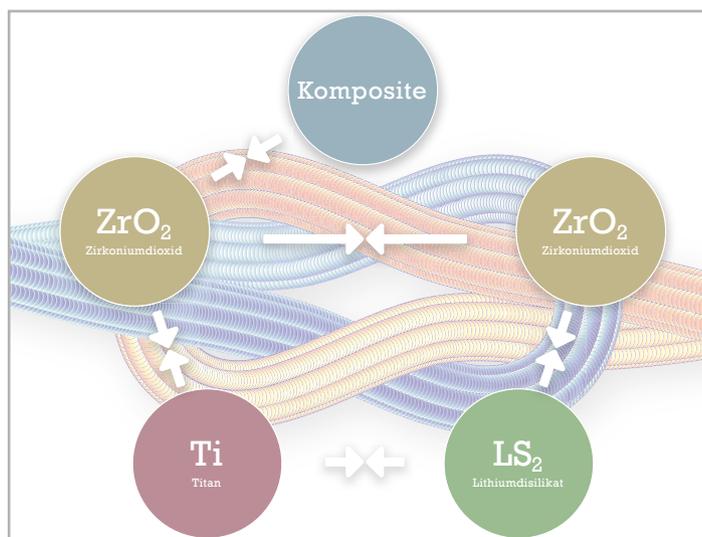


QUINTESSENZ ZAHNTECHNIK



SONDERDRUCK

Erfolgsfaktoren beim keramischen
Lithiumdisilikat-Zirkonoxid-Sinter-
verbund

Jan Hajtó, Uwe Gehringer

Einfluss des Fügens auf die
Stabilität von viergliedrigen
Zirkonoxidbrücken

Timea Wimmer, Jürg Hostettler,
Florian Beuer, Bogna Stawarczyk

Okklusal modifizierte
Zirkonoxidbrücke

Arvid Langschwager, René Friedrich,
Aurica Mitrovic, Michael Hopp,
Reiner Biffar

Innovationen und Teamarbeit
in der Implantatprothetik

Bärbel Riemer-Krammer, Catrin Eilert,
René Friedrich, Aurica Mitrovic,
Michael Hopp, Reiner Biffar

überreicht durch:



DCM GmbH
Breite Straße 16
18055 Rostock
www.dcm-hotbond.com

8

34. Jahrgang
August 2008

3

41. Jahrgang
März 2015

3

39. Jahrgang
März 2013

3

40. Jahrgang
März 2014

5

37. Jahrgang
Mai 2011



Entdecken Sie die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der **DCMhotbond Produkte** auf folgenden Seiten in diesem Heft:



DCMhotbond fusio

Erfolgsfaktoren beim keramischen Lithiumdisilikat-Zirkonoxid-Sinterverbund

Jan Hajtő, Uwe Gehringer
Seite 258 – 266

Innovation und Teamarbeit in der Implantatprothetik

Bärbel Riemer-Krammer, Catrin Eilert, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar
Seite 656 – 670



DCMhotbond zirconnect

Innovation und Teamarbeit in der Implantatprothetik

Bärbel Riemer-Krammer, Catrin Eilert, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar
Seite 656 – 670

Okklusal modifizierte Zirkonoxidbrücke

Aavid Langschwager, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar
Seite 352 – 367



DCMhotbond zircon

Okklusal modifizierte Zirkonoxidbrücke

Aavid Langschwager, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar
Seite 352 – 367

Einfluss des Fügens auf die Stabilität von viergliedrigen Zirkonoxidbrücken

Timea Wimmer, Jürg Hostettler, Florian Beuer, Bogna Stawarczyk
Seite 306 – 316

Innovation und Teamarbeit in der Implantatprothetik

Bärbel Riemer-Krammer, Catrin Eilert, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar
Seite 656 – 670

copyright by
not for publication
Quintessenz



Wir wissen worauf es ankommt.

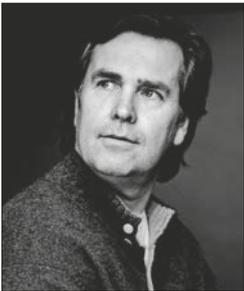
	<p>hotbond zirconnect</p> <p>schafft mittels eindiffundierter Glasmatrix die perfekte Oberfläche für den Verbund von: Keramikverblendungen Kompositverblendungen Kaltpolymerisaten sowie deren Kombination für die Befestigung von: Marylandbrücken Retainern Vollkeramischen Kronen und Brücken sowie deren Kombination</p>	<p>ZrO₂</p>
	<p>hotbond fusio</p> <p>verbindet artgleiche Werkstoffe miteinander</p>	<p>ZrO₂ → ← LS₂</p>
	<p>hotbond + hotbond fusio connect spray fusio</p> <p>verbindet artfremde Werkstoffe miteinander</p>	<p>Ti → ← LS₂ ZrO₂</p>
	<p>hotbond zircon</p> <p>verbindet artreine Werkstoffe miteinander wie ZrO₂-Bückensegmente ZrO₂-Passiv-Fit-Elemente</p>	<p>ZrO₂ → ← ZrO₂</p>



Oliver Brix
innovative dentaldesign, Kisseleffstraße 1a, 61348 Bad Homburg

„DCMhotbond fusio 6 kombiniert auf einzigartige Weise Stabilität und Ästhetik mit einem dauerhaften Verbund zweier verschiedener Materialien. Das Verfügen lässt sich problemlos in den Laboralltag integrieren und ermöglicht das sichere Verfügen vor dem Individualisieren.“

„DCMhotbond fusio 6 uniquely combines stability and aesthetics with a durable bond between two different materials. Joining is easy to integrate into everyday laboratory work and enables reliable joining prior to individualisation.“



ZTM Christian Moss (Master dental technician)
Moss Laboratorium für Zahn- und Implantattechnik GmbH, Sachsenfeld 3-5, 20097 Hamburg

„In 87 % aller Patientenarbeiten verwenden wir hotbond - und das seit 7 Jahren. Einen besseren Mehrwert kann ich im Labor nicht haben.“

„We use hotbond in 87 % of all patient jobs - and have done so for 7 years. There is no better added value I can have in the lab.“



Achim Ludwig & Massimiliano Trombin GbR
DA VINCI DENTAL, Glockengasse 3, 53340 Meckenheim

„Dank des Einsatzes von DCMhotbond haben sich neue Anwendungsmöglichkeiten in der Maryland - Brückentechnik für uns eröffnet.“

„Thanks to the use of DCMhotbond, new application options have opened up for in the use of the Maryland bridge technique.“



ZTM Andreas Klar (Master dental technician)
Rübeling + Klar Dental-Labor GmbH, Ruwersteig 43, 12681 Berlin

„hotbond- Produkte sind neuartige Materialien zum Fügen und Beschichten, die da ansetzen, wo andere Materialien am Ende sind. hotbond - Produkte werden in den nächsten Jahren einen großen Erfolg haben.“

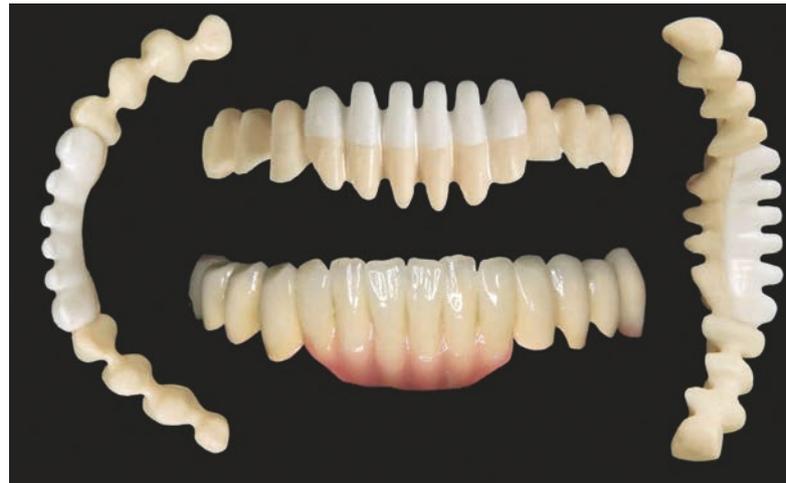
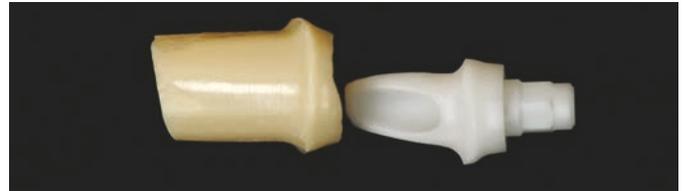
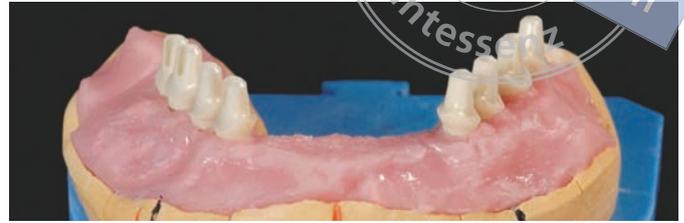
„hotbond products are novel materials for joining and layering that start where other materials finish. hotbond products will be hugely successful in the years to come.“

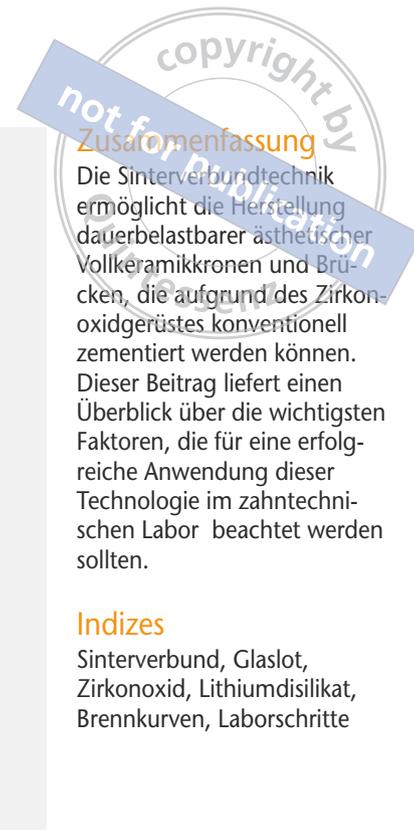
Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie 2008



Der letzte Vortrag des Zahnarztes Dr. Michael Hopp aus Berlin war schon von vielen mit Spannung erwartet worden, und so war der Vortragsaal trotz fortgeschrittener Zeit erstaunlich voll. Hopp berichtete über das Fügen von Zirkoniumdioxidkeramik mittels Keramiklot und weck-

te mit diesem Verfahren ein großes Interesse bei den Zuhörern, gibt das von ihm vorgestellte System dem Zahntechniker oder -arzt doch die Möglichkeit, mittels spezieller Keramiklote, speziell abgestimmt auf Zirkoniumdioxid, vergleichbar der Glas- und Keramiklötungen aus der Industrie, mechanisch und thermisch stabile Verbindungen herzustellen. Ihre Anwendung finden diese Lote bei horizontalen und vertikalen Erweiterungen von Gerüststrukturen, Reparaturen, Abutmentooptimierungen und vielem mehr (*Bildspalte rechts*). So können, z. B. bei Fräsgeräten mit eingeschränkter Blankgröße, durch die Kombination mehrerer Segmente trotzdem hochstabile zirkuläre Gerüststrukturen erstellt werden. Diese haben durch die erhöhte Arbeitstemperatur des Lotes den Vorteil einer späteren keramischen Verblendung durch Schichten oder Pressen. Diese keramische Fügetechnik gestatte sowohl das Verbinden von geHIPtem Zirkoniumdioxid als auch gesintertem Grünlingsmaterial. Von Vorteil sei die Verwendung vorhandener Brennöfen und Geräte im Dentallabor für die Keramiklötung, die Investition zur Ausführung der Technik sei sehr gering, die Möglichkeiten aber seien groß.





Zusammenfassung

Die Sinterverbundtechnik ermöglicht die Herstellung dauerbelastbarer ästhetischer Vollkeramikronen und Brücken, die aufgrund des Zirkonoxidgerüsts konventionell zementiert werden können. Dieser Beitrag liefert einen Überblick über die wichtigsten Faktoren, die für eine erfolgreiche Anwendung dieser Technologie im zahntechnischen Labor beachtet werden sollten.

Indizes

Sinterverbund, Glaslot, Zirkonoxid, Lithiumdisilikat, Brennkurven, Laborschritte

Erfolgsfaktoren beim keramischem Lithiumdisilikat-Zirkonoxid-Sinterverbund

Jan Hajtó, Uwe Gehringer

Im Sinterverbundverfahren hergestellte vollkeramische Restaurationen aus Zirkonoxid und Lithiumdisilikat stellen eine seit mittlerweile mehreren Jahren bewährte, sichere und dauerbelastbare Versorgungsart dar. Der funktionierende Verbund von Lithiumdisilikat und Zirkonoxid mittels einer Keramik wurde im Jahr 2007 von Beuer und Schweiger für IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Ellwangen) beschrieben.⁶ Seit 2009 sind Sinterverbundkronen und -brücken als zentral gefertigte Infix®-CAD Produkte von der Firma biodentis (Leipzig) und seit 2010 unter der Bezeichnung CAD-ON® von Ivoclar Vivadent für Chairside- und In-Lab-Systeme verfügbar. Sowohl In-vitro-Studien^{1,7,8} als auch der klinische Erfolg bestätigen die hohe Festigkeit und das Ausbleiben von Chippings solcher Kronen und Brücken. Insbesondere auf Implantaten stellen okklusal verschraubte oder zementierte Zirkonoxid-Lithiumdisilikat-Verbundkronen und -brücken im Gegensatz zu handverblendetem Zirkonoxid eine verlässliche funktionelle und ästhetische Option dar.⁵ Für den Zahnarzt bieten Sinterverbundarbeiten den großen Vorteil der einfachen Zementierbarkeit mit konventionellen Zementen. Darüber hinaus ist eine hervorragende farbliche Anpassung an adhäsiv eingesetzte IPS e.max Kronen, Teilkronen, Inlays oder Veneers möglich, da die oberflächliche Verblendung der Sinterverbundkronen und -brücken aus dem gleichen Material besteht.

Einleitung

Trotz der hohen Zuverlässigkeit und ihrer Vorteile hat sich die Sinterverbundtechnik bis heute noch nicht allgemein im Laboralltag etabliert. Der initiale Herstellungsaufwand ist zwar möglicherweise etwas erhöht, jedoch gegenüber dem Aufwand und den Unannehmlichkeiten für Patient, Zahnarzt und Zahntechniker einer Neuanfertigung von fest im Mund eingesetzten und frakturierten Arbeiten aus Sicht der Autoren gerechtfertigt. Mit entsprechender Erfahrung und Routine sowie dem Einsatz von CAD/CAM-Technologie zum Fräsen nicht nur der Zirkonoxidgerüste, sondern auch von Wachsverblendungen im Lost-Wax-Verfahren oder von direkt geschliffenen Lithiumdisilikatverblendungen, kann sich der Aufwand reduzieren. Die Sinterverbundtechnik mittels DCMhotbond fusio ist grundsätzlich sowohl mit IPS e.max PRESS als auch mit IPS e.max CAD möglich. Die Autoren versorgen alle Patienten seit fünf Jahren zum größten Teil mit Sinterverbundrestorationen und beobachten seitdem so gut wie keine Komplikationen.³ Dieser Beitrag soll im Folgenden einige wichtige Gesichtspunkte erläutern, die bei der Herstellung von Infix PRESS Kronen und Brücken unter der Verwendung von Glaslot (DCMhotbond fusio, DCM GmbH Rostock) zu berücksichtigen sind, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen.

1. Ausreichender okklusaler Freiraum

Es ist die primäre Aufgabe des Zahnarztes, bei der Präparation für einen ausreichenden Platz zur Herstellung einer Krone zu sorgen. Beim Sinterverbund ist vor allem der Raum okkusal und bukkal relevant, da es sich bewährt hat, linguale zervikale Anteile durchaus unverblendet zu belassen (siehe auch Punkt 2). Allerdings ist auch der Zahntechniker nicht ganz aus der Pflicht genommen, dem Behandler ein mangelndes Platzangebot zurückzumelden, um gemeinsam die weiteren Möglichkeiten zu besprechen. Diese sind z. B. Reduzierung am Antagonisten, Unterschreitung von Schichtstärken, Wahl eines anderen Materials oder einer anderen Versorgungsart, komplettes oder teilweises Weglassen der Verblendung, Reduzierung des Stumpfes am Gips und Anfertigung einer Schleifkappe, Nachpräparation und erneute Abformung. Jeder Zahntechniker ist gut beraten, diese Entscheidung nicht ohne Rücksprache mit dem Zahnarzt zu treffen, denn die Wahrscheinlichkeit, genau dasselbe zu tun, wofür sich auch der Zahnarzt entschieden hätte, ist relativ gering. Letztendlich trägt der Zahnarzt nach Abnahme der Arbeit die gesamte Verantwortung und daher ist jede zahntechnische Arbeit auch ausschließlich entsprechend der vom Zahnarzt verordneten Verschreibung auszuführen.

Der Zahnarzt sollte wissen, dass es von Vorteil ist, alle Kanten an den Stümpfen so weit wie möglich abzurunden, um Fräserradiuskorrekturen am Zirkongerüst zu vermeiden, da diese zu einer zusätzlichen Hohllegung und damit Platzbedarf führen.

Bei Implantatarbeiten liegt die Abutment- oder Gerüstgestaltung in der Hand des Zahntechnikers und der Platzbedarf stellt daher kein Problem dar.

Für Sinterverbundkronen sind mindestens 1,5 mm okklusaler Abstand zum Antagonisten erforderlich (Abb. 1), was sich in etwa aus folgenden Werten zusammensetzt:

Zementfuge	0,1 mm
Fräserradiuskorrektur	0,1 mm
Zirkongerüst	0,6 mm
Sinterfuge	0,1 mm
Verblendung	0,6 mm

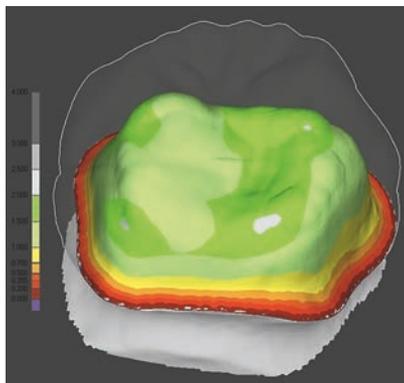


Abb. 1 Eine klinische Kronenpräparation mit mindestens 1,5 mm okklusalem Freiraum (Fräserradiuskorrektur bereits eingerechnet).

Abb. 2 Teleskopierende Gerüstform des eingefärbten Zirkonoxidgerüsts einer okklusal verschraubten Implantatkrone.



Abb. 3 Verbreiteter heller Zirkonrand lingual mit etwas dunklerer Verblendung. Sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer stellt ein derartiger Unterschied oral kein ästhetisches Problem dar.

Abb. 4 Die Unterkiefermolarrenkrone aus Abb. 3 im Mund.

Dieser Abstand ist nicht größer, als auch für andere Vollkeramiken oder VMK ideal und klinisch in der Mehrzahl der Fälle auch unproblematisch umsetzbar ist. Für Lithiumdisilikat wird vom Hersteller zwar eine Mindestmaterialstärke von 1,0 mm angegeben, allerdings hat es sich erwiesen, dass bei der Verwendung als Sinterverblendelement aufgrund der stabilen Verankerung auf dem Gerüst 0,6 mm ausreichend sind.

Um ein störungsfreies Aufbringen der Verblendkomponente auf das Gerüst zu ermöglichen, muss dieses frei von Unterschnitten, sozusagen teleskopierend, im Bereich der Fügefläche gestaltet werden (Abb. 2). Daneben hat es sich als ausreichend bewährt, neben der Okklusal- und Vestibulärfläche lediglich den inzisalen Anteil der Lingualflächen mit Verblendung zu versehen und das Zirkongerüst lingual entsprechend breit zu gestalten. Dies erleichtert die Modellation der Verblendung und das Fügen. Bei der Verwendung von eingefärbtem Zirkonoxid lassen sich Farbunterschiede sehr gering halten, wobei aber auch unterschiedliche Farben von Gerüst und Verblendung lingual von den Patienten nicht als störend empfunden werden (Abb. 3 und 4).

Um ein reproduzierbares ästhetisches Ergebnis zu erzielen, sollte auf eine möglichst gleichbleibende Schichtstärke der Verblendung sowohl okklusal als auch vestibulär geachtet werden. Daher ergibt sich die Form des Gerüsts durch eine gleichmäßige Reduzierung des zuvor angefertigten anatomischen Wax-Ups um 0,6–0,8 mm je nach Platzangebot.

2. Korrekte Gerüstgestaltung

Abb. 5 Kontrolle der gleichmäßigen anatoformen Reduktion mit einem Silikon-schlüssel.



Abb. 6 Korrekter Verlauf der Sinterfuge unterhalb des Approximalkontakts.



Dies kann mithilfe eines Silikon-schlüssels kontrolliert werden (Abb. 5). Insbesondere unter Verwendung von HT-3 (High Translucency) Lithiumdisilikat kann eine zu massive Verblendung unbeabsichtigt zu stark in Richtung gräulich-transluzent abgleiten. Andererseits ist es sinnvoll, unterhalb von okklusalen Kontaktpunktbereichen eher etwas mehr Verblendstärke einzuplanen, für den Fall, dass dort okklusal etwas eingeschliffen werden muss.

Schließlich ist bei der Gerüstgestaltung noch besonders darauf zu achten, den Fügespalt nicht genau durch den approximalen Kontaktbereich verlaufen zu lassen, damit bei einer eventuell erforderlichen Korrektur in diesem Bereich die Sinterfuge vom Zahnarzt nicht angeschliffen wird und so mögliche Poren eröffnet werden (Abb. 6, siehe auch Punkt 7).

3. Passgenaue Komponenten

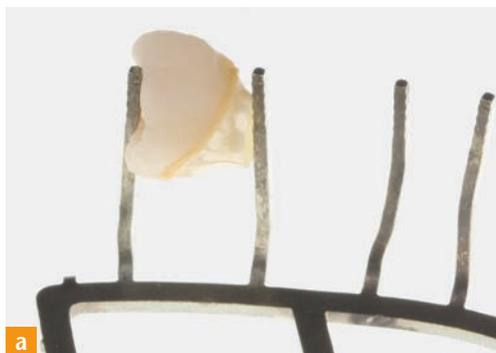
Hohe Passgenauigkeit ist ohnehin eine der Hauptforderungen an gute Zahntechnik. Auch beim Sinterverbund ist ein möglichst gleichmäßiger und geringer Fügespalt für ein gutes Ergebnis wichtig. Daher müssen die fertiggestellten Komponenten sorgfältig auf die Gerüste aufgepasst werden. Im Falle von DCMhotbond fusio wird das Lithiumdisilikat im kristallisierten Zustand mit dem Zirkonoxid im Ofen verbunden, so dass keine Schrumpfung der Verblendschale berücksichtigt werden muss.

