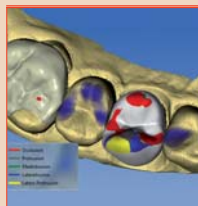


# SPECIAL TRIBUNE

— Digital Dentistry · German Edition —

No. 3/2013 · 10. Jahrgang · Leipzig, 6. März 2013



## Revolution in der Zahnarztpraxis

Ohne Computer geht heute gar nichts mehr. Die Internationale Dental-Schau informiert über den unaufhaltsamen Fortschritt der Digitaltechnik in der Zahnmedizin. ▶ Seite 20f



## Intraorales Scannen

Neue Komplettlösung von 3Shape: Das TRIOS® Ortho System ermöglicht kürzere Behandlungsdauer, erhöhten Patientenkomfort sowie wenige wiederholte und dauerhafte Abdrücke. ▶ Seite 22



## Digitale Radiologie

Die deutsche Gruppe ANTERAY bietet frei konfigurierbare Produkte für digitales Röntgen. Die Produktpalette beinhaltet den Kleinbildsensor DIXI III, einen OPG sowie eine Software. ▶ Seite 23

## Sicher interdisziplinär navigieren – ein zeitgemäßer Anspruch

Eine komplexe zahnmedizinische Therapie ist in zunehmendem Maße nicht mehr als Einzelleistung eines „Universalgenies“, sondern nur noch durch konsequente interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Beteiligten zu erreichen. Von Dr. Frank Schaefer, Dr. Dagmar Schaefer, Dr. Mike C. Zäuner, ZTM Jürgen Sieger.

Täglich erhalten wir Nachrichten über neue kurative Verfahren und deren erfolgreiche therapeutische Anwendung. Durch die Neuen Medien werden die Informationen über weltweit erbrachte medizinische Spitzenleistungen augenblicklich breiten Teilen der Bevölkerung zugänglich gemacht. In diesem Umfeld

Sinne eines Qualitätsmanagements bilden die Grundlage erfolgreicher komplexer oraler Rehabilitationen.

Ein wichtiger Baustein sind dreidimensionale bildgebende Verfahren, auf deren Grundlage zahnmedizinische Diagnostik und implantologische Navigationsmethoden aufbauen.

und auswerten zu können. In der Zahnmedizin wird als 3-D-Röntgendatenquelle die digitale (dentale) Volumentomografie zunehmend angewandt.

In Leitlinien „2005: Dentale Volumentomographie (DVT) – S1-Empfehlung“ und „2012: Indikationen zur implantologischen 3-D-Röntgendiagnostik

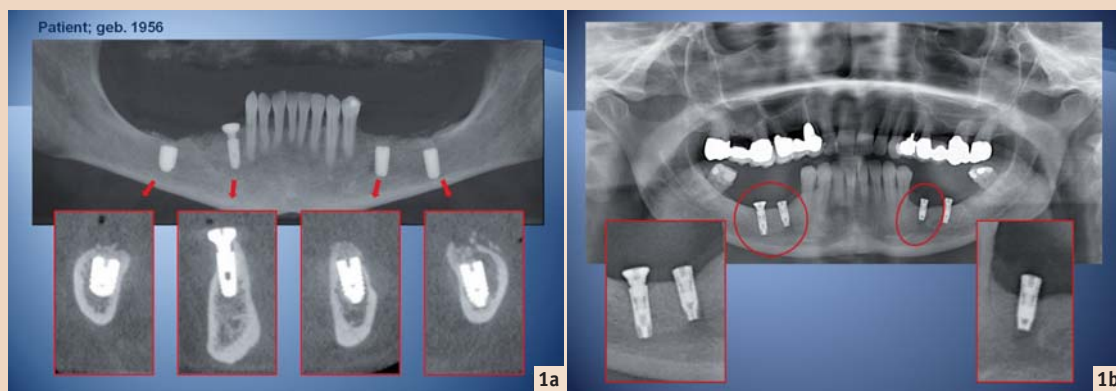


Abb. 1: Reale aktuelle klinische Fälle als Beispiel für offensichtlich unzureichende 3-D-Diagnostik und freihändige Insertion: a) Die Implantate im dritten Quadranten und Regio 47 sind vollständig impaktiert; Regio 37 und 47 durch den Kanal des N. mandibularis gesetzt. Die Bildausschnitte zeigen orthogonale Kieferkammschnitte durch die Implantatmitte. b) Die Implantate Regio 35 und 45 sitzen komplett im Foramen mentale; Regio 46: Läsion des N. mandibularis.

stehen wir als Behandler einem wachsenden Qualitätsanspruch unserer Patienten gegenüber.

