

**DIGITAL DENTISTRY** // Seit inzwischen 30 Jahren schreitet die Entwicklung von CAD/CAM-gestützten Fertigungsverfahren im Dentalbereich voran. Inzwischen gibt es fast keinen zahnärztlichen Behandlungsbereich mehr, für den keine digitalen Lösungsmöglichkeiten existieren. Vom Inlay aus diversen Keramikmaterialien und Kompositen, über Kronen und Brücken aus nur im CAD/CAM-Verfahren sinnvoll herstellbaren Vollzirkongerüsten bis zu Implantatplanungen und Bohrschablonen reicht eine Riesenspalette von Möglichkeiten.

## DENTALES CAD/CAM – VERKANNTEN MÖGLICHKEITEN

Dr. Walter Quack/Bergisch Gladbach

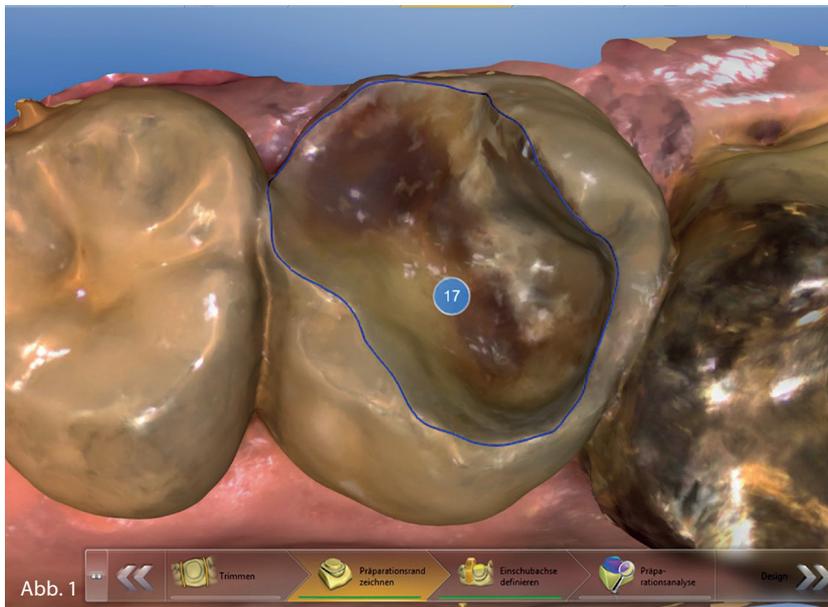
Das erste kommerziell erhältliche CAD/CAM-System war das von Mörmann und Brandestini entwickelte CEREC. Auch wenn die Idee damals auf große Begeisterung stieß, war das System mit seinen geometrischen Möglichkeiten – oder

sollte man eher von engen Systemgrenzen sprechen? – zu diesem Zeitpunkt noch nicht wirklich praxisreif. Die mit einer „Halbokklusion“ in sehr begrenzter Randqualität ausgeschliffenen Inlays – sonst waren noch keine Indikationen

möglich – waren für präzisionsverwöhnte Zahnärzte nicht akzeptabel. Überraschenderweise haben aber selbst die mäßig passenden Keramikrestaurationen der frühen Jahre durch die parallelen Entwicklungen der Adhäsivtechnik in der Langzeitbewährung oft gar nicht so schlecht abgeschnitten.

Inzwischen sind die Passungen von CAD/CAM-gestützten Restaurationen absolut konkurrenzfähig. Im Bereich von Einzelrestaurationen oder Quadrantensanierungen sind die optischen Abformsysteme den konventionellen nun mindestens gleichwertig. Universitäten wie Zürich, Aachen, Greifswald und München arbeiten regelmäßig mit CAD/CAM und veröffentlichen äußerst beeindruckende wissenschaftliche und klinische Ergebnisse.

