

# Digitaltechnik erweitert den klinischen Einsatz



Standardisierung der Prozesskette auf der 21. Jahrestagung der DGCZ

Als Fachgesellschaft der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) informiert die DGCZ (Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde) die Zahnärzteschaft stets über die Fortschritte der Digitaltechnik in Praxis und Labor. Im Mittelpunkt der diesjährigen 21. Jahrestagung, geleitet von Prof. Dr. Bernd Kordaß, Greifswald, Dr. Bernd Reiss, Malsch, und Dr. Klaus Wiedhahn, Buchholz (Abb. 1), standen Standortbestimmung und Update der CAD/CAM-Technik für vollkeramische Therapieverfahren, die Vernetzung zwischen digitaler Volumentomografie und Implantatprothetik, Präparationstechnik und Ästhetikversorgungen, einflügelige Adhäsivbrücken sowie neue Werkstoffe und die Live-Behandlung coram publico.

Die Abbildungsgenauigkeit der intraoralen Abformung mit dem lichtoptisch arbeitenden Mundscanner muss

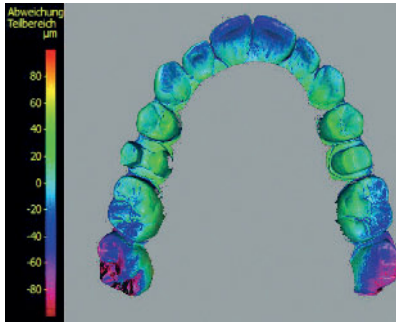
sich an den Ergebnissen der konventionellen Abformung mit Elastomeren messen lassen. Hier haben die optoelektronischen Aufnahmesysteme in den letzten Jahren deutlich an Genauigkeit zugelegt und können nun den Anspruch erheben, die Abweichungstoleranz am Einzelzahn auf 20 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), am Quadranten auf 35  $\mu\text{m}$  und bei der Ganzkieferabformung in den Korridor von 50 bis 80  $\mu\text{m}$  gebracht zu haben [6] (Abb. 2). Prof. Dr. Dr. Albert Mehl, Universität Zürich, erläuterte unter dem Thema „Update CAD/CAM“ die Entwicklung der digitalen Intraoralaufnahme von der Einzelbildaufnahme mit der Streifenlichtprojektion bis zur videogeführten Bildsequenz, die unter Einsatz einer multichromatischen Linienprojektion (Abb. 3) mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von wenigen Millisekunden arbeitet und daher Verwacklungsfreiheit garantiert. Dabei werden bis zu 18 Aufnahmen pro Sekunde pro-

duziert (z.B. Omnicam, Sirona). Grundsätzlich hat die Beschaffenheit der Zahnoberfläche oder des Restaurationmaterials Einfluss auf die Scangenaugigkeit. Untersuchungen zeigen aber, dass die unterschiedlichen Reflexions- und Streueffekte kaum ins Gewicht fallen und vernachlässigt werden können. Messfehler können aber immer dann auftreten, wenn ein Feuchtigkeitfilm auf der Zahnoberfläche liegt. Die optische Ablenkung des Lichtstrahls bei 100  $\mu\text{m}$  Wasserfilm kann zu einer falschen Höhenmessung bis zu 25  $\mu\text{m}$  führen und ist eine Eigenschaft aller lichtoptisch arbeitenden Aufnahmekameras; deshalb ist die Trockenlegung der Zahnoberflächen vor dem Scan obligatorisch. Die Messgenauigkeit von Quadrantenscans mit 40  $\mu\text{m}$  hat die Präzision von Polyätherabformungen erreicht. Ganzkieferscans sind laut Prof. Mehl zurzeit nur für Situationsmodelle geeignet; die Abweichungen am endständigen Kieferbogen liegen noch bei ca. 50 bis 100  $\mu\text{m}$ . Die biogenerische Kauflächengestaltung, die aus den individuell vorhandenen Zahnanatomien passende Okklusalfächen errechnet, konzentrierte sich bisher auf die Einzelzahnrestauration [12]. Künftige Software wird Zahngruppen im Kieferbogen positionieren und die Morphologie inklusive Zahnposition nach dem biogenerischen Prinzip gestalten [7]. Hierbei kann weiterhin die dynamische Artikulation berücksichtigt werden, indem z.B. das Bonwill-Dreieck und die Kondylenbahn aus der Röntgenaufnahme entnommen, das Ergebnis des FGP-Registrats einbezogen oder die Werte aus Gesichtsbogen und diversen Registriersystemen übernommen werden (Abb. 4–5). Die durch die Bewegungssimulation berechnete virtuelle Hülle der Antagonisten wird auf die konstruierten Restaurationen gelegt und auf Störkontakte überprüft (Abb. 6). Eine Studie in Zürich zeigte, dass im Falle von gut abgestützter Führung und bei Versorgungen im Seitenzahnbereich die individuell erzeugte, virtuelle Artikulati-



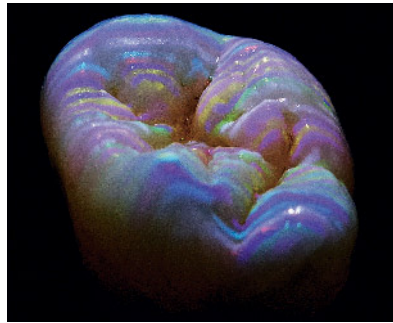
**Abbildung 1** Referenten der 21. DGCZ-Jahrestagung. Vorn (von links): Dr. Bernd Reiss, Dr. Klaus Wiedhahn, Prof. Gerwin Arnetzl, Peter Neumann, Lutz Brausewetter. Hinten: Dr. Olaf Schenk, Dr. Günter Fritzsche, Dr. Stefan Schwöbel, Prof. Sven Reich, PD Dr. Ulrich Lohbauer, Prof. Bernd Kordaß, PD Dr. Lutz Ritter, Dr. Wilhelm Scheweppe, Oliver Schneider, Prof. Albert Mehl.

