Hochtemperatur-Sinterofen (4).



Abbildung 4 Klinischer Fall: a Präparation auf dem Scanmodell, b virtuelles inLab 3D Modell.

clar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Falls bei endodontisch vorbehandelten Pfeilerzähnen keine ausreichende Retentionsfläche für den Stumpfaufbau vorhanden ist, wird zusätzlich ein keramischer Wurzelstift gesetzt, z.B. CeraPost, Brasseler, Lemgo) mit Panavia 21 TC (Kuraray, Kurashiki Okayama, Japan). Die Pfeilerzähne werden unter Gewährleistung einer ausreichenden biologischen Breite von 2,5-3,0 mm präpariert. Man legt zirkulär eine Stufenpräparation in der Breite von 0,8-1,0 mm mit abgerundeten Innenwinkeln an. Nur bei ungünstigen Platzverhältnissen wird auf eine Hohlkehlpfpräparation ausgewichen. Der Konvergenzwinkel des Stumpfes beträgt ca. 10-12°. Okklusal reduziert man mindestens 1,5 mm. Bevorzugt wird die einzeitig zweiphasige Abformung mit einem Polyätherabformmaterial oder einem additionsvernetzenden Ab-

formsilikon. Das Brückenprovisorium wird unter Verwendung eines Silikonschlüssels im direkten Verfahren z.B. mit Luxa-temp (DMG) gefertigt und mit z.B. mit Temp Bond NE (Kerr Hawe, Bioggio, Schweiz) befestigt. Vor Eingliederung des Provisoriums versiegelt man die Stümpfe mit dem Syntac Classic-System (Ivoclar Vivadent) nach dem Prinzip des „Total Bonding“.

3.2 • Labortechnische Herstellung

Zunächst wird ein Scan-Modell aus Superhartgips hergestellt (Abb. 4 a), z.B. aus Fuji Rock (GC International, Leuven, Belgien) und anschließend die Brückensituation mit dem Laser Scanner in einem inLab-Gerät oder alternativ mit dem inEOS-Scanner (beide Sirona, Bensheim, Deutschland) gescannt. Die CAD-Konstruktion des Brückengerüsts erfolgt dann am Monitor auf dem dargestellten 3D-Datenmodell (Abb. 4 b und Abb. 5 a und b) mit der zugehörigen inLab-Software. Diese hält automatisch für die Verbinders die Mindestfläche von 9 mm² (dreigliedrig) bzw. 12 mm² (viergliedrig) ein. Die Gerüstwandstärke der Pfeilerkronen legt man in der Software auf 0,7 mm fest. Sodann wird das Gerüst z.B. aus Vita In-Ceram YZ (YZ-40/15 und YZ-55) Zirkonoxid-Blockkeramik (Vita) im inLab-Gerät formgeschliffen. Die Dichtsinterung der Brückengerüste erfolgt im vorliegenden Fall im Hochtemperatur-



Abbildung 5 Klinischer Fall: inLab 3D Modell der Präparation aus Abbildung 2 mit viergliedriger Gerüstkonstruktion a von bukkal, b von okkusal; viergliedriges inLab In-Ceram YZ Zirkonoxidgerüst auf dem Modell c von bukkal, d von okkusal; e, f Einprobe im Mund, sehr gute Passung; verblendet mit Vita VM 9 und mit Panavia eingesetzt, Labor Creative Ceramics Elmiger, Zürich, Schweiz; g, h Klinische Situation nach zwei Jahren und 7 Monaten in situ. Fall Dr. A. Bindl.

ofen ZYrcomat (Vita) bei 1530°C gemäß den Herstellerangaben. Nach manuellen Anpassungen des exakten Sitzes auf dem Gipsmodell mit Feindiamanten unter Wasserkühlung (Abb. 5 c und d) und der klinischen Gerüsteinprobe (Abb. 5 e und f) wurden die Brückengerüste zahntechnisch in einem externen Labor (M. Jermann, Creative Ceramics Elmiger, Zürich, Schweiz) mit der Feldspat-Verblendkeramik Vita VM9 verblendet (Abb. 5 g und h).

