



#### Zusammenfassung

Es wird eine innovative Leistungserweiterung im Bereich Einzelkronenfertigung vorgestellt. In Form und Farbschichtung präfabrizierte Kronenrohlinge werden mit einer speziell entwickelten Software in die Zahnreihe integriert und mit einem CAM-Schleifprogramm apikal an den Stumpf angepasst. Eine rationelle Art der digitalen Kronenherstellung mit guten Ergebnissen.

#### Indizes

Präfabrizierte Kronenrohlinge, Halbzeug, CAD/CAM-Krone, Kunststoffmantelkrone, schichtungsbedingte, ästhetische Wirkung

## Die präfabrizierte, anatomische, polychrome CAD/CAM-Krone

**Ulrich R. Mönkmeyer, Frank Poerschke, Andreas Kurbad, Kurt Reichel, Volker Scharl**

Als *Francois Duret*<sup>1</sup> 1988 die erste CAD/CAM-gefertigte Krone vorstellte, wurde das Verfahren viel diskutiert. Die meisten dieser Diskussionen schlossen mit dem Resümee: „Das wird unsere handwerkliche (künstlerische), individuelle Zahntechnik nie ersetzen.“ Nur zwei Jahre später, im Jahr 1990, stellte *Jef van der Zel* sein *Cicero System*<sup>12</sup> vor und dann sah die Sache – zumindest in der Theorie – schon ganz anders aus. Die Idee einer Schichttechnik, die in einzelnen Schritten aufgesintert und maschinell bearbeitet wurde, hat im Hinblick auf das individuelle Ergebnis schon aufhorchen lassen. Aber auch dieser Ansatz ist bis heute nicht verwirklicht. Wie ist der heutige Stand? Verschiedene Autoren wie z. B. *Witkowski*<sup>11</sup>, *Luthardt*<sup>8</sup>, *Mehl*<sup>4</sup> fassten dies bereits zusammen. Beispielhaft sei hier *Luthardt* zitiert (Abb. 1). Das Ergebnis ist also in diesen Fällen ein Gerüstrohling, der durch traditionelles, analoges Arbeiten nachbearbeitet und verblendet wird. Der größte Vorteil, der in der Literatur genannt wird, ist die Erschließung neuer Werkstoffe insbesondere von Zirkonoxid.<sup>6,9</sup> Die Vorteile der Standardisierung von Fertigungsprozessen und deren Wirtschaftlichkeit werden von verschiedenen Autoren zu den verschiedenen Systemen unterschiedlich akzentuiert, spielen aber eine untergeordnete Rolle.<sup>4,6,8,9,11</sup>

#### Einleitung

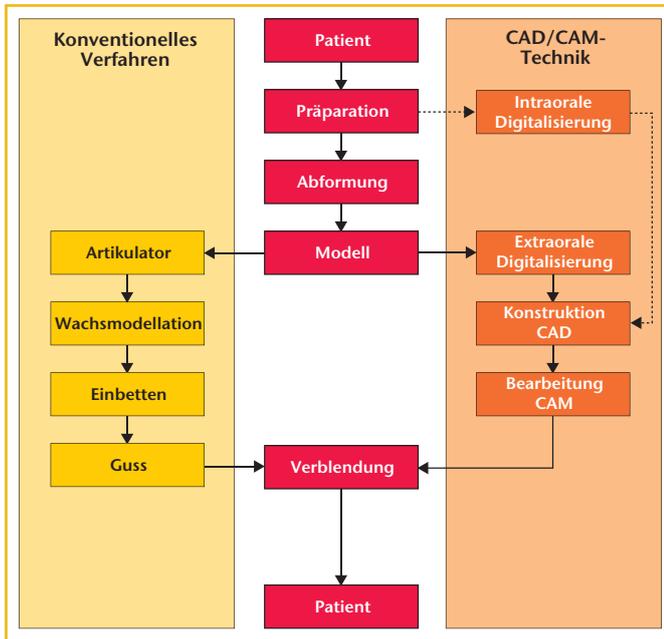


Abb. 1 Konventionelles versus CAD/CAM-Verfahren zur Zahn-ersatzherstellung.

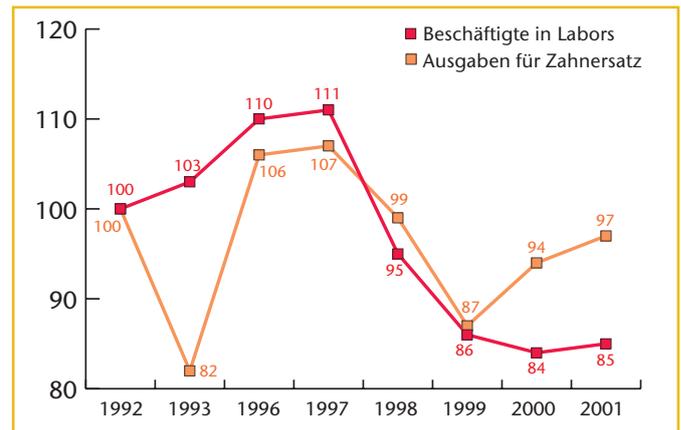


Abb. 2 Ausgabenentwicklung für Zahnersatz versus Beschäftigtenentwicklung im Zahntechnikerhandwerk.<sup>2</sup>

Abb. 3 (gegenüberliegende Seite)  
Die anatomische, polychrome Krone ist im marginalen Bereich ausreichend dimensioniert und in einem Sortiment mit fünf Schneidezahngrößenvarianten links und rechts sowie bilateral einsetzbaren Eckzahngrößenvarianten vorhanden.