(Abb. 1: DGCZ)



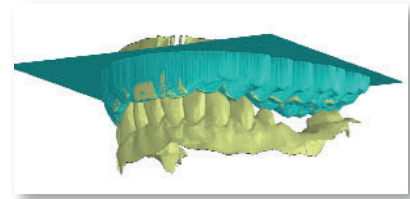
**Abbildung 2** Abweichungen bei einer 3D-Kiefermodellmessung. Die Farbskalierung (links) zeigt die Differenz in Mikrometer an.

(Abb. 2: A. Mehl)



**Abbildung 3** Multichromatische Linienprojektion als Scanmatrix zur digitalen Erfassung einer Okklusalfäche (System Omnicam).

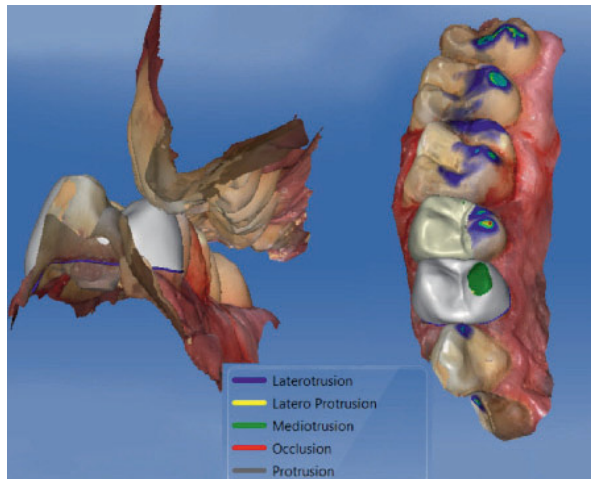
(Abb. 3: A. Mehl/ J. Bosch)



**Abbildung 4** Die virtuelle Artikulation erlaubt eine exakte Berechnung der Bewegungshüllen analog zum funktionellen Bissregistrat (FGP). Mit der statischen Antagonisten-Situation und der Information der Bewegungseinhüllenden sind alle Informationen für eine funktionelle Rekonstruktion der Restauration gegeben.



**Abbildung 5** Biogeriatric Rekonstruktion von Zahn 24 und 25 nach intraoraler digitaler Abformung. Kontakt-Situation bei Berücksichtigung nur der statischen Okklusion.



**Abbildung 6** Die Störkontakte bei Durchführung der Artikulation (dynamische Okklusion). Auf den Restaurationen kann anhand der Farben die Bewegung, die zur Störung führt, detektiert werden – hier z.B. auf Zahn 24 ein Kontakt bei der Mediotrusion (System Omnicam, Cerec-Software 4.2.x).

(Abb. 4–6: A. Mehl)



**Abbildung 7** Mittels Digitaldaten hergestellte chirurgische Bohrschablone mit Führungshülsen für die verschiedenen dimensionierten Knochenfräser.

(Abb. 7: SiCat/ L. Ritter)

on auf dem Niveau des Mittelwert-Artikulators liegt; beide Methoden bieten mit Toleranzen von 100 µm zuverlässige Ergebnisse [13].

### Digitale Volumentomografie plant Implantat und Prothetik

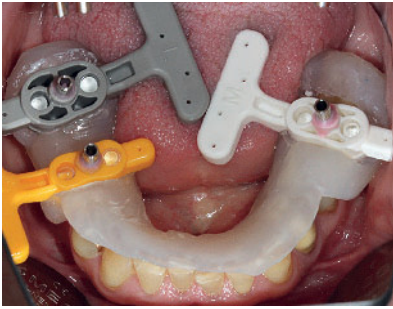
Die digital arbeitende Diagnostik hat mit der dentalen Volumentomografie (DVT) Eingang in die Zahnheilkunde gefunden. Nicht nur, dass die dreidimensionale Bildgebung die Strukturen im stomatognathen System überlagerungsfrei darstellt und die Befundung in Beziehung zu den Nachbarstrukturen erleichtert, sondern auch, weil das DVT

den Weg öffnet, den „virtuellen Patienten“ mit all seinen funktionellen Vorgängen darzustellen. Das bietet neben oralchirurgischen Befundungen besonders der Implantologie die Möglichkeit, OP und Prothetik im Voraus zu planen. 3D-Röntgenbild, Implantat, CAD/CAM-Konstruktion der Suprastruktur, ein dreidimensionales Realfoto sowie digitale Funktionsaufzeichnungen können sinnvoll verknüpft werden.

