

Eine prognostizierte, weltweit stetig wachsende Nachfrage nach dentalen Implantaten stellt in den nächsten Jahren für die implantologisch tätigen Ärzte und Zahnärzte sowohl eine große Chance als auch eine verpflichtende Aufgabe dar.⁵ Die Implantatinserterion kann grundsätzlich freihändig, aber auch unterstützt von analog erstellten Positionierungshilfen oder auf 3D-Datensätzen basierenden chirurgischen Schablonen durchgeführt werden. Ebenfalls die Unterstützung durch dynamische Systeme zur Navigation in Echtzeit ist anwendungserprobt.

Andreas van Orten
[Infos zum Autor]



Literatur



Stereolithografisch präfabrizierte chirurgische Schablonen und Brücken

Ein anwenderfreundliches Sofortversorgungskonzept

Andreas van Orten, M.Sc., M.Sc.

Bei den auf 3D-Datensätzen basierenden chirurgischen Schablonen kann zusätzlich noch zwischen den teilweise geführten und den sogenannten „full-guided“-Arbeitsabläufen unterschieden werden, bei denen alle Arbeitsschritte bis hin zur Implantatinserterion mit vertikaler Tiefenkontrolle durch die Schablone erfolgen (Abb. 1). Die Rüstzeiten und die technischen Voraussetzungen für ein dynamisches „Real-time tracking“ haben eine ubiquitäre

Verbreitung dieser Systeme in implantologisch tätigen Praxen bis dato verhindert, währenddessen die technischen Rahmenbedingungen für die statischen Operationsschablonen eine deutlich geringere Hürde darstellen. Als größter Vorteil der dynamischen Systeme gegenüber den statischen Schablonen kann die intraoperative Variabilität betrachtet werden: Eine präoperativ geplante Therapie kann somit noch intraoperativen Modifikationen unterworfen werden,

was bei den statischen Systemen nur eingeschränkt möglich ist.

Die Voraussetzungen für statische, auf 3D-Datensätzen basierende chirurgische Schablonen sind adäquate DVT- oder CT-Aufnahmen des betreffenden Kiefers – unter Umständen in Kombination mit einer Röntgenschablone – und digitale respektive zu digitalisierende analoge Kiefermodelle. Im Idealfall werden diese bereits im Sinne eines Backward Plannings durch den

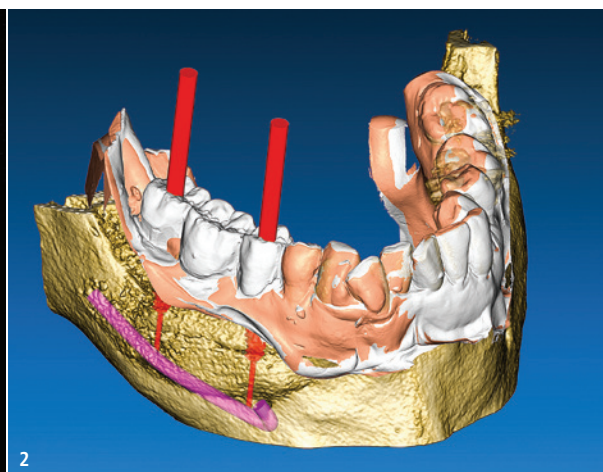


Abb. 1: Chirurgische Schablone mit drei zusätzlichen Ankerpfeinführungshülsen. – **Abb. 2:** Implantatplanung mit digitalem Situationsmodell (braun) und Backward Planning (weiß) des Zahntechnikers.



Abb. 3: Referenzierung der radiologisch und durch einen intraoralen Scan gewonnenen Daten.

Zahntechniker weiterführend bearbeitet („Set-up“ oder „Mock-up“; Abb. 2).

