

Zusammenfassung

Anhand eines Patientenfalls und der Herstellung einer im PRIMERO®-Verfahren hergestellten Krone aus Zirkoniumdioxid beschreiben die Autoren die Optionen und das schrittweise Vorgehen bei der Anwendung des virtuellen CYRTINA-Artikulators.

Indizes

CAD/CAM, virtueller Artikulator, CYRTINA PRIMERO®, industrielle Fertigung, binärer Aufbau, vollkeramische Restauration, zahn-typischer Farbverlauf

Die Vorstellung des CyrtinaCAD40 anhand eines konkreten Beispielfalls

Siebe van der Zel, Hans-Jürgen Joit, Simon Vlaar, Wiljo de Ruiter, Jef van der Zel

In dem hier geschilderten Patientenfall wird die Vorgehensweise bei einer vollkeramischen Restauration im Seitenzahnbereich bei einer Patientin mit einer CYRTINA PRIMERO® Krone (Oratio B.V., Hoorn, Niederlande) beschrieben.

Die Kiefersituation der Patientin wurde zunächst mit dem CYRTINA Intraoral-Scanner abgescannt, die Daten wurden anschließend mit den ScanManager in CyrtinaCAD40 weiterverarbeitet. Der Entwurf der Krone erfolgte mit optimierten statischen Kontakten. Eventuelle Störkontakte wurden über virtuelle Kaubewegungen entfernt.

Dieser Patientenfall dokumentiert, wie eine natürliche Krone mit binärem Aufbau schließlich im industriellen PRIMERO-Verfahren schnell und wirtschaftlich produziert werden kann.

Das Scannen des Kiefers der Patientin erfolgte direkt nach der Präparation des betreffenden Zahn 46 mit dem mobilen CYRTINA Intraoral-Scanner (Abb. 1). Die intraorale Erfassung beruht auf der Methode der konfokalen Mikroskopie-Methode und der Moiré-Projektion. Bei dieser kommt mit hoher Geschwindigkeit die Oberfläche durch „Real-Life Stitching“ (Anm. d. Red.: unverfälschtes Aneinanderfügen der einzelnen Aufnahmen)

Einleitung

Intraorales Scannen

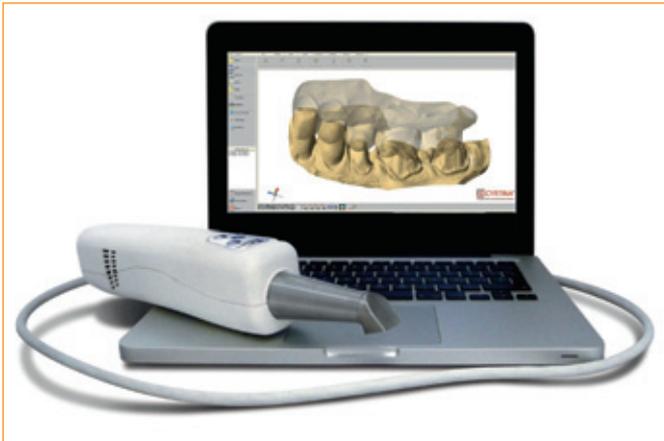


Abb. 1 Die mobile Lösung mit dem CYRTINA Intraoral-Scanner und ein Entwurf mit der CyrtinaCAD Software.

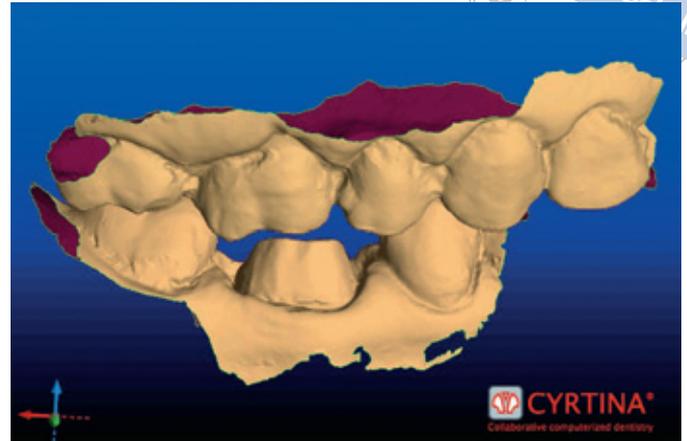


Abb. 2 Ober- und Unterkiefer im Schlussbiss nach dem Matching der Scans.

