





# Digital bald Standard?

Intraorale Scanverfahren liegen klar im Trend und werden dank stetiger technischer Optimierung,  erkömmlich  bformmethoden mehr und mehr verdrängen. Diesen Eindruck vermittelte auch die Internationale Dentalschau (IDS) in Köln. Eine Bestandsaufnahme. MANFRED KERN

Die Internationale Dentalschau (IDS) vermittelte klar den Eindruck, die restaurative Zahnheilkunde werde weitgehend von CAD/CAM-Technik und Vollkeramik beherrscht. IDS-Besucher werden sich gefragt haben, ob diese Ausrichtung wirklich angezeigt ist und ob nicht auch schon vor der CAD/CAM-Zeit gute Zahnmedizin betrieben wurde. Ist die computergestützte Restauration also überflüssig? Sicher nicht – im Gegenteil: Der zunehmende Wandel zur Vollkeramik ist die konsequente und logische Weiterentwicklung restaurativer Werkstoffe. Die Verarbeitung mechanisch hoch belastbarer Materialien ist teilweise ohne Computereinsatz gar nicht möglich; ferner hat die Digitalisierung der Arbeitsschritte neue Türen geöffnet und die Prozesskette von der digitalen Intraoralaufnahme bis zur NC-gefrästen Verblendung prospektiv planbar gemacht, den Workflow vereinfacht und standardisiert sowie die Voraussetzungen für ein wirtschaftliches Ergebnis verbessert.

Auf der IDS wurde auch der Trend deutlich, den konventionellen Elastomerabdruck durch intraorale Scanverfahren zu ersetzen. Allerdings sind weder das Anliegen noch das Prinzip der Datenakquisition mittels eines optischen Systems wirklich neu. Prof. Dr. Werner Mörmann, Universität Zürich, hatte schon vor 25 Jahren begonnen, mit dem CEREC-System einen intraoral generierten Datensatz für die CAD-Konstruktion und das Ausschleifen von Silikatkeramik zu nutzen. Auf dem jüngst beendeten Keramiksymposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e. V. (AG Keramik) stellte Prof. Dr. Bernd Wöstmann, Leiter der Zahnärztlichen Prothetik

an der Universität Gießen, die Fortschritte in der Digitalisierung der intraoralen Kieferabformung in den Mittelpunkt seiner Ausführungen.

## Fehlerfrei abformen

Passgenaue und ohne weitere Korrekturen einsetzbare Restaurationen wünschen sich alle Zahnärzte. Voraussetzung dafür sind exakte Abformungen der Präparation und der Gebissituation. Wöstmann zeigte, dass auf dem Weg zu einer exakten Restauration die Abbildung der intraoralen Situation auf einem realen oder auch virtuellen Modell einen ganz entscheidenden Schritt darstellt, da die Herstellung definitiver Restaurationen – vom Inlay bis hin zu mehrgliedrigen Brücken – ausschließlich indirekt möglich ist. Aufgrund werkstofflicher und haptischer Bedingungen sei es bis heute nicht machbar, über die klassische Abformung mit Elastomeren ein „fehlerfreies“ konventionelles Gipsmodell herzustellen, betonte der Abform-Experte. Auch das individuelle Geschick des Zahnarztes und des Zahntechnikers spiele dabei eine entscheidende Rolle – eine Situation, die sich kaum standardisieren lasse. Die Folge: Jedes auf der Basis dieses Arbeitsprozesses erzeugte virtuelle Modell sei ungenau – einerlei, wie präzise der Scanvorgang an sich sei. Deshalb liege es nahe, den Scanvorgang direkt in der Mundhöhle durchzuführen.

