

# Passgenauigkeit von vollkeramischen Cerec-CAD/CIM-Frontzahnkronen und Frontzahnkronenkappen

## Zusammenfassung

Die marginale und interne Fugenbreite von Cerec-Frontzahnkronen ( $n=18$ ) und Frontzahnkronenkappen ( $n=18$ ) wurde an je 6 Modellzahnpräparationen mit unterschiedlichen Stufenverläufen untersucht: 1.) zirkulär auf einheitlichem Niveau verlaufende Stufe, 2.) mit approximal steilen Krümmungswinkeln (mesial  $90^\circ$ , distal  $110^\circ$ ) und 3.) mit approximal mässig steilen Winkeln (mesial  $130^\circ$ , distal  $150^\circ$ ). Die Frontzahnkronen wurden aus Mark-II-Keramik (Vita) und die Cerec-Kronenkappen aus In-Ceram-Spinell (Vita) auf CEREC-2-Geräten (Siemens) formgeschliffen. Als Kontrolle wurden handgeschlickerte In-Ceram-Spinell-Frontzahnkronenkappen ( $n=18$ ) hergestellt. Alle Rekonstruktionen wurden auf den Teststümpfen adhäsiv befestigt und die marginale Fugenbreite zirkulär bei 150facher Vergrösserung mit dem REM gemessen. Die Messung der internen Fugenbreite erfolgte auf die gleiche Weise an einem bucco-oral-mittigen Schnitt durch Krone und Stumpf.

Die marginale Fugenbreite der Mark-II-Frontzahnkronen ( $59,9 \pm 7 \mu\text{m}$ ) war signifikant ( $p < 0,01$ ) niedriger als die der Cerec-Kronenkappen ( $73,4 \pm 12 \mu\text{m}$ ) und der Schlickerkappen ( $75,5 \pm 17 \mu\text{m}$ ). Bezüglich der internen Fugenbreite lagen die Werte der Schlickerkappen ( $94,1 \pm 20 \mu\text{m}$ ) signifikant ( $p < 0,001$ ) niedriger als die der Mark-II-Frontzahnkronen ( $141,3 \pm 21 \mu\text{m}$ ) und der Cerec Kronenkappen ( $146,8 \pm 17 \mu\text{m}$ ).

Die mit dem Cerec-2-Gerät gefertigten Frontzahnkronen und Kronenkappen zeigten eine mit den handgeschlickerten In-Ceram-Spinell-Kronenkappen vergleichbare marginale Passgenauigkeit.

Acta Med Dent Helv 4: 29–37 (1999)

## Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. W. H. Mörmann, Station für Zahnfarbene und Computer-Restaurationen PPK, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universität Zürich, Plattenstr. 11, CH-8028 Zürich, Tel. 01/634 32 72, Fax 01/634 43 07  
E-Mail: moermann@zzmk.unizh.ch

SIMONE WINDISCH, ANDREAS BINDL und  
WERNER H. MÖRMANN

Station für Zahnfarbene und Computer-Restaurationen, Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich

## Schlüsselwörter:

CAD/CIM-Vollkeramikkrone, Frontzahnkrone, Frontzahnkronenkappe, marginale Passgenauigkeit, interne Passgenauigkeit

Zur Veröffentlichung angenommen: 4. November 1998

## Einleitung

Seit Einführung des Cerec-2-Gerätes (1994) ist es möglich, vollkeramische Seitenzahnkronen und Kronenkappen mit dem Gerät zu konstruieren und aus einem Keramikblock vollautomatisch formzuschleifen (CAD/CIM-Technologie = Computer Aided Design/Computer Integrated Machining). Eine Softwareerweiterung erlaubt nun auch die Herstellung von Frontzahnkronen aus Mark-II-Keramik. Dieses Material ist eine industriell vorgefertigte, homogene Feinpartikelfeldspatkeramik (Vita) mit einer Korngrösse von  $5 \mu\text{m}$  (DATZMANN 1996). Diese hat sich im Indikationsbereich für Inlays, Overlays, Veneers (MÖRMANN & KREJCI 1992, BRAUNER & BIENIEK 1996) bestens bewährt und ist auch für die Kronenherstellung im Front- und Seitenzahnbereich voll einsatzfähig (DEVIGUS 1997, MÖRMANN & BINDL 1998).

Kronenkappen können aus porös gesinterten Cerec Vitablocs Alumina und Spinell (In-Ceram, Vita) formgeschliffen und nach Lanthanglasinfiltration in weiteren zahntechnischen Arbeitsschritten aufgeschichtet werden (BINDL & MÖRMANN 1996). Labortechnisch hergestellte In-Ceram-Kronen haben sich sowohl klinisch (PRÖBSTER 1993, SCOTTI et al. 1995) als auch materialtechnisch (HÖLSCH & KAPPERT 1992) bewährt. Von Cerec-In-Ceram-Kronen kann aufgrund erster klinischer Erfahrungen wegen der optimierten Eigenschaften der fabriktechnisch hergestellten In-Ceram-Blöcke mindestens die gleiche Dauerhaftigkeit erwartet werden (BINDL & MÖRMANN 1996).

Die marginale Diskrepanz von In-Ceram-Kronen variierte in verschiedenen In-vitro-Untersuchungen stark. Die geringste Glasionomerzementstärkeschichtstärke von durchschnittlich 24 µm wurde für In-Ceram-Kronen auf Zahnstümpfen aus Epoxy-Harz mit Schulterpräparationen im Winkel von 50° bzw. 90° ermittelt (PERA et al. 1994).

Ein Vergleich der marginalen Passgenauigkeit konventionell hergestellter und kopiergeschliffener In-Ceram-Frontzahnkronen ergab mittlere Werte von 33,5 µm für die handgeschlickerten und 38 µm für die mit dem Celay-System gefertigten und jeweils lose aufgesetzten Kronen (RINKE et al. 1995). Dabei zeigten die Messwerte für die kopiergeschliffenen Kronen eine stärkere Streuung als bei der konventionellen Herstellung. GREY et al. (1993) massen in vitro eine durchschnittliche Randspaltbreite von 123 µm für mit Phosphatzement befestigte In-Ceram-Kronen. Auch SULAIMAN et al. (1997) erhielten in mikroskopischen Randspaltuntersuchungen mittlere Diskrepanzen von 161 µm für experimentell gefertigte und lose aufgesetzte In-Ceram-Frontzahnkronen.

Ziel der Studie war es, die marginale Passgenauigkeit und die interne Fugenbreite von formgeschliffenen Cerec-Frontzahnkronen und formgeschliffenen Cerec-In-Ceram-Kronenkappen bei unterschiedlichen Krümmungswinkeln im Verlauf der Stufenpräparation zu untersuchen.

## Material und Methode

### Präparationsformen

Untersuchungsgegenstand bildeten drei Frontzahn-Präparationsstypen, die experimentell mit unterschiedlichem approximalem Höhenverlauf der zervikalen Stufe präpariert wurden. Für die Präparationen wurden Modellzähne Typ AG 3 (Frasaco, Tettang) verwendet. Im Stumpfbereich wurden die drei Stufentypen annähernd gleich präpariert. Die inzisale Reduktion betrug 2,5 mm. Der Konvergenzwinkel lag bei etwa 6°, die oberen Hälften der Labialflächen wurden nach inzisal abgeschrägt. Die orale Stumpfreaktion um 1,5 mm bis 2 mm folgte der Zahnmorphologie. Scharfe Kanten und Grate wurden abgerundet bzw. geglättet (Abb. 1).