**Abb. 1:** „Badewannenpräparation“ für Inlay mit abgerundeten Innenkanten und scharfem Rand ohne Abschrägung.



### Sehr gute Ergebnisse bei richtiger Anwendung

Nach den Untersuchungen der CSA (Ceramic Success Analysis) sind im CAD/CAM-Verfahren hergestellte Restaurationen aus Keramik heute die Restaurationen mit der besten Langzeitbewährung (Abb. 1). Interessanterweise werden im Gespräch mit Kollegen schlechte Ergeb-

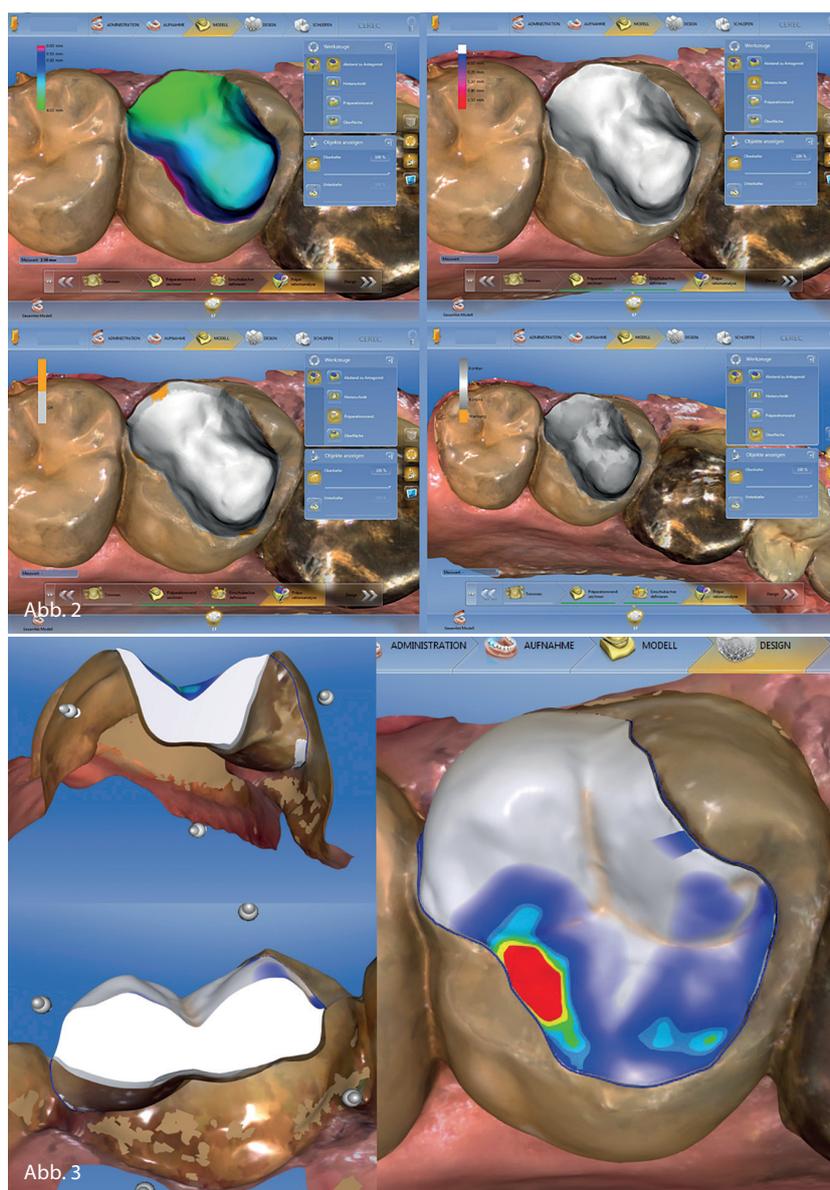
nisse bei konventionellem Zahnersatz ganz selbstverständlich dem Behandler angelastet, schlechte Ergebnisse bei keramischen CAD/CAM-Versorgungen aber genauso selbstverständlich ursächlich mit dem System verknüpft. Die Marktdurchdringung der CAD/CAM-Systeme ist noch recht gering und die Zahl der Kollegen, die mit diesen Systemen regelmäßig arbeiten, sich entsprechend fortgebildet haben, gut eingearbeitet sind und dann auch sehr gute Ergebnisse erreichen (Abb. 2 und 3), ist demzufolge ebenfalls noch überschaubar.