Statische, chirurgische Operationsschablonen

Chronologisch betrachtet, kann folgende Einteilung für statische chirurgische Schablonen als sinnvoll erachtet werden:

1990er-Jahre

In diesen Jahren gab es analoge, oft auf Gipsmodellen im Tiefziehverfahren oder mit autopolymerisierenden Kunststoffen erstellte, arbiträre Schienen, die den Operateur bei der Implantatauswahl, der Findung der korrekten prothetischen Position und der Angulierung der zu inserierenden Implantate unterstützen konnten („Orientierungsschablone“). Für gewöhnlich erfolgte eine zweidimensionale Röntgenaufnahme des Patienten mit eingesetzter Orientierungsschablone, die die Berechnung des vorhandenen vertikalen Knochenangebots durch Referenzkugeln oder -hülsen mit bekannter Länge vereinfachen und bei am gewünschten Implantationsort eingebrachter Hülse die Kontrolle der vorgesehenen Implantatachse zu evaluieren vermochte.

Mitte der 1990er-Jahre

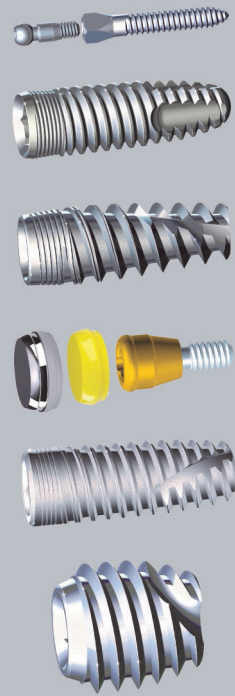
Schablonen, bei denen eine mit Markern bestückte Röntgenschablone unter Zuhilfenahme sogenannter Positionierungsschablone analog zur chirurgischen Schablone umgebaut wurde („Positioner-Schablone“). Zwei der bekanntesten Systeme sind der Positioner X1 der Firma med3D,

der einen Legostein als Referenzierungshilfe verwendete, und der „goniX table“ der Firma coDiagnostiX, bei dem zur Referenzierung Titanhülsen verwendet wurden. Eine dreidimensionale Bildgebung stellte bereits eine *Conditio sine qua non* bei diesem Verfahren dar. Diese Systeme zeichneten sich bereits durch ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit und Übertragungsgenauigkeit aus.⁷

Beginn des neuen Millenniums

Im Jahre 2001 erfolgte durch die Firma Simplant die Vorstellung einer Implantatplanungssoftware, die sowohl bei der Vorplanung als auch der stereolithografischen Herstellung der Schablonen im CAD/CAM-Verfahren eine rein digitale Prozesskette ermöglichte. Dieses Verfahren benötigt detektierbare Oberflächenreferenzpunkte (z. B. markante, zuordnungsfähige Stellen an Zähnen), wenn der Patient ohne weitere Hilfsmittel wie Röntgenschablonen der dreidimensionalen radiologischen Untersuchung zugeführt wird. Der radiologische Datensatz sollte zur Verbesserung der Ergebnisqualität möglichst immer mit einem sogenannten STL-Datensatz überlagert werden, da auf diesem Wege eine verbesserte Passung der chirurgischen Schablonen erreicht wird (Abb. 3).¹²

Der STL-Oberflächendatensatz kann auf zweierlei Wegen akquiriert werden. In der direkten Akquise erfolgt ein intraoraler Scan und bei der indirekten Technik erfolgt auf labortechnischem Wege eine Digitalisierung des Abdrucknegativs oder eines Kiefermodells. In den Fällen, in denen eine Referenzierung



KOSTENGÜNSTIG & FAIR:
Implantat-Preise von 42,- bis 95,- €

**KOMPATIBEL ZU
FÜHRENDEN
IMPLANTAT-SYSTEMEN**

Compatible with **exocad** 3shape

HI-TEC IMPLANTS
Kompetent & flexibel.
Internationale Erfahrung
seit über 25 Jahren.
Große Auswahl an
prothetischen Elementen.