Die wenigen Dokumentationen und Publikationen von Fällen, in denen mit CAD/CAM-Verfahren komplette Restaurationen, insbesondere Kronen hergestellt wurden, zeigen, dass dies wohl die Ausnahme ist und bleibt, von der großen Anzahl dokumentierter Inlay- und Teilkronenversorgungen mit dem CEREC® System abgesehen.<sup>3</sup>

Resümee: Der gesamte Prozess der Kronenherstellung bleibt auch mit CAD/CAM-Verfahren stark interaktiv und damit kostenintensiv.<sup>5</sup>

Für den Bereich des festsitzenden Zahnersatzes wird eine Steigerung prognostiziert.<sup>10</sup> Die Nachfragesteigerung der letzten zehn Jahre hat sich, von ordnungspolitisch bedingten Einflüssen abgesehen, jedoch nicht verändert (Graphik 2).

Worin bestand in den Jahren 1993 und 1998/99 das große Problem der Zahntechnik? Es war der Druck auf die Preise. Die Nachfrage nach einer prothetisch preiswerten, qualitativ zufrieden stellenden Lösung konnte nur schwer befriedigt werden (z. B. Auslandslieferungen, Preisdumping).<sup>7</sup>

## Die schnelle Lösung

Eine Möglichkeit, die Angebotspalette um eine preisgünstige, qualitativ und ästhetisch sehr befriedigende Lösung zu erweitern, wird hier vorgestellt.

Die von Merz Dental, Lütjenburg, entwickelte integral ImCrown® ist eine präfabrizierte, anatomisch geformte, farblich geschichtete und charakterisierte Krone (Abb. 3). Sie wird nicht aus dem Block geschliffen. Es erfolgt nur ein apikales Anpassen an den Stumpf. Mit Hilfe der von Sirona, Bensheim, entwickelten Software für das CEREC® 3D und InLab® wird die Krone digital harmonisch in die Zahnreihe und die Okklusion eingefügt und ausgerichtet. Aus den fünf konfektionierten Kronengrößen wird von der Software die passende Größe ausgewählt und die vom Anwender vorgenommenen Dimensionsänderungen werden umgesetzt. Die Mindestmaterialstärke sowie die schichtungsbedingte, ästhe-

tische Wirkung werden hierbei berücksichtigt. Virtuelles Modellieren entfällt, da die Kronenform bereits präfabriziert ist. Die artegral ImCrown® besitzt eine naturgetreue Labial- und Palatinalflächengestaltung, die auf der langjährigen Erfahrung von Merz Dental auf dem Gebiet der Zahnherstellung basiert. Sie ist nach der Politur sofort eingliederbar. Die bilateral verwendbaren Eckzahnkronenrohlinge sowie verschiedene linke und rechte Inzisivenkronenrohlinge ergeben ein kleines Sortiment, mit dem man für die Versorgung oberer Frontzähne die richtige Lösung parat hat. Aufgrund der vorgefertigten Oberflächenkontur, in Zusammenspiel mit der polychromen Schichtung, erhält die artegral ImCrown® eine naturgetreue Ästhetik und Lichtbrechung, die darüber hinaus mit geringem Aufwand manuell verändert und weiter individualisiert werden kann.

Von dem in üblicher Methode erstellten Meistermodell wird ein Duplikatmodell (Scannmodell) aus einem scannfähigen Gips hergestellt. Dieses gibt neben den zu bearbeitenden Stümpfen auch die Nachbarzähne wieder. Die Größe sollte so gewählt sein, dass die Aufnahme auf dem Scanträger gewährleistet ist. Das Einscannen erfolgt im Modus: „Krone Präparation“. Alternativ kann der inEOS®-Scanner eingesetzt werden. Hierbei kann das Meistermodell direkt eingescannt werden. Im Dialogfeld wird festgelegt, ob es sich um scannfähigen Gips handelt oder ob mit Scanspray oder Scannpuder gearbeitet wird. Es ist zweckmäßig, die tiefen Sägeschnitte mit Wachs zu verschließen, um möglichen Artefaktbildungen beim Scannbild vorzubeugen.

### Scannen

Nach dem Einscannen kann das dreidimensionale Bild des Modellsegmentes am Monitor angesehen werden (Abb. 4). Zunächst wird die Einschubachse festgelegt. Diesem Schritt muss größte Bedeutung beigemessen werden, weil hierdurch die Innenpassung der Krone beeinflusst werden kann. Danach werden die Nachbarzähne virtuell weggetrimmt. Dadurch erhalten wir freie Sicht auf die Arbeitsstümpfe (Abb. 5). Auf dem Arbeitsstumpf wird die Bodenlinie halbautomatisch durch Umfahren mit dem Cursor festgelegt. Die Nachbarzähne können zum Festlegen und Erarbeiten der Zahnform dann wieder eingeblendet werden. Nun sind alle erforderlichen Schritte getan und die CEREC®3D- oder

### Konstruktion – Einfügen des Kronenrohlings auf das digitale Modell

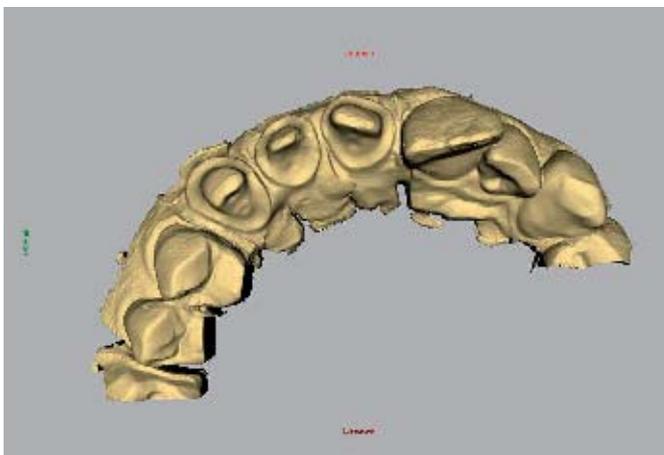


Abb. 4 Das eingescannte Modell kann um 360° gedreht werden.

