

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung

Urs Brodbeck, Dr. med. dent.

Fachzahnarzt für Rekonstruktive Zahnmedizin SSO/SSRD, Privatpraxis am Zahnmedizinischen Zentrum Zürich-Nord, Herzogenmühlestraße 14, CH-8051 Zürich
E-Mail: ursbrodbeck@bluewin.ch

Indizes Xawex-Verfahren, Zirkonoxid, CAD/CAM-Systeme, Gerüstmaterial, Keramik

Zusammenfassung

Der Werkstoff Keramik hat sich dank seiner intraoralen Beständigkeit seit Jahrzehnten als Restaurationsmaterial bewährt. Leider war der Schritt zu vollkeramischem Zahnersatz nicht einfach, denn viele Konzepte und Produkte wiesen vor allem aufgrund von Frakturen eine zu hohe klinische Misserfolgsquote auf. Zirkonoxid besitzt von allen Keramiken die besten Materialeigenschaften und wird bereits in vielen Gebieten sowohl innerhalb als auch außerhalb der Medizin eingesetzt. Einzig die Tatsache, dass Zirkonoxid sich nur aufwändig mit CAD/CAM-Systemen bearbeiten lässt, hat verhindert, dass dieses herausragende Material in der Zahnmedizin noch keinen höheren Verbreitungsgrad hat. Moderne CAD/CAM-Systeme jedoch ermöglichen es heutzutage, dass Gerüste aus Zirkonoxid mit hervorragender Passung und einem wirtschaftlich akzeptablen Aufwand angeboten werden können, so dass sie für jeden klinisch tätigen Zahnarzt interessant sind. Zum ersten Mal steht ein vollkeramisches Gerüstmaterial zu Verfügung, das mit großer Wahrscheinlichkeit die altbewährte Metallkeramik in vielen Indikationsbereichen ersetzen kann. Dieser Beitrag stellt das Xawex-Zirkonoxid vor. Es erlaubt die Herstellung von passgenauen Gerüsten sowohl für Einzelkronen als auch für mehrgliedrige Brücken beliebiger Form und Gliederzahl.

Einleitung

Der Begriff CAD/CAM (computer-assisted design/computer-assisted manufacturing) wurde 1985 von Duret⁶ in die Zahnmedizin eingeführt. CAD/CAM hat zum Ziel, dem Zahnarzt chairside bzw. dem Zahntechniker im Labor gewisse Arbeitsschritte bei der Herstellung von Zahnersatz zu vereinfachen oder überhaupt erst zu ermöglichen. Noch vor rund 10 Jahren wurden in einem Übersichtsartikel elf verschiedene CAD/CAM-Systeme für den Dentalbereich beschrieben³³. Mittlerweile gibt es unzählige Systeme zur Herstellung von dentalen Rekonstruktionen. Viele davon sind fortlaufend weiterentwickelt und optimiert worden, viele sind aber auch wieder vom Markt verschwunden. Tabelle 1 zeigt die in Deutschland zurzeit bekanntesten Anbieter von CAD/CAM-Lösungen.

Im Bereich der metallfreien Restaurationen bietet sich CAD/CAM vor allem zur Herstellung von Zahnersatz aus der Hochleistungskeramik Zirkonoxid an. Keine andere Keramik kann gegenwärtig bezüglich der Festigkeitswerte mit Zirkonoxid konkurrieren (Tab. 2). Bereits 1969 wurde von Helmer¹⁵ die biomedizinische Anwendung von Zirkonoxid beschrieben. Seitdem hat sich das Material auf verschiedenen medizinischen Gebieten bewährt, z. B. als Hüftprothesenkopf, als Implantat-Abutment oder als Stiftmaterial zum Aufbau wurzelkanalbehandelter Zähne^{4,13,20,29}. Zirkonoxid empfiehlt sich deshalb auch als Gerüstmaterial für Kronen-Brücken-Rekonstruktionen. Einzelkronen mit Gerüsten aus Zirkonoxid sind bereits heute bezüglich der Festigkeit so stabil wie metallkeramische Kronen³². In klinischen Langzeitstudien, die an verschiedenen Universitäten durchgeführt werden, bewäh-

INNOVATIONEN

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung

System	Hersteller	Internet-Adresse
Cercon smart ceramics	DeguDent, Hanau	www.degudent.com
CEREC	Sirona Dental Systems, Bensheim	www.sirona.de
DCS Precident	DCS Dental, Allschwil, Schweiz	www.dcs-dental.com
Digident	Girrbach Dental, Pforzheim	www.girrbach.de
Etkon	Etkon, Grafelfing	www.etkon.de
Everest	KaVo, Leutkirch	www.kavo-everest.com
i-mes dental	i-mes, Eiterfeld	www.i-mes.de
Lava	3M Espe Dental, Seefeld	www.3m.com/espe
Procera	Nobel Biocare, Göteborg, Schweden	www.nobel-biocare.de
Wol-Ceram	Wol-Dent, Ludwigshafen	www.wolceram.de
Xawex	Xawex, Ebmatingen/Zürich, Schweiz	www.xawex.com

Tab. 1 Hersteller von verschiedenen CAD/CAM-Systemen im Dentalbereich

Material	Biegefestigkeit (MPa)	Bruchzähigkeit (MPa · m ^{1/2})
Zirkonoxid	900 ³⁴	9,00 ³⁴
Alumina industriell	547 ²⁵	3,55 ²⁵
Alumina slip cast	419 ²⁵	2,48 ¹²
Dicor MGC	220 ²⁵	2,02 ²⁵
IPS Empress	182 ²⁵	1,77 ²⁵
Omega Sinterkeramik	85 ²⁵	0,99 ²⁵

Tab. 2 Materialeigenschaften dentaler Keramiken nach Geis-Gersdorfer et al.¹², Lüthy²⁵ und Rieger³⁴

ren sich 3- bis 4-gliedrige Brücken mit Zirkonoxidgerüsten bereits seit mehreren Jahren^{31,35,41}.

