

Klinische Studie von Zirkonoxidbrücken im Seitenzahnggebiet hergestellt mit dem DCM-System

▼ Zusammenfassung

Zahnärztliche Therapien verlangen nach Rekonstruktionen von höchster ästhetischer Qualität und Biokompatibilität. Vollkeramische Rekonstruktionen vermögen diese Forderungen weitgehend zu erfüllen, vom Inlay bis zur Einzelkrone und kleinen Frontzahnbrücke. Bei mehrgliedrigen Brücken waren die interdentalen Verbinder (connectors) die Schwachstellen. Die Hochleistungskeramik ZrO₂-TZP könnte sich auf Grund eigener Laborversuche auch für mehrgliedrige Brücken im Seitenzahnggebiet eignen.

22 Seitenzahnbrücken mit Zirkonoxidgerüst (auf 19 Molaren und 25 Prämolaren) wurden mit dem DCM-Verfahren (Direct Ceramic Machining; ETH Zürich) hergestellt und klinisch eingesetzt. Sämtliche Brücken waren durch Antagonisten belastet. Nach einer Beobachtungszeit von durchschnittlich 385 Tagen (307 bis 488 Tage) waren alle 22 Brücken noch intakt. Weder Risse noch Absplitterungen konnten beobachtet werden. Die Patienten waren zufrieden mit den Zirkonoxidrekonstruktionen, insbesondere wurde die geringe Wärmeleitfähigkeit als angenehm empfunden. Ein sich ergebendes endodontisches Problem konnte nicht in Zusammenhang mit den vollkeramischen Brückengerüsten gebracht werden.

Die erfolgversprechenden Resultate dieser klinischen Studie gelten nur für mit dem DCM-Verfahren hergestellten Zahnersatz. Über mit anderen CAD/CAM-Systemen hergestellte Zirkonoxidbrücken kann keine klinische Aussage abgeleitet werden.

Acta Med Dent Helv 5: 131–139 (2000)

Schlüsselwörter: Zirkonoxid, CAD/CAM, Seitenzahnbrücken, Vollkeramik

Zur Veröffentlichung angenommen: 16. Oktober 2000

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Peter Schäfer, ZZMK Universität Zürich,
Postfach, Plattenstr. 11, CH-8028 Zürich,
Tel. ++41/1 634 32 51, Fax ++41/1 634 43 05
E-Mail: schaefer@zzmk.unizh.ch

BEAT STURZENEGGER*, AUREL FEHÉR*,
HEINZ LÜTHY*, MADELAINE SCHUMACHER*,
OLIVIER LOEFFEL*, FRANK FILSER**,
PETER KOCHER**, LUDWIG GAUCKLER** und
PETER SCHÄRER*

* Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde des Zentrums für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich

** Departement für Nichtmetallische Werkstoffe der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich

Einleitung

Aufgrund ungenügender mechanischer Festigkeit konnten vollkeramische Brücken bisher nur bei geringer Belastung und nur im Frontzahnggebiet eingesetzt werden (CALAMIA 1989, REID 1990). Sie galten jedoch als bruchgefährdet (ELMIGER et al. 1989, WOHLWEND et al. 1989). Die infiltrationskeramischen Systeme erreichten bisher die höchsten Biegefestigkeiten für Brückengerüste (LEHNER & SCHÄRER 1992). Nach anfänglichen klinischen Erfolgen (KAPPERT & KNODE 1990, KERN et al. 1991, SORENSEN et al. 1992) stellte sich heraus, dass glasinfiltrierte Alumina-Gerüste den Kaukräften im Seitenzahnbereich kaum standhielten, ausser die Verbindungsstellen wurden deutlich überdimensioniert. Klinische Erfahrung sowie Frakturanalysen zeigten, dass diese Verbinder (connectors) zwischen Krone und Pontics, ausgehend von der Gingivaseite, stark bruchgefährdet waren (KELLY et al. 1995). Aus diesen Gründen wurde der Einsatz von noch bruchzäherer Hochleistungskeramik für den Indikationsbereich «Seitenzahnggebiet» gefordert (HAHN et al. 1996).

Tab. I Materialeigenschaften verschiedener Dentalkeramiken im Vergleich

Material	Typ	Biegefestigkeit [MPa]	Zähigkeit [MPa m ^{1/2}]
Zirkonoxid [2]	dicht, gesintert	900	9
In-Ceram®	Glasinfiltriertes Al ₂ O ₃ ;		4,6 [3]
Alumina	(slip casting)	419 [1]	2,48 [4]
Vita Celay	Glasinfiltriertes Al ₂ O ₃ ;		
Alumina [1]	(industriell gefertigte blanks)	547	3,55
Dicor MGC [1]	Glaskeramik	220	2,02
IPS Empress [1]	Leuzitverstärkte Glaskeramik	182	1,77
Omega [1]	Feldspatkeramik	85	0,99

[1] LÜTHY 1996; [2] RIEGER 1989; [3] SEGHI et al. 1995; [4] GEIS-GERSTORFER et al. 1993

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften von Zirkonoxid (Tab. I) und der ersten klinischen Erfahrung mit Zirkonoxidstiften (MEYENBERG et al. 1995, KAPPERT et al. 1995, LÜTHY 1996, FISCHER 1998, FEHÉR et al. 1999) und -distanzhülsen (WOHLWEND et al. 1996, STUDER et al. 1996 a) und b), ZITZMANN & SCHÄRER 1997, WLOCHOWITZ et al. 1998) wurde versucht, das zahnärztliche Indikationsspektrum dieses Materials ins Seitenzahnggebiet zu erweitern. Zirkonoxid hat eine weisse Grundfarbe – eine gute Ausgangslage, um ästhetisch hochwertige Resultate zu erzielen. Trotz der für Hochleistungskeramiken typischen dichten Sinterung weisen die Zirkonoxidgerüste eine genügend hohe Transluzenz auf, um einen harmonischen Übergang von der Rekonstruktion zum Zahn zu ermöglichen. Auch der Forderung nach bestmöglicher Biokompatibilität (GARVIE et al. 1984, ICHIKAWA et al. 1992, AKAGAWA et al. 1993) konnte Zirkonoxid entsprechen. Die Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit von Zirkonoxid übertrifft alle bisher getesteten Dentalkeramikmaterialien. Die Tabelle I zeigt die Materialeigenschaften von verschiedenen Dentalkeramiken im Vergleich. Bezüglich Ermüdungsverhalten berichteten Autoren (GEIS-GERSTORFER & FÄSSLER 1999), dass die Dauerfestigkeit von Zirkonoxid die Werte von glasinfiltrierter Keramik um das Dreifache übertraf.

