

Korrekte Modellierung von Zirkoniumdioxidgerüsten

| Jan Hajtó

Vollkeramische Restaurationen kamen in der zahnärztlichen Prothetik in den letzten Jahren umfangreich zum Einsatz. Die Einführung von hochfesten Strukturkeramiken wie Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid (3Y-TZP) hat die Indikation von Keramik in der Zahnmedizin stark ausgeweitet. Vollkeramikronen und Brücken sind so auch im stärker belasteten Seitenzahnbereich möglich.^{1,2}

Während eine Reihe klinischer Studien die erfolgreiche Verwendung von Zirkonoxid für Brücken belegt,^{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13} existieren so gut wie keine Studien zu Einzelkronen. Gerüstfrakturen wurden in diesen Studien nicht beobachtet, allerdings finden sich unterschiedlich hohe Chippingraten von 0 Prozent⁷ bis teilweise bis zu 25 Prozent nach drei Jahren.^{10,14} Als „Chipping“ werden kohäsive Frakturen innerhalb der Verblendkeramik bezeichnet (Abb. 1). Im Mittel ergibt sich

drei benachbarten Kronen zwei unversehrt geblieben. Unter der Annahme, dass zwar in einigen Fällen mehrfache Frakturen je Brücke aufgetreten sein können, dass aber andererseits auch mehr als dreigliedrige Brücken untersucht wurden, kann dieser Wert in etwa gedrittelt werden. Daraus lässt sich eine ungefähre Größenordnung von 1,8 Prozent pro Jahr für Einzelkronen ableiten. Diese ist eindeutig höher als bei Metallkeramik. Für Metallkeramik wird eine geschätzte Verblendfrakturhäufigkeit von ca. 0,6 bis 2,2 Prozent pro Jahr mit einer Vielzahl möglicher Ursachen angegeben.^{15,16,17} Diese Angaben sind wiederum unter Vorbehalt zu sehen, da die Datenlage recht dünn ist und daneben wichtige Parameter nicht bekannt sind. Bei geringer Fallzahl kann z.B. ein einziger Bruxer den Prozentsatz vervielfachen.¹⁸ Sind solche Patienten von vorneherein ausgeschlossen, so sind die Raten deutlich geringer.

„Gefühlt“ und aus anekdotischen Berichten war in den letzten Jahren dennoch ein eindeutiger Trend einer gegenüber Metallkeramik erhöhten Häufigkeit im klinischen Alltag erkennbar. Allerdings scheint es ebenso wie in der wissenschaftlichen Literatur auch in der allgemeinen Praxis deutliche Unterschiede von Zahnarzt zu Zahnarzt zu geben. Eine aktuelle Studie belegt das Vorhandensein ausgeprägter praxisindividueller Unterschiede (Abb. 2).¹⁹

Kaplan-Meier-Kurven für Kronen und Brücken

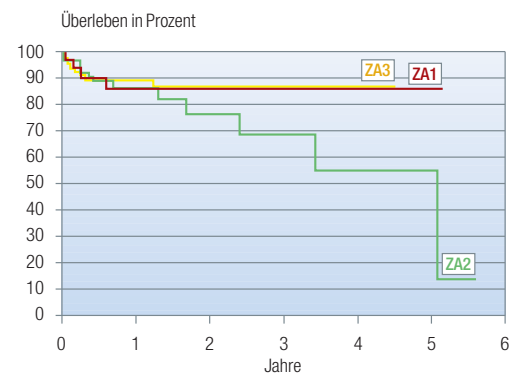


Abb. 2: Kaplan-Meier-Kurven für Kronen und Brücken (Kriterium: Verblendkeramikfraktur); Zahnarzt 1: rot, Zahnarzt 2: grün, Zahnarzt 3: gelb. Mit freundlicher Genehmigung Prof. Th. Kerschbaum.¹⁹



Abb. 1: Charakteristische Abplatzungen der Verblendkeramik von zirkonoxidgestützten Kronen.