Gute Ergebnisse mit Keramik setzen zunächst einmal eine kritische Auseinandersetzung mit der eigenen Präparationsweise voraus. Ein heikler Punkt! Jeder hat das Gefühl, dies sei eine alltägliche und gut beherrschte Tätigkeit – aber Keramikrestorationen sind bezüglich Mindeststärken, abgerundeten Innenkanten, nicht zu steilen Präparationen und geometrisch scharf begrenzten Rändern wenig fehler-tolerant. Eine Goldteilkrone, bei der am palatinalen Höcker nach Beseitigung des Balancekontaktes eine Reststärke von 0,2mm bleibt, kann durchaus viele Jahre funktionieren – mit Keramik sollte man so etwas nicht versuchen!

Die Auseinandersetzung mit der geeigneten Befestigungstechnik ist, je nach Keramik unterschiedlich, ein weiterer wichtiger Punkt. Man kann zuverlässig am Schmelz kleben, aber nicht alle Präparate sind mit allen anderen kompatibel. Für den Praktiker ist es schwer überschaubar, welches Produkt womit eventuell auch nicht kombinierbar ist. Es ist empfehlenswert, hier in der aufeinander aufbauenden Abfolge der Präparate eines Herstellers zu bleiben. Nach wie vor sind übrigens die klassischen Bondings mit drei Arbeitsschritten (Ätzen/Primen/Bonden) eine ziemlich sichere und gute Wahl. Bei hochwertigen Keramikrestorationen und einer Gesamtstellungszeit für eine Restauration von mindestens 60 bis 90 Minuten sollten ein paar Sekunden mehr an Bearbeitungszeit keine große Rolle spielen.

### Konventionelle Befestigung möglich

Bei Kronen und Brücken ist die adhäsive Befestigung technisch deutlich schwieriger.



**Abb. 2:** Softwarekontrollmöglichkeiten, von links oben nach rechts unten: Präparationstiefe, Unterschnitte, glatter Rand und glatte Oberfläche. **Abb. 3:** Softwarekontrollmöglichkeiten: Querschnitte in jeder gewünschten Richtung.

Hier wird daher auch oft auf mechanisch festere Keramiken zurückgegriffen, für die dann nachfolgend eine „selbstadhäsive Befestigung“ oder bei Zirkon auch eine konventionelle Befestigung möglich ist. Um erfolgreich zu arbeiten, müssen die individuelle Belastbarkeit der jeweiligen Keramik und die konkrete Belastung im Patientenfall sorgfältig abgeschätzt werden. Sofern keine Anzeichen für Bruxismus vorliegen, Mindest- und Verbinderstärken eingehalten werden können und die Gegenbeziehung keine extreme

Belastung vermuten lässt, kann etwa die Indikationsgrenze für e.max nach meiner Erfahrung durchaus etwas erweitert werden. Natürlich bewegt man sich dabei immer im Bereich des persönlichen Haftungsrisikos.

Die Angaben der Hersteller zu Indikationsbereich und Mindeststärken sind dabei aus haftungsrechtlichen Gründen meist sehr eng gefasst. So verlangt Sirona für sein sehr angenehm zu verarbeitendes durchgefärbtes Zirkon (TZI C; Abb. 4; identisch mit CEREC Zirkonia) Mindeststärken



Abb. 4



Abb. 5

Abb. 4: Brücke aus TZI C (durchgefärbtes Zirkon), bemalt und glasiert. Abb. 5: e.max Implantatkrone 14.

von 1 mm in der Fissur und 1,5 mm am tragenden Höcker – dies entspricht der Forderung von Ivoclar für das mechanisch nur halb so feste e.max (Abb. 5). Es bleibt letztlich die persönliche Entscheidung des Zahnarztes in jedem Einzelfall, welche Mindestwerte er für sich in seinem persönlichen Workflow zwingend einhält. Auch hier ist der Erfahrungsaustausch mit Kollegen außerordentlich wichtig – man muss ja nicht alle negativen Erfahrungen selbst machen!

