



Oberflächenkonditionierung von Zirkoniumdioxid zur Verbesserung des Klebeverbundes

Aurica Zothner, Christian Moss, Michael Hopp, René Friedrich, Ulrike Hoppe, Tom O. Blöcker, Milija Mitrovic, Reiner Biffar

Minimalinvasive Versorgungen wie zahnfarbene Klebebrücken und Retainer nehmen einen immer breiteren Raum bei der Versorgung von jungen Patienten bzw. im parodontal geschädigten Gebiss ein. Ullmann und Böning³⁴ geben die kumulative Überlebensrate von metallgestützten Klebebrücken mit 90 % nach 1,9 Jahren an. Bei minimaler Präparation geben Williams et al.³⁷ eine Misserfolgsrate von 30 % nach 10 Jahren an. Wird dagegen retentiv präpariert, steigt die Erfolgsrate mit Verweilwahrscheinlichkeiten um 96 %.^{2,19,27}

Klebung bei der definitiven Integration im Mund nehmen scheinbar auch bei ZrO₂-Gerüsten zu. Diverse Studien²⁹ zeigen einen Anteil von 100 % adhäsiv verankerter Restaurationen mit Panavia 21 (Kuraray, Frankfurt/Main) und Variolink (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), auch Brücken in konventioneller Gestaltung. Auffällig war die sehr hohe Rate an Sekundärkariesfällen bei den Brücken.

Der Verbund adhäsiver Materialien mit der Zahnoberfläche ist mit Einführung der Schmelzätzung und der steten Verbesserung der polymeren Füllungsmaterialien sicher

Zusammenfassung

Minimalinvasives Vorgehen für zeitgemäße Ästhetik ist ein Kriterium, um die Klebebrückentechnik weiter zu forcieren. Ein Nachteil oxidkeramischer Konstruktionen aus Zirkoniumdioxid ist das Fehlen der glasigen Phase als Voraussetzung des effektiven Ätzens und als Reaktionspartner für Silane. Der nachfolgende Beitrag zeigt die Anwendung von ZirConnect (DCM, Rostock) zur glasigen Beschichtung der Klebeflächen mit einem diffusionsfähigen glaskeramischen Material aus einer mikrofeinen keramischen Phase, das die konventionelle Glaskeramik-Schmelz-Klebung nach konventioneller Silanisierung gewährleistet.

Indizes

ZirConnect, Zirkoniumdioxidkeramik, Oberflächenkonditionierung, Vollkeramik, C-Link, Adhäsiv, Vorbeschichtung, Klebeverbund, Adhäsivtechnik, Ätzen, Spray-on-Technik

Einleitung

und praktikabel. Eine Übersicht gibt Janda.^{15,16,17} In Übersichtsartikeln werden die Grundlagen des technischen Klebens als stoffschlüssiges Fügeverfahren, wie es in der Zahntechnik genutzt wird, dargelegt.^{16,17} Die spezielle Zusammensetzung diverser Silan-Produkte als Kopplungsmedium beschreiben Martinlinna et al.²³ Neben sicher auch vielen Nachteilen sind es die Schnelligkeit, Einfachheit, Variabilität der Werkstoffe sowie die Anpassung und Kompensation des WAK-Koeffizienten, die überzeugen.

Die bei konventionellen Feldspatkeramiken guten Verbundwerte zu Adhäsiven sind nach wie vor der „Golden Standard“ bei der Überprüfung der Klebefähigkeit. Palògia et al.²⁵ fanden für geätzte (9,6%iges HF) und silanisierte Strukturen gegenüber tribochemisch behandelten und silanisierten Proben mit einer Haftfestigkeit von $17,9 \pm 2,9$ MPa und $15,5 \pm 2,4$ MPa keine signifikanten Unterschiede. Klare Unterschiede dagegen fanden Bottino et al.⁴ bei nur gestrahlten Proben mit $110 \mu\text{m}$ Korund ($15,1 \pm 5,3$ MPa) und der Rocatec- bzw. CoJet-Behandlung ($23,0 \pm 6,7$ MPa und $26,8 \pm 7,4$ MPa) für die tribochemischen Systeme. Güler et al.¹⁰ geben an, dass die Flusssäureätzung oder das Sandstrahlen allein keine adäquat guten Verbundwerte zu Feldspatkeramiken bringen, erst die Kombination mit Silanen sichern hohe Scherkräfte und einen guten Verbund.

Die Klebeverbindung an Zirkoniumdioxidgerüsten ist nur gering vom verwendeten ZrO_2 -Material abhängig.⁹ Unterschiede ergeben sich bei Verwendung verschiedener Konditionierungen bzw. Opaker-Zwischenschichten und Klebewerkstoffe. Dérand und Dérand⁸ geben für ihre Haftfestigkeitsuntersuchungen auf ZrO_2 nur die klinisch gesicherte Möglichkeit des Klebens mit Superbond C&B (Sun Medical, Shiga, Japan) mit Scherwerten von $19,5 \pm 2,1$ an, wohingegen Panavia und Twinlock (Heraeus Kulzer, Hanau) den Test mit $8,9 \pm 1,1$ und $8,9 \pm 1,0$ MPa nicht bestanden haben.

Kunststoffbasierte Zemente/Kleber weisen eine geringere Erosion in gepufferten Milchsäurelösungen verschiedener pH-Werte auf als wasserbasierte²⁰ und sind somit gegenüber den Säureangriffen in der Mundhöhle lang andauernd stabil. Sie zeigen jedoch mit der Zeit eine geringfügige hygroskopische Expansion.

Bereits Tholey und Stephan³² vermuten, dass es bei Wash-Bränden mit erhöhter Temperatur nicht nur zu einer mechanischen Verzahnung der Verblendkeramik mit dem ZrO_2 -Gerüst kommt, da sich auch bei glatten, nicht gesandstrahlten Gerüsten ein fehlerfreier Verbund mit der Keramik ausbildet. Das viel diskutierte Chipping^{3,33,36} an den Verblendkeramiken kann neben einer als Pufferschicht wirkenden Bonderschicht durch eine vollanatomisch reduzierte Gerüstgestaltung minimiert werden.

