

cercon
smart ceramics



Wissenschaftliche Untersuchungen (Vol. II)

Cercon smart ceramics –
das Zirkonoxid-
Vollkeramiksystem

Der aktuelle Stand der Cercon-Forschung auf einen Blick

Eine kurze Geschichte der Cercon-Entwicklung Der Werkstoff Zirkonoxid und seine zeitgemäße Bearbeitung	Seite 5
Marginale und innere Passung von CAM-gefrästen Zirkoniumoxid-Einzelkronengerüsten	Seite 6
Die Biegefestigkeit von gefärbtem und gealtertem Zirkonoxid	Seite 8
Eine In-vitro-Studie zum Randschluss von CAM-gefertigten Cercon-Kronen	Seite 10
Die In-vitro-Bruchfestigkeit metallkeramischer Seitenzahnbrücken und adhäsiv befestigter vollkeramischer Inlaybrücken	Seite 12
Untersuchungen zur Haftfestigkeit von Keramik auf Yttriumoxid-stabilisierten tetragonalen Zirkonoxidgerüsten	Seite 14
Bruchfestigkeit von aus Zirkonoxid gefertigten Brücken im Seitenzahnbereich	Seite 16
Die Auswirkungen des Schulterdesigns auf die Bruchlast von PTCercon-Kronen	Seite 18
Die Festigkeit und Zuverlässigkeit von viergliedrigen vollkeramischen Brücken im Seitenzahnbereich	Seite 20
Bruchfestigkeit von vollkeramischen Inlaybrücken im Seitenzahnbereich	Seite 22

Der Kunststoff-Haftverbund auf kontaminiertem Zirkonoxid nach unterschiedlichen Reinigungsmethoden	Seite 24
Prospektive klinische Langzeitstudie zur Bewährung drei- und viergliedriger Cercon-Seitenzahnbrücken	Seite 26
Die klinische Bewährung von Implantat-Abutments auf Zirkonoxid-Basis: 24-Monats-Ergebnisse	Seite 28
Die Bruchfestigkeit von Molarenkronen aus Zirkonoxid, aus lasergesinterten Legierungen und aus gegossenen Legierungen	Seite 30
Scherverbundfestigkeit des Zirkonoxid-Kunststoff-Interface	Seite 32
Klinische Bewährung von Zirkonoxid-Brücken mit einer presskeramischen Verblendung	Seite 34
Die Auswirkungen der thermozyklischen Belastung auf die Verbundfestigkeit von Befestigungszementen auf Zirkonoxid	Seite 36
Klinische Bewährung von vollkeramischen Extensionsbrücken: 2-Jahres-Ergebnisse	Seite 38
Bruchfestigkeit und Randpassung von vollkeramischen Brücken	Seite 40
Literaturverzeichnis	Seite 42

In den letzten Jahren hat sich Zirkonoxid als unverzichtbarer Bestandteil in der vollkeramischen Kronen- und Brückenprothetik etabliert. Möglich wurde dies durch die Entwicklung einer praxismgerechten Verarbeitung von Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkonoxid im Dentallabor. Auf der Basis der Entwicklungen und Erkenntnisse der Forscherteams der Eidgenössisch-Technischen Hochschule und der Zahnklinik Zürich entstand das CAM-System Cercon smart ceramics, ein Verfahren für die Verarbeitung von Zirkonoxid, das heute auf diesem Sektor sowohl technisch als auch zahlenmäßig weltweit führend ist. Nur fünf Jahre nach der Markteinführung sind bislang mehr als **1,5 Millionen Zirkonoxidrestaurationen mit Cercon smart ceramics** gefertigt worden.

Eine kontinuierliche enge Kooperation mit namhaften Wissenschaftlern und Universitäten gewährleistet die stetige Weiterentwicklung und Indikationsausweitung dieses innovativen Verfahrens, das bereits seit 1998 in klinischen Studien geprüft und kontrolliert wird. Nach einer mehr als 7-jährigen klinischen Beobachtungszeit hat sich Zirkonoxid hervorragend als Gerüstwerkstoff für Kronen und mehrgliedrige Brücken im Front- und Seitenzahnbereich bewährt.

Einsatzmöglichkeiten und neue Indikationen dieses Werkstoffes, z. B. für Extensionsbrücken, Inlaybrücken oder mehrspannige Brückenkonstruktionen, werden fortlaufend durch In-vitro-Prüfungen und klinische Studien untersucht. Derzeit werden mehr als 1.000 Restaurationen in mehr als 10 klinischen Studien beobachtet.

Aufgrund seiner langjährigen klinischen Bewährung gilt Cercon smart ceramics mittlerweile als Referenz für alternative vollkeramische Fertigungstechniken. Neue Impulse erhält die Zirkonoxid-Technologie zudem durch rasante Fortschritte auf den Gebieten der Hard- und Softwareentwicklung. So war es nahe liegend, das ursprüngliche CAM-System Cercon smart ceramics um die für eine computerunterstützte Gerüstmodellation erforderlichen Komponenten (Computer-Aided Design) zu ergänzen.

Damit bietet Cercon smart ceramics sowohl die Möglichkeit der Fertigung mit einer konventionellen Wachsmmodellation als auch die Möglichkeit des Einsatzes von CAD für die Gerüstgestaltung. Die neuen Komponenten wie das CAD-Modul Cercon art oder der Desktop-Scanner Cercon eye sind also die konsequente Fortführung dieser innovativen Technologie zum Einsatz vollkeramischer Werkstoffe in der Zahnmedizin.

Die nachfolgende Zusammenstellung liefert Ihnen einen aktuellen Überblick zu relevanten werkstoffkundlichen und klinischen Untersuchungsergebnissen mit Cercon smart ceramics. Sie soll Ihnen als Orientierung für die tägliche Arbeit in der Praxis oder im Labor dienen.

Eine kurze Geschichte der Cercon-Entwicklung

Der Werkstoff Zirkonoxid und seine zeitgemäße Bearbeitung

Zirkonoxid – genauer: Y-TZP („Yttria Stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystals“) – weist unter den bis heute verfügbaren Dentalkeramiken unbestritten die höchste Bruchfestigkeit und die beste Bruchzähigkeit auf. Der Werkstoff eignet sich selbst für weitspannige Versorgungen im Seitenzahnbereich.

Y-TZP ist zwar in der Humanmedizin schon lange als Material bei der Anfertigung für Hüftgelenke etabliert, doch mussten erst einige verfahrenstechnische Hürden überwunden werden, um die Hochleistungskeramik im zahnmedizinischen Bereich einsetzen zu können. Zunächst wurde versucht, Zirkonoxid im durchgesinterten Zustand zu verarbeiten. Dazu bedarf es jedoch eines hohen maschinellen Aufwandes und langer Bearbeitungszeiten, da das Material außerordentlich fest ist.

Ein Team um Professor Dr. Ludwig Gauckler an der ETH Zürich entwickelte ein Verfahren, mit dem Zirkonoxid im vorgesinterten Zustand verarbeitet werden kann. Daraus entstand in Kooperation mit der zahnmedizinischen Arbeitsgruppe um Professor Dr. Peter Schärer, Universität Zürich, das DCM-System („Direct Ceramic Machining“) für die Zahnheilkunde, das erstmals die wirtschaftliche Herstellung von Kronen- und Brückengerüsten im zahntechnischen Labor in Aussicht stellte.

Mit dem DCM-System wurden an der Zahnklinik der Universität Zürich bereits seit 1998 im Rahmen einer kontrollierten, prospektiven, klinischen Studie mehrgliedrige Brücken eingesetzt.

Es zeigte sich eine außerordentliche Bruchfestigkeit der Zirkonoxidgerüste. Allerdings wies die Studie auch darauf hin, dass das DCM-System noch Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Passgenauigkeit der Gerüste und bei der Verblendkeramik hatte.

Die Passgenauigkeit:

Durch die Degussa Dental GmbH (heute DeguDent GmbH), die die Rechte am DCM-Verfahren erworben hatte, wurde darauf aufbauend das System **Cercon smart ceramics** in enger Zusammenarbeit mit den beiden Züricher Arbeitsgruppen entwickelt.

Die Passgenauigkeit wurde durch eigene Entwicklungen der Hard- und Software für die kombinierte Scan- und Fräsmaschine (**Cercon brain**) entscheidend verbessert und eine neue Verblendkeramik (Cercon ceram S, **Cercon ceram kiss**) speziell für die Y-TZP Gerüste aus **Cercon base** zur Marktreife entwickelt.



Erste mit dem DCM-System für Patienten hergestellte Brücke.

Die Brücke befindet sich mittlerweile seit 8 Jahren im Mund des Patienten.

Marginale und innere Passung von CAM-gefrästen Zirkoniumoxid-Einzelkronengerüsten

Beuer F., Erdelt K. J., Spiegl K., Gernet W.
München, Deutschland (2004)

Ziel:

Die vorliegende In-vitro-Studie untersucht die marginale und interne Passung von Zirkonoxid-Kronengerüsten mit einem Präparationswinkel von $\alpha/2 = 6^\circ$ und vergleicht die Ergebnisse von zwei CAM-Software-Versionen. Ferner wurde der Unterschied zwischen nicht aufgepassten und aufgepassten Kronen untersucht. Die nicht aufgepassten Kronengerüste sollten die Präzision des CAM-Systems darstellen und aufzeigen, ob ein manuelles Aufpassen durch den Zahntechniker notwendig ist.

Material und Methode:

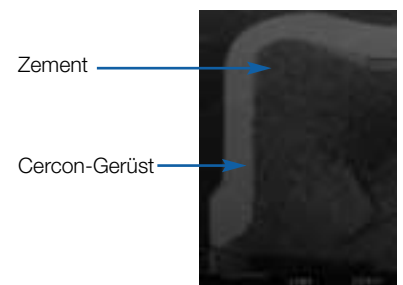
Die Kronengerüste wurden mit dem CAM-System Cercon (DeguDent, Hanau) auf 40 Meisterstümpfen mit einem Präparationswinkel von $\alpha/2 = 6^\circ$ gefertigt. 20 Kronen wurden mit der „alten“ Software (Software-Version bei der System Einführung im Jahr 2002) gefräst, 20 weitere Kronen wurden mit dem letzten Software-Update (2004) gefräst. Aus jeder der beiden Gruppen wurden 10 Kronen ausgewählt und durch einen Zahntechniker bis zur optimalen Passung manuell aufgepasst, wobei die dafür benötigte Zeit erfasst wurde. Alle 40 Kronen wurden anschließend mit einem Glasionomerzement auf dem zugehörigen Originalstumpf befestigt. Die befestigten Kronen wurden parallel zur Fräsrichtung geschnitten und mit einem Rasterelektronenmikroskop (Stereoscan 250 Cambridge, Leica, Wetzlar) untersucht.

Ergebnisse:

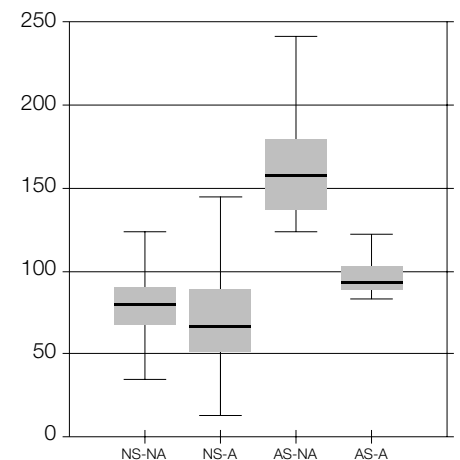
Die mittlere marginale Randspaltbreite für die mit der alten Software gefertigten und aufgepassten Kronen betrug $50,7 \mu\text{m}$, während die mit der neuesten Software gefertigten und aufgepassten Kronen eine mittlere Randspaltbreite von $40,3 \mu\text{m}$ aufwiesen. Es konnten signifikante Unterschiede in der erzielbaren Passgenauigkeit zwischen „alter“ und „neuer“ Software sowie zwischen aufgepassten und nicht aufgepassten Kronen festgestellt werden (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0,05$). Die mit der alten Software gefertigten Kronen zeigten eine große Streubreite in der Schichtstärke der Zementschicht zwischen 15 und $560 \mu\text{m}$ (aufgepasste Kronen) bzw. 5 und $1.380 \mu\text{m}$ (nicht aufgepasste Kronen).