### Eindeutige Überlegenheit von CAD/CAM bei Implantatversorgungen

Eindeutig überlegen, sowohl im Hinblick auf Präzision als auch auf Kosten, ist die CAD/CAM-gestützte Planung (Abb. 6) und Herstellung (Abb. 7) von Zahnersatz auf Implantaten. Hier bieten verschiedene Hersteller für ihre Implantatsysteme passende Scanbodys an, durch deren geometrische Erfassung das unter der Gingiva

versteckte Implantat in seiner exakten dreidimensionalen Position erfasst und ein Zahnersatz darauf angefertigt werden kann. Meist erfolgt die Herstellung der Gerüste dann in einem an den Implantathersteller angegliederten Fräszentrum. Großer Vorteil dieses Weges: Es müssen keine tief subgingival liegenden Bereiche abformtechnisch erfasst werden und es sind nur wenige Hilfsteile (die Scanbodys) zur Positionsübertragung notwendig.

Sirona geht noch einen Schritt weiter und verwendet die zum Tragen der Keramikrestauration dienende Titanbasis in Verbindung mit einem Scanbody zur Übertragung der Implantatposition, was gleichzeitig in Verbindung mit geeigneten Keramikblöcken die optimierte „Chairside“-Fertigung von implantatgestützten Kronen und Brücken möglich macht. Für die Versorgung von zweiteiligen Titanimplantaten hat sich die Lösung mit einer metallischen Basis des Abutments als sichere Variante herausgestellt. Bei Mikrobewegungen abradert ein Vollkeramikabutment sonst das relativ weiche Titan des Implantats. Aus ästhetischer Sicht ist ein möglichst zahnfarbendes Durchtrittsprofil des Aufbaus wünschenswert. Das Risiko möglicher subgingivaler Zementreste sollte möglichst reduziert werden. Durch die extraorale Verklebung einer einteiligen okklusal verschraubten Abutmentkrone oder auch durch ein entsprechend softwaregestützt geteiltes individuelles Abutment (Abb. 8) mit separater Krone kann ohne jedes unnötige Hilfsteil eine qualita-

Abb. 6: 3-D-Planung für Versorgung aus Abb. 7 und 8, die bereits vorhandenen Implantate und Kronen links wurden in ähnlicher Weise vor zwei Jahren inseriert und versorgt.