Diagnostik und Therapiestrategien sind als notwendige Voraussetzungen immer umfangreicher bereits vor den eigentlichen manuellen zahnärztlichen Tätigkeiten zu erbringen. Vorausplanung therapeutischer Maßnahmen und durchgehende Anwendung von Behandlungspfaden sowie Arbeitsanweisungen im

Navigationsverfahren gelten in der Implantologie als eingeführt. Seit fast 20 Jahren werden sie genutzt, trotzdem gehen die Meinungen auch heute noch unter den Kollegen weit auseinander: von „braucht man nicht“ über „funktioniert sowieso nicht“ bis „nicht mehr ohne“.

Die Voraussetzung für 3-D-Diagnostik und Implantatplanung ist die Möglichkeit, 3-D-Röntgendaten entsprechend den Anforderungen bearbeiten

und navigationsgestützten Implantologie – S2k-Leitlinie“ setzt sich die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) mit dem Stand auf diesem Gebiet substanziell auseinander. Neben den technischen Prinzipien, Voraussetzungen und Indikationen werden auch die aktuell machbaren Resultate bei der Anwendung der navigationsgestützten Implantation zusammengefasst

Fortsetzung auf Seite 18 →

## Ohne Artikulation ist alles nichts!



Statement von Prof. Dr. Dr. Albert Mehl\*

Das Ziel jeder Anfertigung von Zahnersatz ist die Wiederherstellung der Kaufunktion durch physiologische Zahnformen. Da Kauen ein erlernter Vorgang ist, löst eine unmorphologische Zahnform auch eine dysfunktionelle Veränderung des mastikatorischen Systems aus. Fakt ist: Flächige oder falsch positionierte Kontakte stehen am Anfang einer traumatischen Okklusion. Die Kenntnis der funktionellen Bestandteile der Zahnoberfläche ist die Voraussetzung für die restaurative Wiederherstellung. Die Facetten müssen mit der Bewegung zusammenspielen, damit sie nicht nur stören, sondern auch funktionieren.

Mit der Verbreitung der computergestützten Restauration in Praxis und Labor stand auch die CAD/CAM-Technik vor der Herausforderung, die Funktionsdiagnostik in das Pflichtenheft der Software aufzunehmen. So war es in der Vergangenheit gelungen, 3-D-Daten von Zahnoberflächen mit der okklusalen Registrierung zu verbinden. Im Ergebnis wurde daraus eine statische Interkuspitation berechnet, die Einfluss nahm auf die weitgehend automatisierte Gestaltung der Kauflächen.

Inzwischen berücksichtigen alle Systeme die statische Schlussbiss-Situation, die sich mit der digitalen Messtechnik gut umsetzen lässt. Eine Variante ist die lichtoptische Bukkal Aufnahme, bei der man vom habituell verschlüsselten Schlussbiss einen Scan erstellt und zu diesen Bukkalflächen die OK- und UK-Aufnahme registriert. Alternativ ist die Fertigung eines statischen Bissregistrats aus Silikonmasse mit den Impressionen der Antagonisten möglich. Durch Überlagerung des Bissregistrat-Datensatzes mit der präparierten Zahnregion erhält man die korrekten Positionen der Okklusalfächen. Die so erstellten Modelle können in einen vir-

tuellen Artikulator übertragen und die OK- und UK-Modelle gelenkbezüglich einartikuliert werden. Mit dem Datensatz kann die Position der Kiefer wie im realen Artikulator dem Digital-Artikulator zugeordnet und die gleichen Bewegungen virtuell durchgeführt werden.