Herstellung der
Schnitte parallel zur
Fräsrichtung



Interne Passung in μm



NS-NA neue Software, nicht aufgepasst
NS-A neue Software, aufgepasst
AS-NA alte Software, nicht aufgepasst
AS-A alte Software, aufgepasst

Die mit der neuen Software gefrästen aufgepassten Kronen zeigten demgegenüber einen dünnen gleichmäßigeren Zementspalt.

Schlussfolgerung:

Es kann geschlussfolgert werden, dass die neue Software die Sinterschrumpfung der Zirkonoxid-Blanks besser kompensiert. Die marginale und interne Passung wird signifikant verbessert. Ein Aufpassen der Gerüste durch den Zahntechniker ist jedoch weiterhin erforderlich.

Anmerkung:

Diese Untersuchung ist eine Fortführung einer bereits publizierten Studie zum Einfluss des Präparationswinkels auf die Passgenauigkeit, die im Folgenden nochmals als Zusammenfassung dargestellt ist:

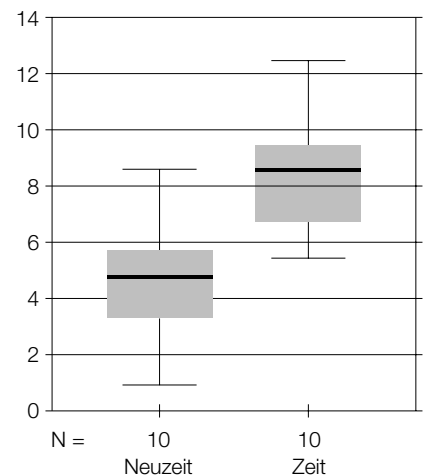
Marginale und innere Passung von CAM-gefrästen Zirkoniumoxid-Einzelkronengerüsten bei unterschiedlichen Präparationswinkeln

Beuer F., Fick K., Erdelt K.J., Gernet W., München (2003)

Zusammenfassung:

Die vorliegende In-vitro-Studie untersucht am vollkeramischen Zirkoniumoxid-Frässystem Cercon smart ceramics der Firma DeguDent, welche Präparationswinkel $\alpha/2$ die besten Messwerte für den marginalen Randspalt und die innere Passgenauigkeit erreichen. Auf insgesamt 60 Meistermodellen mit den unterschiedlichen Konvergenzwinkeln $\alpha/2$ von 2° , 4° und 6° wurden Kronengerüste hergestellt. 30 der Gerüste wurden vom Zahntechniker bis zur optimalen Passung aufgepasst, die anderen 30 Gerüste wurden un bearbeitet auf ihr Meistermodell zementiert und geschnitten. Die marginale und die innere Passung wurden rasterelektronenmikroskopisch gemessen. Die Mittelwerte für marginale Randspalten der aufgepassten Kronengerüste von $50,7 \mu\text{m}$, $56,0 \mu\text{m}$ und $72,7 \mu\text{m}$ der Konvergenzwinkel $\alpha/2$ von 6° , 4° und 2° liegen im klinisch tolerierbaren Bereich. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass das Cercon-System die Schrumpfung bei der Sinterung der Zirkoniumoxid-Grünlinge exakt berechnet und daraus für die aufgepassten Kronengerüste ein gleichmäßiger Zementspalt resultiert.

Nachbearbeitungszeit in min



Auswertung der benötigten Zeiten zum Anpassen der Kronen mit deutlicher Reduktion bei Einsatz der neuen Software (Neuzzeit)

Die Box beinhaltet 50% der Daten und ist unten durch das 25% Quantil und oben durch das 75% Quantil begrenzt. Der Median (50% der Messwerte befinden sich oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes) wird als Querbalken wiedergegeben.

Die Biegefestigkeit von gefärbtem und gealtertem Zirkonoxid

Beuer F., Erdelt K. J., Schweiger J., Eichberger M., Gernet W.
München, Deutschland (2004)

Vollkeramische Materialien werden aufgrund ihrer hohen Ästhetik und Biokompatibilität eingesetzt. Aufgrund seiner hohen mechanischen Festigkeit ist Zirkonoxid ein geeignetes Material zur Herstellung von Brücken im Seitenzahnbereich. Die meisten vollkeramischen Systeme bieten weiße opake Gerüste und beeinträchtigen damit die Ästhetik einer vollkeramischen Restauration. Beim LAVA-System (3M Espe, Seefeld) wird vorgesintertes Zirkonoxid bearbeitet. Die Gerüste werden vor dem Sinterprozess gefärbt, was zu einer Farbgebung führt, die dem natürlichen Dentin sehr ähnlich ist. Im Dentallabor wird diese Methode des Einfärbens auch für andere Systeme verwendet, mit denen vorgesintertes Zirkonoxid bearbeitet wird. Das System Cercon smart ceramics (DeguDent, Hanau) bietet vorgesinterte weiße sowie eingefärbte Zirkonoxid-Blöcke (Cercon base colored), mit denen die Ästhetik verbessert werden kann.



Ziel:

In dieser Studie wurde der Einfluss des Einfärbens auf die Biegefestigkeit von Zirkonoxid untersucht. Außerdem wurde der Alterungsprozess von eingefärbtem und weißem Zirkonoxid analysiert.

Methode:

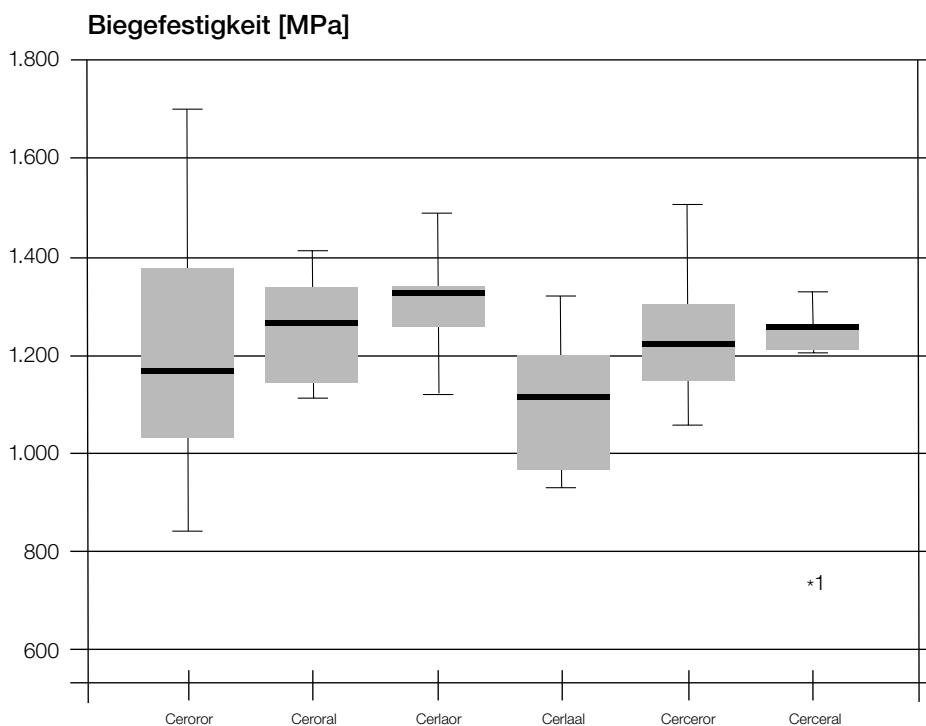
60 runde Probekörper aus vorgesintertem Zirkonoxid wurden wie folgt verteilt: 20 weiße Probekörper wurden gemäß den Herstellerrichtlinien präpariert, 20 Gerüste wurden mit der LAVA frameshade-Lösung eingefärbt, 20 industriell eingefärbte Probekörper (Cercon base colored). Aus jeder Versuchsgruppe wurden 10 Probekörper über einen fiktiven Zeitraum von 5 Jahren künstlich gealtert. Alle Probekörper erfüllten die Anforderungen des Standards EN ISO 6782. Dieser Versuchsaufbau ermöglicht die Berechnung der Biegefestigkeit aus der Bruchkraft.



Ergebnis:

Weißes Zirkonoxid zeigte mit einer durchschnittlichen Biegefestigkeit von 1.320 MPa das beste Verhalten vor der Alterung; mit einem Wert von 1.184 MPa zeigte das industriell eingefärbte Gerüstmaterial den besten Wert für gealtertes Zirkonoxid. Es ist bemerkenswert, dass das industriell eingefärbte Zirkonoxid nach der künstlichen Alterung kaum etwas von seiner Biegefestigkeit einbüßt. Auch das Weibull-Modul wird durch das industrielle Einfärben des Zirkonoxid-Gerüsts erhöht.

- Ceroror: Cercon base weiß, nicht gealtert
- Ceroral: Cercon base weiß, gealtert
- Cerlaor: Cercon base, im Labor manuell eingefärbt, nicht gealtert
- Cerlaal: Cercon base, im Labor manuell eingefärbt, gealtert
- Cerceror: Cercon base colored, nicht gealtert
- Cerceral: Cercon base colored, gealtert



Die Box beinhaltet 50 % der Daten und ist unten durch das 25 % Quantil und oben durch das 75 % Quantil begrenzt. Der Median (50 % der Messwerte befinden sich oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes) wird als Querbalken wiedergegeben.

Schlussfolgerung:

Industriell eingefärbte Zirkonoxid-Gerüste sollten verwendet werden, da ihre Zuverlässigkeit und die Biegefestigkeit nach der künstlichen Alterung signifikant besser sind als bei weißen Zirkonoxid-Gerüsten. Ihr günstigeres Verhalten kann auf die dichtere Gitterstruktur zurückgeführt werden, da die Metalloxide der Färbelösung zwischen den Zirkonoxid-Molekülen liegt.

Eine In-vitro-Studie zum Randschluss von CAM-gefertigten Cercon-Kronen

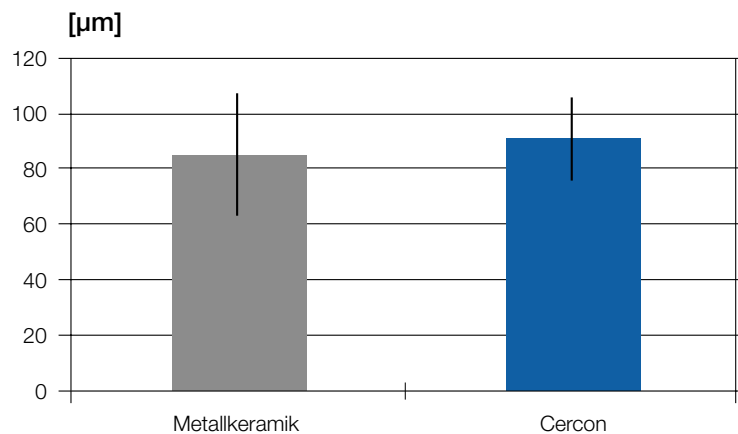
Chang J. Y., Yang J. H.
Seoul, South Korea (2004)

Ziel:

Mit dieser Studie soll der Randschluss von CAM-gefertigten Cercon-Einzelzahnkronen und metallkeramischen Einzelzahnkronen im Frontzahnbereich verglichen werden. Hierzu wurde eine ausreichende Zahl von Prüfkörpern an unterschiedlichen Punkten vermessen.

Methode:

In dieser In-vitro-Studie wurden die Messergebnisse der Randschlüsse von Cercon-Kronen und von metallkeramischen Kronen (Kontrollgruppe) evaluiert und verglichen. Die Kronen wurden auf einem extrahierten mittleren Schneidezahn des Oberkiefers mittels einer Fräsmaschine präpariert. Mit jedem System wurden 30 Prüfkörper hergestellt. Jede Krone wurde an 50 Punkten zufällig gewählten Messpunkten hinsichtlich ihres Randschlusses vermessen, die Ergebnisse wurden statistisch analysiert.



Passgenauigkeit der untersuchten Probekörper in µm

Ergebnis:

Die Medianwerte und die Standardabweichung des Randschlusses betragen $85 \pm 22 \mu\text{m}$ für die Kontrollgruppe und $91 \pm 15 \mu\text{m}$ bei den Cercon-Kronen.

Schlussfolgerung:

Die Cercon-Kronen zeigten einen leicht größeren Randspalt als die Prüfkörper der Kontrollgruppe, der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,05$).

