

S. Reich¹, T. Vollborn², S. Wolfart¹

Die optische intraorale Abformung – vier Systeme im Überblick

The intraoral optical data acquisition – an overview of four systems



S. Reich

Einleitung: Der vorliegende Artikel fokussiert ausschließlich auf in Europa angebotene Intraoralscanner.

Material und Methode: Exemplarisch werden die Aufnahmesysteme Cerec AC, iTero, Lava C.O.S. und cara Trios vorgestellt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Um über einige nicht unwichtige Hintergrundinformationen wie Marktanteil in Europa und Firmenzugehörigkeit zu informieren, beginnt jede Scannervorstellung mit einem Abschnitt „Hintergründe“. An diesen schließt sich die „Funktionsbeschreibung“ sowie – wenn möglich – ein Bericht über die „Praktische Anwendung“ an. Im Abschnitt „Studien“ werden aktuelle wissenschaftliche Studien erwähnt, sofern diese vorhanden sind. Der letzte Abschnitt „Schnittstellen“ behandelt die notwendigen und optionalen Vernetzungsmöglichkeiten der Scanner sowie zusätzlich anfallende Kosten. (Dtsch Zahnärztl Z 2012, 67: 177–189)

Schlüsselwörter: digitale Abformung, intraoral, Scan, Genauigkeit, Funktionsweise, Schnittstellen

Introduction: The article presented is exclusively focused on intra oral scanning systems which are offered in Europe.

Material and Method: The systems Cerec AC, iTero, Lava C.O.S and cara Trios are introduced.

Results and Conclusion: The description of each scanner begins with “backgrounds” containing important basic information about market shares and manufacturer. In the paragraphs “functional characteristics” and “application” technical details and handling characteristics are described, respectively. The paragraph “studies” mentions scientific facts about the scanner, if available. In “interfaces” the required and optional links to other components and to other systems are discussed. Finally additional fees are listed.

Keywords: digital impression, intra-oral, scan, accuracy, mode of operation, interfaces

¹ Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Implantologie und Biomaterialien (Direktor: Prof. Dr. S. Wolfart), Universitätsklinikum Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen

² Lehrstuhl für Medizintechnik (Direktor: Univ. Prof. Dr.-Ing. Klaus Radermacher), Helmholtz-Institut, RWTH Aachen, Pauwelsstraße 20, 52074 Aachen

Peer-reviewed article: eingereicht: 15.09.2011, revidierte Fassung akzeptiert: 14.01.2012

DOI 10.3238/dzz.2012.0177–0189



Abbildung 1 Cerec AC (Sirona, Bensheim).
Figure 1 Cerec AC (Sirona, Bensheim, Germany).

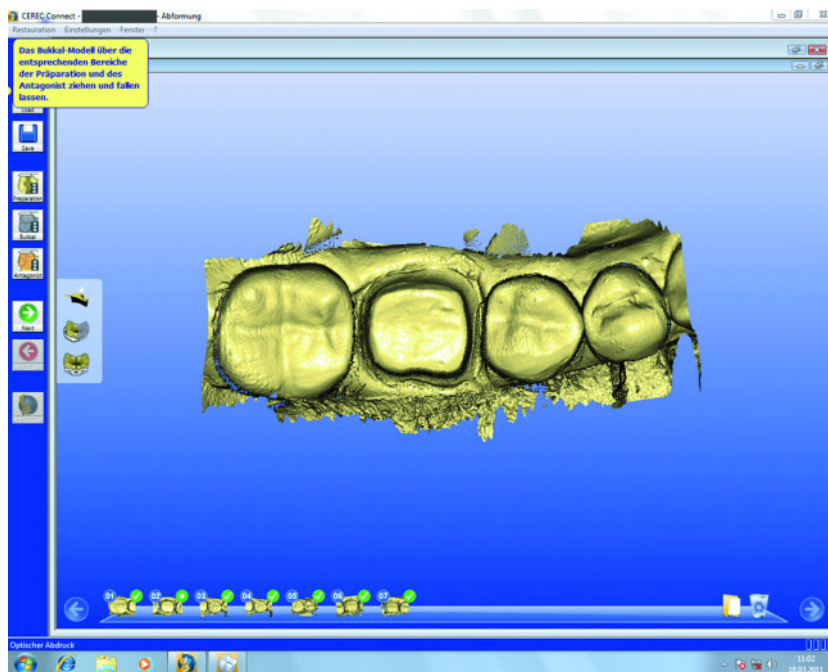


Abbildung 2 Screenshot eines virtuellen Modells des Zahnes 46 (klinisches Beispiel), welches aus Einzelabformungen mit der Cerec AC und der Cerec Connect Software erstellt wurde. Zum Vergleich: Der gleiche Zahn wurde auch mit dem iTero abgeformt (s. Abb. 11).

Figure 2 Screenshot of a computer model showing a lower right first molar (clinical example) consisting of matched single optical impressions acquired with the Cerec AC using the Cerec Connect Software. Please see also figure 11 for comparison: The same tooth captured with the iTero system.

Einleitung

Nachdem fast 20 Jahre das Cerec-System das einzige intraorale digitale Abformsystem auf dem Markt war, wurden Anfang des 21. Jahrhunderts mehrere Systeme vorgestellt, mit denen ebenfalls intraoral Oberflächen erfasst werden können. Neben dem Cerec-System ist nur das nicht auf dem europäischen Markt erhältliche E4D-System (D4D Technologies, USA) als so genanntes Chair-side-System verfügbar. Chair-side bedeutet, dass neben der optischen Abformung und virtuellen Modelldarstellung in derselben Behandlungssitzung die computerunterstützte Konstruktion eines Zahnersatzes am Bildschirm sowie die unmittelbare Fertigung und Eingliederung des Zahnersatzes möglich sind.

Alle übrigen Aufnahmeeinheiten sind primär für die digitale Abformung konzipiert und stellen somit lediglich das digitale Korrelat zur konventionellen Abformmasse dar. Erst nach Online-Übermittlung der gescannten Daten zu einer Zentrale, in der diese in der Regel nachbearbeitet werden, können die

dann entstandenen virtuellen 3D-Modelle als Basis zur Konstruktion von virtuellem Zahnersatz und als Grundlage zur Herstellung von realen Modellen verwendet werden. Diese neuen Techniken sind in der Anschaffung mit nicht unerheblichen Kosten verbunden. Welche Vorteile bieten sie also:

- Reduktion des Materialverbrauchs in der Praxis
- Abformungsdesinfektion und Abformlöflösungsüberung entfallen. (Die Kamera und alle kontaminierten Flächen müssen allerdings entsprechend gereinigt werden!)
- Durch die bildliche übergroße Darstellung des virtuellen Modells ist eine sofortige Kontrolle und insbesondere die qualitative teils auch quantitative Beurteilung der Präparation möglich
- Bei einigen Systemen ist die Visualisierung von Mindestschichtstärken zu Nachbarstrukturen möglich
- „Ubiquitäre“ Verfügbarkeit des virtuellen Modells
- Unverändertes Urmodell kann archiviert werden: keine Abnutzung und Platzersparnis

- Bei Anwendung der Chair-side-Technologie sofortiger dichter Verschluss und Stabilisierung des Zahnes. Keine Kontamination während der Provisoriumsphase. Kein Provisorium notwendig.

Anmerkung: Die im folgenden Text befindlichen Preisangaben geben den Stand August 2011 wieder.

Vier intraorale Abformsysteme im Detail

Cerec AC (Abb. 1)

Hintergründe

Das erste marktfähige Verfahren war das Cerec-System. Es wurde in den 80iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts vom Zahnmediziner Prof. Mörmann und dem Ingenieur Dr. Brandestini entwickelt. Der erste optische Abformversuch wurde am 04. Mai 1983 (Vortrag Prof. Mörmann „Die Cerec Pionierzeit“ anlässlich des Cerec-Symposiums am 27. Juni 2009 in Zürich) unternommen,

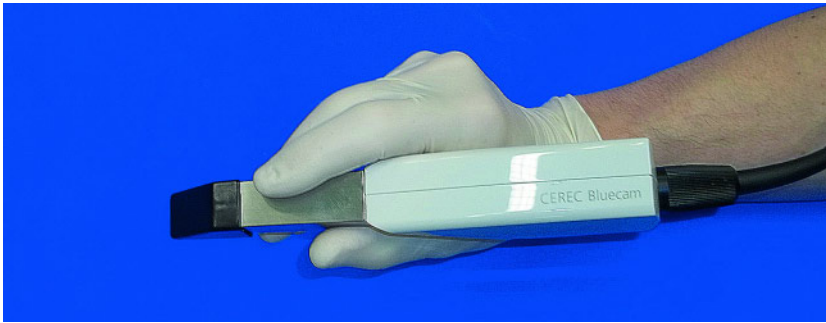


Abbildung 3 Die charakteristische Haltung der Cerec Kamera, die der eines Füllfeders entspricht. Um eine verwicklungsfreie Aufnahme zu gestatten, ist die Auflage im Mund gestattet.