aus den genannten Studien eine durchschnittliche Häufigkeit von ca. 4 Prozent pro Jahr. Allerdings ist diese hohe Zahl insofern zu relativieren, da sich die Angaben jeweils auf die Anzahl der untersuchten Brücken beziehen. Das Frakturereignis betrifft dadurch drei oder mehr Einheiten. Hätte es sich um Einzelkronen gehandelt, so wären von

In der eigenen Praxis mit seit dem Jahr 2003 mehreren hundert eingesetzten Zirkonoxidkronen und Brücken spielt das Chippingproblem in den letzten Jahren mit zunehmendem Erkenntnisgewinn und fortschreitender Materialverbesserung inzwischen keine größere Rolle als bei Metallkeramik. Dabei fiel auf, dass sich 80 Prozent der eigenen Chippings auf wenige Patienten und Arbeiten von wenigen unerfahrenen Zahntechnikern konzentrierten. Die Problempatienten waren funktionell nicht ausreichend vorbehandelt, hatten multiple Implantate und in der Mehrzahl Parafunktionen. Hinzu kam häufig eine ungenügende funktionelle zahn-technische Umsetzung ohne eine korrekte Front-Eckzahnführung. Daneben

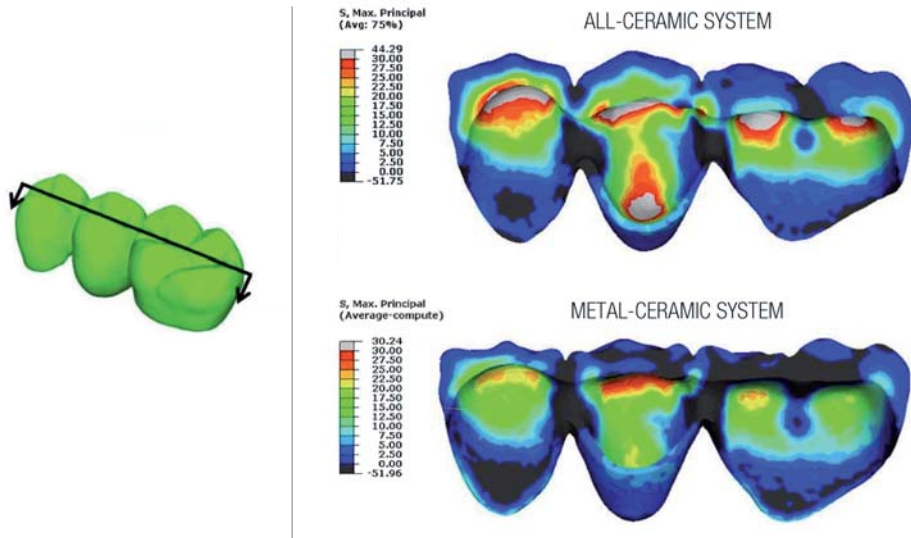


Abb. 3: Die an der Grenzfläche „Gerüst/Verblendung“ entstehenden Zugspannungen bei Zirkoniumdioxid-Vollkeramik (oben) und Metallkeramik (unten). Die roten und grauen Bereiche entsprechen besonders hoher Zugspannung. Auch bei Metallkeramik finden sich derartige Bereiche, allerdings nur bis maximal 33 MPa gegenüber 44 MPa bei Zirkon. Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Markus Vollmann. DeguDent GmbH, Hanau.

spielten aber ganz offensichtlich auch weitere laborseitige Faktoren eine besondere Rolle, bei deren Berücksichtigung sich die Chippingraten stark reduzieren lassen. Auf diese Kriterien soll im Folgenden genauer eingegangen werden.