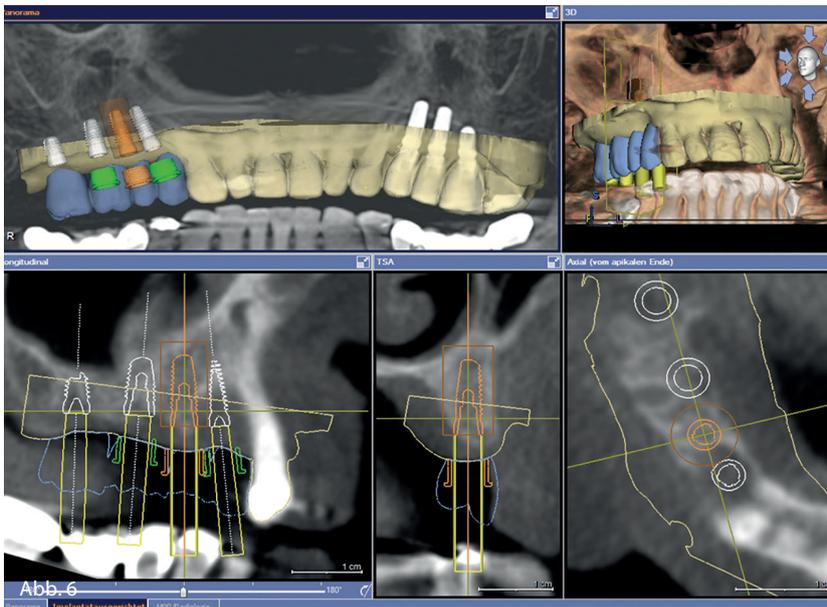
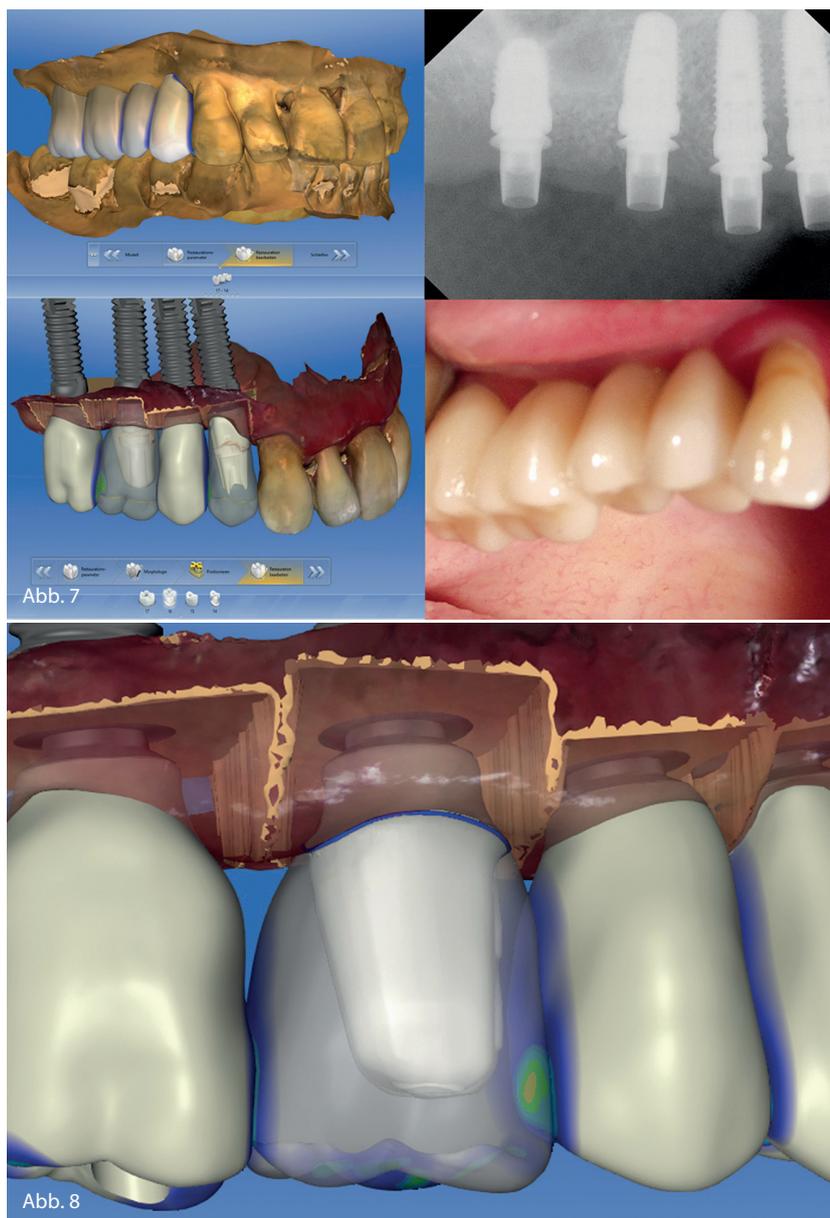


Abb. 6



**Abb. 7:** Von links oben nach rechts unten: Planung, Röntgenbild der inserierten Implantate, Konstruktion der definitiven Versorgung und Ergebnis. **Abb. 8:** Softwaredetail: Die Konstruktion kann computergestützt, z.B. am Gingivarand entlang, in Aufbau und Krone geteilt und getrennt ausgeschliffen werden.

tiv hochwertige und kosmetisch sehr ansprechende Versorgung mit einem vergleichsweise minimalen Kostenaufwand hergestellt werden (Abb. 9a und b).