Figure 3 Characteristic camera handling of the Cerec camera, similar to a pen holder grip. For a shake free acquisition the stabilisation of the camera is made possible by touching the tooth surface with a brace support.



Abbildung 4a Beispiel für die Vorbereitung einer Abformung mit blutstillenden Maßnahmen (hier Expasyl, Pierre Roland/Acteon, Mettmann) und Doppelfadentechnik. Die zweite Lage Fäden ist bereits entfernt und Expasyl zur zusätzlichen Blutstillung und zum Offenhalten des Sulcus in kritischen Bereichen appliziert.

Figure 4a Gingiva management with double layered retraction cords and haemostatic means (Expasyl Pierre Roland/Acteon, Mettmann, Germany).



Abbildung 4b Beispiel für die Vorbereitung einer Abformung mit blutstillenden Maßnahmen (hier Expasyl) und Doppelfadentechnik. Das Expasyl ist abgesprayed und der abzuformende Abschnitt ist getrocknet. Dry Tips und Optragate erleichtern das Abhalten und Trockenlegen.

Figure 4b Expasyl has been sprayed off. Dry Tips and Optragate are helpful means to get good conditions for taking the optical impression.

der erste Patient wurde Ende der 80er Jahre in einer Live-Behandlung mit einem Inlay versorgt. Damals war nur eine optische Aufnahme entlang der Einschubachse der Präparation möglich. 1988 übernahm die Firma Siemens (Bensheim) die Produktion und den Ver-

trieb. Der zahnmedizinische Zweig von Siemens wurde später als Sirona Dental Systems ausgegliedert. Die ursprüngliche Motivation für die Entwicklung des Systems, das in einer Behandlungssitzung eine Einzelzahnrestauration ermöglicht, lag darin, eine Alternative zu

plastischen Füllungsmaterialien, insbesondere Amalgam, zu bieten. Dabei standen folgende Anforderungen an eine neue Behandlungsmethode im Vordergrund:

1. Formhaltigkeit der Restauration, das bedeutet, eine anatomisch zuverlässige Form wie stabile Approximalkontakte
2. Schnelle, ausreichend genaue Abtastung im Mund als Voraussetzung für die Behandlung in einer Sitzung
3. Schnelle Fertigung eines geeigneten Materials als Voraussetzung für die Behandlung in einer Sitzung

Am Ende der ersten Entwicklung standen die optische Abformung und die maschinelle Verarbeitung von Silikatkeramiken, welche adhäsiv im Mund befestigt werden. Entsprechend weitsichtig – die Internationalisierung der Methode vor Augen – wählten die Erfinder den Namen Cerec (**C**eramic **R**econstruction). Anfänglich war die Klebefuge aus Komposit relativ groß und die okklusale Gestaltungsmöglichkeit sehr eingeschränkt, so dass beim Cerec 1 System der Begriff vom „im Komposit See schwimmenden keramischen Makrofüller“ entstand. Der Erfinder selbst stand zu den anfänglich großen Klebefugen „wenn die Adhäsivtechnik beherrscht wurde, dann waren auch Restaurationen mit Klebefugen um die 500 µm (!) nach Jahren intakt“ (Mörmann, Oktober 1997, persönliche Mitteilungen). Inzwischen beweisen klinisch prospektive Studien die Bewährung der Chair-side-Technologie [10, 12, 18]. Das System wurde über Cerec 2 zu Cerec 3 (erstmalig Microsoft Windows basiert) bis zur Cerec AC mit der Einführung entsprechender Software-Neuerungen bis hin zur SW 4.0 beständig fortentwickelt. In Europa stellt Cerec immer noch das einzige Chair-side-System dar, das eine bereits vom Hersteller aufeinander abgestimmte Aufnahmeeinheit, Konstruktionssoftware, Schleifeinheit und Materialien anbietet. Chair-side bedeutet hier, dass es möglich ist, einen Patienten in einer Behandlungssitzung nur mit Hilfe eines virtuellen Modells mit einem Zahnersatz zu versorgen. Einige Anwender dehnen die Chair-side-Indikation bereits auf kleinere Brückenkonstruktionen aus, indem sie virtuell eine vollkonturierte Rekonstruktion am Bildschirm entwerfen. Diese wird anschließend von der Software in einen Schleifbefehl für

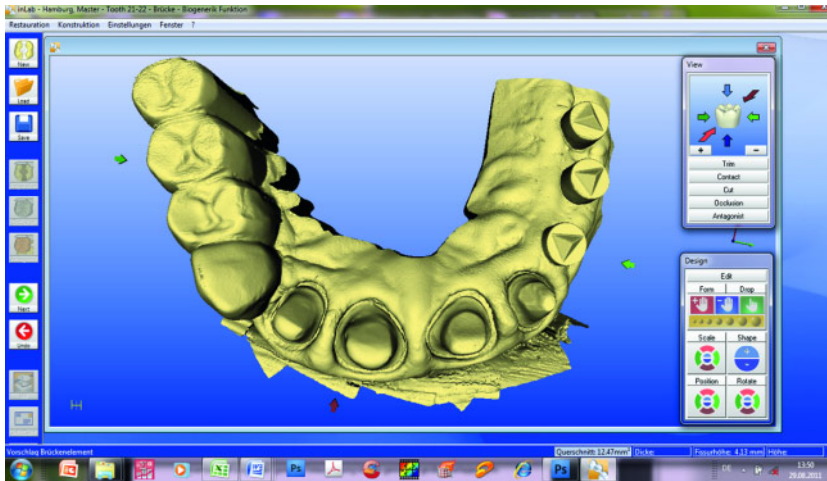


Abbildung 5 Aufnahme von präparierten Zähnen und Implantatpositionen regio 13, 14 und 15 mit Hilfe entsprechender Scankörper.

Figure 5 Optical impression of prepared teeth and implant positions located in the upper right canine and premolar area visualised by the use of scan bodies.

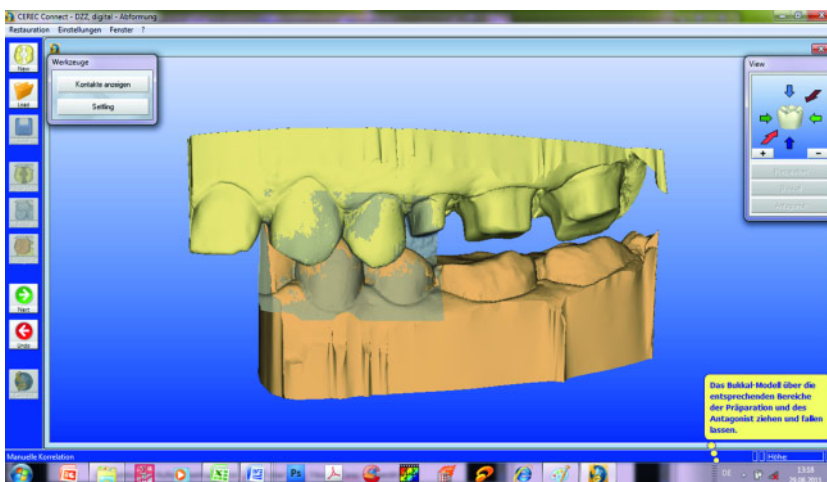


Abbildung 6 Ober- und Unterkiefer mittels Bukkalbissaufnahme in Relation dargestellt.

Figure 6 Determining the intercuspal relationship by a buccal bite scan.



Abbildung 7 Anhand der optischen Daten hergestelltes Modell.

Figure 7 Fabricated model on the basis of optical impressions.

ein Zirkonoxidgerüst und eine Verblendstruktur zerlegt. Nach dem Schleifprozess der beiden Strukturen und dem Sintern des Zirkonoxids werden Gerüst und Verblendstruktur zusammengefügt und eingegliedert [17]. Dieser technische Prozess kann abhängig von der verwendeten Technik und den Materialien innerhalb von 2,5 bis 4 Stunden erfolgen. Im Rahmen des vorliegenden Artikels soll jedoch lediglich die Aufnahmeeinheit näher beschrieben und die jeweiligen Indikationen der Systeme nur kurz umrissen werden.

