

Image guided surgery: Das coDiagnostiX®-System

von Dr. Sebastian Köhl, Prof. Dr. Dr. J. Thomas Lambrecht, Universität Basel

BASEL – Die computergestützte, schablonengeführte Implantation gilt mittlerweile als etabliertes Verfahren in der zahnärztlichen Implantologie. Für fast jedes Implantatsystem werden Soft- oder Hardwarekomponenten angeboten, mit denen virtuelle Implantatplanungen auf die Patientensituation durch das Einarbeiten von Führungshülsen in spezielle Bohrschablonen übertragen werden können. Dabei kann prinzipiell zwischen stereolithografisch- oder laborgefertigten Schablonen, sowie zwischen offenen (unterschiedliche Implantatsysteme planbar) und geschlossenen Systemen (nur ein Implantatsystem planbar) unterschieden werden.

Die Grundlage der laborgefertigten Bohrschablonen bildet eine Röntgenschablone, welche einen system- bzw. softwarespezifischen Referenzkörper beinhaltet, sowie eine CT- oder DVT basierte, dreidimensionale Röntgenaufnahme des Patienten mit eingesetzter Röntgenschablone. Die Kombination aus 3-D-Röntgenbild – in welchem neben dem Knochen auch die eingesetzte Schablone mit den entsprechenden Referenzkörpern sichtbar ist – ermöglicht es dann, die virtuelle Implantatplanung in die Realität umzuwandeln. In einer Falldarstellung soll das coDiagnostiX®-System mit den drei wesentlichen Elementen beschrieben werden.

Ein 73-jähriger Patient stellte sich mit den nicht erhaltungswürdigen Zähnen 44, 45 und 47 mit dem Wunsch nach einer festsetzenden Versorgung im rechten Unterkiefer vor (Abb 1).

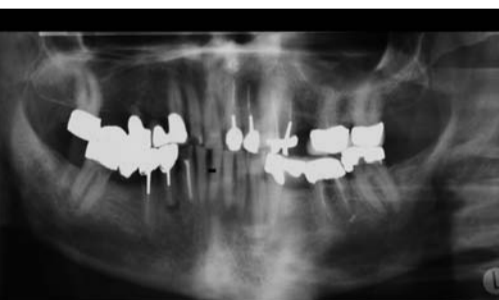


Abb. 1: Panoramaschichtaufnahme mit den nicht erhaltungswürdigen Zähnen 44, 45 und 47 vor Sanierung.

5 Monate nach Exzision der Zähne 44, 45 und 47 wurden Situationsmodelle auf der Basis von Alginatabformungen angefertigt und in einen Mittelwertartikulator montiert. Das Wax-up der zu ersetzenden Zähne 44, 45 und 46 wurde durch die Verwendung von röntgenopakem Kunststoff in eine mittels kaltpolymerisierendem Methacrylat angefertigte Röntgenschablone eingearbeitet. Um in der 3-D-Planung ausreichend Informationen über den Verlauf des Weichgewebes und somit des Emergenzprofils zu erhalten, wurde der vestibuläre Anteil der röntgenopaken Kronen etwas in Richtung der Umschlagfalte extendiert (Abb.

2). Als Referenzkörper, welche die Ankopplung zwischen virtueller und reeller Welt ermöglichen, dienen bei dem coDiagnostiX®-System drei Titanpins, welche in Abhängigkeit der Kieferbreite des Patienten in die hierfür spezifische templiX®-Platte inseriert werden können



(Abb. 2). Die templiX®-Platte und ermöglicht es vor dem Anfertigen der Röntgenaufnahme, die Röntgenschablone aufpolymerisiert

und ermöglicht es vor dem Anfertigen der Röntgenaufnahme, die Röntgenschablone aufpolymerisiert

<Abb. 2: Die röntgenopaken Zähne 44, 45 und 47 sind vestibulär etwas in Richtung Umschlagfalte extendiert. Die templiX®-Platte wurde aufpolymerisiert und trägt die drei Titanpins (Pfeile), die als Kopplung zwischen virtueller Planung und Realität dienen. Über okklusale Kunststoffstops wird der Biss gesperrt, um Artefakte durch Metallrestorationen des Gegenkiefers im Bereich der Titanpins auszuschließen.

(Umsetzung und Foto: Labor Bollack, DE-Gaißberg)

ANZEIGE

straumann

ROXOLID™

DIE NEUE „DNS“ VON IMPLANTATMATERIALIEN

ROXOLID™ – Exklusiv für die Anforderungen von Implantologen entwickelt.