4. Verfügen mit eingefärbtem Glaslot

Das DCMhotbond fusio System besteht aus feinstgemahlener Keramik (6 μ oder 12 μ Korngröße) und einem dazugehörigen Liquid (Abb. 7). Es wird genauso wie Glasurmasse angemischt, so dass eine sämige Konsistenz entsteht.

Es empfiehlt sich, das DCMhotbond fusio Glaslot einzufärben (z. B. mit Fancolor wasserlöslichen Farbstiften, CARAN D'ACHE), um eine bessere visuelle Kontrolle zu gewinnen. Zum einen darüber, ob nicht versehentlich Glaslot auf die Kroneninnenseite gelangt ist, zum anderen lassen sich kleine Bläschen und mögliche Fehlstellen durch die Verblendung hindurch besser erkennen.

Das Glaslot wird mit Überschuss sowohl auf das Gerüst als auch auf die Innenseite der Verblendung aufgetragen (Abb. 8). Die Fuge soll zirkulär mit einem deutlichen Überschuss versehen sein, da das Material beim Sintern schrumpft. Um die Menge an Flüssigkeit, die im Glaslot enthalten ist, zu minimieren, ist es wichtig, die zusammengefügteten Kronen vor dem Sinterbrand mindestens 20 min bei 380 °C vortrocknen zu lassen.



a

b



Abb. 7 DCMhotbond fusio mit 12 µ Korngröße

Abb. 8 Aufbringen von gelb eingefärbtem Glaslot auf das Gerüst und in die Verblendung.

Abb. 9a und b Klemmhalterung der beiden Sinterverbundkomponenten während der Ofensinterung.

Die Verkeilung mit Klammern ist wichtig, da während des Sinterbrandes die im Glaslot enthaltene Flüssigkeit verdampft und entweichen muss. Dies führt zu einem inneren Druck gegen die beiden Teile, die sich dadurch in einigen Fällen auseinanderbewegen können. Bewährt hat sich die Verwendung der Clever Spider (Smile Line, St-Imier, Schweiz, Abb. 9).

5. Mechanische Fixierung mittels Halteklammern

Wie bereits erwähnt, besteht eine der Hauptaufgaben beim Sinterverbund darin, das keramische Lot im Fügespalt so zu versintern, dass verdampfende Restfeuchtigkeit beim Entweichen keine zu großen Fehlstellen erzeugt. Daher ist die Einhaltung der Brandkurve in Abbildung 10 von besonderer Bedeutung.

6. Richtige Brandführung

Eine zu 100 % homogene porenfreie Fügung ist der Erfahrung der Autoren nach dennoch nicht in jedem Fall möglich, was allerdings aufgrund der hohen Verbundkraft des Sinterverbundes keine klinisch relevanten nachteiligen Effekte auf die Gesamtstabilität hat. Die Folge kann aber sein, dass in Einzelfällen sowohl am Randbereich als auch im Inneren der Sinterfuge kleine luftgefüllte Hohlräume verbleiben. Ist dies nicht bekannt und wird damit nicht entsprechend umgegangen, dann stellt dies den Grund für klinische Komplikationen in Form von dunklen Verfärbungen der Hohlräume dar.

7. Komplette Versiegelung der Fuge mit Glasurmasse/Verblendkeramik und Kontrolle

Aus dem oben beschriebenen Grund ist es bei der Verwendung von DCMhotbond fusio unerlässlich, die Sinterfuge nachträglich mit einer Glasurmasse und/oder Verblendkeramik rundum zu überschichten und zu versiegeln (Abb. 11). Wird Verblendkeramik verwendet, so hat es sich bewährt, die Verblendung am Rand mit einer minimalen negativen Stufe zu versehen, um Platz für die Masse zu schaffen (Abb. 12).

T _c	380 °C	V _c	0 %	# 0000001184	10:43:27	00:43:19
				Programm - Professional	WAIT	
007	GLASLOT EINZELKRONE			MM.SS		
	Trocknen			20:00		
	Schließen			03:00		
	Vorwärmen	380 °C		02:00		
	Temperatur 1	780 °C	35 °C/min	01:00		
	Temperatur 2	500 °C	45 °C/min	00:30		
GO TO	Temperatur 3	--- °C	--- °C/min	---:--		
Bilder	VAC (aus/levelhalten)	780 °C	100 %	---:--		
Speichern	Programm Edit		Sleep	Programm Start	ESC	

Abb. 10 Ofenprogramm zum Sinterbrand.



Abb. 11 Auftragen von Verblendmasse auf die bereits keramisch gefügte Krone.

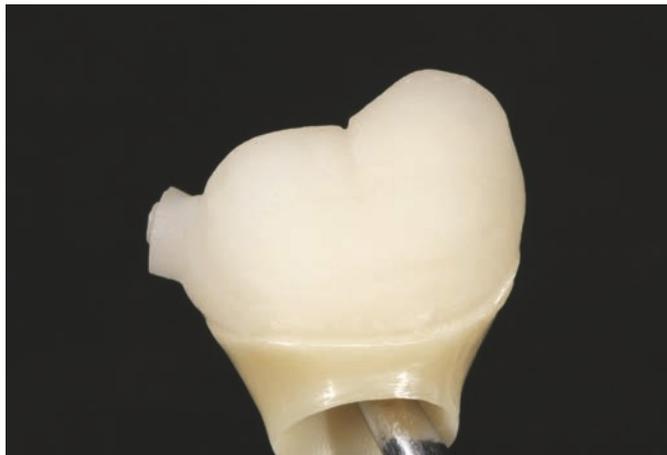


Abb. 12 Spaltfrei aufgepasste und lose aufgesetzte Verblendung, minimale negative Stufe am Rand durch leicht gekürzten, aber dichten Randbereich.



Abb. 13 Charakterisierung einer okklusal verschraubten Implantatkrone mit Malfarben.

Der korrekte Verlauf des Fugespaltes im Approximalbereich wurde bereits erwähnt aber der Zahnarzt sollte auch wissen, dass die Sinterfuge generell an keiner Stelle angeschliffen werden darf. Außerdem sollten Sinterverbundkronen vor der definitiven Zementierung okklusal eingeschliffen werden, um ein Durchschleifen bis auf die Fügekeramik einer bereits zementierten Arbeit im Mund zu vermeiden. Die klinische Folge einer eröffneten Sinterfuge mit Lunkern sind dunkle Verfärbungen, die sich unterhalb der Verblendung ausbreiten.

Da DCMhotbond fusio bei einer Temperatur von 780 °C versintert, ist es problemlos möglich, nach dem Sinterbrand weitere Korrekturen und Charakterisierungen mit niedrig-brennenden keramischen Massen, Malfarben und Glasurmassen bei 750 °C vorzunehmen (Abb. 13).

KERAMIKEN



Abb. 14 und 15 Überprüfung der kompletten Versiegelung der Sinterfuge mittels Farbpenetrationstest.



Abb. 16 Drei separate Verblendungen mit grün eingefärbtem Glaslot auf Brückengerüst vor dem Sinterbrand.



Abb. 17 Sinterverbundbrücke mit Brückengliedauflege in Zirkonoxid.

Um Gewissheit darüber zu erhalten, dass die Fuge oberflächlich komplett verschlossen ist, ist es empfehlenswert, die fertiggestellte Restauration in eine Farblösung zu tauchen und visuell auf eindringende Farbe zu überprüfen. Die Autoren verwenden hierzu rote Lebensmittelfarbe (Abb. 14 und 15).

Im Falle von Brückenversorgungen ist es mit DCMhotbond fusio möglich, die Verblendungen einzeln aufzubringen (Abb. 16). Dies hat den Vorteil, dass nicht die Höhe im Verbinderbereich reduziert werden muss, um für eine Verblockung der Verblendschalen Platz zu schaffen. Für die Dauerstabilität vollkeramischer Brücken ist eher die Höhe des Verbinders entscheidend als dessen Breite, daher ist anzustreben, diese für die stabile Strukturkeramik (Zirkonoxid) so weit auszudehnen, wie es die anatomische Situation zulässt. Darüber hinaus erlaubt dieses Vorgehen eine deutliche anatomische Separierung der einzelnen Brückenglieder (Abb. 17 und 18).

Die Brückengliedaufgaben werden üblicherweise in auf Hochglanz poliertem Zirkonoxid belassen, da dieses von allen Materialien die beste biologische Verträglichkeit in Kontakt mit Weichgewebe aufweist (Abb. 19).²⁴ Auch bei Brücken ist insbesondere darauf zu achten, dass alle Übergänge von Gerüst und Verblendung versiegelt werden. Zirkonoxid als

8. Besonderheiten bei Brücken



Abb. 18 Sinterverbundbrücke mit natürlicher Separation der Einheiten.



Abb. 19 Sinterverbundbrücke 35–37 im Mund.

Gerüstmaterial ermöglicht bei ausreichenden Verbinderquerschnitten von 9–16 mm² die Herstellung auch von weitspännigen Sinterverbundbrücken mit drei Brückengliedern.

Fazit Die Berücksichtigung der hier vorgestellten Kriterien ist entscheidend für die prozesssichere Anfertigung von festsitzenden vollkeramischen Sinterverbundversorgungen. Dass die Anwendung der Sinterverbundtechnologie als ein relativ junges Verfahren für den Erstanwender eine gewisse Lernkurve erfordert, ist nachvollziehbar. Nach fünf Jahren täglicher Erfahrung in mehreren Dentallaboren und entsprechender klinischer Beobachtungsdauer sind den Autoren keine in diesem Beitrag nicht erwähnten Unwägbarkeiten bekannt geworden. Zum Erlernen des tatsächlichen Handlings und des richtigen Umgangs mit den Materialien ist der Besuch von praktischen Kursen auf jeden Fall empfehlenswert.

Vor allem auf Implantaten stellen Zirkonoxid-Lithiumdisilikat-Kronen aus der Sicht der Autoren derzeit die sicherste, ästhetischste und funktionellste vollkeramische festsitzende Versorgungform dar, sei es in Form von Einzelkronen oder Brücken.

Die Möglichkeit, konventionell zu zementieren, verlangt vom Zahnarzt keine Umstellung der von der Metallkeramik gewohnten Vorgehensweise. Vollkeramische Kronen und Brücken wirken natürlicher und lebendiger als Metallkeramik und die Zahnstümpfe werden nicht durch ein Metallgerüst verschattet. Dunkle Ränder bei Kronen sind eines der Hauptbedenken von Patienten bei Überkronungen. Durch den zweischichtigen Aufbau von Sinterverbundarbeiten wird bei richtiger Farbwahl der Materialien (eingefärbtes Zirkonoxid, HT-, MT- oder LT-Lithiumdisilikat) der natürliche Aufbau von Zähnen zu einem gewissen Grad nachgeahmt, sodass diese sehr natürlich wirken. Nicht zuletzt ermöglicht das Pressen der Verblendungen die exakte und rationelle Umsetzung funktioneller Kauflächenmorphologie nach diagnostischen Wax-ups. So ist eine zuvor geplante und beabsichtigte Kontaktpunktverteilung sehr genau möglich. Die vorgestellte Technik stellt daher aus Sicht der Autoren die derzeit hochwertigste zahntechnische Versorgungsform im festsitzenden Bereich dar, wobei das Motto „Safety First“ am entscheidendsten ist, in dem Sinne, dass das Risiko von Frakturen so gering wie möglich sein soll. In dieser Hinsicht deuten die bisherigen Beobachtungen darauf hin, dass die Sinterverbundtechnologie bei korrekter Verarbeitung und Anwendung auch dem jahrzehntelangen Standard der Metallkeramik überlegen ist.

KERAMIKEN

1. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W and Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings – a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater J* 2009;25:121–128.
2. Degidi et. al: Inflammatory Infiltrate, Microvessel Density, Nitric Oxide Synthase Expression, Vascular Endothelial Growth Factor Expression and Proliferative Activity in Peri-Implant Soft Tissues Around Titanium and Zirconium Oxide Healing Caps. *J Periodontol* 2006;77:73–80.
3. Hajtó J, Frei S, Gehringer U: Vollkeramische Seitenzahnrestaurationen – Das Nonplusultra. *das dental labor* 2011;59:676–683.
4. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A.: Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004;75(2):292–296.
5. Schwarz S, Schröder C, Corcodel N, Hassel AJ, Rammelsberg P.: Retrospective comparison of semipermanent and permanent cementation of implant-supported single crowns and FDPs with regard to the incidence of survival and complications. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14 Suppl 1: e151–158.
6. Schweiger, J, Beuer, F, Eichberger, M: Sinterverbundkronen und -brücken: Neue Wege zur Herstellung von computergefertigtem Zahnersatz. *Digital Dental News* 2007;1:14–21.
7. Tinschert J, Natt, G, Braumüller D, Cfer R, Wolfart S: Festigkeitsverhalten von Sinterverbundsystemen. *d dental praxis* 2011;28:4–11.
8. Tinschert J, Natt, G: Festigkeitsverhalten von Infix-Brücken mit CAD/CAM-gefertigten Keramikverblendungen. *DIGITAL_DENTAL.NEWS* 2012;6:28–38.



Dr. Jan Hajto

Briennerstr. 7
80333 München
E-Mail: hajto@hajto.de

ZT Uwe Gehringer

Frauenstr. 11
80469 München
E-Mail: uwe@madeby-ug.com





ZTM Hans- Joachim Lotz (Master dental technician)
Hans-Joachim Lotz Dentallabor GmbH, Kreuzstr. 6, 97990 Weikersheim

„hotbond ist für mich die derzeit innovativste Entwicklung auf dem Dentalmarkt und aus meiner täglichen Arbeit nicht mehr wegzu-denken.“

„For me, hotbond is the most innovative development currently on the dental market and is indispensable in my daily work.“



ZTM Uwe Gehringer (Master dental technician)
Made by Uwe Gehringer Dentallabor, Frauenstr. 11, 804691 München

„Endlich können wir hochfestes Lithiumdisilikat mit Zirkondioxid stoffschlüssig miteinander verbinden.“

„At last we can connect high-strength lithium disilicate to zirconium dioxide with a material locking bond.“



ZTM Andreas Kunz (Master dental technician)
Andreas Kunz Zahntechnik, Schumannstr. 1, 10117 Berlin

„Wir greifen mittlerweile auf eine große Erfahrung beim Fügen von gepresstem Lithiumdisilikat mit Zirkoniumdioxidgerüsten zurück. Die unkomplizierte Handhabung und die hohe Erfolgsrate von und mit hotbond hat uns nachhaltig überzeugt.“

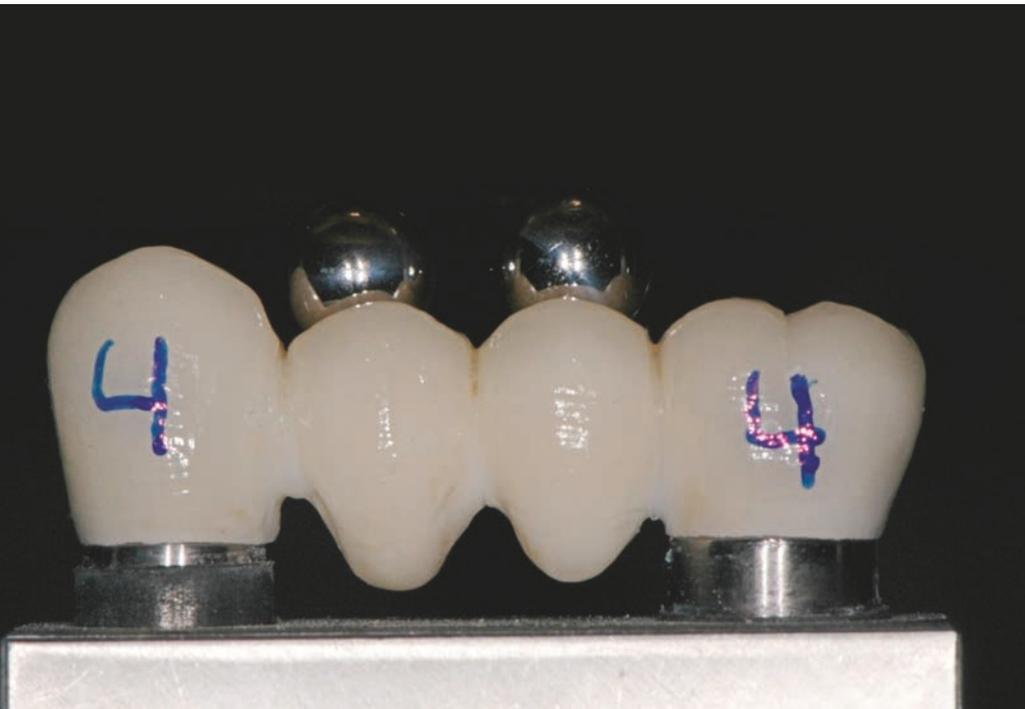
„We have since gathered a great deal of experience in joining pressed lithium disilicate with zirconium dioxide frameworks. The uncomplicated handling and high success rates for using hotbond really convinced us.“



ZTM Maxi Findeiß (Master dental technician)
Dentallabor Grüttner GmbH, Ernst-Thälmann-Str. 3, 07381 Pößneck

„Wir haben hotbond seit ca. 6 Monaten im Einsatz und verwenden es vorwiegend bei Zirkonarbeiten, die aus Stabilitätsgründen dem EMax vorzuziehen sind! Inlaybrücken und Kronen mit kleinen Verbundflächen oder zu geringer Schichtstärke erfordern es doch häufig, die Restauration adhäsiv einzusetzen! Nach einer kurzen Testphase haben wir es in unser Portfolio aufgenommen und unsere Kunden akzeptieren auch einen Mehrpreis für den zusätzlichen Aufwand! Wir haben noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft und werden weiterhin gespannt sein dürfen, wozu dieses Material noch fähig sein wird!“

„We have been using hotbond for around 6 months, mainly for zirconium jobs, in preference to EMax for stability reasons! Inlay bridges and crowns with small bonding surfaces or extremely low layer thickness often requires the restoration to be inserted by bonding!
After a brief test phase we adopted it in our portfolio and our clients even accept an additional charge for the additional work!
We have yet to exhaust all the possibilities and certainly continue to look forward to seeing what else this material is capable of!“



Zusammenfassung

Herstellungsbedingte Spannungen und Verzüge im Weißzustand formgeschliffener Zirkonoxidgerüste können die Passgenauigkeit der Restauration gefährden und die Inkorporierbarkeit verhindern. Ein Trennen und anschließendes Fügen betroffener Gerüste analog zum Löten bzw. Lasern in der Metallkunde wäre ein neuartiges Konzept zur Lösung des Problems. Die vorliegende Studie untersuchte die Belastbarkeit von im Verbinder bzw. im Zwischenglied getrennter und anschließend mit Keramiklot gefügter 4-gliedriger Zirkonoxidbrücken.

Indizes

Zirkonoxid, Brücken, Vollkeramik, Fügen, Keramiklot, Keramikfugung

Einfluss des Fügens auf die Stabilität von viergliedrigen Zirkonoxidbrücken

Timea Wimmer, Jürg Hostettler, Florian Beuer, Bogna Stawarczyk

Brückengerüste aus hochfestem, yttrium-teilstabilisiertem Zirkonoxid haben sich neben der Metallkeramik im Seitenzahnbereich etabliert. Zirkonoxid weist außer einer guten Ästhetik eine hohe Stabilität und Biokompatibilität sowie ähnliche mechanische Eigenschaften wie Metallkeramik auf.^{8,18} Die klinische Eignung von Zirkonoxid als Gerüstwerkstoff für Zahnersatz im Seitenzahnbereich wurde mittlerweile in zahlreichen Studien bestätigt.¹¹

Die Konstruktion und Herstellung von Zirkonoxidgerüsten erfolgt computergestützt mittels der CAD/CAM-Technik. Aus industriell vorgefertigten Rohlingen werden die Gerüste herausgeschliffen. Hierbei existieren zwei Möglichkeiten der Bearbeitung: Zirkonoxid kommt entweder als dichtgesintertes Material zur Anwendung oder vorgesintert als sogenannter Weißling. Wenn das Formschleifen im dichtgesinterten Zustand erfolgt, ist kein weiterer Sintervorgang erforderlich. Folglich weisen diese Restaurationen eine sehr gute Passung auf.^{29,30} Jedoch ergeben sich aufgrund der ausgeprägten Härte des Werkstoffs Nachteile im Sinne einer stark erhöhten Abnutzungsrate der erforderlichen diamantierten Schleifkörper verbunden mit dem erhöhten Zeitaufwand für den Schleifvorgang.^{29,30} Weiterhin ist das Risiko der Oberflächenschädigung der Keramik bei dieser sogenannten Hartbearbeitung erhöht.⁶ Dagegen ist das Formschleifen von Zirkonoxid im vorgesinterten Zustand/Weißling

Einleitung

wesentlich leichter und effizienter.⁴ Anschließend ist allerdings ein Sinterbrand zur Erzielung optimaler Materialeigenschaften erforderlich. Dieser Prozess geht mit einer Schrumpfung von 25 bis 30 % einher, welche automatisch mittels der CAD-Software durch eine entsprechend größere Dimensionierung des Gerüsts beim Fräsen kompensiert wird.^{19,25} Aufgrund der Ungenauigkeiten, die sich aus der Sinterschrumpfung, dem Scanprozess, dem kompensierenden Softwaredesign sowie dem Schleifprozess ergeben können, ist die Passung dieser aus vorgesinterten Blöcken hergestellten Restaurationen gefährdet.

In-vitro-Untersuchungen konnten hinsichtlich der Passgenauigkeit keine Überlegenheit von CAD/CAM-gefertigten Zirkonoxidrestaurationen gegenüber metallkeramischen Restaurationen nachweisen.^{19,31} Die aufgrund des Sinterprozesses auftretende Schrumpfung im Bereich des Brückenzwischenlinks sowie der Verzug des Gerüsts während des Sinterbrands üben nach Kunii et al. einen Einfluss auf die Passung von drei- und viergliedrigem Zahnersatz aus.¹⁵ Ferner zeigten klinische Studien einen ungenügenden Randschluss von Zirkonoxidgerüsten mit den einhergehenden Risiken der Sekundärkariesbildung, der parodontalen Problematik sowie der Gefahr des mechanischen Versagens wie Schraubenbruch bei Implantatversorgungen.^{7,23,29} Das Problem von auftretenden Spannungen bei großen Gerüsten zeigt sich insbesondere in der Implantatprothetik.²¹ Die Spannungen können aufgrund des fehlenden Parodontalspalts nicht kompensiert werden.

