

Manfred Kern

## Zahnmedizin und Informatik ergänzen sich - Jahrestagung der DGCZ

Zum 14. Mal trafen sich Zahnärzte, die in der Praxis mit CAD/CAM-Systemen arbeiten, zur Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ), unterstützt von der Akademie für Zahnärztliche Fortbildung, Karlsruhe.

### Digitaltechnik bereitet Diagnose und Therapie auf die Zukunft vor

Seit einem Jahr als assoziiertes Mitglied in der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) vertreten, bot die DGCZ auch ein Forum für die neue „Sektion Informatik“, die sich unter der Leitung von Prof. Dr. *Bernd Koradaß*, Universität Greifswald (Abb. 1), aus dem ehemaligen Arbeitskreis für angewandte Informatik in der Zahnmedizin der DGZMK in die DGCZ integriert hatte. Dies kann als Beleg dafür gewertet werden, dass Informatik und zahnärztliche Behandlung immer mehr zusammenwachsen und dadurch neue Impulse für die Computerunterstützung in der Diagnostik und in der Therapie vermitteln. Unter der organisatorischen Leitung von Dr. *Bernd Reiss* (Vors. DGCZ) sowie Dr. *Klaus Wiedhahn* (Präsident ISCD) hat sich die Jahrestagung der DGCZ inzwischen zur weltweit größten, wissenschaftlichen Veranstaltung für Digitaltechnik in der Zahnmedizin entwickelt. Auf internationaler Ebene arbeitet die Gesellschaft mit der International Society of Computerized Dentistry (ISCD) und anderen Fachgesellschaften zusammen.

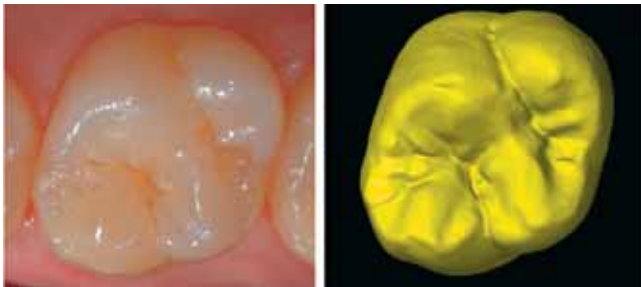
### Neue Wege zur Kauflächenrekonstruktion von Inlays und Onlays

Ziel der konservierenden und prothetischen Rekonstruktion ist, die fehlenden Außenflächen und insbesondere die Kauflächen der verloren gegangenen Zahnschubstanz wieder so herzustellen, dass sich die Rekonstruktion nach statischen und funktionellen Gesichtspunkten harmonisch in die vorhandene Gebissituation einfügt. Wurde bisher die Kaufläche in der Zahntechnik manuell nach erlernten Vorbildern reproduziert, wies Prof. Dr. *Albert Mehl*, Universität München, mittels der Informationstechnik einen neuen Weg für eine Software, die automatisch natürliche Kauflächen gestaltet. Das Projekt wurde vom Wunsch geleitet, möglichst viele Prozessschritte zu automatisieren, um Zeit und Kosten zu sparen und gleichzeitig einen hohen Qualitätsstandard zu sichern. Die bisher praktizierten Vorgehensweisen, durch erfahrene Zahntechniker „typische“ Standardzähne modellieren zu lassen, diese zu vermessen und dann als Datensatz zur Verfügung zu stellen, oder mit virtuellen Wachsmessern und Software-Werkzeugen die CAD-Rekonstruktion durchzuführen, haben nicht die perfekte Lösung gebracht. Zum einen sind zu viele Interaktionen zur Verbesserung des Vorschlages erforderlich, zum anderen sind die Modellationschritte am 2D-Bildschirm umständlich und räumlich schwer zu interpretieren. Wenn der Aufwuchsprozess auf den Computer übertragen werden und auch noch automatisch ablaufen soll, müssen metrische und mathematische Gesetzmäßigkeiten der Kauflächenmorphologie bekannt sein.



**Abbildung 1** DGCZ-Jahrestagung 2006 – Prof. Dr. Bernd Kordaß (links außen), Dr. Bernd Reiss, Vors. DGCZ (rechts außen), Dr. Klaus Wiedhahn, Vors. ISCD (2. von rechts), PD Dr. Andres Bindl (5. von rechts) mit weiteren Referenten. Nicht im Bild: Prof. Dr. Matthias Kern, Prof. Dr. Albert Mehl, PD Dr. Sven Reich.