Für viele Zahnärzte ist Metallkeramik nach wie vor das Material der Wahl zur Herstellung von Kronen und Brücken. Das Argument der geringeren Frakturgefahr lässt sich jedoch heute schon in bestimmten Indikationsbereichen nicht mehr halten. Zudem gibt es diverse Gründe, die für die Verwendung von vollkeramischem Zahnersatz sprechen. Durch den hohen Oxidationsgrad wird eine optimale Biokompatibilität gewährleistet, die mittlerweile als unbestritten gilt^{1,11,16}. Dank zahnähnlicher optischer Eigenschaften kann das komplexe Lichtspiel des natürlichen Zahnes einfacher nachgebildet werden. Darüber hinaus gibt es keine ästhetisch störende Grauverfärbung der Gingiva bzw. des periimplantären Weichgewebes durch ein dunkles Gerüst oder gar sichtbare Metaliränder. Und schließlich müssen Kronen-Brücken-Arbeiten mit Zirkonoxidgerüsten nicht adhäsiv, sondern können auch konventionell mit Glasionomer- oder Zinkoxidphosphat-zement eingesetzt werden³⁸.

Zirkonoxid als Gerüstmaterial

Der Name Zirkonoxid hat sich im deutschen Sprachgebrauch gegenüber der genauen Bezeichnung Zirkoniumdioxid (ZrO₂) durchgesetzt; als Synonym wird im englischen Sprachraum der Begriff „Zirconia“ verwendet. Zirkonoxid ist eine poly-

kristalline Keramik und kann in drei verschiedenen Phasen (monoklin, tetragonal, kubisch) mit jeweils unterschiedlichen Materialeigenschaften vorliegen. Als Stabilisatoren werden Oxide (MgO, CaO, Yt₂O₃) beigemischt, welche die einzelnen Phasen stabilisieren. Für den medizinischen Bereich hat sich tetragonales, mit Yt₂O₃ teilstabilisiertes Zirkonoxid bewährt.

Als einziges keramisches Material zeichnet sich dieses Zirkonoxid durch einen „Selbstheilungsmechanismus“ aus. Die Zugabe von 2 bis 3 Mol-% Yt₂O₃ als stabilisierendes Oxid zu reinem ZrO₂ bewirkt die Bildung einer mehrphasigen kristallinen Struktur, die als „teilstabilisiertes Zirkonoxid“ (partially stabilized zirconia, PSZ) bezeichnet wird. Die Mikrostruktur von PSZ besteht überwiegend aus kubischem Zirkonoxid mit homogen und fein verteilten monoklinen sowie tetragonalen Kristallformen in der Minderzahl. Die Spitze eines fortschreitenden Risses wird dank einer Phasenumwandlung von der tetragonalen Form des ZrO₂-Yt₂O₃-Systems in die volumenmäßig größere monokline Form unter Druck gesetzt und somit am Fortschreiten gehindert. Die Phasenumwandlung passiert bei PSZ auch spontan an der Oberfläche und führt dazu, dass diese eine Art „Vergütung“ erfährt, indem bis in eine Tiefe von einigen Mikrometern eine Druckbelastung aufgebaut wird³⁰.

Zur Herstellung von Zirkonoxid wird zuerst ein Pulvergemisch zu einem so genannten Grünkörper verdichtet. In dieser Grünphase ist das Zirkonoxid noch porös und relativ

weich. Die endgültigen Festigkeitswerte werden erst mit einem Sinterprozess bei Temperaturen bis 1.600 °C erreicht. Dieses Dichtsintern des Grünkörpers verursacht eine lineare Schrumpfung des Materials von ca. 20 %. Durch eine anschließende Behandlung unter hohem Druck (high isostatic pressure, HIP) kann die Anzahl der Gitterimperfectionen im Materialgefüge nochmals reduziert und somit eine Optimierung der Festigkeitswerte erzielt werden. Ob HIP-Zirkonoxid gegenüber konventionellem endgesintertem Zirkonoxid nach einem zur Herstellung von Zahnersatz notwendigen Schleifvorgang jedoch signifikant bessere Festigkeitswerte aufweist, ist nicht erwiesen. Vermutlich sind die durch Fräsinstrumente verursachten Bearbeitungsspuren und die auftretenden Mikrorisse auf der Keramikoberfläche von größerer Bedeutung für die Reduzierung der Festigkeit^{23,42}. Aufgrund seiner ausgezeichneten Festigkeitswerte sichert sich das Zirkonoxid als Alternative zu Metallgerüsten immer mehr Marktanteile bei der Herstellung von Kronen- und Brückengerüsten. Im Gegensatz zu anderen dentalen Keramiken zeigt Zirkonoxid auch bei der Zuverlässigkeit (Weibull-Moduli) stets höhere Werte, was für die Homogenität des kristallinen Gefüges spricht⁹.

Das von Natur aus weißliche Zirkonoxid kann eingefärbt werden. Ob und wie diese Veränderung der kristallinen Struktur die Festigkeitswerte beeinflusst, wird zurzeit untersucht. Erste Resultate deuten aber darauf hin, dass damit keine Reduktion der Materialwerte verbunden ist.

Die Bearbeitung von Zirkonoxid

Zirkonoxid kann für die Herstellung von Zahnersatz sowohl in der dichtgesinterten Form als auch in der Grünphase bearbeitet werden. Wegen der hohen Festigkeitswerte des dichtgesinterten Zirkonoxids bedeutet dessen Bearbeitung eine Extrembelastung für die eingesetzten Schleifinstrumente und die Spindeln der Fräsmaschine. Die Herstellung von Zirkonoxidgerüsten ist in diesem Fall sehr zeitaufwändig und somit kostenintensiv²⁴. Auch bei optimaler Abstimmung sämtlicher Schleifparameter beträgt heute die Fräszeit für eine Gerüsteinheit bei dichtgesinterten Rohlingen etwa 1 bis 2 Stunden. Andererseits kann Zirkonoxid auch in der Grünphase bearbeitet werden⁸. Der entscheidende Vorteil liegt darin, dass das Material dann noch relativ weich ist und die Fräszeiten somit massiv reduziert werden können. Diese verkürzte Verweildauer des Werkstückes in der Fräsmaschine und der Minderverschleiß an sogar noch günstigeren Werkzeugen führen zu einer gegenüber der Hartbearbeitung signifikant verbesserten Wirtschaftlichkeit. Die Bearbeitung in der Grünphase wird auch von *Luthardt* empfohlen, da die Hartbearbeitung an der Oberfläche die Mikrostruktur



Abb. 1 Der Rohling Xawex G 100 hat einen Durchmesser von 100 mm und besteht aus Zirkonoxid in der Grünphase. In Abhängigkeit von der Größe können bis zu 30 Gerüsteinheiten aus demselben Rohling gefräst werden. Je nach Bedarf stehen unterschiedliche Dicken zur Verfügung

zerstört und Mikrorisse hinterlässt²³. Solche Risse vor allem im okklusalen inneren Teil vollkeramischer Kronen führen immer wieder zu klinischen Misserfolgen¹⁸.