Die anatomische Unterstützung

Infolge einer zu raschen Abkühlung der aufgetragenen Krone nach dem Verblenden im Keramikofen kommt es zu

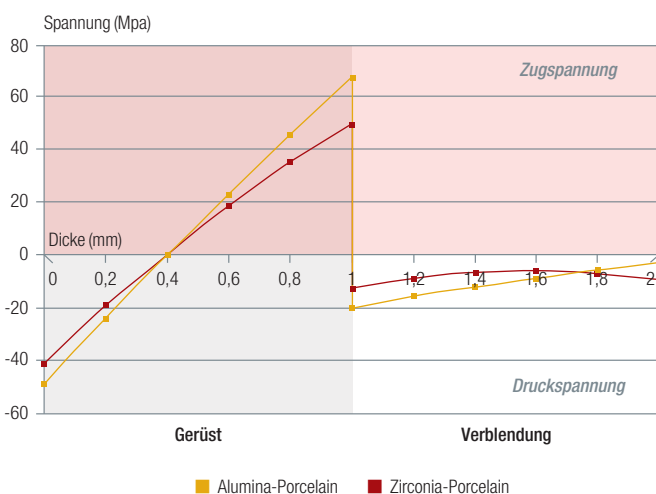
inneren Spannungen im vollkeramischen Gerüst und innerhalb der Verblendschicht. Entscheidend für das Chipping sind Zugspannungen im Kern der Verblendung. Nach diesem Prinzip erfolgt z.B. auch die Herstellung von Sicherheitsglas, welches zerspringt, sobald ein einwirkender Riss in die innere – in Zugspannung stehende – Zone vordringt. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit des Zirkonoxides ist dieser Effekt gegenüber metallkerami-

schen Restaurationen sehr stark erhöht (Abb. 3). Dieser Unterschied verringert die Verarbeitungsbandbreite und die Fehlertoleranz bei Zirkonoxid und die in der Verarbeitungsanleitung beschriebenen Prozesse müssen genau eingehalten werden.

Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je schneller die Keramik abgekühlt wird. Aus diesem Grund ist es von allergrößter Bedeutung, Zirkonoxidarbeiten besonders langsam abzukühlen. Dieser Effekt ist außerdem umso größer, je dicker die Verblendung ist (Abb. 4 und 5).

Eine anatomische Höckerunterstützung wird seit Längerem nicht zuletzt wegen der besseren mechanischen Stabilisierung der Verblendung gegen abscherende Kräfte propagiert. Dies erstreckt sich zum Teil bis hin zu kompletten oralen Zirkonanteilen unterhalb des Kronenäquators oder Approximalkontakten in Zirkonoxid.²⁰ Grundsätzlich nehmen die Zugspannungen in der gesamten Krone bei dickeren Gerüsten ab.²¹ Die erhöhte Steifigkeit eines massiven Gerüsts hat dabei ebenfalls einen Einfluss auf die Verblendung, da es Biegemomenten unter Last besser widerstehen kann. Laborversuche haben gezeigt, dass Kronen mit anatomisch unterstützenden Zirkonoxidgerüsten deutlich weniger Chippings aufweisen.^{22,23}

Zwei Keramikschichten mit je 0,5 mm Dicke:
Kombinierte Restspannung bei 50 °C/Sek. Abkühlung



Zwei Keramikschichten mit 5 mm Dicke (Gerüst 1 mm, Verblendung 4 mm):
Kombinierte Restspannung bei 50 °C/Sek. Abkühlung