Die Verblendstabilität und Praktikabilität von Verblendkeramiken für ZrO_2 in der täglichen Anwendung sehen Stawarczyk und Fischer³¹ als gegeben und statistisch vergleichbar mit anderen Verblendsystemen. In der Technik ist das Kleben von Keramikwerkstoffen seit vielen Jahren eine verbreitete und sichere Methode.^{13,24}

Eigenschaften der Verbundschicht auf Basis von ZirConnect

Ein scheinbar wesentlicher Aspekt ist die Ätzbarkeit der Klebeflügel für eine gute mechanische Verzahnung und chemische Anbindung der Silane an das Glasnetzwerk. Um Tiefenstruktur zu erhalten, müssen gut und schlecht ätzbare Phasen nebeneinander vorliegen, die die Strukturierung generieren. Für konventionelle vollkeramische Restaurationen konnten Schäffer et al.³⁰ eine effiziente Ätzstrukturenbildung mittels verschiedener Flusssäurepräparate bzw. Ammoniumhydrogendifluorid als reaktiver Klebegrundlage nachweisen. Am effektivsten ist 40%ige Flusssäure, wobei sich deren Anwendung in

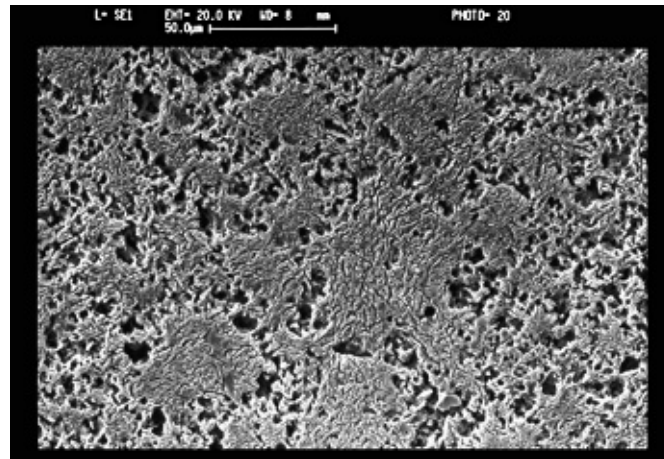


Abb. 1 Geätzter Cerec-Block, Schliffpräparat geätzt (120 sec in 2,5%iger HF/HNO₃), REM, Vergr. x 500.

Reinform aus Sicherheitsgründen im Labor verbietet. Besonders bei Dentalkeramiken mit stabiler Keramikphase, z. B. beim Dicor (Dentsply, Konstanz), konnte elektronenoptisch eine eindrucksvolle Tiefenstrukturierung erreicht werden.

Durch die Bildung einer Keramikphase, wahrscheinlich Leuzit, im ZirConnect (DCM, Rostock) ist ebenfalls eine Retentivstrukturbildung nach Ätzen gegeben. Die Gefügeausbildung ist in der Keramik von der Glaszusammensetzung, der primären Zugabe von Leuzit und den Brennbedingungen abhängig.^{5,6} Die Bildung von Leuzit in Abhängigkeit von der Temperatur beschreiben Mackert et al.²¹ und von technologischen Arbeitsschritten und der Temperaturführung Mackert et al.²²

Neben der chemischen Verankerung spielt die Struktur der geätzten Keramik bei Vorhandensein einer Leuzit- oder andersgearteten säureresistenten Keramikphase zur Oberflächenvergrößerung eine wesentliche Rolle. Die Abbildung 1 zeigt eine ausgeprägte Leuzitphase in einem Cerec-Block (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen). Die herausgelöste Glasphase bietet viele mechanische Verankerungsmöglichkeiten und vergrößert die Oberfläche erheblich. Im ZirConnect wird während der Brennvorgänge bei der Verblendung und Konditionierung der Klebeflächen eine mikrokristallin verteilte, gut darstellbare Keramikphase ausgebildet, die die adhäsive Verbindung zur Keramikstruktur ebenfalls massiv verbessert. Bei den während der Materialentwicklung durchgeführten werkstoffkundlichen Untersuchungen zeigte sich ein temperaturabhängiges Wachstum einer keramischen Phase, die nach Schleifen und Polieren der Proben und durch Ätzung mit einer flusssäurehaltigen Lösung (2,5 % HF/2,5 % HNO₃, Ätzzeit 120 sec) gut dargestellt werden kann. In einem Temperaturbereich von 950 °C (Abb. 2a), 1.000 °C (Abb. 2b) und 1.050 °C (Abb. 2c) sowie 1.000 °C und mit einem zusätzlich simulierten Keramikbrand von 20 Minuten (Abb. 2d) bildet sich eine gleichmäßig verteilte und zunehmend dichte Keramikphase heraus.

In der Röntgendiffraktometrie (Seiffert-X-Ray Diffraction System – XRD 3003TT) an gemörserten Pulvern stellt sich bei allen untersuchten Brennvarianten ein weitgehend amorphes Material dar (Abb. 3), was an der fehlenden Symmetrie der sich bildenden Kristalle liegen kann. An der Identifizierung der sich ausbildenden mikroverteilten und im REM gut sichtbaren Keramikphase wird noch gearbeitet. Der deutlich sichtbare Peak bei 2Theta 29° ist ein Reflex des Probenträgers und nicht dem untersuchten Material zuzuordnen.