Mit solch virtuellen Artikulatoren lassen sich auch Studien zu grundlegenden Fragestellungen durchführen. Diese zeigen zum Beispiel, dass bei Kombination verschiedener Gelenkparameter die sagittale Gelenkbahnneigung den stärksten Einfluss hat, gefolgt von den Schenkeln des Bonwill-Dreiecks.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass mit digitalen Bewegungssimulationen bei Einzelzahnrestorationen und kleineren Brücken im Seitenzahnbereich innerhalb einer großen Bandbreite von Parametern nur 10 Prozent der Fälle Abweichungen von mehr als 100 µm im Vergleich zur individuellen Kiefergelenkeinstellung aufweisen. Mittelwertige Artikulationsbewegungen können anhand dieser Ergebnisse als ausreichend genaue Näherung anstelle von individuellen Parametern verwendet werden.

Die mittelwertige Artikulation lässt sich automatisch in der Software berechnen und kann so vor allem vorteilhaft bei den typischen Indikationen von Chairside-CAD/CAM-Systemen eingesetzt werden. Damit können Interferenzen als Störungen ohne Zeitverlust erkannt und elektronisch reduziert werden. Durch die Integration der dynamischen Funktion wird die individuelle Patientensituation besser erfasst. Das Einschleifen der Okklusalfächen im ZT-Labor oder intraoral beim Eingliedern ist meist nicht mehr erforderlich.

\*Physiker und Zahnarzt, Leiter der Abteilung CAD/CAM-Restauration, Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich, Korrespondent und Co-Autor der AG Keramik

ANZEIGE

## Neu: Spezialisten-Newsletter

Fachwissen auf den Punkt gebracht



www.zwp-online.info

FINDEN STATT SUCHEN.

ZWP online



Jetzt anmelden!



Anmeldeformular – Spezialisten-Newsletter – www.zwp-online.info/newsletter  
QR-Code einfach mit dem Smartphone scannen (z. B. mit dem Reader Quick Scan)

## ←Fortsetzung von Seite 17

und kommentiert. Aus den wenigen zur Verfügung stehenden In-vivo-Daten geht hervor, dass sich die erhaltenen Abweichungen an der Implantatpitze von 2,4 mm 2005 auf 4,7 mm in der S2K-Leitlinie 2012 offensichtlich verschlechtert haben, ebenso wie die Abweichung in der Implantatachse von 4 Grad (2005) auf 9,8 Grad (2012). Bei den zitierten In-vitro-Studien verringerten sich dagegen die Abweichungen in der Lage der Im-

in diesem Arbeitsprozess Abweichungen auftreten können – und auch auftreten. Bei der Fehlerbetrachtung muss sich vor Augen gehalten werden, dass bei der navigierten Implantation im Millimeterbereich, oder auch darunter, geplant und operiert wird. Außerdem wirken sich Inkorrektheiten in den Teilschritten unter Umständen gravierend auf die Folgeschritte aus. Die genaue Analyse und Entwicklung von Maßnahmen zu ihrer Vermeidung ist demnach geboten.

zessen oftmals zu wenig Aufmerksamkeit auf den Erhalt der in den primären Bild-daten vorhandenen Informationen gelegt. Diese nachfolgenden Prozesse sind oft nicht ausreichend zertifiziert und meist auch nicht röntgenverordnungskonform, und es wird leichtfertig ein Verlust an Detail- und Strukturinformationen in Kauf genommen.

Besonders kritisch für den Rücktransfer der virtuellen Implantatpositionen auf das Kiefermodell ist die Differenz

cken und Orten erstellt werden. Diese Darstellungen überzeugen, genauso wie Übersichtsbilder, berechnete Panoramaschichtbilder und berechnete Fernröntgenbilder, durch ihren Detail- und Strukturverlust. Der Behandler erhält gewohnte „analoge“ Bildqualität.

Trotzdem gilt auch hier: Die Qualität des primären Datensatzes und die darin enthaltene Informationsdichte ist entscheidend für die Möglichkeiten der 3-D-Diagnostik und -Planung!

erreicht (Abb. 10), ebenso eine Fehleranalyse bei aufgetretenen Misserfolgen, was zu einer nachhaltigen Fehlervermeidung führen sollte (Lernerfolg).