Die labortechnische Verarbeitung von Zirkonoxidkeramik zu individuell hergestellten Rekonstruktionen war bisher problematisch. Die herkömmlichen Sinter- und Presstechniken sind aufgrund der thermischen Schrumpfung des Materials ungeeignet, und die Bearbeitung industriell hergestellter dichtgesintertter Zirkonoxidrohlinge ist wegen der grossen Härte zeitaufwändig (GRABER & BESIMO 1994, HAHN et al. 1996, LUTHARDT & MUSIL 1996, LUTHARDT & MUSIL 1997, LUTHARDT et al. 1997 & 1998, GEIS-GERSTORFER & FÄSSLER 1999, LUTHARDT et al. 1999, TINSCHERT et al. 1999).

Ein neuartiges experimentelles Verarbeitungsverfahren, der DCM-Prozess (Direct Ceramic Machining Process; ETH-Zürich), sollte deshalb einerseits die Bearbeitungszeit verkürzen und andererseits die Bearbeitungswerkzeuge schonen. Dieses Verfahren basiert auf der Bearbeitung von Zirkonoxid im weichen, vorgesinterten Zustand (FILSER et al. 1997, FILSER et al. 1998).

Laboruntersuchungen von derart hergestellten 3-gliedrigen Testbrücken ergaben eine ca. 2,5-mal höhere Tragfähigkeit im Vergleich zu glasinfiltrierten Aluminiumoxidkeramikgerüsten (FILSER et al. 1998). Zusätzlich zeigten die Resultate dieser Vorversuche, dass die Verbinder für Brückengerüste, für einen allfälligen klinischen Einsatz im Seitenzahnggebiet, nicht unter 7 mm² liegen sollten (FILSER et al. 1998). Verbinder dieser Ausmasse erlauben feine und ästhetische Rekonstruktionen.

Ziel dieser Arbeit war, in einer klinischen Studie ca. 20 mit dem

DCM-System hergestellte Zirkonoxidbrücken bei Patienten einzusetzen und nach mindestens 12 Monaten Tragezeit zu untersuchen. Empfehlungen zur Pfeilerpräparation und zum Design des Zahnersatzes sollten erarbeitet werden.

Material und Methoden

22 Seitenzahnbrücken mit Zirkonoxidgerüst wurden mit dem DCM-Verfahren hergestellt und bei Patienten eingesetzt. Das verwendete Keramikmaterial war ZrO₂-TZP (Tetragonal Zirconia Polycrystals) stabilisiert mit 3 mol% Yttriumoxid. Das Verblendmaterial war eine experimentelle, für Zirkonoxid entwickelte Verblendkeramik. Patienten mit der typischen Indikation für eine Seitenzahnbrücke (Zahnücke mit parodontal möglichst gesunden Nachbarzähnen) wurden für die Studie ausgewählt. Bei der Indikationsstellung wurden dieselben Kriterien angewandt, die auch für eine Versorgung mit einer konventionellen VMK-Brücke gelten. Die Rahmenbedingungen der klinischen Untersuchung wurden durch eine Ethikkommission gutgeheissen (Informed consent, Helsinki 1989). Die experimentellen Zirkonoxidbrücken wurden den Patienten zu einem deutlich tieferen Preis angeboten, mit einer umfassenden Garantie im Falle eines Misserfolgs.

Patienten

Patienten aus allen Bevölkerungsschichten, Berufsgruppen und Alterskategorien hatten sich für diese klinische Studie interessiert. Einige Patienten mit unterdurchschnittlicher oraler Hygiene waren in der Studie ebenso vertreten wie solche mit optimalen hygienischen Verhältnissen. Ziel war es, in Bezug auf die Patientenauswahl dem klinischen Alltag des zahnärztlichen Privatpraktikers möglichst nahe zu kommen. Die Studie wurde von der Med.-eth. Kommission des ZZMK freigegeben (Nr. 7/97).

Behandler

Die Patienten wurden von zwei Zahnärzten, einem Privatpraktiker und einem Oberassistenten des ZZMK, behandelt. Fünf Brücken wurden im Rahmen des Studentenkurses (5. Studienjahr) am ZZMK eingesetzt.

Zahntechnikerin/Zahntechniker

Die mit der Herstellung der Zirkonoxidbrücken betraute Zahntechnikerin verfügte über eine entsprechende Berufserfahrung im Bereich der konventionellen Kronen- und Brückentechnik und im Bereich vollkeramischer Systeme. Sie hatte bereits in der Versuchs- und Entwicklungsphase der in-vitro-Untersuchungen mitgearbeitet.

Einige Brücken der klinischen Studie wurden ebenfalls von

Zahn Technikern mit Erfahrung im Bereich Kronen- und Brückentechnik hergestellt.

Behandlungsaufwand

Der Behandlungsablauf orientierte sich am Routinebetrieb in einer Privatpraxis. Von Behandlungsbeginn bis zum Einsetzen der Brücke wurden zwei bis drei Sitzungen aufgewendet. Die Farbauswahl erfolgte durch die Zahn technikerin oder den Zahn techniker.

Befundaufnahme

Folgende Befunde wurden für die Studie erhoben: Röntgenaufnahmen (Zahn röntgen bild) der Pfeilerzähne vor und nach der Versorgung, Vitalitätstest (Pfeilerzähne und Nachbarzähne), parodontaler Befund und fotografische Dokumentation (Okklusal- und Seitenansicht).

Vorbehandlung

Die zahn ärztliche Vorbehandlung der Nachbarzähne und des Restgebisses entsprach der konventionellen Kronen- und Brückentherapie für die VMK-Technik. Für das DCM-System war keinerlei spezielle Behandlung notwendig. Abb. 1 zeigt eine typische klinische Ausgangssituation, wie sie in dieser Studie häufig angetroffen wurde.