Zur Lösung dieses Problems kann einerseits über den Klebespalt durch Einkleben von Sekundärstrukturen wie beispielsweise Galvanokappen die Passungenauigkeit ausgeglichen werden. Eine andere Möglichkeit bietet das Segmentieren und Fügen von Gerüstanteilen.¹⁶ Klebungen scheiden hierbei aus, da sie nicht den hohen Belastungen sowie der fortschreitenden Biodegradation standhalten.¹⁶ Das Lasern wurde für Aluminiumoxid beschrieben,²⁰ funktioniert allerdings nicht bei Zirkonoxid aufgrund der Transformationswandlungen und Rissbildung. Das Fügen über speziell entwickelte Verbundelemente hingegen stellt eine Alternative dar. Dieses Verfahren wurde für horizontale und vertikale Verlängerungen von Zirkonoxidrestaurationen beschrieben.^{16,21,34} In der Elektronik ist das Löten von Gläsern und Keramik eine bereits seit langer Zeit bekannte Methode.³⁴ Ähnlich der Metalltechnik basiert es auf einer Diffusionsfüugung mit oder ohne spontaner/gesteuerter Kristallisation des Lots.³⁴

Im Weißzustand formgeschliffene Zirkonoxidrestaurationen wiesen eine Verwindung auf, die in der Größenordnung von gegossenen CoCr-Brückengerüsten liegt.¹ Zur Wiederherstellung der Passung analog zum Löten bzw. Lasern in der Metallkunde wäre das Trennen der Zirkonoxidgerüste und das anschließende Fügen geeignet.

Für dentale Anwendungen wurde mit Zirconhotbond (DCM GmbH, Rostock) ein silikatisches Material zum stoffschlüssigen Verbund von Zirkonoxidgerüsten entwickelt. Allerdings ist eine parallel-flächige Fügung von getrennten oder gebrochenen Brücken laut Hersteller kontraindiziert.

Problemstellung Die Verwindung von aus vorgesintertem Zirkonoxid formgeschliffenen Brückengerüsten führt zu Passungenauigkeiten. Das Trennen und anschließende Fügen betroffener Gerüste analog zum Löten bei Legierungen wäre wünschenswert. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Stabilität von gefügten Zirkonoxidgerüsten zu untersuchen.

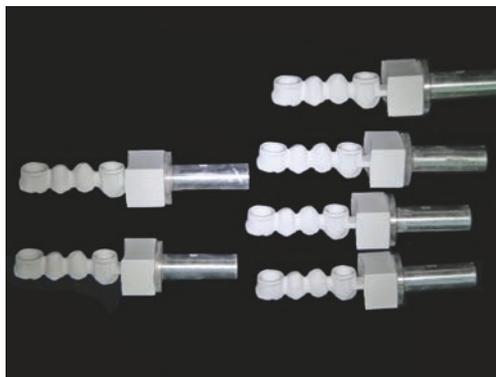


Abb. 1 Formgeschliffene Brückengerüste im Weißzustand.

Abb. 2 Im mesialen Zwischenglied sowie im zentralen Verbinderbereich getrennte Gerüste.

Zur Herstellung standardisierter Brückengerüste kam ein CoCrMo-Mastermodell mit präparierten Stümpfen eines Eckzahns und eines ersten Molaren zur Anwendung. Die rotations-symmetrischen Modellstümpfe waren als Zylinder konzipiert. Sie wiesen auf Höhe der Schulter einen Durchmesser von 7 mm (Eckzahn) bzw. 8 mm (ersten Molar) auf; ihre Höhe betrug 5 mm. Die Zahnstümpfe waren mit einer 1 mm breiten zirkulären Schulter und einer 6° Konizität präpariert. Ihre Lagerung erfolgte derart in einem Aluminiumblock, dass die Rotationsachsen einen Abstand von 23,5 mm aufwiesen. Zur Simulation der Eigenbeweglichkeit natürlicher Zähne im Parodont waren die Stümpfe mit einer 0,75 mm dicken Gummimanschette ummantelt.²²

Nach dem Einscannen des Prüfmodells (inEos Blue, Sirona, Bensheim) erfolgte auf dem digitalisierten Modell die Konstruktion der Prüfkörper entsprechend eines viergliedrigen anatomisch geformten Brückengerüsts vom Eckzahn auf den ersten Molaren (Cerec 3D, Software-Version 3.10, Sirona). Die Verbinder wiesen einen ovalen Querschnitt von 13,7 mm² auf. Die Gerüste wurden in der Cerec MC XL Schleifeinheit (Cerec MC XL, Sirona) 48-mal im Weißzustand (DD Bio ZS, Dental Direkt, Bielefeld) formgeschliffen. Der gleiche Datensatz für alle Gerüste garantierte die Formkongruenz (Abb. 1).

Die Gerüste wurden anschließend im Zufallsverfahren in 4 Gruppen mit je 12 Prüfkörpern aufgeteilt. Gruppe 1 blieb unberührt. Gruppe 2 wurde einer thermischen Behandlung ausgesetzt (Tab. 1), während die Brückengerüste der Gruppen 3 und 4 jeweils an einer Stelle mittels einer diamantierten Trennscheibe (Dynex Trennscheiben Brillant, Renfert, Hilzingen) durchtrennt wurden. Bei Gruppe 3 befand sich die Trennstelle im mesialen Zwischenglied; bei Gruppe 4 erfolgte die Durchtrennung im zentralen Verbinder zwischen den Prämolaren (Abb. 2). Um saubere Trennflächen zu erhalten, wurden diese mit einer Turbine (KaVo EXPERTorque E680 L, KaVo, Biberach) unter Wasserkühlung nachbearbeitet. Die Ausdehnung des geschaffenen Spalts betrug 0,7 bis 1,0 mm.

Material und Methoden

Material	Name	Hersteller
Zirkonoxidgerüst	DD Bio ZS	Dental Direkt, Bielefeld
Verblendkeramik	Vita VM 9	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen
Keramiklot	Zirconhotbond	DCM GmbH, Rostock

Tab. 1 Die verwendeten Materialien.

Abb. 3 Korundstrahlen der zu fügenden Fläche.



Abb. 4 Glasmasse zum Fügen.



Abb. 5 Benetzen der zu verlötenden Fläche mit der Fügemasse.

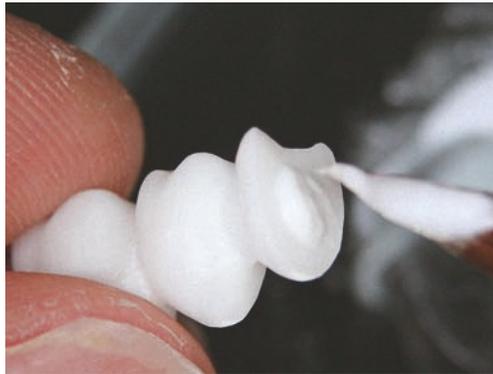


Abb. 6 Das Zusammenfügen auf dem Gipsmodell mithilfe des Silikonschlüssels.



Anschließend erfolgte das Sintern der Brückengerüste im Sinterofen nach Herstellerangaben (Vita ZYrcomat, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen).

Als Vorbereitung für das darauffolgende Fügen der Gerüste wurden die zu verbindenden Flächen mit 50 µm Aluminiumoxid (Renfert) korundgestrahlt (CEMAT NT4, Wassermann, Hamburg) (Abb. 3). Des Weiteren erfolgte mithilfe eines unversehrten Brückengerüsts die Anfertigung eines Silikonschlüssels (dentona 1:1 gum, Dentona AG, Dortmund), um die getrennten Segmente standardisiert auf dem Modell fixieren zu können. Für das Fügen kam das Keramiklot Zirconhotbond zur Anwendung (Abb. 4). Dabei handelt es sich um ein glasiges Lot, welches laut Verarbeitungsanleitung dem stoffschlüssigen Verbund von Zirkonoxidgerüsten dient. Es besteht aus einem silikatischen Spezialglaspulver, welches mit einer Spezialflüssigkeit angemischt wird.

Mit einem Portionierer erfolgte die Dosierung des Pulvers. Neben dieses wurden sodann einige Tropfen des dazugehörigen Fluids geträufelt, bis das Pulver durchsumpft war. Mithilfe eines Spatels erfolgte die Durchmischung der Masse zu einer zähflüssig-sahnigen Konsistenz, wobei darauf geachtet wurde, keine Luftblasen einzurühren. Nach dem Aufbringen des Materials auf die zu fügenden Flächen mittels eines Pinsels wurden die beiden Segmente auf dem Gipsmodell zusammengesetzt und der Sitz mithilfe des Silikonschlüssels überprüft (Abb. 5 und 6). Anschließend erfolgte die Nachbearbeitung im Sinne eines Verputzens überflüssigen Materials mit einem Pinsel. Nachdem die Fügemasse mit einem Heißluftfön zum Erstarren gebracht wurde, konnte die Brücke für die noch nötigen Korrekturen vorsichtig vom Modell abgehoben werden. Mit einer flüssigen Brennwatte



Abb. 7 Herstellung eines individuellen Brennträgers mit Brennwatte.

Abb. 8 Positionierung der zu fügenden Brücke auf dem konventionellen Brennträger.

(Zirconhotbond fix, DCM GmbH) erfolgte die Herstellung eines individuellen Brennträgers (Abb. 7), um ein eventuelles Verrutschen des Brückengerüsts beim Brennvorgang auf dem konventionellen Träger zu verhindern. Nach der Durchtrocknung der Brennwatte wurde das Gerüst auf dem konventionellen Brennträger (Vita Zahnfabrik) fixiert (Abb. 8) und das Keramiklot nach Herstellerangaben im Keramikofen (Vita Vacumat 40T, Vita Zahnfabrik) gesintert. An die langsame Abkühlung der Brücke schloss sich die Säuberung der Kroneninnenflächen (Entfernung der Trägerstifte, Ausstrahlen) an. Mit Diamantschleifkörpern erfolgte die Nachbearbeitung der Fügestelle unter Wasserkühlung. In Tabelle 1 sind die für die Brückenherstellung verwendeten Materialien zusammengefasst.

Im nächsten Schritt wurden alle Gerüste formkongruent verblendet. Die gefräste Oberfläche der Zirkonoxidgerüste wurde hierzu weder korundgestrahlt noch mit einer Fräse nachgearbeitet, um keine unnötige unkontrollierte Phasenumwandlung hervorzurufen. Die Gerüste wurden im Ultraschall mit destilliertem Wasser gereinigt und vorsichtig getrocknet. Zur Erzielung formkongruenter Verblendungen kam ebenfalls eine Silikonschablone (dentona 1:1 gum, Dentona AG) zur Anwendung. Mit ihrer Hilfe wurde die Dentinmasse (Vita VM 9, Vita Zahnfabrik) auf die Gerüste aufgebracht (Abb. 9). Anschließend erfolgte der Brennvorgang im Keramikofen (Vita Vacumat 40T) (Tab. 2). Es wurde darauf geachtet, dass die Brenntemperatur für die Verblendkeramik mindestens 20 °C unter der Fügetemperatur lag. Aufgrund der Schrumpfung der Verblendkeramik erfolgte zur Formkorrektur

Tab. 2 Die thermische Behandlung sowie die Brenndaten der Verblendkeramik und des Keramiklots.

Thermische Behandlung	Vakuum an (°C)	Vakuum aus (°C)	Steigrate (°C/min)	Brenntemperatur (°C)	Haltezeit (min)
		50	1000	30	1000
VITA VM 9	Pre Drying		Steigrate (°C/min)	Brenntemperatur (°C)	Haltezeit (min)
	Temperatur (°C)	Zeit (min)			
Dentin 1	500	6	55	910	1
Dentin 2	500	6	55	910	1
Glanzbrand	500	-	80	900	1
Zirconhotbond	Vakuum an (°C)	Vakuum aus (°C)	Steigrate (°C/min)	Steigrate (°C)	Haltezeit (min)
	450	1000	30	1000	3

Abb. 9 Verblendung des Gerüsts mithilfe der Silikon-schablone.

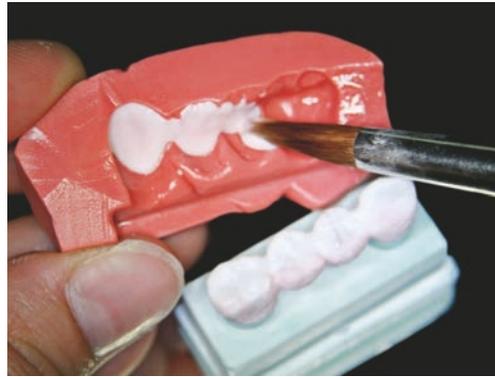
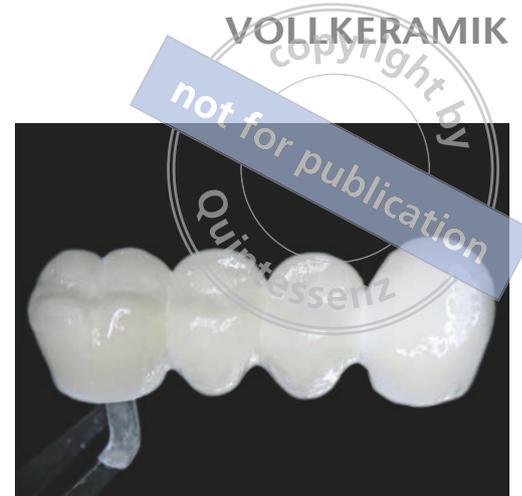


Abb. 10 Die verblendete Brücke.



jeweils ein zweiter Dentinbrand, dem ein Glanzbrand folgte. Auf Schneide- und Glasurmassen wurde verzichtet. Abbildung 10 zeigt eine der verblendeten Brücken.

Nach der Verblendung betrug der Verbinderquerschnitt 41,7 mm². Beide Brückenzwischen-glieder wiesen okklusal eine zu den Prüfstempeln kongruente Vertiefung auf.

Zu der Bruchlastprüfung wurden die Brücken ohne Zement auf den Stümpfen des Prüf-modells positioniert und im Vierpunktbiegeversuch mit zwei Stahlkugeln an den Zwischen-gliedern (D = 5 mm) in einer Universalprüfmaschine (Zwick/Roell Z010, Zwick, Ulm) bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 1 mm/min bis zur Fraktur belastet. Es gab zwei Frak-turtypen: die Gerüstfraktur und das Chipping der Verblendkeramik (Tab. 3). Zwischen den Kugeln und der Brücke war eine doppelt gefaltete Teflonfolie (0,2 mm) (Angst und Pfister, Zürich, Schweiz) eingelagert, um eine homogene Lastverteilung auf den Brückengliedern zu gewährleisten. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 11 dargestellt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels der einfaktoriellen Varianzanalyse ONE WAY ANOVA (SPSS Version 20, SPSS INC, Chicago, IL, USA). Im Falle eines signifi-kanten Unterschieds wurde in einem nachfolgenden Post-hoc-Test nach Scheffé überprüft, welche Gruppen sich unterschieden. Es wurde angenommen, dass $p < 0,05$ einen signifikanten Unterschied angibt, welcher einer Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 5 % entspricht.

Ergebnisse Die gemessenen Bruchlastwerte der vier Versuchsgruppen sind im Balkendiagramm schematisch dargestellt (Abb. 12). Die bis zum Chipping der Verblendkeramik erzielten Bruchlasten lagen in einem Wertebereich von 655 N (im Zwischenglied gefügte Brücken) und 789 N (thermisch behandelte Gruppe). Der Mittelwert der Kontrollgruppe betrug 751 N. Zwischen den vier Versuchsgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Tab. 3 Deskriptive Statistiken mit signifikanten Unterschieden der gemessenen Bruchlastwerte der Brücken (N)*.

Gruppe	Bruchlasten (N) Chipping	Bruchlasten (N) Gerüstfraktur
Intakte Brücken	751 ± 160 ^a	814 ± 133 ^a
Thermische Behandlung	789 ± 324 ^a	1261 ± 294 ^b
Im Zwischenglied gefügte Brücken	655 ± 230 ^a	1132 ± 490 ^{ab}
Im Verbinder gefügte Brücken	757 ± 249 ^a	768 ± 239 ^a

*Unterschiedliche Buchstaben verweisen auf signifikante Unterschiede ($p = 0,05$).

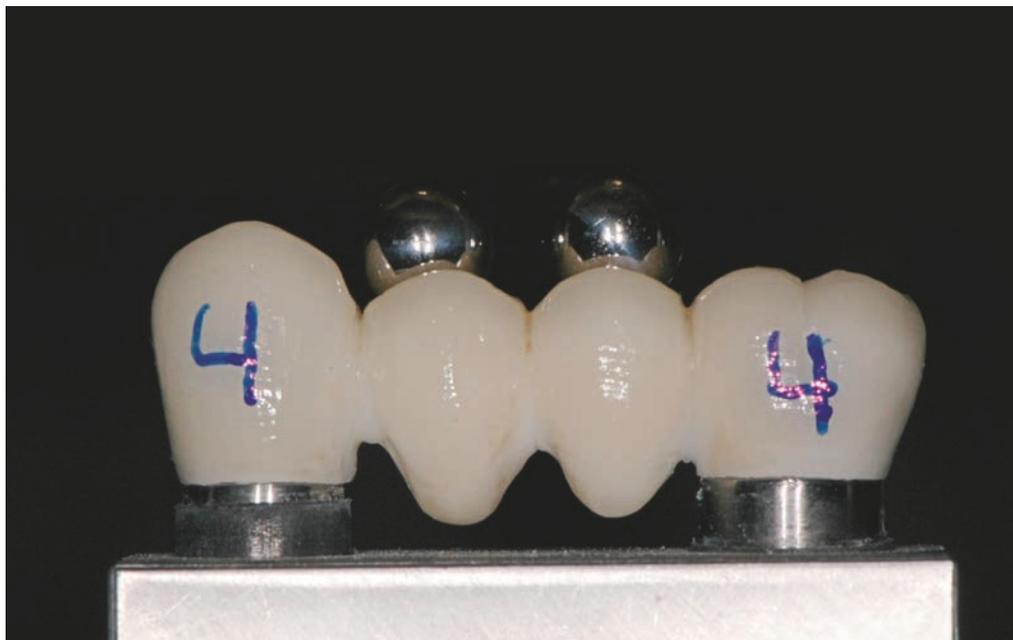


Abb. 11 Der Versuchsaufbau zur Messung der Bruchlast im Vierpunktbiegeversuch.

Die mittlere gemessene Bruchlast der Gerüstfrakturen erstreckte sich von 768 N (im Verbinder gefügte Gruppen) bis 1261 N (thermisch behandelte Proben). Die Kontrollgruppe mit einer mittleren Bruchlast von 814 N sowie die im Verbinder gefügten Brücken wiesen im Vergleich zu den im Zwischenglied gefügten Brücken signifikant geringere Werte auf ($p = 0,001$). Die thermisch behandelte Untersuchungsgruppe zeigte signifikant höhere Bruchlasten als die unbehandelten und die im Verbinder gefügten Brücken.

Die hier vorgestellten Daten wurden bereits im April 2013 im „Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials“ publiziert.³²

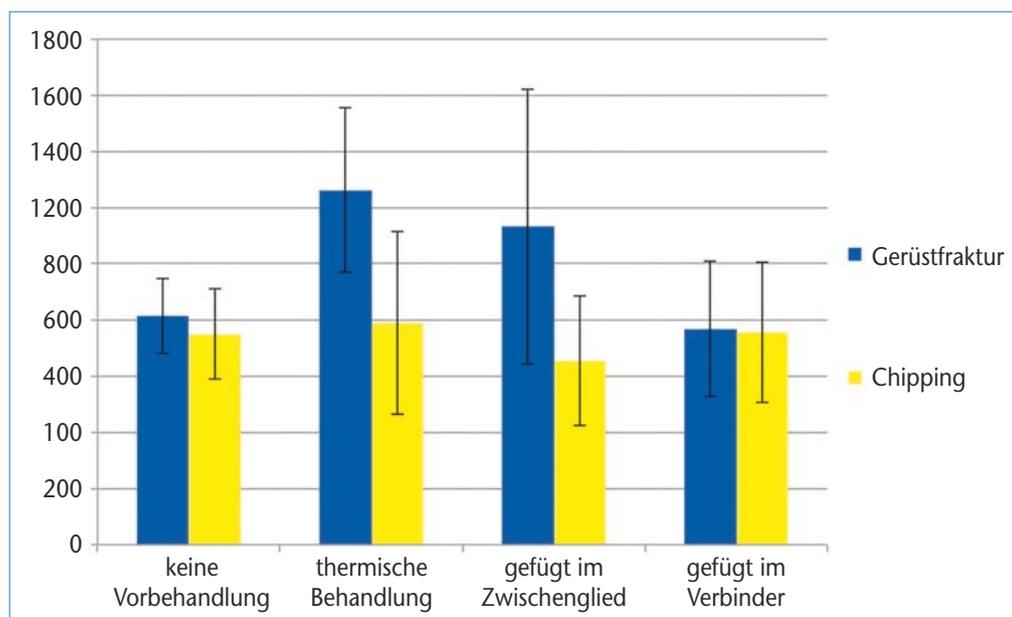


Abb. 12 Das Balkendiagramm zu den gemessenen Bruchlasten (N) für Chipping und Gerüstfraktur.

Diskussion Bis zum Chipping der Verblendkeramik waren zwischen keiner der vier Untersuchungsgruppen signifikante Unterschiede in der Bruchlast festzustellen. Hinsichtlich der Gerüstfraktur zeigten die unbehandelten und die im Verbinder gefügten Brücken ebenfalls ähnliche Bruchlastwerte. Signifikante Unterschiede traten zwischen den gefügten Gruppen auf, wobei die im Zwischenglied gefügten Brücken sogar signifikant höhere Bruchlasten aufwiesen als die Gerüste, die im Verbinder gefügt worden waren. Ebenso wurden für die im Zwischenglied gefügten Brücken signifikant höhere Bruchlastwerte gemessen als für die unbehandelten Proben. Die thermische Behandlung führte zu Bruchlasten, welche die Bruchlast der im Verbinder gefügten sowie der unbehandelten Brücken übertraf. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte im tetragonal-monoklinen Phasenübergang des Zirkonoxids liegen. Sowohl das Beschleifen bzw. die maschinelle Bearbeitung der Keramik als auch Risse sowie das Sintern können die Umwandlung von der tetragonalen in die monokline Kristallform bewirken.^{14,18} Diese führt zu Druckspannungen auf der Keramikoberfläche.²⁷ Um wieder eine tetragonale Oberfläche zu erreichen, wird ein sogenannter Regenerationsbrand empfohlen.²⁷ Daher könnte die in der vorliegenden Untersuchung erfolgte thermische Behandlung zu diesen höheren Bruchlastwerten geführt haben.