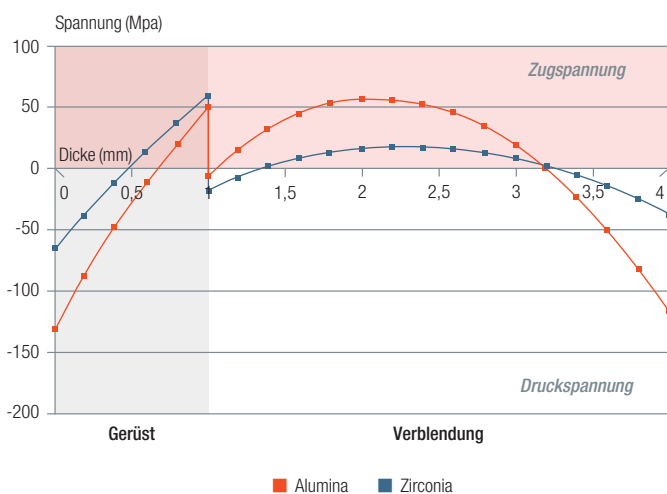


Abb. 4 und 5: Die „eingefrorene“ Restspannung im Gerüst- (grau) und Verblendmaterial (weiß) von Vollkeramikronen. Zugspannungen (im roten Bereich) begünstigen eine Zersplitterung der Keramik infolge zusätzlicher in diese Zone eindringender Kräfte. – Abb. 4: Bei dünner Verblendschicht treten Druckspannungen auf. – Abb. 5: Bei einer dicken Verblendkeramik verbleiben signifikante Restzugspannungen in der Verblendung. Für Zirkonoxid sind diese bis zu dreimal so hoch wie bei Aluminiumoxid. (Mit freundlicher Genehmigung von Michael Swain.)

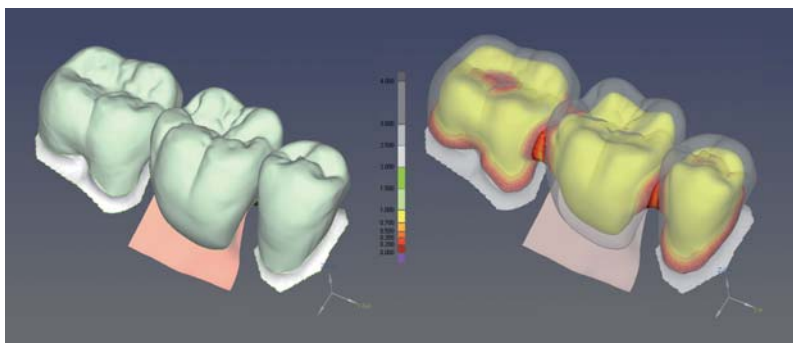


Abb. 6: Ausgehend von einer virtuellen vollanatomischen Brückenmodellation (links) wird eine gleichmäßige Reduktion errechnet (gelbe Flächen). Im Bereich der Kronenränder, der Verbinder und bei zu geringem Platz kann der eingestellte Wert unterschritten werden (rote Bereiche). Software: absolute Ceramics/geomagic.

Eine kontrollierte Steuerung der Gerüst- und Verblendkeramikstärke ist am besten mittels einer exakten dreidimensionalen Berechnung der Reduktion bezüglich der späteren vollanatomischen Form möglich. Moderne dentale Modellationssoftwares leisten eine solche Berechnung auf Knopfdruck (Abb. 6).

Brückenverbinder

Bei der Gestaltung von Brückengerüsten ist vor allem eine ausreichende Dimensionierung der Verbinder zu beachten. Allerdings sind die Angaben in der Literatur nicht immer einheitlich. Studien von Studart²⁴ ergaben, dass mit einer zunehmenden Zahl von benachbarten Brückengliedern die Verbinderschnittflächen deutlich ansteigen müssen, um eine mindestens 20-jährige Lebensdauer sicherzustellen. Für ZrO₂ werden als Empfehlung folgende Minimaldurchmesser für zylindrische Verbinder bei Seitenzahnbrücken angegeben (siehe Tabelle 1).²⁵

Es konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass viergliedrige Brücken mit Verbinderstärken von 7,3 mm² (rechteckige Querschnitte 2,7 x 2,8 mm) bei Belastungen von 500 N mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 Prozent brechen werden.²⁶ Konservative Empfehlungen liegen bei 9 mm² (rechteckige Querschnitte 3 x 3 mm) für dreigliedrige und 16 mm² (4 x 4 mm) für viergliedrige Seitenzahnbrücken.^{27,28}

Nicht in allen klinischen Fällen sind solche Platzverhältnisse gegeben, dass diese sicheren Vorgaben immer erfüllt werden können. Aus diesem Grund wurden Untersuchungen durchgeführt, um zu ermitteln, bis zu welchem Maße verringerte Konnektor-Querschnitte bei viergliedrigen Brücken eine hinreichende Stabilität gewährleisten.²⁹ Die Kombination 9/12/9 erwies sich dabei als ausreichend. Basierend hierauf finden sich in der Herstellerempfehlung zum Lava-System folgende Minimalangaben (siehe Tabelle 2).³⁰