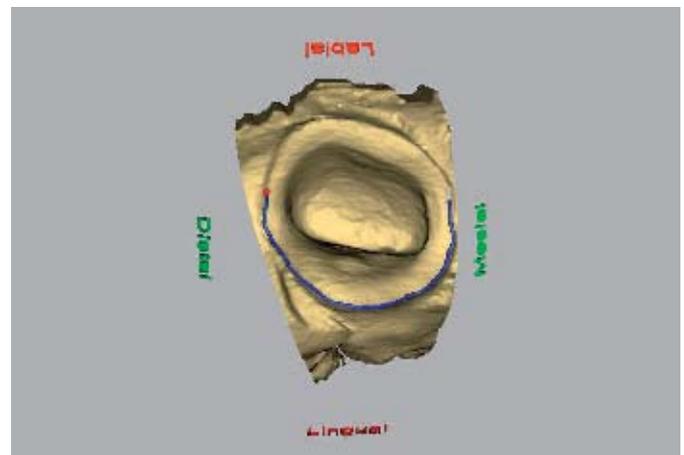


Abb. 5 Wie bekannt, erfolgt das Markieren der Präparationsgrenze halbautomatisch.

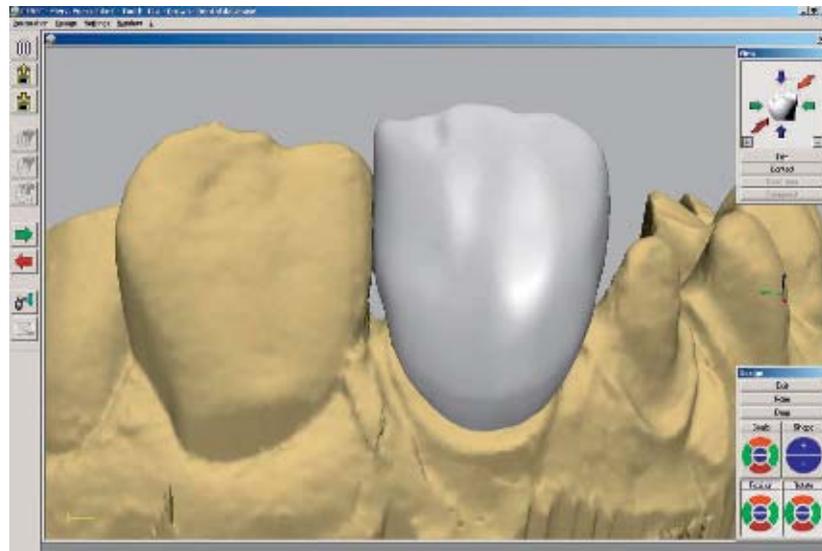


Abb. 6 Die Software schlägt die Krone in der richtigen Größe vor.

inLab®-Software (Sirona, Bensheim) werden selbstständig den bestmöglichen Zahn vorgeschlagen und eingefügt (Abb. 6).

Beim digitalen Einfügen der Kronenrohlinge hat sich in der experimentellen Erprobung nachstehende Schrittfolge sowie die jeweils angegebene Ansicht bewährt:

- Kronenachse ausrichten, Ansicht von labial (Abb. 7).
- Krone mesial-distal verschieben, bis der approximale Überstand gleichmäßig ist. Ansicht von labial (Abb. 8).
- Krone mit ihrem Schneidekantenverlauf harmonisch in den Zahnbogen einfügen. Ansicht von inzisal (Abb. 9).
- Aus inzisaler Ansicht das Modell in die labiale Ansicht drehen und den labialen „Bauch“ der Krone in die Zahnreihe stellen. Ansicht von inzisal-labial (Abb. 10).

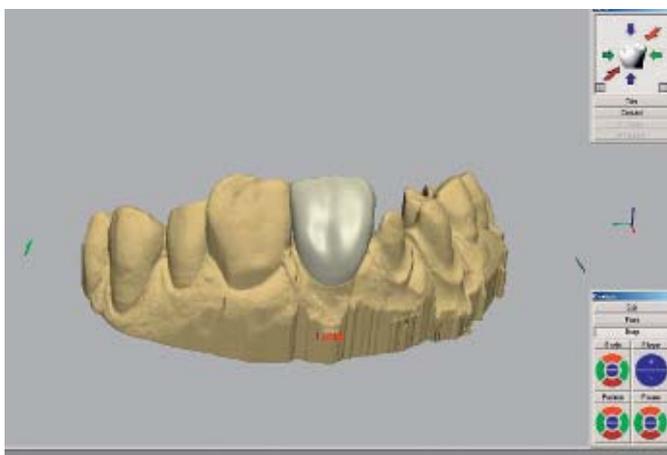


Abb. 7 Aus labialer Sicht wird die Kronenachse ausgerichtet.

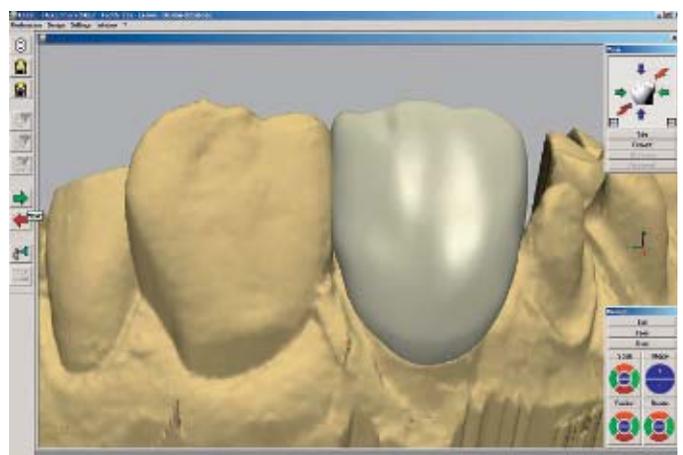


Abb. 8 Die Krone wird in der Achse mesial-distal verschoben, so dass eine physiologische, approximale Kontaktfläche entstehen kann.