HI-TEC IMPLANTS
Vertrieb Deutschland
Michel Aulich
Veilchenweg 11 / 12
26160 Bad Zwischenahn
Telefon: 00 49 - 44 03 - 53 56
Fax: 00 49 - 44 03 - 93 93 929
Mobil: 00 49 171 - 60 80 999
e-Mail: michel-aulich@t-online.de
www.hitec-implants.de

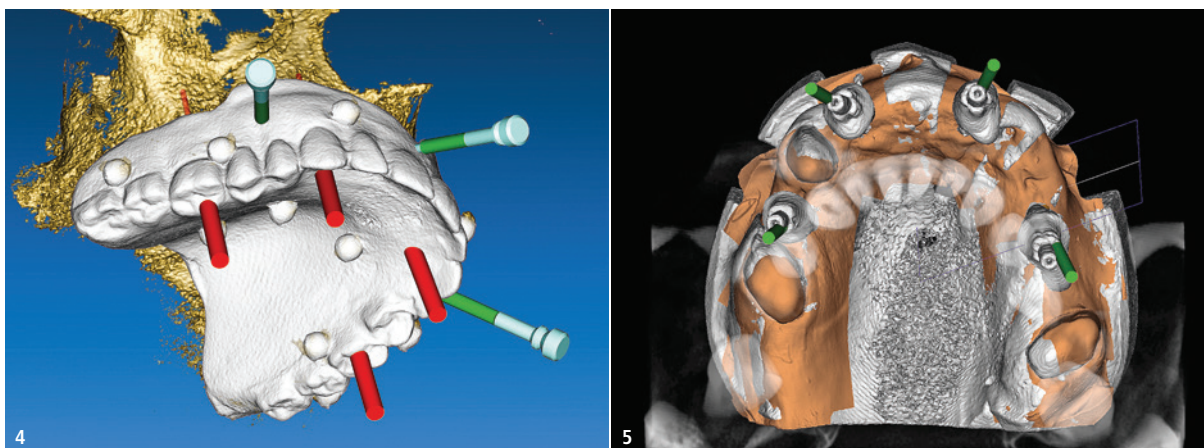


Abb. 4: Referenzierung der virtualisierten Röntgenshablone mit der DVT des Patienten. – **Abb. 5:** Darstellender Vergleich der virtuell geplanten Implantatachse (grün) zur in realiter erfolgten Implantatachse (weiß).

durch metallische Artefakte oder dem Fehlen einer ausreichenden Anzahl von Zähnen nicht möglich erscheint, wird auch bei dieser Technik der Einsatz einer Röntgenshablone mit detektionsfähigen Markern notwendig respektive eine metallfreie totalprothetische Versorgung zu einer Röntgenshablone reversibel modifiziert. Die Marker sollten so in die Shablone oder metallfreie Prothetik eingearbeitet werden, dass sie außerhalb von zu erwartenden Strahlenartefakten detektierbar sein werden und nicht in der habituellen Schlussbisssituation stören. Die Positionierung des Patienten mit eingesetzter Röntgenshablone oder modifiziertem totalen Zahnersatz bei geschlossenem Mund und unter Zuhilfenahme von extraoralen Positionierungshilfen im Röntgengerät (z.B. Stirn-, Schläfen- und Nasenstützen) hat sich praktisch bewährt, da die spätere chirurgische Shablone – vor allem auch, wenn diese über Ankerpins fixiert werden soll – dann ebenfalls bereits über die Schlussbisssituation arbi-

trär in die korrekte Position gebracht werden kann.

Anders als bei den Positioner-Schienen, bei denen die Röntgenshablone selbst zur OP-Shablone umgebaut wird, erfolgt bei dieser sogenannten „Doppelscan“-Technik eine zweite radiologische dreidimensionale Bildgebung der Röntgenshablone selbst unter Zuhilfenahme eines speziellen Schablonenhalterereinsatzes, der für gewöhnlich von allen DVT-Herstellern als Zubehörartikel erworben werden kann („Scanschablonenhalter“).

Der zweite DICOM-Datensatz wird im Weiteren zu einem digitalen STL-Oberflächendatensatz umgewandelt und sodann mit dem ersten DICOM-Datensatz des Patienten mit eingesetzter Shablone unter Zuhilfenahme der in der Röntgenshablone eingebauten Röntgenreferenzmarker zueinander in Beziehung gesetzt.

