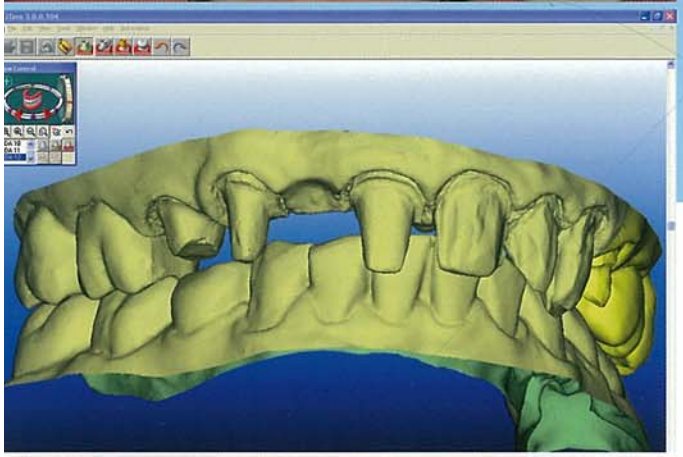
ZWR Das deutsche Zahnärzteblatt

September 2011 · Seite 407–476 · 120. Jahrgang www.thieme.de/zwr 9 · 2011



Fortbildung für den Zahnarzt

Zertifizierte kontinuierliche medizinische Fortbildung für Zahnärzte 1 online CME Thieme

Schwerpunkt

Neue Technologien/CAD/CAM

- Einteilung und praktisches Vorgehen bei der Registrierung der okklusalen „Zentrik“
- Fallbericht mit adhäsiv befestigten oxidkeramischen Verbindungselementen
- Digitalisierung standardisiert die Prozesskette
- Identifizierung von ästhetischen Restaurationen durch Autofluoreszenz
- Pixel oder Voxel in der Implantologie

125 Jahre Thieme

Digitalisierung standardisiert die Prozesskette

Datensätze aus der Intraoral-Messkamera verändern die Restaurationstechnik

G. V. Arnetzl[1], M. Kern[2]
[1]Graz, [2]Wiesbaden

Die digitale intraorale Abformung ist zu einem zentralen Bestandteil der computergestützten Restauration geworden. Lichtoptisch arbeitende Scansysteme ergänzen zurzeit den konventionellen Elastomerabdruck und können ihn in Zukunft voraussichtlich auch ersetzen, sobald die Aufnahmetechnik im subgingivalen, blutungs- und sekretanfälligen Bereich weiter entwickelt ist.