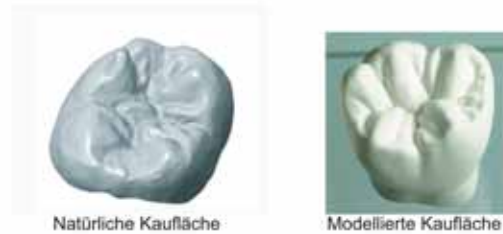
(Foto: DGCZ/Kern)



**Abbildung 3** Für die Zahnbibliothek wurden karies- und füllungsfreie Zahnoberflächen von Probanden abgeformt und die Gipsmodelle dreidimensional vermessen mit einer Auflösung von ca. 150.000 Messpunkten vermessen.

Analysiert man die Konzepte der Aufwachstechnik, so kommt man zum Schluss, dass alle Aufwachsregeln rein deskriptiver Natur sind und nur wenig metrische Anhaltspunkte enthalten – so beim Fissurenverlauf, Tiefe der Fissuren, Höckerabstand, Neigungswinkel der Höcker. Dass konventionell gefertigte Kauflächen gut gelingen, liegt daran, dass zu den gelernten Regeln der Aufwachstechnik vor allem die Erfahrung zählt, z. B. wie eine gute Zahnoberfläche aussieht bzw. welche Zahnoberfläche in die jeweilige klinische Situation anhand von Nachbarzähnen und Antagonisten passt. Den aktuellen Kenntnisstand über Zahnmorphologien kann man anhand eines Wissensbalkens grob veranschaulichen (Abb. 2): 100% würde einer vollständigen Beschreibung der Kaufläche entsprechen. Das, was man bisher für den Computer als metrisch verwertbare Information nutzen kann, liegt bei ca. 10%, ca. 60-80% dürften aus dem Erfahrungsschatz des jeweiligen „Modellierers“ stammen.

Für jeden automatisierten Rekonstruktionsprozess reichen die Aufwachsregeln nicht aus, sondern es müssen die „Parameter“ für eine natürliche und für die jeweilige klinische Situation am besten passende Zahnoberfläche erlernt werden. Ergebnisse aus den Neurowissenschaften und der Maschinenautomatisierung zeigen, dass komplexe mathematische Algorithmen diesen Lernvorgang nachbilden können. Folgende Schritte waren laut Prof. Mehl notwendig:



#### „Wissensbalken“ zur Kaufläche



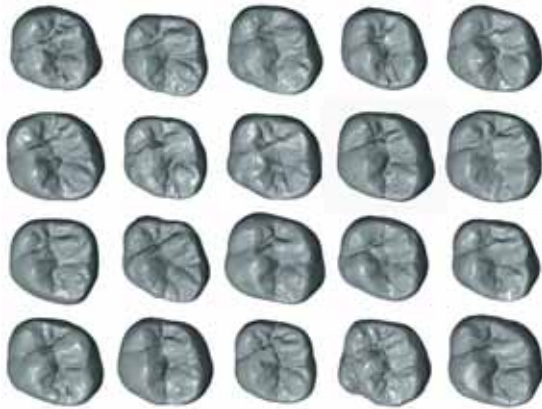
**Abbildung 2** Wissensstand zur Kauflächenmorphologie: Nur ein kleiner Anteil der Kaufläche ist durch (metrische) Regeln determiniert und kann für die Computerrekonstruktion sinnvoll genutzt werden, ein großer Teil liegt in der Erfahrung des Einzelnen. Selbst dann erkennt man oft noch, ob es sich um eine modellierte oder natürliche Zahnoberfläche handelt.

(Fotos, Abb. 2-9: Prof. Mehl)

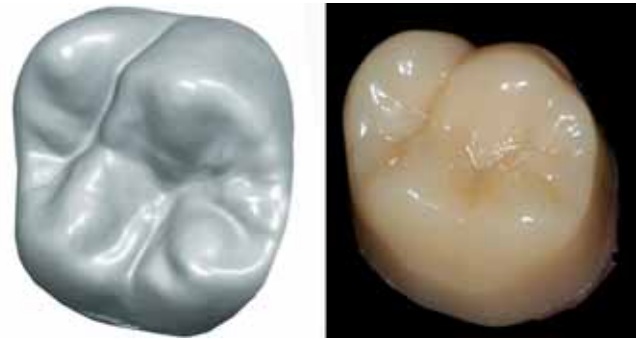
1. Aufbau einer Zahnbibliothek aus natürlichen Zahnoberflächen
2. Vollautomatische Ermittlung korrespondierender Merkmale
3. Berechnung eines „Durchschnittszahnes“
4. Berechnung der Abweichungen jedes einzelnen Bibliothekszahnes von diesem Durchschnittszahn
5. Analyse der häufigsten Abweichungen.

