

## Einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken nach klinischer Belastung von bis zu vier Jahren: Eine retrospektive klinische und volumetrische Studie



Irena Sailer, Prof. Dr. med. dent.<sup>1</sup>

Christoph Hans Franz Hämmerle, Prof. Dr. med. dent.<sup>2</sup>

*In der hier vorgestellten Studie wird retrospektiv das Ergebnis von insgesamt 15 einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Beobachtungszeitraum von bis zu acht Jahren untersucht, die 15 Patienten (neun Frauen, sechs Männer) eingesetzt worden waren. Die Adhäsivbrücken ersetzten fünf obere zentrale Schneidezähne, sieben obere laterale Schneidezähne und drei untere laterale Schneidezähne. Diejenigen Patienten, die einer Studienteilnahme zustimmten, wurden wieder zur Kontrolle des Überlebens der Brücken einbestellt. Das technische Ergebnis wurde anhand der modifizierten Kriterien des United States Public Health Service ermittelt. Dokumentiert wurden Frakturen und/oder Chipping der Restauration, eine Abnutzung der Okklusalfäche, die Randpassung, die Randverfärbung, die Oberflächentextur und die ästhetische Integration. Zu den erfassten biologischen Parametern gehörten Vitalität, Sondierungstiefe, Gingivarezession, Plaque-Kontrolle, Blutung beim Sondieren und parodontale Mobilität. Die Daten wurden deskriptiv mit dem t-Test für gepaarte Stichproben ausgewertet ( $p < 0,05$ ). Die 15 Patienten mit 15 einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken wurden nach durchschnittlich 53,3 Monaten (Standardabweichung 23 Monate) erneut untersucht. Keine der Brücken war ein Misserfolg und die 4-Jahres-Überlebensrate betrug 100 %. In zwei Fällen kam es früh zu einem Debonding, das durch eine erneute Zementierung behoben wurde. Es gab in keinem Fall ein Chipping der Verblendkeramik. Die biologischen Ergebnisse unterschieden sich nicht zwischen den Test- und den Kontrollzähnen. Die klinischen Ergebnisse der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich waren ausgezeichnet und hatten einen positiven Effekt auf die Ästhetik im Ponticbereich. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 317–327.)*

In den letzten 40 Jahren haben sich einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken für den Ersatz fehlender Zähne als vorhersagbare Behandlungsalternative etabliert. Früher lösten sich diese Adhäsivbrücken oft, sodass sie nur als provisorische Versorgung verwendet wurden<sup>1</sup>. Heute sind die klinischen Ergebnisse einflügeliger Zirkonoxid-Adhäsivbrücken aufgrund einer deutlichen Verbesserung der Materialien und der klinischen Verfahren beeindruckend. Ein signifikanter Fortschritt war die Reduktion der Flügel von zwei auf einen, da sich die Brücken dadurch seltener ablösten<sup>2</sup>. Außerdem verbesserte sich das Ergebnis der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken mit der Einführung minimalinvasiver Präparationsverfahren, die eine bessere Retention und größere Adhäsionsflächen sicherten. Hinzu kam die Entwicklung neuer Adhäsivzemente, die eine verbesserte Verankerung von Brücken aus verschiedenen Materialien ermöglichten<sup>2</sup>.

Die interessanteste Veränderung war jedoch die Verwendung von Gerüsten aus Keramik anstelle von Metall, die sich erstaunlich positiv auf die klinischen Ergebnisse auswirkte<sup>3–5</sup>. Einflügelige Adhäsivbrücken aus Vollkeramik lösten sich im Frontzahnbereich nur selten und erreichten nach 10 Jahren eine Überlebensrate von über 94 %<sup>3</sup>. In dieser letztgenannten

<sup>1</sup> Vorsteherin der Klinik für festsitzende Prothetik und Okklusion, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Genf, Genf, Schweiz.

<sup>2</sup> Vorsteher, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

Korrespondenz an: Prof. Dr. Irena Sailer, Klinik für festsitzende Prothetik und Okklusion, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Genf, 19, Rue Barthélemy-Menn, 1205 Genf, Schweiz. Fax: +41 22 379 40 52. E-Mail: irena.sailer@unige.ch

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Studie bestanden die einflügeligen Adhäsivbrücken aus glasinfiltriertem Aluminiumoxid, das seit der Entwicklung des stabileren Zirkonoxids obsolet ist. Eine Studie mit einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken erbrachte sogar noch bessere Ergebnisse<sup>4</sup>.

Aufgrund dieser Fortschritte sind einflügelige Adhäsivbrücken aus Vollkeramik inzwischen in vielen Situationen für die definitive Versorgung geeignet. Der wichtigste Vorteil von adhäsiv befestigten Restaurationen ist ihre geringe Invasivität, weil für eine adhäsiv befestigte Teilprothese deutlich weniger Zahnschubstanz entfernt werden muss als für andere zahngetragene Restaurationen<sup>6,7</sup>. Ein weiterer wichtiger Vorteil von Adhäsivversorgungen – insbesondere im Vergleich zu Implantaten – ist die geringere Morbidität der Patienten aufgrund der klinischen Behandlung. Auch die Dauer und die Kosten der Behandlung sind bei Adhäsivversorgungen geringer als bei konventionellen Kronen und Brücken bzw. Implantaten<sup>8</sup>. Diese Vorteile werden von den Patienten mittlerweile als immer wichtiger eingestuft.