Die Cerec AC (Acquisition Center) Aufnahmeeinheit ermöglicht die intraorale Datengewinnung je nach Kombination mit den entsprechenden Softwareversionen für folgende Indikationen:

1. Cerec 3D 3.8x sowie Software SW 4.0 (ab Herbst 2011): Indikation für die Chair-side-Anwendung zur virtuellen Konstruktion und Herstellung von Einzelzahnrestorationen bis hin zu provisorischen viergliedrigen Brücken.
2. Software: Inlab 3.8x: Indikation von Einzelzahnrestorationen vom Inlay über die Teilkrone/Veneer bis hin zur Krone, sowie Brücken und Implantat-Abutments. Wird zur Datengewinnung die Cerec AC verwendet, so können bis zu viergliedrige Brücken angefertigt werden. Ebenso ist die Modellherstellung möglich. Mit der Inlab-Software ist neben der Erfassung von präparierten Zähnen auch die Registrierung von Implantatpositionen mittels Scankörpern möglich. Die Konstruktionssoftware ermöglicht auf Basis der Scankörper nur die Versorgung von Einzelabutments. Bei implantatgetragenen mehrgliedrigen Rekonstruktionen wäre ein weiterer Scan der fertig gestellten Abutments notwendig. Firmenseitig wird empfohlen, Präparationen für mehrgliedrige definitive Rekonstruktionen unter Verwendung der Cerec Connect Software aufzunehmen:
3. Software Cerec-Connect (Abb. 2): Diese Software ermöglicht ausschließlich die intraorale Datengewinnung. Anschließend muss der Datensatz offiziell an das Datenportal von Sirona gesandt werden. Von dort erfolgt eine Weiterverendung zum jeweiligen Labor, in welchem mit der Inlab-Software der entsprechende Zahnersatz konstruiert wird. Gleichzeitig kann



Abbildung 8 iTero (Straumann, Basel, Schweiz).

Figure 8 iTero (Straumann, Basel, Schweiz).

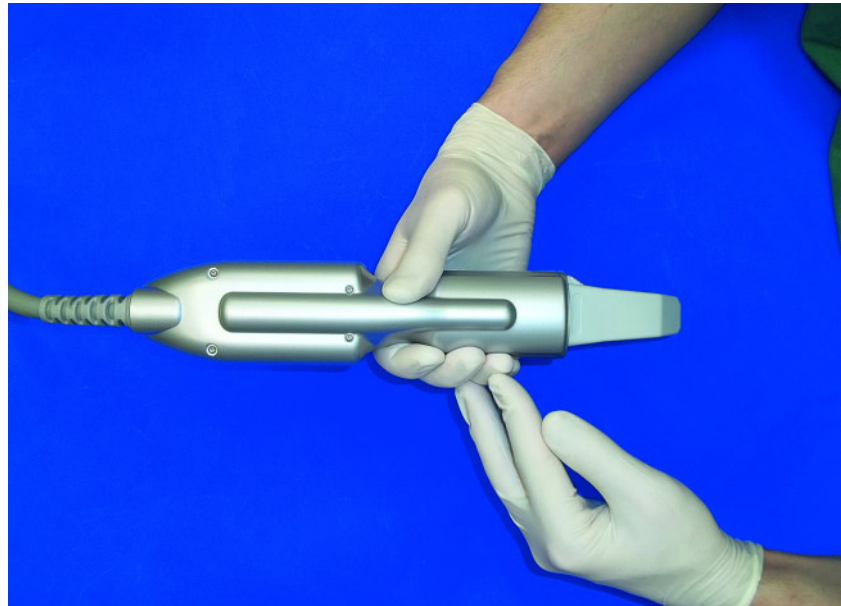


Abbildung 9a Die charakteristische Haltung der iTero Kamera. Wie gezeigt wird der etwas wuchtig erscheinende Scankopf mit der zweiten Hand stabilisiert. Durch den gewinkelten Kopf ist es möglich, auch gut unter sich gehende Bereiche zu erfassen.

Figure 9a Characteristic camera handling of the iTero. The optical unit is stabilised by the second hand. The angulation of the camera head helps to acquire undercuts.

ein Herstellungsauftrag zur zentralen Fertigung der entsprechenden Modelle mittels Stereolithographie-Verfahren an die Firma infinident (Bensheim) gegeben werden. Eine Indikationsbeschränkung hinsichtlich der Gliederanzahl besteht nicht. Die Aufnahme von größeren zahnlosen Arealen im Bereich von langen Zwischengliedbereichen kann zusätzliche Hilfsmittel in Form von auf die Schleimhaut aufgetragenen Markern notwendig werden lassen, da in diesen relativ texturlosen Bereichen markante Landmarken fehlen können, ohne deren Hilfe sich die Einzelaufnahmen nicht zusammen setzen lassen.

Funktionsbeschreibung Cerec AC

Die Funktion der Aufnahmeeinheiten von Cerec 1 über Cerec 3 bis zur Cerec AC beruht auf dem Prinzip der Streifenlichtprojektion mit dem Phasenschiebe-Verfahren (active phase-shifting triangulation) [8]. Während das menschliche Sehen auf dem Prinzip des Vorhandenseins von zwei Beobachtungsstrahlengängen (zwei Augen) beruht, setzt die aktive Triangulation (active triangulation) einen Beleuchtungs- und einen Beobachtungsstrahlen-

gang voraus. Beim Cerec-System wird durch ein Gitter das Licht in transparente und opake Subregionen (Streifenmuster) [6] aufgeteilt. Trifft nun das Muster auf eine unregelmäßige Oberfläche wird es verzerrt zurück geworfen und von einem Bildsensor aufgenommen. Da der Austrittswinkel des Lichtmusters durch den Aufbau der Kamera bekannt ist, können aus der Verzerrung (=Winkelverschiebung) die 3D-Koordinaten der einzelnen Bildpunkte berechnet werden. Geht man von einem Hell-Dunkel Streifenmuster aus, das über eine Oberfläche wandert, dann kommt es bei unregelmäßigen Oberflächentexturen auf Grund der Verzerrung des Streifenmusters in Abhängigkeit des Höhenverlaufs zu Überlagerungen von dunklen und hellen Streifen, so dass einige Bereiche heller, andere dunkler dargestellt werden. Diese Intensitätsbilder können nun mit den dazwischen befindlichen Grautönen in Höhen- und Tiefenwerten dargestellt werden. Bei Cerec 2 dauerte die Projektionszeit für ein Streifenmuster 0,04 s [8]. Für eine Einzelaufnahme wanderte das Muster viermal in seiner Phase weiter. Während dieser Zeit (0,16 s) muss die Kamera ruhig gehalten werden [8]. Während bis zum Cerec 3 Infrarotlicht der Wellenlänge von etwa

820 nm verwendet wurde, emittiert die Cerec AC blaues Licht der Wellenlänge von ca. 470 nm [7]. Da die Wellenlänge in direktem Zusammenhang mit der Genauigkeit des optischen System steht, ist durch die Verwendung einer systemimmanenten Genauigkeitsverbesserung von ca. 60 % zu erwarten [7], wenn die Auswertelektronik ebenfalls angepasst wird. Während der Tiefenschärfebereich anfänglich bei ca. 7 mm lag und nur durch aufwändige Berechnungen [3] erweitert werden konnte, wurde bei der Cerec AC dieser Bereich durch eine andere Linsenanordnung vergrößert [7]. Ebenso wird der so genannte Zentralreflex, der für systemimmanentes Rauschen verantwortlich ist, durch eine verbesserte Linsenanordnung vermieden [7]. Als ein Nachteil erfordert die Triangulationstechnik eine mattierte Oberfläche, da durch spiegelnde Oberflächen das Licht in „nur eine wohldefinierte Richtung abgelenkt wird“ [9]. Dadurch könnte das Licht in einem außerhalb des Kamerafensters befindlichen Winkel reflektiert werden. Dadurch stehen keine Daten zur Auswertung zur Verfügung [9]. Zudem bedingt die Zahnstruktur eine Licht-Rückstreuung aus unterschiedlichen Tiefen, was wiederum zu Fehlinformationen führen



Abbildung 9b Haltung der iTero Kamera (klinisches Beispiel).
Figure 9b Camera handling of the iTero camera (clinical example).