Die im Zwischenglied gefügten Brücken zeigten Festigkeiten, die in der Größenordnung von unbehandelten sowie thermisch behandelten Proben lagen. Im Vergleich zu den im zentralen Verbinder gefügten Brückengerüsten wiesen sie um fast 50 % höhere Bruchlasten auf. Die größere Querschnittsfläche der Fügung im Vergleich zur Konnektorenstärke könnte ein Grund hierfür sein. Ferner ist der Einfluss des Versuchsaufbaus auf dieses Ergebnis zu diskutieren. Die Lasteinleitung erfolgte in den Bereichen der zentralen Fossae der Brücken-zwischenglieder. Dadurch könnte eine höhere Stresskonzentration im zentralen Verbinder induziert worden sein. Dittmer et al. untersuchte in einem zu dieser Studie ähnlichen Versuchsaufbau die Stressverteilung einer viergliedrigen Brücke mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM). Die auftretende Spannung konzentrierte sich an der gingivalen Seite des zentralen Verbinders.⁵ Daneben wurde in zahlreichen In-vitro-Studien ein Bruchverlauf durch den zentralen Konnektor beschrieben.^{13,17,24}

Auch in der vorliegenden Untersuchung ereigneten sich die Frakturen bei Betrachtung der unbehandelten und gefügten Gruppen zwischen den beiden Brücken-zwischengliedern mit einer einzigen Ausnahme für die unbehandelte Gruppe sowie zwei Ausnahmen für die im Brücken-zwischenglied gefügten Brücken (Tab. 4). Bei der im Verbinder gefügte Gruppe verlief die Fraktur ausnahmslos durch die Fügungspalte. Die thermisch behandelten Proben brachen hauptsächlich im Bereich des distalen Konnektors (Tab. 4).

Die Anwendungsmöglichkeiten von Keramikloten sind vielfältig: Sie werden eingesetzt bei horizontalen und vertikalen Erweiterungen von Gerüststrukturen, Reparaturen, Abutmentoptimierungen sowie zur Spannungskompensation fertigungsbedingter Passungenauigkeiten von großspannigen Restaurationen.^{16,21,34,35} Laut Hersteller des in dieser Studie verwendeten Keramiklots ist dieses jedoch nicht zur Fügung von parallellflächigen Flächen gebrochener oder separierter Brücken freigegeben. Das Keramiklot besteht aus einem silikatischen Material. Die Verbundfestigkeit zwischen Zirkonoxid und Silikatkeramik war Gegenstand zahlreicher Publikationen, um das Versagen von verblendeten Zirkonoxidrestaurationen zu untersuchen.^{2,3,10,26,33} Hintergrund war die hohe Chippingrate der Verblendkeramik.²³

Tab. 4 Relative Häufigkeit mit 95 % Konfidenzintervall der Frakturbilder: Bruch im medialen Zwischenglied, im zentralen Verbinderbereich, im mesialen sowie im distalen Verbinderbereich.

				
Intakte Brücken	–	91,7 % (61,5; 99,8)	–	8,33 % (0,2; 38,5)
Thermische Behandlung	8,33 % (0,2; 38,5)	83,3 % (51,6; 97,9)	–	8,33 % (0,2; 38,5)
Im Zwischenglied gefügte Brücken	–	100 % (73,5; 100)	–	–
Im Verbinder gefügte Brücken	–	–	25,0 (5,5; 57,2)	75,0 (42,8; 94,5)

Bei einem Verbundtest kommt es jedoch nicht zu einer Trennung der Verblendung vom Gerüst. Der Bruch verläuft vollständig in der Verblendkeramik. Dabei wird nicht nur eine mechanische Verzahnung der Verblendkeramik mit dem Zirkonoxidgerüst angenommen; auch ein chemischer Verbund über Sauerstoffbrückenbindungen wird diskutiert.^{21,28} Neben Faktoren wie der Abkühlungsrate sowie dem Wärmeausdehnungskoeffizienten spielt die Dicke der Verblendschicht eine bedeutende Rolle für Frakturen der Verblendkeramik: Dickere Verblendstärken führten zu höheren Chippingraten.¹⁰ In der vorliegenden Untersuchung wurde der geschaffene Spalt zwischen den zu fügenden Brückenanteilen mit einer Größe von 0,7 bis 1,0 mm schmal gehalten. Auch die effektive Oberfläche der Fügestellen war viel geringer als die zu verblendende Fläche von Zirkonoxidrestaurationen. Beide Faktoren könnten zur Stabilität der gefügten Bereiche beigetragen haben.

Riemer-Krammer et al. beschreiben eine innige Verbindung von Glasloten zu oberflächenbearbeitetem Zirkonoxid durch Ausbildung einer Reaktionsschicht mit einer möglichen Infiltration und Diffusion.²¹ Nach Aufbrennen des Glaslots auf Zirkonoxid waren Frakturen rein im Verblendmaterial festzustellen oder der Bruch verlief quer durch alle Schichten der Restauration.^{21,34} Auch Zothner et al. konnten keinen Bruch im Fügebereich der in der Segment-System-Technik gefügten Brücken feststellen.³⁴ Provozierte Zerstörungen des gelöteten Fügebereichs zeigten Frakturen schräg durch das Glaslot sowie durch das Zirkonoxidgerüst.³⁴

Zusammenfassend kann betont werden, dass im Seitenzahnbereich Kaukräfte von ca. 400 N auftreten.¹² Die in der vorliegenden Studie gemessenen Bruchlasten aller vier Gruppen lagen weit über diesem Wert. Allerdings ist anzumerken, dass die Proben in dieser Studie keiner künstlichen Alterung unterzogen wurden. Die Feuchtigkeit in der Mundhöhle kombiniert mit der mechanischen Beanspruchung kann zu einer Stabilitätsverminderung der Restauration führen.^{9,13} Daher sind weitere In-vitro-Untersuchungen unter Berücksichtigung der klinischen Verhältnisse erforderlich. Letztendlich sollten die Werte dieser Studie auch in einer In-vivo-Studie bestätigt werden.

Fazit Das Fügen getrennter Brückengerüste zeigt initial keinen negativen Einfluss auf die Bruchlast von viergliedrigen verblendeten Zirkonoxidbrücken. Eine thermische Behandlung verbesserte die Gesamtstabilität der Restaurationen.

Danksagung Die Autoren danken der Firma DCM GmbH, Rostock, für die Bereitstellung des Lots sowie der Firma Dental Direkt, Bielefeld, für die Zirkonoxidrohlinge. Die Vita Zahnfabrik hat für diese Untersuchung freundlicherweise die Verblendkeramik Vita VM 9 zur Verfügung gestellt.

- Literatur**
1. Abduo J, Bennani V, Lyons K, Waddell N, Swain M. A novel in vitro approach to assess the fit of implant frameworks. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:658-663.
 2. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater* 2006;22:857-863.
 3. Belli R, Frankenberger R, Appelt A et al. Thermal-induced residual stresses affect the lifetime of zirconia-veneered crowns. *Dent Mater* 2013;29:181-190.
 4. Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig* 2009;13:343-349.
 5. Dittmer MP, Kohorst P, Borchers L, Stiesch M. Influence of the supporting structure on stress distribution in all-ceramic FPDs. *Int J Prosthodont* 2010;23:63-68.
 6. Edelhoff D, Weber V, Johnen C, Beuer F. Klinische Erfahrungen mit CAD/CAM-gefertigten Zirkonoxid-Brückengerüsten des Digident-Systems. *Quintessenz* 2007;58:371-383.
 7. Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC, Wirthman GP. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent* 1991;65:357-364.
 8. Filser F, Kocher P, Weibel F, Luthy H, Scharer P, Gauckler LJ. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 2001;4:89-106.
 9. Fischer J, Stawarczyk B, Hammerle CH. Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. *J Dent* 2008;36:316-321.
 10. Guazzato M, Walton TR, Franklin W, Davis G, Bohl C, Klineberg I. Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures. *Aust Dent J* 2010;55:306-310.
 11. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2010;23:493-502.
 12. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontol Scand* 1977;35:297-303.
 13. Kohorst P, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch-Scholz M. Influence of cyclic fatigue in water on the load-bearing capacity of dental bridges made of zirconia. *Acta Biomater* 2008;4:1440-1447.
 14. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater* 1999;15:426-433.
 15. Kunii J, Hotta Y, Tamaki Y, et al. Effect of sintering on the marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia frameworks. *Dent Mater J* 2007;26:820-826.
 16. Langschwager A, Friedrich R, Mitrovic A, Hopp M, Biffar R. Okklusale modifizierte Zirkonoxidbrücke. Implantatprothetische Restauration eines komplexen Behandlungsfalls. *Quintessenz Zahntech* 2013;39:352-368.
 17. Larsson C, Holm L, Lovgren N, Kokubo Y, Vult von Steyern P. Fracture strength of four-unit Y-TZP FPD cores designed with varying connector diameter. An in-vitro study. *J Oral Rehabil* 2007;34:702-709.
 18. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1-25.
 19. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci* 2005;113:174-179.
 20. Reinecke AM, Exner H. A new promising joining technology. *J Cer Proc Res* 2001;2:45-50.
 21. Riemer-Krammer B, Eilert C, Friedrich R, Mitrovic A, Hopp M, Biffar R. Innovationen und Teamarbeit in der Implantatprothetik. *Quintessenz Zahntech* 2011;37:656-670.
 22. Rosentritt M, Behr M, Scharnagl P, Handel G, Kolbeck C. Influence of resilient support of abutment teeth on fracture resistance of all-ceramic fixed partial dentures: an in vitro study. *Int J Prosthodont* 2011;24:465-468.

23. Sailer I, Feher A, Filser F, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006;37:685-693.
24. Sarafidou K, Stiesch M, Dittmer MP, Jorn D, Borchers L, Kohorst P. Load-bearing capacity of artificially aged zirconia fixed dental prostheses with heterogeneous abutment supports. *Clin Oral Investig* 2012;16:961-968.
25. Sax C, Hammerle CH, Sailer I. 10-year clinical outcomes of fixed dental prostheses with zirconia frameworks. *Int J Comput Dent* 2011;14:183-202.
26. Swain MV. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 2009;5:1668-1677.
27. Tholey M, Rutten L, Rutten P. Sicher zur Ästhetik mit Gerüsten aus Zirkoniumdioxid. *Quintessenz Zahntech* 2011;37:460-469.
28. Tholey MJ, Marc S. Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen. *Quintessenz Zahntech* 2007;33:160-168.
29. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001;26:367-374.
30. 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* 2005;32:180-187.
31. Wettstein F, Sailer I, Roos M, Hammerle CH. Clinical study of the internal gaps of zirconia and metal frameworks for fixed partial dentures. *Eur J Oral Sci* 2008;116:272-279.
32. Wimmer T, Hostettler J, Beuer F, Stawarczyk B. Load-bearing capacity of soldered and subsequently veneered 4-unit zirconia FDPs. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2013;23:1-7.
33. Zhang Z, Zhou S, Li Q, Li W, Swain MV. Sensitivity analysis of bi-layered ceramic dental restorations. *Dent Mater* 2012;28:e6-14.
34. Zothner A, Mitrovic M, Eilert C, et al. Die Segment-System-Technik mittels HotGlue-Fügung. Fertigung einer zirkulären Oberkieferversorgung aus Zirkoniumdioxid auf Implantaten. *Quintessenz Zahntech* 2008;34:566-581.
35. Zothner A, Moss C, Hopp M, et al. Oberflächenkonditionierung von Zirkoniumdioxid zur Verbesserung des Klebeverbundes. *Quintessenz Zahntech* 2009;39:874-886.



Dr. med. dent. Timea Wimmer

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
 Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München
 Goethestraße 70
 80336 München
 E-Mail: timea.wimmer@med.uni-muenchen.de

PD Dr. med. dent. Florian Beuer

**Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Ing. (FH)
 Bogna Stawarczyk, MSc**
 beide Adresse wie oben

Jürg Hostettler

Dentallabor Hostettler Dental AG
 Friedhofweg 24
 4950 Huttwil
 Schweiz



Summary

Manufacturing-related stresses and distortions of zirconia frameworks milled in the white stage can compromise the accuracy of fit and preclude the applicability of the restoration. A separation and subsequent joining of affected frameworks similar to soldering or lasering in metallurgy might be a novel approach to solve this problem. Therefore, in the present study, the load-bearing capacity of joint four-unit zirconia fixed dental prostheses (FDPs) was investigated. For this purpose, four groups of frameworks, which were congruent concerning their shape, were fabricated. The first group was not treated; group two was treated thermally. In group three the frameworks were separated at the mesial pontic, in group four at the central connector. The respective parts of the frameworks were joined using a ceramic solder and veneered congruently. Subsequently, the fracture load was determined and data were statistically analyzed.



Dr. med. dent. Jan Hajt6

Spezialist für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ), Specialist for aesthetic dentistry, Briener Str. 7, 80333 München

„DCMhotbond fusio ist die perfekte Lösung für dauerbelastete und höchästhetische Vollkeramikversorgungen aus Zirkonoxid und Lithiumdisilikat. Persönlich setze ich klinisch seit fünf Jahren mit DCMhotbond gefügte hochfeste ästhetische Zirkonoxid/Lithiumdisilikat Verbundkronen und -brücken auf Zähnen und Implantaten klinisch erfolgreich ein. Chipping gehört definitiv der Vergangenheit an.“

„DCMhotbond fusio is the perfect solution for continuously loaded and highly aesthetic full ceramic restorations made of zirconium oxide and lithium disilicate. I have personally employed high-strength aesthetic zirconium oxide / lithium disilicate composite crowns and bridges on teeth and implants bonded with DCMhotbond with clinical success for five years now. Chipping is certainly a thing of the past.“



Dr. med. dent. Peter Randelzhofer, Weinstr. 4, 80333 München

„hotbond ist einer der wichtigsten Faktoren für mein Implantatprothetisches Behandlungskonzept. Es ermöglicht verschiedene Materialien so zu verbinden, dass sie Ihre jeweils beste Eigenschaft an der richtigen Stelle ausspielen können. Stabilität - Funktion und Ästhetik werden Eins.“

„hotbond is one of the most important factors for my implant-prosthetic treatment concept. It enables different materials to be connected such that they can bring their best characteristic to bear in the right place. Stability - function and aesthetics united“.



**Dr. Michael Hopp, Zahnarzt, Implantologe, Werkstoffkundler, Dentist, Implantologist, Materials Scientist
Kranoldplatz 5, 12209 Berlin**

„... die DCMhotbond Glaslote sind ein Fügmaterial, kein typisches in der Zahntechnik verwendetes Verblendkeramikmaterial. Damit sind die Glaslote eine eigenständige Materialgruppe. Somit findet sich derzeit auf dem Dentalmarkt nichts Vergleichbares.“ (Gutachten zum stoffschlüssigen Fügen mit DCMhotbond, 2010)

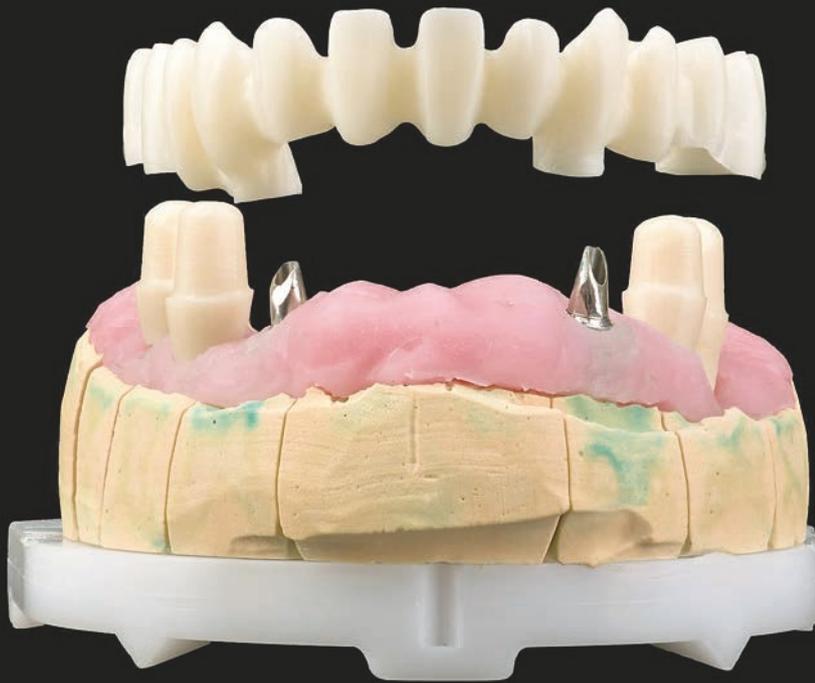
„... DCMhotbond glass solder is a material for firm bonding, not a typical veneer ceramic material used in dentistry. This makes glass solders a separate class of materials. There is nothing comparable on the dental market.“ (Expert report on material - locked bonding with DCMhotbond, 2010)



**Dipl.-Ing. Ruedger Rubbert
Natural Dental Implants AG (CEO), Dieffenbachstr. 33, 10967 Berlin**

„Wir haben die DCMhotbond - Verbindung zwischen unserem REPLICATE™ Implantatkörper (Titan) und Abutment (Zirkonkeramik) einem dynamischen Belastungstest gemäß ISO 14801 unterzogen. Als Prüfkörper haben wir, in einer „worst case“- Annahme, das Musterdesign des schlanksten menschlichen Zahns, also eines mittleren Schneidezahns des Unterkiefers, gewählt. Die Norm verlangt, dass eine Mindestanzahl von Prüflingen bei einer steigenden, schräg unter 30° von der Senkrechten eingeleiteten Wechselbelastung, jeweils 5 Mio. Zyklen standhält. Die maximale Belastung, bei der die erforderliche Anzahl der Prüflinge nicht gebrochen ist, hat 450 Newton betragen. Das entspricht unter üblichen Umgebungsbedingungen einer Belastung von ca. 45 kg auf einem einzelnen unteren Schneidezahn. 5 Mio. Zyklen bei der genannten Belastung bedeuten, dass ein Patient mindestens 100 Jahre lang, 137 mal pro Tag mal mit seinem Implantat in der Position des unteren Schneidezahns auf einen Kirschkern beißen kann, zumindest ohne dass die Glaslotverbindung Schaden nimmt. Gleichwohl ist das Experiment aus verschiedensten Gründen nicht für Patienten zur Nachahmung empfohlen.“

„We subjected the DCMhotbond bond between our REPLICATE™ implant body (titanium) and abutment (zirconium ceramic) to a dynamic stress test in accordance with ISO 14801. On a „worst case“ assumption, we selected the model design of the narrowest human tooth, a central mandibular incisor, as test specimen. The standard requires that a minimum number of test specimens each withstand 5 million cycles under increased oscillating load at an angle of 30° to the perpendicular. The maximum load where the required number of test specimens had not fractured was 450 Newton. This corresponds to a load of approx. 45 kg on each mandibular incisor in a normal environment. 5 million cycles at the load quoted mean that a patient would have to bite on a cherry pit with an implant in the mandibular position for at least 100 years and 137 times per day, at least with damaging the glass solder connection. However, this experiment is not recommended for patients for various reasons.“



Zusammenfassung
 Zirkuläre Brücken, auch auf Basis von Zirkonoxid, haben aufgrund ihrer herstellungsbedingten/erzogene Passungenauigkeiten. Eine implantatgestützte Versorgung wird damit immer Spannungen im Interface provozieren. Die vorliegende Arbeit zeigt mit eingelötetem intermediärem Passive-fit-Konnektor eine Möglichkeit der Spannungskompensation. Der harte Aufbiss im vorgeschädigten Gebiss bei Versorgung der antagonistischen Kiefer kann durch die Verwendung von Kompositkaufächen auf einer Keramikbrücke in einem Kiefer zu einer Minimierung funktionellen Diskomforts führen, bleibt in der Umsetzung aber eine technische Herausforderung.

Indizes
 Zirkonoxid, Vollkeramik, Keramikfügung, Keramiklot, Hotbond, Gnathologie, Implantatversorgung, Implantatprothetik, Passive-fit-Konnektor, Kompositverblendung, Kunststoffverbund

Okklusal modifizierte Zirkonoxidbrücke

Implantatprothetische Restauration eines komplexen Behandlungsfalls

Arvid Langschwager, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar

Funktionalität und Ästhetik spielen in der modernen Zahnheilkunde eine grundlegende Rolle,¹⁴ so ist der Erfolg der ZrO₂-Anwendung mit ihren weißen oder zahnfarbenen Gerüststrukturen nicht verwunderlich.

Trotz heller Gerüstfarbe kann der Preis mit NEM-Gussgerüsten nicht konkurrieren und die Freigabe dürfte für Indikationen mit grazilen Trägerstrukturen von den Blank-Vertreibern fehlen. Dennoch ist die Entwicklung interessant und wird konsequent verfolgt. Baltzer und Kaufmann-Jinoian¹ fordern bei festsitzenden Restaurationen einen Mindestquerschnitt der Gerüste. Wichtig sind ebenfalls die erreichten mechanischen Werte, die sich herstellungsbedingt vom HIP-ZrO₂ unterscheiden.⁴

In der Implantologie sind zirkuläre Brücken aus Zirkonoxid seit längerer Zeit mit gutem Erfolg in der praktischen Anwendung.⁹ Durch Einschränkungen in der Fertigungstechnik bei verschiedenen CAD/CAM-Systemen mussten diese Brücken allerdings aus verschiedenen Segmenten zusammengesetzt und mittels Glasloten stoffschlüssig verbunden werden. Die zuerst genutzten geschiebeartigen Verbindungselemente⁸ wurden stabilitäts- und prozessoptimiert für die Keramiktechnik zu eingerundeten Fügeelementen ohne Geschiebe- und Gleitcharakter.¹⁹

Einleitung

Durch die Segmenttechnik, wie sie auch in industriellen Anwendungen, z. B. mit keramischen Grünloten oder Laserschweißungen, ausgeführt wird, wurde eine Spannungsminimierung und Passungsverbesserung von Zahnersatz postuliert,³ bisher aber nicht nachgewiesen.

Trotz aller Vorteile und Wünsche an das weiße Material bleibt die Frage der Spannungen in großen Gerüsten, besonders wenn partiell große Dimensions- und Volumenunterschiede auftreten. Ursachen sind zum einen der Herstellungsprozess mit Nachschritten und die Herstellung der Blanks. Je nach Herstellungsverfahren, Packungsdichte und Größe der Blanks wird beim Sintern ein Verzug generiert, der zu Passungenauigkeiten führen kann. Verschiedene Methoden der technischen Ausführung der Restaurationen schaffen Abhilfe. Das Einkleben von Sekundärstrukturen, z. B. Galvanokappen über die Passive-fit-Technik, kompensiert die Passungenauigkeit über den Klebspalt. Eine weitere Methode ist das Segmentieren und Fügen der Gerüstanteile. Das Lasern von Hochleistungskeramiken auf Oxidbasis, wie Reinecke und Exner es für das Aluminiumoxid beschrieben haben,¹¹ funktioniert beim ZrO_2 aufgrund der Transformationswandlungen und Rissbildung nicht. Somit bleiben nur das Kleben und Löten. Klebungen auf Kompositbasis werden zwar immer wieder diskutiert, sind im Gerüstbereich aber wegen der hohen Belastungen und der fortschreitenden Biodegradation ohne Vorbehandlung des Zirkonoxids nicht stabil und haltbar genug. Die Lötung über speziell entwickelte Verbundelemente ist eine praktikable Alternative, wie sie für horizontale und vertikale Verlängerungen von Zirkonoxidstrukturen beschrieben sind.¹⁹

Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die okklusale Gestaltung. Obwohl heute die Versorgung festsitzender Restaurationen fast vollständig über keramische Verblendungen realisiert wird, steht die Frage nach dem „harten“ Aufbiss nach wie vor im Raum. Die Entwicklung der hydrothermalen Keramiken hat keine wesentliche Verbesserung in dieser Beziehung gebracht. Ein langfristiger Wunsch, die gute Plaquesistenz von Keramiken, vor allem im transgingivalen und im Pfeilerbereich sowie alle schleimhautberührenden Brückenelemente, mit der bedingten Abrasionsfähigkeit der Kompositmaterialien kombinieren zu können, ist bisher aufgrund der geringen Haftung der Komposite auf ZrO_2 -Strukturen nicht umgesetzt worden. Durch die Beschichtung der ZrO_2 -Oberfläche mit speziellen Glasloten und die Ausbildung einer Reaktionsschicht ist es nach dem patentierten Verfahren von Hopp und Zothner⁶ möglich, einen dauerhaften Verbund zu erzeugen.