3.3 • Abstrahlen und Nacharbeiten der Gerüste

Die zu verblendenden Außenflächen der Zirkonoxidgerüste werden nicht abgestrahlt. Das Strahlen kann zu einer unerwünschten Phasenumwandlung und dadurch Schwächung um 20 bis 30 % des Zirkonoxids führen [20]. Für die Verblendung hat dies zur Folge, dass sich an der Grenzfläche komplexe Spannungsverläufe aufbauen, die zu Sprüngen bzw. Spätsprüngen nach Einsetzen der Restauration führen können. Die Unversehrtheit und Glätte der Oberflächen des gesinteren Zirkonoxidgerüsts sind entscheidend für die Biegefestigkeit bei Ermüdungsbelastung [20]. Die Nachbearbeitung mit Schleifwerkzeugen ist deshalb möglichst zu vermeiden. Sie kann dem Gerüst überkritische Energiemengen zuführen, die zu einer Phasenumwandlung des ZrO_2 , zu Oberflächenspannungen durch Verzerrung des Kristallgitters sowie zu Sprüngen und Spätsprüngen in der Verblendung nach Einsetzen der Restauration führen. Nachbearbeitungen im gesinterten Zustand dürfen nur mit einer Nassschleifturbine durchgeführt werden. Ein Regenerationsbrand kehrt Phasenumwandlungen an der Oberfläche um, ist aber nicht geeignet, durch grobe Nachbearbeitungen entstandene Mikrorisse zu regenerieren. Im Bereich der Verbinder soll möglichst jede Nachbearbei-

tung vermieden werden. Die Bearbeitungsvorschriften des Herstellers müssen strikt eingehalten werden.

3.4 • Fehlermöglichkeiten bei der Herstellung von Zirkonoxid-Gerüstbrücken

Bei keiner der in unserer Klinik eingesetzten (ca. 170) dreigliedrigen Zirkonoxidgerüstbrücken wurden bisher Gerüstfrakturen beobachtet. Jedoch traten bei zwei der bisher 32 eingesetzten viergliedrigen Zirkonoxidgerüstbrücken Gerüstfrakturen auf. Diese wurden der fraktographischen Analyse zugeführt, wobei ganz eindeutige Bearbeitungsfehler und Nichtbeachtung der Herstellervorschriften nachweisbar waren. Im Einzelnen wurden folgende Frakturauslöser festgestellt: 1. Nichteinhalten der Gerüstwandstärke (Abb. 6). 2. Kürzen der Pfeilerkappe und Aufbrennen der Verblendung auf die Stufe (Abb. 7). 3. Grobe Diamantbearbeitung des gesinterten Gerüsts (Abb. 8) 4. Poren in der Verblendung durch Abweichungen in der Modellierflüssigkeit und/oder abweichende Brandführung. Weitere Fehler sind die Reduktion des vertikalen Verbinderquerschnittes durch Nacharbeitung mit Diamantschleifern und die Verwendung artfremder Massen zwischen Gerüst und Verblendung. Nach Kenntnisnahme der Fehlmanipulationen traten in der Folge keine weiteren Gerüstfrakturen an viergliedrigen Gerüsten mehr auf.

3.5 • Ästhetisches Potential

Zirkonoxidgerüstbrücken sind auf dem aktuellen Stand der Technik mit genügender Grazilität anatomisch-morphologisch gestaltbar. Die modernen Verblendmassen z.B. VM9 (Vita) und IPS e.max Ceram (Ivoclar Vivadent) sind in der Lage, sehr hohe ästhetische Anforderungen bei der Brückenverblendung zu erfüllen (Abb. 10 und 11). Dies gilt natürlich auch für