Nachdem der labortechnische Prozess bei der Herstellung vollkeramischer Restaurationen ohne CAD/CAM-Einsatz nur noch schwer vorstellbar ist, hat mit der Ein-

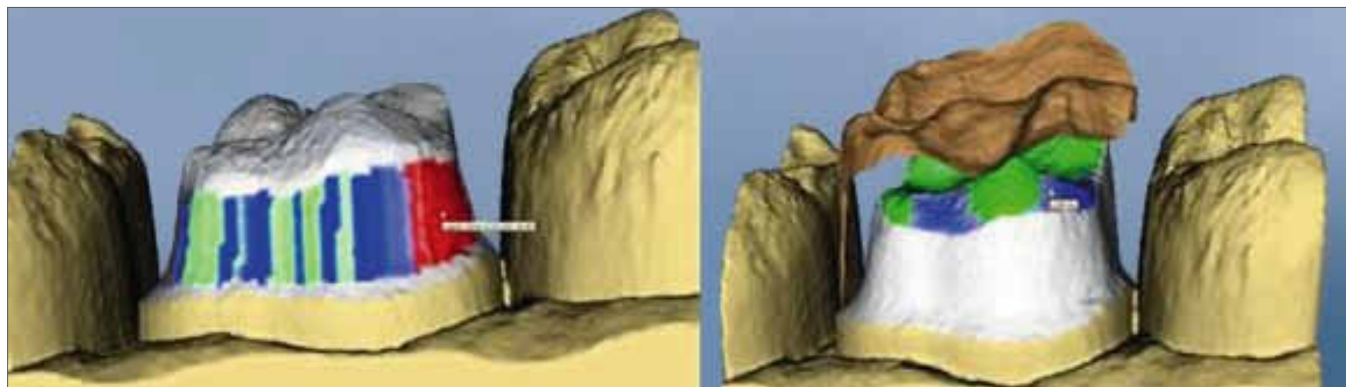


Abb. 1: Der virtuelle „Präp-Check“ kontrolliert die Präparationsgrenzen sowie die okklusale Reduktion mit Gegenbiss. [Foto: Lauer]

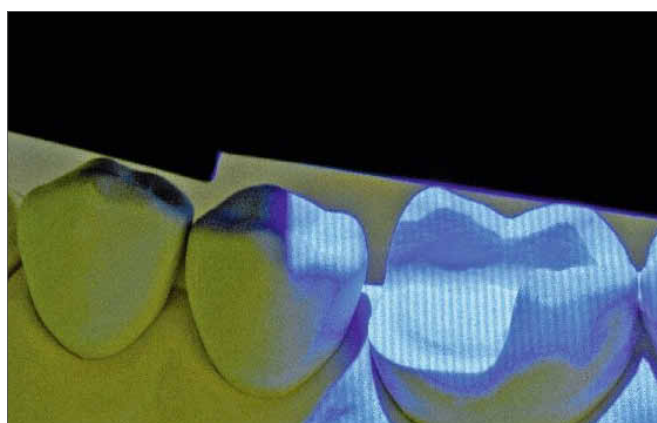


Abb. 2: Kurzwelliges Blaulicht mit Streifenlichtprojektion. System CEREC AC. [Foto: Ender]

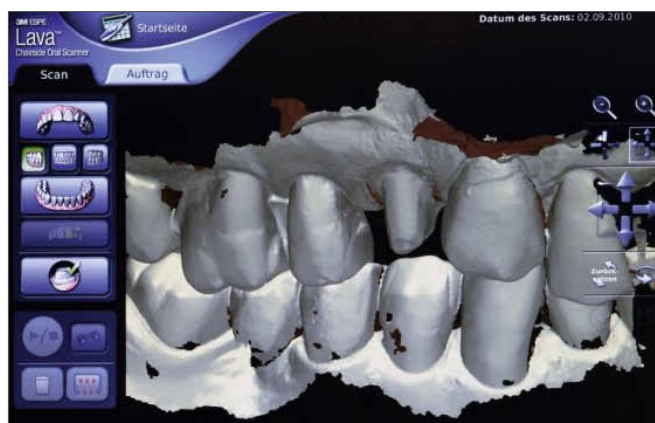


Abb. 3: Optoelektronischer Intraoral-Scan des C.O.S.Lava-Systems. Kronenstumpf und Präp-Grenze sind exakt dargestellt. Der Datensatz erlaubt neben der Gerüstfertigung auch die Produktion eines stereolithografisch hergestellten Kunststoffmodells (SLA) mit Gegenbiss. [Abb. Wöstmann]