Das Digitalverfahren führt optoelektronische Vermessungen der Zahnoberflächen im Patientenmund durch. Aus einer Vielzahl von Einzelmessungen, auch aus verschiedenen Aufnahmewinkeln, werden die Raumkoordinaten zu einem kompletten Modellsatz zusammengefügt. Präparation, Lateralzähne, Antagonisten, Gegenbiss und die habituelle Schlussbissstellung werden zu 3-dimensionalen Modellen gerechnet, die exakt die anatomische Situation darstellen. Im CAD/CAM-Prozess dienen die virtuellen Modelle als Grundlage für die Konstruktion der Restauration auf dem Bildschirm und für das Formschleifen der Versorgung aus Keramik, Kunststoff (Langzeitprovisorien) oder Metall. Ferner kann mit dem Datensatz ein zahntechnisches Sägeschnittmodell aus Kunststoff hergestellt werden, um die Passung des ausgeschliffenen Gerüsts zu prüfen, die keramischen Verblendschichten aufzubringen und final die Okklusalflächen zu artikulieren. Die Modelle können direkt vom Datensatz gefräst, stereolithografisch aus Acrylat Laser-gehärtet oder im Rapid-Prototyping-Verfahren aus Wachs oder Kunststoff gefertigt werden. Dieser Arbeitsweg wird als „digitaler Workflow" bezeichnet. Dadurch muss kein Gipsmodell mehr gegossen und kein Meistermodell extraoral digitalisiert werden, wie es bei der konventionellen Abformung mit Elastomeren noch notwendig ist. Die Verbreitung der CAD/CAM-Technik in der restaurativen Zahnheilkunde basiert auf 2 Ansatzpunkten. Die Protagonisten des Chairside-Verfahrens – also des CAD/CAM-Prozesses an der Behandlungseinheit – hatten zum Ziel, die Versorgung der Kavität und des Kronenstumpfes direkt mit Silikatkeramik in einer Sitzung durchzuführen. Für die Akquisition der Daten erforderte dies eine lichtoptisch arbeitende Messkamera für die Aufnahme der Präparation, eine Software zur CAD-Konstruktion auf dem Bildschirm und einen computergesteuerten Fräsautomaten an der Behandlungseinheit zum Ausschleifen der Restauration. Dieses Verfahren (Cerec) kann inzwischen auf eine 25-jährige Erfahrung zurückblicken. Der andere Ansatz für die CAD/CAM-Technik hängt mit der Nutzung von Hochleistungs-Oxidkeramiken für Kronen und Brücken zusammen, die seit den 1990er-Jahren Eingang in die prothetische Rehabilitation gefunden haben. Dieser Wandel zur metallfreien Vollkeramik war die konsequente und logische Weiterentwicklung restaurativer Werkstoffe und hat metallgetragene Versorgungen bereits weitgehend substituiert. Die Verarbeitung des mechanisch hoch belastbaren Materials wie Zirkoniumdioxidkeramik stellte jedoch die Bedingung, dass die Formgebung den Computereinsatz erfordert, um den Datensatz der CAD-Konstruktion in maschinenlesbare Fräsbefehle umzuwandeln und die festigkeitssteigernde Sinterschrumpfung zu kompensieren. Ferner hat die Computerisierung der Arbeitsschritte neue Türen geöffnet und die Prozesskette von der digitalen Intraoralaufnahme bis zur NC-gefrästen Verblendung prospektiv planbar gestaltet. Dadurch hat die Digitalisierung den Workflow von der Abformung an der Behandlungseinheit über das Modell bis zur Gerüstfertigung standardisiert und unter gleichbleibenden Bedingungen reproduzierbar gemacht. Das Überspringen vieler konventioneller Prozessschritte im ZT-Labor hat den Arbeitsaufwand reduziert und somit die Voraussetzungen für ein wirtschaftliches Ergebnis verbessert.

Fehlerfrei abformen

Auf dem 10. Keramiksymposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde

e.V. (AG Keramik), das alljährlich zusammen mit einer wissenschaftlichen Fachgesellschaft der DGZMK stattfindet und die Erfahrungen mit Vollkeramik und mit den CAD/CAM-Verfahren in Klinik und Praxis auf den Prüfstand nimmt, stellte Prof. Bernd Wöstmann, Leiter der Zahnärztlichen Prothetik an der Universität Gießen, die Fortschritte in der Digitalisierung der intraoralen Kieferabformung in den Mittelpunkt seiner Ausführungen.

Es ist für jeden Zahnarzt eine Selbstverständlichkeit, dass indirekt gefertigte Restaurationen passgenau und möglichst ohne weitere Korrekturen klinisch eingesetzt werden können. Voraussetzung hierfür ist die exakte Abformung der Präparation und der Gebisssituation. Prof. Wöstmann führte aus, dass auf dem Weg zu einer exakten Restauration die Abbildung der intraoralen Situation auf einem realen oder auch auf einem 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 ist es bis heute nicht machbar, über die klassische Abformung mit Elastomeren ein „fehlerfreies" konventionelles (Gips-) Modell herzustellen. Auch das individuelle Geschick des Zahnarztes und des Zahntechnikers spielt hierbei eine Rolle – eine Situation, die sich kaum standardisieren lässt. Damit ist auch jedes auf Basis dieses Arbeitsprozesses erzeugte, virtuelle Modell ungenau – einerlei, wie präzise der Scanvorgang an sich ist. Deshalb liegt es nahe, den Scanvorgang direkt in der Mundhöhle durchzuführen. Nachdem der

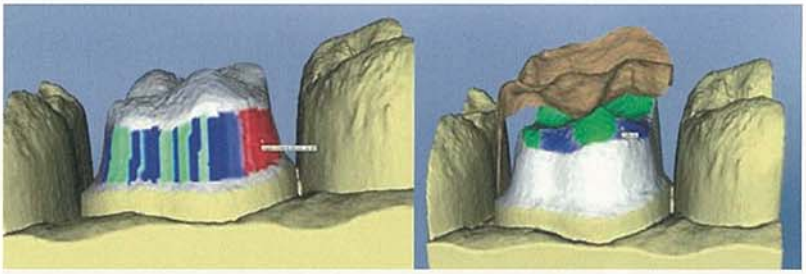


Abb. 1 Der virtuelle „Präp-Check" kontrolliert die Präparationsgrenzen sowie die okklusale Reduktion mit Gegenbiss (Bild: AG Keramik).