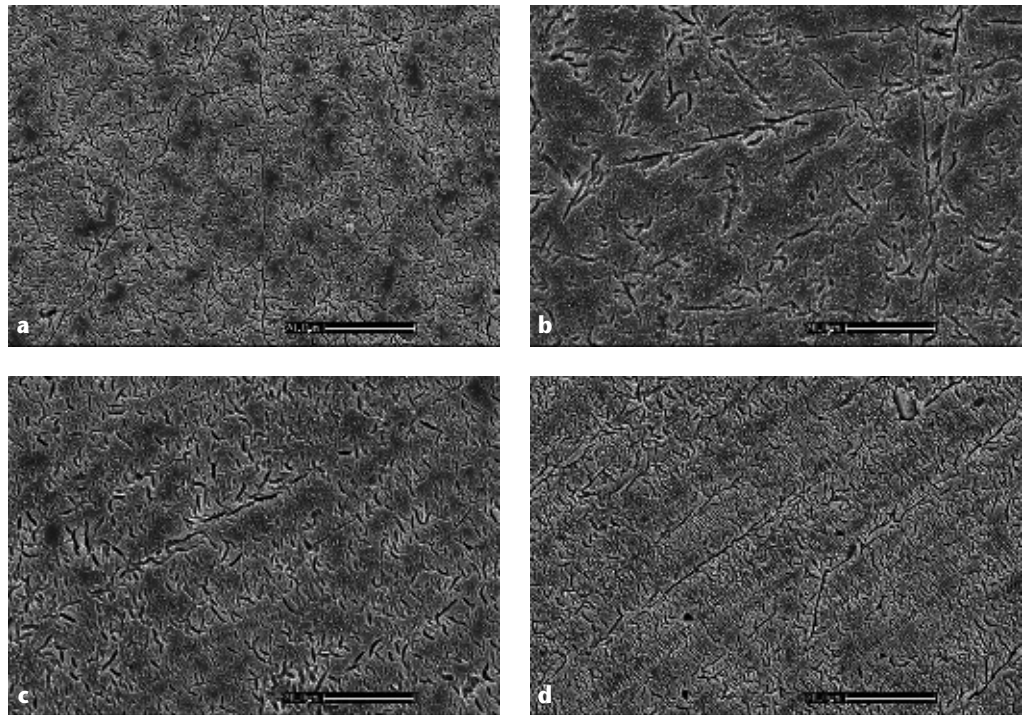


Abb. 2a bis 2d Detaildarstellung der Gefügeentwicklung in Abhängigkeit von der Temperatur: **a** 950 °C, **b** 1.000 °C, **c** 1.050 °C, **d** 1.000 °C und 20 min getempert; REM, Vergr. x 1.000.

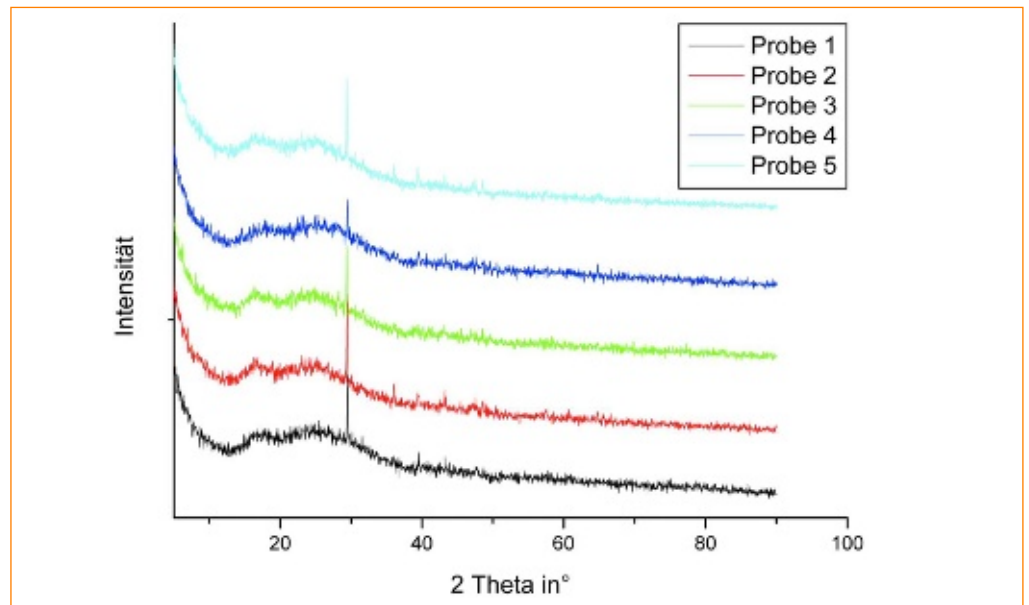


Abb. 3 Röntgendiffraktometrische Untersuchung des Ausgangspulvers und Glasproben bei verschiedenem Brenn- und zusätzlichem Sinterregime; Probe 1) Ausgangspulver, Probe 2) 950 °C, Probe 3) 1.000 °C, Probe 4) 1.050 °C, Probe 5) 1.000 °C und 20 min getempert.

Zahntechnisches Vorgehen und Fallpräsentation

Fall 1: Nichtanlage der lateralen Schneidezähne

Nach kieferorthopädischer Vorbehandlung wurden bei einem 20-jährigen Patienten die geöffneten Lücken der lateralen Schneidezähne übergangsweise mit einflügligen Klebebrücken versorgt.

Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Situation am Patienten in der En-face-, Frontal- und Inzisalansicht. Die mittleren Schneidezähne wurden palatinal nicht präpariert, abgeformt, die Modelle erstellt, einartikuliert und einflüglige Klebebrücken aus Zirkoniumdioxid angefertigt (Abb. 7). Nach Sandstrahlung der fertigen Gerüste wird mittels Spray-

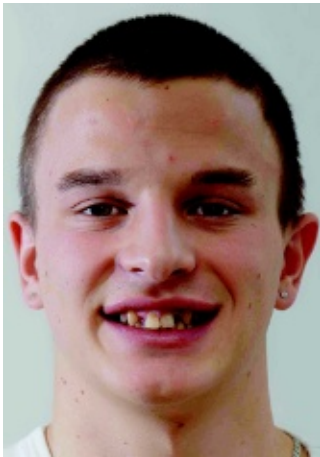


Abb. 4 En-face-Darstellung des Patienten.



Abb. 5 Frontalansicht der Lückensituation nach kieferorthopädischer Vorbereitung.

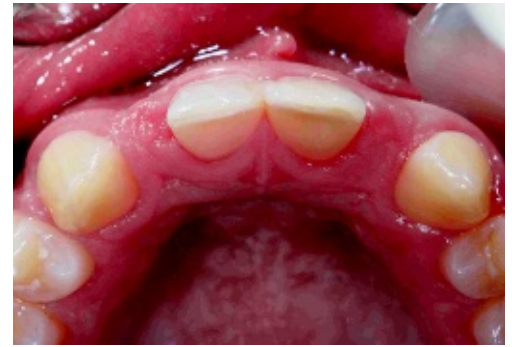


Abb. 6 Inzisale Ansicht mit gleichmäßiger Lückenbreite und gut ausgerundeter Oberkieferfront.

Abb. 7 Oberkiefermodell mit Zirkoniumdioxidgerüsten der Flügelbrücken.

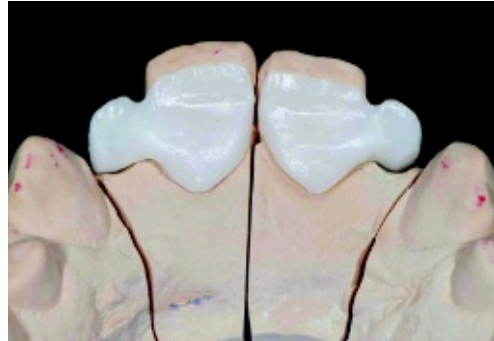


Abb. 8 Aufspritzen von ZirConnect mit der Air-brush-Pistole.