Die In-vitro-Bruchfestigkeit metallkeramischer Seitenzahnbrücken und adhäsiv befestigter vollkeramischer Inlaybrücken

Kilicarslan M. A., Kedici P. S., Kücükmesmen H. C., Uludag B. C.
Ankara, Türkei (2004)

Problemstellung:

Vollkeramische Inlaybrücken sind konservative, minimal-invasive prothetische Restaurationen, dennoch ist ihre ausreichende Bruchfestigkeit nicht abschließend geklärt.

Ziel:

Das Ziel dieser Untersuchung war der Vergleich der Bruchfestigkeit von konventionellen metallkeramischen Brückenrestaurationen mit vollkeramischen Inlaybrücken.

Material und Methode:

32 adhäsiv befestigte Restaurationen (RBFPD = resin bonded fixed partial dentures) im Seitenzahnbereich wurden in vier Gruppen aufgeteilt ($n = 8$): (1) konventionelle metallkeramische Brücken (MC-FPD) als Kontrollgruppe, die aus einer Ni-Cr-Legierung (Wirrolloy, Bego, Bremen) hergestellt und mit einer Keramik (IPS d. SIGN, Ivoclar-Vivadent, Schaan/Liechtenstein) verblendet wurden; (2) adhäsiv befestigte metallkeramische Inlaybrücken aus derselben Materialkombination wie in der Kontrollgruppe verwendet (MC-RBFPD); (3) adhäsiv befestigte Inlaybrücken, die aus einer Lithium-Disilikat-Keramik hergestellt wurden (IPS Empress 2, Ivoclar-Vivadent, Schaan/Liechtenstein) (LD-RBFPD); (4) adhäsiv befestigte Zirkonoxid-basierte Inlaybrücken (Cercon, DeguDent), (Z-RBFPD). Für die Kontrollgruppe wurden konventionelle Brückenpräparationen mit einer zirkulären Schulter mit gerundeter Innenkante und einer Schnitttiefe von 1,3 mm hergestellt. Die Prüfkörper für die Inlaybrücken wurden mit einer okklusalen Kavität von 2 mm Tiefe, jedoch ohne Anschrägungen an den okklusalen und gingivalen Rändern präpariert. Anschließend wurden die Prüfkörper belastet und die maximale Bruchkraft (N) bis zum Versagen in einer Universalprüfmaschine mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 1 mm ermittelt (Kraftmessdose 250 kgf). Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Varianzanalyse (ANOVA) und Duncan-Test ($p < 0,01$).

Ergebnis:

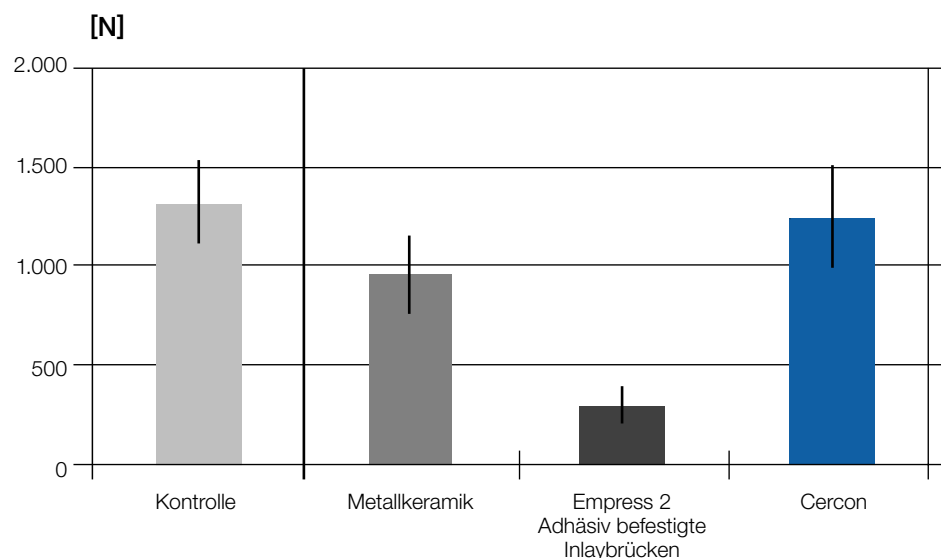
Die Bruchlasten (Mittelwert \pm SA) waren bei der Kontrollgruppe (1318,43 \pm 211,00 N) und den Zirkonoxid-Prüfkörpern (1247,70 \pm 262,51 N). Beide Gruppen zeigten im Vergleich zu den metallkeramischen Inlaybrücken und den Lithium-Disilikat-Restaurationen signifikant höhere Bruchfestigkeitswerte ($p < 0,01$). Die nächsthöheren mittleren Bruchfestigkeitswerte wurden für die metallkeramischen Inlaybrücken ermittelt (MC-RBFPD = 958,01 \pm 194,29 N). Die Inlaybrücken aus der Lithium-Silikat-Keramik zeigten signifikant geringere mittlere Bruchlastwerte im Vergleich zu den anderen getesteten Materialien ($p < 0,01$).

Schlussfolgerung:

Zirkonoxidbasierte vollkeramische Inlaybrücken zeigten die höchsten mittleren Bruchfestigkeiten von allen getesteten Inlaybrücken.

Klinische Bedeutung:

Die Ergebnisse dieser In-vitro Studie deuten darauf hin, dass bei der Auswahl eines adäquaten Restaurationswerkstoffes mit adhäsiv befestigten Inlaybrücken eine zahnschonende prothetische Versorgungsform zur Verfügung steht. Im Vergleich zu metallkeramischen und vollkeramischen Inlaybrücken, die aus einer Lithium-Disilikat-Keramik hergestellt wurden, zeigten Inlaybrücken auf Zirkonoxidbasis die höchsten mittleren Bruchfestigkeiten.



Bruchfestigkeitswerte der drei Varianten adhäsiv befestigter Inlaybrücken im Vergleich zu einer konventionellen metallkeramischen Restauration (Kontrolle)

Untersuchungen zur Haftfestigkeit von Keramik auf Yttriumoxid-stabilisierten tetragonalen Zirkonoxidgerüsten

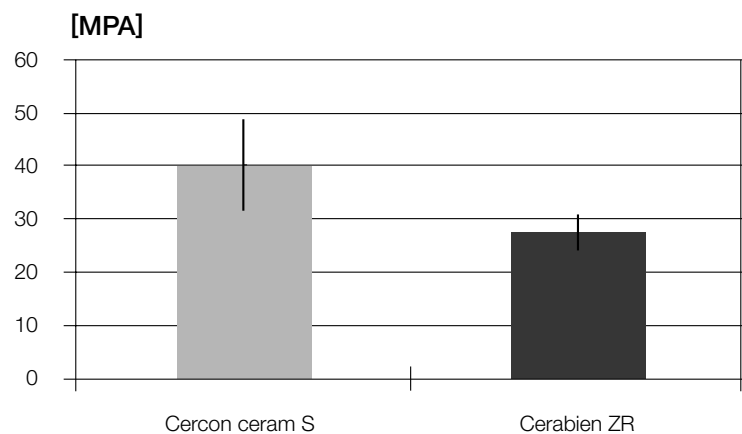
Nishimura M., Miura H., Suzuki M., Morikawa O., Yoshida K., Matsumura M.
Tokio, Japan (2004)

Ziel:

Mit dieser In-vitro-Studie sollte die Haftfestigkeit von zwei keramischen Materialien untersucht werden, die auf Yttriumoxid-stabilisierten tetragonalen Zirkonoxidgerüsten (Y-TZP) befestigt waren.

Methode:

24 Y-TZP-Gerüste (25 x 3 x 0,5 mm) wurden mit einem CAM-System (Cercon smart ceramics, DeguDent) hergestellt und in vier Gruppen aufgeteilt. Bei zwei Gruppen wurden die Oberflächen der Prüfkörper mit SiC-Papier (Körnung 600) poliert. Die Oberflächen der Gerüste wurden mit Al_2O_3 -Partikeln (100 μm) korundgestrahlt. Zwei speziell für Restaurationen aus Zirkonoxid hergestellte Keramikmassen (Cercon ceram S, DeguDent und Cerabien ZR, Noritake) wurden aufgetragen und gemäß DIN 13 927 bis zu einer endgültigen Dicke von 1,5 mm inklusive des Gerüsts aufgebrannt. Die Prüfkörper wurden einem 3-Punkt-Biegetest mit einer Universalprüfmaschine (1123 Instron) unterzogen. Die Daten (Median \pm SD, MPa) wurden mit univarianter ANOVA und dem Tukey-HSD-Test ($p < 0,05$) ausgewertet.



Verbundfestigkeit im 3-Punkt-Biegetest (Schickerath-Test) für die beiden untersuchten Zirkonoxid Verblendkeramiken

Ergebnis:

Die Werte für die Oberflächenrauigkeit der Y-TZP-Gerüste mit und ohne Politur mit SiC-Papier betragen $Ra\ 2,82 \pm 0,57\ \mu m$ bzw. $Ra\ 0,720 \pm 0,142\ \mu m$. Die Haftfestigkeit von Cercon ceram S und Cerabien ZR auf den Y-TZP-Gerüsten (ohne Politur) betrug $40,1 \pm 8,7\ MPa$ bzw. $27,5 \pm 3,5\ MPa$. Die Haftfestigkeit von Cercon ceram S und Cerabien ZR auf den Y-TZP-Gerüsten (Politur mit SiC-Papier, Körnung 600) betrug $45,2 \pm 8,7\ MPa$ bzw. $30,6 \pm 3,6\ MPa$. Die Unterschiede zwischen Cercon ceram S und Cerabien ZR waren statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Schlussfolgerung:

Die Ergebnisse zeigen, dass die Keramikmassen Cercon ceram S und Cerabien ZR für den Einsatz auf Y-TZP geeignet sind.

Bruchfestigkeit von aus Zirkonoxid gefertigten Brücken im Seitenzahnbereich

Rosentritt M., Behr M., Kolbeck C., Handel G.
Regensburg, Deutschland (2004)

Ziel:

Das Ziel dieser In-vitro-Studie war die Bestimmung der Bruchfestigkeit zahnfarbener Brücken aus Zirkonoxid, die mit unterschiedlichen Zementen befestigt wurden.

Material und Methode:

96 menschliche Molaren wurden in PMMA-Kunststoff eingebettet, um eine dreigliedrige klinische Situation zu simulieren. Die Zahnwurzeln wurden mit einer ca. 1 mm dicken Polyäther-Schicht bedeckt, die das Parodontium simulierte. 2 x 8 Brücken aus jeder Serie wurden aus Zirkonoxid hergestellt und sowohl mit einem adhäsiven Bondingsystem befestigt (Syntac classic/ Variolink2; Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein) als auch mit der von den Herstellern empfohlenen konventionellen Befestigung zementiert: A) Digizon/GC Initial (Fuji Plus, Girbach, Deutschland); B) Lava/Lava Ceram (Ketac Cem, 3M Espe, Deutschland) und Cercon/Cercon ceram S (Harvard, DeguDent, Deutschland). Nach thermischer Wechsellast und mechanischer Belastung (TCML; 6000 thermische Zyklen [5 °C/55 °C] und 1,2 x 10⁶ simulierten Kauzyklen [50 N]) wurde die Bruchfestigkeit (UTM 1446; Zwick; v = 1 mm/min) von 8 Brücken aus jeder Serie ermittelt. Die statistische Analyse wurde mit dem Mann-Whitney U-Test vorgenommen ($p = 0,05$).