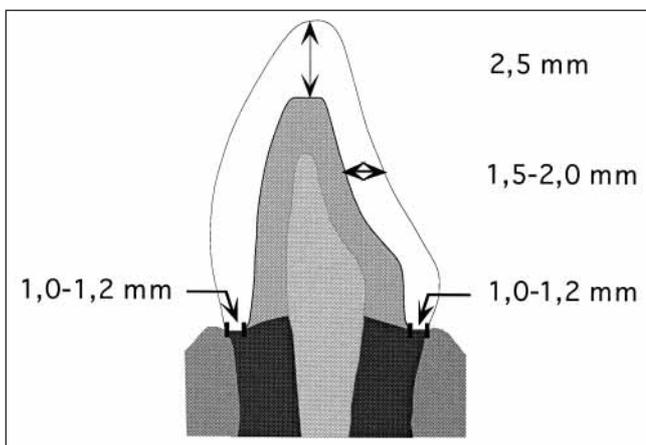


Abb.1 Präparations- und Kronenform mit Angabe der Stumpfmasse.

**Horizontale Stufe:** Im Bereich der labialen und oralen Schmelz-Zement-Grenze des Modellzahnes 22 wurde eine zirkulär auf gleicher Höhe verlaufende Stufe von ca. 1,2 mm Breite angelegt (Abb. 2a, b).

**Stufe mit approximalem Krümmungswinkel von 90°/110°:** Die Präparationsstufe folgte labial und palatinal dem Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze des Zahnes 21. Mesio-approximal wurde ihr Verlauf mit einem mittig steilen Krümmungswinkel von annähernd 90° gegen inzisal gestaltet. Distal wurde der Verlauf der Stufe mit einem mittig flacheren inzisalen Winkel von ca. 110° angelegt (Abb. 2c, d).

**Stufe mit approximalem Krümmungswinkel von 130°/150°:** An Zahn 41 folgte die zervikale Stufe zirkulär dem anatomischen Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze des Modellzahnes. Der grazilen Zahnmorphologie entsprechend betrug die Mindestbreite der Stufe 1 mm. An der mesialen Approximallfläche verlief die Stufe mit einem mässigen mittigen Krümmungswinkel von ca. 130°. Distal betrug der entsprechende Winkel 150° (Abb. 2e, f).

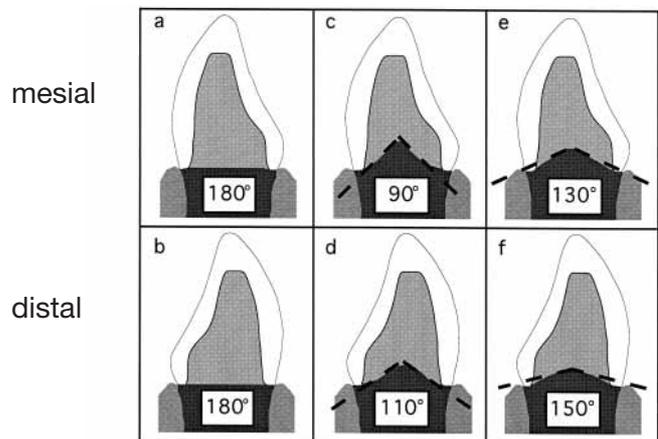


Abb. 2 Präparationsgrenzen in der Ansicht von mesio- und disto-approximal, a) & b) Zahn 22: Horizontale Stufe, c) & d) Zahn 21: Stufe mit Krümmungswinkel von 90° mesial und 110° distal, e) & f) Zahn 41: Stufe mit Krümmungswinkel von 130° mesial und 150° distal.

### Herstellung der Frontzahnkronen und -kappen

Zur Herstellung der Kronenkappen wurde die entsprechende Software vom Typ C.O.S. 4.30 B5 (1997) (Siemens) für Fingerschleifer mit dem Durchmesser 1,2 mm auf den Geräten Nummer 3589 und 1185 verwendet. Die Konstruktion der Frontzahnkronen erfolgte mit dem Kronenprogramm CROWN 1.10 B2 (1997) (Siemens) im Extrapolationsmodus mit Hilfe der Zahnbüchereidaten auf Gerät Nummer 1185. Die Konstruktion, die Geräteeinstellung und das Formschleifen der Frontzahnkronen und Frontzahnkronenkappen erfolgte nach dem von WINDISCH (1998) beschriebenen Vorgehen.

### Manuelles Aufpassen der Frontzahnrekonstruktionen

Die Passung der formgeschliffenen Frontzahnkronen und -kappen auf den Präparationen wurde mit einem farbigen Fettstift (Lippenstift, Lancaster Group, D-65189 Wiesbaden) kontrolliert. Die gekennzeichneten störenden Bereiche im Kappen- oder Kronenlumen wurden mit einem kopfseitig abgerundeten zylinderförmigen Diamantschleifkörper (Intensiv, Lugano, Intensiv-Nr. 38) der Körnung 40 µm bei niedriger Umdrehungszahl vorsichtig entfernt. Dieses Verfahren wurde so lange wiederholt, bis eine regelmässige Verteilung markierter Keramikareale im Stufenbereich eine gleichmässige Passung der Rekonstruktionen auf den Präparationen andeutete.

Eventuelle Passungenauigkeiten an den Kronenkappen wurden mit dem In-Ceram Optimizer (Vita) verbessert. Diese Randop-

timierung und die anschliessende Lanthanglasinfiltration der Kronenkappen erfolgte entsprechend der Vorgehensweise von WINDISCH (1998).

**Adhäsive Befestigung der Frontzahnrekonstruktionen**

Alle Zahnstümpfe wurden mit Alkohol entfettet und anschliessend mit dem lichthärtenden Adhäsiv Heliobond (Vivadent, FL-9494 Schaan) dünn benetzt. Dieses wurde mit 3 bar Luftdruck ausgeblasen und dann lichtgehärtet. Die Polymerisationszeit betrug 60 s bei direktem Kontakt zwischen Stumpf und Lichtaustrittsfenster.

**Kronenkappen:** Die adhäsive Befestigung der Kronenkappen erfolgte dann mit dem chemisch härtenden Zweikomponenten-Komposit Panavia 21 TC (Kuraray, NL-2003 RW Haarlem). Die mit angemischtem Panavia gefüllten Kappen wurden manuell auf die mit Heliobond adhäsiv vorbereiteten Stümpfe platziert und unter Fingerdruck mit ca. 50 N in ihrer Lage fixiert. Zur Vermeidung von Unterschüssen wurden die Kompositüberschüsse mit einer tangential an die Kappen- und Stumpfoberfläche angelegten zahnärztlichen Sonde entfernt. Zur Aushärtung des Kompositmaterials wurde die Befestigungsfuge mit Oxyguard II (Kuraray) abgedeckt. Der Fingerdruck wurde 7 min bis zur Aushärtung aufrechterhalten.