Da die Werkstücke während der Endsinterung noch einen Schrumpfungsprozess durchlaufen, müssen sie in einem vergrößerten Maßstab herausgefräst werden. Diese Schrumpfung der Grünphase hat vor allem für die Bearbeitung der Kroneninnenflächen mehrere Vorteile: Einerseits lassen sich größere Schleifer zum Grobschleifen (Schrubben) verwenden, und andererseits können Schleifer mit kleinen Durchmessern diese Innenflächen detailgetreuer ausarbeiten, was zu einer genaueren Innenpassung und damit zu einer besseren Rotations-sicherung des Gerüstes führt.

Das Xawex-Verfahren

Das Xawex-Verfahren zeichnet sich durch einen großen runden Rohling mit einem Durchmesser von 100 mm (Abb. 1) und eine CAM-Bearbeitung im teilgesinterten Zustand (Grünphase) aus. Die genaue Bezeichnung des Rohlings lautet Xawex G 100, die Scheibenform ist zum Patent angemeldet. Dank eines aufwändigen Herstellungsverfahrens wird das kristalline Gefüge bereits im teilgesinterten Zustand optimiert und innerhalb des gesamten Rohlings homogenisiert. Das Schrumpfungsverhalten eines jeden Rohlings kann daher genau kalkuliert und mit einem entsprechenden Code in die Berechnungen des CAD-Programms eingelesen werden. Dies garantiert ein absolut genaues Schrumpfungsverhalten sämtlicher Gerüstgrößen und -formen während der Endsinterung. Die Firma Xawex (Ebmingen/Zürich, Schweiz)



Abb. 2 Die Fräsmaschine i-mes Premium wurde aus einer bewährten Industrie-Fräsmaschine für die speziellen Erfordernisse der Zahnmedizin weiterentwickelt. Neben Xawex-Zirkonoxid kann sie auch viele andere Materialien wie Titan, Nichtedelmetall und Kunststoffe bearbeiten. i-mes liefert außerdem Systeme, die nur Xawex verarbeiten können – diese sind entsprechend günstiger in der Anschaffung

liefert ebenfalls den zugehörigen Sinterofen, in dem die Rohlinge über ca. 12 Stunden mit einem hochpräzisen Brennprogramm endgesintert werden. Der große Rohling hat für den Zahntechniker zwei hauptsächliche Vorteile. Einerseits können je nach Ausmaß der Arbeiten bis zu 30 Einheiten aus einem Rohling gefertigt werden, was eine hohe Wirtschaftlichkeit gewährleistet. Die Fräszeit beträgt durchschnittlich 15 bis 20 Minuten pro Einheit. Andererseits können bei Bedarf auch größere Brückengerüste mit bis zu 16 Gliedern aus der Scheibe gefräst und anschließend verzugsfrei endgesintert werden.

Bei den Fräsmaschinen der Firma i-mes dental (Eiterfeld) handelt es sich nicht um eine Neuentwicklung für den Dentalbereich, sondern um bewährte Geräte aus anderen Branchen wie z. B. dem Formen- und Elektrodenbau. Für die CAD/CAM-Bearbeitung in der Dentaltechnik bieten sich verschiedene Materialien an. Neben Zirkonoxid in der Grünphase können auch diverse Aluminiumoxidkeramiken, Nichtedelmetalle, Titan und Kunststoffe bearbeitet werden. Je nach Anforderungsprofil werden die i-mes-Maschinen

individuell ausgebaut. Die umfassendste Maschine ist die i-mes Premium (Abb. 2), welche die Trocken- oder Nassbearbeitung aller erwähnten Materialien in zwei verschiedenen Becken erlaubt. Sämtliche Maschinen haben eine genormte industrielle Schnittstelle (STL) und sind deshalb zukünftig auch für Erneuerungen in allen Bereichen einsetzbar. Ein großes Fräszentrum im Münchner Raum (Fa. etkon, Gräfelfing) hat im Herbst 2003 Xawex G 100 Zirkonoxid in sein umfassendes Programm aufgenommen und bis Ende 2004 ca. 15.000 Einheiten erfolgreich ausgeliefert.

Gestalten der Zirkonoxidgerüste

Die Zirkonoxidgerüste haben vor der Verblendung einen weißlichen Grundton (vgl. Abb. 12) und sind wider Erwarten nicht sehr opak. Die Lichtleitung liegt etwa im Bereich von dichtgesintertem Aluminiumoxid⁷. Falls erwünscht, kann das Gerüst vor dem Dichtsintern eingefärbt werden. Im Randbereich lässt sich das Zirkonoxidgerüst je nach Bedarf unterschiedlich gestalten. Es bestehen die gleichen Möglichkeiten wie bei einem Gerüst aus Metall. Zirkonoxid ist die einzige Keramik, die im Randbereich messerscharf bearbeitet werden kann und deshalb auch zur Herstellung von Keramikmessern für den Hausgebrauch verwendet wird. Bei einer Stufenpräparation kann das Gerüst partiell oder zirkulär reduziert und mittels Verblendkeramik wieder aufgebaut werden (aufgebrannte Stufe). Außerdem lässt sich das Gerüst ganz dünn bis zur äußeren Präparationsgrenze ausschleifen und dann mit Sinterkeramik verblenden (Abb. 3). Spielt die Ästhetik eine untergeordnete Rolle, kann auch ein weißer Rand in Zirkonoxid belassen werden. Dies empfiehlt sich bei einer wenig invasiven Präparationsart (seichte Hohlkehle oder auslaufende Präparation). Bei Bedarf können die Gerüste im Mund einprobiert werden (vgl. Abb. 12).