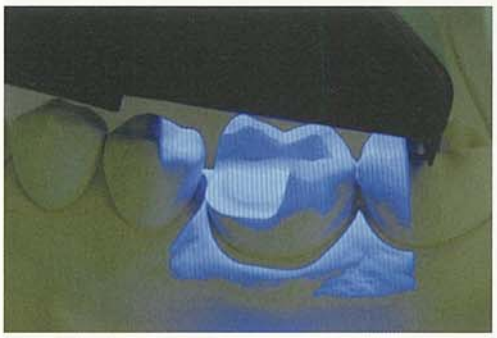


Abb. 2 Kurzwelliges Blaulicht mit Streifenlichtprojektion; System Cerec (Bild: Ender/Sirona).

ENTSPANNEN SIE Ihre Patienten

nktion / CMD
ophylaxe
rodontologie
thetik
othetik
plantologie
fsmaterialien

Setzen Sie das NTI-tss ein zum:

3 Fortbildungspunkte nach DGZMK

Schutz von implantatgetragener Prothetik bei:
- Muskulären Parafunktionen
- Bruxismus
- CMD

☐ Bitte schicken Sie mir unverbindlich weiteres Informationsmaterial.

☐ Ja, ich bestelle das NTI-tss Trial Kit mit 2 x 4 Schienen zum Preis von 295,00 € zzgl. gesetzl. MwSt. und 4,50 € Versandkosten.

☐ Ja, ich registriere mich verbindlich für den NTI-tss Fortbildungsabend inkl. praktischem Workshop in:
- Stuttgart, 12. Oktober ○
- München, 19. Oktober ○
- Nürnberg, 26. Oktober (Referent: Siegfried Leder) ○
- Düsseldorf, 28. September ○
- Frankfurt, 09. November (Referent: Prof. Dr. Kopp) ○
- Berlin, 16. November ○

Die Veranstaltung findet jeweils statt von 19:00 – 22:00 Uhr. Es werden jeweils 3 Fortbildungspunkte vergeben. Pro Teilnehmer wird eine Registrierungsgebühr von 79,00 € inkl. MwSt. berechnet.

Mit Smartphone zum NTI-tss Video
http://www.youtube.com/watch?v=HuccfXrekcE

Exklusivvertrieb durch:
Zantomed GmbH
Ackerstraße 1 · 47269 Duisburg
Tel.: + 49 (0) 203 - 80 510 45
Fax + 49 (0) 203 - 80 510 44
E-Mail.: info@zantomed.de

www.zantomed.de

zantomed

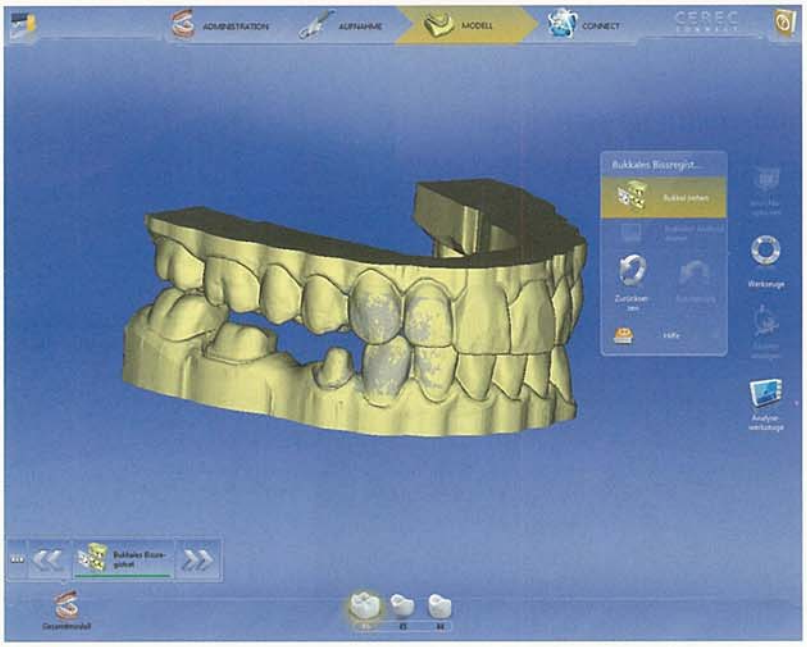


Abb. 3 Einzelaufnahmen werden zu einem Modell zusammengefügt (Bild: Sirona).