**Frontzahnkronen:** Die Innenfläche der Kronen wurde 60 s mit einem 4,9%-Flusssäure-Gel (Ceramics Etch, Vita) angeätzt, gut mit Wasser abgesprüht und mit dem Luftbläser getrocknet. Danach wurde eine Silanlösung (Monobond S, Vivadent) appliziert und nach einer Einwirkzeit von 60 s mit Pressluft trockengeblasen. Anschliessend wurde auf die angeätzte und silanisierte Kroneninnenfläche das lichthärtende Adhäsiv Heliobond (Vivadent) dünn aufgetragen und mit 3 bar Luftdruck ausgeblasen. Für die adhäsive Befestigung der Frontzahnkronen kam das lichthärtende Feinhybridkomposit Tetric-Ceram (Vivadent) zur Anwendung. Das Kronenlumen wurde mit dem Kompositmaterial aufgefüllt und die Frontzahnkronen unter Fingerdruck zu 3/4 auf die präparierten Zahnstümpfe gesetzt. Nach dem groben Entfernen der Kompositüberschüsse mit Handinstrumenten wurden die Kronen mittels Ultraschallinsertion (ROULET & NOACK 1991) in ihre endgültige Lage gebracht. Die Lichtpolymerisation erfolgte bei Anwesenheit leichter Überschüsse. Die Befestigungsfugen der Frontzahnkronen und -kappen wurden sorgfältig abrasiv geglättet (WINDISCH 1998).

**Handgeschlickerte Kronenkappen**

Als Kontrolle zu den Cerec-Frontzahnkronen und -kappen stellte eine Zahntechnikerin (Vita) für je sechs präparierte Frontzahnkronenstümpfe der drei Präparationsvarianten handgeschlickerte In-Ceram-Spinell-Kronenkappen her (In-Ceram-Verarbeitungsanleitung, Vita). Diese wurden ebenfalls chemisch härtend mit Panavia 21 TC befestigt.

**Versuchsablauf**

Die auf den drei unterschiedlichen Präparationen adhäsiv befestigten Cerec-Frontzahnkronen, Cerec-In-Ceram-Spinell Kronenkappen und handgeschlickerten Spinell-Frontzahnkronenkappen wurden bezüglich der Fugenbreite zwischen Präparationsrand und Restauration sowie der internen Fugenbreite untersucht. Die 54 mit Frontzahnrekonstruktionen versorgten Zähne bildeten 9 Messgruppen zu je 6 Zähnen (Abb. 3).

**Vermessung der Fugenbreite**

**Marginale Messpunkte:** Die Messlokalisationen zur Bestimmung der marginalen Passgenauigkeit wurden bukkal, oral und ap-

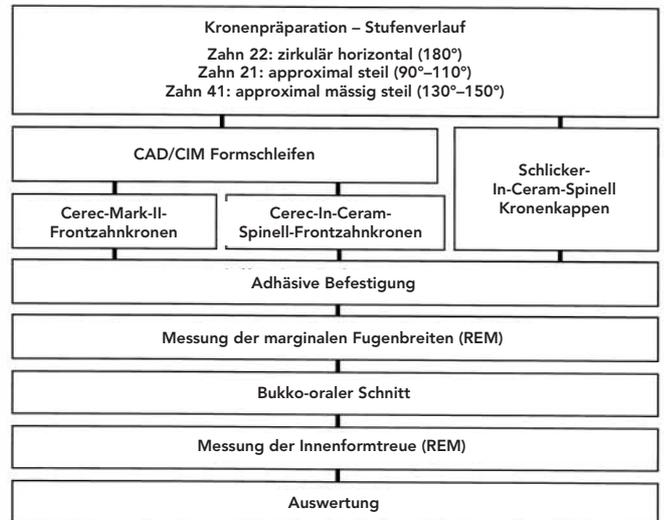


Abb. 3 Flussdiagramm des Versuchsablaufes.

proximal (Messpunkte 1, 3, 5, 7) festgelegt. Zusätzlich wurde genau zwischen den genannten Lokalisationen in den Messpunkten 2, 4, 6 und 8 vermessen (Abb. 4).

**Interne Messpunkte:** Nach Ermittlung der marginalen Passgenauigkeit wurden alle Frontzähne in Epoxyharz (Stycast 1266, Emerson & Cuming NV, B-2431 Waterloo) eingebettet und mittels einer diamantierten Trennscheibe in bukko-oraler Richtung separiert. Zur Bestimmung der Innenformtreue wurde die jeweils distale Schnitthälfte vermessen. Die Messpunkte lagen im Bereich der Stufenmitte (1 und 10), in den Ecken am Übergang zwischen Stufe und Zahnstumpf (2 und 9), an der bukkalen bzw. oralen Stumpfoberfläche (3, 7 und 8) sowie inzisal (4–6) (Abb. 5).

Nach der Befestigung auf REM-Trägern (Balzers Union, FL-9496 Balzers) und Besputterung mit Gold wurden die margina-

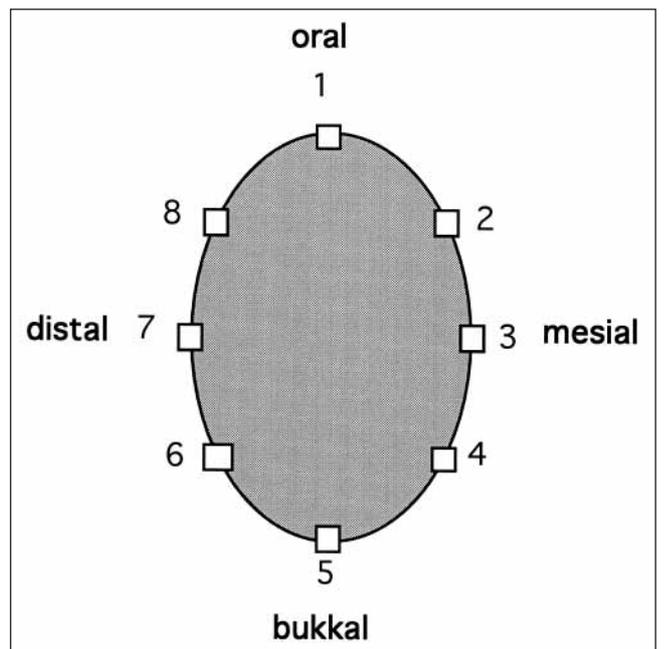


Abb. 4 Lokalisationen 1–8 zur Messung der zervikalen Fugenbreiten der Frontzahnkronen und Frontzahnkronenkappen.

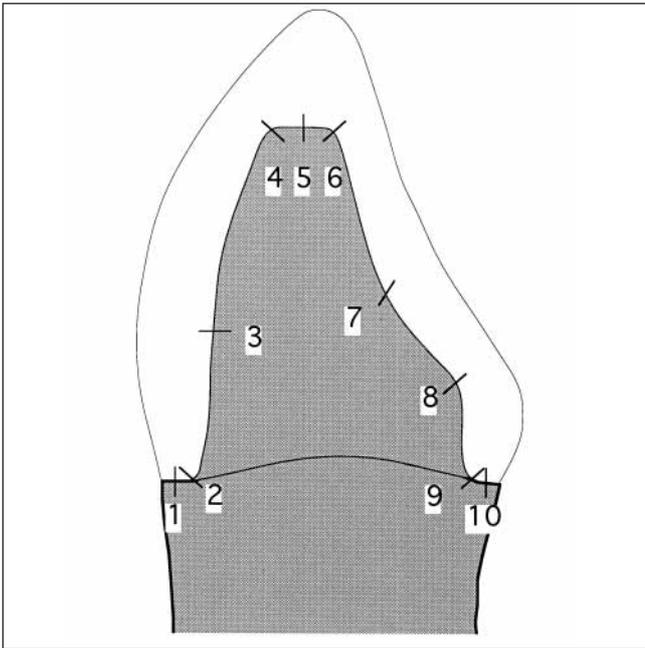


Abb. 5 Lokalisationen 1-10 zur Messung der internen Fugenbreite der Frontzahnkronen und Frontzahnkronenkapfen.