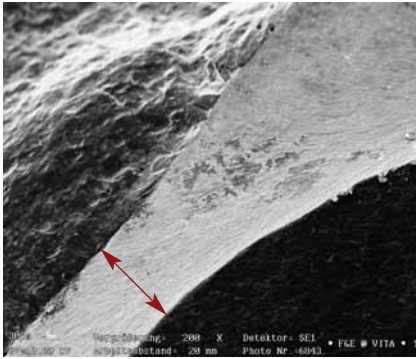


Abbildung 6 Vergrößerung 200x. Frakturursache: Nichteinhaltung der Gerüstwandstärke, gemessen wurde 375 µm, das Soll ist 700 µm. Fraktur von Gerüst und Verblendung im distalen Übergangsbereich von Verbindler zur Kappe, an viergliedriger Zirkonoxidbrücke von 34 auf 37 nach einem Jahr Tragzeit.

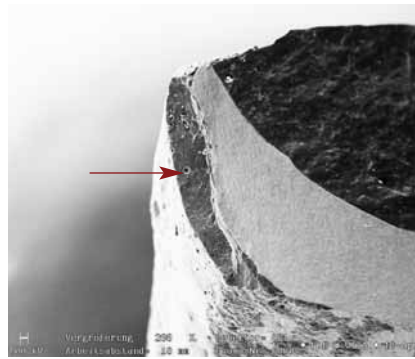


Abbildung 7 Vergrößerung 200x. a, b die Pfeilerkappe wurde entgegen den Herstellervorschriften marginal gekürzt und mit Verblendkeramik eine Schulter aufgebrannt. Die Verblendkeramik besitzt im Gegensatz zu YZ eine deutlich geringere Druckfestigkeit. Dies hatte einen Riss im Zirkonoxidgerüst in einem frühen Stadium zur Folge, der zur katastrophalen Fraktur der Brücke führte.

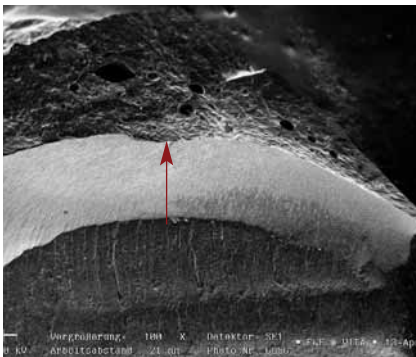
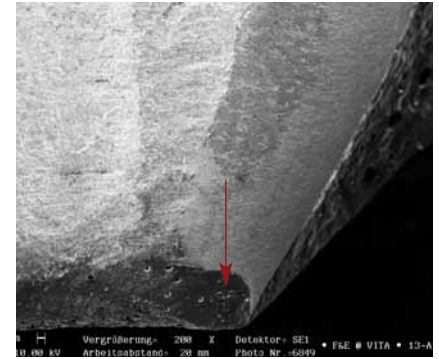


Abbildung 8 Vergrößerung 100x. Das Gerüst wurde entgegen der Empfehlung des Herstellers im gesinterten Zustand mit einem diamantierten Werkzeug bearbeitet. Die hierdurch induzierten Oberflächendefekte im Zirkonoxid haben letztendlich in Folge einer hohen mechanischen (Dauer-)Belastung zur Fraktur der Restauration geführt.

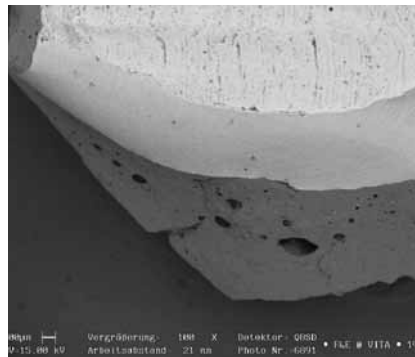


Abbildung 9 Vergrößerung 100x. Porosität der Verblendkeramik. Dies lässt auf Abweichungen in der verwendeten Modellierflüssigkeit, oder der verwendeten Brandführung schließen.