Abb. 3 Eine Multi-Tray-Abformung mit Identium®Scan (Kettenbach, Eschenburg).

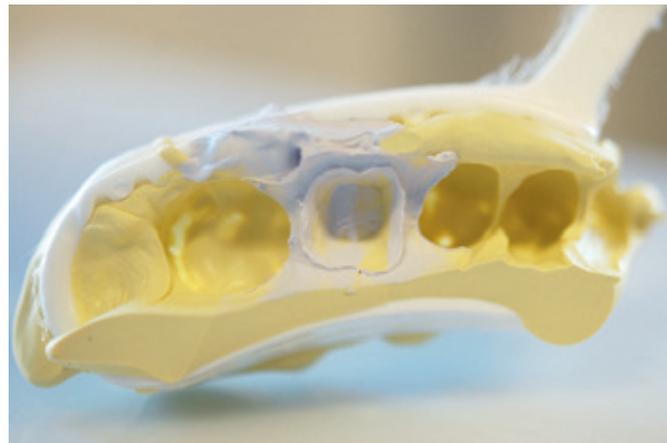


Abb. 4 Einrichtvorrichtung für einen Abformlöffel im Laborscanner.



als ein offenes stl-Datenfile zustande. Der Scanner ist portable, nicht Dongle-gebunden und produziert ein Standard-stl-Format, das direkt verfügbar ist.

Mit dem Scanner wurden zunächst der präparierte Zahn, die Umgebung und die Antagonisten gescannt und ein bukkaler Scan der Kieferrelation bei maximaler Interkuspitation vorgenommen. Die Teilaufnahmen aus Ober- und Unterkiefer wurden nun mit den Daten aus dem Scan der Kieferrelation gematcht (Abb. 2).

Digitalisieren der Abformung

Wenn kein Intraoral-Scanner vorhanden ist, wird eine komplette Abformung des Ober- und Unterkiefers mit individuellen Löffeln sowie mit scanbarer Abformmasse vorgenommen, dies sollte bei einer komplexeren Patientenversorgung eine Voraussetzung sein. Generell können alle üblichen Abformlöffel verwendet werden, wenn der erforderliche Druckaufbau gewährleistet ist.

Die Abformungen werden dann mit einem Laborscanner digitalisiert und die beiden Kiefer so gematcht, dass sie in maximaler Interkuspitation aufeinanderstehen. Für eine einfachere Vorgehensweise ist eine Abformung mit dem konfektionierten Abformträger Multi-Tray mit scanbarem Abformmaterial (Identium Scan, Kettenbach) möglich (Abb. 3). Diese lässt sich mit einer Einrichtvorrichtung im Laborscanner digitalisieren (Abb. 4).

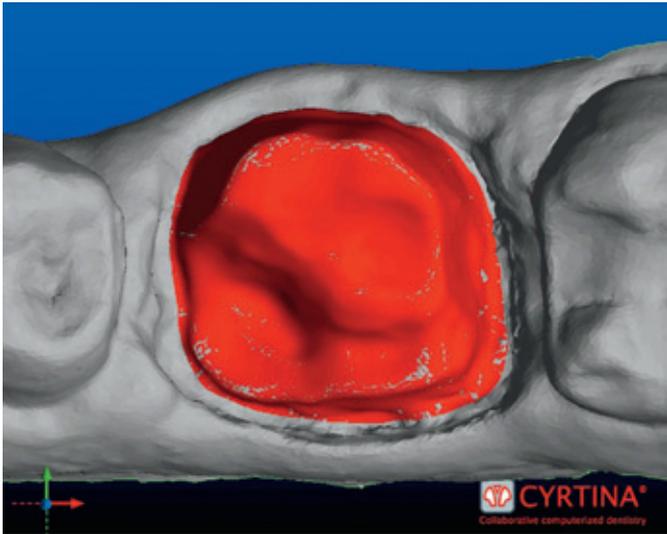


Abb. 5 Präparation in CyrtinaCAD40.