Wie bereits erwähnt, gilt der wichtigste Nachteil der einflügeligen Adhäsivbrücken – die häufige Ablösung – vor allem für die traditionellen Metallkeramik-Adhäsivbrücken<sup>1</sup>. Einflügelige Adhäsivbrücken aus Vollkeramik und insbesondere aus Zirkonoxid liefern in dieser Hinsicht sehr gute Ergebnisse<sup>4</sup>.

Um als Behandlungsalternative für den Ersatz fehlender Zähne im Frontzahnbereich (und eventuell auch im Seitenzahnbereich) vollständig akzeptiert zu werden, müssen die einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken ähnlich gute Ergebnisse zeigen wie implantatgetragene Kronen oder konventionelle zahngetragene Restaurationen<sup>9,10</sup>. Bislang gibt es jedoch kaum klinische Studien zu einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken.

Die vorliegende retrospektive klinische Studie beschäftigt sich daher mit der Überlebensrate sowie den technischen und biologischen Komplikationsraten von einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich nach einer mittleren klinischen Funktion von vier Jahren.

## Material und Methode

### *Patienten und Rekonstruktionen*

Die in diese Studie eingeschlossenen Patienten erhielten im oberen oder unteren Frontzahnbereich eine einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücke. Einschlusskriterien waren: Jugendliche mit altersbedingten Kontraindikationen für Implantate, Erwachsene mit medizinischen oder lokalen (z. B. zu schmale Zahnücke) Kontraindikationen für Implantate sowie der Wunsch nach einer minimalinvasiven Behandlung und einer zahngetragenen Vollkeramikrestauration.

Die Zahnücken mussten die folgenden Einschlusskriterien erfüllen: Einzelzahnücke im Frontzahnbereich (zentraler oder lateraler Schneidezahn), gesunde Nachbarzähne, für eine einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücke ausreichender horizontaler und vertikaler Interokklusarraum und keine Hinweise auf Bruxismus.

Insgesamt erhielten 15 Patienten (neun Frauen, sechs Männer) an der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde der Universität Zürich im Frontzahnbereich 15 einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken. Anschließend wurden sie in ein Standard-Recall-Programm mit regelmäßigen Kontrollen aufgenommen. Nach der Genehmigung der Studie wurden die Patienten über die Studienziele aufgeklärt und gaben schriftlich ihre Einwilligung.

Das Alter der Patienten reichte beim Eingliedern der Rekonstruktionen von 13,1 bis 75,1 Jahre (im Mittel 27,5 Jahre). Mit den Adhäsivbrücken wurden fünf obere zentrale Schneidezähne, sieben obere laterale Schneidezähne und drei untere laterale Schneidezähne ersetzt.

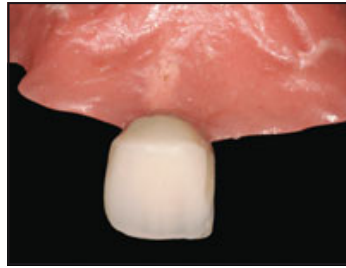
### *Restaurationsverfahren*

Bei allen Patienten erfolgte vor der restaurativen Therapie eine an die individuellen Bedürfnisse angepasste mundhygienische Behandlung. Die Behandlungsbereiche wurden klinisch und mithilfe von Studienmodellen evaluiert, um die Adhäsionsfläche für den Flügel zu ermitteln. Bei maximaler Interkuspitation mussten die folgenden horizontalen und vertikalen Dimensionen vorhanden sein: ein Overjet  $\geq 0,5$  mm, der ausreichend Platz für einen Flügel ließ; ein Überbiss  $< 1,0$  bis  $1,5$  mm, der ausreichend Platz für die adhäsive Befestigung bot; zentrische Okklusalkontakte im inzisalen Drittel, sodass Platz für den Flügel blieb; ein ausreichender vertikaler und bukkooraler Raum zur Aufnahme des Konnektors (minimale vertikale Dimension von 3 mm, minimale bukkoorale Dimension von 2 mm, also  $6 \text{ mm}^2$ ).

Außerdem wurde nach der Evaluation der okklusalen und funktionellen Beziehungen am Modell der geeignetste Pfeilerzahn ausgewählt. Berücksichtigt wurden dabei die Größe der palatinalen/lingualen Adhäsionsflächen sowie ihre Form, die idealerweise oval oder rund sein sollte, um ein Umgreifen des Flügels zu ermöglichen. So wurde beim Ersatz eines lateralen Schneidezahns der Eckzahn wegen seiner runden palatinalen/lingualen Oberfläche gegenüber dem zentralen Schneidezahn als Pfeilerzahn bevorzugt.



**Abb. 1a** Klinischer Befund nach Augmentati-  
on des Ponticbereichs mit Weichgewebe vor  
der Restaurationsphase.



**Abb. 1b** Herausnehmbarer Kunst-  
stoffzahn mit ergänztem fließfähi-  
gem Komposit zur Weichgewebe-  
konditionierung im Ponticbereich.



**Abb. 1c** Der erste Schritt der Weichgewebe-  
konditionierung beginnt im palatinalen Bereich  
der Brücke. Das Weichgewebe ist durch den  
Druck des modifizierten Brückenglieds abge-  
blasst.



**Abb. 1d** (links) Abschließender  
Schritt der Weichgewebekonditio-  
nierung. Zu erkennen ist die für die  
Konditionierung erforderliche Kom-  
positmenge.