Für den Aufbau der Zahnbibliothek wurden an karies- und füllungs-freien Probanden Abformungen für Gipsmodelle erstellt und diese Modelle mit einem Laserscanner dreidimensional vermessen (Abb. 3 und Abb. 4). Im nächsten Schritt wurden mittels einer neu entwickelten Lernsoftware zwischen jedem Zahnpaar der Zahnbibliothek korrespondierende Merkmale und Strukturen wie Höckerspitzen, Fissuren, Randleisten, Höckerabhänge gesucht. Diese Zuordnung erfolgte vollautomatisch und nur mit den Informationen des Höhenfeldes und der Steigungen (Krümmungen). Dies entspricht genau den Informationen, die das Auge dreidimensional wahrnimmt. Sind alle Merkmale eines Zahnes den Strukturen aller anderen Zähne zugeordnet, so kann man den Durchschnitt dieser Strukturen berechnen. Man erhält eine Oberfläche, bei der die Merkmale verstärkt übrig bleiben, die bei nahezu allen Zahnoberflächen eines Zahntyps vorhanden sind, während die Merkmale, die variabler sind, mehr oder weniger „herausgemittelt“ werden. Das Ergebnis kann man als „typischen“ Repräsentanten eines bestimmten Zahntyps interpretieren. Diese erstmalige, mathematische Berechnung eines Durchschnittszahnes ist am Beispiel des OK-6ers in Abbildung 5 zu sehen.

In einem weiteren Schritt können die Differenzen zwischen den einzelnen Bibliothekszähnen und dem Durchschnittszahn berechnet und die in der Natur am häufigsten vorkommenden Abweichungen von diesem Durchschnittszahn analysiert werden. Liegt ein gemeinsamer genetischer Bauplan den verschiedenen Morphologien eines bestimmten Zahntyps zugrunde, so kann man dies anhand dieser Wahrscheinlichkeiten ablesen. Der entscheidende Vorteil des biogenetischen Zahnmodells liegt darin, dass es sich um eine ma-

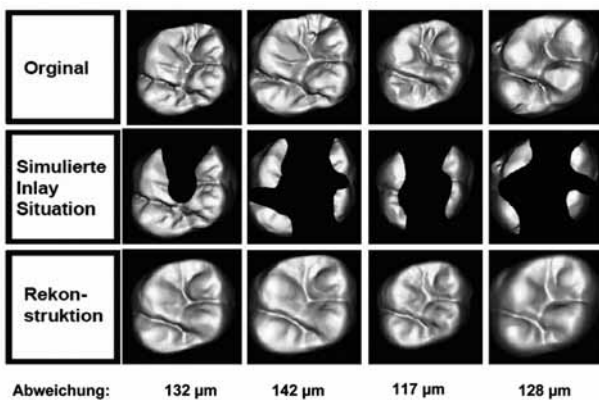


**Abbildung 4** Beispiele von Zahnoberflächen aus der OKGer-Molaren-Bibliothek. Zuzeit liegen ca. 400 Zahnoberflächen pro Seitenzahntyp vor.



**Abbildung 5** Links: Berechnung des „Durchschnittszahnes“ aus den Bibliothekszähnen nach Korrespondenzzuordnung – hier der durchschnittliche OKGer. Es werden vor allem die Merkmale repräsentiert, die den meisten Bibliothekszähnen gemeinsam sind. Diese Merkmale und die metrischen Dimensionen wurden ohne jegliche Vorkenntnis über Zahnmorphologien gefunden, können also als objektiv betrachtet werden. Rechts: Prothesenzahn maschinell aus den Daten des Durchschnittszahnes (links) hergestellt (Approximalflächen wurden nicht berücksichtigt).

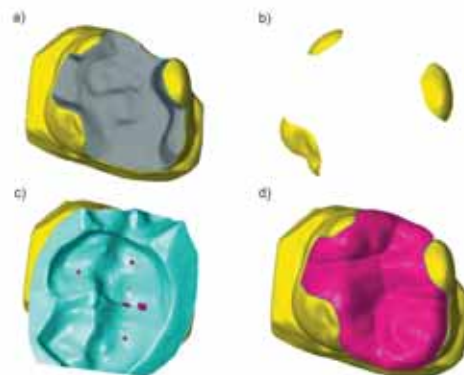
(Foto, rechts: mit freundlicher Unterstützung durch Merz-Dental)



**Abbildung 6** Automatische Rekonstruktion von simulierten Inlaykavitäten mittels des biogenerischen Zahnmodells (ausgewählte Beispiele). Oben: Unversehrter Originalzahn, nicht in der Zahnbibliothek vorhanden, also unbekannt. Mitte: Simulierte Kavität. Unten: Nur anhand der Restzahnschubstanz (Mitte) automatisch rekonstruierte Kaufläche. Die angegebenen Abweichungen sind ein Maß für die metrischen Unterschiede zwischen Rekonstruktion und Originalzahn im Bereich der Kavität, d.h. nur im Bereich der Inlayoberfläche (20-80%-Quantil als Maß).