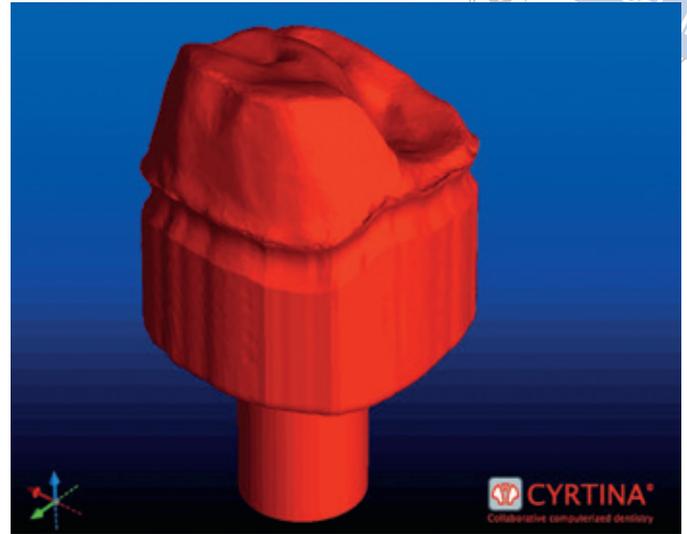


Abb. 6 Digitale Planung des extrahierten Stumpfs.

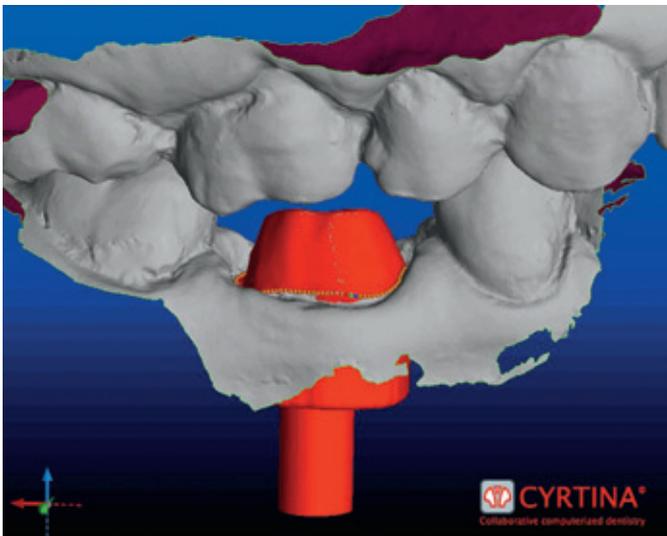


Abb. 7 Die komplette Planung: der Scan mit extrahiertem Stumpf.

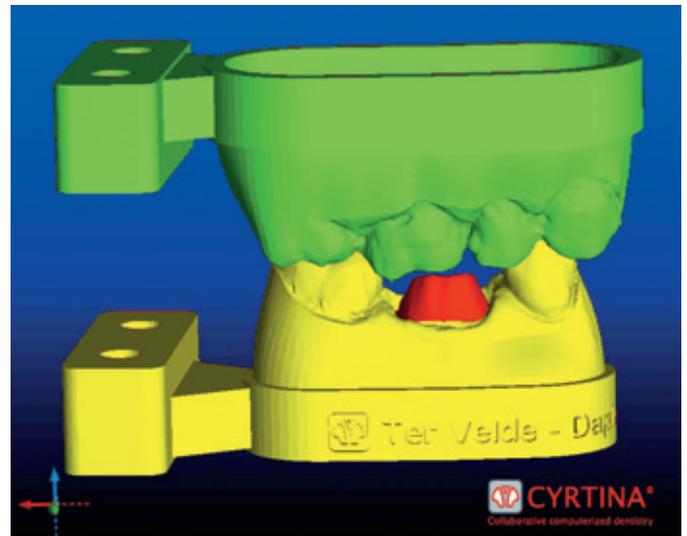


Abb. 8 In CyrtinaCAD40 konstruierte Modelle.

Der Entwurf der Restauration wurde mit dem CyrtinaCAD40 durchgeführt. Die Präparationslinien wurden definiert und der Stumpf wurde extrahiert (Abb. 5 bis 7). CyrtinaCAD40 ermöglicht den Entwurf von Modellen (Abb. 8) für iTero und andere Okkludatoren.

Entwurf

Das Modell wurde dann anschließend im 3-D-Print-Verfahren bei CYRTINA hergestellt (Abb. 9). Die Außenkontur der Restauration wurde vollständig gestaltet (Abb. 10) und die statische Okklusion mit maximalem Vielpunktkontakt mit den Antagonisten optimiert (Abb. 11).



Abb. 9 PRIMERO®-Brücke auf einem durch CYRTINA geprinteten Modell im iTero Okkludator.