Zahnpräparation

Die Präparation der Nachbarzähne wurde entsprechend den Richtlinien für ästhetische Kronen- und Brückenprothetische Versorgung durchgeföhrt (Stufenpräparation). Die Präparationsformen für Molaren (Abb. 2) und Frontzähne (Abb. 3) wurde für das DCM-System wie folgt präzisiert: Zirkuläre Hohlkehle/Stufe, ca. 1,1 mm, Konizität: 6°–8°, Übergang Stumpfwand-Stufe gerundet, Stufenränder rechtwinklig finiert, Radien immer grösser als 0,65 mm, Ausschluss der Tangentialpräparation (Abb. 4) und Reduktion der Okklusalfächen um ca. 1,9–2,0 mm (Abb. 5).

Folgende Schleifkörper wurden verwendet: Präparations-Diamant 33 FG: 80 µm (Intensiv SA, CH-Montagnola) zylindrisch, vorne rund, Finierdiamant 4036 FG: 40 µm (Intensiv SA, CH-Montagnola) zylindrisch und Finiersteinchen TC 1 ISO 020 RA-0230 (Shofu, J-Kyoto).

Stumpfvorbehandlung

Frisch präparierte vitale Stümpfe wurden mit Desensitizer (Gluma; Heraeus AG, D-Dormagen) eingepinselt, um die angeschnittenen, offenen Dentinkanälchen zu schliessen

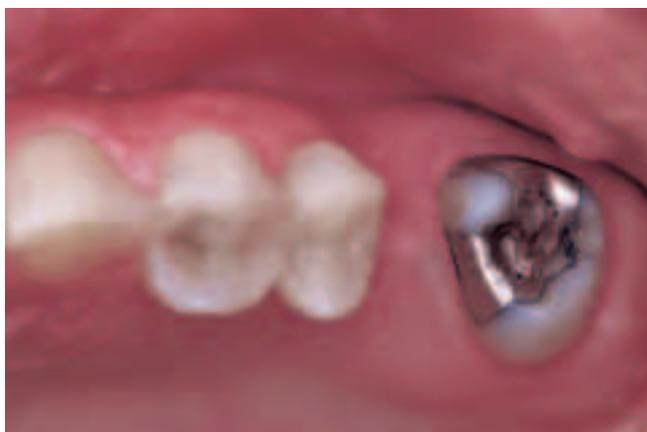


Abb. 1 Typische klinische Ausgangssituation: Fehlender Molar (Zahn 26) im Oberkiefer links

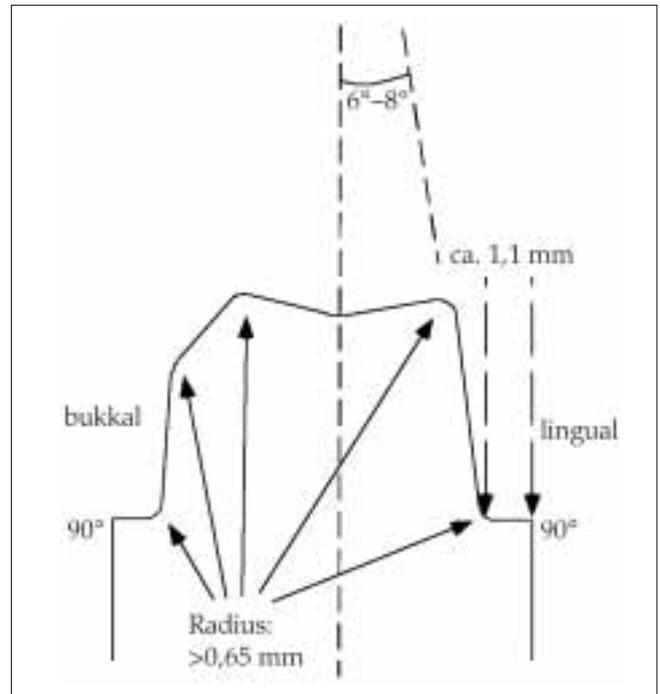


Abb. 2 Präparationsrichtlinien für Molaren; Kanten müssen immer gerundet werden, ausser am Präparationsrand

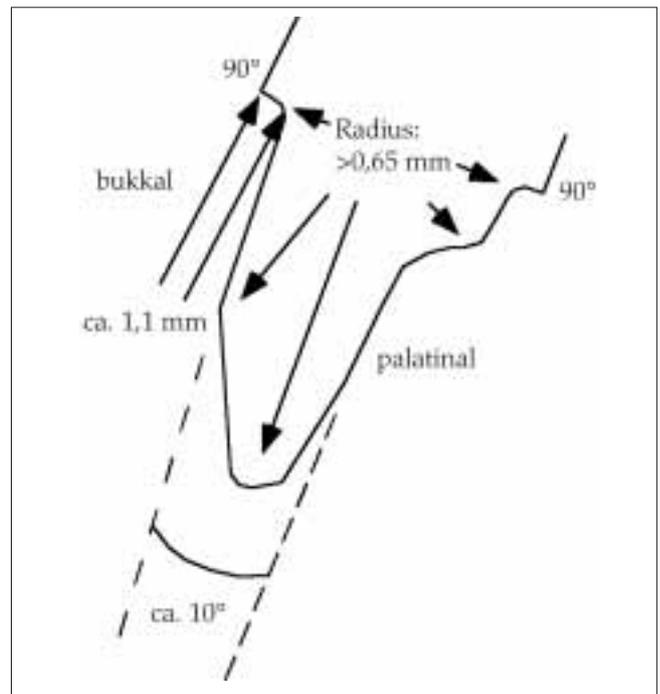


Abb. 3 Präparationsrichtlinien für Frontzähne; Kanten müssen immer gerundet werden, ausser am Präparationsrand

(Abb. 6).