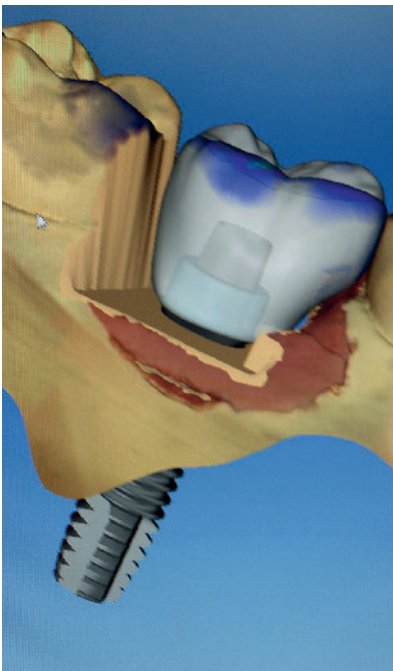
Priv.-Doz. Dr. Dr. Lutz Ritter, Klinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie der Universität Köln, thematisierte den Nutzen der dreidimensionalen Aufnahme zur Vorbereitung einer Implantation und zur Planung der prothetischen Implantataufbauten [17]. Neben der Beurteilung des präoperativen

Knochenlagers kann die relevante Anatomie mit dem DVT metrisch exakt vermessen werden. Knochendefizite können detektiert, Augmentationen vorbereitet werden. Der Zustand der Alveole nach Zahnextraktion, des alveolen Bündelknochens und des Alveolar-kamms geben röntgenologisch Auskunft, ob eine Sofortimplantation, eine verzögerte Sofortimplantation oder eine Spätimplantation angezeigt und möglich ist. Softwarebasiert können Position und Dimensionierung des Implantats simuliert und exakt vorausbestimmt werden. Besonders die klare, dreidimensionale Erfassung des Nervus alveolaris inferior bietet ein hohes Maß an Sicherheit bei der Vorbereitung der OP und erleichtert dadurch die Positionsbestim-





**Abbildung 8** Der Bohrsplint, aus dem Röntgensplint umgearbeitet, trägt die Führungshülsen für die ossäre Tiefenbohrung. (Abb. 8: E. Frank)



**Abbildung 9** Die virtuelle Konstruktion und Angulation der Suprastruktur und die Justierung mit dem Enossalpfeiler vereinfacht die Implantation und verbessert die Funktion. (Abb. 9: F. Hermann)



**Abbildung 10** Ausgangssituation: Keine eindeutige Okklusion.



**Abbildung 11** Endgültige Versorgung mit Veneers und Table Tops. (Abb. 10 und 11: C. Kühnöl)



**Abbildung 12** Krone aus zirkonoxidverstärktem Lithiumsilikat (Celtra Duo), mit Cerec chairside ausgeschliffen. (Abb. 12: A.C. Meier)



**Abbildung 13** Beim Hybridabutment wird das  $ZrO_2$ -Abutment mit der Titanbasis verklebt, die Titanbasis mit dem Enossalpfeiler verschraubt. Das ergibt eine spannungsfreie Verbindung. (Abb. 13: Sirona)

mung des Enossalpfeilers. Damit bietet die 3D-Aufnahme dem Zahnarzt die erforderliche Sicherheit bei der Einschätzung der Situation und bei der Entscheidung für das chirurgische Vorgehen [14]. Im Rahmen der „Rückwärtsplanung“ werden die Positionen der Enossalpfeiler im zahntechnischen Modell mit Laborpfosten festgelegt. Eine Aufbissplatte mit den Referenzpositionen aus röntgensichtbarem Bariumsulfat für die Implantate wird intraoral im 3D-Verfahren aufgenommen. Auf dem Röntgenbild kann die Lage der Laborpfosten mit den vorgesehenen, ossären Positionen abgestimmt und die Angulation der Mesostrukturen mit der Röntgensoftware festgelegt werden. Die räumliche Zuordnung von Knochen, Weichgewebe, Enossalteilen, Abutments in Beziehung zu den Nachbarstrukturen ermöglicht eine detaillierte Analyse und erleichtert die Vorbereitung der OP mit einer chirurgischen Bohrschablone für die enossale Tiefenbohrung (Abb. 7). Die Bohrschablone kann auf Basis der virtuell gewonnenen Daten neuerdings auch in der Praxis konstruiert und hergestellt werden. Die Kombination aus digitalprothetischer und chirurgisch-implantologischer Planung ermöglicht es, die Daten der digitalisierten Intraoralabformung sowie die virtuell konstruierte, prothetische Suprastruktur mit der Implantatkrone im DVT-Röntgenbild deckungsgleich zu vereinen.

Grundsätzlich ersetzt laut Dr. Ritter das DVT die 2D-Röntgenaufnahme nicht, bietet aber einen vertiefenden, detaillierten Informationsgewinn und führt in der 3D-Kombination zu besseren Ergebnissen in der radiologischen Diagnostik.

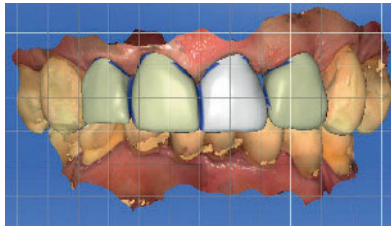
### Systematik computergestützter Implantatschablonen

Eine Übersicht heute üblicher Schablonentypen zur navigierten Implantation und zur Fertigung der chirurgischen Bohrschablone präsentierte Dr. Elmar Frank, Besigheim. Tragende Strukturen von Bohrschablonen können auf Zähnen, Zahnersatz und Mukosa abgestützt sein. Die räumliche Position geplanter Implantate wird in allen Fällen virtuell am Bildschirm auf der Grundlage einer 3D-Bildgebung festgelegt. Zur Herstellung der Bohrschablonenbasis aus



**Abbildung 14** Aufbausegment der Endo-Krone aus Lava Ultimate.

(Abb. 14: P. Neumann)