Die Fugenbreite der Frontzahnkronen und -kappen an jeweils acht Messpunkten, ihre interne Fugenbreite an je zehn Messpunkten unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM Modell 1810, Amray, D-58300 Wetter) bei 150facher Vergrößerung gemessen. Dazu wurde das Particle-Measure-System des REM verwendet.

### Statistische Auswertung

Die ermittelten Einzelwerte wurden in Abhängigkeit von Präparationstyp und Kronenart in Tabellen zusammengefasst und im StatView-Statistikprogramm 4.02 (Brain Power Inc., USA-91302 Calabas) ausgewertet. Aus den entsprechenden Messwerten wurde die durchschnittliche Fugenbreite ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichung (Standarddeviation, SD) berechnet. Der gesamte Datensatz zur Untersuchung der marginalen Passgenauigkeit und alle Daten der internen Fugenbreite wurden einer 2-Weg-Varianzanalyse unterzogen. Für die verschiedenen Kronenarten und die jeweiligen Präparationstypen wurden Varianzanalysen (Scheffé-Test) erstellt, um festzustellen, ob Unterschiede zwischen den Herstellungsverfahren bzw. den unterschiedlichen Präparationsgeometrien bestanden. Zur Dokumentation typischer marginaler und interner Fugenbreiten wurden bei 100-150facher Vergrößerung rasterelektronenmikroskopische Fotografien angefertigt.

## Resultate

### Marginale Passgenauigkeit

Die doppelte Varianzanalyse zeigte, dass über alle Messpunkte zwischen den Kronenarten signifikante Unterschiede ( $p < 0,01$ ) bezüglich der marginalen Passgenauigkeit bestanden, nicht jedoch zwischen den unterschiedlichen Präparationsgeometrien ( $p > 0,05$ ).

Die Fugenbreiten der Cerec-Frontzahnkronen waren mit  $59,9 \pm 7 \mu\text{m}$  geringer als die der Cerec-Kronenkapfen mit  $73,4 \pm 12 \mu\text{m}$  und der handgeschickerten Kronenkapfen mit  $75,5 \pm 17 \mu\text{m}$

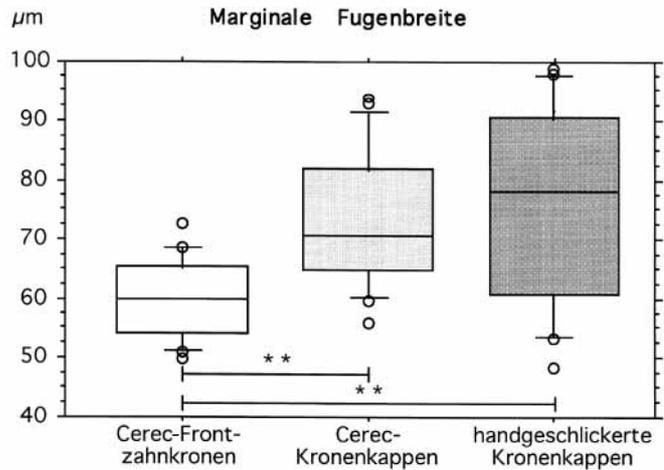


Abb. 6 Marginale Fugenbreite (Messstellen 1-8) von Cerec-Frontzahnkronen, Cerec-Kronenkapfen und handgeschickerten Kronenkapfen (Box-Plot-Diagramm) über die drei Präparationstypen zusammengenommen ( $n = 18$ );  $**p < 0,01$  (Scheffé-Test).

( $p < 0,01$ ). Die Fugenbreiten der Cerec-Kronenkapfen und der handgeschickerten In-Ceram-Spinell-Kronenkapfen unterschieden sich nicht signifikant ( $p > 0,05$ ) (Abb. 6).

### Interne Fugenbreite

Über alle Lokalisationen wurden bei den handgeschickerten Kronenkapfen mit  $94,1 \pm 20 \mu\text{m}$  signifikant ( $p < 0,001$ ) geringere interne Fugenbreiten gemessen als bei den Cerec-Kronenkapfen mit  $146,8 \pm 17 \mu\text{m}$  und den Cerec-Frontzahnkronen mit  $141,3 \pm 21 \mu\text{m}$  (Abb. 7). Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Präparationsgeometrien waren nicht signifikant ( $p > 0,05$ ).

### REM Fotografien

Die REM-Bilder ausgewählter marginaler und interner Fugenbereiche sind in den Abbildungen 8 und 9 ersichtlich.

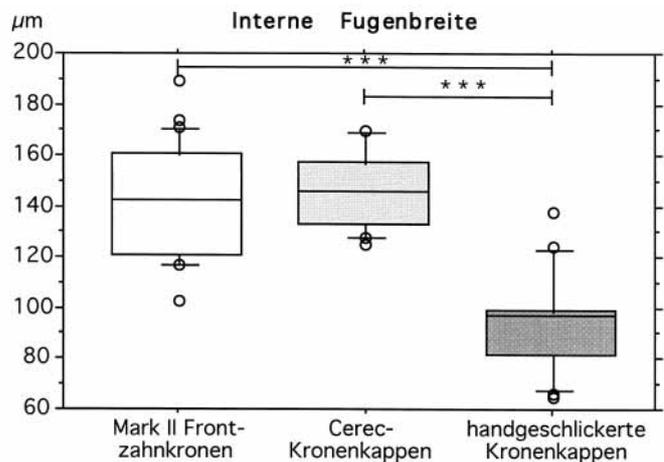


Abb. 7 Interne Fugenbreite (Messstellen 1-10) von Cerec-Frontzahnkronen, Cerec-Kronenkapfen und handgeschickerten Kronenkapfen (Box-Plot-Diagramm) über die Präparationstypen zusammengenommen ( $n = 18$ );  $***p < 0,001$  (Scheffé-Test).