Zur gnathologischen Gestaltung wurde das Verfahren erstmals von Riemer-Krammer et al.¹² bei einer herausnehmbaren implantatverankerten Restauration angewendet.

Der Patientenfall Anamnese

Der 58-jährige Patient wurde mit dem Wunsch der prothetischen Versorgung des Ober- und Unterkiefers erstmals im Mai 2012 in der Praxis vorstellig. Die allgemeinmedizinische Anamnese ergab keinen Hinweis auf akute oder chronische Allgemeinerkrankungen. Die Gesichtshaut des Patienten wies keinerlei pathologische Veränderungen auf. Die Gesichtszüge und Lippen wirkten eingefallen. Die Aussprache war aufgrund der teilweise fehlenden Bezahnung sehr verwaschen und undeutlich. Die Palpation der Kiefergelenke und der Kaumuskulatur war unauffällig. Hinweise auf eine Kiefergelenkerkrankung lagen nicht vor, obwohl deutliche Abrasionsspuren auf den Inzisalflächen der unteren Frontzähne erkennbar waren. Die submandibulären Lymphknoten erwiesen sich als nicht palpabel oder druckdolent.

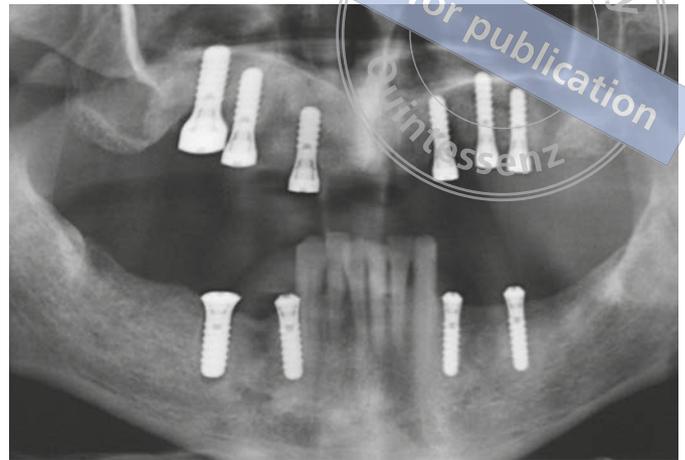


Abb. 1 a Die En-face-Ansicht des Patienten mit reduzierter Höhe des Untergesichts und b die Seitansicht.

Abb. 2 Das OPG der implantierten Situation mit inserierten Implantaten in allen vier Quadranten.

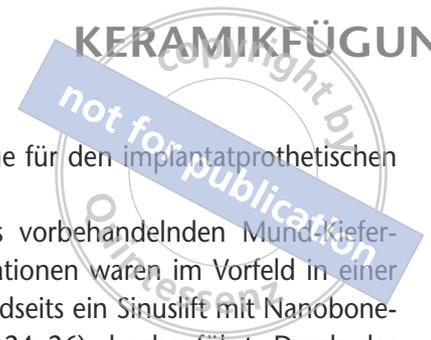


Abb. 3 a Die intraorale Situation. Der Oberkiefer b und der c Unterkiefer in der Aufsicht.

Neben der allgemeinen Befunderhebung wurden En-face- und Profilaufnahmen (Abb. 1) des Patienten angefertigt. Der Patient gab an, seit ca. drei Jahren keinerlei Zahnersatz bzw. Interimzahnersatz getragen zu haben. Ein Orthopantomogramm ließ eine vorgeschädigte, aber erhaltungswürdige Unterkieferfrontbezahnung und inserierte Implantate in allen vier Quadranten erkennen (Abb. 2). Weitere pathologische Veränderungen des Kiefers waren nicht vorhanden. Im Rahmen der zahnärztlichen Untersuchung wurden eine große vertikale Dimension durch langanhaltende Zahnlosigkeit (Abb. 3a), freiliegende Transgingivalanteile mit Verschlusschraube regio 16, 15, 13, 23–25 im Oberkiefer und 34, 36, 44, 46, im Unterkiefer ermittelt (Abb. 3b und 3c). Das anteriore Restgebiss 33–43 war kariesfrei, vital, es bestand weder ein Lockerungsgrad (Grad 0) noch inzisale Abrasionen.

Der Parodontalstatus zeigte in der Unterkieferfront einen PSI-Code 2, bei leichtem generalisiertem Knochenabbau und Gingivarezessionen an 33, 41, 43. Der röntgenologische Status der Zähne 33–43 war abgesehen von der horizontalen Knochenreduktion ohne Befund.

Aufgrund des ermittelten Mundhygienestatus war die Durchführung eines Prophylaxeprogramms obligat. Die Mundhygienemotivation und -instruktion inklusive Schleimhautpflege erfolgte durch eine Prophylaxehelferin. Bereits nach einer Recallsitzung konnte mit einem API (Approximal-Plaqueindex) von < 21 % eine ausgezeichnete



Oralhygiene diagnostiziert werden, die als Grundlage für den implantatprothetischen Langzeiterfolg angesehen werden kann.

Der Patient hatte umfangreiche Unterlagen des vorbehandelnden Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen dabei. Die notwendigen Implantationen waren im Vorfeld in einer MKG-Praxis vor Ort erfolgt. Im Oberkiefer wurde beidseits ein Sinuslift mit Nanobone-Granulat und Biogide-Membran (regio 14–16 und 24–26) durchgeführt. Durch das verwendete transgingivale Straumann-System (Straumann, Freiburg) entfiel eine Freilegung der Implantate.

Therapieplanung und prothetische Versorgung

Da sich der Patient nach bereits abgeschlossener chirurgischer Vorbehandlung in der Praxis zur prothetischen Versorgung vorstellte, erübrigte sich eine umfangreiche Planung in Bezug auf die prothetische Konstruktion. Der Patient wünschte ausdrücklich einen festsitzenden Zahnersatz, was bei der entsprechenden Pfeilerverteilung auch umgesetzt werden konnte.

Die Tabelle 1 zeigt den aktuellen Befund und den geplanten Zahnersatz.

Tab. 1 Intraoraler Befund mit prothetischer Planung (f = fehlt, i = Implantat, K = Krone, B = Brückenglied).

		K	K	B	K	B	B	B	B	K	K	K	B		
f	f	i	i	f	i	f	f	f	f	i	i	i	f	f	f
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
f	f	i	f	i							i	f	i	f	f
		K	B	K							K	B	K		

Die Absenkung der vertikalen Dimension wurde mit dem definitiven Ersatz kompensiert. Eine zwischenzeitliche provisorische Versorgung zwecks Anpassung und Neuorientierung von Muskeln, Sehnen und Gelenken wurde nicht mehr angefertigt, da der Patient die vorgeschlagene Interimsversorgung ablehnte. Ebenso wurde ein nicht zahnfarbener metallischer Zahnersatz abgelehnt.

Auf Grundlage von Situationsmodellen, Gesichtsbogen- und Stützstiftregistrierung sowie mitgebrachten Fotos des Patienten im vollbezahnten Zustand wurden zunächst Ästhetik- und Funktionseinproben mittels Wachs-/Kunststoffprothesen als Zahnaufstellung (Set-up) durchgeführt.

Die Anforderung an die zahntechnische Arbeit war also eine zahnfarbene Versorgung, die trotzdem einen „weicheren“ Aufbiss aufweisen sollte.

Zahntechnische Umsetzung

Nach Abformung mit einem individuellen Löffel und Impregum (3M ESPE, Seefeld) wurden Sägeschnittmodelle des Ober- und Unterkiefers mit einer Zahnfleischmaske hergestellt (Abb. 4). Entsprechende Abutments wurden ausgewählt und im Fräsgerät parallelisiert bzw. konisch auf 6° gefräst. Die Scannung der Modelle erfolgte im 3Shape-Scanner (3Shape, Kopenhagen, Dänemark), die Brückengerüste wurden mit der entsprechenden Software mittels CAD konstruiert. Die Abbildungen 5a und b zeigen Screenshots der konstruierten Unterkiefergerüste in der kombinierten Technik für die Keramik- und okklusale Kompositverblendung. Die vestibulären und okklusalen Detaildarstellungen für den dritten und vierten Quadranten mit den schüsselförmigen Einziehungen für das Verblendmaterial ist der Abbildung 5b zu entnehmen.



Abb. 4 Das Implantatmodell des a Ober- und des b Unterkiefers.

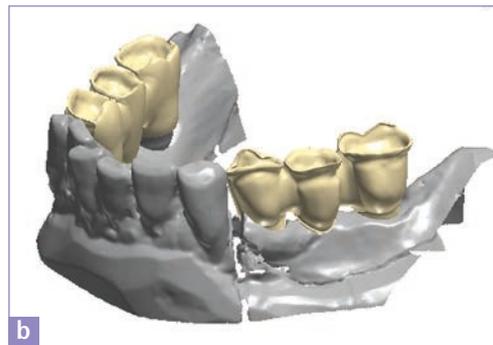
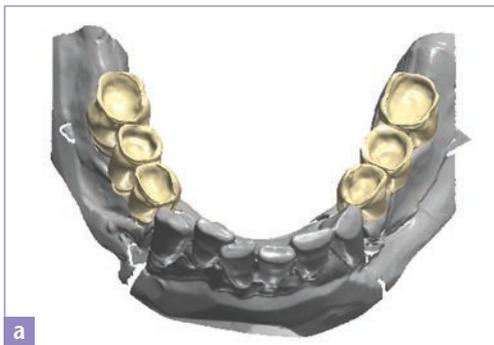


Abb. 5 Screenshots a der CAD-Planung der Unterkieferbrückengerüste und b Detaildarstellung des dritten Quadranten.



Abb. 6 Ein gefrästes Brückengerüst.

Abb. 7 Das Unterkieferbrückengerüst wird gegen die Wachaufstellung des Oberkiefers im Artikulator gestellt.

Die CAM-Erstellung der Brückengerüste in Zirkonoxid erfolgte mit Cercon Brain Expert (DeguDent, Hanau). Die Abbildung 6 zeigt ein gefrästes, ausgearbeitetes und gesintertes Brückengerüst mit dem typischen Hutrand zur Stützung der späteren Kompositverblendung. Sitz und okklusale Beziehungen der Brückengerüste werden gegen die Oberkieferzahnaufstellung im Artikulator überprüft (Abb. 7). Die Situation wird nach Einbringen der Abutments im Unterkiefer (Abb. 8) über ein Bissregistrat in den Mund übertragen und ebenfalls auf Passung und Kontrolle der dreidimensionalen Relation sowie einen ausreichenden Freiraum für die Kompositverblendung geprüft. Die Abbildungen 9a und b zeigen die Brückengerüste in der Aufsicht und in der Relation mit der Wachaufstellung im Oberkiefer.

Die fertigen Gerüste werden bei 2 bar gesandstrahlt, im Airbrush-Verfahren mit DCM hotbond zirconnect (Dental Balance, Ratzeburg) gleichmäßig beschichtet (Abb. 10) und nach Brennanleitung bei 1.000 °C gebrannt. Die glänzende Oberfläche nach dem Brand weist eine perfekte zirconnect-Beschichtung und ein gutes Brennergebnis auf



Abb. 8 Der Unterkiefer mit eingebrachten Abutments.



Abb. 9 Die Brückengerüste in der a Aufsicht und b in der Relation mit der Wachsauftellung im Oberkiefer.

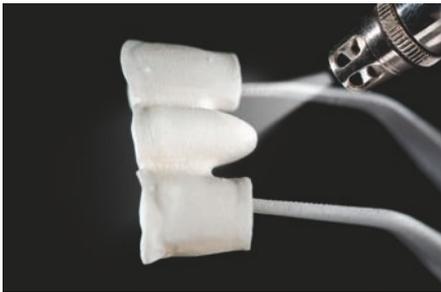


Abb. 10 Das Beschichten des Gerüsts mit zirconnect.



Abb. 11 Die glänzende Oberfläche weist eine perfekte zirconnect-Beschichtung auf.



Abb. 12 a Das Auftragen der individuellen Verblendung mit Keramik und b das fertig geschichtete Gerüst auf dem Brennträger.



Abb. 13 Das Ätzen der zirconnect-Schicht mit C-Link Etch.

(Abb. 11): Nach erneutem Sandstrahlen erfolgt die keramische Verblendung der Brückengerüste (Abb. 12a) mit Cercon Ceram Kiss (DeguDent), im ersten Dentinbrand bei 830 °C gebrannt, mit Ausnahme der okklusalen Fläche. Die Abbildung 12b zeigt das fertig geschichtete Gerüst auf dem Brennträger. Der Brennvorgang erfolgt in einen konventionellen Keramikofen (Zubler Varo 200, Zubler, Ulm). Nach Fertigstellung der keramischen Verblendarbeiten wird die okklusale Verbundschicht der Brücke noch einmal kurz gesandstrahlt und die zirconnect-Schicht mit C-Link Etch (C-Link, steco, Hamburg) bis an den Verblendrand geätzt (Abb. 13). Die Ätzzeit beträgt 60 Sekunden. Nur allein durch Ätzen der zirconnect-Verbundschicht ist eine morphologische Oberflächenstrukturierung und eine deutliche Zunahme der Rautiefe nachweisbar (Abb. 14). Die geätzten okklusalen Flächen werden jetzt nach dem von Hopp und Zothner⁶ patentierten Verfahren mit C-Link Silan silanisiert (Abb. 15a), getrocknet und der C-Link Connector zur Verbundschaffung aufgetragen (Abb. 15b).

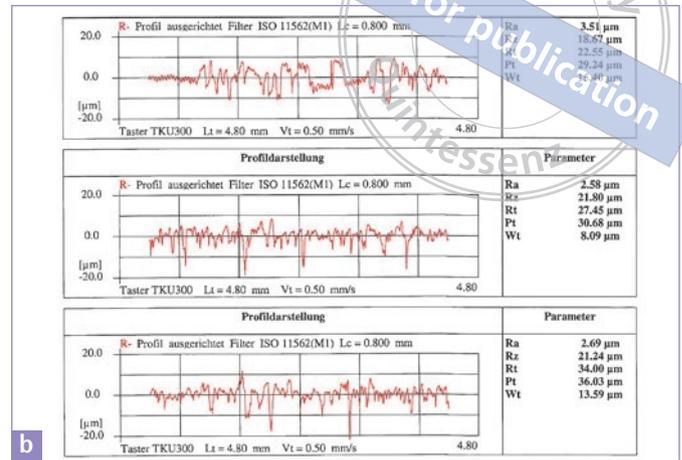
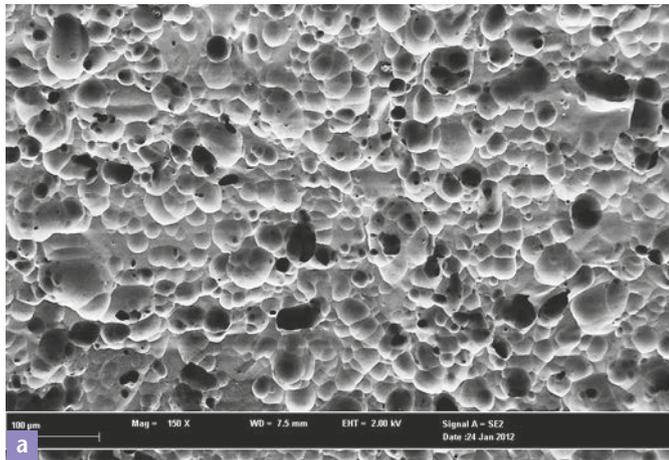


Abb. 14 a Die Oberflächenstruktur bei alleinigem Ätzen, REM-Darstellung und b die Rauheitsmessung der geätzten Oberflächen.



Abb. 15 a Die okklusalen Flächen werden silanisiert; b das Aufbringen des C-Link Konnektors; c das schichtweise Auftragen der Kauflächen in Komposit; d die okklusale Schichtung der Kauflächen ist fertig; e das Polymerisieren des Verblendkomposits; f der Okklusalbereich der zweiten Brücke ist fertig zur Beschichtung.

Die Kauflächen werden wegen der guten Erfahrungen – auch beim zahnärztlichen Einsatz – mit dem Venus Pearl (Heraeus Kulzer, Hanau) in Füllungskomposit schichtweise aufgetragen (Abb. 15c). Die okklusale Schichtung wird nach gnathologischen Richtlinien ausgeführt (Abb. 15d) und polymerisiert (Abb. 15e). Der Okklusalbereich der zweiten Brücke ist zur Beschichtung vorbereitet und wird mit gleichem Vorgehen fertiggestellt (Abb. 15f). Deutlich sichtbar sind die glatten schüsselförmigen Verbundflächen, auf Unterschnitte und Retentionsstrukturen kann durch die vorgestellte Technik verzichtet werden. Nach Fertigstellung erfolgt wieder eine Okklusionsüberprüfung der Arbeit im Mund gegen die Zahnaufstellung im Oberkiefer (Abb. 16).



Abb. 16 Die Okklusionsüberprüfung der fertigen Unterkieferbrücken **a** rechts und **b** links gegen die Oberkiefer-Wachsaufstellung gestellt.

Abb. 17 Die Situation im Artikulator zeigt die große Differenz in der vertikalen Dimension.

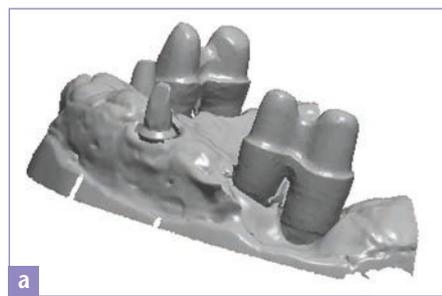


Abb. 18 Die fertige Abutmentverlängerung (Passive-fit) links.

Abb. 19 Screenshots: **a** die Abutmentverlängerung auf dem Modell in seitlicher Detailansicht; **b** beide Abutmentverlängerungen auf dem Modell von okklusal.

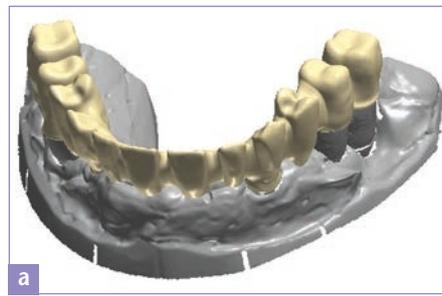
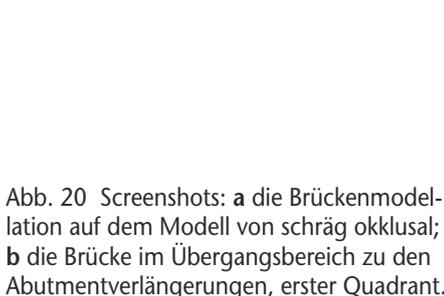


Abb. 20 Screenshots: **a** die Brückenmodellation auf dem Modell von schräg okklusal; **b** die Brücke im Übergangsbereich zu den Abutmentverlängerungen, erster Quadrant.

Im Artikulator zeigt sich die große vertikale Differenz nach Fertigstellung der Unterkieferrestorationen durch die Knochenresorption im Oberkieferseitenzahnggebiet (Abb. 17). Zwischen Eckzahn-Prämolarenggebiet und Molarenggebiet ist eine deutliche vertikale Stufe, die durch die Höhe des Zahnersatzes kompensiert werden muss. Wegen Überschreitung der Blankdicke wurde im distalen Bereich der Brücke eine vertikale Teilung vorgesehen. So können sehr große Differenzen überwunden werden. Bei Spannungen, die sich auch beim Zirkonoxid bei sehr großen Spannen und Volumen ergeben, ist durch das Anlöten eines Konnektors eine Spannungskompensation fertigungsbedingter Passungenauigkeiten im Sinne eines Passive-Fit möglich.

Die Verlängerungen für die jeweils distalen Implantate wurden über eingescannte Wax-ups in Form verblockter Konusteile frästechnisch aus ZrO_2 -Keramik realisiert. Die Abbildung 18 zeigt die fertigen Konnektoren im ersten und zweiten Quadranten auf

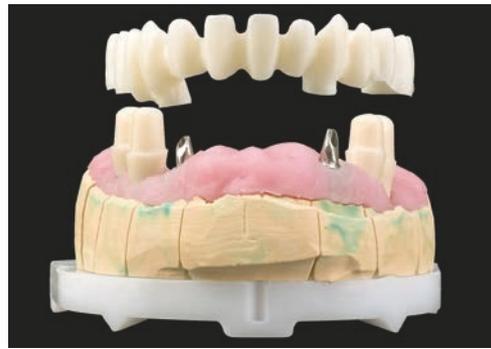


Abb. 21 Das gefräste, gesinter- te und ausgearbeitete Brücken- gerüst in ZrO₂-Keramik.

Abb. 22 Die separaten Be- standteile des Gerüsts auf dem Modell.



Abb. 23 a Die Einprobe der passive-fit-Verlängerungen; b das Brückengerüst wird auf den Abutmentverlängerungen fixiert; c und d die Kontrolle des Brückensitzes im ersten und zweiten Quadranten.

dem Modell. Das Modell mit den gefertigten Passive-fit-Konnektoren wurde als Grundlage für das Oberteil der zirkulären Brücke gescannt (Abb. 19) und der zirkuläre Anteil digital konstruiert. Die Abbildung 20a zeigt einen Screenshot der Brückenmodellation auf dem Modell von schräg okklusal, die Abbildung 20b zeigt einen Screenshot der Brücke im distalen Übergangsbereich zu den Konnektoren im ersten Quadranten. Die Abbildung 21 zeigt den okklusalen Gerüstanteil der gefrästen, gesinteren und ausgearbeiteten Brücke in ZrO₂-Keramik und die Abbildung 22 alle Gerüstanteile in Explosivdarstellung auf dem Modell.