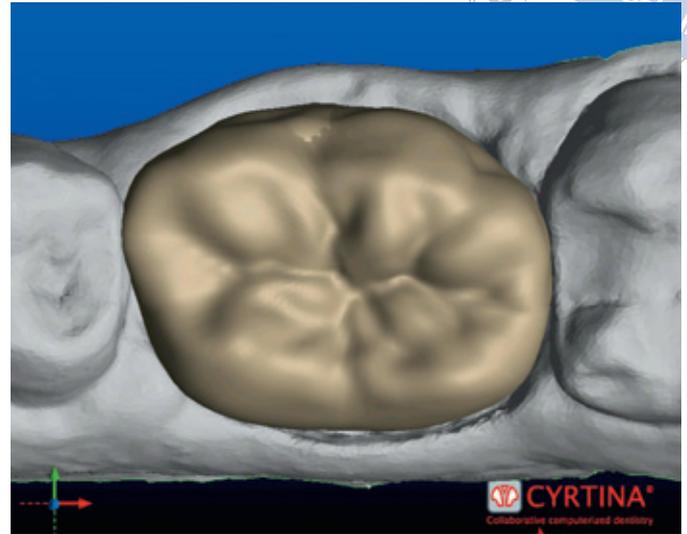


Abb. 10 Die Vollkonturkrone.

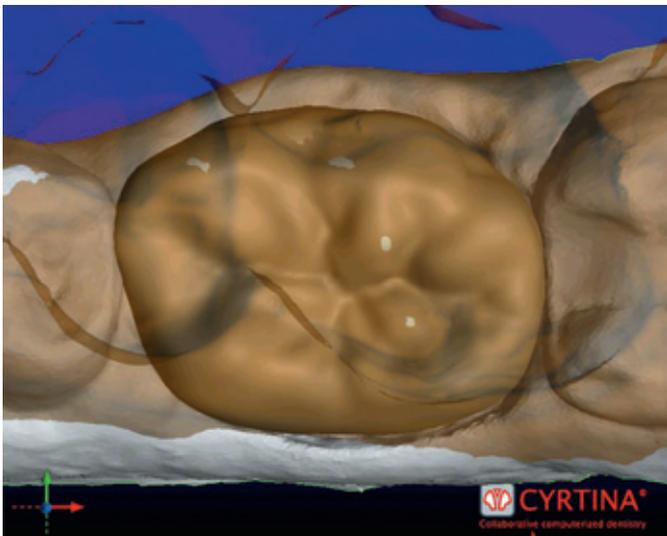


Abb. 11 Optimierte Kontakte mit dem Antagonisten auf Krone 46.

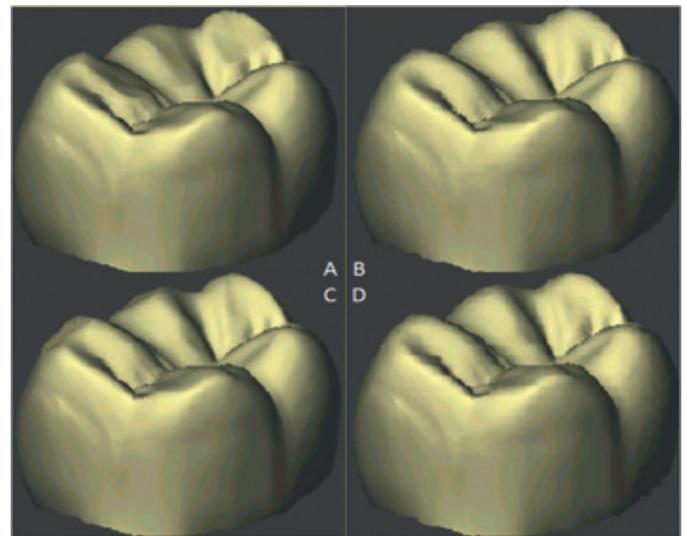


Abb. 12 Ergebnis der Bewegungen in Kontakt (A), virtueller Artikulator (B), elektronische 3-D-Registrierung (C) und „Funktionspfad“ (D) auf der Zahnoberfläche.²