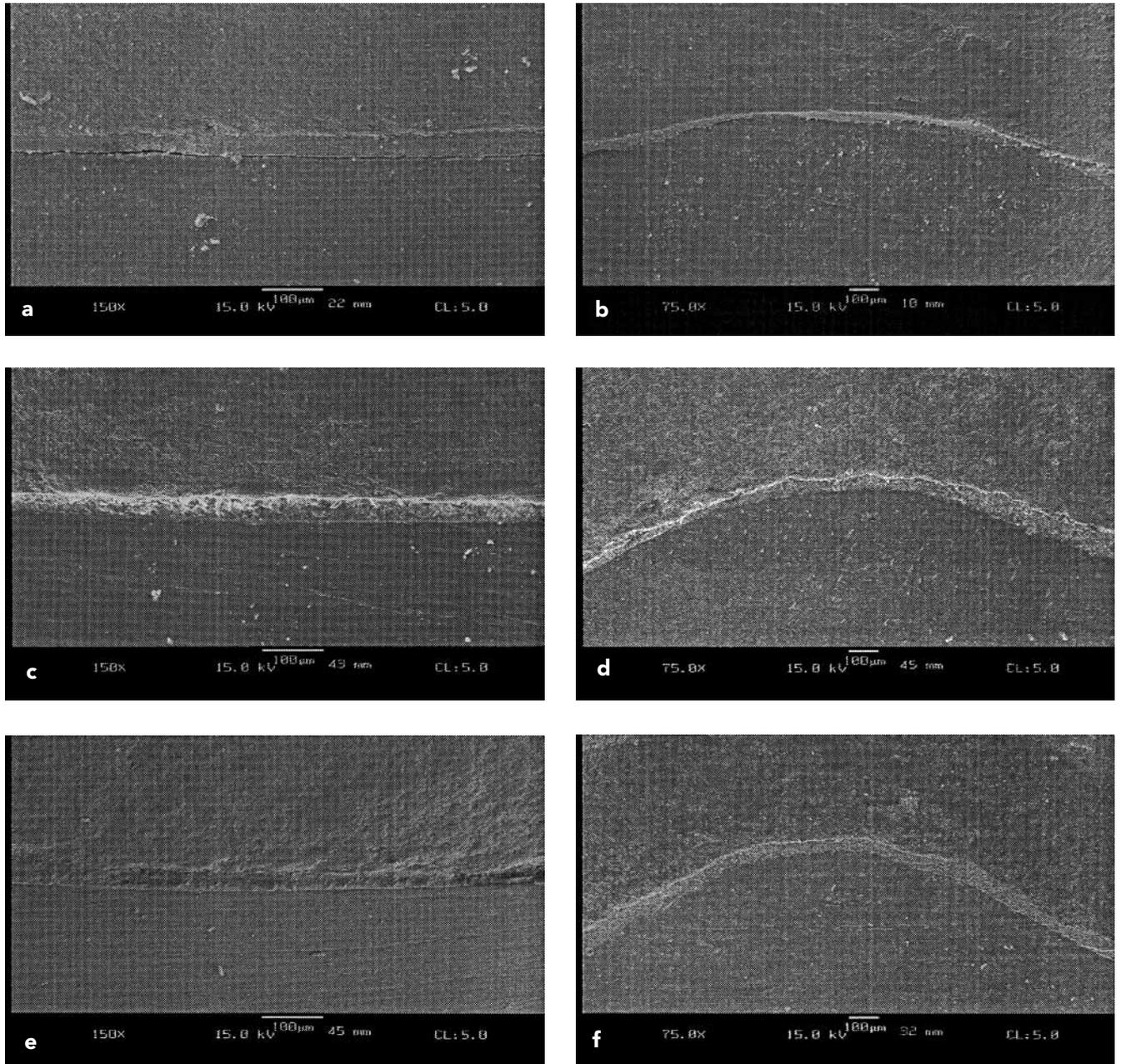


Abb. 8 REM-Bilder der marginalen Fugen einer Cerec-Frontzahnkrone (a, b), einer Cerec-Kronenkappe (c, d) und einer Schlickerkappe (e, f) bei horizontaler Stufe (a, c, e Vergr. 150 $\times$ ) und approximal mit Krümmungswinkel  $b = 150^\circ$ ,  $d = 130^\circ$ ,  $f = 110^\circ$  (b, d, f Vergr. 75 $\times$ ).

## Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung interessierte der Vergleich der marginalen und internen Passgenauigkeit von Frontzahnkronenpasskörpern bei zahntechnischer Herstellung einerseits und Herstellung mit Cerec-CAD/CIM-Formschleiftechnik andererseits. Die Anpassungsfähigkeit der beiden grundsätzlich verschiedenen Herstellungstechniken wurde anhand von drei anatomisch unterschiedlichen Frontzähnen, nämlich einem oberen zentralen, einem oberen lateralen und einem zentralen Unterkieferinzisivus mit jeweils typischen Stufenpräparationen untersucht.

Die Stufe des Zahnes 22 wurde vollständig horizontal angelegt und somit als schleiftechnisch unkompliziert betrachtet. Bei den

beiden experimentellen Präparationen wurde dem Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze folgend präpariert. Dadurch traten bukkal, oral und approximal Krümmungswinkel bis zu  $90^\circ$  auf, in denen Abweichungen der marginalen Fugenbreiten bei den verschiedenen Präparationstypen erwartet wurden. Die statistische Auswertung ergab jedoch, dass über alle Messpunkte keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Präparationstypen vorlagen. Dies kann als Hinweis auf die Präzision des Formschleifens mit dem graziilen Fingerschleifer (1,2 mm Durchmesser) gewertet werden.

Durch die Wiederholung der drei Präparationstypen entstanden innerhalb der verschiedenen Zahngruppen individuelle Abweichungen, so dass die Rekonstruktionen zwischen den einzelnen Zähnen einer Gruppe nicht austauschbar waren. Die durch die-