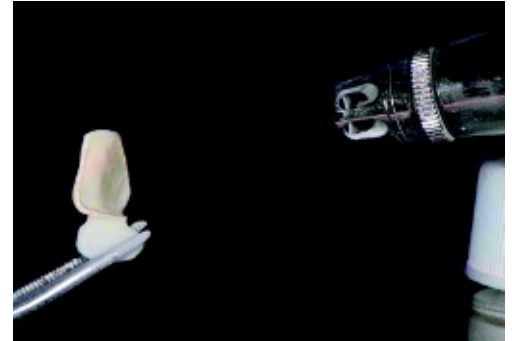


Abb. 9 ZirConnect-Kit mit Air-brush-Pistole aus der IMAGO-Linie.



on-Technik ein dünner ZirConnect-Film auf die Klebeflügel gesprayed (Abb. 8) und auf Brennwatte bei 1.000 °C gebrannt.

Für den Auftrag steht das ZirConnect in Kombination mit dem Imago-Spray-System (steco, Hamburg) zur Verfügung (Abb. 9). Als nächste Schritte erfolgen die Verblendung der Brücken und die definitive Ausarbeitung (Abb. 10). Die Klebeflächen werden nun ganz kurz mit Korund (125 µm Körnung und max. 2 bar) gestrahlt und mit Ceramic Etching (C-Link, steco) für eine Minute geätzt. Die stumpfe Oberfläche der Klebeflügel zeigt die fertige Vorbereitung der Brücken an. In der Praxis können die Brücken zur Kontrolle am Patienten anprobiert werden. Es erfolgt eine abschließende Reinigung der

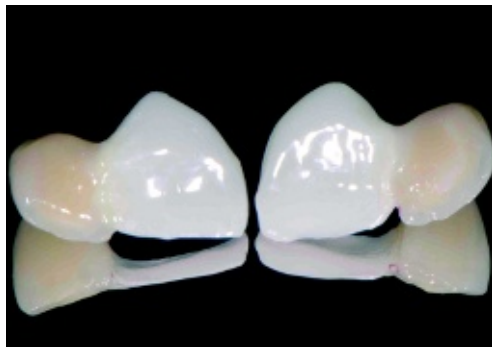


Abb. 10 Die Klebebrücken fertig ausgearbeitet.

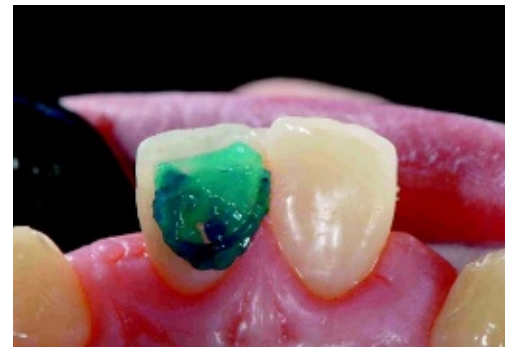


Abb. 11 Das Anätzen der Klebeflächen der Zähne.



Abb. 12 Das Aushärten des Dualzementes.



Abb. 13 und 14 Die Klebebrücken in situ von inzisal und von frontal.



Klebeflächen mit Phosphorsäuregel. Die Klebeflächen der Zähne werden jetzt entgegen den Herstellerangaben ebenfalls mit Phosphorsäuregel angeätzt (Abb. 11) und alle Verbundbereiche mit RelyX™ Unicem (3M Espe, Seefeld) nach Herstellerangaben beschichtet. Das Material wird nach Platzierung der Brücke auf dem Zahn photoaktiviert und härtet aus (Abb. 12). Nach Entfernung der Überschüsse, Kontrolle von Okklusion und Artikulation, Nachpolieren und Fluoridieren der Zähne kann der Patient seine neue Freiheit genießen (Abb. 13 und 14).

Fall 2: Vollkeramischer Retainer im parodontal geschädigten Gebiss

Bei einem 58-jährigen Patienten wurde nach erfolgreich durchgeführter Parodontalbehandlung ein vollkeramischer Retainer aus Zirkoniumdioxid angefertigt. Die Situation im Mund zeigt die Zähne in noch korrekter Stellung (Abb. 15), aber gelockert. Nach kurzem Anrauen der Oberflächen im späteren Klebebereich wurden die Kiefer abgeformt, einartikuliert und ein Retainer aus Zirkoniumdioxid erstellt (Abb. 16). Nach Ausarbeitung des Gerüsts erfolgten das Sandstrahlen der Verbundfläche (Abb. 17) und das Aufbringen des ZirConnects mittels Air-brush-Pistole (Abb. 18). Der Brand erfolgt nach Herstellerangaben bei 1.000 °C im Keramikofen (Abb. 19). Die überstehenden Anteile des ZirConnects (Abb. 20) sind vor der Fertigstellung zu entfernen und die Übergänge noch einmal nachzupolieren. Die Vorbereitung zum Einkleben erfolgt im Labor mit vorsichtigem Sandstrahlen und Ätzen der Verbundseite. Abbildung 21 zeigt den fertigen Retainer auf dem Modell. Nach einer Anprobe des Retainers am Patienten wird zur absoluten Trockenlegung des Klebegebietes Kofferdam gelegt. Eine Ätzmaske mit einem Fenster in der Ausdehnung des

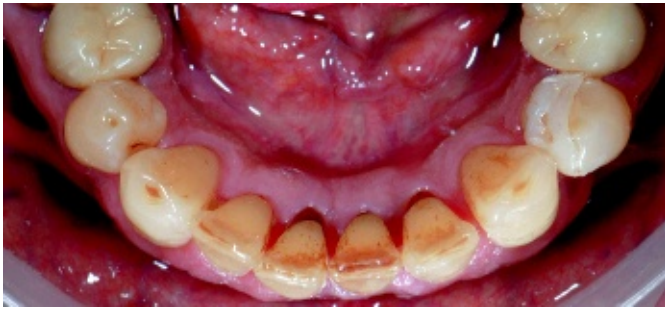


Abb. 15 Die Situation im Mund nach erfolgreicher Parodontalbehandlung.



Abb. 16 Grob ausgearbeiteter Retainer aus Zirkoniumdioxid.



Abb. 17 Das Sandstrahlen der Verbundfläche mit reduziertem Druck.



Abb. 18 Das Aufbringen von ZirConnect mit der Air-brush-Pistole.



Abb. 19 Die Vorbereitung zum Brand.



Abb. 20 Eine glatt-glänzende ZirConnect-Beschichtung mit dezenten Überschüssen.