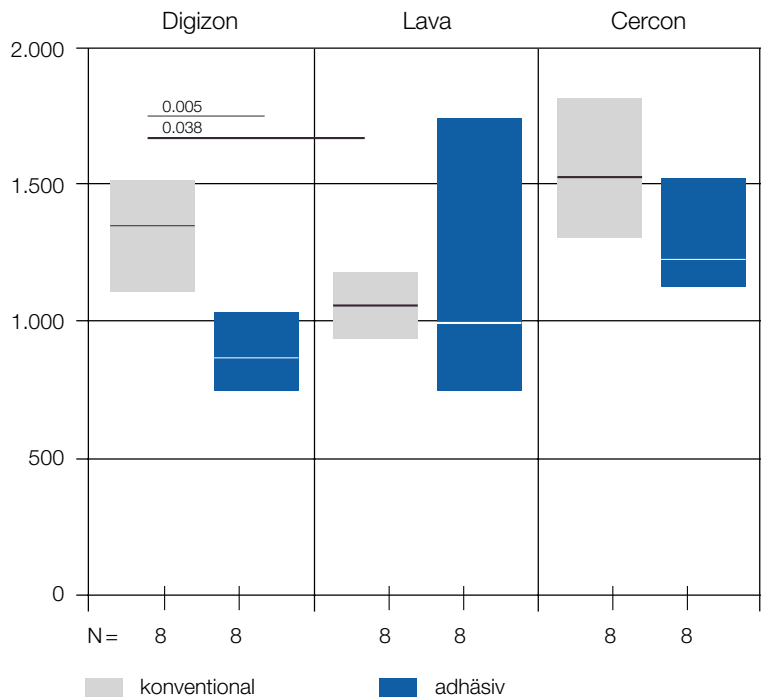


Ergebnisse:

Zement	Digizon		Lava		Cercon	
	Variolink	Fuji Plus	Variolink	Ketac Cem	Variolink	Harvard
Median	843	1.332	992	1.062	1.227	1.525
25% Percentil	738	1.131	815	941	1.115	1.323
75% Percentil	945	1.474	1.596	1.146	1.467	1.802

Schlussfolgerung:

Bei den konventionell zementierten Zirkonoxid-Brücken konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Alle Brücken zeigten bei adhäsiver Befestigung geringere Bruchkräfte, doch nur bei Digizon waren die Ergebnisse statistisch signifikant. Die Bruchkräfte aller Zirkonoxid-Brücken waren in einem Bereich, der eine klinische Anwendung im Seitenzahnbereich Erfolg versprechend erscheinen lässt.



Box-Plot-Darstellung der Bruchfestigkeitswerte für die drei untersuchten Zirkonoxid-Systeme

Die Box beinhaltet 50 % der Daten und ist unten durch das 25 % Perzentil und oben durch das 75 % Perzentil begrenzt. Der Median (50 % der Messwerte befinden sich oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes) wird als Querbalken wiedergegeben.

Die Auswirkungen des Schulterdesigns auf die Bruchlast von PTCercon-Kronen

van der Zel J. M., Grinwis T., de Kler M., Tsadok Hay T.
Hoorn, Niederlande (2004)

Ziel:

Diese Untersuchung dient der Evaluation der Auswirkungen des Schulterdesigns auf die Bruchlast von Press-to-Cercon-Kronen (PTC-Kronen).

Methode:

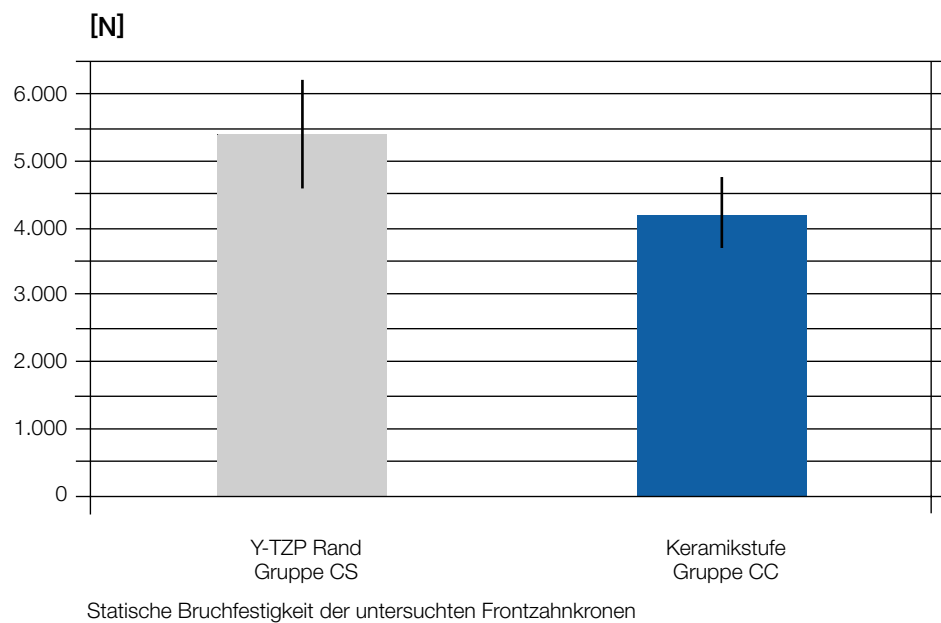
Es wurden zwei Versuchsgruppen untersucht: überpresste Kronen mit einer zirkonoxidfreien PTC-Schulter (CS) und überpresste Kronen, bei denen das Zirkonoxid bis zum Kronenrand ausgedehnt ist (CC). Die zirkonoxidfreie Schulter reichte bis 0,8 mm über den Rand der Gerüste. Pro Versuchsgruppe wurden acht Gerüste aus Zirkonoxid für obere mittlere Schneidezähne mit dem CAM-System Cercon (DeguDent, Hanau) mit einer Standardgerüststärke von 0,6 mm hergestellt. Nach dem Fräsen wurden die Gerüste bei einer Temperatur von 1.350 °C auf ihre endgültige Dichte gesintert. Nach dem Sinterprozess wurden die Gerüste zu einer Standardkontur aufgewachst, angestiftet und in Carrara UniversalDustless Investment (Elephant, Hoorn/Niederlande) eingebettet. Die PTC-Keramik wurde bei 940 °C auf die Zirkonoxidgerüste gepresst. Nach dem Ausbetten und der Abtrennung der Gusskanäle wurden die Kronen mit zwei Schichten Cercon ceram S (DeguDent, Hanau) verblendet. Die Kronen wurden mit Zinkphosphatzement auf einem CoCr-Stumpfmodell zementiert und während des Aushärtens des Zements konstant mit 5 kg belastet. Die zum Versagen führende Belastung wurde bei vertikaler Krafteinleitung in einer Universalprüfmaschine bei einer Vorschubgeschwindigkeit 0,5 mm/min gemessen. Die Kronen wurden rasterelektronenmikroskopisch auf Frakturen in der Oberfläche untersucht.

Ergebnisse:

Die zum Versagen führenden Belastungen [N ± (SA)]:
Gruppe CS: 4.228 ± 515 N und Gruppe CC: 5.408 ± 806 N.

Schlussfolgerung:

Im Vergleich zu vollständig unterstützten PTC-Kronen wurde bei der Gruppe mit der zirkonoxidfreien Schulter eine signifikante Abnahme der Bruchfestigkeit um 22 % beobachtet ($p < 0,05$). Die Analyse der Oberflächenfrakturen ergab, dass sich die versagensbestimmende Rissinitiationsstelle typischerweise auf der Innenseite der Krone am Keramik-Zirkonoxid-Interface befand.



Die Festigkeit und Zuverlässigkeit von viergliedrigen vollkeramischen Brücken im Seitenzahnbereich

Lüthy H., Filser F., Loeffel O., Schumacher M., Gauckler L. J., Hammerle C.H.F.
Zürich, Schweiz (2005)

Ziel:

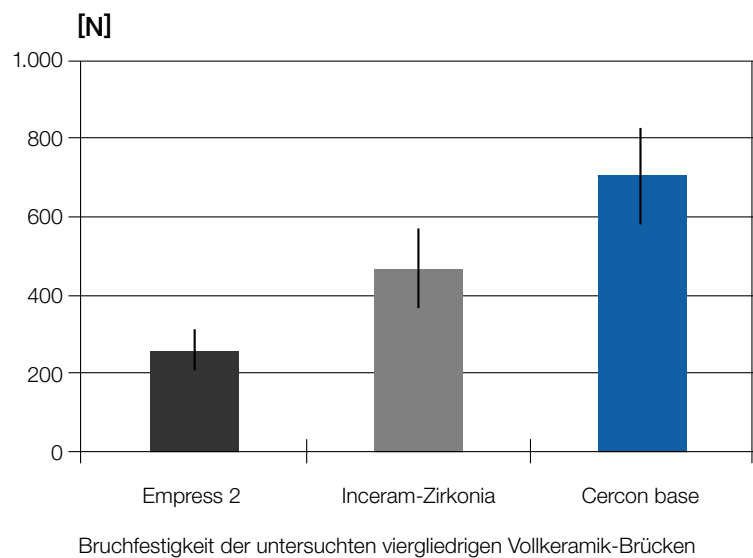
Mit dieser Studie sollte die In-vitro-Belastbarkeit von viergliedrigen Brückengerüsten im Seitenzahnbereich geprüft werden. Die Gerüste bestanden aus den Materialien Glaskeramik mit Lithium-Disilikat-Kristallen (E2), zirkonoxidverstärktem glasinfiltriertem Aluminiumoxid (ICZ) und mit 3mol% Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkonoxid (CEZ).

Methode:

Alle Gerüste imitierten eine viergliedrige Brücke im Seitenzahnbereich mit $7,3 \text{ mm}^2$ interdentalen Verbinder-Querschnitt und besaßen exakt dieselben Maße. Für 15 Probekörper jedes Materials wurde die Belastbarkeit mit einem speziellen Versuchsaufbau für Brücken ermittelt. Die Daten wurden mit der Weibull-Analyse statistisch ausgewertet, die charakteristische Belastbarkeit F_0 wurde mit einer Versagenswahrscheinlichkeit von 63% angegeben, der Weibull-Modus m galt als Indikator für die Zuverlässigkeit und die Reproduzierbarkeit der Untersuchung.

Ergebnis:

Die durchschnittliche Belastbarkeit und die Standardabweichung betragen bei den E2-Gerüsten 260 ± 53 N, die charakteristische Belastbarkeit F_0 lag bei 282 N und die Zuverlässigkeit bei $m = 5,7$. Für die ICZ-Gerüste betrug die durchschnittliche Belastbarkeit 470 ± 101 N, F_0 518 N und $m = 4,5$. Die CEZ-Prüfkörper zeigten mit 706 ± 123 N die höchsten Werte bei der durchschnittlichen Belastbarkeit, die höchste charakteristische Belastbarkeit, die höchste Zuverlässigkeit mit $F_0 = 755$ N und die höchste Zuverlässigkeit $m = 7,0$.



Signifikanz:

Wie an den hohen Werten für die durchschnittliche Belastbarkeit, Zuverlässigkeit und charakteristische Belastbarkeit zu erkennen ist, zeigten die CEZ-Gerüste im Vergleich zu den anderen untersuchten keramischen Materialien die besten mechanischen Eigenschaften. Dennoch ist für viergliedrige CEZ-Gerüste im Seitenzahnbereich eine Konnektorengröße von $7,3 \text{ mm}^2$ nicht ausreichend, um den in der Literatur beschriebenen Okklusalkräften standzuhalten. Für viergliedrige Gerüste für eine Versorgung im Seitenzahnbereich ist eine Konnektorengröße von mehr als $7,3 \text{ mm}^2$ erforderlich.

Bruchfestigkeit von vollkeramischen Inlaybrücken im Seitenzahnbereich

Ludwig K., Uphaus A., Kern M.
Kiel, Deutschland (2005)

Ziel:

Ziel der Studie war ein Vergleich der statischen Bruchfestigkeit und des Bruchverhaltens nach dynamischer Wechsellast bei 3-gliedrigen Inlaybrücken im Seitenzahnbereich, die mit einem CAM-Verfahren (Cercon, DeguDent, Hanau) und einer Lithium-Disilikat-Glaskeramik (VP2563, Ivoclar, Schaan) gefertigt wurden.