führung lichtoptischer Scans zur intraoralen Abformung der nächste Schritt zur vollständigen Digitalisierung der Prozesskette von der Präparation bis zur Eingliederung des Zahnersatzes bereits begonnen. Der entscheidende Vorteil: Unmittelbar nach dem Scannen steht eine 3D-Ansicht der Präparation zur Verfügung, mit der sich unter multiplen Perspektiven und Detailansichten Präparationsfehler detektieren und sofort beheben lassen. (Abb. 1). Neben dieser Standardisierung liegt der weitere Nutzen der Digitaldaten in der direkten Übertragung der klinischen Situation auf die folgenden zahntechnischen Arbeitsschritte.

## Unterschiedliche Systeme

Die intraoralen Scansysteme ähneln sich in ihrer klinischen Handhabung, unterscheiden sich jedoch in ihren Funktionsprinzipien (CEREC AC/Sirona, C.O.S. Lava/3M Espe, iTero/Cadent-Straumann). Technisch sind die Systeme ähnlich

aufgebaut; sie alle bilden die Zahnsituation in Echtzeit im 3D-Modus auf dem Bildschirm ab. Allerdings differenzieren die Verfahren bei der Gewinnung dreidimensionaler Datensätze.

CEREC AC nutzt für die Aufnahmeeinheit kurzwelliges Blaulicht (420 nm) und arbeitet nach dem Prinzip der Streifenlichtprojektion (Abb. 2). Der Scanvorgang erfolgt in Form von Einzelbildern: Winkelaufnahmen erfassen Zahnareale unterhalb des Äquators und erhöhen die Wiedergabegenauigkeit. Mehrere Aufnahmen werden durch Matching zu einem Quadranten oder Ganzkiefer zusammengerechnet – ebenso der Gegenbiss. Die Kieferrelation wird durch zusätzliches Scannen der antagonistischen Bezahnung und deren statischer Lagebeziehung erfasst. Dadurch entsteht ein dimensionsgetreues, virtuelles Modell.

Das Wavefront Sampling von C.O.S. Lava erfasst die Zahnform durch die Bewegung der Videokamera über die Zähne. Durch Positionsänderung der einzelnen Bildpunkte



Abb. 4: Intraoral-Scan (C.O.S.) eines Molaren mit höckerunterstützender Präparation für ein ZrO<sub>2</sub>-Kronengerüst [Abb. Wöstmann]

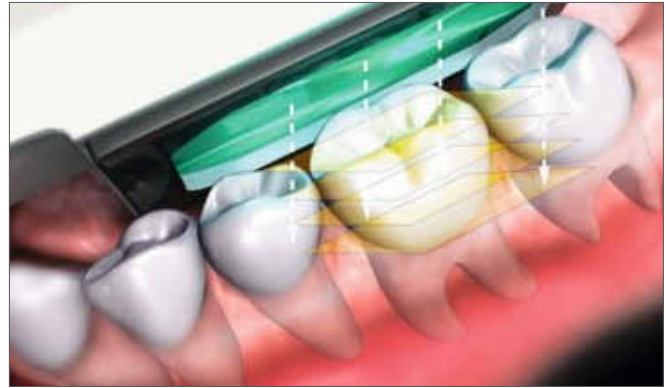


Abb. 5: iTero scannt den Zahn mit Laser-Triangulation über mehrere Ebenen. [Foto: Straumann]