Zum spannungsfreien Verbund der Teile mittels Glaslottechnik werden diese im Mund einprobiert (Abb. 23a), ihre Passung kontrolliert, diese mit einem provisorischen Zement verbunden (Tempbond, Kerr, Rastatt) (Abb. 23b) und die Vertikale kontrolliert. Die Abbildungen 23c und 23d zeigen den Brückensitz im ersten und zweiten Quadranten nach Fixierung. Darüber wird eine Überabformung mit Impregum (3M ESPE) genommen (Abb. 24). Das erstellte Modell mit individuellen Stümpfen aus Pattern Resin (GC

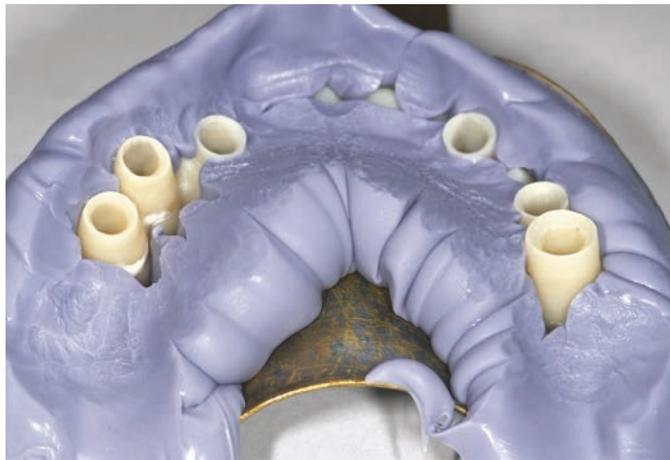


Abb. 24 Situation nach Überabformung im Mund.

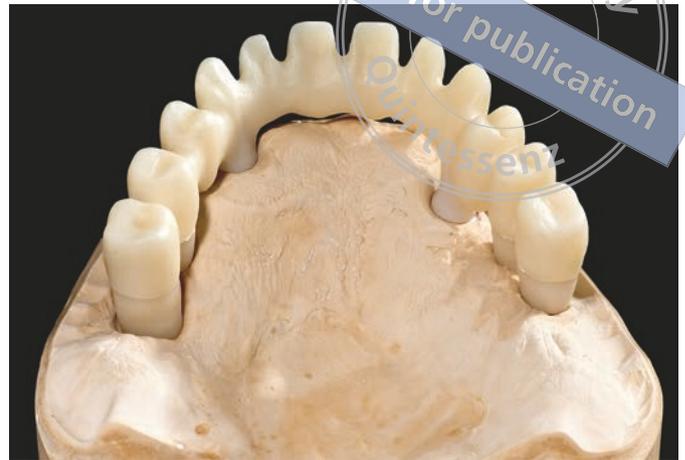


Abb. 25 Die fixierte Brücke auf neuem Modell.

Germany, Bad Homburg) auf Dowel Pins diente als Meistermodell für alle Arbeiten bis zur Fertigstellung (Abb. 25). Die Abbildungen 26a und 26b zeigen die Fixierungen der Konnektoren beidseits im zirkulären Brückenanteil.

Das Fixiermaterial wird im Keramikofen bei 300 °C ausgebrannt und die verschmauchten und mit Kohlenstoffresten verunreinigten Kontaktflächen werden vor der Lötung gesandstrahlt (Abb. 26c). Auf Abbildung 26d sind die Konnektoren auf dem Modell aufgesetzt und zur Lötung vorbereitet. Das Keramiklot DCM hotbond zirkon (Dental Balance) wird entsprechend Herstellerangaben angerührt, auf die Konnektoren und in das Brückengerüst aufgebracht (Abb. 26e und 26f). Beide Teile werden auf dem Modell unter leichtem Druck bis in Endlage gebracht (Abb. 26g). Ein vorher erstellter Kontrollschlüssel aus lichthärtendem Löffelmaterial erleichtert die Kontrolle. Das Lot ist im Überschuss zirkulär an den Lotstellen wegen eines benötigten Reservoirs zum Nachsaugen beim Schmelzen vorgelegt und wird vorsichtig mit einem Industriefön getrocknet, bis eine kreidige Stabilität erreicht ist. Nun kann die Konstruktion verzugsfrei vom Modell abgehoben, kontrolliert und auf dem Brennträger zur Verlötung montiert werden (Abb. 26h). Die Verwendung eines Wabenbrenntägers aus ZrO_2 ist zu bevorzugen, da bei gleichem WAK die Verzüge beim Lötprozess minimiert werden können. Zum Schluss wird Hotbond zirconnect zur Oberflächenbeschichtung der Brücke aufgesprayed (Abb. 26i). Der Brand erfolgt gleichzeitig, da die Arbeitstemperaturen sowohl für das hotbond zirkon als auch das Hotbond zirconnect bei 1.000 °C liegen.

Am fertig gelöteten und beschichteten Gerüst wurde eine zerstörungsfreie Qualitätsprüfung der Lotnähte mit einem Mikro-CT aus der industriellen Anwendung durchgeführt, es zeigt in den horizontalen und vertikalen Schnittebenen eine fehlerfreie Lotfuge (Abb. 27), die lediglich am Rand dezente Einziehungen aufweist. Diese müssen aber nicht nachgelötet werden, da sie mit der Verblendkeramik automatisch geschlossen werden.

Vor der keramischen Verblendung wird das Gerüst auf Passung geprüft, gesandstrahlt und mit der Verblendkeramik Cercon Ceram Kiss (DeguDent) inklusive der Zahnfleischmassen verblendet. Als Ofen dient ein Zubler Varo 200. Die Abbildung 28 zeigen die



Abb. 26 Die Fixierung der Abutmentverlängerung **a** rechts und **b** links; **c** das Ausbrennen der Fixierung im Keramikofen; **d** die Abutmentverlängerungen sind zur Lötung vorbereitet; **e** das Aufbringen des Keramiklots auf die Abutmentverlängerung und **f** in das Brückengerüst; **g** beide Teile werden auf dem Modell in die Endlage gesetzt; **h** das auf dem Brennträger montierte Brückengerüst vor der Verlötung; **i** das Aufspritzen von hotbond zirconect zur Oberflächenbeschichtung.

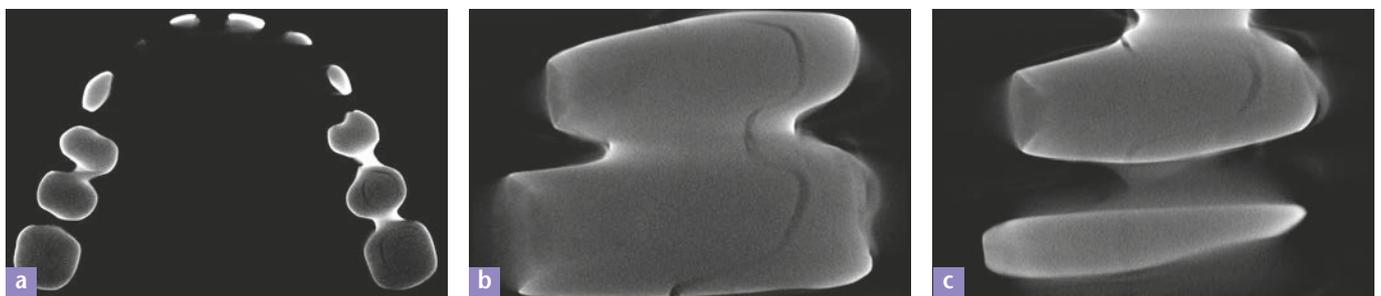


Abb. 27 **a** Eine horizontale Mikro-CT-Aufnahme durch die Brücke; **b** und **c** zwei vertikale Mikro-CT-Aufnahmen durch verschiedene Abutment-Gerüst-Bereiche der Passive-fit-Verbindung.

Seiten der Brücke im ersten Quadranten nach dem ersten Dentinbrand, die Schichtung der Zahnfleischmassen wurde ebenfalls schon begonnen. Die weiterführende Schichtung sowie die Ansichten von frontal und palatinal mit fertig aufgetragenen Zahnfleischmassen zeigen die Abbildungen 29a bis 29c. Die geschichtete Brücke ist in Abbildung 29d auf dem Brennträger montiert und nach dem Brand auf dem Modell in okklusaler



Abb. 28 Die Brücke im Artikulator nach dem ersten Brand, zweiter Quadrant, die Zahnfleischschichtung wurde begonnen.

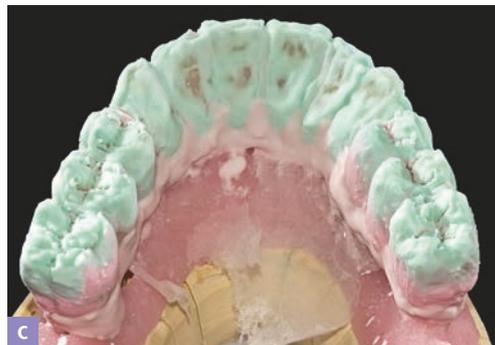


Abb. 29 Die weiterführende Schichtung im zweiten Quadranten **a** von frontal **b** und von palatinal **c** mit fertig aufgetragenen Zahnfleischmassen; **d** die geschichtete Brücke auf dem Brennträger.

Abb. 30 Die Oberkieferbrücke nach der Fertigstellung von okklusal.



Abb. 31 Die fertiggestellten Arbeiten im Artikulator von frontal.

Ansicht (Abb. 30). Auf die Lage der approximalen Kontakte und eine glatte Frontzahnführung wurde großen Wert gelegt. Bei einer nochmaligen Einprobe erfolgten auch die notwendigen minimalen okklusalen Korrekturen durch Einschleifen.

Die Abbildung 31 zeigt die komplette Restauration in beiden Kiefern von frontal sowie Abbildung 32 die abgehobene Oberkieferbrücke von basal nach der Fertigstellung.

Durch die separate Beschichtung der Kroneninnenseiten mit hotbond zirconnect besteht die Möglichkeit einer effizienten Sandstrahlung und Ätzung der Innenseiten. Die Abbildung 33 zeigt die zusätzliche Ätzung in der Oberkiefer-Restauration zur Erreichung eines besseren Zementverbunds. Alle drei Restaurationen wurden mit Tempbond (Kerr)



Abb. 32 Die fertige Oberkieferbrücke.

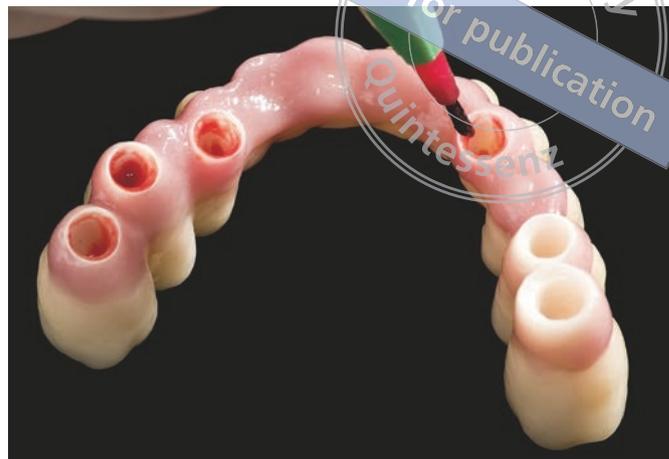


Abb. 33 Die Vorbereitung der Kroneninnenseiten durch zusätzliche Ätzung in der Oberkieferrestauration.



Abb. 34 a Die Frontalansicht der eingegliederten Restaurationen; b Brückenverlauf und Lippenlinie stimmen beim Lachen perfekt überein; c die Profilsicht des Patienten.

semipermanent eingliedert. Durch die Beschichtung der Innenseiten der Kronen mit zirconnect ist die Haltbarkeit des verwendeten Zements deutlich verbessert und nach Abnahme der Konstruktion zeigt sich ein Verbleib der Masse auf der Keramikseite, was bei reinen ZrO_2 -Konstruktionen nicht oder nur eingeschränkt zu beobachten ist.

Die Frontalansicht der eingegliederten Restaurationen zeigt ein gutes ästhetisches Bild (Abb. 34a), Brückenverlauf und Lippenlinie stimmen beim Lachen perfekt überein (Abb. 34b). Auch die Profilsicht des Patienten (Abb. 34c) hat sich gebessert, die Pseudoprogenie durch Zahnlosigkeit ist kompensiert. Der Patient zeigte sich aus ästhetischer und kaufunktioneller Sicht äußerst zufrieden.

Es wurde ein Nachsorgeprogramm für den Patienten erstellt und mit der Eingliederung der Restauration eingeleitet. Die Prophylaxesitzungen werden im ersten Jahr zunächst im dreimonatigen Intervall vereinbart. Untersuchungstermine wurden nach drei Monaten und anschließend zweimal im Jahr mit mindestens einer Röntgenkontrolle anberaumt.

Nachsorge

Diskussion Wenn ein Patient über mehrere Jahre keinen Zahnersatz trägt, sind Folgen wie Atrophie der Kau- und Gesichtsmuskulatur, u. U. Verdauungsstörungen und Fehlbelastungen des Kiefergelenks die Folge. Fehlfunktionen des Kieferbereichs sind zudem sehr eng mit denen des Bewegungssystems verwoben, sie bedingen einander. Biss und Fehlbiss wirken sich gesetzmäßig über endlose Muskelketten auf das Bewegungssystem aus. Zähne, Kiefer, Kiefergelenke, Kau- und mimische Muskulatur sind untrennbarer Bestandteil unseres komplexen Bewegungssystems. Gesichtsstrukturen sind auch wichtige Grundlage unserer Physiognomie, tragen zur sozialen Integration und Akzeptanz bei.

Die Eingliederung eines komplett vollkeramischen definitiven Zahnersatzes erschien im Hinblick auf die fehlbelasteten orofazialen Strukturen des Patienten als risikoreich, zumal Implantate keine physiologische Nachgiebigkeit durch ein fehlendes Parodont besitzen und aufkommende Kaukräfte von implantatverankerten Restaurationen deutlich mehr Kraftpotenzial zeigen.

Die Versorgung mit einteiligen zirkulären Brücken ist auf Implantaten bei optimaler Pfeilerverteilung eine Möglichkeit gegenüber den kurzen separaten Segmenten. Zum einen kann die Anzahl der Implantate reduziert und diese können, wie im vorliegenden Fall, beidseits in Clustern zusammengefasst werden.

Die Spannungsminimierung und Kompensation als Passive fit über eingeklebte Galvanosekundärteile ist heute Stand der Technik. Durch die lange technologische Prozesskette weißgefräster ZrO₂-Restaurationen kommt es bei größerspannigen Arbeiten unweigerlich zu Spannungen, die im Implantatinterface nicht kompensiert werden können. Das zeigt auch die Entwicklung in der Zahntechnik, die im sensiblen System der Implantatstützung, z. B. mit dem CerFric-Verfahren arbeitet, um Passungengenauigkeiten und Spannungen zu kompensieren, ohne eine zusätzliche Materialstärke von Kappe und Kleber zu integrieren.¹⁰ Soll zudem metallfrei festsitzend gearbeitet werden, bietet sich die beschriebene Vorgehensweise über das Ein- oder Anlöten von Passive-fit-Konnectoren an, selbst vor dem Hintergrund, dass alle thermischen Fügeverfahren nicht ganz verzugsfrei sind.

Das Beschichten und stoffschlüssige Verbinden von Zirkonoxidgerüsten und -teilen ist immer noch eine technologische Herausforderung. Mit der schnellen und flächendeckenden Einführung von ZrO₂-Restaurationen ist die Frage nach sicheren und langzeitstabilen Verblendmethoden und -materialien eine der wichtigsten. Die Verblendstabilität und Praktikabilität von Verblendkeramiken für ZrO₂ in der Zahntechnik sehen Stawarczyk und Fischer als gegeben,¹³ sicher und statistisch vergleichbar mit anderen Verblendsystemen.

Tholey und Stephan vermuteten bereits einige Zeit, dass die keramische Verblendung auf Basis von Wash-Bränden mit erhöhter Temperatur nicht nur eine mechanischen Verzahnung der Verblendkeramik mit dem ZrO₂-Gerüst bringt, da sich auch bei glatten, nicht gesandstrahlten Gerüsten ein fehlerfreier Verbund mit der Keramik ausbildet.¹⁵ Diesen Verbund konnten Hopp et al.⁵ nachweisen. Das viel diskutierte Chipping^{16,17} an den Verblendkeramiken kann neben einer als Pufferschicht wirkenden Bonderschicht durch eine vollanatomisch reduzierte Gerüstgestaltung minimiert werden. Zarone et al.¹⁸ sehen trotz aller Vorzüge des Materials die kurze Beobachtungszeit als Nachteil und damit nur eine bedingte Vergleichbarkeit des Erfolgs metallkeramischer Restaurationen.



Die fehlende Funktionalität von Silanisierungen auf reinem ZrO_2 ist hinreichend bekannt, deshalb wurden ZrO_2 -Bonder auf Phosphatbasis entwickelt. Das Problem der unzureichenden Verbindung von ZrO_2 zu Kompositmaterialien und Dentalkunststoffen kann mit einer sicheren Verbindung über ein infiltrierendes Spezialglas behoben werden, wie Zothner et al.²⁰ es auch für die Klebeverbindungen beschrieben haben. Dann ist es möglich, wieder auf bewährte Silanisierungen zurückzugreifen.

Selbst die Zementierung von ZrO_2 -Restaurationen verbessert sich, wenn ein in den Innenseiten der Kronen eingebrachtes Lot eine optimierte Strukturierung bedingt und so den Verkeilungseffekt bei konventionellen Zementen verbessert. Auch semipermanente Zemente wie TempBond zeigen eine bessere Haftung.

Dass die konventionelle Zementierung einen hohen Stellenwert und eine geringe Fehleranfälligkeit hat, ist dem Zitat von Kern zu entnehmen: „Verglichen mit der unten beschriebenen adhäsiven Befestigung ist das herkömmliche Zementieren einfacher und kostengünstiger und auch dann noch klinisch durchführbar, wenn eine adhäsive Befestigung wegen einer nicht sicher auszuschließenden organischen Oberflächenkontamination (z. B. Speichel, Sulkusflüssigkeit oder Blut) ausscheidet.“⁷ Auch Blöcker und Moss präferieren das konventionelle Zementieren und kommen zu dem Fazit „Bisher zementieren wir daher sämtliche Kronen- und Brückenarbeiten mit ZOP oder GIZ und haben damit seit acht Jahren gute Erfahrungen.“²

Die Autoren haben die große Hoffnung, dass die hier vorgestellte Hybridtechnik bei der Gerüstverblendung eine Möglichkeit eines verbesserten gnathologischen Komforts für die Patienten und ein Schutz für regulatorische und ausführende Strukturen der Mastikation sein könnte.

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Thomas Ulrich, ulrich-fotodesign, Rostock, für die Anfertigung der zahntechnischen Abbildungen.

Fazit

Danksagung

1. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Dimensionierung der Brückengerüste. *Quintessenz Zahntech* 2004;30:1108-1117.
2. Blöcker TO, Moss CH. Das Zementieren zirkonoxidkeramischer Versorgungen – Teil 1. *J Cont Dent Educ* 2011;1:96-107.
3. Brevier Technische Keramik, Verband der keramischen Industrie e.V. Lauf: Fahner Verlag, 2003.
4. Erdelt K, Beuer F, Schweiger J, et al. Die Biegefestigkeit von weißkörpergefrästem Zirkoniumdioxid. *Quintessenz Zahntech* 2004;30:942-954.
5. Hopp M, Mitrovic A, Moss CH. Drum prüfe, was sich ewig bindet. *Zahntech Mag* 2010;14:698-705.
6. Hopp M, Zothner A. Verfahren der Konditionierung der Oberflächen von Dentalkomponenten und Verwendung des Verfahrens. Patentschrift DE 10 2009 051 655 B3 2010.12.30 C04B 41/85 (2006.01), Erteilung 30.12.2010.
7. Kern M. Befestigung von Oxidkeramiken. In: Tinschert J, Natt G (Hrsg.). *Oxidkeramiken und CAD/CAM-Technologien*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag, 2007.
8. Langschwager A: Die zirkuläre durch Geschiebe verbundene cercon®-Unterkieferbrücke. *Quintessenz Zahntech* 2003;29:262-271.
9. Langschwager A. Zirkuläre vollkeramische Implantatversorgung auf Zirkonoxidbasis. *Implantol J* 2004;5:26-32.
10. Lipp C. CAD/CAM vs. Kopierfräse: CerFric-Sekundärteile aus Zirkondioxid. *Dent Labor* 2007;55:1-12.
11. Reinecke AM, Exner H. A new promising joining technology. *J Cer Proc Res* 2001;2:45-50.
12. Riemer-Krammer B, Eilert C, Friedrich R, et al. Verurteilt zum Erfolg – Mit Innovationen und Teamwork in der Implantatprothetik zum Ziel. In Vorbereitung.
13. Stawarczyk B, Fischer J. Vollkeramik, Titan oder konventionelle Metallkeramik: Welche Bruchlasten halten die Rekonstruktionen in vitro aus? *Quintessenz Zahntech* 2008;34:556-564.

Literatur

14. Tholey M, Rutten L, Rutten P. Sicher zur Ästhetik mit Gerüsten aus Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2011;37:460–469.
15. Tholey MJ, Stephan M. Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen. Quintessenz Zahntech 2007;33:160-168.
16. Tinschert J, Natt G, Latzke P, et al. Vollkeramische Brücken aus DC-Zirkon – ein klinisches Konzept mit Erfolg. Dtsch Zahnärztl Z 2005;60:435–445.
17. Vult von Steyern P, Carlsson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. J Oral Rehabil 2005;32:180–187.
18. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. Dent Mat 2011;27:83–96.
19. Zothner A, Mitrovic M, Eilert C, et al. Die Segment-System-Technik mittels HotGlue-Fügung: Fertigung einer zirkulärer Oberkieferversorgung aus Zirkoniumdioxid auf Implantaten. Quintessenz Zahntech 2008;34:566–581.
20. Zothner A, Moss CH, Hopp M, et al. Oberflächenkonditionierung von Zirkoniumdioxid zur Verbesserung des Klebeverbundes. Quintessenz Zahntech 2009;35:874–886.