Roxolid™ bietet ■ Vertrauen beim Setzen von Implantaten mit kleinem Durchmesser ■ Flexibilität mit mehr Behandlungsoptionen ■ Entwickelt für gesteigerte Patientenakzeptanz von Implantatbehandlungen



Bitte rufen Sie uns an unter **0800 810 814** Weitere Informationen finden Sie unter **www.straumann.ch**

COMMITTED TO
SIMPLY DOING MORE
FOR DENTAL PROFESSIONALS

die Schablone und das Gipsmodell über einen Gipssockel in den gonyX®-Bohrtsch reproduzierbar zu fixieren (Abb. 3).



Abb. 3: Die templiX®-Platte dient neben der Aufnahme der Referenzpins dazu, über einen individuellen Gipssockel die Schablone mit dem Modell bereits vor der Röntgenaufnahme in dem gonyX®-Bohrtsch zu fixieren.

(Umsetzung und Foto Labor Bollack, DE-Gaiberg)

Da die Titanpins in der Röntgenaufnahme exakt identifiziert werden müssen, ist es empfehlenswert, über eine Bissperre Metallrestorationen des Gegenkiefers von den Titanpins so zu entfernen, dass keine Artefakte eine spätere Identifikation der Titanpins erschweren (Abb. 2).

Wie für alle schablonengeführten Systeme wurde vor dem Anfertigen der dreidimensionalen Aufnahme die Schablone in den Mund des Patienten eingesetzt und eine spannungsfreie Passgenauigkeit der Schablone überprüft. Hier können okklusale Aussparungen in die Schablone geschliffen werden, um durch einen übergangslosen Randschluss der Schablone mit den entsprechenden Zähnen den korrekten Sitz der Schablone zu überprüfen.

Dadurch, dass die Schablone über einen Gipssockel in dem gonyX®-Tisch gesichert ist, konnte die templiX®-Platte, welche die Titanstifte beinhaltet, bis auf die Stifte freigeschliffen werden, was im Vergleich zu anderen Systemen den Vorteil bietet, genügend Platz für die Zunge zu lassen und somit ein Verrutschen der Schablone durch Zungenbewegungen während der Aufnahme möglichst auszuschließen. Die Bissperre ermöglicht es darüber hinaus, dass der Patient während der Aufnahme durch Zubeissen die Schablone fixiert.

Neben Passungenauigkeiten der Schablone können vor allem Bewegungsartefakte während der Aufnahme dazu führen, dass die CT- oder DVT-Datensätze für eine computergestützte Planung nicht verwendet werden können. Um bereits unmittelbar nach dem Anfertigen der Röntgenaufnahme Bewegungsartefakte ausreichend beurteilen zu können, integriert die templiX®-Platte eine spezielle Haltevorrichtung, in welche zwei Metallstäbe befestigt werden können, die aufgrund ihrer Länge und Parallelität zueinander Bewegungsartefakte unmittelbar

nach Anfertigen der Aufnahme leicht erkennen lassen (Abb. 4).

Dieses ist vor allem für solche Einrichtungen von Vorteil, die

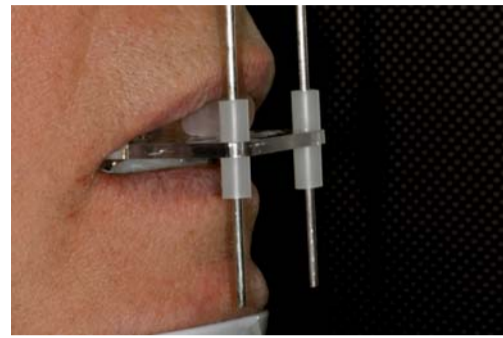


Abb. 4: Die eingesetzte Schablone wird über eine Bissperre durch den Patienten fixiert. Die aussen angebrachten Metallpins dienen der direkten Beurteilung möglicher Bewegungsartefakte während der Aufnahme.

nicht über ein eigenes DVT- oder CT-Gerät verfügen und hierzu ihre Patienten in entsprechende Institutionen überweisen. In dem hier dargestellten Fallbeispiel wurde ein DVT (Accutomo) mit einem Volumen von $6 \times 6 \times 6 \text{ cm}^3$ eingesetzt. Der Vorteil der DVT gegenüber der CT liegt vor allem in der vergleichbar deutlich reduzierten Strahlenbelastung bei hervorragender Wiedergabe der Hart- und Weichgewebe.