Abbildung 9c Beim iTero wird am besten sowohl im Unter- als auch im Oberkiefer aus der 12-Uhr-Position aufgenommen. Die Einzelaufnahme erscheint in Echtfarben auf dem Monitor. Aufnahme Zahn 16.
Figure 9c The best acquisition position of the dentist for scanning upper and lower jaw is the 12 o'clock position. Single impressions are displayed in true colors. Impression of the upper right first molar.

würde [6, 9]. Hieraus folgt die Notwendigkeit, die intraoralen Oberflächen mit einem Puder aus Titandioxid vor dem Scannen zu bedecken.

Praktische Anwendung

Nach der Konditionierung der aufzunehmenden Oberfläche mit einem Puder, welches eine ca. 40–60 µm starke Schicht bildet [2], werden Einzelaufnahmen erstellt. Die Cerec Kamera wird wie eine Füllfeder gehalten (Abb. 3). Insbesondere bei iso- und subgingival lokalisierten Präparationsgrenzen ist ein entzündungsfreies, sauber verdrängtes (Abb. 4) marginales Parodont Grundvoraussetzung für eine qualitativ gute Aufnahme. Eine exakte Darstellung der Präparationsgrenze mit entsprechenden Techniken wie der Doppelfadentechnik, streng indizierter Elektrochirurgie oder blutstillenden Hilfsmaterialien wie Expasyl (Pierre Rolland/Acteon Mettmann) (Abb. 4 a und b) sind wie bei den anderen Verfahren selbstverständlich.

Lässt sich dieser Bereich nicht ausreichend trocken halten, so besteht durch das hygroskopische Puder die Gefahr von Fehl-Messungen und -Interpretationen der Präparationsgrenze. Dies kann einer-

seits durch mangelnde Informationen für das optische System bedingt sein oder durch Puderanhäufungen. Sind diese sensiblen Bereiche sauber dargestellt, erleichtert die optische Aufnahme ein Abstützen der Kamera und das automatische Auslösen der Aufnahme. Durch das automatische Auslösen durch die Software soll vermieden werden, dass minderwertige, verwackelte Aufnahmen in die Gesamtmodellberechnung aufgenommen werden. Eine Kontrolle durch den Anwender selbst ist dennoch empfehlenswert. Je nach Anforderungen und Können kann dabei der automatische Auslösemechanismus von „sehr strikt“ bis sehr „tolerant eingestellt“ werden. In der Regel sollte klinisch im Bereich „strikt“ gearbeitet werden, um Aufnahmen ausreichender Güte zu erhalten. Zusätzlich ist es weiterhin möglich, über die Fußraste selbst ein Foto auszulösen. Um ein Zusammensetzen der Einzelaufnahmen zu ermöglichen, ist ein ausreichend großer Überlappungsbereich von mindestens 40 % zu beachten [2]. Je nachdem, ob ein gesamter Quadrant/Kiefer oder eine Einzelzahnpräparation erfasst werden sollen, ist eine entsprechende Aufnahmestrategie zu empfehlen. Zudem spielt auch die Lokalisation des aufzunehmenden Bereiches eine Rolle. Ist zu

erwarten, dass das Zeitfenster nach der Puderung sehr kurz ist, bis z. B. die Zunge die gepuderte Oberfläche zerstört, so ist in diesem Bereich – meist bei den unteren 8ern und 7ern lingual – mit den Aufnahmen zu beginnen. Bei Quadranten- und Gesamtkieferaufnahmen sollte an der dorsalsten Lokalisation begonnen werden, die notwendig für das Erstellen der Restauration ist. Bei Einzelzahn Chairside-Restaurationen kann man mit einer „Masteraufnahme“ der Präparation beginnen, mit der man alle für die Restauration notwendigen Details in Einschubrichtung der Präparation festhält. Nachteil bei diesem Procedere ist, dass durch das Abstützen der Kamera auf einem vorderen Aufnahmeabschnitt die Puderschicht „verletzt“ wird. Wird dann die Aufnahmesequenz mit einer distalen Aufnahme fortgesetzt, um die Nachbarzähne zu erfassen, so kann hier die bereits „verletzte“ Puderschicht zu Artefakten im virtuellen Modell führen. Eine vorsichtige Nachpuderung kann Abhilfe schaffen, sollte aber nicht zu dick auftragen. Das virtuelle Modell wird dann weiter vervollständigt, indem die mesialen Nachbarzähne aufgenommen werden. Zudem können dann noch zur Erfassung unter sich gehender Approximalbereiche zu



Abbildung 10 Abformung mit Doppellagentechnik. Der Zahn 16 ist zur optischen Abformung vorbereitet: Mit dem iTero (s. auch Abb. 9c, 12 und 13) entfällt die Puderung.
Figure 10 Double layered retraction cords. Using the iTero no powdering or dusting is necessary.



Abbildung 11 Screenshot eines virtuellen Modells des Zahnes 46 (klinisches Beispiel), welches aus Einzelabformungen mit dem iTero Scanner erstellt wurde. Zum Vergleich: Der gleiche Zahn wurde auch mit der Cerec AC abgeformt (s. Abb. 2).
Figure 11 Screenshot of a computer model of a lower right first molar, which was calculated by matching single impressions. The same tooth was acquired with Cerec AC (please see figure 2).

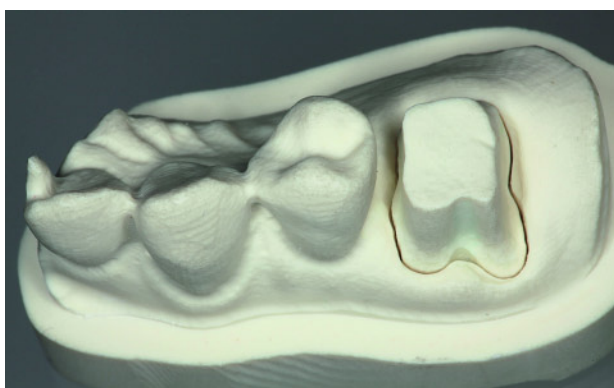


Abbildung 12 Gefrästes Meistermodell mit herausnehmbarem Stumpf. Der Zahn 16 wurde in Abb. 9a und b „aufgenommen“.
Figure 12 Milled master cast of the upper right first molar shown clinically in figure 9a and b.

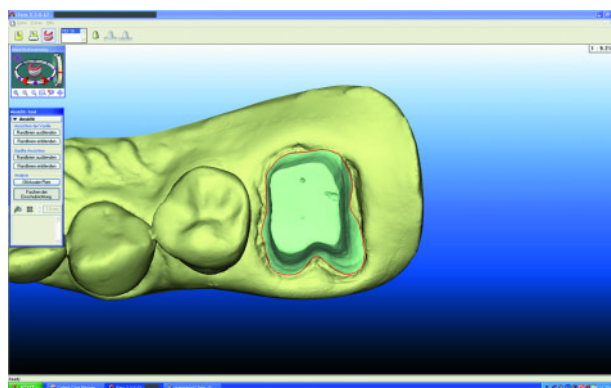


Abbildung 13 Virtuelles Modell des Zahnes 16 in der Konstruktionssoftware mit eingezeichneter Präparationsgrenze.
Figure 13 Computer model of the upper right first molar with designed margin line.

sätzlich bis zu 25 Grad verschwenkte Aufnahmen hinzugefügt werden [2]. In der Praxis verursachen auch innerhalb dieses Bereiches verkippete Aufnahmen gelegentlich Artefakte im Gesamtmodell. Je nach verwendeter Software werden die Einzelaufnahmen schneller und einfacher registriert. Am schnellsten können die Einzel-Aufnahmen in der Cerec-Connect Software zusammen gesetzt werden, da in dieser Software die Registrieralgorithmen einsprechend für das Erfassen des gesamten Kiefers ausgelegt sind. Die

Sondersituation „Implantate“ wurde bereits oben erörtert [11] (Abb. 5). In der Cerec-Connect Software wird zunächst je Kiefer ein Quadrant aufgenommen, der in einem Zwischenspeicher abgelegt und dann nach Aufnahme der zweiten Hälfte mit dieser zu einem Gesamtmodell zusammengesetzt. Voraussetzung ist eine genügend große Überlappung im Frontzahnsegment, so dass beide Halbseitenaufnahmen zuverlässig anhand übereinstimmender Strukturen zusammen gesetzt werden können. Dieses Vorgehen ist

nun auch bei der aktuellen Chair-side-Software SW 4.0 möglich (Stand Januar 2012). Für die Relationsbestimmung soll bei der neuesten Chair-side-Software als Standardoption die Bukkalbiss-Variante angewandt werden. Hier werden die relevanten Bereiche des präparierten Kiefers und die entsprechenden Antagonistenbereiche aufgenommen. Diese werden dann mit Hilfe einer Bukkal Aufnahme zueinander in Relation gebracht. Dabei handelt es sich um eine Aufnahme, bei der in habitueller Relation die Bukkalflä-



Abbildung 14 Lava C.O.S. (3M Espe, Seefeld).