Auf diesem Wege kann auch bei unbezahnnten Patienten oder in stark durch Röntgenartefakte kompromittierten Situationen eine schleimhautgetragene

chirurgische Shablone mit einer guten Passung akquiriert werden (Abb. 4).

Neben der chronologischen Einteilung ist auch eine Einteilung nach Art der Schablonenlagerung sinnvoll. Man unterscheidet zwischen:

- zahngetragenen Schablonen
- schleimhautgetragenen Schablonen
- knochengetragenen Schablonen

In Einzelfallkasuistiken ist auch die Positionierung von Schablonen unter Zuhilfenahme vorhandener oder provisorischer Implantate beschrieben worden. Diese sind bezüglich ihrer Genauigkeit wahrscheinlich am ehesten den zahngetragenen Schablonen zuzuordnen. Betrachtet man die Übertragungsgenauigkeit der virtuellen Implantatplanung zur in realiter erfolgten Implantatposition, erfolgt durch zahngetragene Schablonen im Allgemeinen eine genauere Platzierung als durch schleimhaut- oder knochengetragene Schablonen.^{1,2,8} Diese Daten konnten auch für das an dieser Stelle folgende vorgestellte System durch den Autor bestätigt werden (Abb. 5).

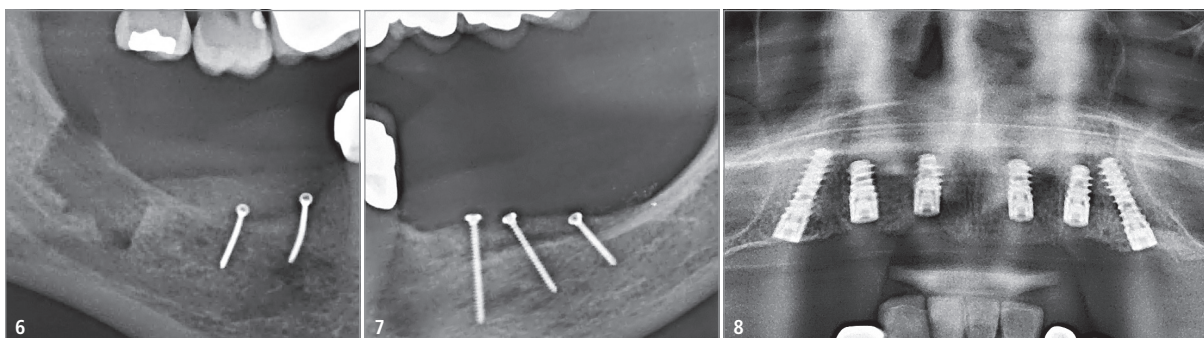


Abb. 6: Piezochirurgisch entnommener retromolarer Block nach Transplantation in Regio 46. – **Abb. 7:** Im CAD/CAM-Verfahren hergestellter allogener Knochenblock in Regio 36–34 transplantiert. – **Abb. 8:** Zwischen 17° und 35° abgewinkelte Implantate, um augmentative Maßnahmen zu vermeiden.