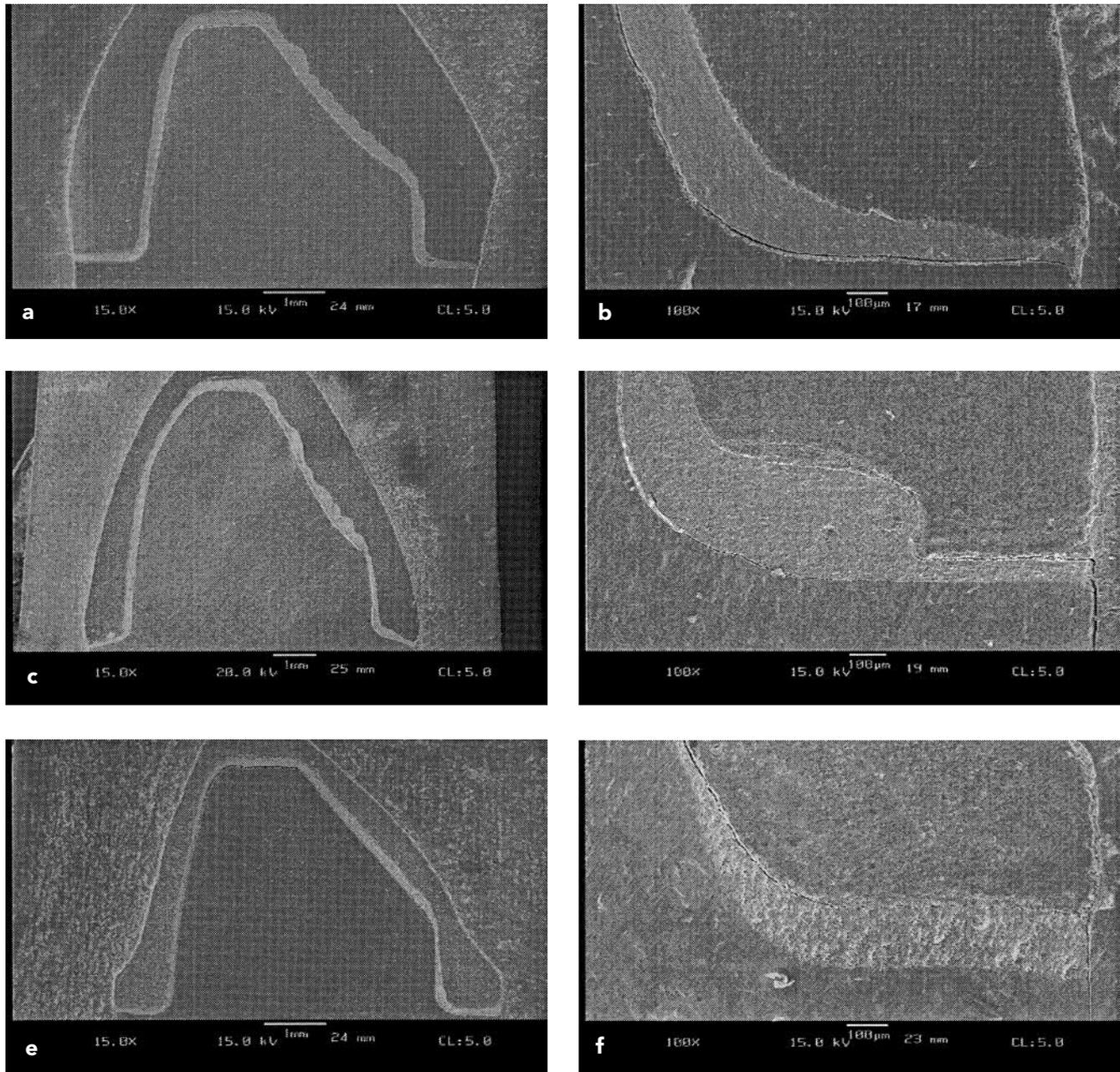


Abb. 9 REM-Bilder der internen Fugen einer Cerec-Frontzahnkrone (a, b), einer Cerec-Kronenkappe (c, d) und einer Schlickerkappe (e, f). Gesamtansichten a, c, e (Vergr. 15×) und orale Stufen b, d, f (Vergr. 100×).

se Formvarianz hervorgerufene Streuung der Messwerte überlagerte demnach die Unterschiede zwischen den drei Präparationsstypen. Präparatorisch durch Duplizieren identisch gestaltete Teststümpfe waren nicht erwünscht, weil die individuelle Präparationsgestaltung als behandlerabhängige Variable in die Untersuchung einbezogen werden sollte. In der vorliegenden Untersuchung wurde entsprechend der adhäsiven Befestigung von Frontzahnrekonstruktionen das Bonding 60 s vorgehärtet (LUTZ & KREJCI 1992).

Die durchschnittlichen Fugenbreiten der Cerec-Frontzahnkronen ( $59,9 \pm 7 \mu\text{m}$ ), der manuell randoptimierten Cerec-In-Ceram-Spinell-Frontzahnkronenkappen ( $73,4 \pm 12 \mu\text{m}$ ) und der handgeschickerten In-Ceram-Spinell-Kronenkappen ( $75,5 \pm 17 \mu\text{m}$ ) stimmen mit den Ergebnissen der marginalen Fugenbreiten anderer vollkeramischer Kronensysteme wie Cerestore,

Dicor, IPS Empress und Procera überein (CHAN et al. 1985, ABBATE et al. 1989, FERRARI 1991, Sulaiman et al. 1997). Die von GREY et al. (1993) angegebenen Fugenbreiten von  $123 \pm 30 \mu\text{m}$  für zinkphosphatzementierte In-Ceram-Kronen wurden in der vorliegenden Studie ebenso unterschritten wie die von SULAIMAN et al. (1997) ermittelten Fugenbreiten von  $161 \pm 46 \mu\text{m}$  für lose auf Metallstümpfen aufgesetzte In-Ceram-Kronen. Demgegenüber lagen die von PERA et al. (1994) durchschnittlich erhaltenen Randspaltbreiten von glasionomerbefestigten In-Ceram-Kronen bei verschiedener Gestaltung der Präparationsgrenze mit Werten von  $24,3 \pm 3 \mu\text{m}$  unter den vorliegenden Ergebnissen. Die von RINKE et al. (1995) ermittelten Werte für In-Ceram-Kronen auf Frontzahnpräparationen waren mit Mittelwerten von  $32,5 \mu\text{m}$  für die konventionelle Technik und  $38 \mu\text{m}$  für die Herstellung mit dem Celay-Kopierverfahren zwar eben-

falls unterhalb der dargestellten Messergebnisse, ein Vergleich erscheint aber nicht möglich, weil der Einfluss der Zementierung bei jener Studie nicht berücksichtigt wurde.

Da bis anhin keine anderen Resultate über die Randqualität von Cerec-Kronen bekannt sind, interessiert ein Vergleich mit den Fugenbreiten von Cerec-Inlays. In-vitro-Untersuchungen der Passgenauigkeit von MOD-Inlays ergaben Randspaltbreiten von  $56 \pm 27 \mu\text{m}$  (MÖRMANN & SCHUG 1997). Diese Werte korrespondieren mit der marginalen Passgenauigkeit der Cerec-Frontzahnkronen ( $59,9 \pm 7 \mu\text{m}$ ). Sowohl die mittleren Fugenbreiten der Cerec-In-Ceram-Spinell-Kronenkappen ( $73,4 \pm 12 \mu\text{m}$ ) als auch die der handgeschickerten Kontrollgruppe ( $75,5 \pm 17 \mu\text{m}$ ) lagen im Bereich der Messergebnisse der Inlayfugenbreiten.

Die Verfahren zur Herstellung der In-Ceram-Kronenkappen, einerseits labortechnisch, andererseits mit dem CAD/CIM-Gerät und mit labortechnischer Randoptimierung, unterschieden sich nicht in der marginalen Passgenauigkeit. Das Arbeitsergebnis war diesbezüglich gleich. In Bezug auf eine rationelle Arbeitstechnik weist die CAD/CIM-Methode einen entscheidenden Vorteil auf, weil hier die Kronenkappe innerhalb von 30 min hergestellt werden kann (BINDL & MÖRMANN 1996). Beim Sinterungsprozess hingegen muss mit einem zeitlichen Aufwand von ca. 10 h gerechnet werden (PRÖBSTER & DIEHL 1990). Angesichts dieser Fakten empfiehlt sich der Einsatz des CAD/CIM-Verfahrens auch im zahntechnischen Labor (SCHLODERER 1997).

Zur Befestigung der Cerec-Frontzahnkronen wurde wegen der Vorteile hochgefüllter Kompositen (HICKEL et al. 1992) Tetric-Ceram mit Ultraschallinsertion bevorzugt, da die Überschusskontrolle einfach und die Aushärtung durch Lichtpolymerisation gezielt durchgeführt werden kann. Aufgrund der geringen Lichtdurchlässigkeit der In-Ceram-Kronenkappen erfolgte deren Befestigung mit dem chemisch härtenden Zweikomponenten-Komposit Panavia 21 TC.

Bei der Betrachtung der internen Fugenbreite vollkeramischer Cerec-Frontzahnrekonstruktionen im Vergleich zu laborgefertigten In-Ceram-Kronenkappen fielen die mit  $146,8 \pm 17 \mu\text{m}$  für die Cerec-Kronenkappen und  $141,3 \pm 21 \mu\text{m}$  für die Cerec-Frontzahnkronen signifikant höheren Durchschnittswerte gegenüber der handgeschickerten Kontrollgruppe mit  $94,1 \pm 20 \mu\text{m}$  auf. Es stellt sich die Frage, ob diese erhöhten inneren Diskrepanzen für die Festigkeit bzw. Belastbarkeit der Kronen von Bedeutung sind. Die interne Fuge wird adhäsiv mit Kompositmaterial aufgefüllt und die vollkeramischen CAD/CIM-Kronen durch die adhäsive Befestigung geschieht (KÜMIN et al. 1993). Die Abstützung der Keramik wird durch das Kompositbefestigungsmaterial erreicht, dessen Elastizitätsmodul demjenigen von Dentin entspricht und ausserdem zu einer Erhöhung der Bruchlast führte (LAMPE et al. 1997, MÖRMANN et al. 1998). Somit kann auch im Frontzahngelände eine ausreichende Resistenz adhäsiv befestigter Kronen gegenüber den auftretenden Belastungen erwartet werden.