Abformung

Die Abformung erfolgte mit einem Polyätherabformmaterial (Permadyne; Espe GmbH, D-Seefteld) und konfektionierten Metallabformlöffeln. Vor der Abformung wurden Retraktionsfäden der Stärke 00 bis 1 gelegt (Ultrapak; Ultradent, USA-South

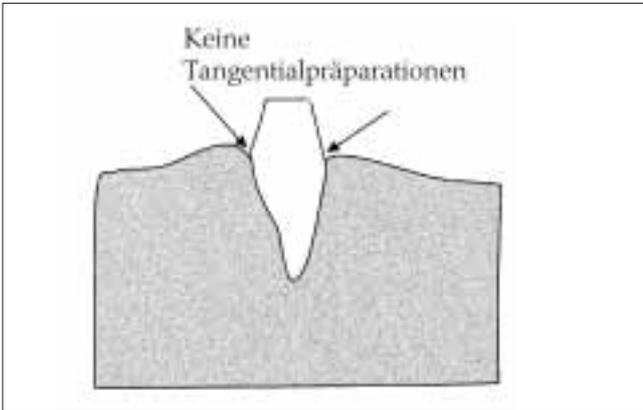


Abb. 4 Für das DCM-System ungeeignete Tangentialpräparation

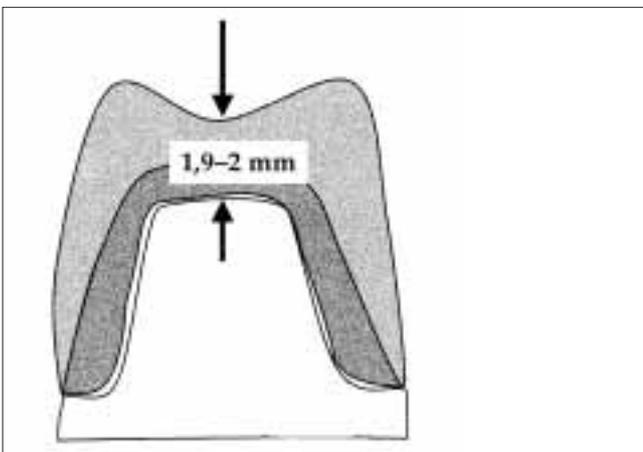


Abb. 5 Die okklusale Reduktion soll beim DCM-System ca. 1,9 mm betragen



Abb. 6 Präparation der Zähne 25 und 27

Jordan), um die Präparationsgrenze präzise darzustellen.

Provisorische Versorgung

Die Brückenprovisorien wurden mit Protimp Garant (Espe GmbH, D-Seefeld) unter Verwendung eines Silikonschlüssels (Optosil, Kulzer AG, D-Dormagen) direkt im Mund hergestellt, anschliessend nachbearbeitet, poliert und mit Temp-Bond (Kerr, CH-Basel) provisorisch zementiert. Diese Methode entsprach einem konventionellen, kostengünstigen Vorgehen in

der zahnärztlichen Privatpraxis.

Modellherstellung

Für die Herstellung der Meistermodelle und Teilausgüsse wurde Superhartgips (Fuji-Rock; GC, B-Leuven) verwendet. Neben dem Meistermodell wurden pro Brücke zwei bis drei Teilausgüsse zur Herstellung des Kompositgerüsts sowie für spätere Anpassarbeiten des Zirkonoxidgerüsts hergestellt.

Gerüsterstellung

Im zahntechnischen Labor wurde das Brückengerüst aus lichterhärtendem Komposit (Targis; Ivoclar AG, FL-Schaan) direkt auf die Stümpfe eines Teilausgusses modelliert (Abb. 7). Die Stümpfe wurden vorgängig mit zwei Schichten Distanzlack (Targis Modellisolierung; Ivoclar AG, FL-Schaan) beschichtet, wobei darauf geachtet wurde, dass die Stufen nicht bedeckt wurden. Das Gerüstdesign aus Komposit entsprach im Wesentlichen in Form und Ausdehnung der für Metallgerüste üblichen Wachsmodellation mit einer Schichtdicke von ca. 0,5 mm. Die Verbindungen wurden mit einem Querschnitt von ca. 7 mm² modelliert. Die Herstellung des Zirkonoxid-Brückengerüsts erfolgte mit einer experimentellen CAD/CAM-Fräsmaschine an der ETH-Zürich, entsprechend dem DCM-Verfahren. Das eingespannte Kompositgerüst wurde in einem ersten Schritt computergesteuert mechanisch abgetastet und digitalisiert (Abb. 8). Der Datensatz wurde anschliessend rechnerisch um ca. 20% linear vergrössert, um die Schrumpfung des Keramikrohlings, die bei der Dichtsinterung auftritt, zu kompensieren. Anschliessend wurde das Gerüst aus einem homogenporösen



Abb. 7 Brückengerüst aus Komposit



Abb. 8 Computergesteuerte Abtastung des Kompositgerüsts mit einer Tastspitze

Zirkonoxidrohling (experimentelle Herstellung ETH-Zürich) herausgefräst (Abb. 9) und danach bei einer Temperatur von ca. 1500 °C dichtgesintert (Abb. 10).

Gerüstverblendung mit Dentalkeramik

Zur Gerüstverblendung kam eine experimentelle Verblendkeramik zum Einsatz, deren Wärme-Ausdehnungskoeffizient (WAK) dem der Zirkonoxidgerüste angepasst war. Es standen vorerst sechs Dentin- und drei Schmelzfarben zur Auswahl



Abb. 9 Fräsvorgang des DCM-Systems beim Bearbeiten des 3-gliedrigen Brückengerüsts (DCM-Verfahren ETH-Zürich)



Abb. 10 Brückengerüst aus Zirkonoxid nach der Dichtsin-
terung (DCM-Verfahren ETH-Zürich)



Abb. 11 Eine mit experimenteller Dentalkeramik verblendete Zirkonoxidbrücke (Verblendung M. Schumacher)

(Abb. 11). Im Normalfall wurden drei bis vier Brände durchgeführt, beginnend bei einer Temperatur von 890 °C für den Dentinbrand, 880 °C für die Korrekturbrände und einen Schlussbrand bei 870 °C.

Zementieren

Nach Entfernung der Provisorien wurden die Stümpfe mit einer Bimssteinpaste (Pell-Ex; Hawe-Neos, CH-Bioggio) gereinigt und mit Wasser abgespült. Die Trockenhaltung des Arbeitsgebietes erfolgte mit intrasulkulär gelegten Retraktionsfäden (Ultra-pak® 0, Ultradent, USA-South Jordan).

Die vom Techniker gelieferten Brücken wurden nach Prüfung der Passgenauigkeit, der Kontaktpunkte und der Okklusion, zur Reinigung innen sandgestrahlt (Aluminiumoxid 100 µm, bei 2 bar) und anschliessend mit Alkohol abgespült. Die Brücken wurden danach adhäsiv mit einem chemisch härtenden, experimentellen Kunststoffzement (Ivoclar AG, FL-Schaan) und dem entsprechenden Adhäsivsystem «Syntac-plus» (Ivoclar AG, FL-Schaan) eingesetzt.