Selbstverständlich werden im CTV-System umfangreiche, auch individuell beliebig erweiterbare, forensisch sichere Falldokumentationen auf „Knopfdruck“ generiert, die als PDF-Datei gespeichert, gedruckt und/oder weitergegeben werden können. Der Einsatz von im Kiefermodell integrierten RFID-Chips sichert

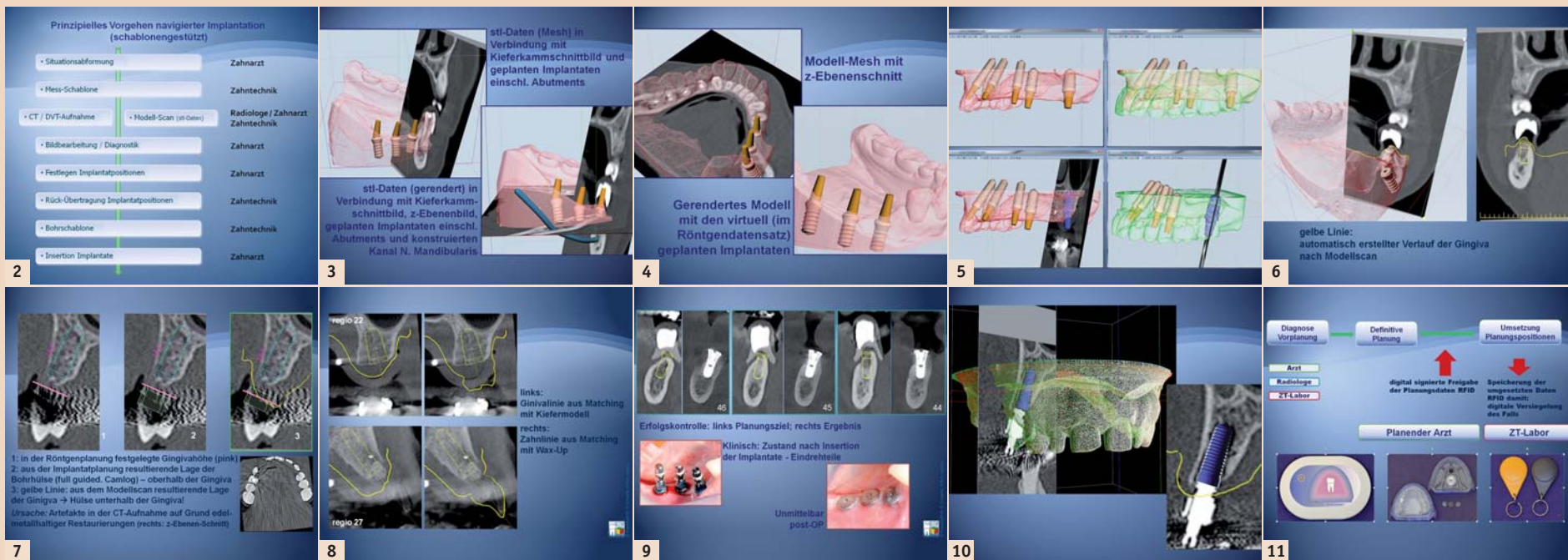


Abb. 2: Prinzipielles Vorgehen bei schablonengestützter navigierter Implantation. – Abb. 3 und 4: Auswahl der Möglichkeiten der Verknüpfung von optischen Scan des Kiefermodells mit 3-D-Röntgenplanungsdaten – Abb. 5: Verknüpfung optischer Scan Kiefermodell (rot) und Ästhetikaufstellung (grün) mit 3-D-Röntgenplanungsdaten (Patient ist Blasmusiker). – Abb. 6 und 7: Beispiel für Fehlererkennung: Überprüfen und Festlegen der Gingivalinie in den Röntgenplanungsbildern mithilfe des gemachten Modellschans. – Abb. 8: Automatisches Erkennen von Gingiva bzw. Zahnstrukturen beim Matchen der Röntgenplanungsdaten mit Kiefermodell bzw. Wax-up. – Abb. 9: Klinische Erfolgskontrolle; Zustand nach transgingivaler navigierter Insertion (2012). – Abb. 10: Erfolgskontrolle durch Matching – links: Zur Deckung gebracht wurden 3-D-Röntgenplanung (blaues Implantat) mit Kiefermodell (rot), Wax-up (grün) und 3-D-Aufnahme post OP (überlagert vom virtuellen Implantat); rechts: Matching Planung, post OP-Röntgenbild mit Gingivalinie aus Kiefermodell (2012). – Abb. 11: Dokumentation der Verantwortlichkeiten für den Gesamtprozess; unten: RFID-Reader, Modellschale mit RFID-Chip, individualisierte Ident-Keys für den RFID-Reader.