labortechnische Prozess bei der Herstellung vollkeramischer Restaurationen ohne CAD/CAM-Einsatz nur noch schwer vorstellbar ist, hat mit der Einführung 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 der digitalen Abformung liegt darin, dass unmittelbar nach dem Scannen eine 3-dimensionale Ansicht der Präparation verfügbar ist, mit der unter multiplen Perspektiven und Detailansichten Präparationsfehler detektiert und sofort behoben werden können (Abb. 1). Neben dieser Standardisierung liegt der weitere Nutzen der Digitaldaten in der direkten Übertragung der klinischen Situation auf die weiteren, zahntechnischen Arbeitsschritte.

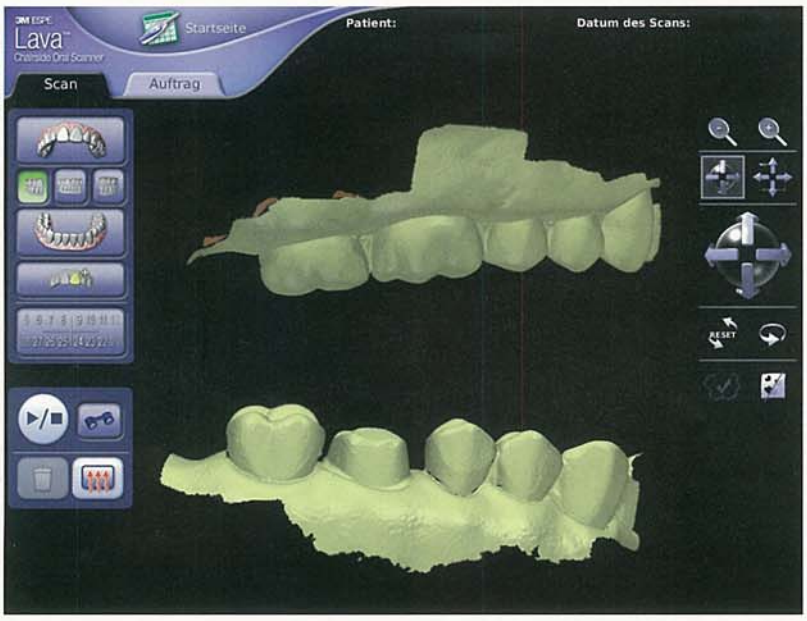


Abb. 4 Intraoral-Scan (C.O.S.) eines Quadranten mit Gegenbiss für ein ZrO_2-Kronengerüst (Bild: 3M Espe).

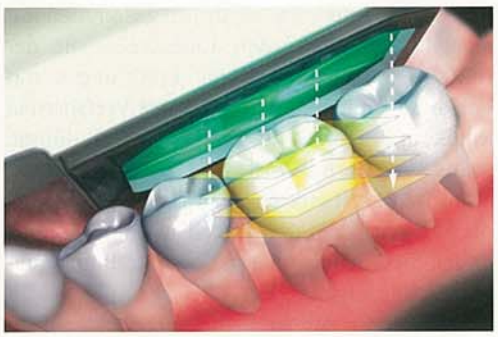


Abb. 5 iTero scannt den Zahn mit Laser-Triangulation über mehrere Ebenen (Bild: Straumann).

Die intraoralen Scansysteme ähneln sich in ihrer klinischen Handhabung, unterscheiden sich jedoch in ihren Funktionsprinzipien. Technisch sind die Systeme ähnlich aufgebaut; sie alle bilden die Zahnsituation in Echtzeit im 3-D-Modus auf dem Bildschirm ab. Allerdings differenzieren die Verfahren bei der Gewinnung 3-dimensionaler Datensätze (Cerec Bluecam/Sirona, C.O.S. Lava/3M Espe, iTero/Cadent-Straumann). Die Bildakquisition erfolgt unter Verwendung von Leuchtdioden (LED), Videosignalen oder eines gepulsten Lasers.

Cerec Bluecam nutzt als Aufnahmeeinheit kurzwelliges Blaulicht (420 nm) und arbeitet nach dem Prinzip der Streifenlichtprojektion (Abb. 2). Das vom Objekt reflektierte Licht wird unter einem Winkel (Triangulation) auf einem Detektor (CCD) abgebildet. 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 (Abb. 3).