Analog zur Gerüstgestaltung bei Brücken in Metallkeramik erfordert auch das Zirkonoxid einen minimalen Querschnitt des Gerüsts an den Verbindungsstellen zu den Zwischengliedern. Da diese Minimalwerte noch nicht genau bekannt sind, empfiehlt es sich, die Gerüste immer so massiv wie möglich zu gestalten. Eine In-vitro-Studie zur Evaluation der Verbindungsstellen bei Zirkonoxidgerüsten hat ergeben, dass folgende Querschnittsgrößen eine Ermüdungsfraktur innerhalb von 30 Jahren verhindern sollten: 6 mm² bei 3-gliedrigen Brücken mit einem Zwischenglied, 8 mm² bei 4-gliedrigen Brücken mit zwei Zwischengliedern und 11 mm² bei 5-gliedrigen Brücken mit drei Zwischengliedern. Diese Studie wurde mit runden Verbindern und in Wasserlagerung durchgeführt; bei der Belastung der Brücken wurde eine maximale Kaukraft von 880 N simuliert³⁹.

Verblenden der Gerüste

Verschiedene Hersteller von keramischen Verblendmassen bieten Sinterkeramiken an, deren Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) auf Zirkonoxid abgestimmt ist. Bei der in den hier gezeigten klinischen Fällen verwendeten Verblendkeramik handelt es sich um ein experimentelles Produkt der Firma Ivoclar (Schaan, Liechtenstein). Im Gegensatz zu Gerüsten aus Metall sind bei Zirkonoxid auch im Fall multipler Brennzyklen keinerlei Verzüge zu beobachten, da die für Zirkonoxid kritischen Temperaturen (über 1.500 °C) beim Aufsintern auch nicht annähernd erreicht werden. Wie bei jeder neuen Technik muss der Zahntechniker wieder neue Erfahrungen sammeln und abermals einen Lernprozess durchlaufen.

Einsetzen der Arbeiten

Die in den letzten Jahren stark verbesserten adhäsiven Klebtechniken bieten dem Praktiker viele neue Möglichkeiten zur Optimierung der klinischen Therapie. Unterschiedliche Oberflächenbehandlungen und die Anwendung von Kompositen erlauben einen dauerhaften Verbund von verbliebener Zahnhartsubstanz und dentaler Restauration. Die Schmelzätzung wurde schon 1955 von *Buonocore* vorgestellt und führt zu einem festen mikromechanischen Verbund mit dem Zahnschmelz. Dentinadhäsive haben große Fortschritte gemacht und bieten dem Zahnarzt in vielerlei Hinsicht Vorteile. So gehören postoperative Komplikationen bei korrekter Anwendung eines Dentinadhäsivs nicht mehr zum zahnärztlichen Alltag. Dentinadhäsive erhöhen die Dichtigkeit des Randspaltes und verringern die Bildung von Mikrorissen, was zu weniger Verfärbungen in Marginalbereich und somit zu besseren ästhetischen Resultaten führt. Bei kurzen Zahn-

stümpfen oder ungenügender Retentionsform empfiehlt sich die Verwendung von Dentinadhäsiven und eines Kompositzementes zur Optimierung der Retention. Beim adhäsiven Zementieren sollte der Zement jedoch nicht nur an der Zahnhartsubstanz haften, sondern auch am Werkstück selbst.

Für Zirkonoxid gelten andere Regeln als für konventionelle Silikatkeramiken, um einen dauerhaften Verbund zu schaffen. Werden Silikatkeramiken mit Flusssäure geätzt, entsteht an der Oberfläche ein Retentionsmuster, das eine Mikroverzahnung mit dem Komposit ermöglicht. Eine Silanapplikation liefert zusätzlich einen chemischen Verbund und erhöht die Haftwerte. Die Verwendung des Kompositklebers Panavia (Fa. Kuraray Dental, Düsseldorf) nach Sandstrahlen der Oberfläche mit Aluminiumoxid (50 bis 110 µm, 2,5 bar) führt zu Haftwerten, die den klinischen Anforderungen bei weitem genügen^{5,19,22}. Dieser Kompositkleber enthält das adhäsive Phosphatmonomer MDP, das eine chemische Verbindung mit der Zirkonoxidoberfläche eingeht. Dass dieser Klebeverbund dauerhaft und stabil ist, konnte in einer Langzeituntersuchung, bei der die Probekörper einer 2-jährigen Wasserlagerung und thermischen Wechsellast ausgesetzt waren, bestätigt werden⁴³. Interessanterweise ist es viel schwieriger, auf Aluminiumoxid mit einfachen Mitteln einen adhäsiven Verbund zu erzielen³.

Diskussion

Bei Einzelkronen (Abb. 3 und 4) hat sich Vollkeramik im letzten Jahrzehnt dank entscheidender Fortschritte bei den Festigkeitswerten mit diversen Produkten im zahnärztlichen Alltag etabliert. Procera AllCeram, InCeram und Empress 2 sind Systeme, die sich in klinischen Langzeitstudien bewährt haben^{10,28,37,40}. Zirkonoxid besitzt signifikant bessere Material-

Abb. 3 Bei diesen vier Einzelkronen sind die Xawex-Zirkonoxidgerüste auf die Präparationsgrenze hin dünn auslaufend gestaltet worden. Dieses Gerüstdesign bietet eine optimale Stabilität im Randbereich



Abb. 4 Die vier Einzelkronen zur Sanierung des linken Oberkiefers sind mit Glasionomerzement konventionell eingesetzt worden



■ INNOVATIONEN

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung



Abb. 5 Im Gegensatz zu vollkeramischen Systemen mit geringeren Festigkeitswerten benötigt eine Versorgung mit Kronen und Brücken mit Zirkonoxidgerüsten eine wenig invasive Präparation. Besonders bei noch nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen ist dies von großer Bedeutung für den Erhalt der Vitalität

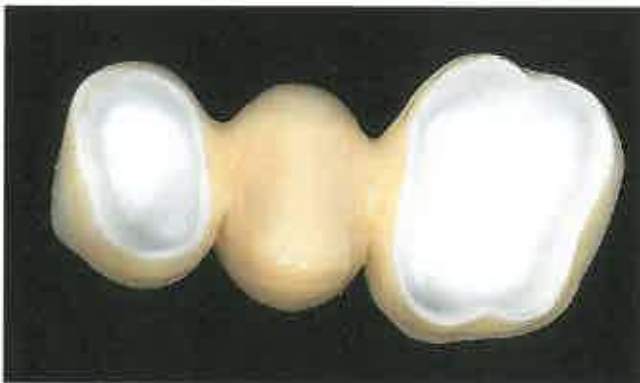


Abb. 6 3-gliedrige Brücken mit Gerüsten aus Zirkondioxid haben sich bereits in diversen Studien über viele Jahre bewährt.