thematische bzw. metrische Beschreibung von natürlichen Zahnoberflächen handelt. Die Eigenschaften des Modells wurden im Rahmen einer Studie an 27 verschiedenen Inlay-Situationen getestet. Dabei wurden an natürlichen, unversehrten Testzähnen unterschiedliche Kavitätenformen simuliert (Abb. 6). Die verbliebene Restzahnschubstanz diente als alleinige Information für die automatische Rekonstruktion. Die berechnete Kaufläche wurde ohne weitere interaktive Veränderung mit der Originalkaufläche verglichen. Es wurde ermittelt, dass in allen Fällen eine vollautomatische Rekonstruktion möglich war. Die Standardabweichungen der Rekonstruktionen zur Originalkaufläche lagen bei etwa 144 µm und waren nur in geringem Maße von der Kavitätengröße abhängig.

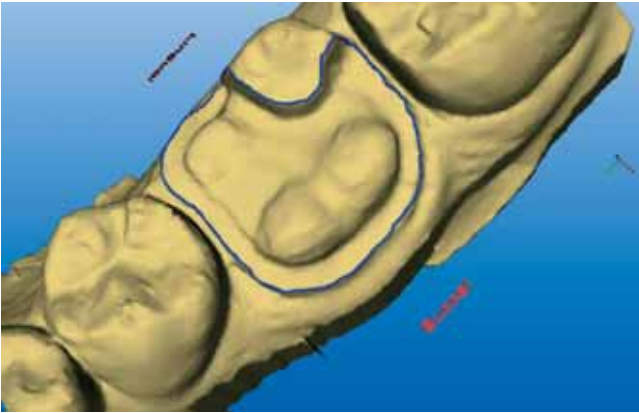
Besonders schwierig wird die Situation dann, wenn noch wie bei Inlay- und Onlay-Situationen wenig Restzahnschubstanz vorhanden ist. In diesem Fall muss die Rekonstruktion stufen-



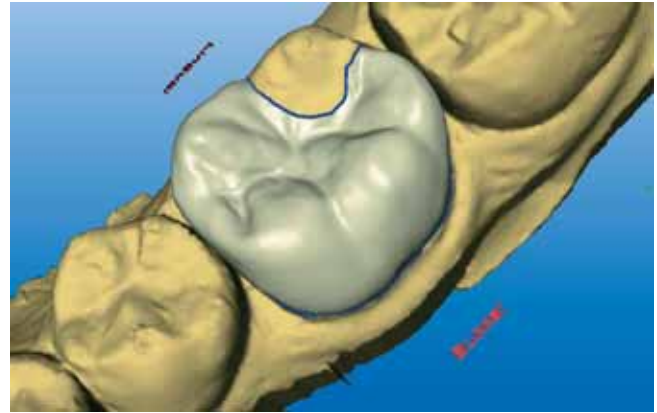
**Abbildung 7** Automatische Onlay-Rekonstruktion mit dem biogenerischen Zahnmodell unter Einbeziehung des Antagonisten, der stetigen und glatten Fortsetzung der Restzahnschubstanz und der Einhaltung der Mindestschichtstärke: a) Ausgangssituation; b) Restzahnschubstanz, die als alleinige Information für die Rekonstruktion zur Verfügung steht; c) Vollautomatische Berechnung der Okklusalfäche mit automatischem Vorschlag der Kontaktpunktverteilung; d) berechnete Kaufläche mit gewünschter natürlicher und funktionaler Morphologie.

los und mit gleicher Neigung, d. h. glatt am gesamten Präparationsrand von der Restzahnschubstanz ausgehend fortgesetzt werden. Dies ist der Grund, warum der Fokus für die ersten Tests des biogenerischen Zahnmodells auf Inlay- und Onlay-Situationen lag. In Abbildung 7 ist hierzu ein klinisches Beispiel einer Onlay-Präparation zu sehen, die mit dem biogenerischen Modell unter Einhaltung der Randbedingungen vollautomatisch rekonstruiert wurde.

Im Rahmen einer Kooperation konnte die Methode des biogenerischen Modells mit zugehöriger Rekonstruktionssoftware in das CEREC 3D-System integriert werden. Dadurch bestand die Möglichkeit, klinisch unter verschiedenen Bedingungen und mit hoher Fallzahl das Verfahren zu testen (Abb. 8 und Abb. 9). Anhand der Kontaktpunktverteilung und Höcker- spitzen sowie Approximalkontakte kann die Software einen gut passenden Zahn berechnen und auf Kollision mit dem Re-



**Abbildung 8** Klinische Ausgangssituation für die vollautomatische biogenerische Inlay/Onlayrekonstruktion (UK6er). Dazu wurden die Rekonstruktionssoftware und das biogenerische Modell in die CEREC-Software integriert.