Das Wavefront Sampling von C.O.S. Lava, entwickelt am MIT (Massachusetts Institute of Technology), erfasst die Zahnform durch die Bewegung der Videokamera über die Zähne. Durch Positionsänderung der einzelnen Bildpunkte während der Aufnahme kann deren Abstand zur Kamera berechnet werden, wodurch eine 3-dimensionale Darstellung der Zahnreihe entsteht (Abb. 4). Der iTero Scanner nutzt zur Erfassung das konfokale Messprinzip und arbeitet mit der Laser-Triangulation. Hierbei werden Laserlinienmuster mit einer Laufzeitanalyse auf das Messobjekt projiziert. Liegt das Objekt exakt im Brennpunkt, wird das Licht vom Objekt über denselben Weg durch das Objektiv hindurch über einen Strahlenleiter auf einen Detektor reflektiert. Als Ergebnis erhält man Scans einzelner Schichten, die übereinander gelegt die 3-D-Form des Objekts

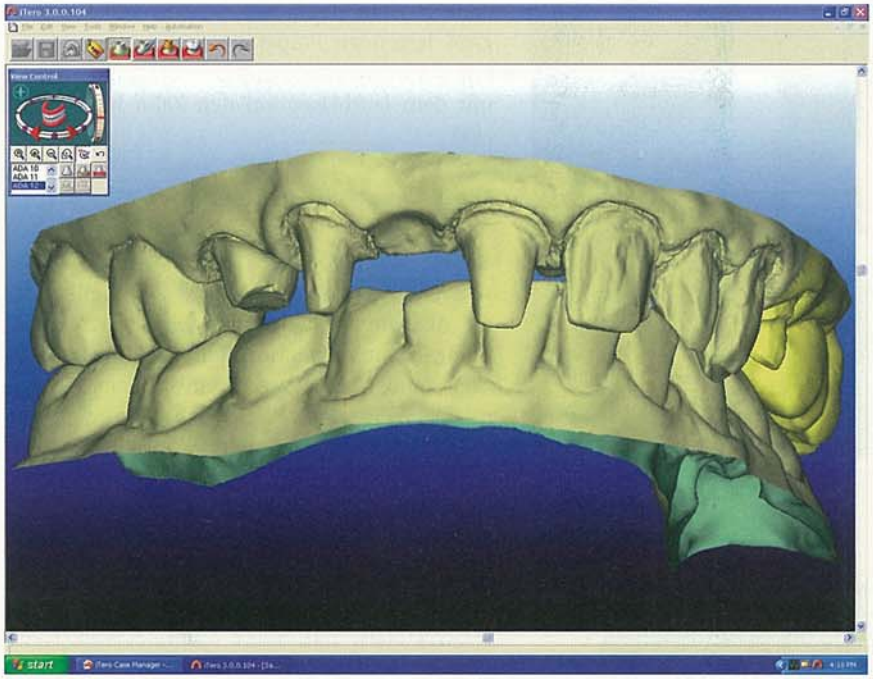


Abb. 6 Der Ganzkiefer-Scan für eine Brückenkonstruktion. Präparationsdetails sind kontrollierbar (System iTero) (Bild: Straumann).

widerspiegeln. Diese Technik erfasst den Zahn und scannt vertikal 300 Ebenen mit jeweils 50 µm Tiefe (Abb. 5). Irrtümlich eingescannte Objekte, wie Fingerspitzen, Zungenteile und Watterollen, können virtuell gelöscht und punktuell nachgescannt werden.

Die Scangenauigkeit von Cerec Bluecam und C.O.S. Lava entspricht laut Prof. Wöstmann einer konventionellen Hydrocolloid- und Polyvinylsiloxan-Abformung. Unterschiede waren nicht signifikant [5]. Bei Messungen 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 [13]. Der mittlere, marginale Randspalt der konventionell hergestellten Kronen betrug 71 µm gegenüber 49 µm bei den mit C.O.S. Lava hergestellten Kronen. Literaturbelegte Messwerte bei konservierenden Restaurationen mit Cerec 3D zeigten eine Toleranz von 40 µm (±21 µm) [14].