Methode:

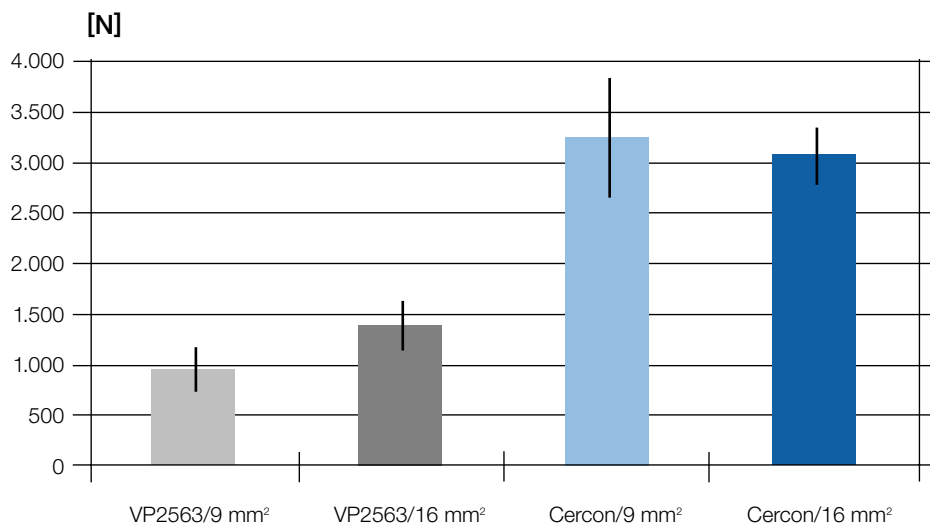
Seitenzähne (25, 27) wurden mit mesio-okklusalen und okklusal-distalen Kavitäten präpariert, wobei für die späteren Konstruktionen Konnektorenflächen von 9 mm^2 bzw. 16 mm^2 angestrebt wurden. Die Präparationen wurden dann in einer Kobalt-Chrom-Legierung gegossen. Insgesamt wurden 64 Modelle mit resilient gelagerten Metallstümpfen gefertigt. Für jede der beiden Keramiken wurden jeweils 16 Brückenkonstruktionen mit Konnektorenflächen von 9 mm^2 und 16 Brückenkonstruktionen mit einer Konnektorenfläche von 16 mm^2 gefertigt. Alle Konstruktionen wurden mit einem Kompositzement (Multilink, Ivoclar, Schaan) befestigt. Die statische Bruchfestigkeit wurde bei jeweils 6 Brücken pro Gruppe mit einer Universalprüfmaschine (Zwick-Roell, Neu-Ulm) geprüft, wobei die Belastung jeweils im Zentrum des Brückengliedes erfolgte. Für die Prüfung des Ermüdungsverhaltens wurden jeweils 4 Brücken mit einer zyklischen Auflast von 250 N in einem Kausimulator (Willitec, München) getestet. Bei weiteren 6 Prüfkörpern pro Versuchsgruppe erfolgte die Prüfung im Kausimulator mit einer zyklischen Auflast von 600 N.

Ergebnisse:

Die mittlere statische Bruchfestigkeit der beiden getesteten Keramiken zeigte statistisch signifikante Unterschiede (Cercon bei 9 mm² = 3244 ± 565 N; Cercon bei 16 mm² = 3065 ± 260 N und VP2563 bei 9 mm² 947 ± 196N; VP2563 bei 16 mm² = 1385 ± 216N), (ANOVA, p < 0,05). Ebenso zeigten sich signifikante Unterschiede für die Anzahl der Lastwechsel bis zum Auftreten einer Fraktur bei einer zyklischen Auflast von 600 N. Bei einer Auflast von 250 N kam es während der gesamten Prüfdauer mit 1.200.000 Lastwechseln bei den Cercon-Prüfkörpern zu keiner Fraktur. Demgegenüber frakturierten die Prüfkörper aus VP2563 mit einer Konnektorenfläche von 9 mm² und einer zyklischen Auflast von 250 N durchschnittlich nach 986.000 Lastwechseln, bei einer Konnektorenfläche von 16 mm² trat das Versagen nach durchschnittlich 1.150.000 Zyklen auf.

Schlussfolgerung:

Unter Berücksichtigung der maximal zu erwartenden Kaukräfte erscheint es möglich, Cercon für die Herstellung von dreigliedrigen Inlaybrücken im Seitenzahnbereich zu verwenden. Bei Verwendung von VP2563 sollte die Konnektorenfläche mindestens 16 mm² betragen.



Bruchfestigkeit der adhäsiv befestigten Inlaybrücken aus zwei Materialien bei unterschiedlichen Größen der Konnektoren

Der Kunststoff-Haftverbund auf kontaminiertem Zirkonoxid nach unterschiedlichen Reinigungsmethoden

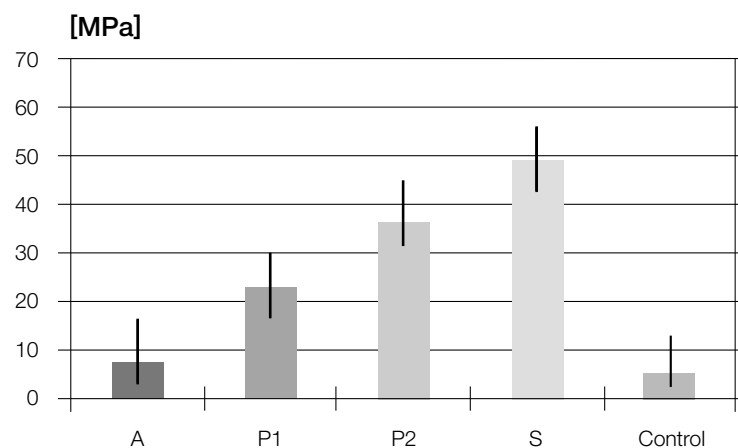
Quaas A. C., Yang B., Kern M.
Freiburg und Kiel, Deutschland (2005)

Ziel:

Das Ziel dieser Laborstudie war die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Reinigungsmethoden nach der Kontamination mit Speichel und nach der Verwendung eines Silikon-Markierungsmittels auf die Verbundstärke von Kunststoff auf Zirkonoxid.

Methode:

Mit einem Kompositkunststoff (Clearfil FII, Kuraray, Japan) gefüllte Plexiglas-Röhren wurden mit dem Kompositkunststoff Panavia F2.0 (Kuraray, Japan), der Phosphatmonomere enthält, auf korundgestrahlten Keramikscheiben aus Zirkonoxid (Cercon, DeguDent) befestigt. Die keramische Bonding-Oberfläche wurde nach einer Kontamination mit Speichel und einem Silikon-Markierungsmittel (Fit-Checker, GC, Japan) mit vier unterschiedlichen Methoden gereinigt: (A) Reinigung in 96 % Isopropanol für 15 Sekunden, (P1) Reinigung mit 37 % Phosphorsäure für 1x 60 Sekunden oder (P2) für 2x 30 Sekunden oder (S) Korundstrahlen mit 50 μm Al_2O_3 mit einem Druck von 2,5 bar für 15 Sekunden. Die Prüfkörper der Kontrollgruppe (C) wurden nach dem Aufbringen des Silikonmarkierungsmittels nicht gereinigt.



Kunststoff-Haftverbund auf kontaminiertem Zirkonoxid nach unterschiedlichen Reinigungsprozessen:

- A: Reinigung mit 96 % Isopropanol für 15 s
- P1: Reinigung mit 37 % Phosphorsäure für 1x 60 s
- P2: Reinigung mit 37 % Phosphorsäure für 2x 30 s
- S: Korundstrahlen mit 50 μm Al_2O_3 (2,5 bar, 15 s)
- Control: Keine Reinigung

In jeder Gruppe wurden 8 Prüfkörper in einer linearen Versuchsanordnung mit Panavia F2.0 befestigt. Die Versuchsgruppen wurden über einen Zeitraum von 3 Tagen bei einer Temperatur von 37 °C in Leitungswasser gelagert. Anschließend wurde die Zugfestigkeit in einer Universalprüfmaschine (Zwick Z010/TN2A, Ulm) bei 2 mm/min in einem Versuchsaufbau geprüft, der eine störungsfreie axiale Krafteinbringung ermöglichte.

Ergebnis:

Die mittlere Zugkraft in MPa betrug (A) $8,2 \pm 5,5$; (P1) $23,6 \pm 6,4$; (P2) $37,2 \pm 4,8$; (S) $49,9 \pm 7,4$; (C) $6,6 \pm 5,7$. Der Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,001$) ergab statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Das Korundstrahlen der keramischen Oberfläche führte zu einer signifikant höheren mittleren Zugfestigkeit als die anderen Reinigungsmethoden. Vergleich man die mit Isopropanol gereinigten Probekörper mit denen der Kontrollgruppe (C), so war ihre Zugfestigkeit nicht verbessert.

Schlussfolgerung:

Die Methoden zur Reinigung keramischer Materialien nach der Einprobe haben einen signifikanten Einfluss auf die Verbundstärke des Kunststoffbondings. Das Korundstrahlen von Zirkonoxid erwies sich als effektivste Methode.

Prospektive klinische Langzeitstudie zur Bewährung drei- und viergliedriger Cercon-Seitenzahnbrücken

Rödiger M., Wehle J., Rinke S., Hüls A.
Göttingen, Deutschland (2005)

Fragestellung:

Zirkonoxid gewinnt in der Zahnmedizin immer mehr an Bedeutung, vor allem, um der Forderung nach erhöhter Festigkeit für Brücken im Seitenzahnbereich nachzukommen. Dieser Werkstoff wird von zahlreichen CAD/CAM- und CAM-Systemen verarbeitet, so auch vom Cercon-System der Firma DeguDent.

In der vorliegenden Studie sollen drei- und viergliedrige vollkeramische Cercon-Seitenzahnbrücken bezüglich ihrer klinischen Langzeitüberlebensprognose evaluiert werden, wobei primär die konventionelle Zementierung zur Anwendung kommen soll. Im Vordergrund stehen speziell drei Aspekte: 1) die Festigkeit der Gerüstkeramik, 2) die Haltbarkeit der Verblendkeramik und 3) die Anwendbarkeit der konventionellen Zementierung.

Material und Methoden:

Im Zeitraum von Januar 2001 bis Februar 2005 wurden bei insgesamt 68 Patienten 84 drei- und viergliedrige Seitenzahnbrücken eingesetzt. Bei 46 Brücken (Gruppe A) erfolgte die Verblendung mit einer experimentellen Verblendkeramik, seit Beginn des Jahres 2002 bei 38 Brücken (Gruppe B) mit der heute auf dem Markt erhältlichen, speziell abgestimmten Verblendkeramik Cercon ceram S. Bei allen eingesetzten Restaurationen erfolgte die Zementierung mit Zinkoxidphosphatzement. Die standardisierte klinische Untersuchung wird nach teilweise modifizierten Kriterien der CDA halbjährlich durchgeführt. Die mittlere Beobachtungszeit liegt bei 32 Monaten.

Ergebnisse:

Im bisherigen Verlauf wurde keine Gerüstfraktur beobachtet. In sechs Fällen der Gruppe A kam es zu Frakturen und Absplitterungen der Verblendkeramik, welche aber nach Glättung in situ verbleiben konnten. Retentionsverluste traten in sieben Fällen auf, in fünf Fällen konnte rezementiert werden, in zwei Fällen (beide aus der Gruppe A) hatte die Lockerung zu Sekundärkaries geführt, welche zum Totalverlust führte. Jedoch ist anzumerken, dass die beiden betroffenen Patienten mehrere Jahre nicht zum Kontrolltermin erschienen waren und erst aufgrund von aufgetretenen



Klinischer Fall: Präparation



Klinischer Fall: Brücke in situ, okklusale Ansicht

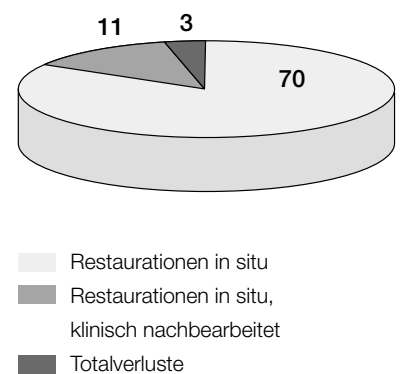


Klinischer Fall: Brücke in situ, laterale Ansicht



Mit zu geringer Pfeilerhöhe (< 4 mm) des Zahnes 37 kam es zum Retentionsverlust.