Virtuelle Artikulation

Die Entwicklung von CyrtinaCAD geht bis auf 1988 zurück, weshalb sie eines der frühesten „Off-Chair“-CAD/CAM-Systeme auf dem dentalen Markt darstellt.² Während dieser über 20 Jahre dauernden Periode wurden vier gnathologische Disklusionskonzepte eingehend untersucht (Abb. 12): der virtuelle Artikulator (AGP), die Übertragung von optoelektronisch registrierten mandibulären Bewegungen (RGP), Kontaktbewegungen mit dem Restgebiss (OGP) und die Registrierung des „Funktionspfads“ (FGP).^{1,5} CyrtinaCAD40 ermöglicht es, die funktionelle okklusale Zahnoberfläche mittels eines virtuellen Artikulators zu entwerfen. Die relativen Kieferbewegungen können dabei in einem virtuellen Artikulator simuliert werden, basierend auf einem volljustierbaren Denar Mark II

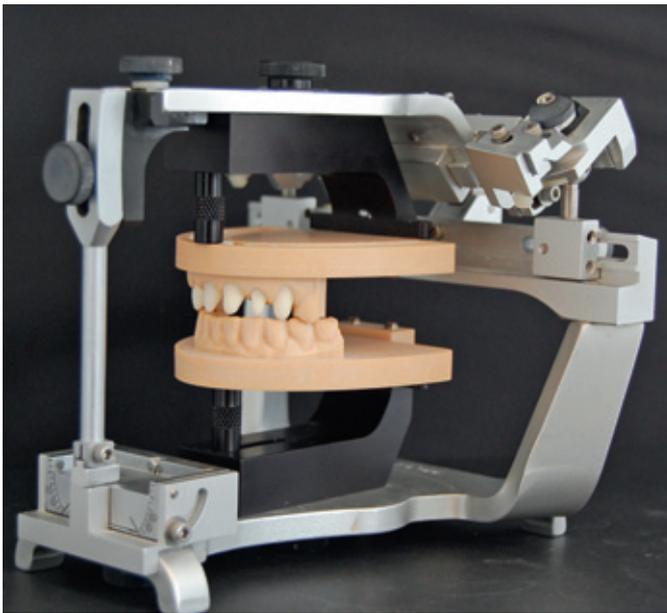


Abb. 13 Der volljustierbare Artikulator Denar Mark II.

Denar Articulator settings		Values	
Occlusal parameters		Right	Left
- Superior condylar control surface:			
- Anteroposterior inclination		35.0000	35.0000
- Mediolateral rotation (rear wall)		0.0000	0.0000
- Mediolateral inclination		0.0000	0.0000
- Medial condylar control surface (Bennett)			
- Immediate side shift		10.0000	10.0000
- Intercondylar distance (from midline)		55.0000 mm	55.0000 mm
- Incisal control surface:			
- Anteroposterior inclination		30.0000	
- Mediolateral inclination		15.0000	15.0000
- Incisal "long centric"			
		0.6000 mm	
- Incisal "wide centric"			
		0.3000 mm	
- Occlusal plane position:			
- Superoinferior dimension		-33.0000 mm	
- Anteroposterior dimension		85.0000 mm	
- Occlusal plane inclination:			
- Anteroposterior		0.0000	
- Buccolingual		0.0000	

Abb. 14 „Standard“-Einstellung der Protrusions- und der Laterotrusionsführung.

Artikulator (Abb. 13), welcher eine individuelle, fallbezogene Einstellung der Protrusions- und Laterotrusionsführung zulässt.

Für den hier vorgestellten Beispielfall wurden Standard-Einstellungen gewählt (Abb. 14).

Nach der Ausführung der virtuellen Kaubewegungen wurde die virtuelle Kronenform über eine einfache Funktion automatisch reduziert. Die Stärke der Verblendschicht wurde dabei bukkal auf 0,6 mm, lingual auf 0,4 mm, okklusal auf 1,0 mm und mesial und distal auf 0,4 mm eingestellt (Abb. 15). Diese Werte sind für die Stabilität der Verblendschicht ideal, da das Gerüst so die Verblendkeramik optimal unterstützt.

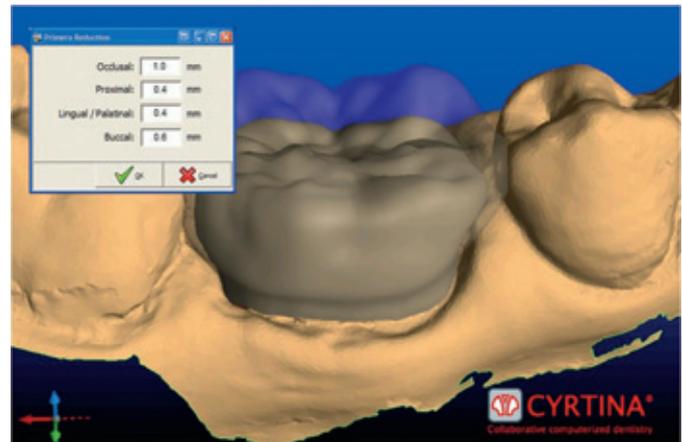


Abb. 15 PRIMERO®-Krone mit Einstellung der Verblendstärke.