In einer Studie an der Universität Zürich wurde die Abformgenauigkeit von intraoral generierten Ganzkiefer-Datensätzen in vitro geprüft, die mit Videosignal (C.O.S.) und Blaulicht (Cerec Bluecam) arbeiten [6]. Das analoge Vergleichsmodell war mit Polyätherabdruck und Gips hergestellt worden und wies im stationären 3-D-Referenzscanner mit 0,5 µm Auflösung (Alicona Infinite Focus) eine Abweichung von 55 µm (±21,8 µm) auf. Der durch Videoaufnahmen erzeugte Modelldatensatz zeigte im Best-Fit-Algorithmus (Überlagerungsgenauigkeit) eine Differenz von 40,3 µm (±14,1 µm), das blaulichterzeugte Modell lag bei 49 µm (±14,2 µm). Die Scandatensätze umfassten jeweils ca. 20 Mio. Messpunkte. Die Messergebnisse für Polyäther und den Videoscan streuten um den Vergleichswert des Referenzmodells, die Bluecam-Werte lagen signifikant dichter an den Daten des stationären, geeichten Messscanners. Die Autoren resümierten, dass die digitale Intraoralabformung zumindest gleichwertige Ergebnisse wie der konventionelle Polyätherabdruck erzielt.

Zur Standardisierung der optischen Abformung trägt bei, dass die eingescannte Präparation direkt am Bildschirm kontrolliert und ggf. vorhandene Unzulänglichkeiten sofort korrigiert werden können [7, 8] (Abb. 6). Auch bieten die Scanverfahren gerade für Patienten mit starkem Würgereiz einen deutlichen Gewinn an Behandlungskomfort. Vorteile ergeben sich auch durch den Wegfall von Arbeitsschritten, besonders in der Praxis: Auswahl des Abformlöffels, Anmischen der Abformmasse, Abwarten von Abbinde- und Desinfektionszeiten sowie ggf. die Modellherstellung.

Messe Stuttgart
Mitten im Markt

FACH DENTAL
SÜDWEST 2011

Die Nummer 1
im Südwesten

Mit jährlich rund 200 Ausstellern und 9.000 Fachbesuchern gehört die Fachdental Südwest zu den größten und erfolgreichsten Fachdental-Veranstaltungen. Freuen Sie sich auf die Highlights der IDS 2011 und ein attraktives Rahmenprogramm.

Eintrittskarten-Gutscheine erhalte
Sie bei Ihrem Dental-Depot!

Neu: Dental Tribune Study Club,
Symposien auf der Fachdental.
Sichern Sie sich 10 Fortbildungspunkte!

14. – 15.10.2011
Messe Stuttgart

www.fachdental-suedwest.de

Öffnungszeiten: Freitag 11 – 18 Uhr | Samstag 9 – 16 Uh

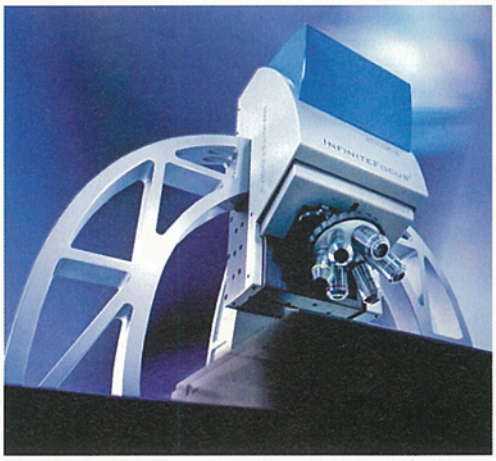
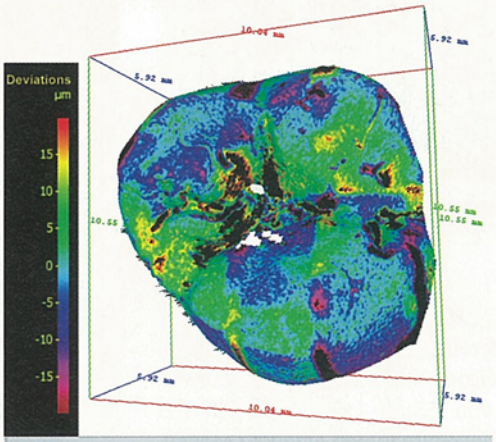


Abb. 7 FINITE Präzisionsmesssystem für kontaktlose Dimensionsvergleiche von Abformungen mit 10 nm Vertikalauflösung (Bild: Dr. G. Arnetzl).