Übersicht der klinisch eingesetzten Brücken

Eingesetzt wurden 22 Brücken; 21 dreigliedrige und eine viergliedrige. Insgesamt wurden 25 Prämolaren sowie 19 Molaren überkront. Von den total 23 Zwischengliedern entfielen 11 auf einzelne Molaren, 10 auf einzelne Prämolaren sowie 2 auf ein Doppelprämolaren-Zwischenglied. Alle im Rahmen der Studie eingesetzten Brücken, insbesondere alle Zwischenglieder, waren durch Antagonisten belastet, 21-mal im Normalbiss und 1-mal im Kreuzbiss (Tab. II).

Nachkontrolle

Die 22 Brücken wurden nach einer Tragzeit von mindestens einem Jahr nachuntersucht. Dabei wurden die Patienten nach ihrer Zufriedenheit befragt und folgende Befunde aufgenommen:

Tab. II Verteilung der Pfeilerzähne und Zwischenglieder

Brücken-Nr.	Lokalisation	Pfeilerzahn		Zwischenglied	
		Molar	Prämolar	Molar	Prämolar
1	14-16	1	1		1
2	15-17	1	1	1	
3	25-27	1	1	1	
4	45-47	1	1	1	
5	45-47	1	1	1	
6	13-15		2		1
7	24-26	1	1		1
8	14-16	1	1		1
9	44-46	1	1		1
10	25-27	1	1	1	
11	45-47	1	1	1	
12	13-15		2		1
13	35-37	1	1	1	
14	35-37	1	1	1	
15	43-46	1	1		2
16	34-36	1	1		1
17	45-47	1	1	1	
18	34-36	1	1		1
19	43-45		2		1
20	35-37	1	1	1	
21	34-36	1	1		1
22	35-37	1	1	1	
		Total	Total	Total	Total
		19	25	11	12

men: Röntgenaufnahme (Zahnrontgenaufnahme), Vitalitätstest (Pfeilerzähne und Nachbarzähne), Paro-Sondierungsbefund (4 Werte pro Zahn, Pfeilerzähne, Nachbarzähne, Antagonisten), fotografische Dokumentation (Okklusal- und Seitenansicht), Beurteilung des Brückengerüsts (intakt; Bruch), Beurteilung der Verblendung (intakt; Risse; Absplittierungen), Randsondierung (nicht tastbar; <50% tastbar; >50% tastbar), Randverfärbung (verfärbt; nicht verfärbt) und Karies nach Eingliederung (Karies; keine Karies).

Resultate

Alle 22 Brücken blieben während der Beobachtungszeit von durchschnittlich 385 Tagen (307 bis 488 Tage) intakt (Tab. III). Es trat kein Gerüstbruch auf. Weder Rissbildung noch Absplittierungen der Verblendkeramik konnten festgestellt werden. Der Randspalt war bei einigen Brücken tastbar, ohne sich aber während der Beobachtungszeit verändert zu haben. Randverfärbungen oder Karies wurden nicht festgestellt. An einem Prämolaren (Brücke Nr. 8) waren ein Vitalitätsverlust, eine periapikale Aufhellung sowie eine Fistelbildung nach bukkal zu verzeichnen. Die parodontalen Sondierungstiefen verhielten sich klinisch unauffällig. Alle Patienten waren mit ihren Rekonstruktionen sehr zufrieden.

Diskussion

Alle 22 Brücken, sowohl deren Gerüste als auch die Verblendkeramik, haben diese klinische Untersuchung nach einem Jahr unbeschadet überstanden. Abb. 14 und Abb. 15 zeigen eine typische Rekonstruktion wie sie sich in dieser Untersuchung nach ca. 13 Monaten präsentierten. Klinisch konnten keine Gebrauchsspuren (Schliffacetten, kleinste Keramikfrakturen) festgestellt werden. Allerdings war die Beobachtungsperiode für festsitzende Rekonstruktionen ziemlich kurz; Langzeitergeb-



Abb. 12 Weitspännige Lücke (5 Elemente) vom Zahn 13 zum Zahn 17



Abb. 13 Verblendete 5-gliedrige Zirkonoxidbrücke zur Versorgung der Lücke 13–17

Tab. III Klinische Nachuntersuchung der Zirkonoxidbrücken nach durchschnittlich 385 Tagen. Alle Gerüste und Verblendungen waren noch intakt.

Brücken-Nr.	Lokalisation	Beobachtungszeit (Tage)	Gerüst intakt	Verblendung intakt	Rand tastbar		
					nein	<50%	>50%
1	14–16	453	X	X		X	
2	15–17	488	X	X		X	
3	25–27	477	X	X		X	
4	45–47	477	X	X		X	
5	45–47	399	X	X		X	
6	13–15	391	X	X		X	
7	24–26	391	X	X		X	
8	14–16	392	X	X		X	
9	44–46	386	X	X	X		
10	25–27	432	X	X	X		
11	45–47	373	X	X	X		
12	13–15	373	X	X	X		
13	35–37	373	X	X	X		
14	35–37	373	X	X		X	
15	43–46	370	X	X		X	
16	34–36	370	X	X		X	
17	45–47	340	X	X			X
18	34–36	328	X	X	X		
19	43–45	328	X	X	X		
20	35–37	327	X	X	X		
21	34–36	315	X	X			X
22	35–37	307	X	X		X	

nisse (3- und 5-Jahresresultate) müssen abgewartet werden. Fehlende Zähne, auch im Seitenzahnggebiet, könnten vielleicht in Zukunft mit vollkeramischen Brücken ersetzt werden. Bisherige Untersuchungen mit 3-gliedrigen Vollkeramikbrücken kamen zum Schluss, dass diese, wenn überhaupt, vorerst nur bis zu den Prämolaren eingesetzt werden sollten (ELMIGER et al. 1989, WOHLWEND 1989, SORENSEN 1999). Eine Untersuchung mit In-Ceram-Einzelkronen- und Brückenrekonstruktionen kam ebenfalls zum Schluss, dass sich Einzelkronen vor allem im Frontzahnbereich (4-Jahresresultate) bewähren. Brückenrekonstruktionen wurden aufgrund von Frakturen sehr zurückhaltend beurteilt (POSPIECH et al. 1996).