**Abb. 1e** (rechts) Ponticbereich  
nach der Weichgewebekonditio-  
nierung.

Auch der Ponticbereich wurde klinisch untersucht und das horizontal und vertikal vorhandene Weichgewebeangebot ermittelt. Bei sieben der 15 Patienten lagen horizontale und/oder vertikale Alveolarkammdefekte vor, die vor der Restauration mit Bindegewebstransplantaten augmentiert wurden.

Alle Patienten erhielten ein herausnehmbares Provisorium, um das Weichgewebe im Ponticbereich zu konditionieren. Es sollte eine ovale Weichgewebeform geschaffen werden, damit das Emergenzprofil des Brückenglieds natürlich wirkte. Hierzu wurde schrittweise fließfähiges Komposit (Tetric Flow, Ivoclar Vivadent) auf den Basalbereich der provisorischen Brücke aufgetragen, um Druck auf die Weichgewebe auszuüben. Dieses Vorgehen wurde zwei- bis dreimal in Abständen von acht bis 10 Tagen wiederholt, bis die gewünschte Weichgewebekontur erreicht war (Abb. 1a bis e).

Der Pfeilerzahn wurde minimalinvasiv präpariert, um die Retention

und eine einfache Platzierung der Adhäsivbrücke bei der Zementierung sicherzustellen.

Bei der minimalinvasiven Präparation für einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich werden eine mesiale und eine distale vertikale Rille (Abschrägung um 6°) angelegt sowie ein kleiner zentrischer Stop im Bereich des palatinalen/lingualen Zingulums (Universal Prep Set, Intensiv) (Abb. 2a bis d).

Die Abformung des präparierten Kiefers erfolgte mit einem A-Silikon-Abformmaterial (President) und die des gegenüberliegenden Kiefers mit Alginat. Die Abformungen wurden mit Superhartgips (Fujirock) ausgegossen.

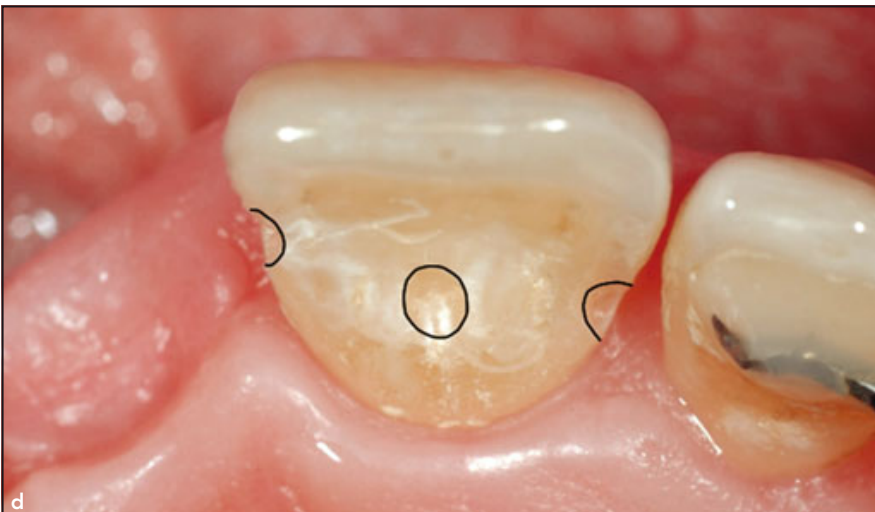
Die einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken wurden mit zwei CAD/CAM-Systemen (Cerec inLab, Sirona und Etkon/Cares, Straumann) angefertigt. Die Gipsmodelle wurden im Labor eingescannt und die Gerüste virtuell erstellt.

Das Zirkonoxidgerüst besaß folgende Abmessungen: Dicke des

Retainers 0,5 mm, Querschnitt des Konnektors 6 mm<sup>2</sup> (2 mm Breite und 3 mm Höhe) (Abb. 3a und b), wobei Form und Größe des Brückenglieds an das Emergenzprofil der Zahnlucke angepasst wurden.

Die Gerüste wurden aus Yttriumstabilisierten weißen Zirkonoxidblöcken (IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent und Cerion, Straumann) gefräst und bis zur vollen Dichte gesintert. Abhängig vom angewandten CAD/CAM-System geschah dies entweder im Labor (Cerec inLab) oder in einer zentralen Fertigungsstätte (Etkon/Cares, Straumann). Die Gerüste wurden klinisch auf Passung, Form und Farbe des Flügels, des Konnektors und des Brückenglieds überprüft. Dann wurde die anatomische Abstützung der Verblendkeramik durch das Gerüst untersucht. Schließlich wurden die Gerüste manuell mit Zirkonoxid verblendet (Initial, GC).

Die Brücken wurden unter Kofferdam adhäsiv befestigt, nachdem die Pfeilerzähne sorgfältig mit Bimsstein gesäubert worden waren. Anschlie-



**Abb. 2a bis c** Demarkierung der mesialen und distalen vertikalen Rinnen mit Trenn- und Veneerbohrern und zentrischer Stopp mit einem Diamantrundbohrer.

**Abb. 2d** Darstellung der Präparation des Pfeilerzahns mit mesialer und distaler vertikaler Rinne und zentrischem Stopp.

ßend wurde der palatinale/linguale Retentionsbereich der Pfeilerzähne für 1 min mit einer 37 % Phosphorsäure geätzt. Die Vorbehandlung erfolgte nach Herstellerangaben mit dem Primer (ED Primer) des Befestigungszements.