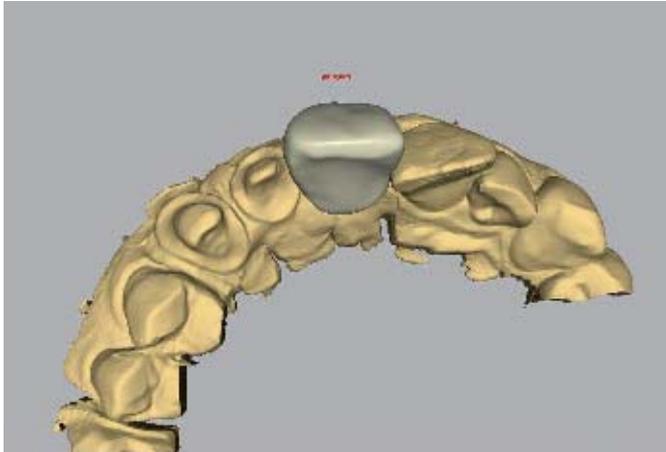


Abb. 9 Die Krone steht noch nicht im Zahnbogen.

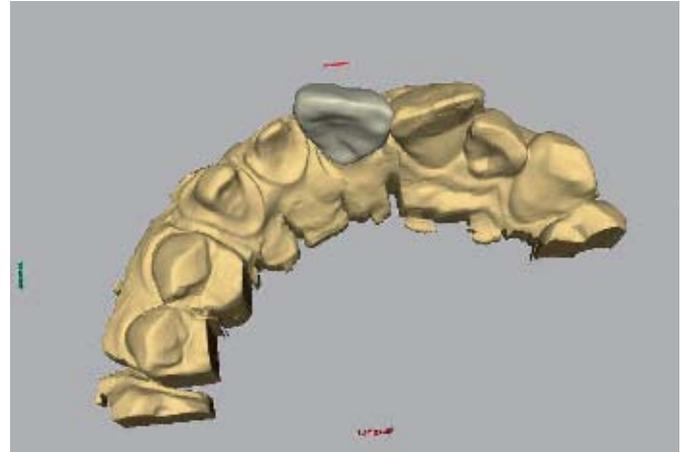


Abb. 10 Aus inzivaler Sicht kann die Krone in den Zahnbogen integriert werden, dabei kann man sie auch in Richtung labiale Sicht kippen.

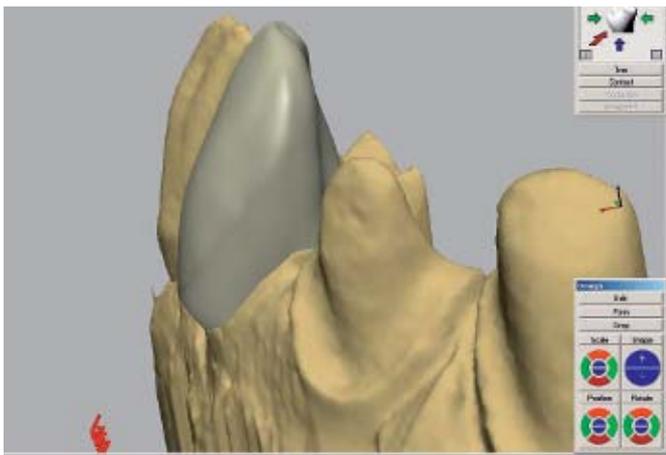


Abb. 11 Von lateral kann sowohl die korrekte Inklination, sowie die richtige Lage der Farbschichtung durch Verschieben in Richtung inzisal bzw. zervikal korrigiert werden.

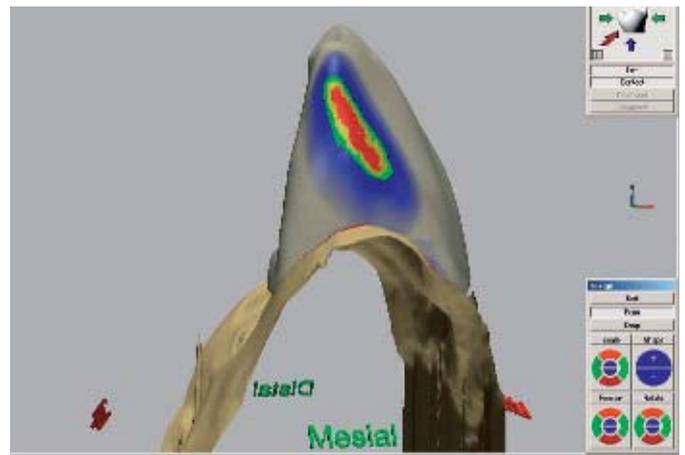


Abb. 12 Nach der Freistellung kann man beurteilen, ob der approximale Kontakt ausreichend ist.

- Darauf achten, dass die Schneidekantenstärke zu den Nachbarzähnen passt. Korrektur: Zahn „verlängern“, indem er nach inzisal verschoben wird. Ansicht von lateral-inzisal (Abb. 11).
- Freistellung und mesio-distale Kontakte bearbeiten. Ansicht freigestellt, drehend (Abb. 12).

Im Anschluss an den Schleifvorgang (Abb. 13 und 14) wird die Krone rein subtraktiv in Bezug auf ihre Passung manuell endbearbeitet. Darüber hinaus kann die Krone ebenfalls rein subtraktiv weiter individuell gestaltet werden. Im Folgenden werden diese, nur wenige Minuten in Anspruch nehmenden Arbeitsschritte beschrieben.