Zahnpräparationen

Während der klinischen Untersuchung zeigte sich, dass sich jeder Zahnarzt vor dem Einsatz des DCM-Systems im Klaren sein musste, wie das System arbeitete um Fehler zu vermeiden. Zusammenfassend wurden folgende Richtlinien erstellt:

1. Nicht parallel präparieren, weder am Einzelstumpf noch an Pfeilerwänden innerhalb einer Brücke. Konizität einhalten.
2. Unter sich gehende Stellen vermeiden. Der Fräser ist nicht in der Lage, unter sich gehende Stellen zu bearbeiten. Im Zweifelsfall müssen solche Stellen auf dem Gipsmodell ausgeblockt werden.
3. Keine Tangentialpräparationen. Diese Präparationsform ist für dieses System nicht geeignet (Abb. 4). Bei auslaufenden Rändern und unklaren Präparationsgrenzen wurde die Mindestschichtdicke der Gerüste von 0,5 mm unterschritten; Gerüstfrakturen könnten die Folge sein (Abb. 16).
4. Okklusale Reduktion von ca. 1,9 mm einhalten (Abb. 5).
5. Saubere und klare Präparationsformen und Präparationsgrenzen. Die Tastspitze war nicht in der Lage, kleinste Rillen, Mulden und Imperfektionen durch eine unsachgemäße Zahnpräparation abzutasten und wiederzugeben. Je sauberer und einfacher die Zahnpräparation war, um so besser passten die Gerüste nach dem Dichtsintern.

Indikationen

Grundsätzlich können mit dem DCM-Verfahren sämtliche kronen- und brückenprothetischen Arbeiten hergestellt werden. Ausserhalb dieser ersten klinischen Serie wurden auch Einzel-

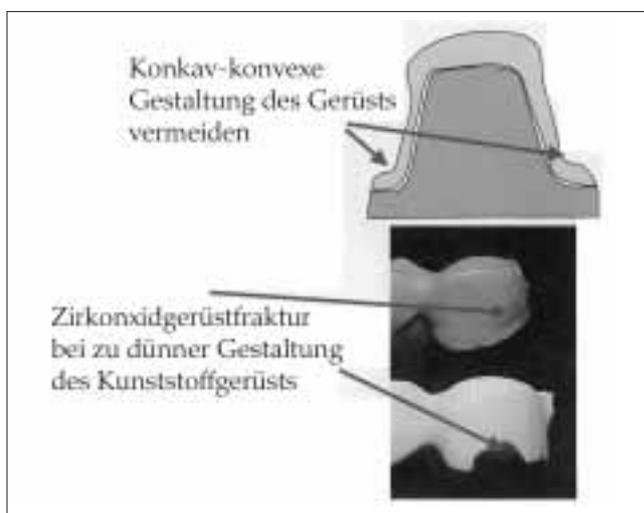


Abb. 16 Unter sich gehende Stellen und eine zu dünne Gerüstgestaltung müssen vermieden werden, da sonst Keramikfrakturen auftreten können



Abb. 14 3-gliedrige Zirkonoxidbrücke nach der Zementierung



Abb. 15 3-gliedrige Zirkonoxidbrücke ca. 13 Monate nach der Eingliederung

kronen, 4-gliedrige und 5-gliedrige Brücken (Abb. 12; Abb. 13) klinisch eingesetzt. Ob sich auch diese bewähren, wird sich in zukünftigen Langzeituntersuchungen zeigen. Einzelkronen dürften sich bewähren, wenn die 3-gliedrigen Brücken erfolgreich sind. Aufgrund der überragenden mechanischen Eigenschaften von Zirkonoxid scheint es wahrscheinlich, dass auch 4- und 5-gliedrige Brücken erfolgreich eingesetzt werden können. Autoren, welche Vollkeramikronen auf Aluminiumoxidbasis (Procera) einsetzten, konnten ebenfalls ermutigende Resultate, sogar nach 5 Jahren klinischer Tragezeit, vorweisen, allerdings nur von Kronen und nicht von Brücken (ODEN et al. 1998). Die Tatsache, dass in der vorliegenden Untersuchung nicht einmal bei sehr kräftigen Patienten, die ihre eigenen Zähne durch Bruxismus stark zerstört hatten, Gerüstfrakturen festgestellt wurden, bestätigten die hohen Erwartungen aufgrund der Laborversuche. Ebenfalls erfolgversprechend verhielt sich die verwendete Verblendkeramik. Obwohl diese sich noch im Experimentalstadium befand, waren in dieser Versuchsperiode weder Rissbildung noch Absplitterungen festzustellen.

Die hohe Patientenzufriedenheit war typisch für kronen- und brückenprothetische Rekonstruktionen und konnte nicht allein in Zusammenhang mit dem verwendeten Gerüstmaterial gebracht werden. Die Verwendung des biokompatiblen Zirkonoxidgerüsts war jedoch für einige Patienten der ausschlaggebende Grund, sich an der Studie zu beteiligen; sie äusserten sich in

der Folge durchweg positiv zum Tragekomfort und hatten keinerlei allergische Probleme oder Missemfindungen wie Metallgeschmack o.ä. Patienten berichteten eher über eine angenehme thermische Isolationswirkung der Rekonstruktionen; Temperaturveränderungen wurden weniger stark wahrgenommen. Der eine klinische Fall, welcher endodontisch nachbehandelt werden musste (Zahn 14; Brücke Nr. 8), konnte nicht in Zusammenhang mit den in der Studie verwendeten Materialien gebracht werden. Auch bei der Insertion von konventionellen VMK-Brückenrekonstruktionen können die Pulpagewebe der Pfeilerzähne in der Folge der Präparation früher oder später nekrotisieren. Für die Untersuchung von Bedeutung war aber der Umstand, dass die Zirkonoxidbrücken schnell und problemlos mit dem Luftturbinenwinkelstück (Airotor) und einem grobkörnigen Diamantschleifinstrument (80 µm) trepaniert werden konnten. Nach der konventionellen endodontischen Behandlung wurde die Öffnung mit Komposit verschlossen. Da sich kein Metallgerüst unter der Verblendkeramik befand, war die Öffnung nach Verschluss kaum mehr sichtbar.