Natürliche Zähne weisen einen binären Aufbau aus Dentin und Schmelz auf (Abb. 16). Das Dentin bestimmt maßgeblich die Zahnfarbe, die Farbwirkung wird durch das Zusammenspiel von Licht und Struktur hervorgerufen (Abb. 17). Bei der voll computer-gestützten Reproduktion von Zähnen werden verschiedene Ansätze verfolgt, um ohne manuelle Schichtung eine natürlich anmutende Farbwirkung zu erzielen. Im PRIMERO®-Verfahren (Oratio) werden z. B. Kronen und Brücken mit binärem Aufbau und speziellem Lichteiteffekt industriell hergestellt.³

Weil monolithische vollkeramische Restaurationen ihre Beschränkungen in der Ästhetik haben, wurde mit dem PRIMERO®-Verfahren eine automatisierte, digitale Verblendung durchgeführt, die der Natur sehr nahe kommt. Der entscheidende Unterschied zu den anderen Verfahren besteht darin, dass die Keramik ohne Verbundschicht direkt mit

Binäre PRIMERO®-Philosophie

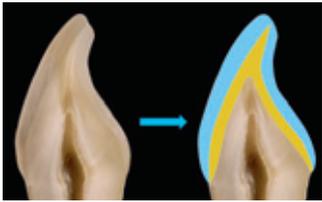


Abb. 16 Eine PRIMERO®-Krone besteht aus einem Zirkoniumdioxid-Dentinkern mit einer naturidentischen Enamel-Schicht.

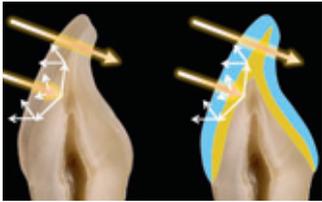


Abb. 17 Die Lichtstreuung, -reflektion und -brechung bei PRIMERO® gleicht der bei natürlichen Zähnen.



Abb. 18 Die Verblendschicht bildet eine ununterbrochene Einheit mit dem Gerüst der PRIMERO®-Krone.

Abb. 19 Transferblock im industriellen PRIMERO®-Verfahren mit gepresster Keramikmasse.

Abb. 20 In ungesintertem Zustand (Grünling) geformte Keramikmasse.

Abb. 21 Identische industriell gefertigte PRIMERO®-Kronen nach dem Vakuumbrand.



der geformten Freiform des Gerüsts verbunden ist und damit optisch eine nicht unterbrochene Einheit formt (Abb. 18).

PRIMERO®-Verfahren

Im PRIMERO®-Verfahren werden Gerüste aus Zirkoniumdioxid direkt mit Keramik verblendet, das Ergebnis ist eine vollanatomisch verblendete Restauration mit funktionellen Kontaktrelationen, einer sehr schönen Ästhetik und konsequenter Stärke. Das System bietet eine Alternative zur manuellen Schichtung oder zu Verbundsystemen und besteht aus einem Verblend- und einem Gerüstteil. Diese sind mittels einer Klebeschicht miteinander verbunden. Die Verblendschicht wurde maschinell auf das Zirkoniumdioxid-Gerüst (BioZyram zA2, Oratio) (Abb. 19) aufgebracht und porenfrei verdichtet, ausgehärtet, in ungesintertem Zustand zurückgeschliffen (Abb. 20) und unter Vakuum



Abb. 22 Beim Zurückschleifen der Verblendung von 1,0 auf 0,5 mm verdunkelt sich die PRIMERO®-Krone.



Abb. 23 In der Mitte befindet sich eine manuell individualisierte PRIMERO®-Krone (Foto: Hans-Jürgen Joit).