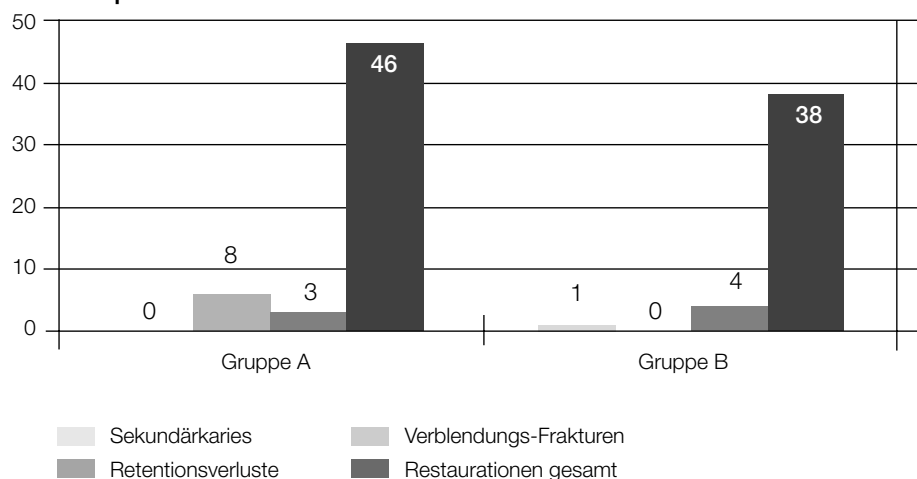
Beschwerden wieder vorstellig wurden. In einem weiteren Fall (Gruppe B) führte Sekundärkaries an einem endodontisch behandelten Pfeiler zum Verlust der Brücke. Insgesamt liegen drei Totalverluste vor, von 84 Brücken sind insgesamt 70 ohne klinische Nacharbeit in situ. Die durchschnittliche Beobachtungszeit in der Gruppe A liegt bei 42 Monaten (Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit: 82,7 %, n = 46), in der Gruppe B bei 21 Monaten (Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit: 97,6 %, n = 38).



Schlussfolgerungen:

Es ist festzustellen, dass die Verblendkeramik Cercon ceram S bessere Überlebenswahrscheinlichkeiten aufweist als die früher verwendete experimentelle Verblendkeramik. Die initiale Passungsqualität der Gerüste ist als gut zu bewerten, Nacharbeiten zum Aufpassen waren nur selten notwendig. Die Retentionsverluste waren nach Modellanalyse nicht eindeutig auf Präparationsfehler zurückzuführen und gehäuft im Unterkiefer aufgetreten (Verhältnis 6:1). Hier ist die Empfehlung zu geben, die adhäsive Zementierung zu wählen oder zumindest bei eingetretenem Retentionsverlust adhäsiv zu rezementieren. Außerdem sollte bei Restaurationen, welche unter nicht optimalen klinischen Bedingungen (Bsp.: < 4 mm Stumpfhöhe) umgesetzt werden konnten, entsprechend engmaschige Recall-Intervalle gewählt werden.

Komplikationen



Die klinische Bewährung von Implantat-Abutments auf Zirkonoxid-Basis: 24-Monats-Ergebnisse

Rinke, S.
Hanau, Deutschland (2005)

Ziel:

In dieser klinischen Studie wurde die klinische Bewährung von Implantat-Abutments auf Zirkonoxid-Basis (Cercon Balance, Friadent) in einer Privatpraxis untersucht.

Methode:

Von Juli 2001 bis Juli 2003 wurden insgesamt 23 Frontzahnimplantate (Ankylos, Friadent) bei 14 Patienten (10 weiblich, 4 männlich) inseriert. Alle Implantate wurden mit Abutments aus Zirkonoxid (Cercon Balance, Friadent) und vollkeramischen Einzelzahnkronen auf Zirkonoxidbasis (Cercon, DeguDent) versorgt. Alle Kronen wurden provisorisch zementiert (Temp-bond, Kerr-Hawe) und nach modifizierten Ryge-Kriterien zu den Zeitpunkten Baseline, nach 6, nach 12 und nach 24 Monaten evaluiert.

Ergebnis:

In dieser initialen Phase der klinischen Beobachtung konnten alle Implantate ohne klinisch feststellbare Probleme erhalten werden. Die mittlere klinische Beobachtungsdauer der Restaurationen betrug 625 Tage (± 179). Während der Beobachtungszeit trat kein Bruch eines Zirkonoxid-Abutments auf, auch wurde keine Schraubenlockerung beobachtet. Auch wurde kein Retentionsverlust, kein Bruch eines Gerüstes oder ein Absplittern der Verblendkeramik beobachtet. Die Randpassung wurde bei 19 Kronen mit Alpha und bei 4 Abutments mit Beta beurteilt. Die Farbpassung und die anatomische Form wurde für 22 Restaurationen mit Alpha und für 1 Restauration mit Bravo angegeben. Die Patientenzufriedenheit mit der funktionellen Rehabilitation wurde in 10 Fällen mit ausgezeichnet und in 4 Fällen mit sehr gut angegeben. Das ästhetische Ergebnis wurde von allen Patienten als ausgezeichnet beurteilt.



Schlussfolgerung:

Unter Berücksichtigung des begrenzten klinischen Beobachtungszeitraumes kann die Bewährung von Implantat-Abutments auf Zirkonoxidbasis im Frontzahnbereich nach 24 Monaten als viel versprechend bewertet werden. Die provisorische Zementierung scheint kein erhöhtes Risiko eines Retentionsverlustes zu bergen. Sie garantiert ein unbeschädigtes Entfernen der Suprakonstruktion. Die Kombination der untersuchten Zirkonoxid-Abutments mit Kronen aus Zirkonoxid führt zu ästhetischen Ergebnissen mit einer überdurchschnittlich hohen Patientenzufriedenheit.

Die Bruchfestigkeit von Molarenkronen aus Zirkonoxid, aus lasergesinterter Legierung und aus gegossener Legierung

Thaller C., Rosentritt M., Behr M., Handel G.
Regensburg, Deutschland (2005)

Ziel:

In dieser In-vitro-Studie wurde die Bruchfestigkeit von vollverblendeten metallkeramischen Kronen aus gegossenen Legierungen, lasergesinterten Legierungen und von CAM-produzierten vollkeramischen Molarenkronen geprüft. Die Kronen wurden konventionell zementiert und adhäsiv befestigt.

Methode:

Aus einer hochgoldhaltigen Legierung (Bio Pontostar, Bego) wurden mit verschiedenen Herstellungstechniken einzelne Molarenkronen gefertigt: A) Gusstechnik (Referenz); B) computergestützte Lasersinterertechnik; C) CAM-gefertigte vollkeramische Restaurationen aus Zirkonoxid (Cercon/Ceram S, DeguDent). 8 Kronen aus jeder Gruppe wurden mit Syntac Classic/Variolink2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) adhäsiv befestigt, 8 weitere Kronen aus jeder Gruppe wurden mit einem Zinkphosphatzement (Harvard, Richter + Hoffmann, Berlin) befestigt. Die Wurzeln der menschlichen Molaren wurden mit einer 1 mm dicken Schicht Polyether bedeckt, um die Funktion des Parodontiums zu simulieren. Um die Kaufunktion zu simulieren, wurden die Kronen thermozyklisch und mechanisch belastet (TMCL: 6.000 x 5 °C/5 °C, 1,2 x 10⁶ x 50N, 1,66 Hz) und anschließend bis zum Versagen in einer Universalprüfmaschine (Zwick 1446; v = 1 mm/min) axial belastet. Die Bruchabschaltsschwelle für die Fehlererkennung wurde auf einen Kraftablauf von 10 % der Maximalkraft festgelegt. Die statistische Analyse erfolgte mittels Mann-Whitney-U-Test (p = 0,05).



Typisches Versagen der Verblendkeramik nach der Bruchlastprüfung für eine Vollkeramik- und eine metallkeramisch Krone

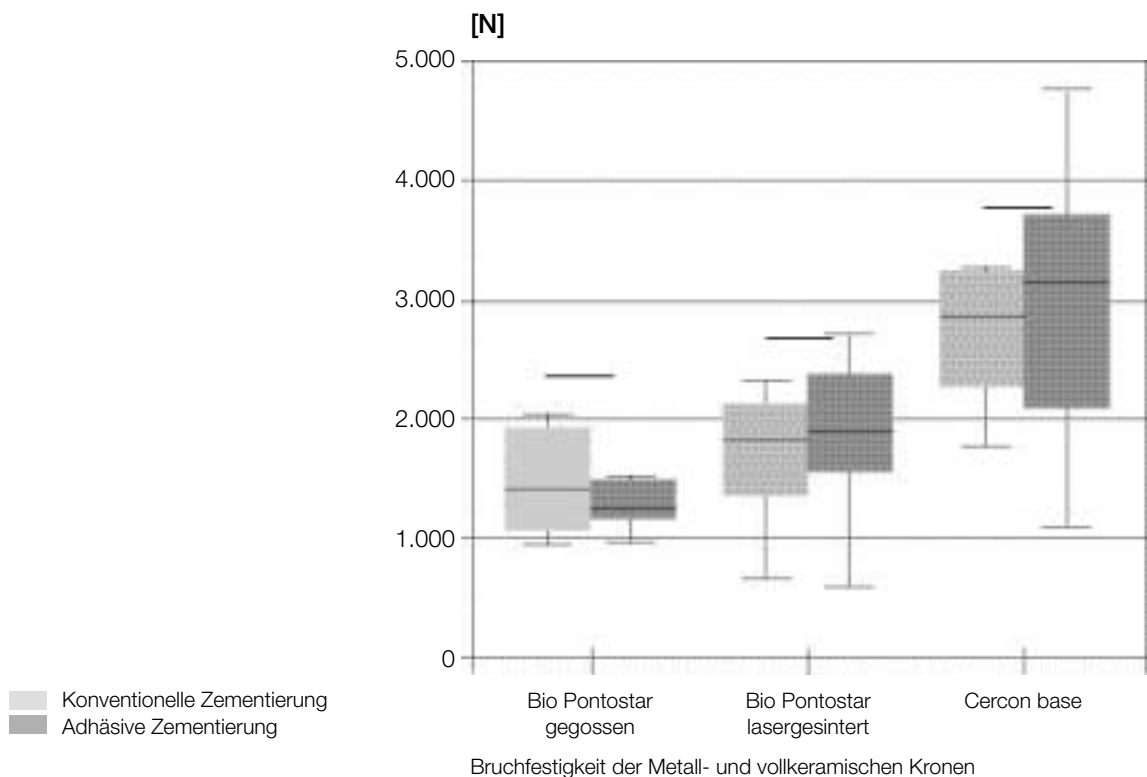
Ergebnisse:

	Gegossene Leg.		Lasergesinterte Leg.		Cercon	
	adhäsiv	konv.	adhäsiv	konv.	adhäsiv	konv.
Zement						
Median	1471	1221	1823	1875	2886	3097
25 % Percentil	1141	1183	1410	1654	2288	2287
75 % Percentil	1872	1515	2050	2199	3246	3622

Schlussfolgerungen:

Die Restaurationen aus Zirkonoxid zeigten die höchste Bruchfestigkeit, die Kronen mit lasergesinterten Gerüsten eine höhere Bruchfestigkeit als die Prüfkörper mit Gerüsten aus gegossener Legierung. Die Art der Befestigung hatte keinerlei Auswirkungen auf die Ergebnisse der Bruchfestigkeit.

Die mit einem CAM-System produzierten Zirkonoxidrestaurationen und die mit CAD/CAM produzierten lasergesinterten Metallkeramikrestaurationen zeigten nach künstlicher Alterung eine Bruchfestigkeit, die den Einsatz im Seitenzahnbereich als geeignet erscheinen lässt.



Die Box beinhaltet 50% der Daten und ist unten durch das 25% Quantil und oben durch das 75% Quantil begrenzt. Der Median (50% der Messwerte befinden sich oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes) wird als Querbalken wiedergegeben.

Scherverbundfestigkeit des Zirkonoxid-Kunststoff-Interface

Behr M., Rosentritt M., Kolbeck C., Handel G.
Regensburg, Deutschland (2006)

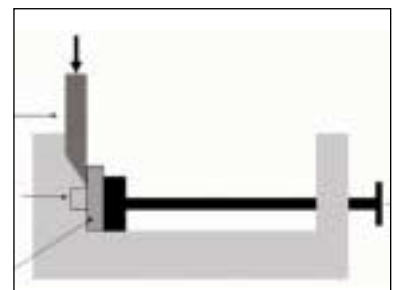
Ziel:

Wenn eine adhäsive Verbindung zwischen Zirkonoxid und einem Kunststoff erforderlich ist, haben konventionelle Methoden, die für Feldspat- oder Glaskeramiken entwickelt wurden, versagt. In dieser Studie soll die Scherfestigkeit (SBS) des Zirkonoxid-Kunststoff-Zement-Interface unter Anwendung verschiedener Haftkonzepte untersucht werden.