**Abbildung 9** Ohne weitere Interaktionen und vollautomatisch wird die Rekonstruktion vorgeschlagen.

gistrat prüfen. Dieses Auffinden der natürlichen Kaufläche folgt den genetischen Mustern und kreiert eine natürliche, individuelle und funktionale Kaufläche. Zusätzlich wird an jeder Stelle auch eine vorgegebene Mindestschichtstärke der Keramik gewährleistet, die mit manuellen Verfahren schwer zu kontrollieren ist.

#### Der Blick in die Zukunft

Nach diesem Ausblick in die computergestützte Kauflächengestaltung stellte Prof. *Kordas* durch Arbeiten der in die DGCZ integrierten „Sektion Informatik“ fest, dass die Digitaltechnik der Zahnmedizin noch viele weitere Hilfen zur Seite stellen kann. Informatiker *U. Heil* stellte eine Software vor, die Röntgenfotos analysiert und daraus virtuell 3-D-Modelle errechnet und mehrschichtig abbildet – ein Beitrag zur besseren Beurteilung der Anatomie. *M. Busch* erläuterte eine Software, die virtuell eine komplette Zahnaufstellung im Kieferbogen ausführt, die Okklusion einartikuliert und überprüft. *Dr. Dan. Brüllmann* zeigte digital erzeugte, intraoral aufgenommene Videosequenzen zum Auffinden und zur Erkennung von Wurzelkanaleingängen. *A. Köhl* hatte eine Software entwickelt, die Eintragungen im digitalen Krankenblatt für weitere Auswertungen im Netzwerk ermöglicht. *D. Rüdinger* hatte in einer universitären Studie ermittelt, dass virtuelle Sequenzen, im 3D-Verfahren mit drei Schichtebenen dargestellt, einen höheren Lernerfolg bei Studierenden hinterlassen als zweidimensionale Darstellungen. *Dr.-Ing. Frank Hartung* hatte festgestellt, dass CEREC-gefertigte Kronenkaufächen mit virtuell „mimetisch gerüttelten“ Kontaktpunkten eine gute funktionale Okklusion erhalten, unabhängig von der Lage im Quadranten. *Dr. Heike Rudolph* hatte invitro ermittelt, dass Kronengerüste aus gefräster Zirkonoxidkeramik noch partielle Hohlräume an den Innenflächen enthalten, im Urformverfahren Laser-aufgeschmolzene  $ZrO_2$ -Gerüste hingegen eine höhere Passgenauigkeit aufweisen. *D. Hützen* wies darauf hin, dass Okklusionsfolien zwar die Kontaktpunkte zeigen, aber nicht die Schichtdicke der Kontaktfläche. Mit einer digitalen Messmethode kann die Durchdringung der Kontaktfläche ermittelt werden. Diese Technik ist für den habituellen Biss relevant, weil einer Studie zufolge

40 % von prothetisch ersetzten Zähnen keinen oder einen zu geringen Kontakt zum Antagonisten haben.

#### Klinische Erfahrungen

In den vergangenen zehn Jahren sind in der Werkstoffentwicklung deutliche Fortschritte erzielt worden. Stand zur Einführung der CAD/CAM-Technik nur Feldspatkeramik als fräsbare Keramik zur Verfügung, so haben sich heute leuzitverstärkte Silikatkeramiken für konservierende Restaurationen und Aluminiumoxid- ( $Al_2O_3$ ) sowie Zirkonoxidkeramik ( $ZrO_2$ ) für prothetische Therapielösungen aufgrund der hohen Bruchfestigkeit und Risszähigkeit qualifiziert. Durch die im Vergleich zu Silikatkeramiken geringere Lichtdurchlässigkeit eignet sich  $ZrO_2$  besonders für Kronen- und Brückengerüste im Seitenzahnbereich und für Abutments in der Implantatprothetik. Prof. Dr. *Matthias Kern*, Universität Kiel, berichtete über seine mehrjährigen Erfahrungen mit Rekonstruktionen auf  $ZrO_2$ -Gerüsten und bestätigte, dass Gerüstfrakturen bei mehrgliedrigen Brücken bis heute nicht aufgetreten sind, sondern nur jene Zwischenfälle, die auch von der Metallkeramik in ähnlicher prozentualer Größenordnung bekannt sind: Postoperativer Vitalitätsverlust und Abplatzungen der Verblendkeramik. Demzufolge scheint sich für die Oxidkeramik eine Perspektive anzudeuten, die es ermöglicht, diesen Werkstoff für Seitenzahnkronen und -brücken an Stelle von Edelmetall einzusetzen. Verbesserungsbedarf besteht bei den Verblendungen. Verblendfrakturen können eintreten durch fehlende Höckerunterstützung sowie überdimensionierte und wechselnde Schichtstärken. Anatomisch reduzierte Kronengerüste, die geringere und gleichmäßige Verblendschichtdicken erfordern, scheinen unanfälliger gegen Frakturen zu sein.