Aufsetzen der Krone und in Ausnahmefällen Angleichen des Randes. In der Regel ist die Passung nach der Maschinenbearbeitung perfekt. Von zervikal und inzisal arbeitend werden die Approximalkontakte eingestellt, hierzu sollte eine Kontaktfolie verwendet werden

Manuelle Anpassung  
nach dem maschinellen  
Schleifprozess

### 1. Einpassen



Abb. 13 und 14 Nach dem Schleifvorgang kann die Krone aus der Schleifkammer entnommen werden.

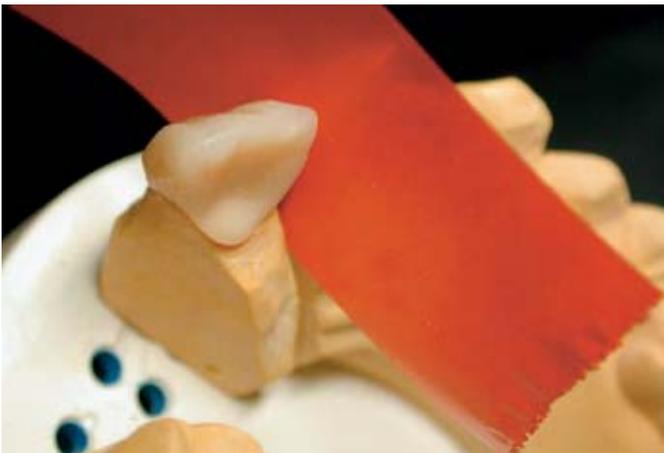


Abb. 15 Das exakte Einstellen des approximalen Kontakts erfolgt auf dem Modell.

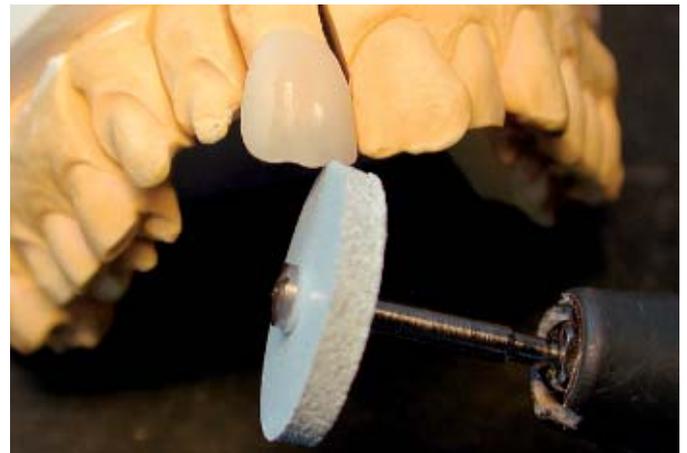


Abb. 16 Die Inzisalkantenlänge wird ggf. mit einem Gummirad korrigiert.

(Abb. 15). Kürzen der Inzisalkante auf die annähernde Länge, am besten mit einem Silikongummirad (Abb. 16).

## 2. Anpassen der Funktionsfläche

Unterhalb der Abrasionsfläche wird die palatinale Funktionsfläche mit einem großen Rosenbohrer konkav ausgearbeitet. Auf diese Weise werden auch die Randleisten konkretisiert (Abb. 17 und 18). Das Überprüfen und Einschleifen der Okklusion in Zentrik- und Exkursionsbewegungen erfolgt mit Okklusionsfolie mit weißem Silikongummirad. Es folgt das Anzeichnen der Leisten beim Seitenpendant und Übertragen der Sollleisten auf die Krone (Abb. 19). Dann werden die Ist-Leisten in Richtung der Soll-Leisten mit einem diamantierten dünnen Konusschleifer oder entsprechend fein kreuzverzahnter Fräse geschliffen (Abb. 20). Die labialen Konkavitäten werden anschließend angezeichnet und mit demselben Werkzeug eingearbeitet (Abb. 21). Die Individualisierung der Oberflächentextur erfolgt mit einem scharfkantigen Stein oder einem Diamantschleifer.



Abb. 17 und 18 Mit wenigen Korrekturen ist die palatale Funktionsfläche individualisiert.



Abb. 19 Die „Ist“-Leisten sind rot, die „Soll“-Leisten blau markiert.



Abb. 20 Von „Ist“ wird nach „Soll“ geschliffen und das Gesicht des Zahnes stimmt.



Abb. 21 Die angestrebte Oberflächentextur wird angezeichnet und „kopiert“.

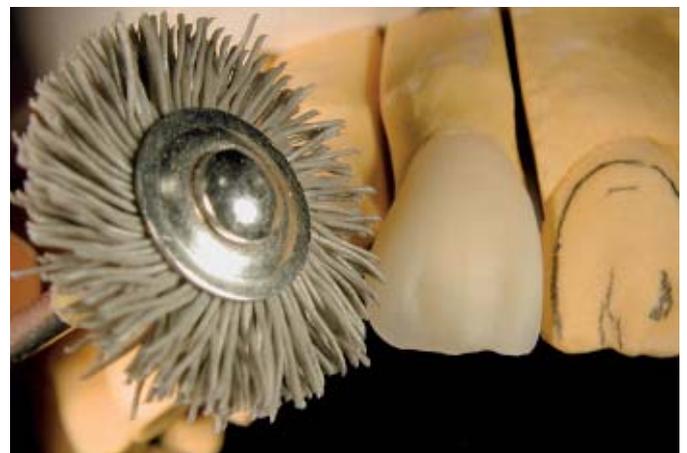


Abb. 22 Mit einer Kunststoffbürste wird die Oberfläche sehr schnell in die gewünschte Mikrostruktur gebracht.