Seitenzahnbrücke	3-gliedrig (1 Brückenglied)	4-gliedrig (2 Brückenglieder)	5-gliedrig (3 Brückenglieder)
Durchmesser	2,7 mm	4,1 mm	4,9 mm
Fläche des runden Querschnitts	5,7 mm ²	12,6 mm ²	18,8 mm ²

Tabelle 1

	K-K	K-B	B-B	K-SB
Verbindungsquerschnitte im Frontzahnbereich	7 mm ²	7 mm ²	7 mm ²	8 mm ²
Verbindungsquerschnitte im Seitenzahnbereich	9 mm ²	9 mm ²	12 mm ²	12 mm ²

Tabelle 2: Mindestquerschnitte nach Angaben von 3M ESPE für das Lava-System. K = Kronenkäppchen auf Kronenstumpf oder Brückenpfeiler, B = Brückenglied, SB = Schwebeglied.



**Zeit für
frisches
Denken.**

Jetzt informieren!
08166 - 99 57 20

**Qualitätsmanagement
Hygienemanagement
Praxismanagement
Kommunikation
Prophylaxe
Marketing**



**Unternehmensberatung
für Dentalpraxen**

info@dent-x-press.de
www.dent-x-press.de

ANZEIGE
COACHING
SEMINARE
BERATUNG

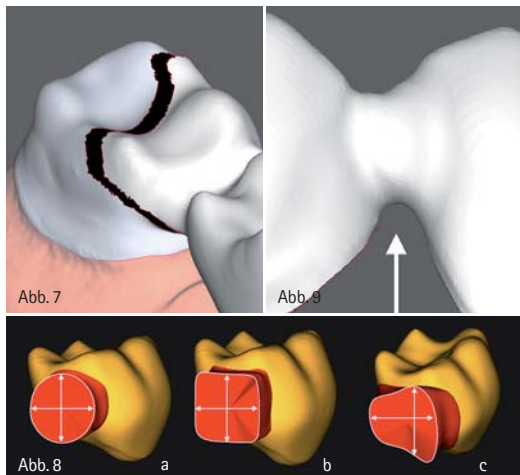


Abb. 7: Konnektorbrüche vollkeramischer Brücken verlaufen häufig auch im Kappchen. 3-D-Modell eines anatomisch reduzierten Gerüsts. – Abb. 8: Bei unterschiedlichen Geometrien resultieren bei gleicher Höhe und Breite unterschiedliche Querschnittsflächen. Bei jeweils 4 mm Breite und Höhe ergeben sich für a) einen kreisrunden Querschnitt: 12,6 mm², b) einen quadratischen Querschnitt: 16 mm² oder bei c) unregelmäßige Querschnitte nur im Computer zu berechnende Querschnittsflächen. – Abb. 9: Die Konnektoren müssen basal deutlich abgerundet sein, um bei Zugspannungen keine Kerbwirkung zu entfalten.

Es ist zu beachten, dass Schwebelbrückenglieder grundsätzlich eine größere Dimensionierung des Verbinderelementes erfordern. Dauerschwingversuche zeigen, dass die Werte aus Tabelle 1 ausreichend sind.³¹ Der inzwischen mehrjährige erfolgreiche Einsatz von ZrO₂ nach diesen Vorgaben belegt, dass sie im Rahmen der bisherigen Beobachtungsdauer den klinischen Bedingungen genügen.