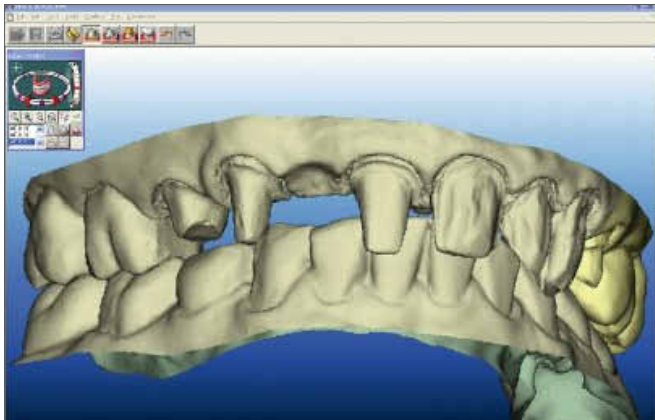


Abb. 6: Der Ganzkiefer-Scan für eine Brückenkonstruktion. Präparationsdetails sind kontrollierbar (System iTero). [Foto: Straumann]

während der Aufnahme kann deren Abstand zur Kamera berechnet werden, wodurch eine dreidimensionale Darstellung der Zahnreihe entsteht (Abb. 3, 4).

Der iTero Scanner arbeitet nach dem Prinzip der Laser-Triangulation. Die Aufnahme erfasst den Zahn und scannt vertikal 300 Ebenen mit jeweils 50 µm Tiefe (Abb. 5).

Die Scan-Genauigkeit von CEREC AC und C.O.S. Lava entspricht laut Wöstmann einer konventionellen Hydrocolloid- und Polyvinylsiloxan-Abformung. Unterschiede waren nicht signifikant (Literatur 3). Bei Messungen von mit C.O.S. Lava hergestellten Kronen-Käppchen lag der Mittelwert aller Randspalten bei 33 µm (± 16 µm). Bei den mit konventioneller Abformtechnik hergestellten Käppchen betrug der mittlere Randspalt 69 µm (± 25 µm). Vergleichbare Ergebnisse wurden im Rahmen einer klinischen Studie festgestellt (Literatur 12). Der mittlere, marginale Randspalt der konventionell hergestellten Kronen betrug 71 µm gegenüber 49 µm bei den mit C.O.S. Lava hergestellten Kronen. Literaturbelegt ist für CEREC 3D eine Toleranz von 40 µm (± 21 µm) (Literatur 13).

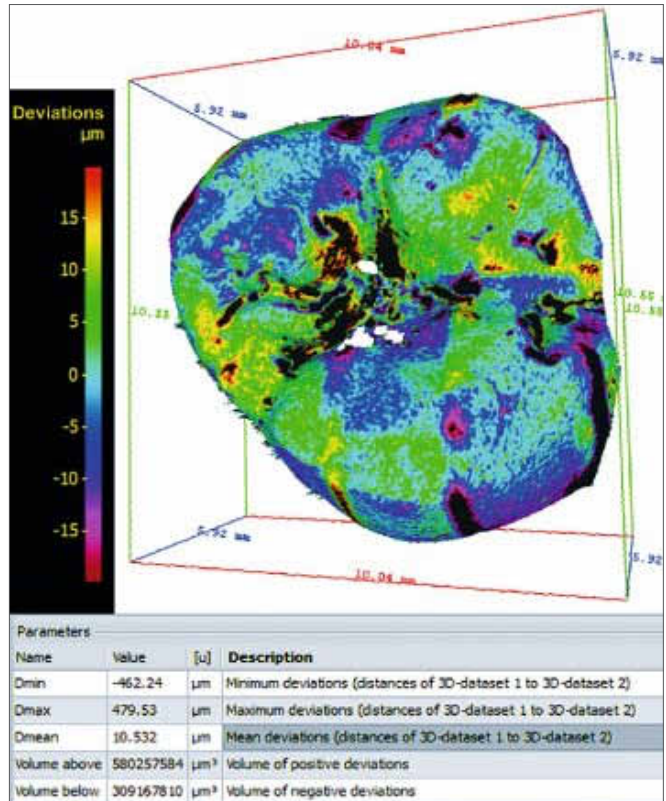


Abb. 7: Abweichungen (Deviations) gegenüber dem Standardmodell sind farblich erkennbar. [Quelle: Arnetz]