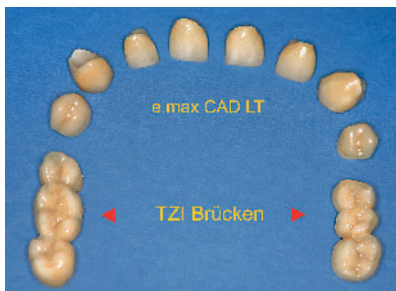


**Abbildung 15** Virtuelle Konstruktion mit Modellachse zur Bisshebung.

(Abb. 15–17: K. Wiedhahn)



**Abbildung 16** Präparationsdesign für die FZ-Restaurationen.



**Abbildung 17** Veneers und Kronen im FZ aus Lithiumdisilikat, Molarenbrücken aus monolithischem  $ZrO_2$ .



**Abbildung 18** Einflügeliges  $ZrO_2$ -Gerüst bei der Anprobe.



**Abbildung 19** Endgültige Versorgung von palatinal. (Abb. 18–19: M. Kern)

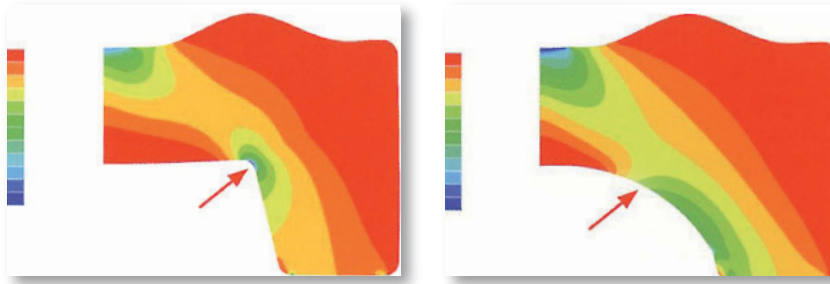
Kunststoff können additive, subtraktive oder analoge Verfahren angewandt werden. Die Übertragung der Orts- und Winkelinformationen von der Umgebung in die Schablone erfolgt entweder direkt digital oder analog mit geeigneten Werkzeugen. Ein möglicher Weg führt über die analoge Herstellung der Schablonenbasis auf dem konventionellen Gipsmodell und die digitale Übertragung der Bohrpositionen durch abtragende Techniken – eine vom Referenten bevorzugte Technik. Laut Dr. Frank ist das DVT für die direkt digitale Herstellung der Bohrschablonenbasis weniger geeignet, weil die Zuordnung von Grauwerten mit geringen Dichtegradienten zu den abstützenden Flächen nicht eindeutig dargestellt wird, ferner Metall (Amalgam, VMK-Kronen) zu Artefakten im Niedrigdosis-Röntgenbild führt. Aus diesem Grund plädiert Dr. Frank für die von ihm als „hybrid“ bezeichneten Techniken, bei denen die Vorteile der analogen (artefaktfrei, eindeutig präzise Oberflächen, einfache und kostengünstige Herstellung der Schablonenbasis) mit jenen der digitalen Welt (Übertragung der Bohrpositionen durch computergesteuerte Bohrung bzw. Fräsung in die Basis) vereint werden [8].

### Informatik-Sektion stellt prospektive Verfahren vor

Die Mitglieder der interdisziplinären „Informatik-Sektion der DGCZ“ unter Leitung von Prof. Dr. Bernd Kordaß stellten auf dem Symposium Verfahren vor, die die Behandlung in der Zahnarztpraxis unterstützen können. Dr. Stefan Reiz, Köln, demonstrierte die Herstellung einer chirurgischen Bohrschablone für die Insertion von Implantaten unter Nutzung des digitalen Volumetomografen (Galileos, Sirona). Damit kann die Bohrschablone industriell (Fa. SiCat) als auch in der Praxis gefertigt werden, indem ein Röntgensplint mit Referenzmarker hergestellt wird. Dieser Röntgensplint, klinisch positioniert im vorgesehenen Implantatbereich, wird im DVT aufgenommen. Danach wird der Röntgensplint in einen Bohrsplint umgearbeitet, in dem Führungshülsen mit Cerec gefräst und, die Referenzkörper ersetzend, eingefügt werden (Abb. 8). Dr. Siegmund Schnutenhaus, Ulm, prüfte die Übereinstimmung von DVT-geplanten und mit Bohrschablonen erzielten Implantatpositionen. Die Kontrolle nach OP zeigte, dass die vorgesehenen Enossalpositionen exakt erreicht wurden. Dr. Frederic Hermann,

CH-Zug, verglich die DVT-gestützte, schablonengeführte Implantation mit dem analogen Vorgehen. Für die Befundung, Vorbereitung der OP und die prothetische „Backward-Planning“ benötigte er ca. 30 min; dies beschränkt sich allerdings auf Einzelzahn- und Schaltlücken-Implantate und erfordert die Investition in den digitalen Workflow (Abb. 9). Das konventionelle Vorgehen mit Fremdherstellung der Röntgenschablone und Technikereinsatz ist zwar zeitaufwändiger, schränkt aber den Indikationsbereich nicht ein. Dr. Olaf Petersen, Rendsburg, berichtete von seinen Erfahrungen mit einem einteiligen Titan-Implantat (System nach Prof. Drago). Hierbei wird auf ein Abutment verzichtet; die endgültige Vollkeramikkrone wird direkt mit dem Implantatkopf verbunden. Verbesserungswürdig ist laut Dr. Petersen das voluminöse, kantige Design des Implantatkopfes, der die Bedingungen der Keramik nach abgerundeten Formen für das Kronen-Innenlumen nicht ausreichend erfüllt.