Abb. 21 Der fertige Retainer auf dem Modell.

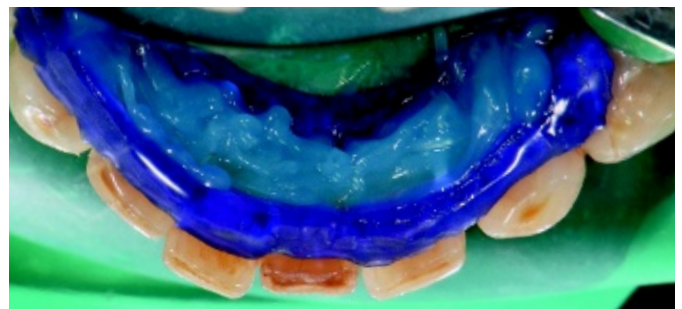


Abb. 22 Das applizierte Ätzelgel in der Maske.



Abb. 23 Die konditionierten Zahnoberflächen.



Abb. 24 Die fertig gestellte Verblockung der Unterkiefer-Front.

Retainers sorgt für eine zielgenaue und wirksame Applikation des Ätzgels an den Zähnen (Abb. 22). Die opak erscheinende Ätzfläche (Abb. 23) wird getrocknet und der Retainer mit Vario link eingesetzt. Nach der Entfernung der Überschüsse und Ausarbeitung der Verblockung sind die Zähne fest fixiert und haben eine Chance, sich auch wieder im Knochen zu festigen (Abb. 24).

Versiegelung der Klebeflächen für mehr Prozesssicherheit

Eine Neuerung ist die Versiegelung der Klebeflächen im Labor und der Schutz der nach Ätzung und Silanisierung reaktiven Flächen. Hierzu wird das C-Link, dargestellt in Abbildung 25, verwendet.

Zum Einsatz kommt das Material nach Vorbeschichtung der Klebeflächen mit ZirConnect (Abb. 26) und der kompletten keramischen Verblendung der Brückenglieder. Zum Schutz der Verblendung kann diese mit einem dünnen Wachs- oder Silikonfilm überzogen werden. Die Oberfläche der Klebeflügel entspricht einer glanzgebrannten, fast unstrukturierten Glasfläche (Abb. 27). Da beim Spray-on-Verfahren nur ein sehr dünner Glasfilm aufgesprüht wird, darf die folgende Sandstrahlung (Korund, Korngröße 110 bis 125 µm, Druck max. 2 bar) nur ganz kurz und entsprechend vorsichtig durchgeführt werden. Die Abbildung 28 zeigt den Strahlvorgang und die Abbildung 29 die mikroskopische Aufnahme der angerauten Oberfläche.



Abb. 25 Das C-Link Set (steco)
(Bildquelle: ZTM A. Hoffmann,
Gieboldehausen).

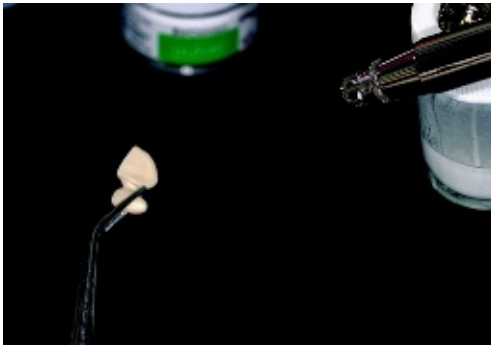


Abb. 26 Die Beschichtung des Klebeflügels vor der Verblendung im Spray-on-Verfahren.

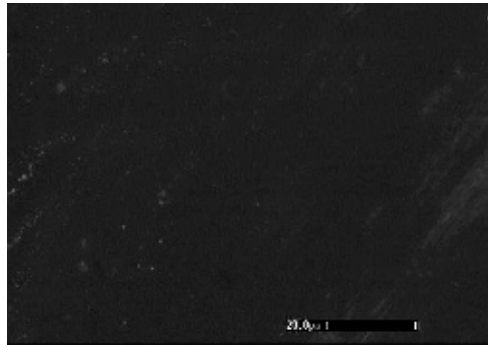


Abb. 27 Die Detaildarstellung des aufgebrannten ZirConnect, REM, Vergrößerung x 1.000.

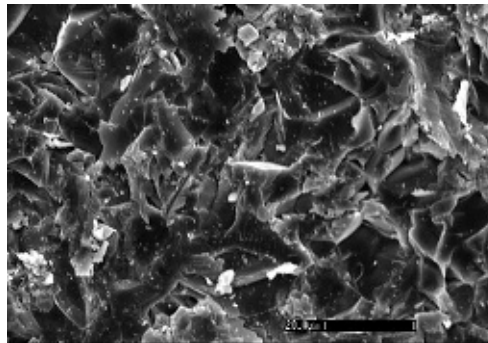


Abb. 28 Das Sandstrahlen des Klebepereiches.

Abb. 29 Die Detaildarstellung der gestrahlten ZirConnect-Oberfläche, REM, Vergrößerung x 1.000.

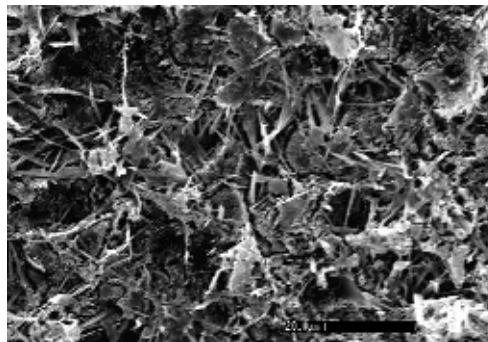


Abb. 30 Der Ätzzvorgang mit C-Link Ceramic Etching.

Abb. 31 Die Detaildarstellung der geätzten ZirConnect-Oberfläche mit nadliger Keramikphase, REM, Vergrößerung x 1.000.

Diese vorkonditionierte Oberfläche wird mit dem C-Link Ceramic Etching (5 % HF/8 % H₂SO₄ in einer wässrigen Lösung) für eine Minute geätzt (Abb. 30). Durch die intensiv rote Einfärbung ist die Ätzlösung gut sichtbar und erleichtert die Kontrolle beim Abspülen. Auf die besondere Gefährlichkeit beim Umgang mit flusssäurehaltigen Chemikalien sei in diesem Zusammenhang hingewiesen. Die Abbildung 31 zeigt die mikroskopische Detaildarstellung der geätzten Oberfläche mit einer nadligen verfilzten Keramikphase in der REM-Darstellung. Nach ausgiebiger Spülung und Trocknung mit Druckluft wird das Silan aufgebracht (Abb. 32) und getrocknet. Hilfreich ist ein Fön mit erwärmter Luft. Die Abbildung 33 zeigt die Oberfläche nach dem Silanauftrag. Als letzter Schritt wird der Bonder (C-Link Connector) aufgetragen (Abb. 34) und mit der Polymerisationslampe ausgehärtet. Die Abbildung 35 zeigt die kaum strukturierte und sehr glatte Oberfläche in der Mikrodarstellung. In Abbildung 36 ist die fertige Arbeit dargestellt.