Der Spielraum zwischen Krone und Zahnstumpf und das bei den Kronen vorliegende Spacing erscheint akzeptabel und wirkte sich bei den Cerec-Frontzahnkronen positiv auf die marginale Passgenauigkeit aus (WINDISCH 1998). Werden Frontzahnkronen mit dem Cerec-Gerät computertechnisch hergestellt, so kann zur Gestaltung der inneren Passung analog zum labortechnischen Auftrag eines Distanzlackes der Vorschub des Fingerschleifers zum Materialabtrag im Kronenlumen (Spacer) individuell eingestellt werden. Im klinischen Routinebetrieb hat sich zur Vermeidung einer Klemmpassung bei ausreichender Rotationsstabilität eine Spacergrundeinstellung von  $40 \mu\text{m}$  be-

währt, wie sie auch in der vorliegenden Studie angewendet wurde. In Bezug auf die Innengestaltung können Fehler bei der optischen Vermessung in steilen Partien des Kronenstumpfes entstehen. Beim Innenformschliff kommt es zu einer gewissen Durchbiegung des Fingerschleifers. Diese Fehler werden bei Aufbereitung des Datensatzes für die Steuerung des Innenformschliffs durch eine Zurücknahme der Kroneninnendaten in einer Grössenordnung von ca.  $100 \mu\text{m}$  berücksichtigt. Variationen der Spacereinstellung wirken sich als Zugabe zu dieser Freilegung der Kroneninnenkontur aus.

Bei der Abstützung der Kronen durch das Befestigungskomposit und unter Berücksichtigung der auftretenden Polymerisationsschrumpfung stellt sich die Frage nach der maximal tolerierbaren internen Fugenbreite. In-vitro-Studien an Inlay-Kavitäten zeigten diesbezüglich, dass interne Fugenbreiten von  $200\text{--}300 \mu\text{m}$  trotz auftretender Spaltbildung zu akzeptablen Haftwerten führten (SØRENSEN & MUNKSGAARD 1995). In diesen Untersuchungen blieb der Einfluss der funktionellen Dentinbondingsysteme unberücksichtigt. Man vermutet, dass sie eine Reduktion der Polymerisationsschrumpfung und somit eine Verstärkung der Haftkraft bewirken (SØRENSEN & MUNKSGAARD 1995). Die in der vorliegenden Studie ermittelten durchschnittlichen internen Fugenbreiten liegen unabhängig vom Herstellungsverfahren der Frontzahnkronen weit unterhalb der auf dem Inlaysektor tolerierten Werte. Es ist daher zu vermuten, dass die Unterschiede zwischen den ermittelten Werten für die Cerec-Frontzahnkronen bzw. -kappen und die Kontrollgruppe bei Schienung durch adhäsive Befestigung (MÖRMANN et al. 1998, LAMPE et al. 1997) und Vorbehandlung mit einem funktionalen Dentinbondingsystem keinen negativen Einfluss auf die Qualität und Lebensdauer der Cerec-Frontzahnrekonstruktionen nehmen.

Neben der Herstellung von ästhetisch ansprechenden Kronen aus Mark-II-Feldspatkeramik, die in der gleichen Sitzung eingesetzt werden können (DEVIGUS 1997), ist mit dem Cerec-Gerät ausserdem die indirekte labortechnische Herstellung vollkeramischer Frontzahnkronen auf der Basis von In-Ceram-Spinellkappen möglich. Die materialtechnischen Vorteile der CAD/CIM-Herstellung von Frontzahnkappen gegenüber dem manuellen Schlickerverfahren liegen in einer gesicherten Qualität des industriell gefertigten Spinellmaterials. Die Kappendicke kann computertechnisch voreingestellt werden (Maximum  $0,8 \text{ mm}$ , Minimum  $0,35 \text{ mm}$ ), woraus eine zirkulär einheitliche Kappenstärke resultiert. Die Herstellung vollkeramischer Frontzahnkronen auf der Basis von Kronenkappen ermöglicht durch die höhere Festigkeit von In-Ceram-Spinell gegenüber den Mark-II-Kronen eine hohe Sicherheitsreserve bei mechanischer Belastung (LAMPE et al. 1997). Ausserdem können durch die Verblendung der In-Ceram-Spinell-Frontzahnkronenkappen mit Vitadur-Alpha-Vollkeramikmassen gesteigerte ästhetische Ansprüche befriedigt werden (SIEBER 1992).

Die Cerec-CAD/CIM-Technik stellt somit auch in Bezug auf Frontzahnrekonstruktionen eine flexible vielseitige Technik mit breitem Material-, Festigkeits- und Ästhetikangebot dar.

## Schlussfolgerungen

1. Die CAD/CIM-Formschleiftechnik erwies sich als flexible Herstellungsmethode für vollkeramische Frontzahnrekonstruktionen. Es konnten Kronenkappen aus Spinell und Vollkronen aus Mark-II-Keramik hergestellt werden.
2. Durch die Präzision des Formschleifens (Fingerschleifer  $1,2 \text{ mm}$ ) können Präparationen, deren Verlauf Krümmungs-

- winkel bis zu 90° aufweisen, mit Computerrestaurationen mit guter marginaler Passung versorgt werden.
- Die interne Fuge von Computer-Frontzahnkronen und -Kronenkappen ist signifikant grösser als die interne Fuge von handgeschlickerten Spinellkappen.
  - Die marginale Passgenauigkeit von Computer-Frontzahnkronen und -Kronenkappen ist mit der Passgenauigkeit anderer vollkeramischer Systeme vergleichbar.

## Verdankungen

Herrn Prof. Dr. F. Lutz danken wir für seine wertvollen Anregungen während der Korrekturphase der vorliegenden Arbeit. Unser Dank gilt Frau B. Sener und Herrn T. Häusler für die Unterstützung bei den Laborarbeiten und den REM-Untersuchungen. Bei der Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, vertreten durch Frau P. Kohlhaas-Weyl, bedanken wir uns für die Unterstützung bei der Herstellung der handgeschlickerten Kronenkappen. Herrn Dr. G. Menghini danken wir für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung. Der Stiftung zur Förderung der Computerzahnmedizin sei für die Bereitstellung von Drittmitteln gedankt.

## Summary

WINDISCH S, BINDL A and MÖRMANN W H: **Marginal and internal fit of Cerec CAD/CIM anterior crowns and crown copings** (in German) *Acta Med Dent Helv* 4: 29–37 (1999)

The marginal and internal fit of Cerec anterior crowns (n=18) and copings (n=18) was examined on anterior model teeth (Frasaco) with different types of butt margin crown preparations: 1.) straight flat, 2.) following CEJ with mid-approximal steep curvature angles of 90° mesial and 110° distal and 3.) same as 2, but with obtuse angles of 130° mesial and 150° distal. The anterior crowns were machined on Cerec 2 units using Mark II ceramic (Vita) and the Cerec copings out of In-Ceram Spinell (Vita). Laboratory schlickered In-Ceram Spinell anterior crown copings served as controls (n=18). All reconstructions were seated adhesively on the preparations and the width of the marginal interface was measured using SEM at 150× magnification. After cross-sectioning all samples in bucco-oral direction the internal fit was measured using this same technique.