Zusammenfassend schien diese 1-jährige klinische Untersuchung darauf hinzudeuten, dass mit dem vollkeramischen DCM-Verfahren die klassischen kronen- und brückenprothetischen Indikationen abgedeckt werden könnten. Im Rahmen dieser Forschung wurde noch kein klinischer Misserfolg festgestellt. Die erste eingesetzte Brücke war beim Verfassen dieser Arbeit zwei Jahre inkorporiert und ebenfalls noch in situ ohne Frakturen. Der Indikationsbereich erstreckte sich von Einzelkronen über die drei- und mehrgliedrige Brücke mit zwei oder mehreren verbleibenden Pfeilerzähnen. Der Vorteil gegenüber der konventionellen Metallkeramiktechnik lag eindeutig in der verbesserten Ästhetik und der Biokompatibilität des Gerüstmaterials, welches mit der Transluzenz und grazilen Verbinder eine ausgezeichnete «esthetic appearance» ermöglichte.

Verdankungen

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung durch das «Swiss Priority Program on Materials Research», PPM-Projekt 4.2.C (All-Ceramic Dental Bridge Prosthesis).

Ebenso richtet sich der Dank an Herrn N. Pietrobon und sein zahntechnisches Team, Herrn P. Grohmann, Herrn P. Weimar und V. Sen, für die Unterstützung.

Summary

Sturzenegger B, Fehér A, Lüthy H, Schumacher M, Filser F, Kocher P, Gauckler L und Schärer P: **Clinical evaluation in the posterior segments of zirconia bridges fabricated with the DCM-System** (in German). Acta Med Dent Helv 5: 131–139 (2000)

Today's dental reconstructive therapeutic concepts require restorations of high esthetic quality and excellent biocompatibility. Full ceramic reconstructions accomplish these requirements but only for anterior teeth and premolars. For all-ceramic bridges the mechanical strength was insufficient to withstand the posterior chewing forces. Frequently the interdental connectors cracked, and the only way to prevent these fractures was to overcontour the connectors to a size of approx. 16 mm². The high-tech ceramic zirconia is a potential alternative for three- to five-unit full ceramic bridges in the functionally loaded posterior segments.

Experimental zirconia bridges which were fabricated using the DCM-System (Direct Ceramic Machining System) at the ETH

Zurich, were first tested in vitro. The frameworks were digitally enlarged by 20% and were easily milled from a presintered yet porous zirconia blank. After the milling process, the framework was densely sintered and shrank to its original size.

Due to these positive in-vitro results a clinical investigation was started. 22 veneered zirconia bridges were luted; 19 molars and 25 premolars were prepared. The connectors, max. 7 mm², of all these bridges, have been functionally loaded by antagonists. After a mean observation time of 385 days (307 days to 488 days), all 22 bridges did not show any cracks in the framework or in the veneering porcelain. The patients commented particularly on the low heat conduction rate of zirconia. The only endodontic problem which occurred could not be directly connected to the type of bridge framework.

The reliability of zirconia bridges in this investigation was connected to the DCM-Process. No statement about other zirconia-systems can be made on the results of this study.

Résumé

Les critères thérapeutiques dentaires actuels requièrent des restaurations de haute qualité esthétique et d'excellente biocompatibilité. Il est possible de nos jours d'utiliser des reconstructions entièrement en céramique allant de l'inlay à la couronne unitaire et aux petits bridges antérieurs. Pour des bridges à plusieurs éléments, les zones interdentaires constituaient le point faible. Sur la base de nos propres recherches in-vitro, l'oxyde de zirconium (ZrO₂-TZP), une céramique technique, pourrait s'avérer être le matériau approprié pour des bridges postérieurs. Vingt-deux de ces bridges ont été fabriqués avec le système DCM (Direct Ceramic Machining; ETH Zurich) et placés cliniquement sur 19 molaires et 25 prémolaires. Tous ces bridges ont été soumis au régime de sollicitation des antagonistes. Après un temps moyen d'observation de 385 jours (de 307 à 488 jours), tous les bridges sont toujours dans un état intact (pas de microfissures, pas d'éclatement). Les patients se sont déclarés tout à fait satisfaits avec ces prothèses fixes et ont particulièrement appréciés la faible conductibilité thermique de la zircone. Un seul problème endodontologique est survenu, sans rapport avec la reconstruction entièrement en céramique.

Les résultats prometteurs de cette étude clinique ne sont valables que pour les bridges en zircone fabriqués au moyen du système DCM et ne peuvent être d'aucune manière transposés pour d'autres systèmes CAD/CAM usinant l'oxyde de zirconium.