Methode:

Planparallele Prüfkörper aus Zirkonoxid (Cercon, DeguDent) wurden auf eng begrenzten Gebieten (Durchmesser 5 mm) mit einem Kunststoffzement auf CoCr-Zylindern (Durchmesser 5 mm, Höhe 3 mm) verklebt. Das Interface wurde mit $110\ \mu\text{m}\ \text{Al}_2\text{O}_3$ (2,8 bar, 10 s) korundgestrahlt. Alloy Primer (Kuraray) wurde auf alle CoCr-Verbundflächen aufgetragen. Die Kunststoffzemente wurden entsprechend den Herstellervorgaben mit oder ohne Priming der Zirkonoxid-Oberfläche angewendet: Enacem (GDF): Tender Bond, Tender paste, Maxcem (Kerr): kein Primer, Panavia F 2.0 (Kuraray): kein Primer, Rely X Unicem (3M Espe): kein Primer, Rely X Unicem + Silikatisierung mit Rocatec. Alle Zemente wurden bei $37\ ^\circ\text{C}$ unter Lichtabschluss ausgehärtet.

Die SBS wurde nach 24-stündiger Lagerung in Wasser und nach 12.000facher thermozyklischer Belastung ($5^\circ/55\ ^\circ\text{C}$, 17d) bestimmt. Die unterschiedlichen Frakturtypen wurden analysiert (kohäsiv, adhäsiv). Jede Gruppe bestand aus 8 Prüfkörpern: Statistische Auswertung: Median, Standardabweichung, ANOVA.



Herstellung der Probekörper für die Scherfestigkeitsprüfung

Ergebnis:

SBS [MPa]	Enacem Tender Bond	Maxcem	Panavia	Rely X Unicem	Rely X Unicem Rocatec
24 h	20,1 ± 3	20,9 ± 5	23,5 ± 3	21,7 ± 4	27,8 ± 4
Thermozycl.	18,7 ± 5	27,2 ± 6	19,9 ± 5	26,7 ± 5	26,9 ± 4

Die Scherverbundfestigkeitsprüfung zeigte nach der 24-stündigen Lagerung in Wasser und nach thermozyklischer Belastung keine statistisch signifikanten Unterschiede. Bei Enacem, Maxcem oder Panavia trat das Versagen auf der keramischen Seite auf. Die CoCr-Verbundflächen waren alle mit Kunststoffzement bedeckt. Nur bei den mit Rely X Unicem mit und ohne Rocatec verklebten Prüfkörpern traten kohäsive Frakturen auf.

Schlussfolgerung:

Alle untersuchten Kunststoffzemente besitzen das Potenzial eines erfolgreichen adhäsiven Verbundes mit Zirkonoxid.

Klinische Bewährung von Zirkonoxid-Brücken mit einer presskeramischen Verblendung

Beuer F., Aggstaler H., Fischer T., Fick K., Schweiger J., Gernet W.
München, Deutschland (2006)

Ziel:

Mit dieser prospektiven klinischen Studie sollte die klinische Bewährung von metallfreien Brücken auf Zirkonoxid-Gerüsten untersucht werden, die mit einer neuen keramischen Überpresstechnik verblendet wurden.

Material und Methode:

Insgesamt wurden in dieser Studie 12 dreigliedrige Brücken untersucht, die jeweils entweder einen Prämolaren oder einen Molaren ersetzen. Die Präparation erfolgte nach den Maßgaben des Herstellers. Nach der Abdrucknahme mit einem Polyethermaterial wurde die Restauration auf Gipsmodellen unter Verwendung von Zirkonoxid-Gerüsten (Cercon smart ceramics, DeguDent, Hanau) hergestellt und statt mit der herkömmlichen Schichttechnik mit einer neuen Überpresstechnik verblendet. Die Restaurationen wurden einprobiert, Okklusion, Approximalkontakte, Farbkorrekturen und Individualisierungen wurden vorgenommen. Die Brücken wurden mit einem Glasionomerzement eingesetzt. Nach 14 Tagen und nach 12 Monaten wurden die Restaurationen nochmals klinisch untersucht. Die Zufriedenheit von Patient und Zahnarzt bezüglich der Funktion und der Ästhetik wurde gemessen (Visuelle Analogskala [VAS]: 10 = beste Bewertung, 0 = schlechteste Bewertung).

Ergebnis:

Nach einem Jahr waren keine Frakturen oder Komplikationen aufgetreten, sodass die Kaplan-Meier-Analyse der Überlebensrate eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 100% ergab. Plaque- und Blutungsparameter haben sich nach der Behandlung nicht signifikant verändert. Die Patienten beurteilten die Ästhetik der Restaurationen durchschnittlich mit 9,52 (SD 0,873), während die Zahnärzte sie mit durchschnittlich 7,39 (SD: 1,91) beurteilten. Der Bewertungsunterschied zwischen den beiden Gruppen war statistisch signifikant ($p = 0,001$, Wilcoxon-Test). Die Patienten beurteilten die Funktion ihrer Brücken mit 9,10 (SD 2,02), die Zahnärzte mit 8,90 (SD 2,01).



Überpresstes Cercon-Gerüst nach dem Pressvorgang

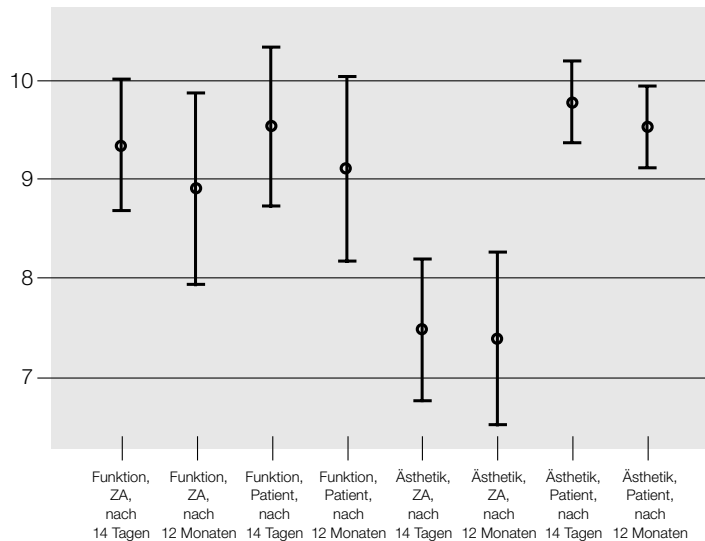


Cercon-Brücke mit überpresster Verblendung

Schlussfolgerung:

Unter Berücksichtigung der relativ kurzen Beobachtungszeit kann die Verwendung von Brücken auf überpressten Zirkonoxid-Gerüsten im Seitenzahnbereich empfohlen werden. Die Vorteile dieser Restaurationen liegen in der perfekten Randspaltpassung und einer hohen Ästhetik durch die keramische Schulter. Die Patienten sind mit der Funktion und der Ästhetik der Restaurationen zufrieden. Die klinische Untersuchung wird fortgesetzt, um Schlussfolgerungen hinsichtlich des Langzeitergebnisses ziehen zu können.

VAS (Visuelle-Analog-Skala)-Wert



Bewertung der eingegliederten PTC-Restauration (Cercon base/Cercon ceram press) durch Behandler und Patient auf einer Visuellen-Analog-Skala (VAS)

Die Auswirkungen der thermozyklischen Belastung auf die Verbundfestigkeit von Befestigungszementen auf Zirkonoxid

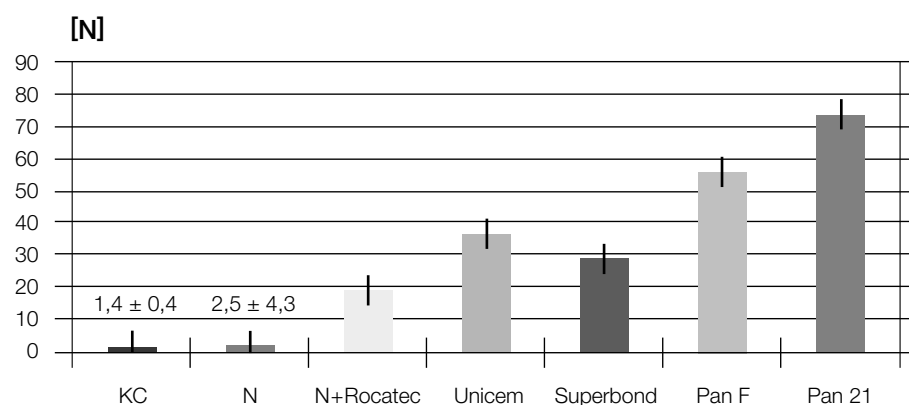
Lüthy H., Loeffel O., Hammerle C.H.F.
Zürich, Schweiz (2006)

Ziel:

Mit dieser Studie sollte die Scherfestigkeit von verschiedenen Zementen auf dicht gesintertem Zirkonoxid nach einem thermozyklischen Alterungsprozess evaluiert werden.

Material und Methode:

Die nachstehenden Befestigungszemente für Y-TZP (tetragonale Zirkonoxid-Polykristalle) wurden in dieser Studie verwendet: Ketac-Cem, Nexus, Rely X Unicem, Superbond C & B, Panavia F und Panavia 21. Es wurden Gruppen mit 30 Testkörpern vorbereitet, indem Edelstahl-Zylinder mit dem Rocatec-System tribiochemisch silikatisiert und anschließend auf korundgestrahlte Keramikscheiben aus Y-TZP (Cercon smart ceramics) befestigt wurden. Vor der Untersuchung aller zementierten Probekörper wurden diese über einen Zeitraum von 48 Stunden in destilliertem Wasser (37 °C) aufbewahrt. Die Hälfte der Probekörper (n = 15) wurde darüber hinaus thermozyklisch belastet (10.000 Zyklen).



Scherfestigkeit verschiedener Zemente auf dicht gesintertem Zirkonoxid nach Thermozyklisierung

KC: Ketac-CEM.
N: Nexus
N+Rocatec: Nexus+Rocatex
Unicem: Rely X Unicem
Superbond: Superbond C & B
Pan F: Panavia F
Pan 21: Panavia 21

Ergebnis:

Am Interface der metallischen Proben traten keine Frakturen auf, die Versuchskörper versagten entweder am Verbund zwischen der keramischen Oberfläche und dem Zement oder im zementierten Bereich. Die thermozyklische Belastung hatte Auswirkungen auf die Biegefestigkeit aller Befestigungszemente mit Ausnahme der beiden Panavia-Materialien und Rely X Unicem.

Signifikanz:

Die Ergebnisse dieser In-vitro-Studie zeigen, dass die Verbundfestigkeit nach thermozyklischer Belastung für Ketac-Cem und Nexus relativ gering waren. Eine Kombination von Nexus mit einer tribiochemischen Silikatisierung (Rocatec-System) von keramischen Oberflächen führte zu einer höheren Biegefestigkeit. Die vier adhäsiven Kunststoffzemente (Rely X Unicem, Superbond C & B, Panavia F und Panavia 21) zeigten bessere Ergebnisse. Der stärkste Verbund mit Zirkonoxid wurde mit Panavia 21 erreicht.

Klinische Bewährung von vollkeramischen Extensionsbrücken: 2-Jahres-Ergebnisse

Rinke S.
Hanau, Deutschland (2006)

Ziel:

In einer retrospektiven Studie wurde die klinische Erfolgssicherheit vollkeramischer Extensionsbrücken auf Zirkonoxidbasis evaluiert.

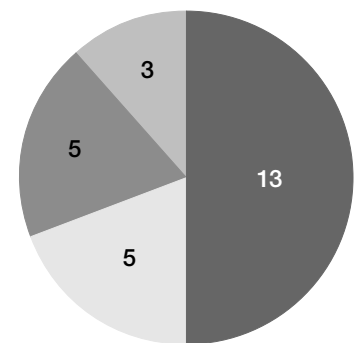
Methoden:

Von Juni 2002 bis April 2004 wurden in einer privaten Praxis 26 vollkeramische Extensionsbrücken aus Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkonoxid (Y-TZP) bei 21 Patienten eingegliedert. Die Gerüste wurden mit einem CAM-System (Cercon, DeguDent, Hanau) hergestellt und nach zweiwöchigem Probetragen konventionell zementiert. Die Evaluationsparameter waren nach modifizierten Ryge-Kriterien festgelegt: Retentionsverlust, Gerüstfraktur, Sprünge/Risse in der Verblendkeramik, Farbanpassung, marginale Integrität, postoperative Sensitivität sowie die Beurteilung des Behandlungsergebnisses (Ästhetik/Kaufunktion) durch die Patienten.