Abbildung 10 Viergliedrige Zirkonoxidgerüstbrücke (In-Ceram YZ, verblendet mit VM 9-Verblendkeramik). a Ausgangssituation, b morphologisch und ästhetisch natürliche Gestaltung. Fall: Dr. D. Wolf; Labor: M. Jermann, Creative Ceramics Elmiger, Zürich, Schweiz

die Fertigung einzelnen Zirkonoxidgerüstkronen [1]. Bei Implantatversorgungen ergeben sich durch die Anwendung von Zirkonoxid für Abutments in Verbindung mit der CAD/CAM-Technologie interessante Aspekte [2].

3.6 • Adhäsive Befestigung

Zur Befestigung aller Brücken wurde das rein chemisch härtende bis-GMA-Adhäsivmaterial Panavia 21 TC (Kuraray, Kurashiki Okayama, Japan) verwendet. Vor dem Einsetzen der fertigen Brücke werden die Klebeflächen der Brückenninnenseiten nach Herstellerempfehlung mit Aluminiumoxid (50 µm bei 2–3 bar) abgestrahlt. Das Dentin der Pfeilerpräparationen frischt man z. B. mit einem Finierdiamanten Nr. 2504 (Intensiv, Vignello-Lugano, Schweiz) mit einer Körnung von 20 µm an. Unter relativer Trockenlegung mittels Watterollen (Pharmadoc, Zürich, Schweiz) und Parotiskissen (Dry Tips, Mölnlycke, Schweden) erfolgt die adhäsive Vorbehandlung des Dentins mit selbststättendem Primer, Adhäsiv und Bonding (Syntac Classic, Ivoclar Vivadent). Das angemischte Panavia wird deckend auf die Klebeflächen aufgetragen. Anschließend erfolgt die Platzierung und Fixierung der Restauration auf den

Stümpfen. Grobe Überschüsse werden entfernt und man deckt die Klebefuge mit dem Glycerin-Gel (Panavia F Oxyguard II, Kuraray, Kurashiki Okayama, Japan) ab, um die Bildung einer oberflächlichen Sauerstoff-Inhibitionsschicht zu verhindern. Die Überschüsse entfernt man nach vollständiger Aushärtung des Befestigungszements, nach acht Minuten mit Scaler und Sonde.

4 • Diskussion

Bei dreigliedrigen Brückengerüsten trat keine Gerüstfraktur auf, alle Seitenzahnbrücken waren in situ. Dies bestätigt die Annahme und die Ergebnisse bisheriger Studien, dass bei dreigliedrigen vollkeramischen Brücken mit einem korrekt bearbeiteten Zirkonoxidgerüst keine Gerüstfrakturen auftreten [14, 17]. Die hohe Festigkeit des Zirkonoxids scheint für die Belastungen im Seitenzahnbereich zu genügen [19]. Dabei handelte es sich ausschließlich um dreigliedrige Brücken. Bei 32 viergliedrigen Zirkonoxidgerüstbrücken beobachteten wir zwei Gerüstfrakturen, die einer eingehenden fraktographischen Analyse unterzogen wurden. Die beiden Frakturen konnten auf eindeutige Manipulationsfehler zurückgeführt



Abbildung 11 a Ausgangssituation, b dreigliedrige Zirkonoxidgerüstbrücke (IPS e.max ZirCAD, verblendet mit IPS e.max Ceram-Verblendkeramik). Morphologisch und ästhetisch sehr schöne Gestaltung. Fall: Dr. D. Wolf; Labor: M. Schuhmacher, Zürich, Schweiz.

werden. Die Brückenspannweite von viergliedrigen Gerüsten verlangt die genaue Einhaltung der Nacharbeitungsvorschriften der Hersteller. Weitere Gerüstfrakturen kamen bisher nicht vor. Aufgrund der fehlenden Langzeitergebnisse von mehr als drei Jahren wird im klinischen Routineeinsatz noch Zurückhaltung angeraten [8].

Bei den relativen Misserfolgen der Verblendkeramik handelte es sich um sog. Chipping-Frakturen. Die Rate der lamellenförmigen Frakturen bzw. Abplatzungen innerhalb der Verblendung lag bei 5% (an zwei Zwischengliedern und an vier distalen Pfeilern). In allen Fällen fand das Abplatzen innerhalb der Verblendkeramik statt, das Gerüst lag in keinem Fall frei.