Der dreidimensionale Datensatz musste für die virtuelle Implantatplanung am Computer in das Digital Imaging and Communication in Medicine- (DICOM-) Format überführt werden, welches weltweit als Standardformat für die Verarbeitung und Übermittlung digitaler Röntgenbilder in der Medizin gilt. Die ins DICOM überführten Daten wurden dann in die coDiagnostiX®-Software eingelesen. Neuerdings bietet die Software eine vereinfachte Version an (coDiagnostiX Easy®), die ab diesem Zeitpunkt den Anwender „Schritt für Schritt“ durch die komplexe Planungssoftware und Modalitäten führt. Nach dem Laden eines Datensatzes führt die coDiagnostiX®-Software eine automatische Registrierpinnerkennung durch und verschiebt daraufhin den dreidimensionalen DICOM-Datensatz („das DVT“) so, dass die drei Registrierpins exakt über drei virtuelle Pins derselben Größe überlagert werden. Diese als „matching“ bezeichnete Überlagerung muss von dem Anwender auf Exaktheit genau überprüft werden, da die Kongruenz der reellen (Röntgen-)Daten mit der virtuellen Welt (Software) einen die Genauigkeit stark beeinflussenden Faktor darstellt. Vereinfacht ausgedrückt merkt sich dann die Software im Folgenden die dreidimensionale Lagebeziehung eines virtuell in den Datensatz geplanten Implantats im Verhältnis zu den drei Titanpins, deren Lageposition innerhalb des gonyX®-Tisches durch den Gipssockel klar definiert ist und eine Umsetzung der virtuellen Planung in die Realität ermöglicht.

Sofern dreidimensionale Rekonstruktionen erwünscht werden, kann hierzu in einem spe-

ziellen Fenster eine Grauwertanpassung im Sinne einer Knochensegmentierung durchgeführt werden. Für eine virtuelle Planung ist dieser Schritt aber nicht notwendig. Prinzipiell kann eine virtuelle Planung nur erfolgen, wenn eine korrekte Überlagerung der Titanpins mit den virtuell vorgegebenen Titanpins erzielt wurde. Nachdem die Titanpins registriert wurden, kann die eigentliche Implantatplanung erfolgen.

Für die Implantatplanung wurden aus einer offenen Implantatdatenbank, in welcher aktuell über 50 unterschiedliche Implantattypen gelistet sind, drei Straumann ITI Implantate für die Regionen 44, 45 und 46 ausgewählt. Per Mausclick werden die Implantate auf der Basis einer Panoramarekonstruktion virtuell in den DVT-Datensatz integriert. Die Ausmasse der Implantate entsprechen dabei einer 1:1 Darstellung, sodass die virtuelle Implantatform ein reelles Format besitzt. Jedes Implantat wurde dann so positioniert, dass es mittig unter den entsprechend röntgenopaken Kunststoffkronen der Röntgenschablone somit nach prothetischen Aspekten

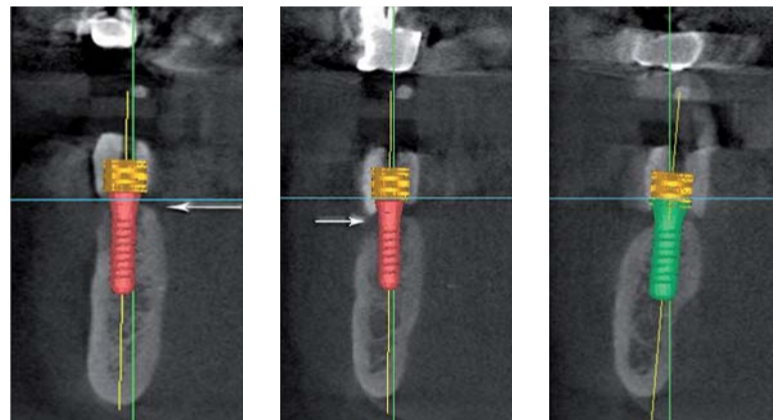


Abb. 5: (v.l.n.r. 5c, 5b, 5a) Die Evaluation der Knochensituation nach prothetischer Ausrichtung der Implantate zeigt ein sehr gutes Knochenangebot in Regio 46 (linkes Bild), wohingegen in Regio 45 (Mitte) vestibulär geringfügig augmentiert werden muss (Pfeil) und in Regio 44 (rechtes Bild) lingual der Knochen um 2 mm osteotomiert werden muss (Pfeil).