Zahnärztin Birgit Krause MSc, Hamburg, stellte die Fertigung einer dreigliedrigen Brücke im Molarenbereich mit einer CAD/CAM-gefertigten Verbindung vor (Rapid-Layer, Vita Zahn-



**Abbildung 20** Links: Kräfte, die bei Beanspruchung auftreten, besonders im Übergangsbereich des Kastens bei traditioneller Präparation Rechts: Unkritische Kraftverteilung bei weiten Radien.

fab.). Für das anatoform gestaltete Gerüst wurde die Verblendschichtdicke vom inLab-System (Sirona) herausgerechnet und der Datensatz für die Verblendung abgespalten. Das Gerüst wurde aus  $ZrO_2$ , die Verblendung aus Feldspat geschliffen und adhäsiv mit dem Gerüstkörper verbunden. Laut ZÄ Krause ist für die Pfeilerhöhe und Ausdehnung eine ausreichende Verbinderdimension erforderlich. Ein interokklusaler Platzbedarf zwingt zu Kompromissen bei der Wandstärke. Dr. Conrad Kühnöl MSc, Dresden, stellte eine funktionelle Bisslageänderung nach einer abgebrochenen KfO-Behandlung vor. Der Patient hatte keine eindeutige Okklusion (Abb. 10). Oberkiefer und Unterkiefer wurden intraoral gescannt und provisorische „Table Tops“ mit Eckzahnaufbau aus Polymer (CAD-Temp, Vita Zahnfab.) eingegliedert. Nach 4-monatiger Tragezeit erfolgte die endgültige Versorgung mit Veneers regio 32–43 und 33–36 aus Silikatkeramik (TriLuxe forte, Vita Zahnfab., Abb. 11).

### Neue Werkstoffe im Fokus

Prof. Dr. Sven Reich, RWTH Aachen, stellte unter den CAM-verarbeitungsfähigen Werkstoffen auch die neuen Lithiumsilikat-Keramiken mit einer Zirkonoxid-Dotierung vor (Celtra Duo, Dentsply; Suprinity, Vita Zahnfab.). Die Produkte basieren auf einer gemeinsamen Entwicklung der beiden Unternehmen, zusammen mit dem Fraunhofer-Institut, und haben eine sehr feine Mikrostruktur, die bei mittlerer Biegebruchfestigkeit einen hohen Glasanteil aufweist – geeignet für ästhetische Restaurationen mit erhöhter Festigkeit. Celtra Duo ist

eine auskristallisierte, präfabrizierte Keramik; die Biegebruchfestigkeit und Risszähigkeit wurde durch eine 10 %ige  $ZrO_2$ -Dotierung deutlich angehoben, ohne dass eine optische Trübung eingetreten ist. Die im Cerec-System schleifbaren Blocks werden entweder chairside poliert und weisen dann eine Festigkeit von 210 MegaPascal (MPa) auf oder können mit einer Sinterglasur auf 370 MPa gebracht werden. Für das ZT-Labor steht Celtra CAD zur Verfügung, das vorkristallisiert bearbeitet wird und, final kristallisiert, über 420 MPa Biegebruchfestigkeit verfügt. Suprinity verfügt über ein sehr feinkristallines Gefüge mit einer Kristallgröße von ca. 0,5  $\mu m$  und hat ebenfalls eine  $ZrO_2$ -Partikeldotierung (8 %). Vorkristallisiert weist der Block eine Biegebruchfestigkeit von 190 MPa auf und erreicht nach dem Ausschleifen durch einen finalen Kristallisationsbrand ebenfalls 420 MPa. Alle Produkte eignen sich, adhäsiv befestigt, für Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen und verblendfreie Front- und Seitenzahnkronen [21] (Abb. 12).

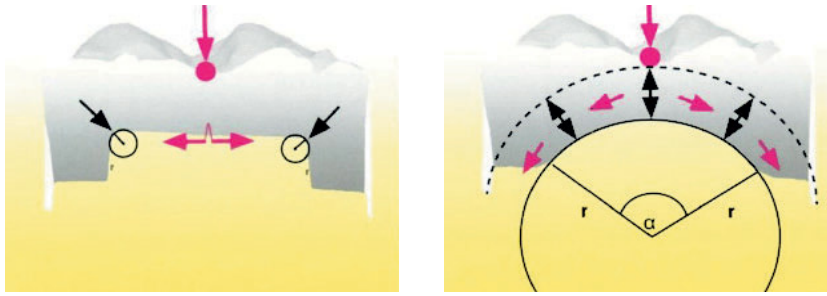
Wurden bisher dreigliedrige Endpfeiler-Brücken bis zum zweiten Prämolare aus Lithiumdisilikat (e.max CAD, Ivoclar), vollanatomisch geformt und somit verblendfrei, nur experimentell eingesetzt, erhielt diese Indikation herstellereitig nach klinischer Bewährung nun ihre Freigabe. Für die Verbinder werden 16 mm<sup>2</sup> Querschnittsfläche empfohlen. Eine 4-Jahresstudie wies eine Überlebensrate von 98 % aus [16]. In der Praxis bewährt haben sich Abutments aus Lithiumdisilikat für implantatgetragene, geteilte Hybrid-Abutment-Kronen (Abb. 13) sowie monolithische Suprastrukturen, die Abutment und Krone zusammenfassen. Beide Abutments werden mit einer Titan-

basis (TiBase, Sirona) verklebt, die Titanbasis mit dem Implantatpfeiler verschraubt. Im Frontzahngebiet sind laut Prof. Reich  $ZrO_2$ -Abutments eine Alternative zu Metall-Abutments; im Seitenzahnbereich ist das  $ZrO_2$ -Abutment noch nicht ausreichend erprobt. Die Präparationsgrenze des  $ZrO_2$ -Abutments kann, abhängig vom individuell sichtbaren Bereich, leicht subgingival platziert werden.