Die Connector-Schicht beeinflusst die Passfähigkeit nicht, gestattet aber das Einprobieren der Arbeit am Patienten in der Praxis ohne Gefahr der Beeinträchtigung der

Abb. 32 Das Aufbringen der Silanisierung.

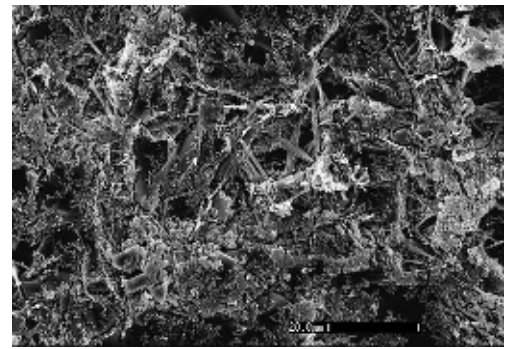
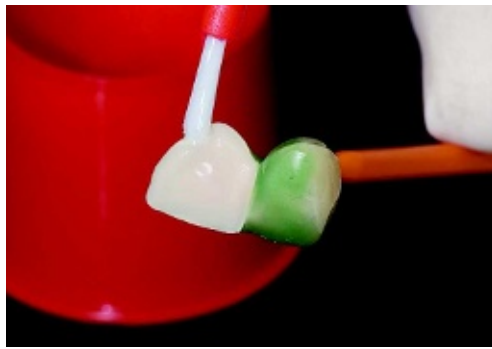


Abb. 33 Die Detaildarstellung der nadligen Keramikstruktur mit überlagertem Silan, REM, Vergrößerung x 1.000.

Abb. 34 Das Auftragen des Bonders.

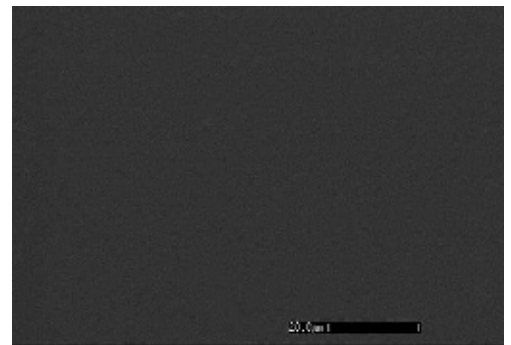
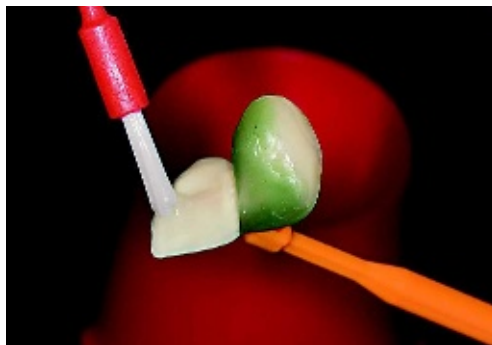
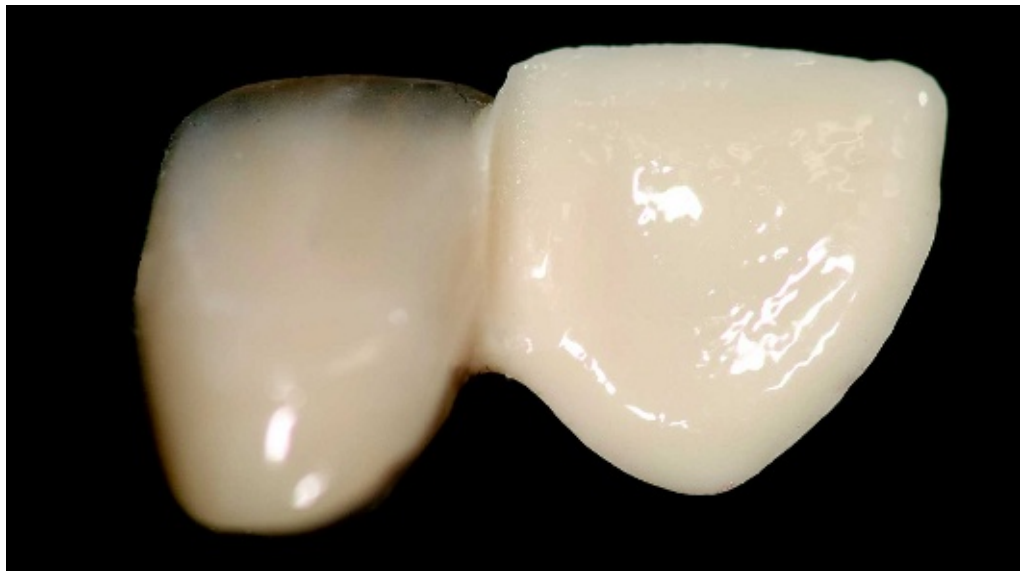


Abb. 35 Die Detaildarstellung des glatten, unstrukturierten Bonders (Connector, C-Link), REM, Vergrößerung x 1.000.

Abb. 36 Der glatt-glänzende Überzug des Connectors.



Funktionsfähigkeit der silanisierten und reaktiven Oberfläche. Durch die Versiegelung der Oberfläche kann die silanisierte Schicht nicht altern, was die Verbundfestigkeit beeinträchtigt. Der Connector ist die Verbundschicht mit zahnärztlichen Klebern für die Keramiktechnik, z. B. Panavia oder Variolink.