Zur Standardisierung der optischen Abformung trägt bei, dass die eingescannte Präparation direkt am Bildschirm kontrolliert und ggf. vorhandene Unzulänglichkeiten sofort korrigiert werden können (Abb. 6). Auch bieten die Scan-Verfahren für Patienten mit starkem Würgereiz einen deutlichen Gewinn an Behandlungskomfort. Vorteile ergeben sich darüber hinaus durch den Wegfall etlicher Arbeitsschritte, z.B. Auswahl des Abformlöffels, Anmischen der

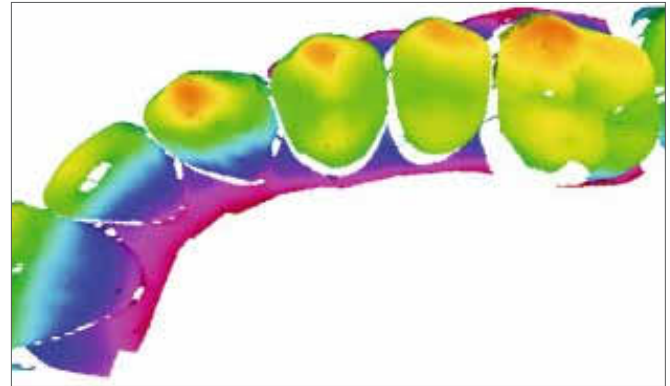


Abb. 8 und 9: Standardmodell und Dimensionsabweichungen im Quadranten [Quelle: Arnetzl]



Abb. 10: Stereolithografisches Kunststoffmodell (SLA), System C.O.S. Lava [Foto 3M Espe]

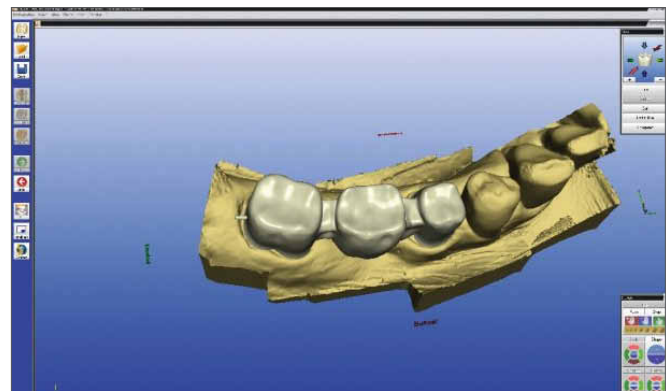


Abb. 11: CAD-Konstruktion für eine Brücke [Foto: Baltzer]

Abformmasse, Abwarten von Abbinde- und Desinfektionszeiten sowie ggf. die Modellherstellung. Weniger Behandlungs- und Arbeitsschritte bedeuten auch weniger Fehlerquellen, was die Vorhersagbarkeit der Behandlungsergebnisse verbessern kann.

## Grenzen der optischen Systeme

Bei deutlich infragingival liegenden Kronenrändern stoßen optische Systeme noch an ihre Grenzen, wie Wöstmann betont. Die Herausforderung bestehe darin, schlecht einsehbare Bereiche – z. B. infragingivale Präparationen – für die Kamera zugänglich zu machen. Das Problem könne man mit intelligenten Software-Algorithmen lösen, wenn man infragingival liegende Präparationen konsekutiv mit der Messkamera erfasst, indem man etwa mit dem Luftbläser um den Zahn herumfährt.