### Neueste Entwicklungen

In einer weiteren eigenständigen Software besteht nun auch die Möglichkeit, kieferorthopädische Korrekturen über

nach digitalen Abformdaten hergestellte transparente Schienen herzustellen. Im Gegensatz zur konventionellen CEREC-Software werden für die Herstellung der optischen Abdrücke bestimmte „Scanpfade“ zwingend vorgegeben. Dadurch lässt sich die Genauigkeit auch bei den hier ja zwingend benötigten Ganzkiefermodellen deutlich steigern. Durch ein zweites Bissregistrat (eines auf jeder Seite) können Verwindungen der 3-D-Modelle,

wie sie sich durch die schlechten geometrischen Referenzen speziell im Bereich der Unterkieferfront bei der digitalen Abformung zwangsläufig ergeben, zusätzlich reduziert werden. Die Herstellung der Schienen erfolgt dann über verschiedene anwählbare industrielle Partner. Die Speicherung der Daten zur Weiterverarbeitung in CEREC oder Inlab im DXD-Format (ohne Farbinformation) ist möglich, alternativ muss der Datensatz über CEREC Connect via Internet aus der Ortho-Software transferiert werden – dann bleibt auch die Farbinformation erhalten.

Ganz aktuell hat Sirona in Verbindung mit dem hauseigenen Zirkonmaterial CEREC Zirkonia die Möglichkeit zur Chairside-Versorgung mit monolithischen Zirkonkronen und kleinen Brücken geschaffen. Dazu benötigt man einen speziellen, ganz neu entwickelten, Sinterofen mit Induktionstechnik, in dem Kronen und bis zu dreigliedrige Brücken nach dem Schleifen in nur wenigen Minuten schnellgesintert werden können. Dabei leidet nach Untersuchungen des Fraunhofer-Institutes weder die Festigkeit der Keramik, noch altert durch die neue Heiztechnik der Ofen beim Schnellsintern, was bei konventionellen Sinteröfen wohl häufig ein Problem darstellt. Nach Informationen von Sirona ist die „Single Visit“-Versorgung bei Patienten ein sehr stark nachgefragter Faktor.

Um das System ohne unnötigen Zeitverlust einsetzen zu können, ist zusätzlich eine Schleifeinheit mit separater Absaugung und Möglichkeit zum Trockenfräsen erforderlich. Ein Umbau älterer MCXL-Schleifmaschinen auf Fräsen mit Wasserkühlung ist mit begrenztem Aufwand möglich, ein Umbau auf Trockenfräsen mit Absaugung ist allerdings nur mit den ganz aktuell ausgelieferten MCXL-Maschinen umsetzbar. Die Trockenfräsen bietet den Vorteil, ohne Notwendigkeit zur Trocknung des Blocks sofort den Sinterprozess anschließen zu können. Nach Nassfräsen sind alternativ zusätzlich etwa 15 Minuten Trockenzeit einzuplanen – sonst platzen die Restaurationen beim Sintern. Für den Laborbereich dürfte diese Variante auch eher uninteressant sein, da bei diesem Herstellungsprozess die Zeitkomponente und das „Chairside in einer Sitzung“ ganz im Vordergrund stehen. Für Zahnärzte, die eher im Kronen-