Die neue Hybridkeramik (Enamic, Vita Zahnfab.) und Nanoresin-Keramik (Lava Ultimate, 3M Espe) mit ihren dentinähnlichen E-Moduli waren die Werkstoffe, mit der Zahnarzt Peter Neumann, Berlin, Endo-Aufbauten für Kronen chairside im CAD/CAM-Verfahren fertigte. Von Aufbaufüllungen aus Glasionomerzement und Komposit riet der Referent ab, weil diese Materialien altern und damit langfristig ungeeignet sind. Wurzelstifte bergen die Gefahr, dass die Wurzel apikal frakturiert. Als Präparationsarchitektur wählte Peter Neumann den „Fassreifen“ (ferrule design) mit 2 mm Höhe zur Stabilisierung gegen Abscherkräfte und zum Schutz vor Dezementierung [5]. Bei einer zweiteiligen Endkrone mit Fassreifenumfassung wurde der Aufbau aus Nanoresin-Keramik und die Krone aus Silikatkeramik (Empress CAD, Ivoclar) hergestellt (Abb. 14). Ein weiterer Endo-Aufbau mit tiefer apikaler Ausdehnung wurde aus einem Stück Hybridkeramik gefräst und mit Feldspatkeramik (Tri-Luxe, Vita Zahnfab.) überkront.

Eine Bisshebung mit diversen Zahnlücken im OK und Teleskopen in regio 43–44 und 34–35 im UK bei einem extremen tiefen und irregulären Biss stellte Dr. Klaus Wiedhahn, Buchholz, vor. Die funktionelle Rehabilitation kann mit einem Langzeitprovisorium erreicht und die Rekonstruktion mit verblockten Kronen und Brücken unter Nutzung der Connect-Software (Sirona) durchgeführt werden. Zur Bestimmung der Okklusalebene wurde virtuell eine Modellachse eingerichtet. Ohne die Zähne zu präparieren, wurden Kauflächen-Veneers, Kronen und Brücken aus Polymer (Telio CAD, Ivoclar) NC-gefräst und adhäsiv eingegliedert. Nach Eingewöhnung des Patienten an die neue Bisslage wurden die Kiefer gescannt, die Zähne präpariert und nach der CAD-Konstruktion die Restaurationen im Molarenbereich aus „Vollzirkon“ (inCoris TZI, Sirona) und anterior aus Lithiumdisilikat (e.max CAD LT, Ivoclar) hergestellt [4] (Abb. 15–17).





**Abbildung 21** Links: Ungünstige Keramikkonstruktion mit Zugspannung basal. Rechts: Die Zentralfissur wird unter Druckspannung gesetzt.

(Abb. 20–21: G. Arnetzl)

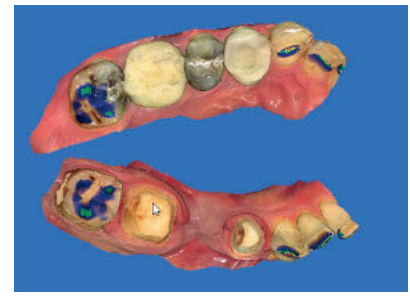
### Gründe für Chippings erkannt

Zirkoniumdioxidkeramik ( $ZrO_2$ ) hat sich als Gerüstwerkstoff für verblendete Kronen und Brücken bewährt. Literaturbelegt ist jedoch, dass die Verblendungen auf  $ZrO_2$  risikobehaftet sind und zu Chippings neigen. Priv.-Doz. Dr. Ulrich Lohbauer, Universität Erlangen, begründete dies, dass in der Vergangenheit die Wandstärken der Kronengerüste zu dünn gewählt und oftmals keine Höckerunterstützung genutzt wurde [3, 11]. Ferner gerieten Verblendungen mit stark wechselnden Schichtdicken (1,5 bis 2,5 mm und mehr) leicht unter Zugspannung und steigerten unter Kaubelastung das Frakturrisiko. Die hohe Biegebruchfestigkeit der Gerüste von ca. 1200 MPa darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Festigkeitswerte sich nach längerer Tragezeit um ca. 50 % reduzieren. Diese Veränderung ist dann klinisch nicht relevant, wenn die Wandstärken und Konnektoren ausreichend dimensioniert sind. Eine Feldstudie über 5 Jahre zeigte, dass bei 957  $ZrO_2$ -Verblendkronen 2 % Kappenbrüche und 4 % Chippings aufgetreten sind [10, 15]. Bei 259  $ZrO_2$ -Brücken frakturierten in der Studie 6 % der Verbinder und 7 % der Verblendungen. Deshalb dürfen die vom Hersteller empfohlenen Wandstärken für  $ZrO_2$  nicht unterschritten werden; die Gerüste sind anatoform mit Höckerunterstützung zu gestalten und die Verblendschichten dünn (1,0 bis 1,5 mm) anzulegen. Ferner sorgt laut Dr. Lohbauer eine sorgfältige Befestigung für eine zusätzliche Stabilität der Restauration. Da  $ZrO_2$  ohne Glasphase ist und deshalb nicht HF-geätzt werden

kann, empfiehlt sich das Sandstrahlen der Kroneninnenseite ( $Al_2O_3$ -Korn 50  $\mu m$ , 1–2 bar Strahldruck, 10 sec), der Auftrag von  $ZrO_2$ -Primer und Komposit (Metal Zirconia Primer, Monobond Plus, Ivoclar). Bei Befestigung mit Zirkon-Primer darf zur Reinigung keine Phosphorsäure verwendet werden. Die Zahnseite wird mit Ätzelgel und Dentinadhäsiv konditioniert.