zu liegen kam (Abb. 5). Die coDiagnostiX® Software bietet eine Option an, die es ermöglicht, Implantate untereinander zu parallelisieren, um z. B. bei teleskopierenden Arbeiten ein Höchstmaß an Achskongruenzen der Abutments bereits zum Zeitpunkt der Implantation zu erzielen. Da in der hier dargestellten Planung Einzelkronen geplant waren, wurden die Implantate nach der Röntgenschablone, der Spee'schen und der Wilson-Kurve ausgerichtet, sodass leichte Achsdivergenzen der Implantate daraus resultierten (Abb. 5). Nach der Ausrichtung der Implantate entsprechend der Röntgenschablone wurde die periimplantäre Knochensituation analysiert. Hier bietet die coDiagnostiX®-Software eine hilfreiche Option, mit welcher der Knochen zirkulär um das Implantat herumgedreht und dadurch begutachtet werden kann. Diese Untersuchung ergab, dass eine Ausrichtung der Implantate nach der Spee'schen und der Wilson-Kurve sowie der röntgenopaken Kronen eine geringfügige Kno-

chenaugmentation vestibulär an 45, sowie eine Reduktion des mesialen und lingualen Knochens am Implantat 44 erforderte (Abb. 5).

Bereits zu diesem Zeitpunkt können solche Überlegungen in die Planung eingebunden und der Patient hinsichtlich OP-Umfang, Risiken und Kosten optimal aufgeklärt werden. In unserem Fall wurde entschieden, bei der Osteotomie des Knochens mesial an 44 den Knochen mithilfe eines Knochenfilters aufzufangen, um diesen dann vestibulär an 45 anzulagern.

Die Übertragung der virtuellen Planung in die Realität erfolgte über Bohrhülsen, die durch den Zahntechniker im Labor auf der Basis der virtuellen Planung in die ursprüngliche Röntgenschablone eingearbeitet wurden. Dazu wurde die Röntgenschablone erneut über den zu Beginn angefertigten Gipssockel in den gonyX®-Tisch fixiert. Anhand eines Ausdruckes war es dann möglich, den gonyX®-Tisch so einzustellen, dass für jedes Implantat eine Bohrhülse mit einem Durchmesser von 5 mm eingearbeitet werden konnte, welche die Achsneigung des Implantats codiert. Das Straumann Guided-System® ist auf diese Hülsen abgestimmt und besteht aus Löff-

geben sind und über einen Tiefenschlag eine exakte Aufbe-



Abb. 6: Die für die Operation vorbereitete Bohrschablone mit eingearbeiteten Bohrhülsen. Um die Schablone verwindungssteifer zu gestalten und die Zunge aus dem OP-Gebiet fernzuhalten, wurde die Schablone mittels Kunststoff lingual geschlossen.

(Umsetzung und Foto: Labor Bollack, DE-Gaiberg)

reitungstiefe garantieren sollen. Nach dem Einarbeiten der Bohrhülsen (Abb. 6) und Kontrolle der korrekten Achsneigung jeder Bohrhülse konnte die Implantation in Lokalanästhesie durchgeführt werden.

Um möglichst viel keratinisierte Gingiva vestibulär zu erhalten, wurde ein linguale Kieferkammschnitt angelegt, nachdem die Implantatdurchtrittsstellen vorher auf der Schleimhaut durch die Bohrhülsen markiert wurden. Zur Aufbereitung der Implantatkavitäten wurden in die Bohrhülsen (mit einem Durchmesser von 5 mm) die entsprechenden Bohrlöffel des Straumann Guided®-Systems verwendet, welche über eine Durchmesserreduktion die Verwendung von Bohrern in aufsteigender Reihenfolge von 2,2 mm, 2,8 mm, 3,5 mm und 4,2 mm Durchmesser erlaubt. Mesial und lingual der Implantatkavität in Regio 44 wurde der steil aufsteigende Knochenverlauf mittels Kugelfräsen um 2 mm planiert und der im Knochenfilter dabei aufgefangene Knochen für die Augmentation an 45 aufbewahrt. Aufgrund der sehr hohen Kongruenz zwischen Implantatkavität und Implantatdurchmesser ist es vor allem im seitlichen Unterkiefer empfehlenswert, ein Gewinde vor der Implantation zu schneiden. Nach dem Schneiden eines Gewindes wurden in den Regionen 44, 45 und 46 die Implantate bis zum Erreichen der aufbereiteten Tiefe inseriert. In Regio 45 war ein der Planung entsprechender, ca. 0,5 mm hoher Anteil der Implantatbeschichtung nicht knöchern umgeben, sodass in diesem Bereich das mittels Knochenfilter aus Regio 44 gewonnene Knochenmehl dort angelagert werden konnte. Nach dem Nahtverschluss und dem Einbringen der Healingcaps wurde eine Panoramasaufnahme angefertigt: Die Achsneigung der Implantate entsprach der Achsneigung der virtuell geplanten Implantate. Eine hohe Präzision für das coDiagnostiX®-System konnte so bestätigt werden (Abb. 7 und 8). Nach komplikationsloser Wundheilung konnten eine Woche nach OP die Fäden entfernt werden.