Figure 14 Lava C.O.S. (3M Espe, Seefeld, Germany).



Abbildung 15 Konditionierung des abzuformenden Areals mit „Dusting“-Spray, hier die Zähne 44, 45 und 46. Die Orallflächen der Zähne 44 und 46 erfordern eine geringgradige Verstärkung des „Dusting“.

Figure 15 Withened areas to be scanned with „dusting“ spray, the oral surfaces of the lower right first premolar and the lower right first molar need a little bit more „dusting“.

chen des Ober- als auch des Unterkiefers erfasst werden. Voraussetzung ist natürlich, dass diese sowohl im virtuellen Präparations- als auch im Gegenkiefer vorhanden sind (Abb. 6). Weiterhin wird es wie bei älteren Chair-side- und inLab-Versionen (versionen 3.x) möglich sein, Register der Impressionen des Gegenkiefers sowohl in statischer als auch in dynamischer Relation aufzunehmen und diese dann als virtuelle Konstruktionshilfen zu verwenden. In der Zukunft ist die Implementierung eines virtuellen Artikulators



Abbildung 16 Die charakteristische Haltung der Lava C.O.S. Kamera. Die eine Hand umfasst den Kamerakörper. Zeigefinger und Daumen der anderen Hand umgreifen den Scankopf. Mit den übrigen Fingern dieser Hand stützt man sich extraoral ab und kann so den vorgegebenen Abstand einhalten.

Figure 16 Characteristic camera handling of the Lava C.O.S. camera. One hand holds the camera body. Thumb and index finger encompass the scanner head. By bracing extra-orally with the other fingers of this hand the correct distance to the scanning object can be maintained.

denkbar, der sich unter anderem an den vorhandenen Schliffacetten der Zähne orientiert.

Studien

Bei wissenschaftlichen Studien zur Genauigkeit von optischen Aufnahmesystemen wird zwischen Präzision und Richtigkeit unterschieden [1]. Unter Präzision wird die Wiederholungsgenauigkeit verstanden, das heißt inwieweit unterscheiden sich Scannergebnisse vom gleichen

Objekt untereinander. Richtigkeit ist definiert als die Abweichung vom originalen Objekt. Präzision und Richtigkeit werden auf verschiedene Weise dargestellt. Dabei können Messstrecken zwischen verschiedenen Landmarken oder Volumendarstellungen miteinander verglichen werden. Ender und Mehl haben *in vitro* die Präzision von virtuellen Ganzkieferaufnahmen evaluiert. Ein Referenzmodell aus Cobalt-Chrom wurde konventionell mittels Impregumabformung sowie digital mit der Cerec AC (Cerec-Connect Software 3.82) und mit dem Lava C.O.S. Scanner (3M Espe, USA, siehe unten) je fünfmal abgeformt. Das Referenzmodell und die über die Impregumabformung gewonnenen Typ-IV-Gipsmodelle wurden mit einem Referenzscanner vermessen. Die Scan-Datensätze der Gipsmodelle und die virtuellen Datensätze der Cerec und Lava C.O.S. Abformungen wurden dann mit dem Referenzscan des Cobalt-Chrom Modells verglichen, indem die Datensätze virtuell überlagert wurden. Über ein Messprogramm wurden die Differenzen der korrespondierenden Messpunkte der überlagerten Modelle berechnet. Als Maß für die Abweichung wurde das $(80-20)/2$ -Quartil berechnet. Die Richtigkeit der konventionellen Modellherstellung, der Cerec AC Scans und der Lava C.O.S. Scans im Vergleich zum Referenzmodell lag bei $55 \pm 21,8 \mu\text{m}$; $49 \pm 14,2 \mu\text{m}$ beziehungsweise $40 \pm 14,1 \mu\text{m}$. Die Präzision der System lag bei $61,3 \pm 17,9 \mu\text{m}$ (konventionell), $60,1 \pm 31,3 \mu\text{m}$ (Lava C.O.S) und $30,9 \pm 7,1 \mu\text{m}$. In einer ähnlichen Untersuchung unter Verwendung der Software 3.5 (experimentell) verglichen Mehl et al. Einzelzahn- und Quadrantenaufnahmen mit einem Referenzmodell und ermittelten eine Richtigkeit von $19 \mu\text{m}$ beziehungsweise $35 \mu\text{m}$ [7].

Schnittstellen

Über das infindent-Portal der Firma Sirona können Einzelzahnmodelle mit 3 Zähnen pro Kiefer für 14,80 Euro plus MwSt. sowie Ganzkiefermodelle für 26,90 Euro plus Mehrwertsteuer stereolithographisch hergestellt werden (Abb. 7). Dazu kommen noch die Transportkosten. Um die Modelle in Okklusion zueinander zu bringen, sind noch so genannte Modellhalter, eine Art Klippklapp, notwendig. Für Ganzkiefermodelle sind zum Einmontieren in Artikulato-

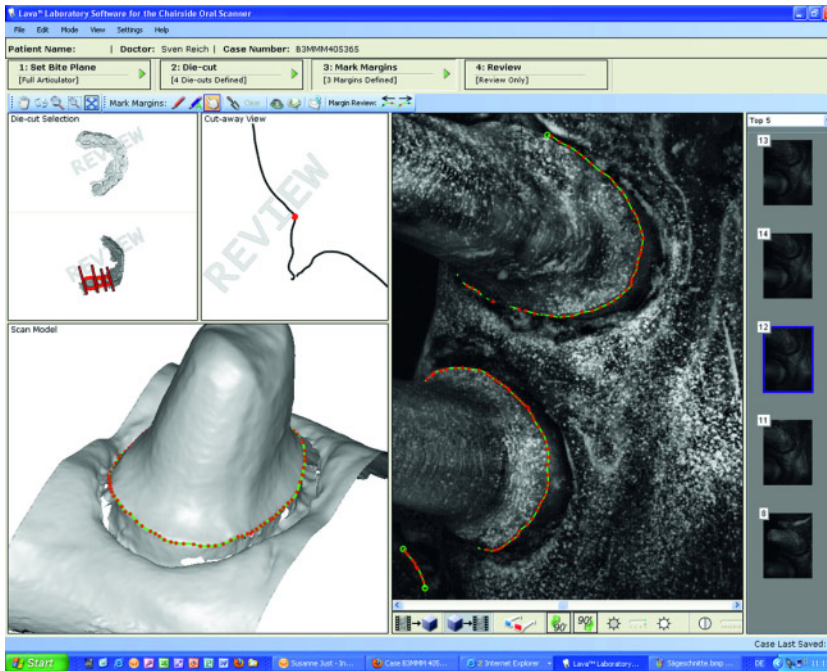


Abbildung 17 Screenshot der intraoralen Aufnahme (rechte Bildhälfte) und des Konstruktionsbildes (linke Bildhälfte).

Figure 17 Screenshot of the intra oral impression (right handside) and CAD display (left hand side).

ren Spiltcast-Adapterplatten erhältlich. Aufnahmen, die mit der Cerec AC unter Verwendung der Cerec-Connect Software erstellt worden sind, lassen sich in drei Dateiformate zur Weiterverarbeitung in andere Systeme herstellen. So können .stl-Dateien zum Beispiel in das System Dental Wings (Montreal, Kanada) importiert werden. Bei einer .stl-Datei (Surface Tessellation Language, Stereolithography Interface Format) handelt es sich um erstellte Objektoberflächen, die anhand von vernetzten Dreiecken definiert sind [14]. .stl-Dateien stellen eine offene Plattform zur Konstruktion von Zahnersatz dar. Mit dem Format .3se (3ShapeSirona Export) kann eine Verbindung zum System 3 Shape hergestellt werden. Die Ausgabe als .ssi-File gestattet die Fusion von Modell- und Restaurationsdaten mit Volumentomographie-daten für die implantologische Planung.

iTero (Abb. 8)

Hintergründe

Das iTero System wurde ursprünglich von der Firma Cadent (Israel) ent-

wickelt. Der Europavertrieb findet über Straumann (Hauptsitz Basel, Schweiz) statt. Die optische Aufnahmeeinheit ist ausschließlich für die intraorale optische Oberflächenerfassung inklusive Implantatscankörper konzipiert. Eine firmenseitige Einrichtung eines abgestimmten Chair-side-Systems ist derzeit nicht geplant. Das System ist seit 2007 auf dem Markt

Funktionsweise

Das iTero Kamerasystem arbeitet nach dem Prinzip der parallelen konfokalen Mikroskopie. Das Laserlicht wird über ein Linsenarray oder ein Gitter in 100.000 parallele Strahlen geteilt [4]. Die Strahlen durchlaufen eine bewegliche Optik und erzeugen Leuchtpunkte auf der aufzunehmenden Oberfläche. Dort werden sie reflektiert, durchlaufen den gleichen Strahlengang zurück und ihre Intensität wird auf einem Sensor gemessen [6]. Die Optik wird hierzu durch einen Motor in axialer Richtung bewegt, um die Messung mehrerer Fokusebenen zu ermöglichen. Die Fokusebene mit maximaler Intensität (Tiefeninformation) und die Lage des Lichtstrahls auf dem Sensor liefern die punktspezifische

Position (spot-specific-positions, SPP) [6].