Die Zirkonoxidoberfläche wurde mit Alkohol gereinigt und gemäß der Herstellerempfehlungen Silan (Clearfil Porcelain Bond) aufgetragen. Schließlich wurde Befestigungszement (Panavia 21 TC) auf die Adhäsivbrücken aufgetragen und die Re-

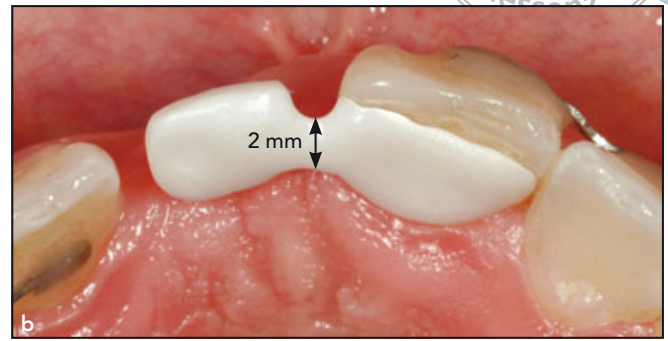
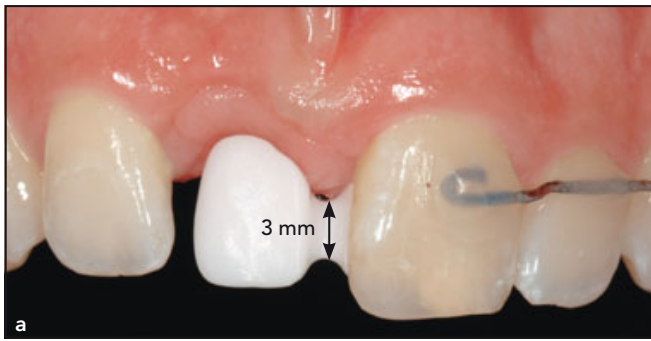
konstruktion auf den Zahn gesetzt. Die Ränder wurden zum Aushärten des Zements mit einem Glyzeringel (Oxyguard) bedeckt und die Brücke mit einem Finger angedrückt, bis der Zement ausgehärtet war (Abb. 4a und b).

Nach der Zementierung und dem Entfernen des überschüssigen Zements wurden Okklusion und Funktion sorgfältig überprüft. Wichtig waren gleichmäßig verteilte zentrische okklusale Kontakte und eine gleichmäßige funktionelle Belastung (La-

terotrusion, Protrusion) des Brückenglieds und der Nachbarzähne. Sofern erforderlich, wurden Anpassungen vorgenommen. Die geschliffenen Keramikflächen wurden sorgfältig poliert (Optrafine, Ivoclar). Nach dem Einsetzen der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken wurde kein Okklusionsschutz eingebracht.

Abschließend erfolgten Abformungen des behandelten Bereichs mit A-Silikon (President) zur Herstellung von Gipsmodellen (Fujirock), mit deren Hilfe das Weichgewebevolumen im





**Abb. 3a und b** Einprobe des Zirkonoxidgerüsts mit Überprüfung der Größe und der Form.

**Abb. 4a und b** Einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücke vor und nach dem Einsetzen.



Ponticbereich überwacht wurde (Replikate des Ausgangsstatus).

### Klinische Kontrollen

Bei der Kontrolluntersuchung wurde das Überleben der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken beurteilt (Brücke in situ mit/ohne Komplikationen). Außerdem wurden das technische und biologische Ergebnis der Behandlung ermittelt.

Das technische Ergebnis wurde anhand der modifizierten Kriterien der United States Public Health Services (USPHS) eingestuft<sup>11</sup>. Die angewandten Kriterien wurden bereits an anderer Stelle ausführlich besprochen<sup>12</sup> und werden hier nur kurz zusammengefasst. Die Adhäsivbrücken

wurden auf ihre Randpassung, die Integrität des Gerüsts und der Verblendkeramik, die anatomische Form und die Qualität der Okklusalfäche (Abnutzungserscheinungen) der Verblendkeramik untersucht. Das Ergebnis wurde als A (keine Probleme), B (kleine, aber klinisch nicht relevante Defekte), C (klinisch inakzeptable Defekte) und D (Ersatz der Adhäsivbrücke aufgrund des Defekts) eingestuft (Tabelle 1).

In das biologische Ergebnis flossen die Sondierungstiefe (PD), die Höhe des Gingivasaums (MG), die Plaque-Kontrolle (PCR), die Blutung beim Sondieren (BOP) und die parodontale Zahnmobilität (nach Flemming et al.)<sup>13</sup> der Testzähne (Pfeilerzahn) und der Kontrollzähne (entsprechender kontralateraler, nicht restaurierter Zahn) ein. Die Vitalität der Pulpa

wurde an den Test- und den Kontrollzähnen mit Kohlendioxid überprüft. Die Pfeilerzähne wurden geröntgt und fotografiert. Alle Kontrolluntersuchungen erfolgten durch denselben Arzt mit einem Operationsmikroskop x 3,6 (Zeiss)<sup>14</sup>.

Auch zu diesem Zeitpunkt wurde der Kiefer mit der Adhäsivbrücke in situ mit A-Silikonmaterial abgeformt und es wurden Gipsmodelle der behandelten Bereiche angefertigt.