Schlussfolgerungen

In seinen Ausführungen über evidenzbasierte Behandlungsmethoden in der Prothetik zitiert Kern¹⁸ die Metaanalyse aus 17 Studien zu Adhäsivbrücken von Pjetursson et al.²⁶ und kommt zu einer geschätzten Überlebensrate von 87,8 % nach 5 Jahren bei einer geschätzten jährlichen Misserfolgsrate von 2,6 %. Legt man zugrunde, dass die Klebe-

brückentechnik meist als hochwertiges Langzeitprovisorium gesehen wird, sind die Liegezeiten im Mund akzeptabel und nähern sich denen konventioneller Restaurationen an. Als provisorische Versorgung sollte auf eine retentive Präparation verzichtet werden. Bei kariesfreien Pfeilern sollte viel mehr der Adhäsivbrücke vertraut und klinisch darauf orientiert werden. Trotz der geringen Schädigung der Zähne durch minimalinvasive Methoden können die Zähne bei Verwendung leistungsgesteigerter Polymerisationslampen (Plasmalampen) beim Aushärten thermische Schäden nehmen.³⁵ Die Überlebensrate konventioneller geklebter Teilrestaurationen ist bei Verwendung von Kofferdam beim Kleben deutlich höher, das Risiko einer Klebefraktur bei alleiniger Verwendung von Watterollen zur Trockenhaltung steigt um den Faktor 10.¹

Mit der Einführung von Silanisierungen silikatischer Oberflächen bei adhäsiv befestigten Vollkeramikrestaurationen gilt der Verbund als sicher. Es wird aber immer eine entsprechende Oberflächenkonditionierung der Zahnoberfläche und chemische Konditionierung des Zirkoniumdioxids vorausgesetzt.¹⁴ Durch die fehlende Glasphase im Zirkoniumdioxid steht bei der hohen chemischen Inertheit der Oxidkeramik kein Reaktionspartner für die Ankopplung der lichterhärtenden Dualzemente zur Befestigung zur Verfügung. Re et al.²⁸ sehen die Oberflächenbehandlung als wichtigen Schritt zu einer sicheren Adhäsion von Kompositen auf Zirkoniumdioxid. Bereits variierende ZrO₂-Proben können zu einer verschiedenen Haftfestigkeit von Adhäsivmaterialien führen. So zeigt sich ein relativ gleichartiges Haftvermögen von Panavia F und Unicem (3M ESPE, Seefeld) auf Lava-ZrO₂-Proben. Bei Verwendung von Cercon-ZrO₂-Proben unterschieden sich die Haftfestigkeiten von Unicem und Panavia F deutlich. Den besten Haftverbund zeigt Panavia F bei einer sandgestrahlten Oberfläche (Korundkörnung 110 µm) auf Cercon-ZrO₂. In der Praxis hat sich ebenfalls der Einsatz der Flammenpyrolyse mittels des Silano-Pen (bredent, Senden) bewährt.

Auch die Oberflächenbearbeitung (Fräsen, Sintern, Feinschleifen, Sandstrahlen usw.) der Klebeflügel hat Einfluss auf die Oberflächenmorphologie, die Stabilität und Haftungsfähigkeit des ZrO₂ gegenüber Adhäsiven.⁷ Janda¹⁷ gibt die Silikatisierung von ZrO₂-Oberflächen vor Klebung als die sicherste Methode an. Wenn auch Strahlbeschichtungsverfahren (tribochemische Verfahren) zur Verfügung stehen, ist die hydrolytische Anfälligkeit des Verbundes unübersehbar.

Die Einführung des ZirConnect als glasige Verbundschicht führt zu einer diffusionsverankerten glaskeramischen Zwischenschicht auf den Klebeflächen des Zirkoniumdioxids, die mit handelsüblichen Flusssäurepräparaten effektiv geätzt werden kann. Bei Vorhandensein einer stabilen und gleichmäßig ausgebildeten Kristallphase, in diesem Fall vermutlich Leuzit, führt die Ätzung zu einer Oberflächenvergrößerung und zur Gestaltung von Mikroretentionen. Das verbleibende Glasnetzwerk bietet den chemischen Reaktionspartner für das Adhäsiv, z. B. des C-Links.

Durch die latorseitige Versiegelung und Optimierung der Klebeflächen kann die Passfähigkeit noch weiter erhöht, die Fehlerrate durch falsche Vorgehensweise beim Konditionieren der Keramikseite in der Zahnarztpraxis minimiert und die Behandlungssicherheit erhöht werden. Vor allem die Verwechslung von flusssäurehaltigem Gel (C-Link Ceramic Etch) zur Ätzung der Keramik kann bei der Anwendung am Patienten schwere Folgen haben. Durch die sofortige Beschichtung der aktivierten keramischen Verbundflächen sieht Hoffmann^{11,12} eine zeitlich unbegrenzte Konservierung der reaktiven

Verbundschicht, was hemmende Einflüsse durch Lagerung, Transport, Verunreinigungen bei der Einprobe am Patienten eliminiert.

Bei der Vorkonditionierung von Klebeflächen aus Zirkoniumdioxid mit ZirConnect stellt dieses das „Missing Link“ für einen haltbaren und effektiven Verbund dar. Auf Seiten der Oxidkeramik ist durch die Diffusionsschicht eine haltbare und ätzbare Beschichtung entstanden, die ihrerseits die Grundlage der vom Zahnarzt erwarteten Rauigkeit und Silanisierbarkeit garantiert. Der Aufwand für diesen zusätzlichen Schritt ist kalkulierbar.

Neu ist die zusätzliche Versiegelung und Konservierung der geätzten und reaktiven Keramikschiicht. Durch den Einsatz von C-Link werden die Ätzung mit Flusssäure und die Primärbeschichtung, respektive die Versiegelung der Oberfläche, ins Labor verlegt. Dies schafft Sicherheit am Patienten, eine gleichmäßig hohe Qualität der Ätzung, Silanisierung und Vorbeschichtung ohne Passungseinbußen sowie die Möglichkeit der problemfreien Passungsüberprüfung beim Zahnarzt.^{11,12}

Die Konditionierung mit ZirConnect ist zwar nur ein kleiner Schritt im Labor, aber eine wesentliche Innovation und Revolution für den Erfolg am Patienten.