### Hohe Überlebensrate von einflügeligen Adhäsivbrücken

Adhäsivbrücken mit  $ZrO_2$ -Gerüst, verklebt mit einem Flügel am Nachbarzahn, gelten inzwischen als bewährte Therapielösung für den Lückenschluss im Frontzahnbereich. Prof. Dr. Matthias Kern, Universität Kiel, kann schon seit Jahren auf ermunternde Ergebnisse mit guten Prognosen hinweisen (siehe auch DZZ 2007; 62(9): 621–623) (Abb. 18–19). Inzwischen liegen klinische Langzeitdaten für Adhäsivbrücken vor. Die Überlebensrate (nach Kaplan-Meier) für einflügelige Adhäsivbrücken, ausgeführt mit InCeram Zirconia, betrug nach 10 Jahren 94,4 % [9]. Das einflügelige Gerüst, nachfolgend aus  $ZrO_2$  gefertigt, wies nach 5 Jahren eine 100 %ige Erfolgsquote aus [19]. Im Gegensatz dazu zeigten Adhäsivbrücken mit 2 Flügeln, aus InCeram Alumina gefertigt, nach 10 Jahren eine Überlebensrate von 73,9 % auf [18]. Grund hierfür liegt in der Eigenbeweglichkeit der Zähne, die bei der Loslösung eines Klebeflügels belastende Scheer- und Torsionskräfte in den Verbinderbereich bringen [20]. Adhäsivbrücken ermöglichen, dass mit einem Klebeflügel



**Abbildung 22** OK und UK werden mittels einer Bukkaltaufnahme verschlüsselt. Sind die kontralateralen Eckzähne mit aufgenommen, kann eine Artikulation simuliert und dynamische Kontakte dargestellt werden.

(Abb. 22: G. Fritzsche)

eine hoch belastbare, extrakoronale Restauration adhäsiv am kariesfreien Pfeilerzahn befestigt werden kann. Bei Versagen des Klebeverbundes entfällt die hohe Kariesgefahr unilateral gelöster zweiflügeliger Restaurationen. Eine Wiederbefestigung ist stets möglich.

### Präparation entscheidet Haltbarkeit

Maßgeblich für den Langzeiterfolg vollkeramischer Restaurationen sind materialgerecht günstige Formgebungen. Dafür gab Prof. Dr. Gerwin Arnetzl, Universität Graz, konkrete Hinweise, wie die Präparation sowohl defektorientiert als auch zahn-, material- und technologieadäquat erfolgen sollte. Eine Grundforderung für den Erhalt der Vitalfunktion des Zahns ist die Berücksichtigung des Schmelzprismenverlaufs zur Optimierung der Klebung. Schmelzprismen sollten für den Haftverbund stets senkrecht und nicht parallel geschnitten werden. Die Präparation hat unter Berücksichtigung einer vernünftigen Nutzen-Risiko-Analyse eine maximale Langzeithaltbarkeit zu gewährleisten. Dafür ist eine Mindest-Restdentinstärke von 0,7 bis 1,0 mm entscheidend. Die Präparationsformen sollten runde Übergänge mit großen Radien und folgende Merkmale aufweisen: Druckspannungen in der Konstruktion sind zu bevorzugen, Spannungsspitzen und Materialanhäufungen im keramischen Bauteil sind durch weiche Übergänge an Absätzen und Kanten vermeidbar. Beim Kontakt zu Schmelz und Dentin ist auf eine große Kontaktfläche zu achten (Flä-

chenkontakt statt Punkt- oder Linienkontakt). Durch eine konvexe Gestaltung des Kavitätenbodens können Kerbspannungen (Abb. 20) vermieden und Zugspannungen in Druckspannungen umgewandelt werden (Abb. 21). Plötzliche Querschnittsveränderungen, dünne Wandteile und Stege wirken sich ungünstig aus. Bei Einlagefüllungen sollte der Öffnungswinkel der Kavitätenwand 6°, nach okklusal divergierend, nicht überschreiten. Die Isthmusbreite sollte nicht geringer sein als 2,0 bis 1,5 mm. Für die okklusale Mindestschichtstärke in der Fissur sind 1,5 mm, bei Lithiumdisilikat 1,0 bis 0,8 mm zu empfehlen. Lang verzweigte Kavitätenränder sind zu vermeiden [1].

Bei Kronen hat sich die Hohlkehle und die Stufe mit abgerundeter Innenkante zur Abstützung des Kronenrandes bewährt. Die Breite sollte im Approximalbereich von Prämolaren und im lingualem Bereich der unteren Molaren 0,8 mm, in allen anderen Bereichen 1,0 mm betragen. Für die Statik ist im Bereich der Höcker und Fissuren eine Reduktion von 1,5 bis 2,0 mm angezeigt. Bei den Kronenwandstärken sowie Brückenverbindern sind die Angaben der Keramikhersteller

zu beachten. Obwohl  $ZrO_2$  hohe Kaukräfte kompensieren kann, sollte die zirkuläre Präparationstiefe 0,8 mm, am Kronenrand 0,5 mm nicht unterschreiten. Unter der Zentralfissur sind mindestens 1,5 mm erforderlich. Der verfügbare Raum zu Nachbarzähnen und Antagonisten sollte eher dem anatoformen Gerüstdesign gegeben und die Verblendung, von Höckern unterstützt, dünn gestaltet werden. Eine extendierte Verbinderdimension in vertikaler Richtung ist zu empfehlen [2].