### Volumetrie der Weichgewebeveränderungen

Die Gipsmodelle, die zu Beginn und bei der Kontrolle angefertigt worden waren, wurden mit einem CAD/CAM-Scanner (Imetric 3D) gescannt. Die an

**Tabelle 1** USPHS-Kriterien

USPHS	Alpha (A)	Bravo (B)	Charlie (C)	Delta (D)
Gerüstfraktur	Keine Gerüstfraktur			Gerüstfraktur
Fraktur der Verblendkeramik	Keine Fraktur	Chipping, das wegpoliert werden kann	Chipping bis zum Gerüst	Ersatz der Restauration erforderlich
Okklusale Abnutzung	Keine okklusale Abnutzung an der Restauration oder den gegenüberliegenden Zähnen	Okklusale Abnutzung an der Restauration oder den gegenüberliegenden Zähnen < 2 mm	Okklusale Abnutzung an der Restauration oder den gegenüberliegenden Zähnen > 2 mm	Ersatz der Restauration erforderlich
Randpassung	Kein Spalt mit der Sonde fühlbar	Leichter Widerstand an der Sonde, aber kein Spalt	Spalt mit Freilegung von Dentin oder Zement	Ersatz der Rekonstruktion erforderlich
Anatomische Form	Ideale anatomische Form, guter approximaler Kontakt	Leichte Über- oder Unterkonturierung, schwacher approximaler Kontakt	Starke Über- oder Unterkonturierung, offener approximaler Kontakt	Ersatz der Rekonstruktion erforderlich

jedem Zeitpunkt für den jeweiligen Patienten importierten Daten wurden als stereolithografische Dateien festgehalten und in eine weitere Software (Swissmeda/SMOP), die die volumetrischen Änderungen im Ponticbereich auswertet, importiert. Die an den beiden Zeitpunkten angefertigten Bilder wurden übereinandergelegt und in einem Koordinatensystem mit einem Best-fit-Algorithmus an den Zahnflächen ausgerichtet. Anschließend wurde die Volumenänderung im Ponticbereich ermittelt<sup>15-17</sup>.

Anschließend wurden die Volumenänderungen an einer festgelegten Region of Interest (ROI) zwischen den beiden Zeitpunkten berechnet. Die trapezförmige ROI lag auf der Labialseite des Brückenglieds und reichte von 1 mm unterhalb des Gingivasaums nach apikal bis zur Mukogingivallinie und nach lateral bis in den Interdentalbereich (Abb. 5). Aufgrund der individuell unterschiedlichen anatomischen Situation variierte

der gemessene Bereich zwischen den Patienten, war aber beim jeweiligen Patienten an beiden Messzeitpunkten gleich.

### Statistische Auswertung

Die Daten wurden deskriptiv ausgewertet. Die mittlere Nachbeobachtungsphase wurde mit Graphpad Prism (GraphPad Software) berechnet. Die 5-Jahres-Überlebensrate wurde ermittelt, indem die Anzahl der Adhäsivbrücken ohne Misserfolge durch die Gesamtzahl der Adhäsivbrücken geteilt wurde. Für die Berechnung der Komplikationsraten wurde die Anzahl der beobachteten Ereignisse (anhand der USPHS-Kriterien) durch die Gesamtzahl der untersuchten Adhäsivbrücken geteilt.

Auch die volumetrischen Daten wurden deskriptiv ausgewertet. Da die ROI bei allen Patienten unter-

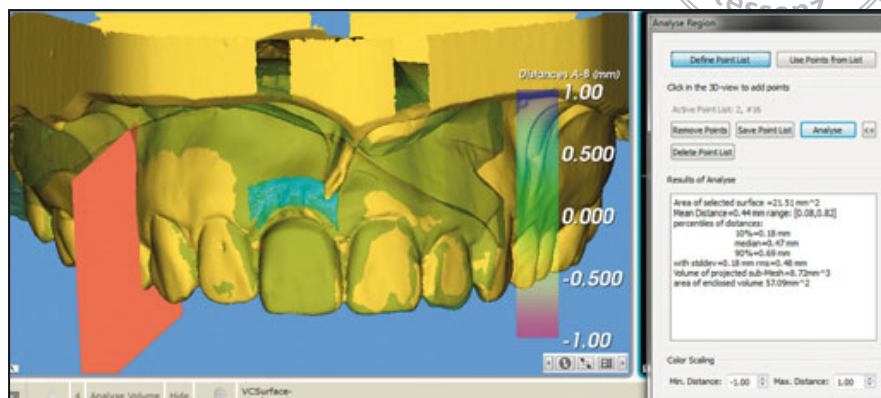
schiedlich groß war, wurde die mittlere Volumenänderung bei der Kontrolle gegenüber dem Ausgangswert berechnet. Dadurch ließen sich die Volumenänderungen der verschiedenen Bereiche unabhängig von ihrer Größe und der Größe des Messbereichs vergleichen. Anschließend wurden der Gesamtmittelwert und die Standardabweichung der volumetrischen Veränderungen bestimmt.

Der Vergleich von PD, MG, AL und BOP zwischen den Test- und den Kontrollzähnen erfolgte mit dem t-Test für gepaarte Stichproben. Die biologischen Daten wurden mittels SPSS Version 17.0 (IBM) ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt.

### Ergebnisse

Die 15 Patienten mit den 15 einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken wurden nach einer mittleren klini-

**Abb. 5** Überlagerung der STL-Daten auf unmittelbar nach dem Einsetzen (gelb) und bei der Kontrolle (grün) angefertigte Modelle. Metrische Analyse der Volumenänderung im behandelten Bereich (blau).



schen Belastungszeit von 49,4 Monaten (Bereich: 12,7 bis 92,2 Monate) untersucht. Dies entspricht einer funktionellen Belastung von im Mittel vier Jahren.