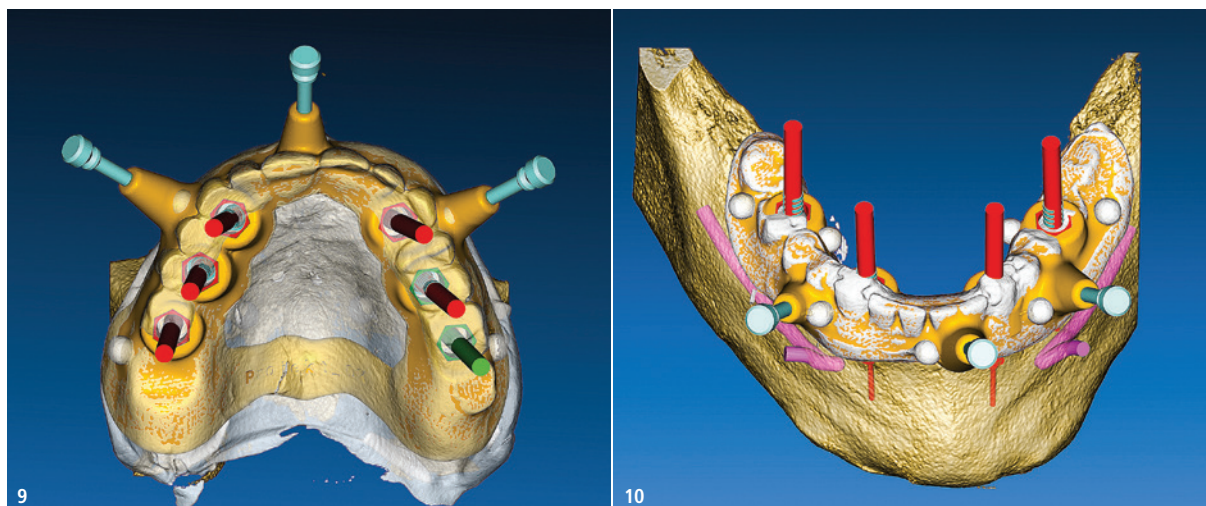


Abb. 9 und 10: Fusionierter Datensatz des Ober- und Unterkiefers.

Schablonen zur retromolaren Knochenblockentnahme

2015 konnte von Luca De Stavola erfolgreich dargestellt werden, dass die Herstellung von knochengetragenen Schablonen zur sicheren retromolaren Blockentnahme unter Zuhilfenahme der gleichen grundlegenden Technologien praktikabel und sicher ist.^{3,4}

Als Variante der von Khoury entwickelten retromolaren Knochenblockentnahme erfolgen die Sägeschnitte mit piezochirurgischen Instrumenten anstelle von freihandgeführten rotierenden Instrumenten („Safe-cut“; Abb. 6).

CAD/CAM von allogenen Knochenblöcken

Planungsprogramme zur Herstellung von chirurgischen Schablonen zur 3D-datengestützten Insertion von Implantaten oder auch zur Knochenblockentnahme können teilweise auch zur Erstellung von allogenen Knochentransplantaten genutzt werden. Das „Proof-of-Concept“ dieser Technik wurde 2013 von Schlee und Rothamel veröffentlicht (Abb. 7).⁹

Vorteile für den Patienten und das behandelnde Team

Bereits im Jahre 2006 konstatierte Fortin, dass Patienten in hohem Maße bezüglich der zu erwartenden Schmerzsensationen von schablonenunterstützten Eingriffen unter Verzicht auf klassi-

sche Lappenpräparationen („flapless“) profitieren können.⁶ Dies ist jedoch bis heute ein Thema der Debatte und kann nicht für alle Indikationen als allgemeingültig für alle implantologischen Eingriffe erklärt werden. Vielmehr scheint es so, dass eine Vielzahl begleitender Faktoren, zum Beispiel seien augmentative Maßnahmen genannt, gerade auch bei umfangreicheren Eingriffen Einfluss nehmen.¹⁰

Lediglich bei zahnlosen Patienten besteht der Konsens, dass diese in Bezug auf postoperative Schmerzsensationen durch minimalinvasive, lappenlose Implantationen unter Zuhilfenahme statischer, auf 3D-Daten gestützter chirurgischer Schablonen (S-3DCS) im Vergleich zu klassischen Lappenpräparationen profitieren können.

Dessen ungeachtet kann der Implantologe, selbst wenn dieser über eine mehrjährige Erfahrung mit einer hohen Anzahl von inserierten Implantaten verfügt, häufig von einer verkürzten Operationsdauer und bezüglich der Implantatpositionierung vor allem von einer auf die Planung bezogenen besseren Übertragung der Implantatangulierung profitieren.¹¹ Es könnte deshalb geschlussfolgert werden, dass bei der Planung angulierter Implantate mit winkelausgleichenden prothetischen Aufbauten der Gebrauch einer statischen, auf 3D-Daten gestützten chirurgischen Schablone (S-3DCS) für gewöhnlich empfohlen werden kann – besonders, wenn die Implantatinsertion in geeigneten Fällen lappenlos erfolgen soll (Abb. 8).