Somit ist nicht von einem Adhäsionsproblem zwischen Zirkonoxid und Verblendkeramik auszugehen. Entsprechende Absplitterungen der Verblendkeramik traten auch schon in früheren Studien auf [14, 17, 19]. Eine mögliche Ursache für die beobachteten Absplitterungen wird in einer fehlenden Unterstützung der Verblendkeramiksichten durch das Brückengerüst gesehen [17]. Eine anatomisch unterstützte Verblendung durch eine entsprechende Gestaltung des Gerüstdesigns sollte angestrebt werden [17, 19]. Mit neuester Software z.B. für inLab ist die Gestaltung eines entsprechenden Gerüsts inzwischen möglich. Das vom System generierte Brückengerüst kann mit den verschiedenen Tools anatomiegerecht individualisiert werden.

Die Langlebigkeit einer Restauration hängt maßgeblich von deren Passgenauigkeit bzw. nach dem Einsetzen von der Randqualität ab. Die interne 3D-Passgenauigkeit kann man heutzutage mittels digitaler 3D-Methoden messen. Moldovan et al. bewerteten die Passgenauigkeit von Zirkonoxidgerüsten, welche mit dem inLab Gerät hergestellt wurden, als gut [12]. Unsere Beobachtungen zur Beurteilung der marginalen Adaptation stimmen insofern damit überein, als dass an 98% der mesialen und an 95% der distalen Pfeiler die Randübergänge von Krone zu Zahn höchstens punktuell tast- und sichtbar waren. Wie in REM-Untersuchungen ermittelt wurde, lag die durchschnittliche marginale Fugenbreite der Vita In-Ceram YZ Cubes-Brückengerüste mit Stufenpräparation bei $53 \pm 20 \mu\text{m}$ [9]. Die Passung von CAD/CAM generierten Kronenkappen weist auf dem aktuellen technischen Stand die gleiche Präzision auf wie konventionell zahntechnisch hergestellte keramische Kronenkappen [2].

Generell wurde an den Pfeilerzähnen eine leicht größere Blutungsneigung als an Kontrollzähnen, die keine Pfeilerzähne waren, beobachtet. Dies wird auf mangelnde Brückenhygiene zurückgeführt. Keramik begünstigt zwar die Plaqueanlagerung nicht, hat aber auch keine protektiven Eigenschaften, d. h. eine sorgfältige Reinigung im Bereich der Konnektoren ist für die Erhaltung der gingivalen und parodontalen Gesundheit absolut unverzichtbar. Zur Erleichterung der Brückenhygiene wäre es wünschenswert, die Verbinderdimension weiter reduzieren zu können. Infolge von In-vitro-Untersuchungen wird derzeit angeraten, die Verbinderstärke von 9 mm^2 für dreigliedrige und 12 mm^2 für viergliedrige Brücken nicht zu unterschreiten, um Frakturen zu vermeiden [10]. Es wurde gezeigt, dass Rissbildungen ihren Ausgangspunkt stets an den Verbindern im gingivalen Bereich haben [10]. Bei Einhaltung der Regeln und genügender Mundhygiene sind mit Zirkonoxidgerüstrestitutionen im Rahmen des bisherigen Beobachtungszeitraumes funktionell, ästhetisch und klinisch sehr befriedigende Restaurationen herstellbar.

Bildnachweis: Für die Überlassung der Abbildungen 2 und 3 danken die Autoren Herrn H.-G. Bauer, Sirona. Für die Überlassung der Abbildungen 1a, 1c, 1f sowie für die fraktografische Analyse mit den Abbildungen 6, 7a, b sowie 8 und 9 danken wir Dr. M. Stephan, Vita.