Keine der Brücken versagte aufgrund einer Fraktur und oder musste aufgrund technischer oder biologischer Komplikationen entfernt werden. Die Überlebensrate beträgt somit 100 %.

### Technische Ergebnisse

Zwei der Adhäsivbrücken lösten sich 1,3 bzw. 5,4 Monate nach der Zementierung. Sie wurden jeweils erneut zementiert und waren über die restliche Studienzeit von 39,6 Monaten bzw. 30 Monaten in Funktion. Zur Rezementierung wurde die Oberfläche des Pfeilerzahns auf die gleiche Weise wie bei der ersten Zementierung gereinigt und geätzt. Die Flügel

der Zirkonoxid-Adhäsivbrücken wurden sorgfältig sandgestrahlt (30 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2 bar, Abstand 10 cm) und silanisiert (Clearfil Porcelain Bond Activator) und die Brücken dann mit dem gleichen wie zuvor verwendeten Befestigungszement (Panavia 21 TC) auf die Pfeilerzähne gesetzt. Weitere Probleme traten nicht auf.

Insgesamt war das technische Ergebnis der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken ausgezeichnet. In keinem Fall gab es ein Chipping der Verblendkeramik. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die technische Evaluation (USPHS-Kriterien).

### Biologische Ergebnisse

Die biologischen Ergebnisse unterschieden sich nicht zwischen den Test- (Pfeiler) und den Kontrollzähnen (kontralateraler Zahn) und zeigten jeweils einen gesunden Status an. Die

Testzähne waren vital ohne eine postoperative Reduktion der Sensitivität. Bei fünf Testzähnen und einem Kontrollzahn nahm die Mobilität leicht zu (≥ 0,5 mm). Tabelle 3 liefert eine Übersicht über die biologischen Ergebnisse.

### Volumetrie der Brückenbereiche

Die volumetrischen Veränderungen im Ponticbereich wurden an den Studienmodellen von 13 Patienten ermittelt. Bei den anderen beiden Patienten ließen sich die zu Beginn und bei der Kontrolle angefertigten Modelle nicht deckungsgleich übereinanderlegen, vermutlich weil eine der beiden Abformungen verzerrt war.

Das Weichgewebenvolumen in den bei 13 Patienten untersuchten Ponticbereichen nahm im Mittel um 3,2 mm<sup>3</sup> (Bereich: 0,7 bis 8,7 mm<sup>3</sup>) zu (Abb. 6a bis d). In Tabelle 4 sind

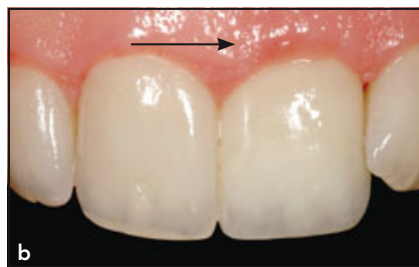
**Tabelle 2** USPHS-Klassifikation der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken bei der Kontrolluntersuchung

	USPHS			
	Alpha (A)	Bravo (B)	Charlie (C)	Delta (D)
Gerüstfraktur	100 % (n = 15)			
Fraktur der Verblendkeramik	100 % (n = 15)			
Okklusale Abnutzung	33,3 % (n = 12)	63,9 % (n = 23)	2,8 % (n = 1)	
Randpassung	100 % (n = 15)			
Anatomische Form	100 % (n = 15)			

**Tabelle 3** Übersicht der analysierten biologischen Parameter

	Einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken	
	Testzähne	Kontrollzähne
PD	2,3 ± 0,3	2,2 ± 0,2
MG	-0,1 ± 0,5	-0,1 ± 0,4
PCR	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,2
BOP	0,3 ± 0,3	0,4 ± 0,3

PD = Sondierungstiefe, MG = Höhe des Gingivasaums bezogen auf die SZG, PCR = Plaque-Kontrolle, BOP = Blutung beim Sondieren.



**Abb. 6a und b** Einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücke zu Beginn und bei der Kontrolle mit Änderung des Weichgewebeprofiles im Ponticbereich.

**Abb. 6c und d** Zweites Beispiel einer einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücke zu Beginn und bei der Kontrolle mit Änderung des Weichgewebeprofiles im Ponticbereich.

die volumetrischen Veränderungen zusammengefasst.

## Diskussion

In der vorliegenden retrospektiven Studie erreichten die einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich ausgezeichnete Überlebensraten und zeigten sehr niedrige Komplikationsraten. In keinem der

Fälle kam es zu einer Gerüstfraktur und – was noch interessanter ist – zum Chipping der Zirkonoxid-Verblendkeramik. Bereits kurz nach der Zementierung lösten sich zwei der Adhäsivbrücken, die aber erfolgreich rezementiert werden konnten.

Auch die biologische Integration der Adhäsivbrücken war ausgezeichnet. Der einzige zwischen den Test- und Kontrollzähnen abweichende biologische Parameter war eine

leichte Zahnbeweglichkeit bei einem Drittel der Pfeilerzähne, aber nur bei einem Kontrollzahn.

Am interessantesten ist jedoch, dass die volumetrische Messung einen positiven Effekt der Adhäsivbrücken auf Form und Volumen der Weichgewebe im Ponticbereich belegte. An allen Messpunkten im ästhetischen ROI, d. h. auf der Labialseite der Brücke, nahm das Weichgewebesvolumen im Laufe der Zeit zu.