Abb. 7 Die 3-gliedrige Xawex-Zirkonoxidbrücke zum Ersatz des zweiten Prämolaren in situ. Auch bei geringer Präparation bukkal und einem Gerüstdesign mit weißem Zirkonoxidrand bis zur Zahnoberfläche zeigt sich kein störender Einfluss auf die Lichtleitung im Bereich der Gingiva

eigenschaften und wird deshalb noch geringere Frakturraten aufweisen. Für den Zahnarzt drängt sich somit unweigerlich folgende Frage auf: Spielt es bei Einzelkronen bezüglich der intraoralen Lebensdauer überhaupt noch eine Rolle, ob eine metallkeramische oder eine Zirkonoxidkrone eingegliedert wird? Mit großer Wahrscheinlichkeit kann diese Frage mit nein beantwortet werden. Wer sichergehen will, muss natürlich die ersten klinischen Langzeitstudien abwarten. Wer aber den Laborversuchen glaubt, kann sich heute schon darauf verlassen, dass Zirkonoxid und Metallkeramik bezüglich der Frakturrate ebenbürtig sind³². Zu diesen Überlegungen kommt noch die Feststellung hinzu, dass viele metallkeramische Kronen nach langer Tragedauer nicht etwa wegen einer Fraktur, sondern nur deshalb ersetzt werden müssen, weil sich ein störender Metallrand mit einer dunklen Wurzel zeigt. Dieser ästhetisch ungünstige Aspekt kann mit einer vollkeramischen Krone verhindert oder zumindest abgeschwächt werden.

Für vollkeramische Brücken gelten wieder andere Regeln. Vor allem im Seitenzahnggebiet treten Kaukräfte von bis zu 880 N auf¹⁷. Brücken mit Gerüsten aus InCeram Alumina oder Empress 2 müssten mit derart großen und somit überkonturierten Verbindern hergestellt werden, dass die klinische Indikationsbreite aus diversen Gründen massiv eingeschränkt wäre. Diese Materialien können in speziellen Fällen für 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich empfohlen werden, nicht jedoch im Bukkalsegment. Dank der überragenden Materialeigenschaften von Zirkonoxid wird immer mehr geprüft, wie sich dieses Material im Seitenzahnggebiet verhält. Um Zirkonoxidbrücken klinisch zu testen, laufen an drei Universitäten (Aachen, Homburg, Zürich/Schweiz) klinische Studien^{31,35,41}. In allen drei Untersuchungen sind bislang keine Gerüstfrakturen aufgetreten. Es scheint sich daher zu erweisen, dass mit Zirkonoxid zum ersten Mal in der Geschichte der Zahnmedizin ein vollkeramisches Material zu Verfügung steht, das für die Verwendung als Brückengerüst im Front- und Seitenzahnggebiet geeignet ist.

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen eine typische 3-gliedrige Brücke im Seitenzahnggebiet. Mit dem Xawex-System lassen sich auch problemlos 4- und mehrgliedrige Brücken jeder gewünschten Spannweite herstellen. In den Abbildungen 8 bis 16 ist das Vorgehen im Fall einer 10-gliedrigen Oberkieferbrücke mit bis zu drei Zwischengliedern nebeneinander dargestellt. Die Abbildungen 17 bis 24 zeigen eine totale Ober- und Unterkieferrekonstruktion mit zwei 5-gliedrigen, einer 6- und einer 7-gliedrigen Brücke. Der Fall einer 10-gliedrigen rein implantatgetragenen Brücke mit einem Zirkonoxidgerüst wird in den Abbildungen 25 bis 31 vorgestellt. Sicherlich müssen diese vielgliedrigen Brücken zum heutigen Zeitpunkt noch als experimentell bezeichnet werden, denn für 4- und mehrgliedrige Brücken existieren bisher zu wenig

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung



Abb. 8 Der Ausgangsbefund zeigt eine ästhetisch unbefriedigende 9-gliedrige metallkeramische Brücke im Oberkiefer. Die Patientin wünschte eine ästhetisch optimierte metallfreie Neuversorgung mit einer zusätzlichen Prämolarenextension links



Abb. 9 Das 10-gliedrige Zirkonoxidgerüst vor dem Heraustrennen aus dem Xawex-Rohling in der Grünphase. Während des folgenden Sinterprozesses zum Erreichen der definitiven Form und Endfestigkeit wird das Gerüst um ca. 20 % schrumpfen



Abb. 10 In der Grünphase kann das Gerüst mit entsprechenden Schleifinstrumenten einfach und effizient bearbeitet werden



Abb. 11 Der Oberkiefer von okklusal mit den aufgebauten Kieferkämmen und den präparierten Zahnstümpfen



Abb. 12 Das Xawex-Zirkonoxidgerüst für eine 10-gliedrige Brücke mit distaler Extension links und dasjenige für eine Einzelkrone auf dem zweiten Prämolaren rechts bei der klinischen Einprobe



Abb. 13 Das 10-gliedrige Xawex-Zirkonoxidgerüst und das Gerüst für die Einzelkrone bei der Einprobe. Die Weichgewebe sind gegenüber dem in Abbildung 8 dargestellten Ausgangsbefund parodontalchirurgisch mit Kammaufbauten aus Weichgewebe sowie durch Rezessionsdeckungen und Pfeilerverlängerungen harmonisiert worden

■ INNOVATIONEN

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung



Abb. 22 Die vollkeramische Sanierung des Ober- und Unterkiefers mit Xawex-Zirkonoxidgerüsten im Durchlicht (insgesamt 25 Einheiten)



Abb. 23 Ein ästhetisch und funktionell erfolgreicher Behandlungsabschluss. Die Patientin wünschte den gleichen hellen Farbton, wie er schon bei der ursprünglichen Arbeit zu sehen ist (vgl. Abb. 17)



Abb. 24 Die Gingiva zeigt sich mit der neuen vollkeramischen Rekonstruktion praktisch entzündungsfrei und stellt im Gegensatz zur Ausgangssituation (vgl. Abb. 18) keinen Grund zur Beunruhigung dar

das Metallgerüst bei der Einprobe zwar perfekt passt, nach dessen Verblendung mit Schichtkeramik aber plötzlich nicht mehr. Die Gerüste haben sich nach den multiplen Brennzyklen verzogen.