Literatur

1. Audenino G, Giannella G, Morello GM, Ceccarelli M, Carossa S, Bassi F. Resin-bonded fixed partial dentures: Ten-year follow up; *Int J Prosthodont* 2006;19:22–23.
2. Behr M, Leibrock A, Stich W, Rammelsberg P, Rosentritt M, Handel G. Adhesive fixed partial dentures in anterior and posterior areas. Results of an on-going prospective study begun in 1985. *Clin Oral Investig* 1998;2:31-35.
3. Bornemann G, Rinke S, Hüls A. Prospective clinical trial with conventionally luted zirconia-based fixed partial dentures – 18 month results (abstract). *J Dent Res* 2003;82:117.
4. Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of surface treatment on the resin bond to zirconia-based ceramic. *Int J Prosthodont* 2005;18:60–65.
5. Claus H. Die Bedeutung des Leuzits für die Dentalkeramik. *ZWR* 1981;90:46–51.
6. Claus H. Das Gefüge und Mikrogefüge der Dentalkeramik in Abhängigkeit von den Brennbedingungen. *Quintessenz Zahntech* 1990;16:1479–1495.
7. Coldea A, Stephan M, Tholey M, Thiel N. Untersuchung des Einflusses verschiedener Keramikschleifersysteme auf Zirkoniumdioxid. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:470–483.
8. Dérand P, Dérand T. Bond strength of luting cements to zirconium Oxide ceramic. *Int J Prosthodont* 2000;13:131–135.
9. Göbel R, Rzanny A, Jahn F, Küpper H. Optimale adhäsive Befestigung von Zirkoniumdioxidrestaurationen. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:148-160.
10. Güler AU, Yilmaz F, Ural C, Güler E. Evaluation of 24-hour shear bond strength of resin composite to porcelain according to surface treatment; *Int J Prosthodont* 2005;18:156–160.
11. Hoffmann A. C-Link verbindet. *Dent Dialogue* 2008;9:60-63.
12. Hoffmann A. Die zeitlich unbegrenzte Konservierung von konditionierten Keramikflächen – Safety first. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:454-460.
13. Informationszentrum Technische Keramik: Brevier Technische Keramik. Nürnberg: Fahner, 2003.
14. Jahn F, Bode D, Göbel R, Gnauck M, Küpper H. In-vitro-Untersuchungen zu CAD/CAM gefertigten vollkeramischen Adhäsivbrücken. *Dtsch Zahnärztl Z* 2006;61:417-421.
15. Janda R. Theoretische Grundlagen des Klebens. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:66–76.
16. Janda R. Adhäsiv-Techniken für Zahnarzt und Zahntechniker. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:188–204.
17. Janda R. Schmelz-Dentin-Adhäsive: Eine Übersicht für den Zahntechniker. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:330–344.
18. Kern M. Was kann ein Generalist in seiner Praxis evidenzbasiert leisten? Konventioneller Zahnersatz versus Implantologie. *Quintessenz* 2008;59:919–925.
19. Ketabi AR, Kaus T, Herdach F et al. Thirteen-year follow-up study of resin bonded fixed partial dentures. *Quintessence Int* 2004;35:407–410.
20. Kuybulu FI, Gemalmaz D, Pameijer CH, Yarat A, Alcan T. Erosion of luting cements exposed to acidic buffer solutions. *Int J Prosthodont* 2007;20:494–495.

21. Mackert JR jr, Williams AL, Russell CM. Crystallization of leucite in dental porcelains in the temperature range 650 – 1000 °C (abstract 174). *J Dent Res* 1999;78:127.
22. Mackert JR jr, Sheen GW, Williams AL, Russell CM, Ergle JW. Effects of local cooling rate and processing variables on leucite in dental porcelain. *Int J Prosthodont* 2003;16:647–652.
23. Matinlinna JP, Lassila LV, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical application in dentistry. *Int J Prosthodont* 2004;17:155–164.
24. Mayer H. Fügen von Oxidkeramik; cfi/Ber. *DKG* 2008;85:D23–D26.
25. Palògia F, Valandro LF, Brigãgao V, Neisser MP, Bottino MA. Resin microtensile bond strength to field-spatic ceramic: hydrofluorid acid etching vs tribochemical silica coating. *Int J Prosthodont* 2007;20:532-534.
26. Pjettersson BE, Tan WC, Tan K, Brägger U, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded bridges after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:131-141.
27. Rammelsberg P, Pospiech P, Gernet W. Clinical factors effecting adhesive fixed partial dentures: a six-year study. *J Prosthet Dent* 1993;70:300–307.
28. Re D, Augusti D, Sailer I, Spreafico D, Cerutti A. Die Auswirkungen der Oberflächenbehandlung auf die Adhäsion von Kompositen an Y-TZP; *Eur J Esthet* 2008;3:196-207.
29. Sailer I, Fehèr A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CHF. Klinische 5-Jahres-Ergebnisse für Seitenzahnbrücken mit Zirkoniumdioxidgerüst, hergestellt mit einem Prototyp-CAM-Verfahren. *Quintessenz Zahntech* 2008;34:86-95.
30. Schäffer H, Dumfahrt H, Gausch K. Oberflächenstruktur und Substanzverlust beim Ätzen keramischer Materialien. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1989;99:530–543.
31. Stawarczyk B, Fischer J. Vollkeramik, Titan oder konventionelle Metallkeramik: Welche Bruchlasten halten die Rekonstruktionen in vitro aus? *Quintessenz Zahntech* 2008;34:556-564.
32. Tholey MJ, Stephan M. Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen. *Quintessenz Zahntech* 2007;33:160-168.
33. Tinschert J, Natt G, Latzke P, Schulze K, Heussen N, Spiekermann H. Vollkeramische Brücken aus DC-Zirkon – ein klinisches Konzept mit Erfolg; *Dtsch Zahnärztl Z* 2005;60:435–445.
34. Ullmann K, Böning K. Klinische Bewährung von Adhäsivbrücken: Eine Nachuntersuchung über bis zu 12 Jahre. *Quintessenz* 2008;59:243-251.
35. Usumez A, Öztürk N. Temperature increase during resin cement polymerisation under a ceramic restoration: effect of type of curing unit. *Int J Prosthodont* 2004;17:200–204.
36. 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.
37. Williams VD, Thayer KE, Denehy GE, Boyer D. Cast metal, resin bonded prosthesis: a 10-year retrospective study. *J Prostet Dent* 1989;61:436–441.

ZT Aurica Zothner, ZT René Friedrich, Milija Mitrovic (CEO), ZM Präzisionsdentaltechnik
Breite Straße 16, 18055 Rostock
E-Mail: info@dcm-management.de

ZTM Christian Moss, MOSS Laboratorium für Zahn- und Implantat-Technik GmbH
Sachsenfeld 3–5, 20097 Hamburg

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

Dr. Ulrike Hoppe, Grindelhof 67, 20146 Hamburg

Dr. Tom O. Blöcker, Chrysander Straße 35, 21029 Hamburg-Bergedorf

Dr. Michael Hopp, Zahnarztpraxis am Kranoldplatz, Kranoldplatz 5, 12209 Berlin
E-Mail: mdr.hopp@t-online.de
und

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

Adressen der Verfasser