Parameters

Name	Value	[u]	Description
Dmin	-462.24	µm	Minimum deviations (distances of 3D-dataset 1 to 3D-dataset 2)
Dmax	479.53	µm	Maximum deviations (distances of 3D-dataset 1 to 3D-dataset 2)
Dmean	10.532	µm	Mean deviations (distances of 3D-dataset 1 to 3D-dataset 2)
Volume above	580257584	µm³	Volume of positive deviations
Volume below	309167810	µm³	Volume of negative deviations

Abb. 8 Abweichungen (Deviations) gegenüber dem Standardmodell sind farblich erkennbar (Bild: Dr. G. Arnetzl).

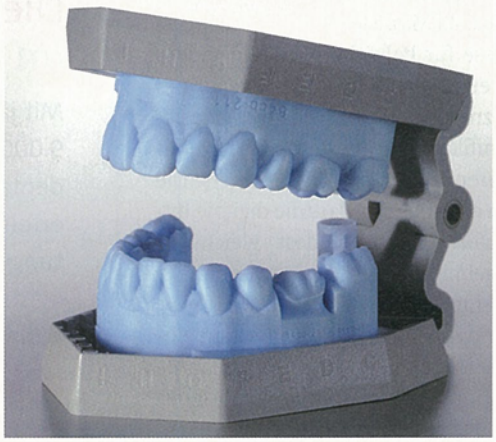


Abb. 9 Stereolithografisch gefertigtes Kunststoffmodell, System C.O.S. Lava (Bild: 3M Espe).

Weniger Behandlungs- und Arbeitsschritte bedeuten auch weniger Fehlerquellen, wodurch die Vorhersagbarkeit der Behandlungsergebnisse verbessert werden kann. Bei deutlich infragingival liegenden Kronenrändern stoßen optische Systeme laut Prof. Wöstmann noch an ihre Grenzen. Die Herausforderung besteht darin, schlecht einsehbare Bereiche – z.B. infragingivale Präparationen – für die Kamera zugänglich zu machen. Hier könnten intelligente Software-Algorithmen dadurch Abhilfe schaffen, dass man die infragingival liegenden Präparationsränder konsekutiv mit der Messkamera erfasst – etwa indem man mit dem Luftbläser um den Zahn herumfährt [12].

Digital reproduziert genauer

Prof. Gerwin Arnetzl, Universität Graz, verglich auf der Jahrestagung der DGCZ (Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde) die Abformpräzision digital generierter Abformungen mit konventionellen Elastomer-Abdrücken (Abb. 7, 8). Wenn konventionelle Abformungen eine Rückstellung nach Verformung von 98,5 % aufweisen, bedeutet das für eine Inlaykavität eine Passungenauigkeit von 35–75 µm. Dazu addieren sich bei Gussobjekten noch Toleranzen von 46,5 µm [9], sodass im indirekten Verfahren hergestellte Kronen literaturbelegte Abweichungen von 114 µm erreichen [11]. Unterschiedliche elastomere Abfomtechniken verursachen zum Teil erhebliche Abweichungen. So wurden bei analoger Abformung eine Abweichung von 49 µm bei Standardabformung und 122 µm bei Vergleichsabformung festgestellt [4]. Brosky et al. stellten bei Polysiloxan-Abformungen Differenzen von 27–297 µm fest [3]. Die Untersuchungen zu analogen Abformverfahren waren in aller Regel jedoch 2-D-Vermessungen; die neuen Studien zur Abbildungsgenauigkeit von lichtoptischen Verfahren wurden mit 3-D-Volumendifferenzanalysen durchgeführt [1, 6].

Digital bzw. optoelektronisch erzeugte Messaufnahmen wiesen bei unterschiedlichen Behandlern Messgenauigkeiten von 11 µm auf [6, 10]. Die Abweichungen, bezogen auf einen ganzen Quadranten, liegen bei der analogen Abformtechnik zwischen 72 und 101 µm, während die Messfehlertoleranz bei digitalen Aufnahmen unter Einbeziehung von präzisionssteigernden Winkelaufnahmen in der Größenordnung von 35 µm liegt. Potenzielle Fehlerquellen bieten hierbei die Scannerjustierung, magnetische Störfelder bei der Bildverarbeitung, Bildrauschen und die Software. Diese Daten belegen laut Prof. Arnetzl, dass digital generierte Daten bei korrekter Handhabung von Kamera oder Scanner weniger Fehler und eine größere Präzision aufweisen als die konventionelle Abdrucktechnik mit Elastomeren [1, 2].