Kompositzemente können die klinischen Frakturraten einzelner vollkeramischer Systeme erhöhen²⁶. Die hohe Eigenstabilität des Zirkonoxidgerüsts benötigt den „Verstärkungseffekt“ des Kompositzementes höchstwahrscheinlich nicht mehr. Ebenso ist berichtet worden, dass die Elastizitätskoeffizienten der Stumpfmateriale einen Einfluss auf die Frakturresistenz verschiedener vollkeramischer Kronensysteme haben^{21,36}. Ob dies ebenso für Kronen mit Zirkonoxidgerüsten gilt, bleibt abzuklären.

Die meisten Zahnärzte bevorzugen einen konventionellen Zement (Glasionomer-/Zinkoxidphosphatzement) für die Befestigung ihrer Kronen und Brücken. Bereits mit Procera-

AllCeram-Kronen (Gerüste aus Aluminiumoxid) hat sich in der Praxis das konventionelle Zementieren mit Zinkoxidphosphatzement bewährt. Restaurationen mit Zirkonoxidgerüsten dürften sich ebenso verhalten^{28,38}.

Die adhäsive Zementierungstechnik wird besonders in den zwei folgenden klinischen Situationen empfohlen: Weist die Krone aufgrund eines kurzen Stumpfes oder fehlender retentiver Präparation eine suboptimale Retentionsform auf, reduziert die Verwendung eines Kompositzementes das Risiko des Retentionsverlustes. Wenn die Ästhetik eine wichtige Rolle spielt, ist das adhäsive Einsetzen der Zirkonoxidrestauration ebenfalls zu empfehlen. Der korrekte Gebrauch eines Kompositzementes mit dem passenden Dentinkleber bietet die größte Wahrscheinlichkeit, dass im Spaltbereich keine Mikrorisse auftreten. Solche Risse können zu einer ästhetisch störenden Grauverfärbung im Randbereich der vollkerami-

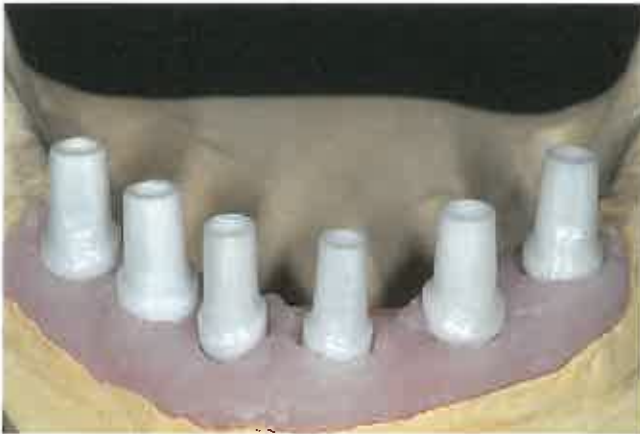


Abb. 25 ZiReal-Abutments aus Zirkonoxid (Fa. 3i Implant Innovations, Karlsruhe) auf sechs Implantaten bei dem Meistermodell einer festsitzenden Unterkieferrekonstruktion. Die Abutments sind untereinander durch geringfügiges Schleifen parallelisiert worden



Abb. 26 Das Zirkonoxidgerüst für die 10-gliedrige totale Brücke auf den ZiReal-Abutments zur Einprobe im Mund des Patienten

Abb. 27 Das Zirkonoxidgerüst wird mit Sinterkeramik verblendet. Auch bei multiplen Brennzyklen treten keine Verzüge des Gerüsts auf



Abb. 28 Die aufgeschraubten ZiReal-Abutments werden intraoral mittels eines Kompositklebers mit der fertig aufgebrannten Zirkonoxidbrücke verbunden. Dieses Vorgehen erlaubt die Herstellung einer absolut spannungsfreien Brücke auf mehreren Implantaten



Abb. 29 Die bedingt herausnehmbare, spannungsfreie, rein implantatgetragene, 10-gliedrige vollkeramische Brücke auf sechs Implantaten

■ INNOVATIONEN

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung



Abb. 30 Die Detailansicht zeigt die in die Zirkonoxidbrücke eingeklebten ZiReal-Abutments, welche am apikalen Ende ein integriertes Titaninsert zwecks Optimierung der Verbindung zum Implantatkopf aufweisen



Abb. 31 Die mit einem Xawex-Zirkonoxidgerüst unterstützte totale vollkeramische Unterkieferbrücke auf sechs Implantaten in situ. Die Zugangsöffnungen zu den Abutmentschrauben sind noch provisorisch verschlossen

schen Krone führen. Dies gilt vor allem dann, wenn der Stumpf zahnfarben und die einzusetzende Restauration sehr dünn und somit sehr transparent ist.

Sandstrahlen mit Aluminiumoxid zur Optimierung der Mikroretention sowohl beim adhäsiven als auch beim konventionellen Einsetzen scheint keinen negativen Einfluss auf die Frakturanfälligkeit zu haben. Zirkonoxid ist offensichtlich eine der wenigen Keramiken, bei denen durch die Bearbeitung mit dem Sandstrahlgerät keine Mikrorisse induziert werden³⁰. In einer Studie mit Wurzelstiften aus Zirkonoxid konnte sogar gezeigt werden, dass die Stifte in der Gruppe mit Sandstrahlen eine signifikant höhere Frakturrestistenz aufwiesen als in der Gruppe ohne Sandstrahlen²⁷.

Ebenso wie bei metallkeramischen Restaurationen sind auch bei keramisch verblendeten Arbeiten mit Zirkonoxidgerüsten gelegentlich Misserfolge durch Abplatzungen der Verblendkeramik zu beobachten^{2,35}. Dabei kann die Frakturlinie innerhalb der Verblendkeramik verlaufen, während das Zirkonoxidgerüst nach wie vor von einer Schicht Sinterkeramik bedeckt ist (Kohäsivbruch). Unter Umständen splittert aber auch die gesamte Sinterkeramik ab, so dass das Zirkonoxidgerüst teilweise freiliegt (Adhäsivbruch). In vielen klinischen Fällen kann vor einer Neuherstellung der gesamten Arbeit eine intraorale Reparatur mit einem lichtsicher härtenden Komposit versucht werden. Bei einem Kohäsivbruch ist es möglich, zur Vorbehandlung die Verblendkeramikoberfläche mit Flusssäure anzuätzen und zu silanisieren. Bei einem Adhäsivbruch mit freiliegendem Zirkonoxid kann das Gerüst zuerst sandgestrahlt und dann die umliegende Verblendkeramik mit Flusssäure angeätzt und silanisiert werden. Der beste Verbund zwischen Komposit und Zirkonoxid lässt sich durch Auftrag einer dünnen Schicht Panavia als so genannter Haftvermittler erzielen⁴³.