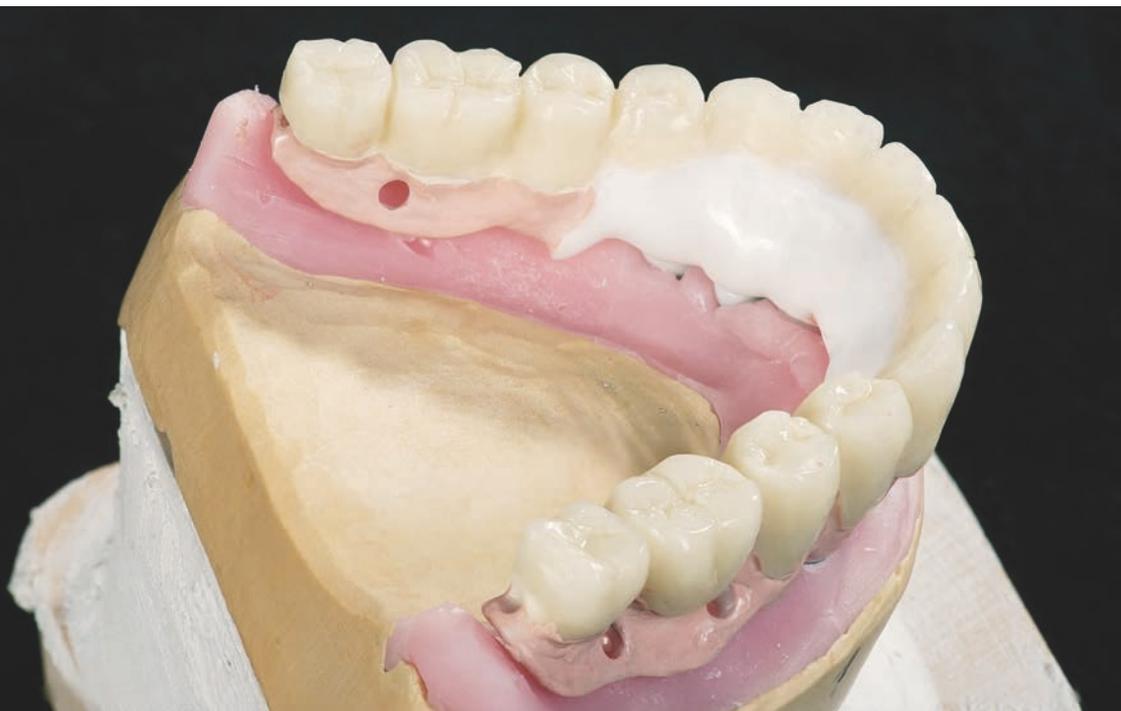


Dr. Arvid Langschwager
Stephanstraße 12
18055 Rostock
E-Mail: cookinseln@gmx.de

ZT René Friedrich, ZT Aurica Mitrovic, ZM Präzisionsdentaltechnik
Breite Straße 16, 18055 Rostock

Prof. Dr. Reiner Biffar, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald

Dr. Michael Hopp
Zahnarztpraxis am Kranoldplatz, Kranoldplatz 5, 12209 Berlin und
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (Direktor: Professor Dr. Reiner Biffar), Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald



copyright by
not for publication

Zusammenfassung

Es werden zwei Möglichkeiten einer teleskopierenden Unterkieferversorgung auf sechs Implantaten, basierend auf einem ZrO_2 -Gerüst vorgestellt. Neben der keramisch verblendeten Variante wird eine komposit- und kunststoffverblendete Variante ausgeführt, deren Verbund zwischen der Strukturkeramik und Kunststoff über den patentierten Hotbond-Silan-Verbund gesichert ist.

Indizes

Zirkoniumdioxid, Vollkeramik, Keramikfügung, Keramiklot, DCM hotbond, Segment-System-Technik, Benetzung, Kompositverblendung, Kunststoffverbund, Airbrush-Technik, Biegefestigkeit, Implantatversorgung, Implantatprothetik

Innovationen und Teamarbeit in der Implantatprothetik

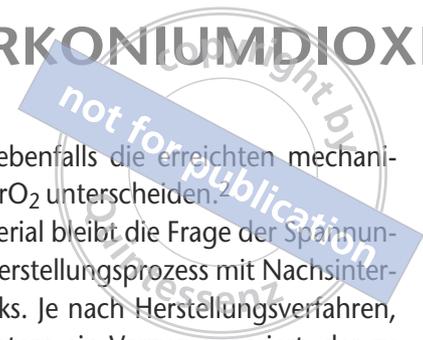
Bärbel Riemer-Krammer, Catrin Eilert, René Friedrich, Aurica Mitrovic, Michael Hopp, Reiner Biffar

Funktionalität und Ästhetik spielen in der modernen Zahnheilkunde eine grundlegende Rolle,¹² so ist die rasche Akzeptanz der Zirkoniumdioxid-Anwendung mit ihren weißen oder zahnfarbenen Gerüststrukturen nicht verwunderlich.

Zirkoniumdioxid (ZrO_2) als Gerüstwerkstoff für herausnehmbaren Ersatz zu nutzen, setzt sich langsam aber nachhaltig durch. Neben konventionellen Brückengerüsten werden immer häufiger Strukturen mit frei endenden, gingivagelagerten Restaurationen ausgeführt. Kühn⁷ schreibt dazu: „Gefräste Zirkoniumdioxid-Strukturen sprengen eine der letzten Domänen gegossener Metallgerüste.“ Auch die Verbindung von Gerüst und Sekundärkappen stellen für ihn wegen der Entwicklung moderner Bonder- und Adhäsivsysteme kein Problem mehr dar.

Sicher ist die Gerüstfarbe hell, der Preis kann zwar mit NEM-Gussgerüsten nicht konkurrieren und die Freigabe dürfte für diese Indikationen, vor allem bei Herstellung graziler Tertiärstrukturen, von den Blank-Vertreibern fehlen. Dennoch ist die Entwicklung interessant und wird konsequent verfolgt. Baltzer¹ fordert bei festsitzenden Restaurationen einen Mindestquerschnitt der Gerüste, für den herausnehmbaren Bereich stehen

Einleitung



derartige Untersuchungen noch aus. Wichtig sind ebenfalls die erreichten mechanischen Werte, die sich herstellungsbedingt vom HIP-ZrO₂ unterscheiden.²

Trotz aller Vorteile und Wünsche an das weiße Material bleibt die Frage der Spannungen in großen Gerüsten. Ursache ist zum einen der Herstellungsprozess mit Nachschritten und zum anderen die Herstellung der Blanks. Je nach Herstellungsverfahren, Packungsdichte und Größe der Blanks wird beim Sintern ein Verzug generiert, der zu Passungenauigkeiten führen kann. Verschiedene Methoden der technischen Ausführung der Restaurationen schaffen Abhilfe. Das Einkleben von Sekundärstrukturen, z. B. Galvanokappen, kompensiert die Passungenauigkeit über den Klebespalt. Eine weitere Methode ist das Segmentieren und Fügen der Gerüstteile. Das Lasern von Hochleistungskeramiken auf Oxidbasis, wie Reinecke & Exner⁹ es für das Aluminiumoxid beschrieben haben, funktioniert beim ZrO₂ aufgrund der Transformationswandlungen und Rissbildung nicht. Somit bleibt nur das Kleben und Löten.

Klebungen auf Kompositbasis werden zwar immer wieder diskutiert, sind im Gerüstbereich aber wegen der hohen Belastungen und der fortschreitenden Biodegradation nicht stabil und haltbar genug. Die Lötung über speziell entwickelte Verbundelemente ist eine praktikable Alternative, wie sie für horizontale und vertikale Verlängerungen von Zirkoniumdioxid-Strukturen beschrieben worden sind.¹⁷

Fallpräsentation
Zahnärztliches und zahn-technisches Vorgehen bei der Versorgung

Bei Behandlungsbeginn im November 2008 beklagte die Patientin einen schlecht sitzenden totalprothetischen Ersatz im Unterkiefer, dessen Sitz sich ständig verschlechterte und auch nach mehreren Unterfütterungen nicht verbessert werden konnte. Die Zahnlosigkeit bestand seit 2003. Das Lippenprofil ist dezent eingefallen (Abb. 1a und 1b). Die Patientin weist einen guten Allgemeinzustand bei vitalem und sportlichem Eindruck mit einer eingestellten Schilddrüsenerkrankung auf. Intraoral wiesen die seit fünf Jahren getragenen Totalprothesen Abrasionen der Kauflächenkomplexe und Verfärbungen auf. Der Halt war mangelhaft. Der Unterkiefer zeigte schmale Kieferkämme, ein flaches anteriores Vestibulum und stark atrophierte distale Kammbereiche (Abb. 2). Der Atrophiegrad des Unterkiefers entsprach Grad 3 nach Atwood. Der Röntgenbefund



Abb. 1 a Das Enface-Bild der Patientin; b die Profilardarstellung des Gesichts, die hängende Lippenpartie ist deutlich erkennbar.

Abb. 2 Die intraorale Situation des unbezahnten Unterkiefers.

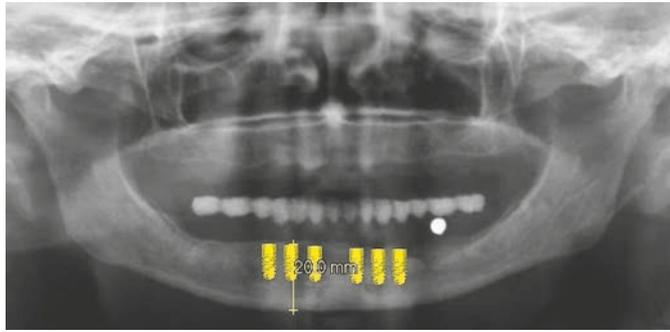


Abb. 3 Das Planungs-OPG mit Messkugel, röntgenopaken Zähnen und integrierten Implantatdarstellungen.

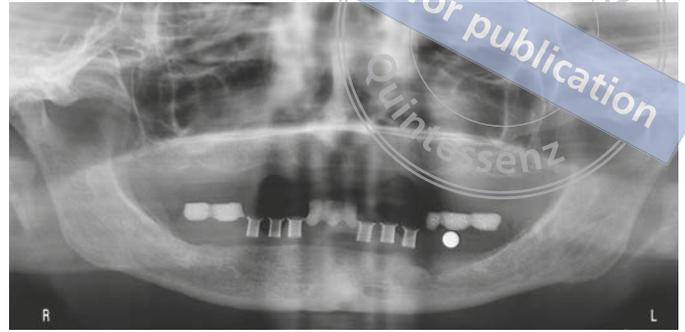


Abb. 4 Das OPG mit Bohrschablone.



Abb. 5 Das Einbringen der Bohrstollen in den Knochen mithilfe der Bohrschablone.

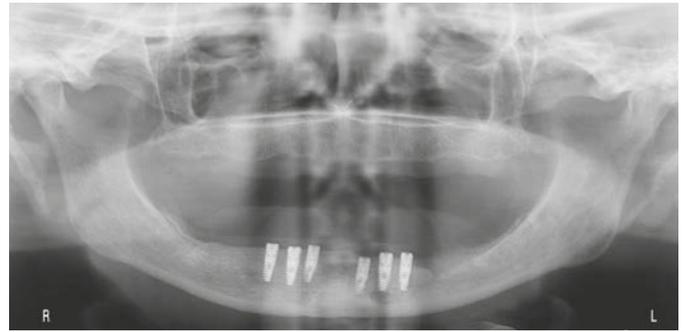


Abb. 6 Das Kontroll-OPG nach der Implantation.

entsprach den klinischen Verhältnissen, lässt aber in der interforaminalen Region trotz diverser Knochendefekte die Insertion von Implantaten zu.

In einer gemeinsamen Besprechung mit Prothetikerin und Chirurgin wurde durch die Patientin eine implantatgestützte Prothese auf vier Implantaten favorisiert, wobei die Zahl der Implantate später mit sechs festgelegt wurde. Nach Ober- und Unterkiefer-Abformung mit Alginat wurden Planungsmodelle erstellt und diese einartikuliert. Ein diagnostisches Wax-up mit einem röntgenopaken Kauflächenkomplex diente der Unterkiefervermessung und der Planung der Implantate (Abb. 3). Auf Basis des Wax-ups wurde eine Scanprothese angefertigt und ein weiteres OPG erstellt (Abb. 4). Über die mit Bohrhülsen aus Titan versehene Scanprothese wurden die Implantatkavitäten regio 44, 43, 42, 32, 33 und 34 in den Knochen eingebracht (Abb. 5) sowie sechs XIVE-Implantate (Dentsply Friadent, Mannheim) im November 2009 inseriert. Zeitgleich wurde ein Zahnfragment regio 35 schonend entfernt. Nach lückenlosem Wundverschluss mit Einzelknopfnähten (Supramid 4.0) wurde eine postoperative Röntgenkontrolle (OPG) angefertigt (Abb. 6). Die zwischenzeitliche Versorgung erfolgte mit der vorhandenen Unterkiefer-Prothese unterschichtet mit Ufi Gel permanent (Voco GmbH, Cuxhaven). Im Januar 2010 wurde nach komplikationsfreier Einheilung die Implantatfreilegung mit Kontroll-OPG durchgeführt, wobei keine Knochenresorptionen erkennbar waren. Die Periotest-Werte der eingehheilten Implantate zeigen eine gute Osseointegration, im Detail bei 34: -6 Einheiten, bei 33: -5, bei 32: -5, bei 42: -4, bei 43: -6, bei 44: -5



Abb. 7 Die Gingivaformer in situ mit guten Schleimhautverhältnissen.

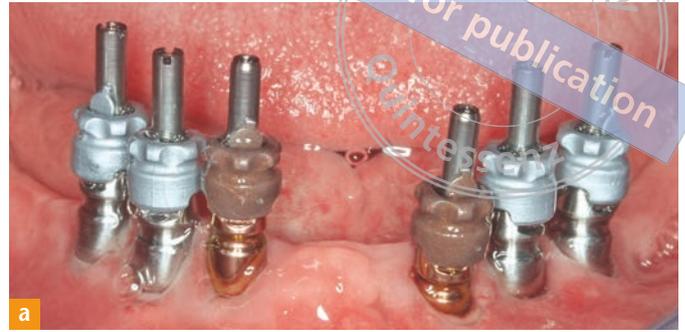


Abb. 8 a Abformpfosten für offene Löffeltechnik; b Erstellung eines arbiträren Gesichtsbogenregistrats.



Abb. 9 Auf dem Modell vorbereitete Titanbasen für die weitere Verarbeitung.



Abb. 10 Das Aufbringen des DCM hotbond tizio connect mittels Airbrush-Pistole.

Einheiten. Die Schleimhaut um die eingebrachten Sulkusformer heilte reaktionsfrei aus (Abb. 7). Nach Herstellung eines individuellen Löffels für die offene Abformung wurde mit Impregum Penta Soft (3M Espe, Seefeld) abgeformt (Abb. 8a). Die Bissregistrierung erfolgte mittels Handbissnahme, basierend auf der Bisshöhe der Scanschiene. Zusätzlich wurde ein arbiträres Gesichtsbogenregistrat erstellt (Abb. 8b).

Im Labor wurden die Modelle gefertigt und im Artikulator fixiert. Gemäß der Voraufstellung der Zähne in der Scanprothese wurden die Abutments ausgewählt, individualisiert und durch einen Schrumpfschlauch gesichert sandgestrahlt (Abb. 9).⁴

Die Abutments werden im Sprayverfahren mit DCM hotbond tizio connect (DCM, Rostock) beschichtet, gebrannt, die vollkeramischen Überwürfe aus Zirkoniumdioxid erstellt und mit DCM hotbond tizio im bereits bekannten Glaslotverfahren für Hybridabutments¹⁸ mittels eines thermischen Lotprozesses verbunden (Abb. 10 bis 14).

Die Lotstelle wird mittels Diamantschleifer, Gummipolierer und Spezialpolierer geglättet und auf Hochglanz poliert, die durch den Brennprozess verfärbte Verbindungs-

INNOVATIONEN

ZIRKONIUMDIOXID



Abb. 11 Die Abutments nach erfolgreicher Tizio-Vorbeschichtung.



Abb. 12 Die keramischen Überwürfe werden erstellt und für die Lötung vorbereitet.



Abb. 13 Auf dem Brennträger montierte Abutments vor der Verlotung.



Abb. 14 Die erfolgreiche Herstellung der Hybridabutments.

geometrie mit einer Bürste und einer feinen Titanpolierpaste schonend nachpoliert. Der Übergangsbereich der Fügung ist dann glatt-glänzend und zeigt auch im rasterelektronenmikroskopischen Bild nur noch geringe Rauigkeiten (Abb. 15). Der Keramikanteil der Abutments wird mit Spezialfräsern unter Wasserkühlung nachgearbeitet und poliert. Die Abbildung 16 zeigt die fertigen Abutments auf dem Modell und Abbildung 17 im Mund. Über die Abutments wurde eine Sammelabformung mit individuellem Löffel mit Impregum Penta Soft (3M Espe) genommen. Auf den Abutments erfolgte dann im Labor die Herstellung der Galvanokappen (Solaris, DeguDent, Hanau) (Abb. 18a).

Im vorliegenden Fall sollte die Patientin entscheiden, ob sie mit einer teleskopierenden vollkeramischen Brücke, ausgeführt jeweils bis zu den 6ern oder mit einer prothesenartigen, kunststoffarmierten Arbeit, teleskopierend verankert und bis zum 7er aufgestellt, besser zurechtkommt. Die Gemeinsamkeit beider Arbeiten sollte das Gerüst aus Zirkoniumdioxid sein.

Beide Konstruktionen wurden segmentiert erstellt, gescannt und mit der Cercon-Anlage (DeguDent) in ZrO_2 umgesetzt. Das Meistermodell war identisch, sodass die entstehenden Arbeiten austauschbar waren und passgenau im Mund getragen werden konnten.

Getrennte Wege der Herstellung

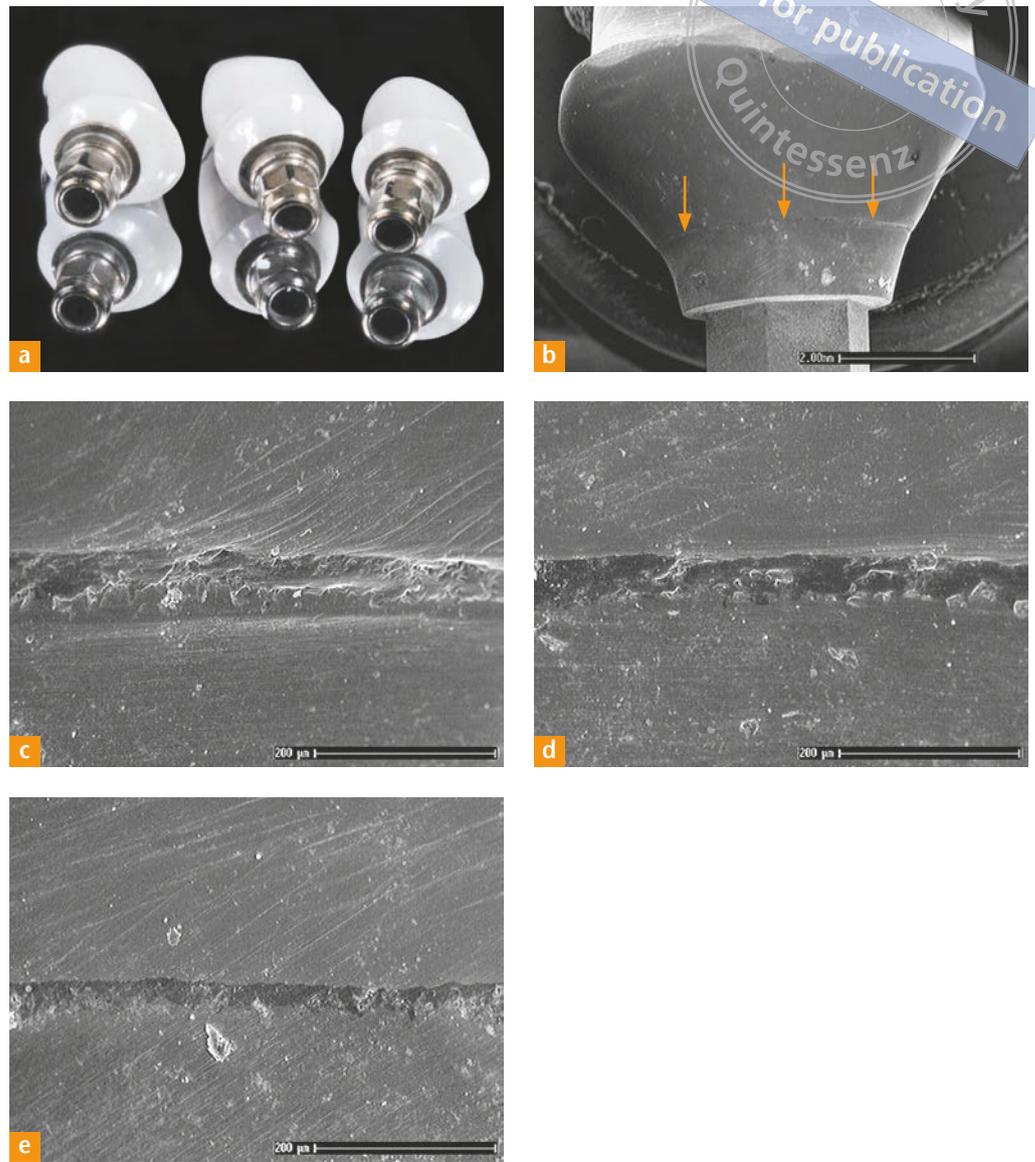


Abb. 15 Die Darstellung des Lotbereichs im REM; **a** verlötete Abutments; **b** Übersicht der Lotfuge (Vergr. x 9); **c** bis **e** Detaildarstellungen (Vergr. x 120).

Abb. 16 Die fertiggestellten Abutments im Artikulator.



Abb. 17 Die Abutment-einprobe im Mund.



INNOVATIONEN

ZIRKONIUMDIOXID



Abb. 18 a Die Galvanokappen auf den Abutments. b Das Platzieren der fertigen Brückensegmente auf dem Meistermodell mit aufgetragenem Lot. c Das Einbringen der Flüssigbrennwatte ins Gerüst. d Die Montage der Bücke auf dem Brennträger. e Die Kontrolle des Gerüsts nach Lötung auf dem Modell, der Lotspalt stellt sich transparent dar. f Die Schichtung der Verblendungen mit Keramikmasse. g Das Anarbeiten der Gingivamassen an den Basalflächen.

Die teleskopierende Brückenversorgung wurde in zwei getrennten Segmenten, verlötet im Frontzahnbereich erstellt. Die Abbildung 18b zeigt das Platzieren der fertigen Brückensegmente auf dem Meistermodell mit aufgetragenem Lot am Verbindungselement. Nach Positionieren in Endlage und Trocknen des Lots mittels Fön konnte das Gerüst abgehoben, nachgearbeitet und auf Passung geprüft werden.

Nach Einbringen der Flüssigbrennwatte (DCM hotbond fix, DCM) ins Gerüst (Abb. 18c) erfolgte die Montage der Bücke auf dem Brennträger (Abb. 18d). Nach der Lötung und gleichzeitiger Beschichtung der Oberfläche mit DCM hotbond zirconnect wird eine Kontrolle des Gerüsts auf Passfähigkeit auf dem Modell durchgeführt (Abb. 18e). Der Lotspalt stellte sich transparent dar. Die Verblendung des Gerüsts erfolgte mit

*Die vollkeramisch
verblendete
teleskopierende Brücke*



Abb. 19 Die fertiggestellte Restauration auf dem Modell.



