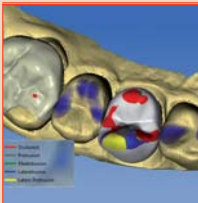


# SPECIAL TRIBUNE

— Digital Dentistry · Austrian Edition —

No. 3/2013 · 10. Jahrgang · Wien, 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



## Aus zwei mach eins

VITA ENAMIC: Das Beste der Werkstoffe Keramik und Komposit wurde zu einer innovativen dentalen Hybridkeramik mit einer dualen Netzwerkstruktur vereint.

► Seite 22

jahrbuch  
digitale dentale  
technologien  
2013

## Jahrbuch „DDT 2013“

Die OEMUS MEDIA AG bietet in vierter überarbeiteter und erweiterter Auflage ein umfassendes Kompendium für digitale Zahnmedizin und Zahntechnik – das Jahrbuch DDT 2013.

► 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 stehen wir als Behandler einem wachsenden Qualitätsanspruch unserer Patienten gegenüber.

sungen im 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.

Navigationsverfahren gelten in der Implantologie als eingeführt. Seit fast 20 Jahren werden sie genutzt, trotzdem

sprechend den Anforderungen bearbeiten und auswerten zu können. In der Zahnmedizin wird als 3-D-Röntgen-datenquelle die digitale (dentale) Volumentomografie zunehmend angewandt.

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

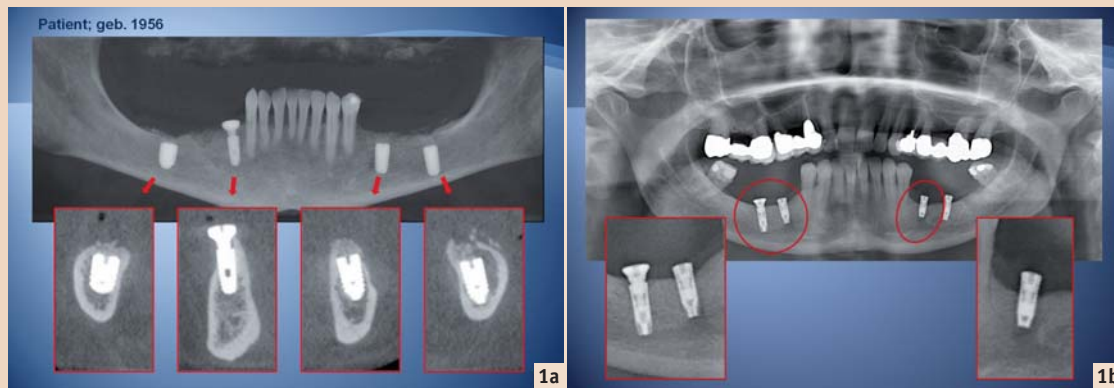


Abb. 1: Reale aktuelle klinische Fälle als Beispiel für offensichtlich unzureichende 3-D-Diagnostik und freihändige Insertion: a) Die Implantate im dritten Quadranten und Regio 47 sind vollständig impaktiert; Regio 37 und 47 durch den Kanal des N. mandibularis gesetzt. Die Bildausschnitte zeigen orthogonale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

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 Arbeitsanwei-

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 ent-

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

## „Die Zeiten ändern sich, und wir ändern uns in ihnen.“

Statement von Dr. Gerwin V. Arnetzl\*



Das digitale Zeitalter ist schon vor längerer Zeit angebrochen, und wir sind mitten drin. Unter diesem Hintergrund sind auch die neuesten Entwicklungen in der digitalen Zahnheilkunde zu sehen. War es vor einiger Zeit noch visionär, in der eigenen Praxis auf digitale oder besser gesagt Computerunterstützung zu setzen, hat sich dies innerhalb der letzten Jahre zu einem teilweise nicht mehr wegzudenkendem Standard entwickelt.