Als häufiges Problem bei überkronen Zähnen werden Pulpanekrosen beschrieben¹⁴. Auch bei vollkeramischen Kronensystemen treten nach wie vor Pulpanekrosen auf, z. B. bei 2 % in der Procera-AilCeram-Studie²⁸. Die in diesen Fällen notwendige Wurzelkanalbehandlung erfordert eine Eröffnung des Kronendaches. Bei einem Zirkonoxidgerüst empfiehlt es sich, dies mit einem Diamantschleifer unter reichlicher Wasserkühlung vorzunehmen. Nach erfolgter endodontischer Behandlung wird die Krone mit einem Komposit wieder verschlossen. Als Glück im Unglück ist bei einer perforierten Zirkonoxidkrone sicherlich der Umstand zu werten, dass dabei auch mit perforiertem Dach im Vergleich zu anderen vollkeramischen Kronensystemen die größte Wahrscheinlichkeit besteht, dass die geschwächte Krone noch lange ihre Funktion erfüllen wird.

Filser et al.⁹ postulierten 2001, dass zu der Zeit keine kostengünstigen vollkeramischen Brücken verfügbar waren. In ihrer Publikation aus dem Jahr 1997⁸ hatte die Autorengruppe das DCM-System (direct ceramic machining) vorgestellt, das als erstes System überhaupt die Bearbeitung von Zirkonoxid in teilgesintertem Zustand erlaubt. Dadurch können die durchschnittlichen Fräszeiten zur Herstellung einer Gerüsteinheit von ca. 120 Minuten bei Hartbearbeitung auf ca. 20 Minuten reduziert werden (eigene Erfahrungswerte). Die anschließend noch notwendige Endsinterung im Ofen hat auf den Endpreis keinen wesentlichen Einfluss. In jedem Fall einen Einfluss hat jedoch die vom Zahntechniker benötigte Zeit, um die Gerüste auf dem Meistermodell aufzupassen. Dies muss in der Regel bei beiden Herstellungsmöglichkeiten im endgesinterten und somit weniger einfach zu bearbeitenden Zustand erfolgen und kann daher sehr viel Zeit und mithin auch Kosten verschlingen. Tendenziell scheint heute die Bearbeitung im Grünzustand immer beliebter zu

werden, da sie weniger zeitaufwändig und daher kostengünstiger ist. Die Gesteungskosten der Materialien sind ebenfalls von Bedeutung. In einer Xawex-Scheibe mit 100 mm Durchmesser im Grünzustand können je nach Größe bis zu 30 Einheiten platziert und gefräst werden.

In einer vom Verfasser geleiteten und in dessen Privatpraxis durchgeführten Prospektivstudie stehen seit März 2003 234 Xawex-Einheiten unter Beobachtung. Es handelt sich dabei sowohl um Einzelkronen als auch um mehrgliedrige Brücken (die weitspannigsten sind 10-gliedrig). Sämtliche hier gezeigten Fälle gehören ebenfalls zur Studie. Innerhalb der ersten 2 Jahre sind bei zwei Einheiten Komplikationen aufgetreten: Eine Molarenkrone musste zwecks endodontischer Behandlung perforiert werden, und bei einer Prämolarenkrone kam es zu einer Abplatzung in der Verblendkeramik

am palatinalen Höcker (Kohäsivbruch), welche mit Komposit repariert werden konnte. Beide Kronen befinden sich nach wie vor in situ. Naturgemäß liegen noch keinen längerfristigen Daten zur klinischen Bewährung von derartigen Restaurationen vor.

Danksagung

Der Autor dankt *Esther Grab* und *Mario Sisera* vom Zahntechnischen Labor ARTECO in Zürich/Schweiz für die ausgezeichnete Laborarbeit beim Verblenden der Gerüste sowie *Urban Maissen* vom Fräszentrum Xawex in Ebmatingen/Schweiz für deren Herstellung.