Abb. 9a



Abb. 9b

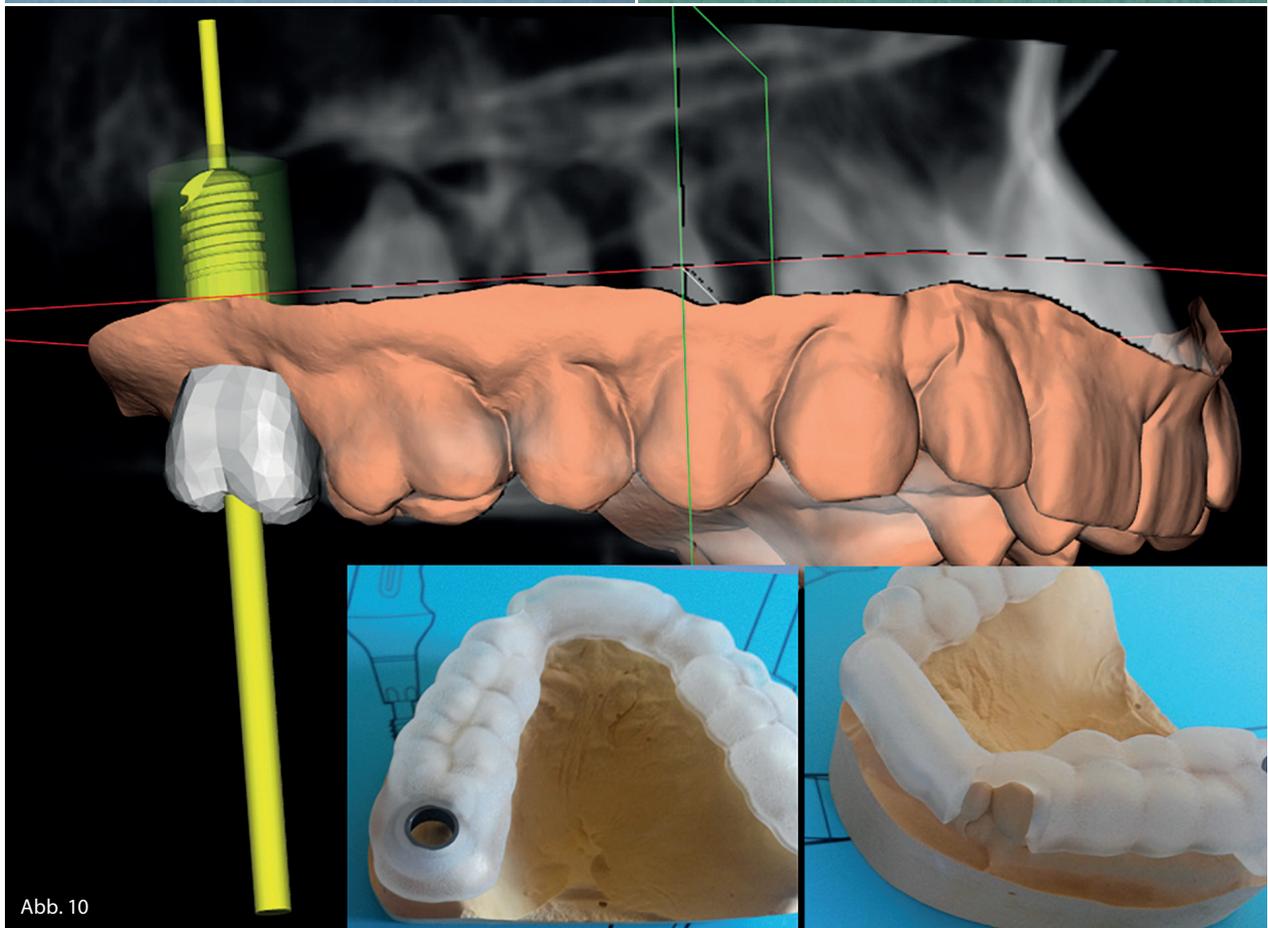


Abb. 10

**Abb. 9a:** Die Kronen aus Fall 7 vor dem Kristallisationsbrand, 14 und 16 zweiteilig, 15 und 17 einteilig (die zweiteilige Versorgung erleichtert die ggf. erforderliche approximale Feinanpassung). **Abb. 9b:** Zweiteilige Implantatkronen nach dem Sintern bzw. Kristallisieren, hier individuelles Abutment in Zirkon und Krone aus e.max. **Abb. 10:** STL-Datensatz aus Inlab 15 von Omnicam für im 3-D-Druck hergestellte Schablone.

und Brückenbereich prothetisch tätig sind, wenig Inlays anfertigen und etwas unsicher in der Klebetechnik sind, wäre diese Methode jedoch eine Überlegung wert. Allerdings ist zu bedenken, dass der Sirona-Sinterofen derzeit nur das Zirkonmaterial sintert und auf Brücken mit maxi-

mal drei Gliedern technisch begrenzt ist. Für Arbeiten mit e.max ist ebenso ein separater Ofen erforderlich wie für das Sintern größerer Zirkonbrücken und -gerüste. Hier spielen sicher persönliche Schwerpunkte und die individuelle Planung des Arbeitsablaufs eine Rolle.