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 Sägeschnitt-Modells aus Kunststoff. Dies ist angezeigt, weil die manuelle Verblendung eines CAD/CAM-gefertigten Gerüsts ein Modell erfor-

dert, 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 ausgelöst (Abb. 9). Der Zahntechniker 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 berechnet ebenfalls ein virtuelles Modell; gerüstfreie Kronen und kurzspannige Brücken (Lithiumdisilikat) können direkt vom Datensatz im Praxislabor oder im Online-verbundenen ZT-Labor ausgeschliffen werden. Für Verblendkronen und mehrgliedrige Brücken ist ebenfalls ein stereolithografisch gefertigtes oder gefrästes Kunststoffmodell erforderlich, das die Verblendung des Gerüsts sowie die Artikulation ermöglicht.

Insgesamt bieten die optoelektronischen Intraoral-Abformsysteme laut Prof. Wöstmann ein großes Zukunftspotenzial. Die Prozesskette, begonnen mit der Abformung bis zur Gerüstherstellung, ist exakt reproduzierbar. Aufgrund der Vorteile in Bezug auf Standardisierung, Qualitätssicherung und Patientenkomfort wird die digitale Intraoralabformung in den kommenden Jahren immer zahlreicher im zahnärztlichen Alltag anzutreffen sein. Die damit geschaffenen Datensätze vereinfachen im Online-Datenaustausch die Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker, unabhängig von der Entfernung. Ergänzende Fazialfotos, Angaben zur Zahnfarbe, Individualisierung, zum Werkstoff, zum Okklusionskonzept etc. können angehängt werden. Das alles geschieht ohne konventionelle Abformung mit Würgereiz, ohne Wachsbiss, ohne Gipsmodell.

Interessenkonflikt

Kein Interessenkonflikt angegeben.

Literatur

1 Arnetzl G. Optische versus konventionelle Abformung. Wie präzise sind die Methoden? ZMK 2010; 26: 19–24

2 Arnetzl G. Nie mehr in den Löffel beissen? Optische Abformung verdrängt konventinelle Methoden. Dental World 2009; 5: 2–3

3 Brosky ME, Major RJ, DeLong R et al. Evaluation of dental arch reproduction using three-dimensional optical digitization. J Prosthet Dent 2003; 90: 434–440

4 Cox JR, Brandt RL, Hughes HJ. A clinical pilot study of the dimensional accuracy of double-arch and complete-arch impressions. J Prosthet Dent 2002; 87: 510–515

5 Da Costa JB, Pelogia F, Hagedorn B et al. Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlays created with Cerec 3D. Oper Dent 2010; 35: 324–329

6 Ender A, Mehl A. Full arch scans. Conventional vs. digital impressions – an in-vitro study. Int J Comp Dent 2011; 14: 11–21

7 Güth JF, Edelhoff D. Intraorale digitale Erfassung – der logische Einstieg in die CAD/CAM-Fertigungskette. Quintessenz ZT 2009; 35: 1156–1166

8 Hirayama H, Chang YC. 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

9 Lehmann KM, Zettel R, Gente M. Die Paßgenauiogkeit von Gusskörpern in Abhängigkeit von Abformung und Modell sowie gusstechnischen Parametern. Dtsch Zahnärztl Z 1988; 43: 473–476

10 Mehl A, Ender A, Mörmann W et al. Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. Int J Comp Dent 2009; 12: 11–28

11 Plekavich E, Joncas JM. The effect of impression-die systems on crown margin. J Prosthet Dent 1983; 49: 772–776

12 Seelbach P. Digitale Abformverfahren in der zahnärztlichen Praxis. ZMK 2010; 26: 580–584

13 Syrek A, Reich G, Ranftl D et al. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. J Dent 2010; 38: 553–559

14 Trifkovic B, Todorovic A, Lazic V et al. Accuracy of optical scanning methods of the Cerec 3D system in the process of making ceramic inlays. Vojnosanit Pregl 2010; 67: 812–818

Korrespondenzadressen

Dr. Gerwin V. Arnetzl (ÖGCZ)
Kaiser-Franz-Josef-Kai 48
A-8010 Graz
E-Mail: gerwin@arnetzl.at

Manfred Kern
Ag Keramik Schriftführung
76255 Ettlingen
E-Mail: info@ag-keramik.de