Die positiven Ergebnisse von einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken in dieser Studie passen zu anderen Resultaten aus der Literatur, die sich mit einflügeligen Vollkeramik-Adhäsivbrücken beschäftigt. So erreichten einflügelige Adhäsivbrücken aus glasinfiltriertem Aluminiumoxid in einer vor Kurzem veröffentlichten Studie eine 10-Jahres-Überlebensrate von 94,4 %<sup>3</sup>. Eine weitere Studie an einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken ermittelte eine 3-Jahres-Überlebensrate von 100 %<sup>4</sup>. In der vorliegenden Studie lag die Überlebensrate auch nach einer Beobachtungszeit von bis zu acht Jahren bei 100 %.

Die aktuellen Ergebnisse von einflügeligen Adhäsivbrücken aus Vollkeramik sind weitaus besser als früher. Ein systematisches Review von Studien, die zwischen 1990 und 2006 veröffentlicht wurden und sich mit früheren Typen von einflügeligen Adhäsivbrücken befassten, ermittelte eine 5-Jahres-Überlebensrate von 87,7 %<sup>1</sup>. Mit einer Ausnahme<sup>18</sup> ging es in allen diesen Studien um einflügelige Metallkeramik-Adhäsivbrücken. Zu besseren Überlebensraten der Adhäsivbrücken tragen mehrere Faktoren bei, wie Fortschritte im Design oder bei den Materialien.

Der erste wichtige Fortschritt war der Übergang von mindestens zwei Pfeilerzähnen auf einen Pfeilerzahn mit Freidenddesign der Brücke. Bei Metallkeramik-Adhäsivbrücken mit mehreren Flügeln konnte sich oft einer unbemerkt lösen, sodass darunter eine Sekundärkaries entstand<sup>19</sup>. Vollkeramik-Adhäsivbrücken mit mehreren Flügeln frakturierten hingegen oft an einem der Flügel<sup>18</sup>. In der letztgenannten Studie waren die frakturierten Adhäsivbrücken aus Vollkeramik nach dem Entfernen des frakturierten Flügels als einflügelige Adhäsivbrücke über mehr als 10 Jahre erfolgreich<sup>3</sup>.

Neben dem geänderten Design dürfte sich die Wahl anderer Materi-

Initialen des Patienten	Volumetrische Messungen		
	Beobachtungszeitraum (Mon.)	Weichgewebugmentation	Volumenänderung gegenüber dem Ausgangswert (mm <sup>3</sup> )
BA	87,0	Ja	1,7
SM	49,4	Ja	7,9
SC	81,1	Nein	2,6
SA	76,4	Nein	1,3
DS-F S	51,2	Ja	8,7
SB S	92,2	Ja	1,3
DR-M M	30,0	Nein	2,4
KO	64,6	Nein	3,0
GT	43,4	Ja	1,1
BV	51,1	Ja	6,3
LT	47,1	Nein	1,2
ZF	39,6	Ja	3,6
LM	25,6	Nein	0,7
CS	12,7	Nein	na
FP	47,6	Nein	na

na = nicht angegeben.

alien bei der Anfertigung von einflügeligen Adhäsivbrücken positiv auf die Ergebnisse ausgewirkt haben. Inzwischen ist die adhäsive Befestigung von Keramiken ein zuverlässiges und im klinischen Alltag gut etabliertes Verfahren, während die Adhäsivzementierung von Metallen auch weiterhin schwierig ist. Der wichtigste Grund für den Misserfolg von einflügeligen Metallkeramik-Adhäsivbrücken war das Ablösen<sup>1</sup>, was bei ein-

flügeligen Keramik-Adhäsivbrücken selten war<sup>3</sup>. Bei Metallen sind mehrere technisch aufwendige Vorbereitungsschritte erforderlich, um eine chemische Bindung mit dem Zement zu erreichen. Allerdings ist auch die Adhäsivzementierung von hochfestem Zirkonoxid schwierig. Es kann nicht wie Glaskeramik geätzt werden, sondern nur mit einem bestimmten Phosphatmonomer, das Silane enthält, und muss mit Kunststoffzement

befestigt werden<sup>20</sup>. In der hier vorgestellten Studie lösten sich zwei einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken in der Frühphase. Sie wurden erfolgreich rezementiert und blieben ohne weitere Komplikationen für 30 bzw. 39,6 Monate erfolgreich in Funktion. Die gleiche Beobachtung wurde in einer anderen Studie mit einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken gemacht<sup>4</sup>.

Frakturen von einflügeligen Vollkeramik-Adhäsivbrücken sind selten. Es wurde nur eine Fraktur beschrieben, bei der die Adhäsivbrücke aus glasinfiltriertem Aluminiumoxid gefertigt worden war<sup>3</sup>. Weder in der vorliegenden noch in einer früheren Studie<sup>4</sup> wurden Frakturen von einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken beobachtet. Dies wird durch die sehr guten Ergebnisse von konventionellen Zirkonoxidkronen<sup>21–23</sup> und implantatgetragenen Rekonstruktionen<sup>24,25</sup>, bei denen keine oder nur sehr niedrige Frakturnraten auftraten, gestützt. Zirkonoxid besitzt die größte Bruchfestigkeit und Bruchzähigkeit aller derzeit verfügbaren Keramiken und kann mit sehr guten Ergebnissen bei verschiedenen Indikationen eingesetzt werden.