plantatpitze (2005: 6 mm; 2012: 2,5 mm) ebenso wie die Divergenz in der Implantatachse (2005: 11 Grad; 2012: 7,9 Grad).

Diese Daten zeigen, dass alle 3-D-Navigationsverfahren in bisheriger Form sicherlich deutlich besser sind als eine freihandgeführte Implantatinsertion ohne 3-D-Diagnostik, aber keine verlässliche Grundlage für einen exakt geplanten Prozess im Sinne der gestiegenen Erwartungshaltung an die modernen medizinischen Therapieformen bilden (Abb. 1a und b).

Die Ursachen für diese großen Abweichungen sind sicherlich vielfältig: Zum einen, wie ausdrücklich in diesen Publikationen beschrieben, existieren nur wenige Daten, sowohl in vivo als auch in vitro. Zum anderen aber gibt es auch zahlreiche Fehlermöglichkeiten durch eine nicht immer konsequent und koordiniert verlaufende Arbeitsschrittfolge. Umso wichtiger ist die Anwendung standardisierter Verfahren bei der Kooperation aller Beteiligten: Prothetiker, Chirurgen, Zahntechniker und ggf. Radiologen und natürlich dem Patienten.

Das CTV-System ermöglicht eben diese Zusammenarbeit zur Therapieplanung und -umsetzung komfortabel, einschließlich der Dokumentation der Verantwortlichkeiten, der anschaulichen Therapiediskussion mit dem zu Behandelnden und nicht zuletzt auch der Erfolgskontrolle.

## Fehlerbetrachtung

Auftretende Misserfolge bei 3-D-basierten navigierten Implantationen können vielfältige Ursachen haben. Zu unterscheiden sind auch hier, wie bei jeder Fehlerbetrachtung, zufällige und systematische Fehler. Aus dem prinzipiellen Ablauf der schablonengestützten navigierten Implantation (Abb. 2) ist schon allein aus der Anzahl der Teilschritte und der unterschiedlichen Beteiligten ersichtlich, dass

Es hat sich herausgestellt, dass insbesondere in der primären Abformung des Planungskiefers beim Patienten, bei der Erstellung der 3-D-Röntgenaufnahme und in der Rückübertragung der geplanten virtuellen Planungspositionen zurück auf das Kiefermodell bzw. auf die zu verwendende chirurgische Navigationsschablone die Fehler mit den nachhaltigsten Auswirkungen zu finden sind.

Die Qualität des 3-D-Röntgendatensatzes ist abhängig von dem gewählten Aufnahmeverfahren: CT, DVT, Teilvolumen-DVT. Gleichzeitig unterliegen alle Röntgenaufnahmen unabhängig vom verwendeten Gerät grundsätzlich den Gesetzen der Optik und weisen Verzerrungen, Interferenzen und Beugungsercheinungen auf. Außerdem kann eine Bewegungsunschärfe durch den Patienten während der Aufnahme hinzukommen. Einfluss hat auch die reale Pixelgröße im Aufnahmesensor des Gerätes sowie die verwendeten Rechenalgorithmen bei der Bildrekonstruktion im Röntgengerät. Nicht zuletzt ist die fach- und sachgerechte Bedienung hinsichtlich Parametereinstellung und Patientenpositionierung am Gerät ebenfalls qualitätsentscheidend. Ausgehend von einer korrekten Abformung des Planungskiefers und entsprechender Herstellung der Planungsschablone, kann der nicht richtige Sitz dieser Schablone im Patientenmund während der Röntgenaufnahme ebenfalls zu weitreichenden Planungs- und Übertragungsfehlern führen. Fehlleistungen bei und durch die 3-D-Röntgenaufnahme sind immer zufällig und damit auch irreparabel und können somit auch durch Diagnostik und Planung nicht ausgeglichen werden!