Wichtige Limitationen

Auch wenn im Allgemeinen unter idealen Voraussetzungen Übertragungsgenauigkeiten häufig im Submillimeterbereich reproduziert werden können, besteht die Empfehlung, einen Sicherheitsabstand zu relevanten und gefährdeten Strukturen im OP-Feld von mindestens zwei Millimetern einzuhalten. Bei der virtuellen Planung der Implantatpositionen ist es häufig schwierig, die mukogingivale Grenzlinie sicher zu detektieren. Es sollte Sorge dafür getragen werden, dass sich die Implantatposition innerhalb der keratinisierten Schleimhaut befindet, wenn eine lappenlose Insertion erfolgen soll. Beim Gebrauch einer Stanze ist deshalb möglichst darauf zu achten, dass sich die Wundränder konsekutiv nicht außerhalb der keratinisierten Schleimhaut befinden. Im Falle eines geringen transversalen Angebots an keratinisierter und fixierter Schleimhaut – wie es häufig bei Spätimeplantationen im posterioren Unterkiefer vorgefunden wird – sollte eine Verschiebung des Gewebes präferiert werden.¹²

Fallpräsentation

Ein 83-jähriger, männlicher Patient mit eingeschränktem Allgemeinzustand (COPD, Hypertonus, adäquat eingestellter Diabetes Typ II) und unter bestehender Antikoagulantientherapie (ASS 100, eine Tablette/Tag) stellte sich mit dem Wunsch in der Implan-

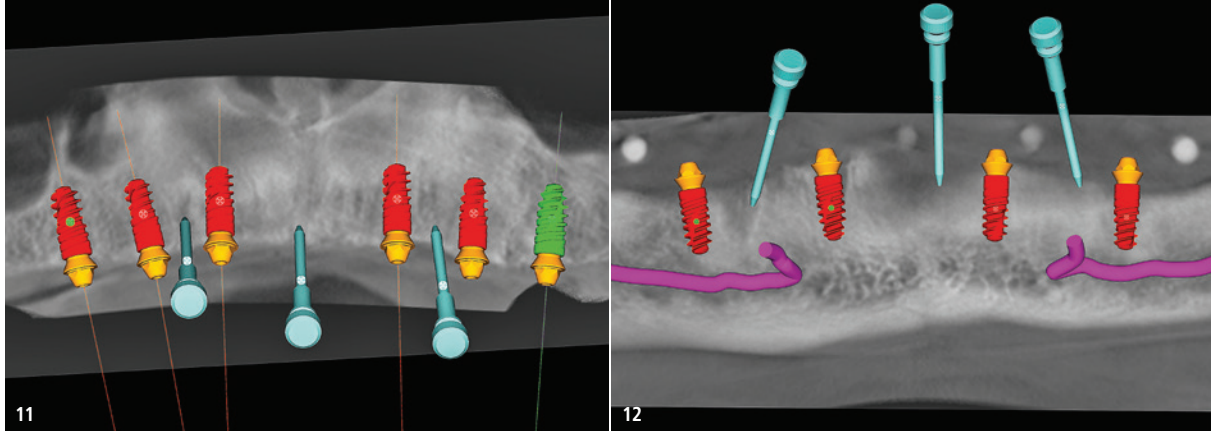


Abb. 11 und 12: Chirurgische Planung im Ober- und Unterkiefer mit Ankerpins.

tatsprechstunde vor, seine totalprothetischen Versorgung zu optimieren und wenn möglich, eine gaumenfreie Versorgung im Oberkiefer anzustreben. Sowohl eine festsitzende als auch eine herausnehmbare prothetische Lösung erschienen ohne größere Hürden umsetzbar. Die bessere Reinigungsfähigkeit einer durch den Patienten selbst zu entfernenden Suprakonstruktion führte zur folgenden Planung: zunächst eine festsitzende langzeitprovisorische Versorgung mit konsekutiver steggetragener Prothetik nach abgeschlossener Einheilphase.