Die Art der Befestigung der vollkeramischen Restauration am Restzahn trägt grundsätzlich zur physikalischen und klinischen Haltbarkeit bei. Silikatkeramiken, die für Inlays, Onlays, Teilkronen, Veneers und Kronen eingesetzt werden können, müssen prinzipiell adhäsiv befestigt werden. Durch den kraftschlüssigen Verbund mit der Restzahnschicht stellt die Restaurations-Innenseite keine mechanische Grenzfläche mehr dar, an der rissauslösende Zugspannungen wirksam

Navigation zur Befestigung von Vollkeramiken											
Keramik	Silikat		Lithiumdisilikat			Oxidkeramik glasinfiltriert			Oxidkeramik polykristallin		
Marken-namen (Auswahl)	Vitablocs Empress CEREC Blocs		e.max press / CAD			In-Ceram Spinell, Alumina, Zirconia			In-Ceram YZ, Procera, ZirCAD, Lava, In-Ceram AL, Sirona inCoris AL Sirona inCoris ZI		
Indikation	Inlay, Onlay, Veneers, Kronen		Kronen, kleine Brücken (1)			Kronen, 3-gliedrige Brücken			Kronen, Brücken		
Einsetz-material	Adhäsive Komposite, licht/dual-härtend	Selbst-adhäsive Komposite licht/dual-härtend (ohne Veneer)	Glasio-mer	Adhäsive Komposite	Selbst-adhäsive Komposite	Glasio-mer	Selbst-adhäsive Komposite	Adhäsive Komposite selbst-härtend	Glasio-mer	Selbst-adhäsiv Komposite	Adhäsive Komposite selbsthärtend
Marken-namen (Auswahl)	Variolink, Silan, Bonder	Rely X Unicem	Ketac-Cem	Multilink, Panavia	Rely X Unicem	Ketac-Cem	Rely X Unicem	Multilink, Panavia	Ketac-Cem	Rely X Unicem	Multilink, Panavia
Keramik-vor-be-handlung	Flusssäure 60 sec, Silan, Bonder	Flusssäure, Silan	Reinigen	Flusssäure 20 sec, Silan	Flusssäure, Silan	Reinigen oder abstrahlen (2)	Abstrahlen (2) Rocatec-System	Abstrahlen (2) Zirkon-Primer	Abstrahlen	Abstrahlen oder Rocatec-System	Abstrahlen Zirkon-primer
Zahnvor-be-handlung	Schmelz-ätzung Dentin-adhäsiv (Licht-härtung)	Reinigen	Reinigen	Dentin-adhäsiv	Reinigen	Reinigen	Reinigen, Dentin-adhäsiv	Dentin-adhäsiv	Reinigen	Reinigen Dentin-adhäsiv	Dentin-adhäsiv Bond Trocken-legung!
Hinweise	Kofferdam	Siehe Gebrauchs-anweisung		Trocken-legung	Siehe Gebrauchs-anweisung		Siehe Gebrauchs-anweisung	Trocken-legung	Abstrahlen oder Anwendung von H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> zur Reinigung und Zirkonprimer, besonders bei kleinen Klebeflächen		

Die Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten.

- (1) Frontzahn bis zum 2. Prämolare, Brücken bis zu 3 Gliedern.
- (2) Korund (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) im Einwegstrahlverfahren, Korn 50 µm, Druck bei Spinell / Alumina / Zirconia 2,5 bar. Nach der Einprobe entfetten mit Alkohol o. ä.

Quelle: AG Keramik „Vollkeramik auf einen Blick“.

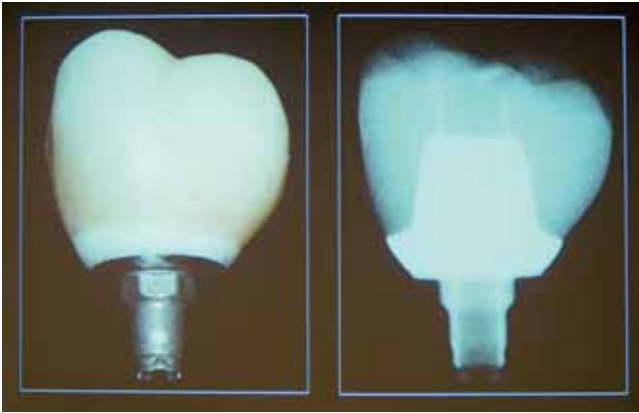
Abbildung 10 Die Art der Befestigung beeinflusst die klinische Haltbarkeit.