Marginal width of computer-machined Cerec CAD/CIM anterior crowns ( $59.9 \pm 6 \mu\text{m}$ ) was significantly lower than that of machined ( $73.4 \pm 12 \mu\text{m}$ ) and schlickered In-Ceram spinell crown copings ( $75.5 \pm 17 \mu\text{m}$ ). The internal fit values of the schlickered copings ( $94.1 \pm 20 \mu\text{m}$ ) were significantly lower than those of the Cerec Mark II anterior crowns ( $141.3 \pm 21 \mu\text{m}$ ) and copings ( $146.8 \pm 17 \mu\text{m}$ ).

Cerec CAD/CIM machined anterior full ceramic crowns and copings showed a similar marginal fit compared to schlickered In-Ceram Spinell copings.

## Résumé

L'adaptation interne et marginale de couronnes Cerec antérieures (n=18) et de coiffes Cerec pour couronnes antérieures (n=18) ont été examinées sur des dents artificielles (Frasaco) avec les trois différents types suivants de préparations de l'épaulement: 1) épaulement circulaire plat, 2) épaulement suivant la limite ciment-émail avec des angulations au niveau approximal plutôt verticales (mésialement: 90°, distalement 110°) et 3) avec des angulations modérément verticales au niveau approximal (mésialement: 130°, distalement: 150°).

Les couronnes antérieures ont été usinées dans des unités Cerec 2 en utilisant la céramique Vita Mark II, tandis que les chapes Cerec ont été mises en forme à base de In-Ceram Spinell (Vita). 18 coiffes pour couronnes In-Ceram Spinell, fabriquées selon la technique du «slip-casting» ont servi de référence. Toutes les reconstructions ont été placées selon un protocole adhésif, suivi d'un examen au microscope électronique à balayage de l'interface marginale avec un agrandissement de 150 fois. En utilisant cette même technique, tous les échantillons ont subi une mesure d'adaptation interne après avoir été sectionnés suivant l'axe vestibulo-lingual.

La largeur du joint marginal des couronnes antérieures Cerec CAO/FAO ( $59.9 \pm 6 \mu\text{m}$ ) était significativement inférieure à celle des chapes usinées ( $73.4 \pm 12 \mu\text{m}$ ) et des chapes In-Ceram Spinell selon la technique du «slip-casting» ( $75.5 \pm 17 \mu\text{m}$ ). Les valeurs de l'adaptation interne des chapes «slip-casting» ( $94.1 \pm 20 \mu\text{m}$ ) étaient significativement inférieures à celles des couronnes antérieures Cerec Mark II ( $141.3 \pm 21 \mu\text{m}$ ) et des chapes ( $146.8 \pm 17 \mu\text{m}$ ).

Les couronnes antérieures à l'aide de l'équipement Cerec 2 ainsi que les chapes correspondantes ont montré une adaptation marginale similaire à celle obtenu par des chapes In-Ceram Spinell selon la technique de «slip-casting».

## Literatur

- ABBATE M F, TJAN A H L, FOX W M: Comparison of the marginal fit of various ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 61: 527–531 (1989)
- BINDL A, MÖRMANN W: Klinische und technische Aspekte der Cerec-In-Ceram Krone. *Quintessenz* 47: 775–792 (1996)
- BRAUNER A W, BINIEK K W: Seven years of clinical experience with the Cerec inlay system. In: Mörmann W H (Ed): 10 year Cerec anniversary symposium. Quintessence, Berlin, pp 217–228 (1996)
- CHAN C, HARASZTHY G, GERSTORFER J, WEBER H, HUETTEMANN H: The marginal fit of Cerestore full-ceramic crowns – A preliminary report. *Quintessence Int* 16: 399–402 (1985)
- DATZMANN G: Cerec vitablocs Mark II machinable ceramic. In: Mörmann W H (Ed): 10 year Cerec anniversary symposium. Quintessence, Berlin, pp 205–216 (1996)
- DEVIGUS A: Die Cerec-2-Frontzahnkrone. *Dental Magazin* 3: 38–41 (1997)
- FERRARI M: Cement thickness and microleakage under Dicor crowns: An in vivo investigation. *Int J Prosthodont* 4: 126–131 (1991)
- GREY N F, PIDDOCK V, WILSON M A: In vitro comparison of conventional crowns and a new all ceramic system. *J Dent* 21: 47–51 (1993)
- HICKEL R, HEID M, KUNZELMANN KH, PETSCHL A: Durchhärtungstiefe von lighthärtenden Kompositen unter Keramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 182–185 (1992)
- HÖLSCH W, KAPPERT H F: Festigkeitsprüfung von vollkeramischem Einzelzahnersatz für den Front- und Seitenzahnbereich. *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 621–623 (1992)
- KÜMIN P, LÜTHY H, MÖRMANN W H: Festigkeit von Keramik und Polymer nach CAD/CIM-Bearbeitung und im Verbund mit Dentin. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 103: 1261–1268 (1993)
- LAMPE K, LÜTHY H, MÖRMANN W H, LUTZ F: Bruchlast vollkeramischer Computerkronen. *Acta Med Dent Helv* 2: 28–35 (1997)
- LUTZ F, KREJCI I: Neue Adhäsiv-Systeme: Schritte zum «Total Bonding». *Phillip J* 9: 445–449 (1992)

- MÖRMANN W H, KREJCI I: Computer-designed inlays after 5 years in situ: clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int* 23: 109–115 (1992)
- MÖRMANN W H, SCHUG J: Grinding precision and accuracy of fit of Cerec 2 CAD-CIM inlays. *J Amer Dent Assoc* 128: 47–53 (1997)
- MÖRMANN W H, BINDL A: Die CEREC Computerkrone – erste klinische und wissenschaftliche Erfahrungen. *Dental Magazin* 16: 82–91 (1998)
- MÖRMANN W H, BINDL A, LÜTHY H, RATHKE A: Effects of preparation and luting system on all-ceramic computer-generated crowns. *Int J Prosthodont* 11: 1–7 (1998)
- PERA P, GILODI S, BASSI F, CAROSSA S: In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 72: 585–590 (1994)
- PRÖBSTER L, DIEHL J: Klinik und Technik des keramischen Kronen- und Brückensystems In-Ceram. *Quintessenz* 41: 613–624 (1990)
- PRÖBSTER L: Survival rate of In-Ceram restorations. *Int J Prosthodont* 6: 259–263 (1993)
- RINKE S, HÜLS A, JAHN L: Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 8: 303–310 (1995)
- ROULET J F, NOACK M J: Tooth colour conventional and Cerec restoration – claim and reality. In: Mörmann W H (Ed): *International symposium on computer restorations*. Quintessence, Berlin, pp 233–243 (1991)
- SCHLODERER M: Cerec im Praxislabor. *Dental Magazin* 3: 42–44 (1997)
- SCOTTI R, CATAPANO S, D'ELIA A: A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont* 8: 320–323 (1995)
- SIEBER C: Variationen der Lichtleitfähigkeit und Leuchtkraft. *Quintessenz Zahntech* 18: 1123–1133 (1992)
- SORENSEN J A, MUNKSGAARD E CH: Interfacial gaps of resin cemented ceramic inlays. *Eur J Oral Sci* 103: 116–120 (1995)
- SULAIMAN F, CHAI J, JAMESON L M, WOZNIAK W T: A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress and Procera crowns. *Int J Prosthodont* 10: 478–484 (1997)
- WINDISCH S: Marginale Passgenauigkeit und interne Fugenbreite von Cerec Frontzahnkronen und Frontzahnkronenkappen. *Med Diss, Zürich* (1998)