### Behandlung in einer Sitzung coram publico

Bei der Live-Behandlung entfernte Dr. Günter Fritzsche, Hamburg, aus Zahn 28 eine insuffiziente MO-Amalgamfüllung und fertigte computerunterstützt im Chairside-Verfahren eine Teilkrone aus zirkonoxidverstärkter Lithiumsilikatkeramik (Celtra Duo). Zahnarzt Peter Neumann, Berlin, versorgte prothetisch einen eingehielten Implantatpfiefer. Mit der neuen Cerec Software 4.2 fertigte er eine individuelle Mesiostruktur aus Lithiumdisilikat (e.max CAD, Ivoclar) sowie die

Implantatkronen aus der gleichen Keramik. Nach der Konstruktion, dem Ausschleifen und Kristallisieren wurde das Hybridabutment mit der Titanbasis (TiBase) verklebt und im Mund verschraubt.

Die Fortschritte des optoelektronischen Aufnahmesystems mit Videosequenz (Omnica) im Vergleich zur Einzelbildaufnahme (Bluecam) wurden von Dr. Günter Fritzsche und Dr. Bernd Reiss vorgestellt. Bei der videoführten Messkamera wird das Aufnahmeteil fließend über die Zahnreihe geführt; dabei entstehen 18 Farbbilder pro Sekunde. Gingiva und unbezahnte Lücken werden mitgescannt. Für die Artikulation ist kein Registrierat notwendig; OK und UK werden mittels einer Bukkalaufnahme miteinander verschlüsselt. Die errechneten statischen Kontakte lassen sich darstellen (Abb. 22) und mit den auf der Zahnreihe zuvor markierten realen Kontakten vergleichen. Sind die kontralateralen Eckzähne mit aufgenommen worden, kann eine Artikulation simuliert und dynamische Kontakte dargestellt und angepasst werden.

DZZ

M. Kern – DGCZ,  
Karl-Marx-Strasse 124, 12043 Berlin

## Literatur

- Arnetz G: Klinische Aspekte für vollkeramische Restaurationen. ZWR 2011; 120:260–261
- Arnetz G: Präparationstechnik für die Vollkeramik, die Materialbeschaffenheit als Grundlage für die Präparationsform. ZWR 2008;24:284–292
- Belli R, Petschelt A, Lohbauer U: Thermal-induced residual stresses affect the fractographic patterns of zirconia-veneer dental prostheses. J Mech Behav Biomed Mater 2013;21:167–177
- Edelhoff D: Okklusionsänderung mit Kauflächen-Veneers. ZMK Spitta 2013; 29:2–4
- Edelhoff D, Weber M, Spiekermann H, Marx R: PVD-layering for increased retention of glass fibre reinforced endodontic posts. Schweiz Monatsschr Zahnmed 2006;116:992–999
- Ender A, Mehl A: Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. J Prosthet Dent 2013;109:121–128
- Ender A, Mörmann WH, Mehl A: Efficiency of a mathematical model in generating CAD/CAM-partial crowns with natural tooth morphology. Clin Oral Invest 2011;15:283–289
- Frank E: DVT ist komplex und facettenreich. Endod J 2011;4:74
- Kern M, Sasse M: Ten-year survival of anterior all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses. J Adhes Dent 2011; 13:407–410
- Kerschbaum T, Faber FJ, Noll FJ, Keller A: Klinische 5 Jahresdaten von Cercon-Restaurationen. Digital Dental News 2009;Juni:6–11
- Lohbauer U, Amberger G, Quinn GD, Scherrer SS: Fractographic analysis of a dental zirconia framework: A case study on design issues. J Mech Beh Biomed Mater 2010;3:623–629
- Mehl A: A new concept for the integration of dynamic occlusion in the digital construction process. Int J Comput Dent 2012;15:109–123
- Mehl A: Dynamische Okklusion und Morphologie, Symbiose durch CAD/CAM. Referat DGCZ-Tagung 2009
- Möller F, Neugebauer J, Scheer M, Ritter L, Zöller JE: Der Einsatz des DVT zur Vermeidung implantologischer Komplikationen. Digital Dental News 2010; Sept:26–29
- Quinn GD, Hoffman K, Scherrer S et al.: Fractographic analysis of broken ceramic dental restorations. Ceram Trans 2012;230:161–174
- Reich S et al: Three-unit CAD/CAM generated lithium disilicate FDPs after a mean observation time of 46 month. Clinical Oral Investigations 2013, ahead of print
- Ritter L, Neugebauer J, Dreiseidler T, Karapetian VE, Zöller JE: CAD/CAM-Verfahren in der Implantologie: Ein neuartiges Verfahren zur virtuellen Implantatplanung. Dtsch Zahnärztl Z 2012;67:170–176
- Sasse M, Kern M: Vollkeramische Adhäsivbrücken – Planung, Vorgehen und Bewährung. Quintessenz 2013;64: 1225–1232
- Sasse M, Kern M: CAD/CAM single retainer zirconia-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses: clinical outcome after 5 years. Int J Computerized Dent 2013;16:109–118
- Sasse M, Eschbach S, Kern M: Randomized clinical trial on single retainer all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures: Influence of the bonding system after up to 55 months. J Dent 2012;40: 783–786
- Zimmermann M, Mehl A, Reich S: New CAD/CAM materials and blocks for chairside procedures. Int J Comput Dent 2013;16:173–181