werden können. Dazu wird die Keramik mit Flusssäure (HF) geätzt und mit Silan benetzt. Auf der Zahnseite kommen Schmelz- oder Dentinätzung, Dentinadhäsiv und Befestigungskomposit zum Einsatz. Die Adhäsivtechnik führt zu einer erheblichen Steigerung der Belastbarkeit. Lithiumdisilikatkeramik (e.max CAD) und Aluminiumoxid (In-Ceram, Procera) sowie Zirkonoxid (Everest, inCoris, Lava, YZ) können zwar grundsätzlich konventionell zementiert werden (Glasionomerzement, Zinkoxidphosphatzement), höhere Dauerbelastungswerte sind jedoch mit Sandstrahlung der Keramik, mit dem Verkleben oder der Silikatisierung erzielbar (Abb. 10). ZrO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sind nicht ätzbar, weil sie keine Glasphase enthalten. Auch Silan bindet nicht, wenn kein Siliziumoxid zum „Andocken“ vorhanden ist. Zur Vergrößerung der Haftoberfläche eignet sich die Korundstrahlung mit Partikeln von 50-110µm und 2,5bar Druck. Nach der Einprobe wird die Restauration mit Phosphorsäure gereinigt oder auch korundgestrahlt. Bewährt hat sich die endgültige Verklebung mit selbstadhäsivem Phosphatmonomer, das einen chemischen, wasserunlöslichen Verbund gewährleistet. Hierzu müssen Schmelz und Dentin mit einem Primer vorbehandelt werden. Als Alter-

native stehen zum Aufbau einer adhäsiven Verbindungsfläche das Silikatisieren (CoJet) und Silanisieren der Oxidkeramik zur Verfügung. Selbstadhäsive Befestigungskomposite, die keine Vorbehandlung der Zahnschubstanz erfordern, sind ebenfalls für Oxidkeramiken geeignet (Rely X Unicem).

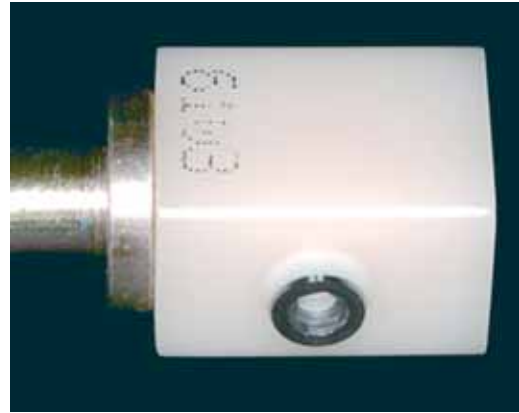
### Zwischen Implantat und Krone

Dr. Andreas Bindl, Universität Zürich, stellte die Fertigung individualisierter Abutments aus Zirkonoxidkeramik vor. Bei Implantaten muss bei Verwendung einer metallischen Suprastruktur die Fügestelle von Kronenrand und Abutment aus ästhetischen Gründen subgingival abgesenkt werden, um das Durchschimmern des Metalls zu verhindern. Aus parodontologischer Sicht ist jedoch eine supragingivale Platzierung des Kronenrandes vorteilhaft. Dadurch werden mechanische Reize auf das Parodont vermieden, die Fügestelle kann hygienisch leichter gepflegt werden. Deshalb ist der Einsatz von ZrO<sub>2</sub> als Abutment-Werkstoff angezeigt, um das Parodont zu schonen und die Ästhetik zu verbessern. Präfabrizierte ZrO<sub>2</sub>-Abutments werden im Mund manuell in Form geschliffen, die

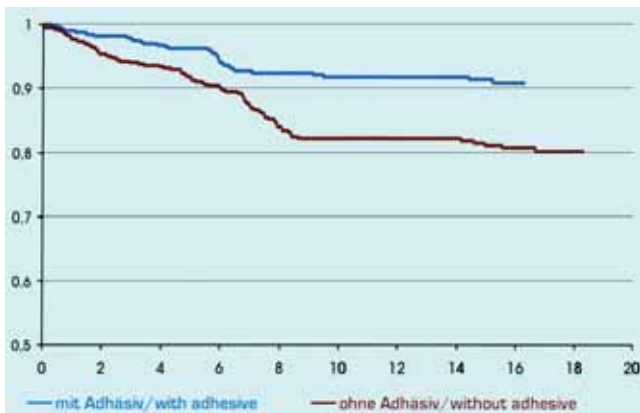


**Abbildung 11** Gerüstfreie Silikatkeramikkrone auf  $ZrO_2$ -Abutment, rechts im Röntgenbild.

(Foto 11-12: Dr. Bindl)



**Abbildung 12** Keramikblock aus  $ZrO_2$  für Abutment mit Schraubelement für die Enossalverbindung und Silikatkeramik für die gerüstfreie Implantatkrone.