Ergebnisse:

Bei einer mittleren Beobachtungszeit von 629 Tagen traten weder ein Retentionsverlust noch eine Gerüstfraktur oder ein Versagen der Verblendkeramik auf (Erfolgswahrscheinlichkeit nach In-situ-Kriterium: 100 %). Die Farbanpassung wurde bei 85 % der Restaurationen mit Alpha beurteilt (15 % mit Bravo). Die marginale Integrität wurde nach 12 Monaten bei 45 Pfeilerzähnen mit Alpha bewertet (sieben Bravo). 19 Patienten empfanden die ästhetische Qualität des Behandlungsergebnisses als exzellent oder sehr gut (kaufunktionelle Rehabilitation: 18 Patienten mit exzellent oder sehr gut). Bei einem Pfeilerzahn war eine endodontische Behandlung erforderlich, die Restauration verblieb in situ.

Verteilung der eingegliederten Restaurationen



- 2 Kronen/dis. Extension
- 2 Kronen/mes. Extension
- Brücke/dis. Extension
- Brücke/mes. Extension

Gesamt: 26 Restaurationen
Patienten: 21
Zeitraum: Juni 2002 – April 2004



Versorgung einer bilateralen Freie-nd-situation mit vollkeramischen Extensionsbrücken

Schlussfolgerungen:

Die initiale klinische Bewährung von vollkeramischen Extensionsbrücken zeigt keine Hinweise auf ein erhöhtes werkstoffbedingtes Versagensrisiko. Vor einer generellen Empfehlung von vollkeramischen Extensionsbrücken sollten jedoch weitere Langzeitergebnisse abgewartet werden.

Patientenbewertung (n = 21)

	Ästhetische Qualität	Kaufunktionelle Rehabilitation
exzellent	16	14
sehr gut	3	4
gut	1	3
befriedigend	1	0
ausreichend	0	0
schlecht	0	0



Dreigliedrige Cercon-Extensionsbrücke
(36 Monate nach Eingliederung)

Bruchfestigkeit und Randpassung von vollkeramischen Brücken

Rosentritt M., Sikora M., Behr M., Handel G.
Regensburg, Deutschland (2006)

Ziel:

Mit dieser In-vitro-Studie sollten die Bruchfestigkeit und die Randpassung von dreigliedrigen vollkeramischen Brücken untersucht werden.

Methode:

Menschliche Molaren wurden in PMMA-Kunststoff eingesetzt, um eine dreigliedrige klinische Situation (10 mm) zu simulieren. Die Zahnwurzeln wurden mit einer ca. 1 mm dicken Polyätherschicht bedeckt, die das Parodontium simulierte. Aus jeder Serie wurden 8 Brücken gefertigt: CAM-System (Cercon base/ Cercon ceram kiss), elektrolytische Abscheidung glasinfiltrierbarer Aluminiumoxid-Keramik (Inceram Alumina-Wolceram), Al₂O₃-Schlickertechnik (Inceram Alumina, Vita; Kontrollgruppe). Alle Brücken wurden adhäsiv befestigt (Syntac classic/Variolink 2; Ivoclar-Vivadent). Nach thermozyklischer und mechanischer Belastung (TCML; 6.000 thermozyklische Belastungen [5 °C/55 °C] und 1.2 x 10⁶ Kauzyklen [50N]) wurde die Bruchfestigkeit bestimmt (UTM 1446; Zwick; v = 1 mm/min). Die Bruchabschaltswelle zur Fehlererkennung wurde auf 10 % der Maximalkraft gesetzt. Die Randpassung wurde an den Übergängen Zement/ Zahn (CT) und Zement/Brücke (CF) vor und nach TCML rasterelektronenmikroskopisch evaluiert (Stereoscan 240, Cambridge Instruments, GB). Das Kriterium „perfekter Randschluss“ wurde als gleichmäßiger Übergang ohne Unterbrechung der Kontinuität klassifiziert. Die statistische Analyse erfolgte mittels Mann-Whitney U-Test (p = 0,05).

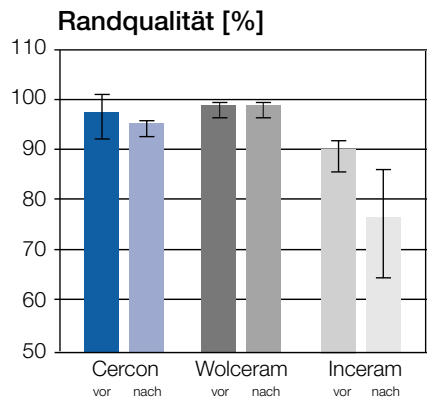
Ergebnis:

Bruchkraft [N]	Cercon	Wolceram	Inceram (control)
(25% - /75% - Percentil)	(1224/1428)	(487/735)	(315/673)
Median	1331	575	334
Randpassung [%]			
CT: vor TCML	95,5 (91,5/99,0)	98,7 (96,8/99,3)	91,3 (83,9/93,3)
nach TCML	98,0 (95,5/98,8)	98,6 (96,8/99,6)	86,9 (76,0/96,9)
CF: vor TCML	97,0 (90,3/100,0)	98,4 (93,9/99,4)	90,1 (86,3/92,3)
nach TCML	94,5 (87,8/98,0)	97,9 (95,2/99,2)	75,9 (69,1/89,8)

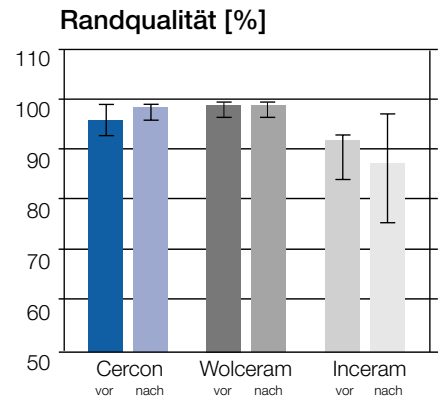
Schlussfolgerungen:

Die mit dem CAM-System aus Zirkonoxid hergestellten Brücken zeigten eine statistisch signifikant höhere Bruchfestigkeit als die Brücken aus manuell geschichtetem Al_2O_3 oder die elektrophoretisch abgeschiedenen Brücken. Lediglich die Kontrollgruppe zeigte eine signifikant niedrigere Randpassung.

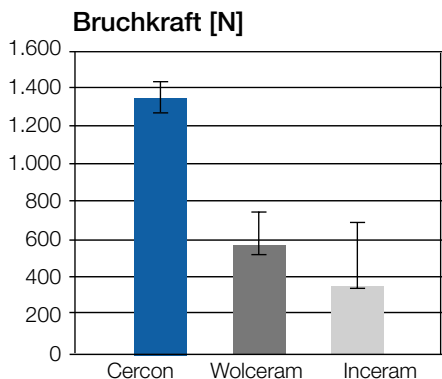
Elektrophoretisch abgeschiedene Brückengerüste aus Al_2O_3 sollten im Seitenzahnbereich nur restriktiv eingesetzt werden. Die Bruchkräfte der Brücken aus Zirkonoxid waren auf einem Niveau, das eine klinische Anwendung vielversprechend scheinen lässt.



Anteil der Messstellen mit „perfektem Randschluss“ vor und nach Kausimulation am Übergang Zement/Brücke



Anteil der Messstellen mit „perfektem Randschluss“ vor und nach Kausimulation am Übergang Zement/Zahn



Bruchfestigkeit dreigliedriger vollkeramischer Brücken nach Kausimulation (Säulen repräsentieren den Median)

Literaturverzeichnis

- 1) Beuer F., Erdelt K.J., Spiegl K., Gernet W.
Marginal and internal fit of CAM milled zirconia crowns.
J Dent Res 83 (Spec Iss A), Abstract 2949 (2004)
(www.dentalresearch.org)

Beuer F., Fick K., Erdelt K.J., Gernet W.
Marginale und innere Passung von CAM-gefrästen Zirkoniumoxid-
Einzelkronengerüsten bei unterschiedlichen Präparationswinkeln.
Dtsch Zahnärztl Z. Sep; 58(9): 517-21 (2003)
- 2) Beuer F., Erdelt K.J., Schweiger J., Eichberger M., Gernet W.
Flexural strength of coloured and aged zirconia.
J Dent Res 83 (Spec Iss B), Abstract CED 0113 (2004)
(www.dentalresearch.org)

Erdelt K.J., Beuer F., Schweiger J., Eichberger M., Gernet W.
Die Biegefestigkeit von weißkörpergefrästem Zirkonoxid.
In-vitro-Untersuchungen in Abhängigkeit von Einfärbung und künstlicher Alterung.
Quintessenz Zahntech 30, 942-954 (2004)
- 3) Chang J. Y., Yang J. H.
In-vitro marginal fit of the computer-aided milled Cercon crowns.
J Dent Res 84 (Spec Iss B) Abstract 0016 (Korean), (2004)
(www.dentalresearch.org)
- 4) Kilicarslan M.A., Kedici P.S., Kücükmen H.C., Uludag B.C.
In-vitro fracture resistance of posterior metal-ceramic and all-ceramic
inlay-retained resin-bonded fixed partial dentures.
J Prosthet Dent 92, 365-370 (2004)
- 5) Nishimura M., Miura H., Suzuki M., Morikawa O., Yoshida K., Matsumura M.
Bond strength of porcelain to yttria-stabilized tetragonal zirconia framework.
J Dent Res 83 (Spec Iss A), Abstract 1829 (2004)
(www.dentalresearch.org)
- 6) Rosentritt M., Behr M., Kolbeck C., Handel G.
Fracture strength of zirconia posterior fixed partial dentures.
J Dent Res 83 (Spec Iss B), Abstract CED 0110, (2004)
- 7) van der Zel J.M., Grinwis T., de Kler M., Tsadok Hay T.
Effect of shoulder design on failure load of PTCercon crowns.
J Dent Res 83 (Spec Iss A), Abstract 1371 (2004)
(www.dentalresearch.org)
- 8) Luethy H., Filser F., Loeffel O., Schumacher M., Gauckler L.J., Haemmerle C.H.F.
Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges.
Dental Materials 21, 930-937 (2005)

- 9) Ludwig K., Uphaus A., Kern M.
Fracture strength of all-ceramic posterior inlay-retained fixed partial dentures (FPDs).
J Dent Res 84 (Spec Iss A), Abstract 0428 (2005)
(www.dentalresearch.org)
- 10) Quass A.C., Yang B., Kern M.
Resin bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures.
J Dent Res 84 (Spec Iss A), Abstract 0228 (2005)
(www.dentalresearch.org)
- 11) Rödiger M., Wehle J., Rinke S., Hüls A.
Prospektive klinische Langzeitstudie zur Bewährung drei- und viergliedriger
Cercon-Seitenzahnbrücken.
DGZMK-Jahrestagung, Posterpräsentation P-128. Dtsch Zahnärztl Z 60,
(Suppl) A147 (2005)
- 12) Rinke S.
Clinical performance of zirconia-based implant abutments: 24 months results.
Abstract number P-65, 20th Meeting of the Academy of Osseointegration,
Orlando 2005
- 13) Thaller C., Rosentritt M., Behr M., Handel G.
Fracture resistance of zirconia-ceramic, laser-sintered and cast alloy molar crowns.
Dent Res 84 (Spec Iss A), Abstract 0556 (2005)
(www.dentalresearch.org)
- 14) Behr M., Rosentritt M., Kolbeck C., Handel G.
Shear bond strength of the zirconia/resin interface.
J Dent Res 85 (Spec Iss B), Abstract AADR 0345 (2006)
(www.dentalresearch.org)
- 15) Beuer F., Aggstaler H., Fischer T., Fick K., Schweiger J., Gernet W.
Clinical performance of zirconia bridges veneered by pressable ceramics.
J Dent Res 85 (Spec Iss B), Abstract AADR 0268 (2006)
(www.dentalresearch.org)
- 16) Luethy H., Loeffel O., Haemmerle C.H.F.
Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic.
Dental Materials 22, 195-200 (2006)
- 17) Rinke S.
Klinische Bewährung von vollkeramischen Extensionsbrücken: 2-Jahres-Ergebnisse.
Quintessenz 57, 129-136 (2006)
- 18) Rosentritt M., Sikora M., Behr M., Handel G.
Fracture strength and Marginal Adaptation of all-ceramic FPDs.
J Dent Res 85 (Spec Iss B), Abstract AADR 1879 (2006)
(www.dentalresearch.org)

Für weitere Informationen:
www.cercon-smart-ceramics.de