Abb. 20 Die fertige Brücke in situ.

einer ZrO_2 -kompatiblen Keramik (Kiss, DeguDent) (Abb. 18f). An den Basalflächen der Konstruktion und allen der Schleimhaut anliegenden Teilen wurden Gingivamassen angefertigt (Abb. 18g). Die Abbildung 19 zeigt die fertiggestellte Restauration auf dem Modell und Abbildung 20 in situ im Mund.

Die kompositverblendete und kunststoffarmierte teleskopierende Prothese

Für die zweite Variante, die kunststoffarmierte teleskopierende Prothese mit in Komposit gestalteten Zähnen, wurden nach Modellation vier Gerüstsegmente aus ZrO_2 gefräst (Abb. 21a). Die Segmente sind untereinander mit Verbindungselementen für die Lottechnik¹⁷ in einer Wurfpassung, die den Platz für das Glaslot sichert, verbunden (Abb. 21b). Die Gerüstsegmente werden mit der hochschmelzenden Lotmasse DCM hotbond zircon auf dem Modell fixiert, die Masse mittels Fön getrocknet und die Überschüsse nachgearbeitet (Abb. 21c). Die Lotmasse hat nach dem Trocknen eine Stabilität wie Schulfafelkreide, sodass der Techniker problemfrei die Konstruktion vom Modell nehmen, die Passung kontrollieren und nacharbeiten kann. Die Montage auf dem Brennträger erfolgt mit DCM hotbond fix, einer pastösen Flüssigbrennwatte. Wegen der Größe der Konstruktion und der frei endenden Segmente werden diese auf dem Brennträger separat abgestützt. Die Verwendung eines Wabenträgers aus ZrO_2 ist zu empfehlen, um über einen gleichen WAK im System die Verzüge beim Brennen zu minimieren. Die Gerüstoberfläche wird zeitgleich mit DCM hotbond zirconnect als Bonder für die weiteren Verblendschritte im Sprayverfahren beschichtet.¹⁹ Da die Brenntemperaturen beider Materialien identisch sind, lassen sich beide Schritte kombinieren (Abb. 21d). Die Abbildung 21e zeigt die Konstruktion noch im Ofen bei Rotglut nach erfolgreicher Lötung. In einem zweiten Brennschritt werden die Innen- und Unterseiten des Gerüsts brenntechnisch mit DCM hotbond zirconnect beschichtet. Das Gerüst ist von basal vergleichbar einer konventionellen Gerüstgestaltung ausgeführt, sodass die Retentionsbereiche der Sättel normal in Verbindung mit dem Kunststoff funktionieren (Abb. 21f). Die mit dem Zirconnect-Material vorbeschichtete Oberfläche wird mit Korund (125 μm , 2 bar) gestrahlt (Abb. 21g). Der folgende Schritt ist das Ätzen des Glases mit dem Etching Agent (rotes Gel) des C-Link (steco, Hamburg) (Abb. 21h). Nach gründlichem Spülen und Trocknen erfolgt das Silanisieren der Oberfläche mit C-Link Silan (Abb. 21i). Im letz-



Abb. 21 a Die gefrästen Gerüstsegmente aus ZrO_2 . b Alle Teile passen in Wurfpassung zueinander. c Die Gerüstsegmente auf dem Modell mit Lotmasse fixiert. d Die Montage auf dem Brennträger, die Gerüstoberfläche wird mit zirconnect beschichtet. e Nach erfolgreicher Lötung. f Das Gerüst von basal, die konventionelle Gerüstgestaltung ist erkennbar. g Das Sandstrahlen der konditionierten Oberfläche. h Das Ätzen der Oberfläche mit C-Link Etching Agent. i Das Silanisieren der Oberfläche mit C-Link Silan. j Das Fotopolymerisieren des C-Link-Connectors. k Die Kontrolle des Gerüsts im Artikulator.

ten Versiegelungsschritt wird der C-Link-Connector aufgetragen und fotopolymerisiert (Abb. 21j). Nach den Oberflächenkonditionierungen wird das Gerüst noch einmal auf Passung im Artikulator geprüft (Abb. 21k). Gut erkennbar ist der gleichmäßige Freiraum zum Gegenbiss, der für das Verblendmaterial benötigt wird. Die Überschichtung des Gerüsts beginnt mit dem Aufbringen des Opakers im Bereich der Zähne (Abb. 21l) und eines zahnfleischfarbenen Opakers im Bereich der Gingivaabdeckungen und Sättel



Abb. 21 | Das Aufbringen des Opakers. m Zahnfleischfarbener Opaker wird aufgetragen. n Das für die Verblendung vorbereitete Gerüst. o Die Schichtung des Verblendkomposits. p Die Modellation der Zähne aus Komposit ist abgeschlossen. q Die Ausmodellation der späteren Kunststoffarmierung in Wachs. r Das Erstellen des Vorwalls. s Die Kunststoffarmierung im Gussverfahren. t Die Basalan-sicht vor Einkleben der Galvanokappen.

(Abb. 21m). Die Abbildung 21n zeigt das für die Verblendung mit Komposit-Material (Signum, Heraeus Kulzer, Hanau) vorbereitete Gerüst. Die Schichtung des Verblendkomposits wird schichtweise, entsprechend der gewünschten Farbe vorgenommen und

copyright by
not for publication
Quintessen



Abb. 22 Die Unterkiefer-Prothese im Artikulator.



Abb. 23 Die fertiggestellte Restauration in situ.



Abb. 24 Die Unterkiefer-Restauration in der Aufsicht.



Abb. 25 a Die Enface-Darstellung nach der Versorgung. b Die Profildarstellung des Gesichts zeigt ein schönes Lippenprofil.

im Polymerisationsgerät zwischengehärtet (Abb. 21o). Die Abbildung 21p zeigt die abgeschlossene Modellation der Zähne aus Komposit. Auf Prothesenzähne wurde bereits konzeptionell verzichtet, deshalb sind diese Bereiche bereits im Gerüst in ZrO_2 gestaltet. Die Freiräume und Funktionsränder werden im nächsten Arbeitsschritt in Prothesenkunststoff umgesetzt. Grundlage ist eine konventionelle Ausmodellation in Wachs (Abb. 21q). Für die Umsetzung in Kunststoff wird ein Vorwall gefertigt (Abb. 21r), der als Form für die Kunststoffarmierung im Gussverfahren dient (Abb. 21s). Die Abbildung 21t zeigt die Basalansicht des Unterkiefer-Ersatzes vor dem Einkleben der Galvanokappen und Abbildung 22 zusätzlich noch einmal in der Überprüfung im Artikulator. Die Galvanokappen werden direkt im Mund auf den mit einem Einbringschlüssel inserierten Abutments mit Nimetic Cem (3M Espe) verklebt, der Ersatz von basal nachgearbeitet und die Kleberänder poliert. Nach Okklusions- und Artikulationskontrolle gegen die in der Zwischenzeit optimierte Oberkiefer-Prothese wurden die Schleifstellen nachgearbeitet und poliert. Die Abbildung 23 zeigt die fertiggestellte Restauration in situ in Frontalansicht und Abbildung 24 in der Aufsicht. Die Enface- und Profildarstellungen nach Versorgung zeigen nicht nur eine glückliche Patientin, sondern auch ein schönes Lippenprofil (Abb. 25a und 25b). Ein Nachkontrolltermin bestätigte den guten Sitz und die Funktion, belohnte für die Monate harter Arbeit und Einschränkungen. Ein Kontroll-OPG vom April

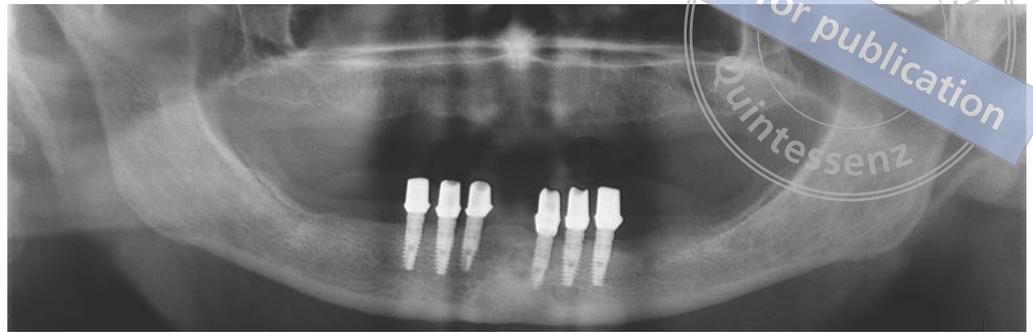


Abb. 26 Das Kontroll-OPG vom April 2011.

2011 bestätigt auch die gute Knochensituation und lässt auf einen spannungsfreien Sitz und eine optimale Funktion schließen (Abb. 26).

Patientenbewertung

Beide Restaurationen wurden von der Patientin getragen und im Hinblick auf Komfort und Funktionalität entsprechend Tabelle 1 bewertet.

Die Patientin traf folgende Einschätzung: „Die keramisch verblendete Prothese ist kürzer und somit kaut man nicht so gut. Außerdem beengt sie den Zungenspielraum etwas beim Sprechen, sodass ich das Gefühl habe, etwas zu Zischen beim Sprechen. Die kürzere Variante (vollkeramische Gestaltung, Anm. der Autoren) lässt die Wangen eingefallener aussehen.“

Tabelle 1 Die subjektive Bewertung der beiden Suprastrukturen durch die Patientin.

Bewertete Kriterien	Implantatgetragener herausnehmbarer Ersatz 37 – 47, kompositverblendet und kunststoffarmiert	Implantatgetragener herausnehmbarer Ersatz 36 – 46, keramikverblendet
Tragekomfort	gleich	
Härte im Aufbiss	besser	schlechter
Schleimhautbelastung (Druckgefühl)	gleich	
Kaukraft	besser	schlechter
Reinigungsmöglichkeiten	gleich	
Praktikabilität	gleich	
Farbe	gleich	
Form	besser	schlechter
Ästhetik	gleich	

Beschichten von Zirkoniumdioxidgerüsten

Mit der überaus schnellen Markteroberung von ZrO_2 -Restaurationen ist die Frage nach sicheren und langzeitstabilen Verblendmethoden und -materialien eine der wichtigsten.

Die Verblendstabilität und Praktikabilität von Verblendkeramiken für ZrO_2 in der Zahntechnik sehen Stawarczyk und Fischer¹⁰ als gegeben, sicher und statistisch vergleichbar mit anderen Verblendsystemen.

Tholey und Stephan¹³ vermuteten bereits seit geraumer Zeit, dass die keramische Verblendung auf Basis von Washbränden mit erhöhter Temperatur nicht nur eine mechanischen Verzahnung der Verblendkeramik mit dem ZrO_2 -Gerüst bringt, da sich auch bei glatten, nicht gesandstrahlten Gerüsten ein fehlerfreier Verbund mit der Keramik ausbildet. Diesen Verbund konnten Hopp et al.³ nachweisen. Das vieldiskutierte Chip-

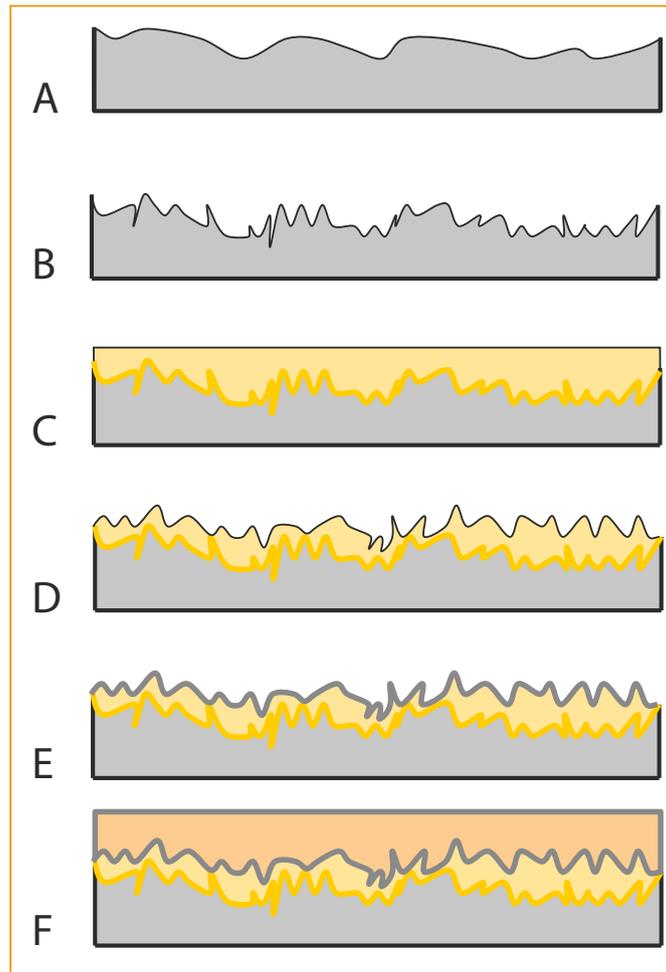


Abb. 27 Das Schema des Verbunds zwischen Zirkoniumdioxid und Kunststoff:
A Oberflächenbearbeitetes ZrO_2 , z. B. mittels CAD/CAM-Verfahren
B Schnitt durch die Oberfläche nach Sandstrahlen
C Schnitt nach dem Aufbrennen eines Keramiklots
D Schnitt nach Sandstrahlen und Ätzen des Keramiklots
E nach dem anschließenden Silanisieren
F nach erfolgtem Auftrag eines Kompositklebers und der Verbindung mit einer Zweitstruktur.

ping^{14,15} an den Verblendkeramiken kann neben einer als Pufferschicht wirkenden Bonderschicht durch eine vollanatomisch reduzierte Gerüstgestaltung minimiert werden. Zarone et al.¹⁶ sehen trotz aller Vorzüge des Materials die kurze Beobachtungszeit als Nachteil und damit nur eine bedingte Vergleichbarkeit des Erfolgs metallkeramischer Restaurationen.

Die fehlende Funktionalität von Silanisierungen ist hinreichend bekannt, deshalb wurden für ZrO_2 Bonder auf Phosphatbasis entwickelt. Das Problem der unzureichenden Verbindung von ZrO_2 zu Kompositmaterialien und Dentalkunststoffen kann mit einer sicheren Verbindung über ein infiltrierendes Glas behoben werden.⁵ Die Abbildung 27 zeigt die schematische schrittweise Verbindung von maschinieren oder manuell bearbeitetem ZrO_2 zu kunststoffbasierten Materialien. Grundlage ist ein gut benetzendes Glas, das in der Lage ist, eine aktive Reaktionsschicht mit einer möglichen Infiltration und Diffusion auszubilden. Die bisherige Schwäche einiger Liner, auf ZrO_2 keine stabile Verbundschicht auszubilden, zeigt sich bei der Zerstörung von Konstruktionen, die mit direkter Absprengung des Verblendmaterials einhergeht. Sichere Bonder oder auch Glaslote wie das DCM hotbond zirconnect zeigen Frakturlagen rein im Verblendwerkstoff oder quer durch alle Schichten des Systems.¹⁷

Fazit Beide Arbeiten sind mit eingeklebten Galvanosekundärteilen komplettiert worden. Die Frage ist: Geht es auch im direkten Verfahren, also ZrO_2 auf ZrO_2 ? Stephan¹¹ hat gezeigt, dass es geht. Zurzeit dürfte sich das aber auf Konstruktionen aus geHIPtem ZrO_2 und in Kombination mit natürlichen Pfeilern (Zähne) beschränken, die in der Lage sind, auch minimalste Passungengenauigkeiten über Bewegungen im Parodontalspalt zu kompensieren. Das zeigt auch die Entwicklung in der Zahntechnik, die im sensiblen System der Implantatstützung mit dem CerFric-Verfahren arbeitet, um Passungengenauigkeiten und Spannungen zu kompensieren, ohne eine zusätzliche Materialstärke von Kappe und Kleber zu integrieren.^{6,8}

Mit dem Ergebnis der Patientenbefragung werden zwei immer wieder diskutierte Fragen aufgeworfen. Erstens: Ist der Aufbiss auf vollkeramischen Kauflächen zu „hart“ und übersteigt er damit die Kompensationsfähigkeit natürlicher und künstlicher Pfeiler sowie des Teguments? Der Patientin ist es zumal angenehmer, gegen eine Kompositkauffläche zu beißen. Zweitens: Wie viele Zähne braucht der Mensch? Obwohl durchaus fünf Einheiten je Quadrant zur Kaufähigkeit und Stützung des Kiefergelenks reichen, hat sich im vorliegenden Fall gezeigt, dass die distale Erweiterung bis Zahn 7 aus ästhetisch-physiognomischer Sicht favorisiert wurde. Diese zweite „längere“ Variante ist dann von der Patientin auch im Dauergebrauch gewählt worden und hat über einen Tragezeitraum von einem Dreivierteljahr keine Defekte aufgewiesen. Zur endgültigen Beurteilung reicht weder eine Prothese dieser Bauart, noch die kurze Tragezeit. Es ist aber ein interessanter Ansatz, mit modernen Materialien und innovativen Verbundtechniken die Strukturkeramik Zirkoniumdioxid als Tertiärstruktur in die herausnehmbare Prothetik zu integrieren.

- Literatur**
1. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Dimensionierung der Brückengerüste. Quintessenz Zahntech 2004;30:1108–1117.
 2. Erdelt K, Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Gernet W. Die Biegefestigkeit von weißkörpergefrästem Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2004;30:942–954.
 3. Hopp M, Mitrovic A, Moss CH. Drum prüfe, was sich ewig bindet. Zahntech Mag 2010;14:698–705.
 4. Hopp M, Kurtz Th, Steffen A, Biffar R. Konditionierung von Abutments – sicher und einfach; Quintessenz Zahntech 2010;36:808–812.
 5. Hopp M, Zothner A. Verfahren der Konditionierung der Oberflächen von Dentalkomponenten und Verwendung des Verfahrens; Patentschrift DE 10 2009 051 655 B3 2010.12.30 C04B 41/85 (2006.01), Erteilung 30.12.2010.
 6. Karl M, Bauernschmidt B. Erste Erfahrungen mit teleskopierendem Zahnersatz aus 100% Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2010;36:86–94.
 7. Kühn T. Zirkoniumdioxid als großer Verbinder in der Doppelkronentechnik. Quintessenz Zahntech 2011;37:488–498.
 8. Lipp C. CAD/CAM vs. Kopierfräse: CerFric-Sekundärteile aus Zirkondioxid. Dent Labor 2007;55:1–12.
 9. Reinecke AM, Exner H. A new promising joining technology. J Cer Proc Res 2001;2:45–50.
 10. Stawarczyk B, Fischer J. Vollkeramik, Titan oder konventionelle Metallkeramik: Welche Bruchlasten halten die Rekonstruktionen in vitro aus? Quintessenz Zahntech 2008;34:556–564.
 11. Stephan K. Ist die teleskopierende Zirkonoxidbrücke ohne Galvano möglich? Quintessenz Zahntech 2004;30:772–778.
 12. Tholey M, Rutten L, Rutten P. Sicher zur Ästhetik mit Gerüsten aus Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2011;37:460–469.
 13. Tholey MJ, Stephan M. Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen. Quintessenz Zahntech 2007;33:160–168.
 14. Tinschert J, Natt G, Latzke P, Schulze K, Heussen N, Spikermann H. Vollkeramische Brücken aus DC-Zirkon – ein klinisches Konzept mit Erfolg. Dtsch Zahnärztl Z 2005;60:435–445.



15. Vult von Steyern P, Carlsson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. J Oral Rehabil 2005;32:180–187.
16. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. Dent Mater 2011;27:83–96.
17. Zothner A, Mitrovic M, Eilert et al. Die Segment-System-Technik mittels HotGlue-Fügung: Fertigung einer zirkulären Oberkieferversorgung aus Zirkoniumdioxid auf Implantaten. Quintessenz Zahntech 2008;34:566–581.
18. Zothner A, Hopp M, Friedrich R et al. Die Evolution des Abutments – Stoffschlüssiger keramischer Verbund bei Abutments aus Titan und Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2009;35:620–634.
19. Zothner A, Moss C, Hopp M et al. Oberflächenkonditionierung von Zirkoniumdioxid zur Verbesserung des Klebeverbunds. Quintessenz Zahntech 2009;35:874–886.



Dr. Bärbel Riemer-Krammer
Goerdelerstraße 50, 18069 Rostock
E-Mail: dr.riemer-krammer@gmx.de

Dr. Catrin Eilert – Oralchirurgie
Breite Straße 16, 18055 Rostock

ZT Aurica Mitrovic, ZT René Friedrich
ZM Präzisionsdentaltechnik
Breite Straße 16, 18055 Rostock

Prof. Dr. Reiner Biffar
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald

Dr. Michael Hopp
Zahnarztpraxis am Kranoldplatz
Kranoldplatz 5, 12209 Berlin
und
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
(Direktor: Professor Dr. Reiner Biffar)
Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald

DCMhotbond auf einen Blick.

DCMhotbond zirconnect



Brennprotokoll

Starttemperatur	450°C
Trocknen	2 min.
Brennen	1.000°C
Steigrate	60°C/min
Halten	1 min
Vakuum an	450°C
Vakuum bis	1.000°C

DCMhotbond fusio



Brennprotokoll

Starttemperatur	450°C
Trocknen	6 min.
Brennen	800°C
Steigrate	55°C/min
Halten	1 min
Vakuum an	450°C
Vakuum bis	800°C

DCMhotbond zircon



Brennprotokoll

Starttemperatur	450°C
Trocknen	mind. 30 min.
Brennen	1.000°C
Steigrate	30°C/min
Halten	3 min
Vakuum an	450°C
Vakuum bis	1.000°C

Jetzt ordern!

Produkt	Artikel	Artikelnummer	Packungsgröße	Max. Anzahl der Anwendung	Preis	Preis pro Anw.
zirconnect	zirconect spray	10032	50 ml	90	245,00€	2,72€
zircon	zircon	10104	3 g	33	99,00€	3,00€
zircon	zircon	10004	10 g	100	295,00€	2,95€
zircon	zircon liquid	10007	20 ml	100	35,00€	0,35€
fusio	fusio 12	12134	3 g	33	99,00€	3,00€
fusio	fusio 12	10134	10 g	120	198,00€	1,65€
fusio	fusio liquid	10234	20 ml	100	19,00€	0,19€
fusio	fusio connect spray	10035	50 ml	90	175,00€	1,95€

Weitere Informationen unter 0381 – 2035588 oder info@dcm-hotbond.com

Alle Artikel auch im Online-Shop unter www.dcm-hotbond.com verfügbar!



Dental Creativ Management GmbH

Breite Straße 16
18055 Rostock
Germany

Telefon: +49 (0) 381 203 55 88
Email: info@dcm-hotbond.com

www.dcm-hotbond.com