Abb. 24 Manuell individualisierte PRIMERO-Kronen (12-22) mit einer Schichtdicke von unter 0,7 mm (Foto: Hans-Jürgen Joit).

gesintert (Abb. 21). Da der hochchromatische Dentinkern aus Zirkoniumdioxid mit einer transluzenten, opalisierenden Keramikschiicht versehen wird, kommt die Farbe von innen, wie bei natürlichen Zähnen.⁴ Aufgrund der Verwendung eines hochchromatischen Zirkoniumoxidgerüsts und einer Enamel-Schicht für die Verblendung, werden aufgrund des zahntypischen Farbverlaufs, also von inzisal nach zervikal, ästhetisch hochwertige Ergebnisse erzielt (Abb. 22).

Eine essenzielle Voraussetzung bei der digitalen Verblendung sind scharf gefräste marginale Ränder (< 100 µm) bei den Kronen- und Brückengerüsten, die nach ihrer Produktion keiner weiteren Anpassung bedürfen und keine sondierbaren Ränder zeigen. Die PRIMERO®-Krone kann auch manuell weiter individualisiert werden (Abb. 23 und 24).

Der endgültige Farbton der keramischen Restaurationen wird in der Regel durch das Auftragen von drei Schichten erzielt. Diese bestehen aus Dentin- und Schneidmassen sowie ggf. einem zusätzlichen Liner auf dem Gerüst. Das ästhetische Ergebnis ist daher von der Motivation, Virtuosität und der Erfahrung des Keramikers geprägt.

Dank der CAD/CAM-Technologie ist es nun möglich, Verblendschichten mit im Voraus definierter Form, Farbe und Schichtstärke zu modellieren und industriell zu produzieren. Weil bei der industriell gefertigten PRIMERO®-Krone die Verblendung nur aus transluzentem Material besteht, wird eine maximale Anpassung im Mund erreicht. Auch der zahnähnliche Farbverlauf von inzisal nach zervikal, wie bei natürlichen Zähnen, macht eine Individualisierung kaum notwendig (Abb. 25).

Individualisierung



Abb. 25 Eine PRIMERO®-Krone auf 46 zwischen einem natürlichen Teilzahn 45 und einer Amalgam-Füllung.



Abb. 26 Drei verschiedene Zahnersatzlösungen für jedes Budget: a eine manuell individualisierte und b industriell gefertigte PRIMERO®-Krone sowie c eine monolithische Krone aus BioZyram® HT.



Fazit Der komplette digitale Workflow wurde anhand eines konkreten Beispielsfalls demonstriert. Aufgrund ihrer natürlichen zahntypischen Eigenschaften sind die industriell gefertigten CYRTINA PRIMERO®-Kronen und -Brücken eine Alternative gegenüber monolithischen, mit digitalen Verbundsystemen hergestellten Kronen und handgeschichteten Restaurationen (Abb. 26). Dank ihres Lichtleiteffekts und den kontrollierten Kontaktrelationen muss die Restauration kaum angepasst werden. Der komplette Workflow vom intraoralen Scannen bis zur zentralen Produktion der Restauration ist nach Überzeugung der Autoren der ideale Weg zu einem wirtschaftlichen, sozial verantwortlichen und umweltfreundlichen Unternehmen. Ein möglicher Einstieg über scanbare Abformmassen ist durchaus denkbar.

- Literatur**
1. Olthoff LW, Van der Zel JM, De Ruiter WJ, Vlaar ST, Bosman F. Computer modeling of occlusal surfaces of posterior teeth with the CICERO CAD/CAM system. *J Prosth Dent* 2000;84:154-162.
 2. van der Zel JM. Ästhetik aus dem Computer. *Quintessenz Zahntech* 1993;19:1479-1494.
 3. van der Zel JM. Die digitale Keramikverblendung mit dem PRIMERO-Verfahren. *Quintessenz Zahntech* 2011;37:612-625.
 4. van der Zel JM. PRIMERO-Restaurationen: Zahnähnliche Farbwirkung dank binärem Aufbau. *Dig Dent News* 2012;6:42-45.
 5. van der Zel JM. Restaurationen in Okklusion. *ZWR* 1994;103:420-425.



Dipl.-Ing. Siebe van der Zel, Oratio B.V.
De Corantijn 91c, 1689 AN Zwaag, Niederlande

ZTM Hans-Jürgen Joit
Kaiserstraße 30a, 40479 Düsseldorf

Dr.-Ing. Simon Vlaar, Ing. Wiljo de Ruiter, Prof. Dr. Dipl.-Ing. Jef van der Zel, Oratio B.V.
De Corantijn 91c, 1689 AN Zwaag, Niederlande
E-Mail: jmvanderzel@planet.nl