Literaturverzeichnis

- AKAGAWA Y, ICHIKAWA Y, NIKAI H, TSURU H: Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia onosseous implant in initial bone healing. J Prosthet Dent 69: 599–604 (1993)
- CALAMIA J R: High-strength porcelain bonded restorations: anterior and posterior. Quintessence Int 20: 717–726 (1989)
- ELMIGER R, HAGMANN A, WOHLWEND A: Vollkeramikbrücken: Eine Utopie oder ist die Inkorporation solcher Brücken sinnvoll? Die Zahnmedizin 46: 15–18 (1989)
- FEHÉR A, EGGER B, LÜTHY H, SCHUMACHER M, LOEFFEL O, SCHÄRER P: ISO-Zementevalue und klinische Untersuchung von Zirkonoxidstiftaufbauten. Acta Med Dent Helv 4: 201–209 (1999)
- 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. Pergamon Press/ Elsevier Science Ltd, Oxford, pp 433–436 (1997)
- FILSER F, LÜTHY H, SCHÄRER P, GAUCKLER L: All ceramic dental bridges by direct ceramic machining (DCM). In: SPEIDEL M O, UGGOWITZER P J (Eds): Materials in Medicine. Hochschulverlag AG, ETH Zürich, pp 165–189 (1998)
- FISCHER H, EDELHOFF D, MARX R: Mechanische Beanspruchbarkeit von Zirkonoxid-Wurzelstiften. Dtsch Zahnärztl Z 53: 854–858 (1998)
- 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)
- GEIS-GERSTORFER J, KANJANTRA P, PRÖBSTER L, WEBER H: Untersuchung der Bruchzähigkeit und des Risswachstums zweier vollkeramischer Kronen- und Brückensysteme. Dtsch Zahnärztl Z 8: 685–691 (1993)
- GEIS-GERSTORFER J, FÄSSLER P: Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten der Dentalkeramiken Zirkonoxid-TZP und In-Ceram. Dtsch Zahnärztl Z 54: 692–694 (1999)
- GRABER G, BESIMO CH: Das DCS-Hochleistungskeramiksystem: Ein neuer Weg zur computergestützten Herstellung von metallfreien Zirkonoxid-Kronen und Brücken. Quintessenz Zahntech 20: 57–64 (1994)
- HAHN R, WOLF M, BREUNIG A: Hochleistungskeramik – eine aktuelle Standortbestimmung. Phillip J 9–10: 311–320 (1996)
- ICHIKAWA Y, AKAGAWA Y, NIKAI H, TSURU H: Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo. J Prosthet Dent 68: 322–326 (1992)
- KAPPERT H F, KNODE H: In-Ceram auf dem Prüfstand. Quintessenz Zahntech 16: 980–1002 (1990)
- KAPPERT H F, KNIPP U, WEHRSTEIN A, KMITTA M, KNIPP J: Festigkeit von Zirkonoxidverstärkten Vollkeramikbrücken aus In-Ceram. Dtsch Zahnärztl Z 50: 683–685 (1995)
- KELLY J R, TESK J A, SORENSEN J A: Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: analysis and modelling. J Dent Res 74(6): 1253–1258 (1995)
- KERN M, KNODE H, STRUB J R: The all-porcelain, resin-bonded bridge. Quintessence Int 22: 257–262 (1991)
- LEHNER C R, SCHÄRER P: All-ceramic crowns. Curr Opin Dent 2: 45–52 (1992)
- LUTHARDT R, MUSIL R: Das Precident DCS System für Kronen und Brücken. Phillip J 7–8: 217–225 (1996)
- LUTHARDT R, MUSIL R: CAD/CAM-gefertigte Kronengerüste aus Zirkonoxid-Keramik. Dtsch Zahnärztl Z 52: 380–384 (1997)
- LUTHARDT R, RIEGER W, MUSIL R: Grinding zirconia-TZP in dentistry – CAD/CAM-technology for manufacturing of fixed dentures. In: SEDEL L, REY C (Eds): Bioceramics vol. 10. Pergamon press/Elsevier Science Ltd, Oxford, pp 437–440 (1997)
- LUTHARDT R, HEROLD V, SANDKUHL O, REITZ B, KNAAK J P, LENZ E: Kronen aus Hochleistungskeramik. Zirkonoxid-Keramik, ein neuer Werkstoff in der Kronenprothetik. Dtsch Zahnärztl Z 53: 280–285 (1998)
- LUTHARDT R, SANDKUHL O, REITZ B: Zirconia-TZP and alumina-advanced technologies for the manufacturing of single crowns. Eur J Prosthodont Rest Dent 7: 113–119 (1999)
- LÜTHY H: Strength and toughness of dental ceramics. In: MÖRMANN W H (Ed): CAD/CIM in aesthetic dentistry. CEREC 10 Year Anniversary Symposium. Quintessence, Chicago, pp 229–240 (1996)
- MEYENBERG K, LÜTHY H, SCHÄRER P: Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. J Esthet Dent 7: 73–80 (1995)
- ODEN A, ANDERSSON M, KRYSZEK-ONDRACEK I, MAGNUSSON D: Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. J Prosthet Dent 80: 450–456 (1998)
- POSPIECH P, RAMMELSBERG P, UNSOLD F: A new design for all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures. Quintessence Int 27: 753–758 (1996)
- REID J S: Etch-retained porcelain laminate bridges. Restorat Dent 6: 18–18 (1990)
- RIEGER W: Medical applications of ceramics. In: KOSTORZ G (Ed): High-tech ceramics – viewpoints and perspectives. Academic Press, London, pp 1291–1228 (1989)
- SEGHI R R, DENRY I L, ROSENSTIEL S F: Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. J Prosthet Dent 74: 145–150 (1995)
- SOERENSEN J A, KNODE H, TORRES T J: In-Ceram all-ceramic bridge technology. Quintessence Dent Technol 15: 41–46 (1992)
- SOERENSEN J A, CRUZ M, MITO W T, RAFFEINER O, MEREDITH H R, FOSER H P: A clinical investigation on three-unit fixed partial dentures fabricated with a lithium disilicate glass-ceramic. Pract Periodont Aesthet Dent 11: 95–106 (1999)
- STUDER S, WOLWEND A, SCHÄRER P: Ein Behandlungskonzept für die Implantatversorgung der Einzelzahnücke unter Berücksichtigung parodontaler Aspekte bei Anwendung eines experimentellen Zirkonoxidkeramikabutments. Teil I: Indikationsstellung, chirurgische und parodontale Aspekte. Parodontologie 7: 35–57 (1996a)
- STUDER S, WOLWEND A, SCHÄRER P: Ein Behandlungskonzept für die Implantatversorgung der Einzelzahnücke unter Berücksichtigung parodontaler Aspekte bei Anwendung eines experimentellen Zirkonoxidkeramikabutments. Teil II: Prothetische und zahntechnische Erfahrungen. Parodontologie 7: 97–118 (1996b)
- TINSCHERT J, NATT G, DOOSE B, FISCHER H, MARX R: Seitenzahnbrücken aus hochfester Strukturkeramik. Dtsch Zahnärztl Z 54: 545–550 (1999)
- WLOCHOWITZ A, WOHLWEND A, SCHÄRER P: Das Zirkonoxidabutment – Ein klinischer Fallbericht. Implantologie 3: 281–294 (1998)
- WOHLWEND A, STRUB J R, SCHÄRER P: Metal ceramic and all-porcelain restorations: Current considerations. Int J Prosthodont 2: 13–26 (1989)
- WOHLWEND A, STUDER S, SCHÄRER P: Das Zirkonoxidabutment – ein neues vollkeramisches Konzept zur ästhetischen Verbesserung der Suprastruktur in der Implantologie. Quintessenz Zahntech 22: 364–381 (1996)
- ZITZMANN N U, SCHÄRER P: Klinisches Kompendium der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und Zahnärztliche Materialkunde – Band 3. Verlag KBM, Zürich, pp 43–49 (1997)