Da ein häufiges typisches Frakturgeschehen von vollkeramischen Brücken im Verbinderbereich dadurch charakterisiert ist, dass sich der Bruchverlauf auch auf das benachbarte deutlich dünnere Kronenkappchen erstreckt (Abb. 7), sollten Gerüstkapfen auf Brückenpfeilern okklusal immer zusätzlich verstärkt werden. Nach den Vorgaben des Herstellers Ivoclar Vivadent sollten dabei folgende Mindestwerte eingehalten werden (siehe Tabelle 3).³²

Die Werte für die Verbinderschnitte entsprechen hierbei mit wenigen geringfügigen Abweichungen denen des Lava-Systems, sodass diese als allgemeingültig angesehen werden können. Die in der AG Keramik vertretenen Keramikhersteller haben folgende Empfehlungen für die Verwendung von ZrO₂ für Brücken erarbeitet: „Verbinderstellen im Frontzahnbereich benötigen als

	K	K-K	K-B-K	K-B-B-K	K-SB
Frontzahnbereich					
Gerüstmindeststärke zirkulär	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,7 mm	0,7 mm
Gerüstmindeststärke inzisal	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,7 mm	0,7 mm
Verbinderstärken	–	7 mm ²	7 mm ²	9 mm ²	12 mm ²
Seitenzahnbereich					
Gerüstmindeststärke zirkulär	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,7 mm	0,7 mm
Gerüstmindeststärke okklusal	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,7 mm	0,7 mm
Verbinderstärken	–	9 mm ²	9 mm ²	12 mm ²	12 mm ²

Tabelle 3: Gerüstmindeststärken und Verbinderstärken für IPS e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent)

Querschnittsfläche 7 bis 9 mm², bei mehrgliedrigen Brücken 7 bis 12 mm², abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder. Verbindern im Seitenzahnbereich benötigen 8 bis 12 mm², bei mehrgliedrigen Brücken 9 bis 12 mm², abhängig von der Anzahl der Einzelglieder und Zwischenglieder. Besonders Zwischenglieder und Schwebelbrückenglieder erfordern 12 bis 16 mm².³³ Es verbleibt demnach je nach Situation ein gewisses Maß an individueller Einschätzung. Ungünstige Situationen müssen erkannt werden und grundsätzlich sollte, sofern Platz vorhanden ist, immer angestrebt werden, die Verbinder so stabil wie möglich zu gestalten.

Eine Schwierigkeit in der labortechnischen Umsetzung solcher Empfehlungen liegt darin, dass die Fläche des Querschnittes in Abhängigkeit von der Kontur des Querschnittes deutlich variiert (Abb. 8).

Bei einem runden Querschnitt sind eine Höhe und Breite von 3,4 mm notwendig um eine Fläche von 9 mm² zu erhalten. Ovale oder unregelmäßige Konturen lassen sich noch schwieriger berechnen oder abschätzen. Da Seitenzahnbrücken hauptsächlich aus okklusaler Richtung belastet werden, spielt die minimale Höhe des Konnektors eine größere Rolle als dessen horizontale Ausdehnung. Da die größte Zugspannung an der Basalfläche der Konnektoren auftritt, sollte deren Höhe einen Wert von 3 mm nie unterschreiten.³⁴ Wegen der basalen Zugbelastung muss die Verbinderschnittseite daher immer gut abgerundet sein (Abb. 9).

Eine sichere Einhaltung von Mindesthöhen, -breiten oder -flächen ist nur über eine numerische Modellierung am

Computer möglich. Dies erlaubt außerdem eine dokumentierte und auch im nachhinein nachvollziehbare Dimensionierung. Im Falle von Frakturen können so mögliche Ursachen eruiert werden. Bei freihändig gestalteten und über Kopierfrässysteme hergestellten Gerüsten sind sichere Mindeststärken nicht immer gewährleistet.

ZWP online

Die Literaturliste steht zum Download unter www.zwp-online.info/fachgebiete/zahntechnik bereit.

tipp.

Weitere Informationen über den Inhalt seiner Hands-on-Kurse und zu anderen Top-Referenten finden Sie im Internet unter www.absolute-ceramics.com

autor.

Dr. med. dent. Jan Hajtó
Spezialist für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ)

kontakt.

Praxis für Ästhetische Zahnheilkunde und Implantologie Hajtó & Cacaci

Weinstr. 4, 80333 München
Tel.: 0 89/24 23 99 1-0
E-Mail: dr.jan.hajto@t-online.de
www.praxis-hc.de