Der Mechanismus gleicht einem Mikroskop, bei dem solange der Feintrieb des Objektivs eingestellt wird, bis die entsprechenden Objektpunkte durch das Linsensystem für das betrachtende Auge scharf dargestellt sind. Die jeweilige Feintriebposition wird gespeichert, so dass die unterschiedlichen Höhen der fokussierten Punkte in Relation zueinander gesetzt werden können. Die Kamera kann Bildpunkte auf 300 verschiedenen Ebenen in einem Abstand von 50 µm darstellen [4]. Die Tiefenschärfebereich beträgt zwischen 13 und 15 mm [4]. Durch Aufnahmen aus verschiedenen Positionen kann so ein dreidimensionales Bild der gescannten Oberfläche ermittelt werden. Eine Puderung der Oberfläche ist nicht notwendig. Um zusätzliche Informationen der optischen Oberflächeneigenschaften zu erhalten, wird ein zusätzliches Farbfoto der Oberfläche erstellt [6]. Die Koordinaten des zweidimensionalen Farbfotos, welches aus dem gleichen Winkel und Abstand wie die topologische Aufnahme erstellt wird, werden zu den Raumkoordinaten (SPPs) in Bezug gesetzt. Der Bildgebungsprozess beruht auf der Zerlegung weißen Lichtes, das durch eine rotierende Scheibe in monochromatisches rotes, grünes und blaues Licht zerlegt wird. Aus der korrespondierenden Rückstrahlung wird das Farbbild errechnet [6]. Insgesamt werden ungefähr 3,5 Millionen Datenpunkte je Gesamtkiefer-scan generiert [4].

Praktische Anwendung

Die Kamera des iTero ist mit einem Gewicht von annähernd 1 kg (Abb. 9a) und üppiger Abmessung im Vergleich zur Cerec AC und dem Lava C.O.S. das größte und schwerste der auf dem Markt erhältliche System. Dennoch lässt auch sie sich adäquat in die Mundhöhle einführen, da der für die Aufnahme relevante Kamerakopf entsprechend klein und so gewinkelt ist, dass auch die vom System vorgegebenen Schrägaufnahmen erstellt werden können. Die Abbildungen 9a–c zeigen die charakteristische Kamerahaltung und -position. Ein großer Vorteil ist, dass der Anwender gänzlich ohne Oberflächenkonditionierung auskommt. Der Kamerakopf kann direkt auf die Zähne aufgelegt werden.

Eine exakte Darstellung der Präparationsgrenze mit entsprechenden Techniken wie der Doppelfadentechnik, streng indizierter Elektrochirurgie oder blutstillenden Hilfsmaterialien wie Expasyl (Pierre Rolland/Acteon, Mettmann) (Abb. 10a und 10b) sind wie bei den anderen Verfahren selbstverständlich.

Die Oberfläche muss wie bei jedem Abformverfahren trocken, das heißt blut- und speichelfrei sein. Die Aufnahmesoftware führt den Behandler – wenn gewünscht auch mit Sprachanweisungen – durch die Aufnahme-prozedur. Begonnen wird mit der okklusalen Aufnahme der Präparation. Zusätzlich werden noch eine um ca. 45° nach oral und vestibulär verkippte Aufnahme sowie eine nach mesial und nach distal verschwenkte Aufnahme zur Erfassung der angrenzenden Approximalräume erstellt. Das 3D-Modell wird anschließend mit nicht präparierten Anteilen des Kiefers durch Oral- und Vestibuläraufnahmen der Nachbarzähne vervollständigt (Abb. 11). In ähnlicher Weise wird der Gegenkiefer erfasst. Die Zuordnung erfolgt auch hier über einen Bukkalbiss, bei dem die Vestibulärflächen der beiden Kiefer in habitueller Interkuspidation erfasst werden. In der aktuellen Software ist es möglich, nicht zufriedenstellende Areale zu löschen und die entsprechenden Bereiche nachträglich zu erfassen.

Studien

Zurzeit sind zwar Studien zur Scangenaugigkeit in Arbeit, es finden sich aber im internationalen Schrifttum (PubMed) außer Erfahrungsberichten und Übersichten keine zitierfähigen Publikationen.

Schnittstellen

Mit dem iTero erstellte virtuelle Modelle müssen online zur zentralen Weiterverarbeitung zur Straumann CAD/CAM GmbH (ehemals etkon) nach Leipzig verschickt werden. Dort erfolgt dann eine Konvertierung der Datensätze in die entsprechenden Fräsbahnformate, so dass über die Frästechnik (!) reale Modelle aus einem Polyurethanblock erstellt werden können (Abb. 12). Die Modellherstellung kostet aktuell z. B. für einen Quadranten 22,00 EUR, der komplette Kiefer 35,00 EUR. Unter Erhalt der Zahnfleischsituation herausnehmbare Zäh-

ne/gesägte Stümpfe werden zusätzlich mit jeweils 3,00 EUR berechnet. Die Gegenkiefer sind jeweils inklusive, die Mehrwertsteuer muss noch aufgeschlagen werden.

Selbstverständlich ist die direkte digitale Konstruktion von Zahnersatz auf dem virtuellen Modell möglich (Abb. 13). Der iTero besitzt offizielle Schnittstellen zum Straumann CAD/CAM-System sowie eine offene STL-Schnittstelle, so dass die Verwendung mit fremden CAD/CAM-Systemen möglich ist. Hierzu sei erwähnt, dass für eine vollständige Kompatibilität die Koordinatenursprünge ($[X,Y,Z] = [0,0,0]$) des ausgegebenen Datensatzes im STL-Format und des weiterverarbeitenden Systems identisch sein müssen.

Lava C.O.S. (Abb. 14)

Hintergründe

Die Technologie von 3M Espe „3D-in-Motion Technology“ genannt, wurde ursprünglich von Brontes Technology (Lexington, Mass, USA) entwickelt. Die Kernmannschaft der Mitarbeiter kommt aus dem bekannten MIT (Massachusetts Institute of Technology) in Boston. Für 36.000.000 US Dollar wurde Brontes mit seiner Technologie schließlich vom Misch-Technologieriesen 3M übernommen. Bereits seit 2007 wurde das System auf der IDS (Internationale Dental Schau) in Köln vorgestellt.