Die virtuelle Planung der Implantatinsertion erfolgte unter Zuhilfenahme der MAGELLAN X-Software, die es ermöglichte, sowohl die originären Röntgen- und Oberflächendaten als auch die Daten der ästhetischen Anproben und der zu erstellenden Operationsschablonen zu fusionieren (Abb. 9 und 10).

Das knöcherne Angebot und auch das Vorhandensein eines suffizienten Weichgewebes in Bezug auf Keratinisierung und befestigter Schleimhaut ermöglichte eine Operationsplanung ohne hart- oder weichgewebliche Augmentationsnotwendigkeit sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer (Abb. 11 und 12).

Präoperativ erfolgte die Anprobe der chirurgischen Schablonen. Es ist vor-

teilhaft, wenn diese eine okklusale Abstützung an mindestens drei möglichst weit voneinander entfernten Punkten erfahren, um eine Stabilisierung bei der Ankerpinfixierung in habitueller Schlusssbissituation zu ermöglichen (Abb. 13). Ist dies nicht möglich, sollte eine sorgfältige manuelle tri- oder quadranguläre Positionierung erfolgen. Bei der virtuellen Ausrichtung der Ankerpinführungen profitieren der Patient und auch der Behandler von einer guten Erreichbarkeit der Führungen mit einem Winkelstück. Eine Traumatisierung der Mundwinkel und sich untereinander störende Hülsenführungen der Schablonen sollte vermieden werden.

Die Implantatbettpräparation erfolgte in beiden Kiefern ohne Lappenbildung und nach den empfohlenen Bohrprotokollen. Insetiert wurden ICX-ACTIVE-MASTER-Implantate in den Breiten 3,75 und 4,1 mm mit einer Länge von 10 mm, wobei alle Implantate ein Eindrehmoment größer als 35 Ncm und radiofrequenzanalytische Werte jenseits des Schwellenwerts von 65 für eine Sofortversorgung erreichten. In den Fällen, in denen sich ein zu hohes Eindrehmoment erwarten ließ, erfolgte ein teilweise mehrfaches Hinaus- und wiederum Hereindrehen des Implantats, womit bei konischen Implantaten häufig im Sinne der Anwendung von

Dehnschrauben das Erreichen eines gewünschten Eindrehmoments arbiträr angenähert werden kann. Da keine Planung des Alveolarkamms erfolgte, resultierten Insertionstiefen von Bone Level-Niveau bis zu einer subkrestalen Platzierung von 2 mm, um eine ausreichende periimplantäre Knochenbreite zu gewährleisten (Abb. 14). Bei tiefer oder angulierter Insertion kann konsekutiv eine selektive Knochenabtragung mit einem selbstzentrierendem „Bone Profiler“ erfolgen, um eine Kollision der Abutments mit knöchernen Überhängen und eine korrekte Positionierung der Abutments zu gewährleisten.

Da keine Angulation der Implantate erfolgte, wurden als Intermediärstrukturen ausschließlich gerade Abutments (ICX-Multi Abutment) in den Höhen 3 bis 5 mm mit einem Drehmoment von 30 Ncm eingebracht. Die langzeitprovisorische Versorgung erfolgte mit präfabrizierten PMMA-Suprakonstruktionen („Smile Bridge“), die durch das Labor mit gingivafarbenen Kompositen individualisiert wurden (Abb. 15 und 16). Um etwaige Übertragungsungenauigkeiten auszugleichen und einen „passive fit“ zu gewährleisten, erfolgte eine intraorale adhäsive Befestigung der auf den Multi-Abutments verschraubten Tertiärstrukturen (Multi-Prothetikaufbau; Abb. 17) unter Zuhilfenahme von