Abb. 23 bis 25 Eine Ziegenhaarbürste mit einer speziellen Polierpaste hilft den Glanzgrad genau einzustellen. Das Ergebnis ist in einigen Sekunden erreicht.



**3. Finish** Das Einebnen der Oberfläche erfolgt mit einer Kunststoffbürste (Abb. 22), die minimal-abrasive Gummipolitur der Abrasionsflächen und Vorglätten exponierter Stellen (z. B. mit einem Brownie von Shofu, Ratingen) schließt sich an, die Vor- und Hochglanzpolitur wird am besten mit einer Ziegenhaarbürste (21er Durchmesser, Polierpaste) vorgenommen (Abb. 23 bis 25).

Die Krone wird auf dem Modell erneut eingescannt (Abb. 26), die folgende Krone auf gleiche Weise hergestellt usw. (Abb. 27 und 28). Für die fertig gestellte Arbeit der Kronen 11, 12, 13 (Abb. 29 und 30) wurde nach Modellherstellung eine Aktivarbeitszeit von 39 Minuten, ohne Rüstzeiten, gemessen. Der Vorteil der Methode wird in der Abbildung 31 deutlich.

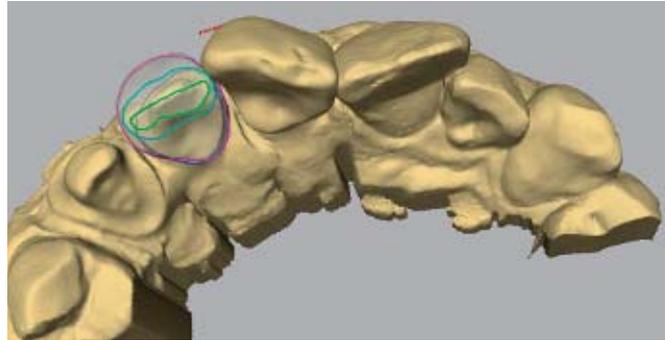


Abb. 26 Die Krone 11 ist auf dem Modell eingescannt und die Krone 12 kann konstruiert werden.

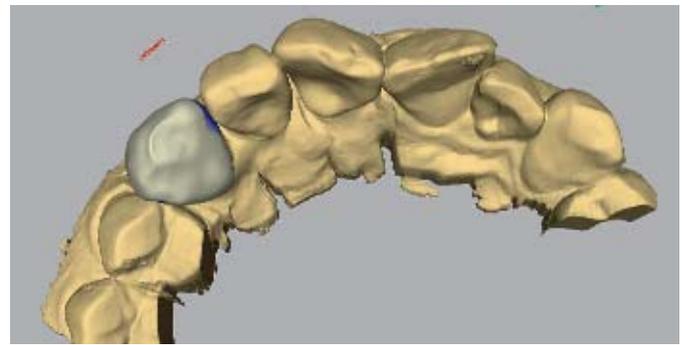
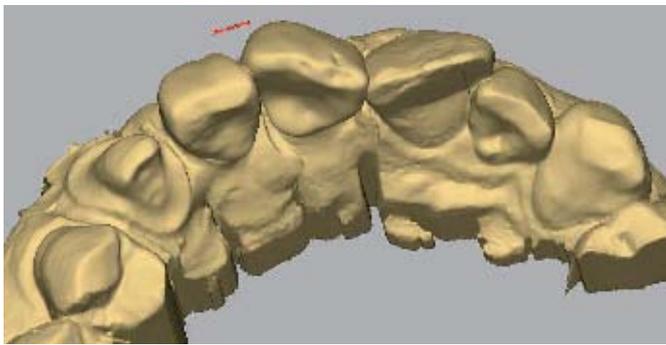


Abb. 27 und 28 In gleicher Weise werden die Kronen 12 und 13 hergestellt.



Abb. 29 und 30 Die fertige Arbeit auf dem Modell von labial und palatinal zeigt ein Ergebnis, welches mit keiner anderen Methode in kurzer Zeit erreicht werden kann.

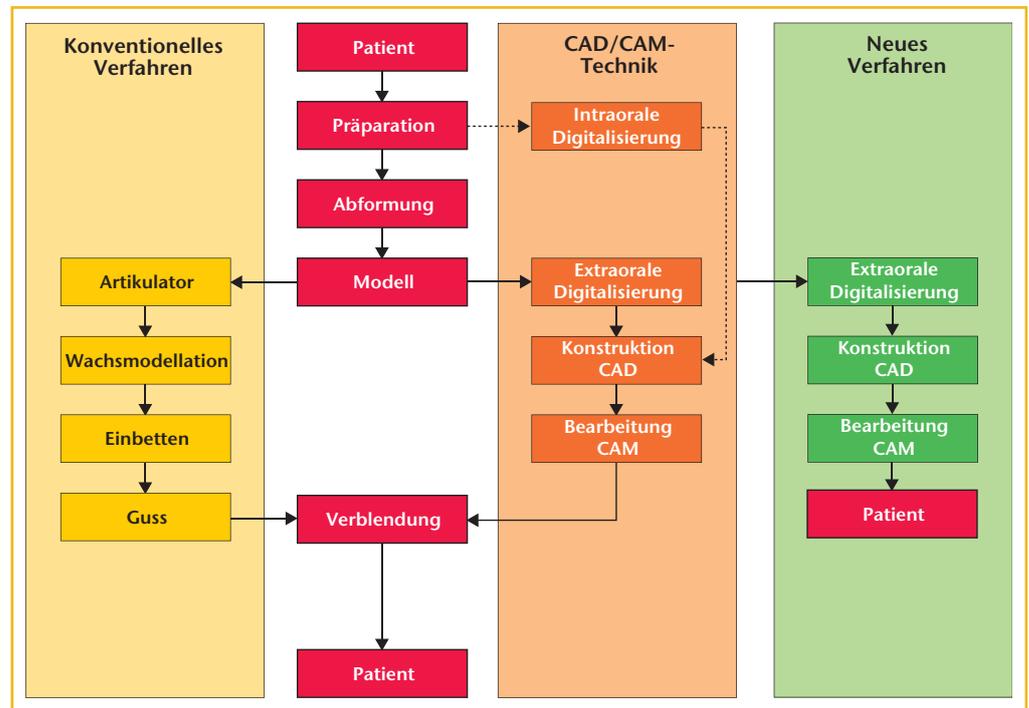


Abb. 31 Vorteile des neuen Verfahrens zur Zahnersatzherstellung.