Funktionsweise (nach [4])

Der Lava C.O.S. Kamerakopf besteht aus einem System mit 22 Linsen und 192 LED-Zellen, die blaues Licht emittieren. Das System basiert auf dem Prinzip der aktiven Wellenfronterfassung („active wavefront sampling“). Ein Mitentwickler des Systems bezeichnet das Grundprinzip der Wellenfronterfassung als die Bewegungsanalyse eines Bildes in Abhängigkeit vom lokalen Umfeld, obwohl das Erfassungsgerät unbeweglich ist [13]. Es wird strukturiertes blaues Licht emittiert. Eine exzentrische rotierende Blende befindet sich entweder im Strahlengang des emittierten Lichts oder in dem des reflektierten Lichts. Außerhalb der Abbildungsebene gelegene Punkte werden als „Unschärfeflecken“ dargestellt. Durch

Vermessung ihres Durchmessers ist es nun möglich, ihre Koordinaten zu berechnen. Das System besteht prinzipiell aus drei wesentlichen Bauelementen: Einer dem abzutastenden Objekt zugewandten Linse. Dahinter befindet sich eine rotierende Blendenöffnung, die exzentrisch auf der Rotationsebene angebracht ist. Dieser Blendenöffnung wiederum folgt die Abbildungsebene, in der ein CCD-Chip angebracht ist. Die Rotation der Blende bewirkt, dass ein Punkt mehrfach auf der Abbildungsebene dargestellt wird: So wird ein Punkt P1 auf dem zu scannenden Objekt zum Zeitpunkt t_1 durch das Blendenloch in Position A_1 auf der Bildebene im Punkt P1' abgebildet werden. Rotiert die Blende weiter, wird der Punkt P1 erneut auf der Bildebene zum Zeitpunkt t_2 in Position A_2 im Punkt P1'' abgebildet. Sind alle Parameter, wie der Radius zur Blendenöffnung, die Rotationsgeschwindigkeit der Blende, die Linsenkrümmung, die Wellenlänge des emittierten Lichts usw. bekannt, so lässt sich aus der zunächst nur zweidimensionalen Abbildungsdifferenz von Punkt P1' und Punkt P1'' dem Objektpunkt P1 eine dreidimensionale Raumkoordinate zuordnen. Da das System eine sehr schnelle Bildfolge (20 3D-Datensätze pro Sekunde) erstellt, ist die Technologie einer Videoaufnahme ähnlich. Durch die gleichzeitige Anwendung dieser Technik aus drei verschiedenen Raumrichtungen wird die räumliche Oberflächenerfassung zusätzlich verbessert [4]. Insgesamt werden je Kieferscan 17,5 Millionen Datenpunkte erfasst [19].

Praktische Anwendung

Auch beim Lava C.O.S. ist eine Oberflächenkonditionierung erforderlich (Abb. 15). Sie wird vom Hersteller als „Dusting“ bezeichnet und ist notwendig, um dem System für die Zusammenlegung der Bilddaten aus unterschiedlichen Richtungen ein Zufallsmuster zur Verfügung zu stellen. Für den Anwender ist das Resultat das gleiche wie bei einer dünnen Puderschicht: Im sensiblen Bereich einer subgingivalen Präparationsgrenze kann sich ein mit Flüssigkeit vollgesogenes „Dusting“ ebenso störend wie eine Puderverunreinigung auswirken. Ein zu sparsames Verwenden des Puders kann den Scan erschweren. Das Pulver wird mittels eines batteriegetriebenen Applikators aufgestäubt. Es neigt bei Luftfeuchtigkeit zur

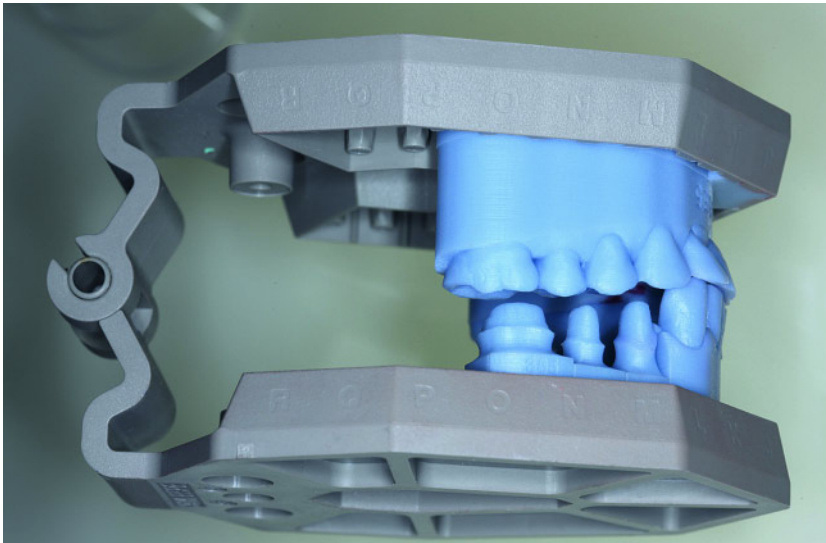


Abbildung 18 Stereolithographisch hergestelltes Modell der präparierten Zähne 44, 45 und 46 nach den Daten des intraoralen Scans.

Figure 18 Stereolithographic model of the prepared lower right first and second premolar and the lower right first molar. (Abb. 1–18: S. Reich)

Verklumpung und sollte daher verschlossen und absolut trocken gelagert werden. Der Scanvorgang selbst beginnt auf der Okklusalfäche. Der Aufnahmebeginn wird am Handgriff des Scankopfes (Abb. 16) durch einen Anschaltknopf ausgelöst und durch Betätigen desselben wieder beendet. Der Scan kann jederzeit unterbrochen, bereits erfasste Daten können zwischengespeichert werden. Führt man sich die oben beschriebene Funktionsweise vor Augen, so ist die Notwendigkeit eines definierten Abstandsbereichs zwischen Kamerakopf und Objekt erklärbar. Der optimale Abstand zwischen 5 und 15 mm [4] ist dann gegeben, wenn sich die Fläche eines orangefarbenen Punktes, der seine Größe in Abhängigkeit des Abstandes Kamerakopf-Objekt verändert, innerhalb einer gestrichelten Ringlinie bewegt. Dieses Abstandswerkzeug ist auf dem Aufnahmemonitor während des Scannens gut sichtbar abgebildet. Nach dem Scannen eines Okklusalsegmentes werden anschließend die Oral- und die Bukkalflächen der Zahnreihen erfasst. Wichtig ist, dass sogenannte Scanpfade geschlossen werden. Die Kamera muss daher immer zum Ausgangspunkt des jeweiligen Scans zurückgeführt werden. Durch Rotieren des Kamerakopfes sowie durch transversales Schwenken können auch unter sich gehende Approximallbereiche erfasst werden. In der neuesten Softwareversion ist es möglich, schritt-

weise jeweils die letzten 10 s des Scans zu löschen. Zudem können die Abstände zum Antagonisten durch farbcodierte Flächen auf der Präparation zur Überprüfung eines ausreichenden Substanzabtrags dargestellt werden. Die Güte der Abformung im Bereich der Präparationsgrenze kann durch eine 2D- und 3D-Vergrößerungsansicht bildlich dargestellt werden (Abb. 17). Leider ist ein partielles, selektives Löschen von Fehlerbereichen und entsprechendes Nachscannen im digitalen Modell (noch) nicht möglich.

Die Daten müssen online zur jeweiligen kontinentalen Zentrale gesendet werden. Dort werden sie gegen eine Gebühr weiterverarbeitet. Die Preisgestaltung ist länderspezifisch geregelt. In Deutschland beträgt sie abhängig von der Zahl der monatlich eingesandten Scans 9,00 bis 15,00 Euro plus Mehrwertsteuer je Scan. Die Datenpakete haben eine Größe von ca. 50 MB pro Kiefer und sind in einem speziellen Dateiformat, dem .uldc, verschlüsselt. Das uldc (universal lava design container) ist ein verschlüsseltes .stl.-Dateiformat. Prinzipiell ist aber auch eine sofortige Freigabe der .stl-Daten möglich. Aus den Scandaten kann neben dem Konstruieren des Zahnersatzes auf dem virtuellen Modell (Abb. 17) auch ein reales Modell hergestellt werden (Abb. 18). Dafür werden zurzeit zwei Methoden angewandt: Verflüssigte

Materialien wie Kunstharz werden mittels Licht punktwise verfestigt [15] und so das Modell aufgebaut. Als Lichtquellen werden Laserlicht und LED-Licht verwendet.

Studien

Eine Vergleichsstudie von *Ender et al.* [1] wurde bereits im Abschnitt Cerec vorgestellt. Neben direkten Vergleichen der Scangenaugigkeit ist es auch möglich, einen indirekten Vergleich durchzuführen, indem die Passgenauigkeit der mit dem jeweiligen System erstellten Restaurationen ermittelt wird. Allerdings wird in diesem Fall die gesamte Prozesskette getestet. Eine gute optische Abformung stellt nur die Grundlage für die weiteren Schritte dar. In einer klinischen Studie von *Syrek* wurden die gleichen Präparationen für Einzelstümpfe sowohl mit dem Lava C.O.S. als auch mit einer konventionelle Abformtechnik erfasst [16]. Mit Hilfe einer Replikattechnik wurden die auf Grundlage beider Techniken hergestellten vollkeramischen Kronen hinsichtlich ihrer marginalen Passung untersucht. Dabei zeigten Kronen, die über eine konventionelle Abformung erstellt wurden, eine mittlere Passgenauigkeit von 71 μm bei 45 μm für die erste Quartile und 98 μm für die dritte Quartile. Die Kronen, die auf der Basis der digitalen Abformung erstellt wurden, wiesen einen Mittelwert von 49 μm (1. Quartile 32 μm , 3. Quartile 65 μm) auf [16].