Nach der Bilderstellung durch ein Röntgengerät, das dem Qualitätsmanagement auf der Grundlage der Röntgenverordnung unterliegt, wird in den nachgeordneten bildverarbeitenden Pro-

der Patientenpositionierung bei der Aufnahme zu dem realen Kiefermodell. Die Rückübertragung mit den unterschiedlichen eingesetzten Kompensationsmechaniken (z.B. CeHaimPLANT [X1;X2]<sup>TM</sup>, coDiagnostiX [gonyX]<sup>TM</sup> usw.) kann daher ebenfalls eine erhebliche Fehlerquelle für den Übertragungsprozess darstellen. Auch bei der Operation selbst können Fehler auftreten: Der nicht richtige Sitz der chirurgischen Navigationsschablone führt zwangsläufig – bei konsequenter navigierter Insertion – zur Fehlpositionierung der Implantate und damit möglicherweise zur ungewollten Schädigung von Nachbarstrukturen. Des Weiteren kann es zu Fehlpositionierungen der Implantate bei „half-guide“-Verfahren (nur Pilotbohrung navigiert) kommen. „full-guide“-Verfahren erscheinen diesbezüglich sicherer, sind aber unter Umständen nur eingeschränkt einsetzbar. Dieser Auszug von Fehlerquellen ist eine mögliche Erklärung der relativ großen Ungenauigkeit bisheriger Verfahren, wie sie in den oben zitierten Leitlinien der DGZMK-Studien dokumentiert wurden.

## Weiterentwicklung

Auf der Grundlage umfangreicher theoretischer und klinischer Auswertungen geht das CTV-System andere Wege, um eine interdisziplinäre Zusammenarbeit und Planungssicherheit mit geringer Fehlertoleranz zu erreichen: Die Anwendung des CTV-Systems ermöglicht es, zufällige und damit nicht vorhersehbare Fehler zu erkennen und, soweit überhaupt möglich, systematische Mängel zu kompensieren.

Der für das CTV-System entwickelte quasi analoge Bildprozessor weist eine relativ große Toleranz gegenüber Qualität und Ausrichtung des primären Röntgendatensatzes auf. Durch ihn können beliebige Bildschnitte im 3-D-Würfel ohne Einschränkung bei Winkeln, Stre-

Zusätzlich werden mit dem CTV-System Daten eines optischen Scans von Planungsschablone, Kiefermodell und/oder Wax-up/Ästhetikaufstellung und/oder Bohrschablone mit dem 3-D-Röntgendatensatz der Planung zusammengeführt (Abb. 3–5). Durch diesen vollautomatischen Matching-Prozess werden zufällige Fehler in Röntgenbildern aufgedeckt und kompensiert (Abb. 6 und 7).

Planungspositionen hinsichtlich Knochenangebot und prothetischer Ausrichtung können so noch nachvollziehbarer und exakter bestimmt werden. Das Emergenzprofil kann mit dieser Methode bereits bei der prothetischen (Vor-)Planung sehr gut eingeschätzt werden. Die chirurgische Navigationsschablone lässt sich damit ebenso basierend auf STL-Datensätzen herstellen. Mit dem anschließenden Matching dieser Schablone mit der Röntgenplanung kann bereits vor der Insertion die korrekte Umsetzung der (virtuellen) Planungspositionen mit den Hülsenpositionen in der Schablone kontrolliert werden.

Ausgehend von optischen und röntgenologischen digitalen Daten werden somit der gesamte Planungs- und Fertigungsprozess ohne weitere Zwischenschritte von einer einzigen Ausgangsbasis digitalisiert und Ungenauigkeiten gegenüber der herkömmlichen Übertragung von virtuellen Positionen auf das reale Modell eliminiert.