## Digital reproduziert genauer

Prof. Gerwin Arnetzl, Universität Graz, verglich auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computergestütz-

te Zahnheilkunde (DGCZ) die Abformpräzision digital generierter Abformungen mit konventionellen Elastomer-Abdrücken (Abb. 7). Sein Fazit: Weisen konventionelle Abformungen eine Rückstellung nach Verformung von 98,5 Prozent auf, bedeutet das für eine Inlaykavität eine Passungsgenauigkeit von 35–75 µm. Dazu kommen bei Gussobjekten noch Toleranzen von 46,5 µm [Literatur 8], so dass im indirekten Verfahren hergestellte Kronen literaturbelegte Abweichungen von 114 µm erreichen [Literatur 10]. Unterschiedliche elastomere Abformtechniken verursachen zum Teil noch höhere Abweichungen. So wurde bei analoger Abformung eine Abweichung von 49 µm bei Standardabformung und 122 µm bei Vergleichsabformung festgestellt [Literatur 4]. Die Untersuchungen zu analogen Abformverfahren waren in aller Regel jedoch 2D-Vermessungen; die neuen Studien zur Abbildungsgenauigkeit von lichteoptischen Verfahren wurden mit 3D-Volumendifferenzanalysen durchgeführt. Digital bzw. optoelektronisch erzeugte Messaufnahmen wiesen bei unterschiedlichen Behandlern Messungenauigkeiten von 11 µm auf [Literatur 9]. Die Abweichungen, bezogen auf einen ganzen Quadranten, liegen bei der analogen Abformtechnik zwischen 72 und 101 µm,



Abb. 12: SLA-Modell (Acryl) für die Aufpassung des Gerüsts [Foto: Baltzer]



Abb. 13: ZrO<sub>2</sub>-Gerüst bei der Aufpassung [Foto: Baltzer]



Abb. 14: Verblendung und Artikulation, System CEREC AC und inLab [Foto: Baltzer]

während die Messfehlertoleranz bei digitalen Aufnahmen unter Einbeziehung von präzisionssteigernden Winkelaufnahmen in der Größenordnung von 35 µm liegt (Abb. 8, 9). Potenzielle Fehlerquellen sind hierbei die Scannerjustierung, magnetische Störfelder bei der Bildverarbeitung, Bildrauschen und die Software. Diese Ergebnisse belegen laut ArnetzJ, dass digital generierte Daten bei korrekter Handhabung von Kamera oder Scanner weniger Fehler und eine größere Präzision aufweisen als die konventionelle Abdrucktechnik mit Elastomeren [Literatur 1].

## Modellherstellung

Mit den intraoral gewonnenen Datensätzen wird zugleich eine neue Ära der Modellherstellung eingeleitet. Dafür wird aus den Scans der Quadranten oder des Ganzkiefers mit Gegenbiss computerunterstützt ein virtuelles OK/UK-Modell gerechnet. Dies dient der CAD-Konstruktion der Restauration sowie der Fertigung eines analogen Sägeschnittmodells aus Kunststoff. Dies ist angezeigt, weil die manuelle Verblendung eines CAD/CAM-

gefertigten Gerüsts ein Modell erfordert, das die Kontaktposition zum Gegenkiefer und zu den Nachbarzähnen wiedergibt. Die Datensätze von C.O.S. Lava sowie iTero gehen vom Zahnarzt via Internet an den Systemhersteller, werden dort geprüft und die Fertigung eines Kunststoffmodells wird ausgelöst (Abb. 10). Der Zahn-techniker hat nach der CAD-Konstruktion der Restauration die Wahl, das Gerüst im Fräszentrum oder im Eigenlabor auszufräsen. Das Kunststoffmodell ist zur Schichtung der Verblendung und zur Artikulation notwendig. Cerec AC berechnet ebenfalls ein virtuelles Modell. Gerüstfreie Kronen und kurzspannige Brücken können direkt vom Datensatz im Praxislabor oder im online verbundenen Zahn-technikerlabor sofort ausgeschliffen werden. Für Verblendkronen und mehrgliedrige Brücken ist ein stereolithografisch gefertigtes oder gefrästes Kunststoffmodell erforderlich, das von Infinident (Sirona) geliefert wird und die Verblendung des Gerüsts sowie die Artikulation ermöglicht (Abb. 11, 12).