Literatur

1. Akagawa, Y., Ichikawa, Y., Nikai, H., Tsuru, H.: Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. *J Prosthet Dent* 69, 599-604 (1993).
2. Bell, A.M., Kurzeja, R., Gamberg, M.G.: Ceramometal crowns and bridges. Focus on failures. *Dent Clin North Am* 29, 763-778 (1985).
3. Blatz, M.B., Sadan, A., Kern, M.: Adhäsive Befestigung hochfester Vollkeramikrestaurationen. *Quintessenz* 55, 33-41 (2004).
4. Chevalier, J., Drouin, J.M., Cales, B.: Low temperature aging behaviour of zirconia hip joint heads. In: *Sedel, L., Rey, C. (eds): Bioceramics Vol. 10.* Elsevier, Amsterdam 1997, pp 135-137.
5. Derand, P., Derand, T.: Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 13, 131-135 (2000).
6. Duret, F.: Dental CAD-CAM six years after the first presentation at the 1985 A.D.F. Congress. *Actual Odontostomatol (Paris)* 45, 431-454 (1991).
7. Edelhoff, D., Sorensen, J.: Light transmission through all-ceramic framework and cement combinations. *IADR Abstr No 1779*, San Diego 2002.
8. Filser, F., Kocher, P., Lüthy, H., Schärer, P., Gauckler, L.: All ceramic dental bridges by direct ceramic machining (DCM). In: *Sedel, L., Rey, C. (eds): Bioceramics Vol. 10.* Elsevier, Amsterdam 1997, pp 433-436.
9. Filser, F., Kocher, P., Weibel, F., Lüthy, H., Schärer, P., Gauckler, L.J.: Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 4, 89-106 (2001).
10. Fradeani, M., Redemagni, M.: An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessenz Int* 33, 503-510 (2002).
11. Garvie, R.C., Urbani, C., Kennedy, D.R., McNeuer, J.C.: Biocompatibility of magnesia-partially stabilized zirconia (Mg-PSZ) ceramics. *J Mat Sci* 19, 3224 (1984).
12. Geis-Gerstorfer, J., Kanjantra, P., Pröbster, L., Weber, H.: Untersuchung der Bruchzähigkeit und des Rißwachstums zweier vollkeramischer Kronen- und Brückensysteme. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 685-691 (1993).
13. Glauser, R., Sailer, I., Wohlwend, A., Studer, S., Schibli, M., Schärer, P.: Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 17, 285-290 (2004).
14. Goodacre, C.J., Spolnik, K.J.: The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts. *J Prosthodont* 3, 243-250 (1994).
15. Helmer, J.D., Driskell, T.D.: Research on Bioceramics. Symposium on Use of Ceramics as Surgical Implants. Clemson University, South Carolina 1969.
16. Ichikawa, Y., Akagawa, Y., Nikai, H., Tsuru, H.: Tissue compatibility and stability of new zirconia ceramic in vivo. *J Prosthet Dent* 68, 322-326 (1992).
17. Kelly, J.R.: Ceramics in restorative and prosthetic dentistry. *Ann Rev Mater Sci* 27, 443-468 (1997).
18. Kelly, J.R., Giordano, R., Pober, R., Cima, M.J.: Fracture surface analysis of dental ceramics: clinically failed restorations. *Int J Prosthodont* 3, 430-440 (1990).
19. Kern, M., Wegner, S.M.: Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 14, 64-71 (1998).
20. Koutayas, S.O., Kern, M.: Vollkeramische Stiftkernaufbauten – Stand der Technik. *Quintessenz* 50, 701-711 (1999).
21. Lee, S.K., Wilson, P.R.: Fracture strength of all-ceramic crowns with varying core elastic moduli. *Aust Dent J* 45, 103-107 (2000).
22. Löffel, O., Lüthy, H., Filser, F., Gauckler, L., Schärer, P., Hämmerle, C.: Bond strength to Zirconia ceramic with different luting cements. *J Dent Res* 80, 662, Abstr 1084 (2001).
23. Luthardt, R., Holzhüter, M.S., Rudolph, H., Herold, V., Walter, M.H.: CAD/CAM-machining effects on Y-TZP zirconia. *Dent Mater* 20, 655-662 (2004).
24. Luthardt, R., Musil, R.: CAD/CAM-gefertigte Kronengerüste aus Zirkonoxid-Keramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 380-383 (1997).
25. Lüthy, H.: Strength and toughness of dental ceramics. In: *Mörmann, W.H. (ed): CAD/CIM in Aesthetic Dentistry.* Quintessence, Chicago 1996, pp 229-239.
26. Malament, K.A., Socransky, S.S.: Survival of Dicom glass-ceramic dental restorations over 16 years. Part III: Effect of luting agent and tooth or tooth-substitute core structure. *J Prosthet Dent* 86, 511-519 (2001).
27. Oblak, C., Jevnikar, P., Kosmac, T., Funduk, N., Marion, L.: Fracture resistance and reliability of new zirconia posts. *J Prosthet Dent* 91, 342-348 (2004).
28. Odman, P., Andersson, B.: Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 14, 504-509 (2001).
29. Paul, S.J., Werder, P.: Clinical success of Zirconium oxide posts with resin composite or glass-ceramic cores in endodontically treated teeth: A 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont* 17, 524-528 (2004).
30. Piconi, C., Maccauro, G.: Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 20, 1-25 (1999).
31. Pospiech, P.R., Rountree, P.R., Nothdurft, F.P.: Clinical evaluation of Zirconia-based all-ceramic posterior bridges: Two-year results. *IADR Abstr No 817*, Göteborg 2003.
32. Potiket, N., Chiche, G., Finger, I.M.: In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 92, 491-495 (2004).
33. Rekow, E.D.: High-technology innovations – and limitations – for restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 37, 513-524 (1993).
34. Rieger, W.: Medical applications of ceramics. In: *Kostorz, G. (ed): High-Tech Ceramics: Viewpoints and Perspectives.* Academic Press, London 1989, pp 191-228.

■ INNOVATIONEN

Xawex-Zirkonoxid – ein neues Gerüstmaterial zur Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz mittels CAD/CAM-Bearbeitung

35. Sailer, I., Lüthy, H., Feher, A., Schumacher, M., Schärer, P., Hämmerle, C.: 3-year results of zirconia posterior fixed partial dentures made by Direct Ceramic Machining (DCM). *J Dent Res* 82 (Spec Iss B), Abstr 0074 (2003).
36. Scherrer, S.S., de Rijk, W.G.: The fracture resistance of all-ceramic crowns on supporting structures with different elastic moduli. *Int J Prosthodont* 6, 462-467 (1993).
37. Segal, B.S.: Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. *J Prosthet Dent* 85, 544-550 (2001).
38. Soderholm, K.J., Mondragon, E., Garcea, I.: Use of zinc phosphate cement as a luting agent for Denzir trade mark copings: an in vitro study. *BMC Oral Health* 3, 1 (2003).
39. Studart, A.: Vortrag an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich/ Schweiz am 28. Januar 2004 (Publikation in Vorbereitung).
40. Studer, S., Lehner, C., Brodbeck, U., Schärer, P.: Six-year results of leucite-reinforced glass ceramic crowns. *Acta Med Dent Helv* 3, 218-225 (1998).
41. Tinschert, J.: Vollkeramische Systeme – Professioneller Umgang für optimale Ergebnisse. Vortrag, 4. Keramik-Symposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e. V., Kiel, 12. Mai 2004.
42. Tinschert, J., Natt, G., Doose, B., Fischer, H., Marx, R.: Seitenzahnbrücken aus hochfester Strukturkeramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 54, 545-550 (1999).
43. Wegner, S.M., Kern, M.: Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2, 139-147 (2000).

Anmerkung der Redaktion

Medizinischer Fortschritt ist eng mit der Weiterentwicklung von Methoden, Materialien und Geräten verknüpft. Die Sektion „Innovationen“ bietet Ihnen aktuelle Informationen über Neuerungen auf dem Gebiet der Zahnmedizin. Nicht immer werden sich die hier beschriebenen Produkte und Verfahren bereits langfristig bewährt haben. An dieser Stelle können auch Ideen oder Arbeits-hypothesen formuliert werden. Die Sektion soll damit kreativen Autoren die Möglichkeit geben, sich der wissenschaftlichen Diskussion zu stellen.