**Abbildung 13** Überlebensrate (Kaplan-Meier) von CAD/CAM-gefertigten Keramikinlays mit und ohne Dentinadhäsiv-versorgten Kavitäten.

(Abb.: Dr. Reiss)

Stufe passend tiefergelegt und dann mit dem Enossalteil dauerhaft verschraubt. Diese Suprastruktur wird mit der Triangulationskamera gescannt, aus der Zahndatenbank eine passende Krone ausgewählt sowie einokkludiert, und die vollanatomische, gerüstfreie Silikatkeramikkrone (Vita TriLuxe, Ivoclar Multishade) ausgeschliffen. Die Krone wird nach Politur oder Glasierung mit Monomorphosphat-Kleber auf dem Abutment dauerhaft befestigt. Dieses Verfahren hat sich in Zürich in bisher dreijähriger Beobachtung bewährt (Abb. 11). Zur Vereinfachung der individuellen Abutment-Formung schlug Dr. Bindl vor,  $ZrO_2$ -Block herstellerseitig direkt mit einem Schraubelement zu versehen, das mit dem Enossalteil verschraubt werden kann. Dadurch könnte das Abutment automatisch im CAM-Fräsgesät formgeschliffen werden (Abb. 12).

### Dem Goldstandard ebenbürtig

Mittlerweile gehören CAD/CAM-gefertigte Keramikrestorationen zu den am intensivsten untersuchten Versorgungsformen. Studien belegen, dass die Ergebnisse den Langzeitdaten von Goldgussrestorationen ebenbürtig sind, denn die Ausfallrate hat jene von Gussfüllungen nie überschritten. Die guten, klini-

schen Erfahrungen mit adhäsiv befestigten Restaurationen bestätigte Dr. Bernd Reiss (DGCZ). Als Leiter einer Multicenterstudie – organisiert zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V. – in der niedergelassene Zahnärzte ihre vollkeramischen Restaurationen seit vielen Jahren kontrollieren und die Befunde in Intervallen melden, stellte Dr. Reiss fest, dass für die nachuntersuchten 1.011 CEREC-Restaurationen bei 299 Patienten nach 18 Jahren eine Überlebensrate von 84,4% (Kaplan-Meier-Methode) ermittelt wurde. Waren zu Beginn der Studie Dentinadhäsive noch nicht verfügbar, zeigten die nachfolgenden Behandlungen mit Silikatkeramik-Inlays und Dentinadhäsiv nach 16 Jahren eine Erfolgsquote von 90% (Abb. 13). Für das Gesamtergebnis konnte eine jährliche Misserfolgsquote von 0,9% errechnet werden – ein Wert, der als „Goldstandard“ bezeichnet werden kann – und allgemein nur Gussfüllungen zugeschrieben wird. Ferner zeigte sich, dass die Größe der Restauration keinen Einfluss auf die Überlebensrate hat. Versorgungen auf endodontisch behandelten Zähnen waren jedoch eher versagenskritisch als auf vitalen Zähnen. Aufbiss-Empfindlichkeiten und Sekundärkaries tendierten in den Praxen statistisch gegen Null, nachdem Totalbonding mit Dentinadhäsiven genutzt wurde. Dentinadhäsive erhöhten per se die Erfolgswahrscheinlichkeit. Inlays auf Prämolaren erzielten ein besseres Ergebnis als auf Molaren.

Gerüstfreie Frontzahnkronen ohne zusätzliche Verblendung, mit CAD/CAM-Technik „chairside“ vollanatomisch in einer Phase aus einem Silikatkeramikblock ausgeschliffen, haben sich laut Dr. Klaus Wiedhahn (ISCD) klinisch bewährt. Die niedergelassenen CEREC-Anwender Dr. Günther Fritzsche, Dr. Hans C. Müller, ZA Peter Neumann demonstrierten mit Patienten in Live-Videoübertragungen aus der Karlsruher Akademie für Zahnärztliche Fortbildung die Fertigung einer implantatgetragenen Abutmentkrone, gerüstfreien Silikatkeramikkrone und den Ersatz einer insuffizienten Metallkrone durch Silikatkeramik – hergestellt und eingegliedert in einer Sitzung. Ein neues Gestaltungsdesign für mehrgliedrige Brücken zeigte Software-Entwickler R. Piper; das Zwischenglied wurde automatisch positioniert und die Kontaktpunkte biomimetisch „eingerüttelt“ und in Kontakt zum Antagonisten gebracht.

DZZ