Das CTV-System ermöglicht eine sichere postoperative Kontrolle nach Insertion der Implantate. Das heißt, der Planungsdatensatz wird mit dem post OP aufgenommenen 3-D-Röntgendatensatz zielsicher und passgenau zur Deckung gebracht und so die realen mit den geplanten Implantatpositionen verglichen. Dabei ist unerheblich, ob Planungs- und Kontrolldatensatz vom selben Aufnahmegemerkat stammen (Abb. 8 und 9). Damit wird eine auch zeitnahe Erfolgskontrolle

im CTV-System eine lückenlose Dokumentation der Verantwortlichkeiten im Rahmen des Gesamtprozesses (Abb. 11).

## Fazit

Durch die Kombination von röntgenologischen und optischen Daten mit gleichzeitiger Einbeziehung von CAD/CAM-Fertigungsprozessen wird eine frühzeitige Fehlererkennung möglich und führt im Zusammenhang mit geeigneten Kompensationsmaßnahmen zu einer deutlich besseren Übereinstimmung zwischen Planungsvorgabe und Ergebnis. Die Vielzahl der möglichen Bildkombinationen schafft optimale Bedingungen für eine interdisziplinäre Verständigung bis hin zur plausiblen und verständlichen Erklärung der Therapiestrategie gegenüber dem Patienten. Die Einsatzmöglichkeiten dieser neuen Technik reichen weit über die bloße Implantatplanung hinaus. Sie können vor Ort ohne Anschaffung von kostenintensivem Spezialequipment und Übertragungsapparaturen angewandt werden. **ST**

Erstveröffentlichung:  
Jahrbuch Digitale Dentale Technologien 2013

## Autoren

Dr. med. Frank Schaefer,  
Zahnarzt, Erfurt

Dr. rer. nat. Dagmar Schaefer,  
PraxisSoft, Erfurt

Dr. med. dent. Mike C. Zäuner,  
Zahnarzt, Dillingen

ZTM Jürgen Sieger,  
Zahntechnik, Herdecke

CTV-System  
PraxisSoft Dr. D. Schaefer e.K.  
Haarbergstraße 21, 99097 Erfurt  
Tel.: 0361 3468914  
info@praxissoft.org, www.praxissoft.org

# IRIS



## Brillanz und Schönheit

Nordamerikas Kamera Nr. 1 gibt es nun auch in Europa.

**IRIS**  
Intraorale USB-Kamera

BELEUCHTEN



FOKUSSIEREN



ANSCHLIESSEN



Jede Zahnarztpraxis sollte die Möglichkeiten der neuen intraoralen Kamera IRIS nutzen. Dieses optische Präzisionsinstrument verfügt über ein leicht zu bedienendes 5-Punkt-Fokusrad und einen einzigartigen USB-Anschluss, der in jede Standardbuchse passt. Das elegant stromlinienförmige Profil hat eine erheblich kleinere, speziell entwickelte weiche Spitze mit einer brillanten 8-Punkt-LED und dem hochauflösenden CCD von Sony für beste Bildqualität. Sie ist die beste Kamera ihrer Klasse.

Wenn es auf Qualität und Leistung ankommt, dann werden Sie sehen, warum Digital Doc die erste Wahl bei intraoralen Kameras ist. Mehr Informationen erhalten Sie unter der Nummer +1 800 518 1102.



*Die Platzierung Nr. 1 basiert auf den Zahlen der DTA aus den Jahren 2008 bis 2012.*



© 2013, Digital Doc LLC, 4511 Golden Foothill Parkway, El Dorado Hills, CA 95762. Das Logo von Digital Doc und das Logo von IRIS sind eingetragene Warenzeichen von Digital Doc LLC. Alle Rechte vorbehalten. Mac und das Mac-Logo sind Warenzeichen von Apple Inc., eingetragen in den USA und anderen Ländern.

\*Für Mac ist eine besondere IRIS-Kamera sowie Zubehör erforderlich.



**Digital DOC**

[www.digi-doc.com](http://www.digi-doc.com)

IDS 2013 – STAND K40