## Fazit

Insgesamt bieten die optoelektronischen Intraoral-Abformsysteme ein großes Zukunftspotenzial. Aufgrund der Vorteile in Bezug auf Standardisierung, Qualitätssicherung und Patientenkomfort werden sie in den kommenden Jahren immer zahlreicher im zahnärztlichen Alltag anzutreffen sein. Die damit geschaffenen Datensätze vereinfachen im Online-Datenaustausch die Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahn-techniker, unabhängig von der Entfernung. Ergänzende Fazialfotos, Angaben zur Zahnfarbe, zur Individualisierung, zum Werkstoff, zum Okklusionskonzept etc. können angehängt werden. Das alles geschieht ohne konventionelle Abformung mit Würgereiz, ohne Wachs-biss, ohne Gipsmodell. □

Literaturliste auf [www.dentalmagazin.de](http://www.dentalmagazin.de)

**„Digital wird Standard“ – publiziert in „Dental-Magazin“ 4 / 2011, Deutscher Ärzte-Verlag, Köln**

**Literatur:**

1. Arnetzl G.: Optische versus konventionelle Abformung. Wie präzise sind die Methoden? ZMK 26, 5 (2010) Spec. Vol., 19-24
2. Arnetzl G.: Nie mehr in den Löffel beißen? Optische Abformung verdrängt konventionelle Methoden. Dental World 5 (2009), 2-3.
3. Da Costa J.B., Pelogia F., Hagedorn B., Ferracane J.L.: Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlays created with Cerec 3D. Oper Dent 35, 3 (2010), 324-329.
4. Cox J.R., Brandt R.L., Hughes H.J.: A clinical pilot study of the dimensional accuracy of double-arch and complete-arch impressions. J Prosthet Dent 87 (2002), 510-515.
5. Güth J.F., Edelhoff D.: Intraorale digitale Erfassung – der logische Einstieg in die CAD/CAM-Fertigungskette. Quintessenz ZT 35, 9 (2009), 1156-1166.
6. Ender, A., Mehl, A.: Full arch scans. Conventional vs. digital impressions – an in-vitro study. Int J Comp Dent 14 (2011), 11-21.
7. Hirayama H., Chang Y.C.: Fit of zirconia copings generated from a digital impression technique and a conventional impression technique (master's thesis). Boston, USA: Tufts University School of Dental Medicine (2010).
8. Lehmann K.M., Zettel R., Gente M.: Die Paßgenauigkeit von Gusskörpern in Abhängigkeit von Abformung und Modell sowie gusstechnischen Parametern. Dtsch Zahnärztl. Z 43 (1988), 473-476.
9. Mehl A., Ender A., Mörmann W., Attin Th.: Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. Int J Comp Dent 12 (2009), 11-28.
10. Plekavich E., Joncas J.M., The effect of impression-die systems on crown margin. J Prosthet Dent 49 (1983), 772-776.
11. Seelbach, P.: Digitale Abformverfahren in der zahnärztlichen Praxis. ZMK 26, 10 (2010), 580-584.
12. Syrek A., Reich G., Ranftl D., Klein C., Cerny B., Brodesser J.: Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. J Dent (Elsevier) 38 (2010), 553-559.
13. Trifkovic B., Todorovic A., Lazic V., Draganjac M., Mirkovic N., Jokic B.: Accuracy of optical scanning methods of the Cerec 3D system in the process of making ceramic inlays. Vojnosanit Pregl 67, 10 (2010), 812-818. PMID 21066873.

Redaktion:

Schriftführung der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik)

Mail: [kern.ag-keramik@t-online.de](mailto:kern.ag-keramik@t-online.de)