### Angepasste Prozesse

Bei intensiver Beschäftigung mit neuen Technologien kann und sollte sich der Arbeitsablauf auch ändern. Während ich bei Goldrestaurationen früher sehr häufig Höcker überkuppelt und Teilkronen angefer-



Abb. 11

Abb. 12

**Abb. 11:** Typisches dreiflächiges Inlay zum Höckerersatz, von links oben nach rechts unten: Scan, Konstruktion, Rohling aus Schleifmaschine, Ergebnis. **Abb. 12:** Sonderkonstruktion nach Hemisektion, von links oben nach rechts unten: Ausgangssituation, nach Hemisektion, Scan, Ergebnis.

tigt habe, geht die Tendenz inzwischen deutlich mehr zu Inlays mit Ersatz einzelner frakturierter Höcker in Keramik (Abb. 11). Dank der Herstellung der Inlays im Eigenlabor ist diese substanzschonende Versorgung für mich wirtschaftlich selbst bei Einzelrestorationen nicht uninteressant, obwohl wir hier für unsere Kassenpatienten mit einem gegenüber einer (Gold-)Teilkrone nur sehr begrenzt höheren eigenen Aufwand kalkulieren.

Wegen der Schleifzeiten der Restaurationen – je Krone oder Brückenglied etwa 15 Minuten – habe ich in der eigenen Praxisorganisation die „Chairside“-Fertigung in einer Sitzung auf jeweils maximal zwei Elemente beschränkt. Umfangreichere Fälle löse ich lieber zweizeitig mit zwischenzeitlicher provisorischer Versorgung. Wirtschaftlich sind diese „größeren“ Fälle dabei interessanter, weil die Schleifzeiten, Sinterzeiten und Brennvor-

gänge gewissermaßen „nebenher“ erfolgen können und nicht teure Behandlungszeit am Stuhl binden. Für Zahnärzte, welche die technischen Arbeiten in der Praxis nicht selbst durchführen, sondern durch einen Zahntechniker erledigen lassen, mag das wiederum anders aussehen. Die Möglichkeit zur Nutzung der Schleif- und Brennzeiten zur Versorgung von weiteren Patienten nutzen wir gelegentlich für Schmerzpatienten – ich persönlich mag allerdings den zeitlichen Druck, der dadurch zwangsläufig entsteht, gar nicht.

### Zusammenfassung

Durch die Einführung der CAD/CAM-Technik – zunächst mit CEREC Bluecam, dann mit CEREC Omnicam – in meine Praxis hat sich mein Behandlungsablauf teilweise deutlich verändert. Speziell bei Implantatversorgungen ist das CEREC-System für mich unverzichtbar geworden. Die Eingliederung einer selbst konstruierten, hergestellten und bemalten Krone auf einem von mir selbst geplanten und gesetzten Implantat mit der meist begeisterten Reaktion des Patienten sichert mir neben einem erfreulichen wirtschaftlichen Ergebnis regelmäßig auch ein sehr hohes Maß an persönlicher Befriedigung an meiner zahnärztlichen Arbeit. Das gilt übrigens auch für die CEREC-Lösung auf dem hemisezierten und wurzelgefüllten Backenzahn, bei dem wir die Notwendigkeit eines Implantates erfolgreich vermeiden konnten (Abb. 12).

### DR. WALTER QUACK

Zahnarzt/Volumentomografie  
Alte Wipperfürther Straße 258  
51467 Bergisch Gladbach  
Tel.: 02202 41414  
Fax: 02202 41532  
drwalterquack@aol.com  
www.volumentomografie.net