Schnittstellen

Auch beim Lava C.O.S. sind die Daten in ein .stl-Format konvertierbar und offiziell mit dem etkon System der Fa. Straumann kompatibel. Auf diese Weise sind auch Implantatscans mit Scankörpern für die Implantate der Fa. Straumann und Med3i möglich.

Cara Trios

Hintergründe

Der Scanner cara Trios wurde von der dänischen Firma 3shape entwickelt. 3shape und Dental Wings werden vom deutschen Vertreter des Scanners als offizielle Partner zu diesem Aufnahmesystem angegeben.

Funktionsweise

Der Intraoralscanner arbeitet auf der Basis der konfokalen Mikroskopie. Im Falle des Trios wird ein sich zeitlich veränderndes Lichtmuster auf das zu messende Objekt projiziert, um die Punkte mit höchstem Kontrast und deren Koordinaten in der eingestellten Fokusebene zu erhalten. Die Fokusebene kann in der lichteptischen Achse verschoben werden, ohne dass die Position des Scanners relativ zum Objekt verändert werden muss. Das optische System des Trios arbeitet zusätzlich mit einer telezentrischen Optik, welche perspektivische Verzerrungen und Messfehler bei Verschiebungen der Optik in Bezug zum Objekt verhindert. Ein weiteres Merkmal des Systems ist eine Lagesensorik, die unterschiedlichen Zwecken dient. Zum einen können Vibrationen während des Messvorgangs wahrgenommen werden. Der Scan kann dadurch als nicht nutzbar gewertet oder korrigiert werden. Zum anderen können die Lageinformationen bei der Fusionierung einzelner Bilder aus verschiedenen Raumrichtungen eingesetzt werden. Die Steuerung der Software des Trios auf dem Bildschirm mit Hilfe von Bewegungen des Kamerateils ist ein weiteres Features, das durch den Lagesensor möglich wird.

Praktische Anwendung

Der cara Trios wird ebenfalls als puderfreies System beworben. Die Kamera besitzt einen pistolenartigen Handgriff. Der Scanfortschritt kann wie bei den anderen Systemen direkt am Bildschirm verfolgt werden. Über den Touchscreen können fehlerhafte Bereiche punktuell mit dem Finger gelöscht und nachgescannt werden.

Studien

Zurzeit sind keine Studien verfügbar.

Schnittstellen

Die Daten müssen zum Weiterverarbeiten zur Firma Heraeus (Hanau) gesandt werden und können dann in die Softwaresysteme der oben genannten Partner eingespeist und entsprechend weiterverarbeitet werden.

Diskussion

Die computerunterstützte Zahnheilkunde und damit auch die optische Abformung wird die Zukunft der Zahnmedizin mitbestimmen. Wie in der Einleitung erwähnt, bietet sie bereits einige Vorteile. Ein vollständiger Ersatz der konventionellen Technik ist zurzeit nicht möglich. Die Abformung in Gingivanähe mit Intraoralscannern erfordert eine „kompromisslos gute Darstellung“ der Präparationsgrenze [5]. Ein Verdrängen der Gingiva, wie dies bei **Abform-** oder gerade auch bei **Abdruckverfahren** in Grenzsituationen möglich ist, ist bei der optischen Abformung ausgeschlossen. Auch das Austreten von Sulcusflüssigkeit oder kleine Punktblutungen im Augenblick des Scans werden nicht verziehen. Bei sämtlichen Systemen muss funktionellen Gesichtspunkten stärker Rechnung getragen werden. Dies bedeutet zum Teil auch eine Steigerung der Präzision der statischen Okklusion. Die Implementierung von funktionellen Analysemöglichkeiten wie ein virtueller Artikulator sind insbesondere bei größeren Versorgungen notwendig. Im Bereich der Kompatibilität der Systeme untereinander scheint ein Umdenken stattzufinden. Wurden

früher die Systeme mit in sich abgeschotteten Dateiformaten entwickelt, bilden sich mittlerweile Allianzen zwischen verschiedenen Herstellerfirmen, offene Schnittstellen gestatten zunehmend den systemübergreifenden Datentransfer. Dies sollte nicht nur den Austausch von Scandaten betreffen, sondern auch die Kompatibilität von Implantatscankörpern verschiedener Implantathersteller mit den unterschiedlichen Scansystemen sowie die Möglichkeit, die Scandaten mit der 3D-Volumentomographie und auch Face-Scans zu verknüpfen. Wie die Rubrik „Studien“ jeweils zeigt, sind publizierte wissenschaftlich fundierte Studien noch rar. Jeder, der über die Anschaffung eines Scanners nachdenkt, sollte neben der *In-vitro*-Anwendung in jedem Fall auch den klinischen Workflow von der Abformung bis zur Fertigstellung einer Restauration mit dem jeweiligen Wunschscanner erproben. **DZZ**

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht. Der Autor *Sven Reich*: Vortragstätigkeiten gegen entsprechendes Honorar für die Firmen Sirona, 3M Espe und Straumann. Ebenso bestehen/bestand Beziehungen im Rahmen von Drittmittelprojekten zu den Firmen Sirona und 3M Espe.

Korrespondenzadresse

PD Dr. Sven Reich
Klinik für Zahnärztliche Prothetik,
Implantologie und Biomaterialien
Universitätsklinikum Aachen
Pauwelsstrasse 30
52074 Aachen
E-Mail: sreich@ukaachen.de

Literatur

1. Ender A, Mehl A: Full arch scans: conventional versus digital impressions – an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 14, 11–21 (2011)
2. Ender A, Mehl A: Cerec Basiswissen 3.80 Ein klinischer Leitfad. Hrsg: Sirona Dental Systems GmbH in Kooperation mit der Universität Zürich 2011
3. Hehn S: Adjustment of Cerec images or „the Cerec race track“. *Int J Comput Dent* 2, 137–149 (1999)
4. Kachalia PR, Geissberger MJ: Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc* 38, 323–330 (2010)
5. Kurbad A: Impression-free production techniques. *Int J Comput Dent* 14, 59–66 (2011)
6. Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L: A comparative analysis of intraoral 3d digital scanners for restorative dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*, 5 (2011)
7. Mehl A, Ender A, Mormann W, Attin T: Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *Int J Comput Dent* 12, 11–28 (2009)
8. Pfeiffer J: Dental CAD/CAM technologies: the optical impression (I). *Int J Comput Dent* 1, 29–33 (1998)
9. Pfeiffer J: Dental CAD/CAM technologies: the optical impression (II). *Int J Comput Dent* 2, 65–72 (1999)
10. Posselt A, Kerschbaum T: Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comput Dent* 6, 231–248 (2003)

11. Rauscher O: Impression-free implant restorations with Cerec Inlab. *Int J Comput Dent* 14, 139–146 (2011)
12. Reiss B: Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent* 9, 11–22 (2006)
13. Rohaly J: The development of the Lava chairside oral scanner C.O.S. technology – masterstroke of a legion of talented and committed people. Interview by Laslo Faith. *Int J Comput Dent* 12, 165–169 (2009)
14. Rudolph H, Quaas S: CAD/CAM-gefertigte Restaurationen. Grundlagen und Technologien für die zahnärztliche Praxis. Spitta Verlag, Balingen 2009
15. Schweiger J: Rapid Prototyping – Neue Fertigungswege in Zahntechnik und Zahnmedizin. *Digital Dental News* 2, 36–41 (2008)
16. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J: Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 38, 553–559 (2010)
17. Wiedhahn K: The impression-free Cerec multilayer bridge with the CAD-on method. *Int J Comput Dent* 14, 33–45 (2011)
18. Wiedhahn K, Kerschbaum T, Fasbinder DF: Clinical long-term results with 617 Cerec veneers: a nine-year report. *Int J Comput Dent* 8, 233–246 (2005)
19. Ziegler M: Digital impression taking with reproducibly high precision. *Int J Comput Dent* 12, 159–163 (2009)

RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN VON SPECTATOR TEAM



Fundierte Kenntnisse und Fortbildungsangebote für Ihr Team.
Mehr Effizienz im Praxisalltag. Jeden Monat in SPECTATOR team. Jeden Monat mit SPECTATOR DENTISTRY in Ihrem Briefkasten.