Eine aktuelle klinische Untersuchung zum Vergleich der Ergebnisse von 39 einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken und 39 Einzelimplantatkronen ermittelte ähnliche 5-Jahres-Überlebensraten und eine höhere Erfolgsrate der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken<sup>26</sup>. Sie zeigten seltener Komplikationen, sodass weniger erneute Eingriffe erforderlich waren<sup>26</sup>. Somit können einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken heute bei Einzelzahnlücken im Front- und möglicherweise auch Seitenzahnbereich<sup>5</sup> als valide Behandlungsalternative zu Einzelzahnimplantaten betrachtet werden. Dies gilt insbesondere bei jungen Patienten oder Patienten mit medizinischen Kontraindikationen gegen eine Implantation (z. B.

Immunsuppression, aktive Krebsbehandlung, Drogenabusus, psychische Krankheiten<sup>27</sup> oder unzureichendes Platzangebot für ein Implantat).

Eine sehr interessante Beobachtung in der vorliegenden Studie ist der positive Effekt der einflügeligen Zirkonoxid-Adhäsivbrücken auf die Weichgewebeästhetik. Im Laufe der Zeit verbesserte sich die Weichgewebeform im Ponticbereich und es kam erstaunlicherweise auch zur Zunahme des Weichgewebeangebots. Dadurch wurde das ästhetische Ergebnis verbessert und die Brücke wirkte im Lauf der Zeit immer natürlicher. Vermutlich wurde dieser positive Effekt durch eine Massagewirkung des Brückenglieds auf die Weichgewebe verursacht, wenn es belastet wurde. Diese Beobachtung sollte in weiteren Studien ausführlicher abgeklärt werden.

### Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie erreichten einflügelige Zirkonoxid-Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich nach einer mittleren Beobachtungszeit von vier Jahren ausgezeichnete Ergebnisse. Daher sollte dieses Behandlungsverfahren künftig als Alternative zum Zahnersatz durch Einzelimplantatkronen erwogen werden.

### Danksagungen und Interessenerklärung

Die Autoren danken Tiffany Graf für die Unterstützung bei der volumetrischen Analyse der behandelten Bereiche. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

### Literatur

1. Pjetursson BE, Tan WC, Tan K, Bragger 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.
2. el-Mowafy O, Rubo MH. Resin-bonded fixed partial dentures: A literature review with presentation of a novel approach. *Int J Prosthodont* 2000;13:460–467.
3. Kern M, Sasse M. Ten-year survival of anterior all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses. *J Adhes Dent* 2011;13:407–410.
4. Sasse M, Eschbach S, Kern M. Randomized clinical trial on single retainer all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures: Influence of the bonding system after up to 55 months. *J Dent* 2012;40:783–786.
5. Sailer I, Bonani T, Brodbeck U, Hammerle CH. Retrospective clinical study of single-retainer cantilever anterior and posterior glass-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses at a mean follow-up of 6 years. *Int J Prosthodont* 2013;26:443–450.
6. Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent* 2002;87:503–509.
7. Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for posterior teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:241–249.
8. Bragger U, Krenander P, Lang NP. Economic aspects of single-tooth replacement. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:335–341.
9. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl 6):2–21.
10. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007;18(suppl 3):86–96.

11. Bayne SC, Schmalz G. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clin Oral Investig* 2005;9:209–214.
12. Philipp A, Fischer J, Hammerle CH, Sailer I. Novel ceria-stabilized tetragonal zirconia/alumina nanocomposite as framework material for posterior fixed dental prostheses: Preliminary results of a prospective case series at 1 year of function. *Quintessence Int* 2010;41:313–319.
13. Flemming TF. *Parodontologie: Ein Kompendium*. Stuttgart: Georg Thieme, 1993.
14. Christensen GJ. Magnification in dentistry: Useful tool or another gimmick? *J Am Dent Assoc* 2003;134:1647–1650.
15. Schneider D, Grunder U, Ender A, Hammerle CH, Jung RE. Volume gain and stability of peri-implant tissue following bone and soft tissue augmentation: 1-year results from a prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:28–37.
16. Fickl S, Schneider D, Zuhr O, et al. Dimensional changes of the ridge contour after socket preservation and buccal overbuilding: An animal study. *J Clin Periodontol* 2009;36:442–448.
17. Thoma DS, Jung RE, Schneider D, et al. Soft tissue volume augmentation by the use of collagen-based matrices: A volumetric analysis. *J Clin Periodontol* 2010;37:659–666.
18. Kern M. Clinical long-term survival of two-retainer and single-retainer all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures. *Quintessence Int* 2005;36:141–147.
19. van Dalen A, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. The influence of surface treatment and luting cement on in vitro behavior of two-unit cantilever resin-bonded bridges. *Dent Mater* 2005;21:625–632.
20. Blatz MB. Adhesive cementation of high-strength ceramics. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:238–239.
21. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: A 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009;22:553–560.
22. Schley JS, Heussen N, Reich S, Fischer J, Haselhuhn K, Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: A systematic review of the literature. *Eur J Oral Sci* 2010;118:443–450.
23. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: A systematic review. *Int J Prosthodont* 2010;23:493–502.
24. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hammerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(suppl 4):4–31.
25. Zembic A, Bosch A, Jung RE, Hammerle CH, Sailer I. Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:384–390.
26. Lam WY, Botelho MG, McGrath CP. Longevity of implant crowns and 2-unit cantilevered resin-bonded bridges. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1369–1374.
27. Fleigel JD III, Salmon CA, Piper JM II. Treatment options for the replacement of missing mandibular incisors. *J Prosthodont* 2011;20:414–420.