So schreitet der Trend der digitalen Abformung, Konstruktion und Fertigung in vielen zahnärztlichen Praxen und Labors weiter voran. Sicherlich ein Quantensprung der letzten Jahre stellt die Möglichkeit der puderfreien interoralen Abformung dar, welche klar eine Indikationserweiterung dieser Systeme darstellt.

Auf dem Materialsektor ist man heutzutage immer mehr auf digitale Konstruktion und Ausarbeitung angewiesen. Was vor ein paar Jahren nur für die Verarbeitung von hochfesten Keramiken wie Zirkonoxid galt, ist nun zwingend, wenn man hybridke-

ramische Materialien der neuesten Generation seinen Patienten zugänglich machen möchte.

Digitale Artikulation und digitale 3-D-Fallplanung (chirurgisch, prothetisch, ästhetisch, etc.) ergänzen sich in synergischer Art und wird Zahnärzten auch in diesem Bereich das Leben leichter und vor allem planbarer machen. Konkurrenz belebt den Markt und ist hier ein kompetitiver Prozess im Gange, der uns als Anwender sicherlich zugute kommt.

Offene Systeme, beliebig austauschbare Komponenten, wie wir sie im PC-Bereich kennen, werden auch in der Zahnheilkunde zur Selbstverständlichkeit werden.

Zweifelsfrei stellt die Internationale Dental-Schau in Köln ein ausgezeichnetes Forum dar, einen Ein- bzw. Ausblick über aktuelle und künftige Entwicklungen zu bekommen. Wir leben als Zahnärzte sicherlich in einer spannenden Zeit, in der gilt: Tempora mutantur, et nos mutamur in illis.

\* Ordination am Kai, Graz

nung der navigationsgestützten Implantation zusammengefasst und kommentiert. Aus den wenigen zur Verfügung stehenden In-vivo-Daten geht hervor, dass sich die erhaltenen Abweichungen an der Implantatspitze von 2,4 mm 2005 auf 4,7 mm in der S2k-Leitlinie 2012 offensichtlich verschlechtert haben,

ebenso wie die Abweichung in der Implantatdrehachse von 4 Grad (2005) auf 9,8 Grad (2012). Bei den zitierten In-vitro-Studien verringerten sich dagegen die Abweichungen in der Lage der Implantatspitze (2005: 6 mm; 2012: 2,5mm) ebenso wie die Divergenz in der

Fortsetzung auf Seite 18 ►

ANZEIGE

## Neu: Spezialisten-Newsletter Fachwissen auf den Punkt gebracht



www.zwp-online.info

FINDEN STATT SUCHEN.

ZWP online



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

Implantatnachse (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 Implantation 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

Maßnahmen zu ihrer Vermeidung ist demnach geboten.

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, Teilverfahren-DVT. Gleichzeitig unterliegen alle Röntgenaufnahmen unabhängig vom verwendeten Gerät grundsätzlich den Gesetzen der Optik und weisen Ver-

strukturinformationen in Kauf genommen.

Besonders kritisch für den Rücktransfer der virtuellen Implantatpositionen auf das Kiefermodell ist die Differenz der Patientenpositionierung bei der Aufnahme zu dem realen Kiefermodell. Die Rückübertragung mit den unterschiedlichen eingesetzten Kompensationsmechaniken (z.B. CeHa im PLANT [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 unge-

handelt 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! 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

tigen 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 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