**Klinischer Fall** Ein 57-jähriger Patient suchte die Sprechstunde wegen Beschwerden und zunehmender Lockerung der Zähne 21 und 22 auf. Röntgenologisch zeigte sich eine Wurzelquerfraktur bei beiden Zähnen. Anamnestisch wurde als Ursache ein sechs Wochen zurückliegender Sportunfall ermittelt (Abb. 32).

Die frakturierten Zähne wurden schonungsvoll entfernt (Abb. 33) und eine Sofortimplantation mit Straumann TE Implantaten (Straumann, Basel, Schweiz) durchgeführt. Die



Abb. 32 Ausgangsbefund: Zustand nach einem 6 Wochen zurückliegenden Sportunfall bei einem 57-jährigen Patienten.



Abb. 33 Die frakturierten Zähne 21 und 22 wurden schonungsvoll entfernt.



Abb. 34 Für die verzögerte Sofortbelastung werden RN synOcta Aufbauten für Provisorien (Straumann, Basel, Schweiz) entsprechend der anatomischen Verhältnisse modifiziert.



Abb. 35 Mit Hilfe des Cerec CAD-Programms (Sirona, Bensheim) können Artegral-Rohlinge basal an die Implantatsituation angepasst werden.

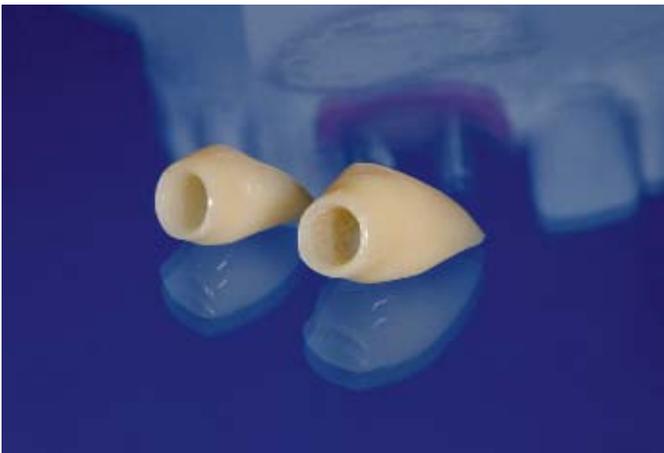


Abb. 36 Neben dem exakten Sitz auf der Implantatschulter wird auf die Ausformung eines adäquaten Emergenzprofils geachtet.



Abb. 37 Die fertig angepassten und polierten Artegral-Kronen sind zur Eingliederung bereit.



Abb. 38 Nach bereits weitgehend abgeschlossener Wundheilung werden zunächst die RN synOcta Aufbauten verschraubt.



Abb. 39 Nach der Zementierung mit einem provisorischen Befestigungsmaterial ist der Patient funktionell und ästhetisch optimal für die gesamte Dauer der Einheilphase versorgt.

aufgrund der guten Knochenstruktur und der besonderen Gestaltung dieser Implantate erzielte hohe Primärstabilität machte eine verzögerte Sofortbelastung möglich.

Eine Woche nach der Implantation konnte abgeformt und ein Modell hergestellt werden. Dieses wurde für die Erzielung eines optimalen Emergenzprofils modifiziert. Zwei RN synOcta Aufbauten für Provisorien (Straumann) wurden entsprechend der anatomischen Verhältnisse modifiziert (Abb. 34). Nach dem Einscannen der Modellsituation erfolgte die virtuelle Anpassung zweier artegral-Kronenrohlinge mittels des Cerec® inLab CAD/CAM-Programms (Abb. 35). Nach dem Ausschleifen wurden die Kronen manuell angepasst und poliert (Abb. 36).

Nur 24 Stunden nach der Abformung konnten, dank der schnellen CAD/CAM-Fertigung (Abb. 37), die Restaurationen für die verzögerte Sofortbelastung eingegliedert werden. Dazu wurden zunächst die Aufbauten eingeschraubt und dann die Kronen mit einem provisorischen Zement befestigt. Die Versorgung (Abb. 38) ist so gestaltet, dass sie funktionell keinen größeren Belastungen unterworfen wird, zeigt aber ästhetisch eine sehr gute Wirkung (Abb. 39).

Die Vorteile des Vorgehens mit CAD/CAM-unterstützter Verwendung von artegral®-Kronen liegen einerseits darin, dass die Kronen perfekt an die klinische Situation angepasst werden können. Die Herstellung kann sehr schnell erfolgen. Dabei müssen im Gegensatz zu vorher angefertigten Schalenprovisorien keine umständlichen Änderungen und Unterfütterungen mit schlecht gewebeverträglichen Provisorienkunststoffen vorgenommen werden. Andererseits ist es durch die frühzeitige Ausformung des optimalen Emergenzprofils möglich, die Weichgewebe zu erhalten und zu unterstützen. Dies bedeutet einen erheblichen Vorteil für die spätere definitive Versorgung. Der Patient genießt bestmöglichen Komfort, gute parodontalhygienische Verhältnisse und eine sehr gute ästhetische Wirkung durch den Wegfall der Interimsprothese.