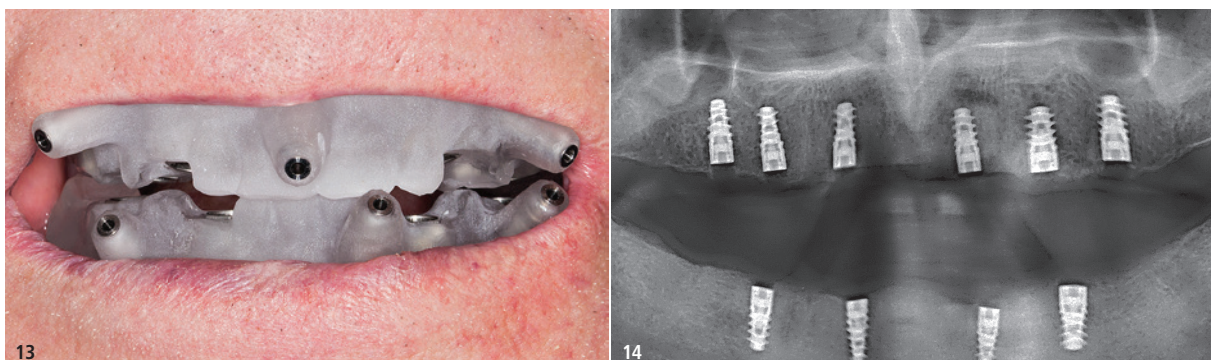


Abb. 13: Chirurgische Magellan-Schablonen vor Ankerpinfixierung in situ. – **Abb. 14:** Postoperative Röntgenkontrolle.

Abb. 15: Präfabrizierte und individualisierte PMMA-Suprakonstruktion für den Oberkiefer. – **Abb. 16:** Ansicht von dorsal mit Perforationen für die Klebefugen. – **Abb. 17:** Multi-Prothetikaufbauten in situ. – **Abb. 18:** Intraoral verklebte PMMA-Suprakonstruktion. – **Abb. 19:** Definitive Versorgung in situ.

PMMA-Primer und dualhärtenden Befestigungskompositen (ICX-ROYAL Base; Abb. 18). Die Ausarbeitung (Kürzung der Prothetikaufbauten, Auffüllung von Blasen und Fehlstellen mit ICX-ROYAL Dentin, Politur) erfolgte extraoral und wurde vor der Eingliederung durch eine weitere Kauflächenmodifikation nach einer Kieferrelationsbestimmung komplettiert. Für den Verschluss der Schraubkanäle empfiehlt sich für gewöhnlich die Kombination von Teflonband und lichterhärtenden Füllungskompositen.

Fazit

Im Regelfall lässt sich auf diese Weise bei guter Vorplanung innerhalb einer kurzen Zeitspanne ein für den Patienten kosmetisch und funktionell sehr guter langzeitprovisorischer Zahnersatz herstellen, der bei ausreichender Primärstabilität der Implantate als Sofortversorgung genutzt werden kann.

Durch den Einsatz von Multi-Abutments wird auch die darauffolgende Rekonstruktionsphase für die definitive Versorgung vereinfacht und für den Patienten komfortabel, da nicht mehr auf Implantat-, sondern auf Schleimhautniveau weitergearbeitet werden kann. Ebenso kommt auch das unter vielen Behandlern Zustimmung findende „One abutment at one time“-Konzept zur Anwendung, was unter knochenprotektiven Aspekten als sinnvoll erachtet werden kann. Eine Unterstützung des Patienten bei der Reinigung und Pflege der festsitzenden langzeitprovisorischen Versorgung sollte möglichst engmaschig eingeplant werden und kann bei guter Compliance und Geschicklichkeit dann individuell angepasst werden.

Im hier dargestellten Fall erfolgte die definitive Versorgung (Abb. 19) nach einer unkomplizierten Einheilphase nach vier Monaten durch CAD/CAM-gefertigte Stegversorgungen.

Kontakt



Andreas van Orten, M.Sc., M.Sc.

Dortmunder Straße 24–28
45731 Waltrop
mail@zahnaerzte-do24.de
www.zahnaerzte-do24.de