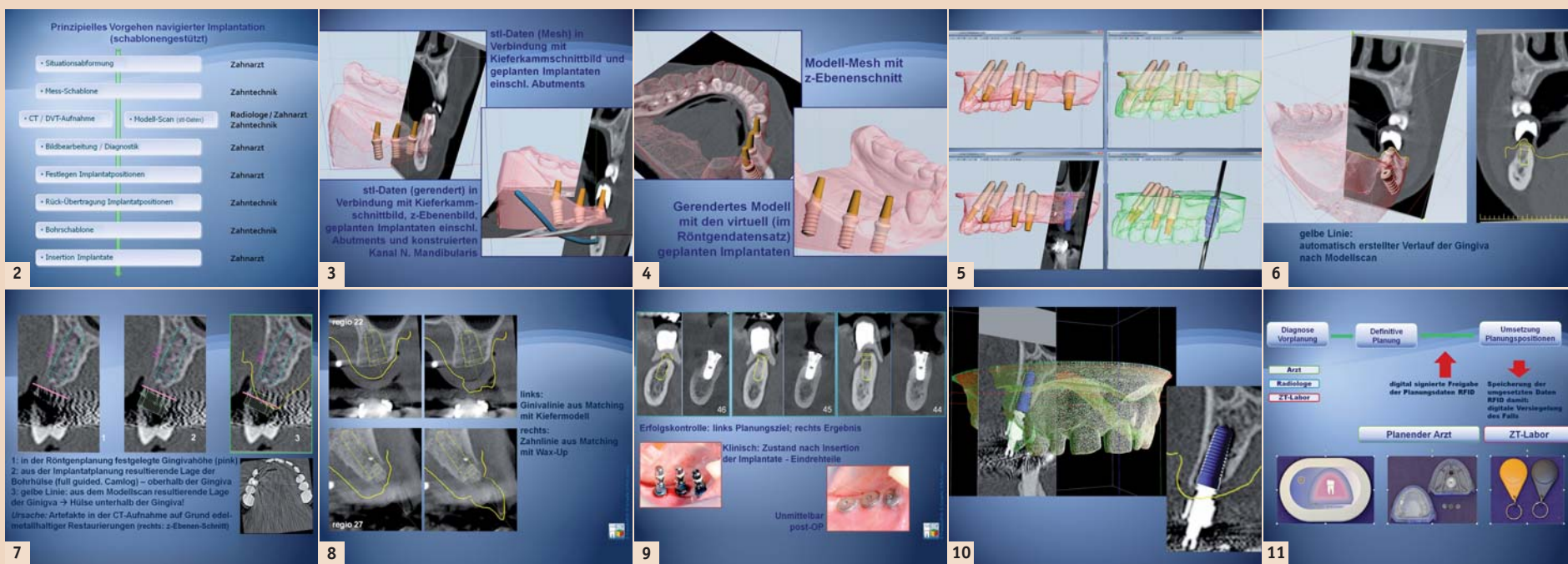


Abb. 2: Prinzipielles Vorgehen bei schablonengestützter navigierter Implantation. – Abb. 3 und 4: Auswahl der Möglichkeiten der Verknüpfung von optischen Scan des Kiefermodells mit 3-D-Röntgenplanungsdaten – Abb. 5: Verknüpfung optischer Scan Kiefermodell (rot) und Ästhetikaufstellung (grün) mit 3-D-Röntgenplanungsdaten (Patient ist Blasmusiker). – Abb. 6 und 7: Beispiel für Fehlererkennung: Überprüfen und Festlegen der Gingivalinie in den Röntgenplanungsdaten mithilfe des gemachten Modellscans. – 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.

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 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

zerrungen, Interferenzen und Beugungserscheinungen 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 Prozessen oftmals zu wenig Aufmerksamkeit auf den Erhalt der in den primären Bilddaten 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

wollten 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 Röntgenbilddatensatzes auf. Durch ihn können beliebige Bildschnitte im 3-D-Würfel ohne Einschränkung bei Winkeln, Strecken und Orten erstellt werden. Diese Darstellungen überzeugen, genauso wie Übersichtsbilder, berechnete Panoramaschichtbilder und berechnete Fernröntgenbilder, durch ihren Detail- und Strukturhalt. Der Be-

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 Aufnahmegerät stammen (Abb. 8 und 9). Damit wird eine auch zeitnahe Erfolgskontrolle erreicht (Abb. 10), ebenso eine Fehleranalyse bei aufgetretenen Misserfolgen, was zu einer nachhal-

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  
Deutschland, Tel.: +49361 3468914  
info@praxissoft.org, www.praxissoft.org