Die computergestützte, schablonengeführte Implantologie bietet gegenüber der konventionellen Implantologie Vor- und



Abb. 7: Postoperative Panoramaschichtaufnahme mit den inserierten Implantaten in Regio 44, 45 und 46.

Nachteile. Als Nachteil gilt neben der Entstehung von zusätzlichen Kosten sowie erhöhtem Zeitaufwand in erster Linie die Notwendigkeit einer dreidimensionalen Bildgebung – und damit verbundenen erhöhten Strahlenbelastung. Demgegenüber bietet die computergestützte, schablonengeführte Implantologie den Vorteil, dass nach prothetischen Aspekten die Lageposition von Implantaten hinsichtlich der Knochenverhältnisse gut beurteilt werden können. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Präzision der Systeme. Diesbezüglich konnten Jung et al. (2009) in einem kürzlich erschienenen Review zeigen, dass die Präzision laborgefertigter Schablonen mit einer Abweichung von durchschnittlich 0,74 mm im koronalen Teil und 0,85 mm im apikalen Bereich im Vergleich zur virtuellen Planung als sehr hoch ist. Die Panoramaschichtaufnahme zeigt in unserem Fall eine leichte Lageinkon-

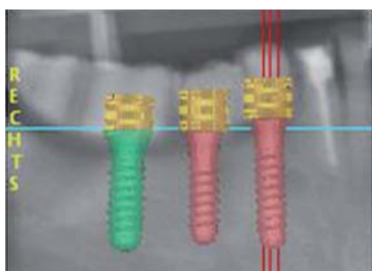


Abb. 8: Die Implantate 44, 45 und 46 in der virtuellen Planung. Im Vergleich zur Implantatposition in der postoperativen Panoramaschichtaufnahme besteht eine hohe Kongruenz (Abb. 7).

gruenz der Implantate im Verhältnis zur virtuellen Planung. Neben der Vereinfachung des operativen Eingriffs bietet die computergestützte, schablonen-navigierte Implantologie den Vorteil, dass neben der hervorragenden Primärstabilität, die aufgrund der genauen Führung der Bohrer resultiert, aus forensischer Sicht eine optimale Dokumentation gewährleistet ist und aufgrund der Berücksichtigung vieler Parameter bei der Planung

etwaige Komplikationen direkt mit dem Patienten bereits vor der Operation besprochen und verständlich visualisiert werden können. Dementsprechend konnte der Patient in dieser Fall-darstellung bereits präoperativ bezüglich der Osteotomie an 44 sowie der Augmentation an 45 aufgeklärt werden.

Insgesamt bietet das coDiagnostiX®-System im Verhältnis zu anderen, auf laborgefertigten Schablonen basierenden Systeme-

den Vorteil, dass die templiX®-Platte mit den drei Titanpins ein schmales Design im Zungenbereich zulässt und durch die Aufnahme von externen Metallpins eine direkte Überprüfung des Datensatzes auf Bewegungsartefakte möglich ist. Die Software bietet eine Vielzahl an Optionen, welche deutlich über die eigentliche Planung hinausgeht und bei Anfängern zu Schwierigkeiten führen kann. Hier bietet sich die Möglichkeit in einem „Easy“-Modus

durch die Software schrittweise geführt zu werden. Besonders vorteilhaft zeigt sich die automatisierte und präzise Erkennung der Titanpins, was für eine hohe Kongruenz zwischen virtueller Planung und reeller Situation eine wichtige Voraussetzung darstellt.

Die zahntechnischen Arbeiten wurden durch das Labor Bol-lack in DE-Gaiberg bei Heidelberg ausgeführt.

DT

ANZEIGE

EMS

Prof. Dr. med. dent. Dr. med. Jörg Thomas Lambrecht
J-Thomas.Lambrecht@unibas.ch
Institutsvorsteher Universitätskliniken für Zahnmedizin

Dr. Sebastian Köhl
sebastian.kuehl@unibas.ch

Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, Radiologie
Hebelstrasse 3
4056 Basel