Literatur

- Baltzer A, Vanik-Kaufmann J, Kurbad A, Reichel K: CAD/CAM und Vollkeramik. Ästhetische Restaurationen in der zahnärztlichen Praxis. Quintessenz, Berlin 2006
- Bindl A, Mörmann WH: Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings und chamfer preparations. J Oral Rehabil 32, 441-447 (2005)
- Bindl A, Thiel N, Stephan M, Mörmann W: In-Ceram 2000 YZ CUBES Zirkonoxidkeramik: CAD/CAM-Gerüste für vollkeramische Brücken. Technische und klinische Bewährung. Sonderdruck der Vita-Zahnfabrik (Art.-Nr. 1163D) (3.2005)
- Bindl A, Lüthy H, Mörmann WH: Strength and fracture pattern of monolithic CAD/CAM-generated posterior crowns. Dent Mater 22, 29-36 (2006)
- Bindl A, Mörmann WH: inLab implant crowns on ceramic abutments. In Mörmann, WH (Hrsg.): State of the art of CAD/CAM restorations. 20 years of inLab. Quintessence, New Malden UK 2006, 155-162
- Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV: Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. Dent Materials 20, 449-456 (2002)
- Kelly R: Machinable ceramics. In Mörmann WH (Hrsg.): State of the art of CAD/CAM restorations. 20 years of inLab. Quintessence, New Malden UK 2006, 29-38
- Kern, M: Clinical performance of all-ceramic restorations. In Mörmann WH (Hrsg.): State of the art of CAD/CAM restorations. 20 years of inLab. Quintessence, New Malden UK 2006, 47-56
- Le Tran DT: Marginale und interne Passgenauigkeit computergestützt gefertigter vollkeramischer Brückengerüste. Inauguraldissertation. Fachbereich Medizin der Universität Zürich (2003)
- Lüthy H, Filser F, Loeffel O, Schumacher M, Gauckler LJ, Hämmerle C: Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. Dent Mater 21, 930-937 (2005)
- Luthardt RG, Holzhüter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E, Walter M: Reliability and properties of ground YTZP-zirconia ceramics. J Dent Res 81, 487-491 (2002)
- Moldovan O, Rudolph H, Luthardt RG: Interne 3D-Passgenauigkeit CAD/CAM-gefertigter Zirkonoxidgerüste für den Seitenzahnbereich. Dtsch Zahnärztl Z 61, 410-416 (2006)
- Olsson KG, Fürst B, Andersson B, Carlsson GE: A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-Ceram Alumina fpdfs. Int J Prosthodontics 16, 150-156 (2003)
- Sailer I, Lüthy H, Feher A, Schumacher M, Schärer P, Hämmerle C: 3-year clinical results of zirconia posterior fixed partial dentures made by direct ceramic machining (DCM). J Dent Res 82, 21 (Spec Iss B, Abstract 0074) (2003)
- Suárez MJ, Lozano JFL, Salido MO, Martínez, F: Three-year clinical evaluation of In-ceram Zirconia posterior fpdfs. Int J of Prosthodontics 17, 35-38 (2004)
- Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H: Fracture resistance of lithium disilicate-, Alumina- und Zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. Int J Prosthodontics 14, 231-238 (2001)
- Tinschert J, Natt G, Latzke P, Schulze K, Heussen N, Spiekermann H: Vollkeramische Brücken aus DC-Zirkon - Ein klinisches Konzept mit Erfolg? Dtsch Zahnärztl Z 60, 435-445 (2005)
- Tinschert J: CAD/CAM systems and materials for the dental lab. In Mörmann, WH (Hrsg.): State of the art of CAD/CAM restorations. 20 years of inLab. Quintessence, New Malden UK 2006, 139-144
- Vult von Steyern P, Carlson P, Nilner K: All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. J Oral Rehabil 32, 180-187 (2005)
- Zhang Y, Lawn B, Malament KA, et al.: Damage Accumulation an Fatigue Life of Particle- Abraded Ceramics. Int Journal Prosthodontics 19, 442-448 (2006)

• Korrespondenzadresse

Prof. Dr. W. Mörmann
 Station für Computer-Restaurationen
 Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie
 Universität Zürich
 Plattenstr. 11
 CH-8032 Zürich
 E-Mail: werner.moermann@zzmk.unizh.ch