**Zementierung** Die temporäre Zementierung der artegral ImCrown® kann mit allen üblichen temporären Befestigungswerkstoffen, vorzugsweise jedoch mit artegral T-Cem, durchgeführt werden.

Die definitive Befestigung erfolgt in der Schmelz-/Dentin-Prime-Adhäsivtechnik. Hierzu wird das Ein-Komponenten-Produkt artegral One auf feuchter Zahnoberfläche nach Lichthärtung als Basis für den dualhärtenden Zement artegral Cem eingesetzt.

**Diskussion** Die labortechnisch hergestellte Kunststoffmantelkrone wird aufgrund ihrer Werkstoffnachteile – hydrolytische Degradation, ungenügende Abrasionseigenschaften u. a. m. – kaum noch als Regelversorgung in Betracht gezogen. Der hier verwendete Zahnwerkstoff IPN ist plaqueresistent, abrasionsfest und temperaturbelastbar und zeichnet sich durch eine sehr gute maschinelle und manuelle Bearbeitbarkeit aus. Dadurch sowie durch die Verarbeitung nach qualitätsgesichertem, industriellem Verfahren werden die relevanten physikalischen Parameter des Werkstoffes und der adhäsive Verbund zwischen Krone und Zahn deutlich verbessert, was möglicherweise die Langzeitprognose positiv beeinflusst. Da das Arbeitsverfahren für CEREC®3D aber besonders für CEREC®inLab Anwender sehr wirtschaftlich ist, wird möglicherweise ein noch nicht evidenter Nachteil, was die Verweildauer betrifft, kompensiert. Verschiedene Studien, die bereits angelaufen sind, werden sowohl die ökonomischen (Zeiterfassungen) sowie die Vorteile der Materialeigenschaften und die Vorteile der Produktqualität evaluieren.



Zurzeit stehen Kronenrohlinge für die Zähne 13 bis 23 zur Verfügung. Experimentell wird an einer Erweiterung der Angebotspalette auf alle Zähne sowie weiterer Werkstoffe gearbeitet. Vielversprechend sind die Versuche mit einem neuartigen, Nano-Flour-Apatit-haltigem Werkstoff, mit naturidentischer Schmelz-, Kristallstruktur in einem Polymer-Netzwerk. Ebenso wird experimentell mit Keramikrohlingen, die auch additiv bearbeitet werden können, gearbeitet. Notwendige Studien für den Einsatz dieser Werkstoffe sind noch nicht abgeschlossen. Die Experimente zeigen, dass ihr Einsatz für die CAD/CAM-Fertigung von Kronen erhebliche ökonomische Vorteile bringen würde. Und nebenbei: auf solche Art hergestellte Kronen würden den durchschnittlichen Qualitätsstandard der Kronenversorgung mit Sicherheit nicht verschlechtern.

Ausblick

1. *Duret, F.* et al.: CAD/CAM in Dentistry. J Amer Dent Assoc 117, 715-720 (1998).
2. Gesundheitsausgabenrechnung, Stat. Bundesamt sowie Versichertenstatistik der Berufsgenossenschaft; Grafik und Berechnungen: Büro für Sozialforschung Kassel, 2003.
3. *Jedynakiewicz, N.*: Etwas von einem Paradoxon. International Journal of Computerized Dentistry, 7, 223-224 (2004).
4. *Kern, M.*, et al.: Neue Perspektive in der Zahnheilkunde? Quintessenz Zahntech 28, 11, 1244-1250 (2002).
5. *Kerschbaum, Th.*: Behandlungsbedarf mit Zahnersatz bis 2020, Quintessenz Zahntech 27, 7, 810-815 (2001).
6. *Langschwager, A.*: Die zirkuläre durch Geschiebe verbundene cercon-Unterkieferbrücke, Quintessenz Zahntech 29, 3, 262-271 (2003).
7. *Lubberich, A.*: Tendenz Auslandszahnersatz. Quintessenz Zahntech 29, 10, 1133-1134 (2003).
8. *Luthardt, R.*, et al.: Aktuelle CAD-CAM Systeme zur Herstellung von keramischem Zahnersatz. Teil 1. ZWR 110, 747-754 (2001); Teil 2. ZWR 110, 797-802 (2001).
9. *Sudhoff, C.*: Zirkonoxid als Werkstoff für die Implantat- und Kombitechnik. Quintessenz Zahntech 29, 6, 730-740 (2003).
10. *Wassermann, W.* et al.: Das Zahntechnikerhandwerk zwischen Gesundheitspolitik und Markt. RKW-Verlag (2003).
11. *Witkowski, S.*: Computer Intergrated Manufacturing als Konzept für das zahntechnische Labor. Quintessenz Zahntech 28, 4, 374-386 (2002).
12. *Zel, J. M. v. d.*: Elephant Symposium, Zandfort (1990).

Literatur

Ulrich R. Mönkmeier  
C./Sa Cantera 11, 07660 Cala D'or, Mallorca, Spanien, E-Mail: d.c.moenkmeyer@terra.es

Adresse der Verfasser

Frank Poerschke  
Nievener Str. 28a, 56130 Bad Ems, E-Mail: FKP@genion.de

Dr. Andreas Kurbad  
Viersener Str. 15, 41751 Viersen, E-Mail: info@kurbad.de

Kurt Reichel  
Borwiesenstr. 43, 54411 Hermeskeil, E-Mail: aesthetik-line@t-online.de

Volker Scharl  
Zeughausstr. 5, 92224 Amberg, E-Mail: vs@zahnwerkstatt.com