

# Die navigierte Implantation unter Verwendung einer knochengestützten Operationsschablone

Ein Fallbericht

Schlüsselwörter: navigierte Implantation, knochengestützte Operationsschablone, Stereolithografie, CAD/CAM

**ECKART TEUBNER<sup>1, 2</sup>**  
**DENNIS ROHNER<sup>3</sup>**  
**ALEXANDER DEAK<sup>1</sup>**  
**ANDREAS LORENZON<sup>1, 4</sup>**  
**CARLO P. MARINELLO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien, Universitätskliniken für Zahnmedizin, Universität Basel

<sup>2</sup> Privatpraxis, Langenthal

<sup>3</sup> Cranio Faciales Centrum (cfc), Hirslanden Medical Center, Aarau

<sup>4</sup> Dentaltechnik Lorenzon bei Pietrobon & Michel, Zürich

**Korrespondenzadresse**

Eckart Teubner, Dr. med. dent.  
 Oberassistent, Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien  
 Universitätskliniken für Zahnmedizin, Universität Basel  
 Hebelstrasse 3, CH-4056 Basel  
 Tel. +41 61 267 26 36  
 Fax +41 61 267 26 60  
 E-Mail: eckart.teubner@unibas.ch



**Bild oben:** Stereolithographisch hergestellte Bohrschablonen für die Implantation und Modell der Mandibula im Operationsbereich

**Zusammenfassung** Bei geringem Knochenangebot oder in der Nähe von wichtigen anatomischen Strukturen bietet die navigierte Implantation im Vergleich zum konventionellen Implantationsvorgehen eine erhöhte Sicherheit. Auf der Basis einer dreidimensionalen Röntgendiagnostik ist eine virtuelle Implantation möglich, welche zum Beispiel mittels stereolithografisch hergestellter Implantationsschablonen klinisch umgesetzt werden kann. Die Genauigkeit der klinischen Umsetzung der Implantationsplanung ist neben systembedingten Fehlerquellen wie der Auflösungsgenauigkeit und Gewebedetektierung von der Positionierung der Schablone abhängig. Neben rein schleimhautgetragenen Schablonen besteht die Möglichkeit der Abstützung auf Zähnen, Implantaten oder direkt auf dem Knochen. Durch die unterschiedliche Lagestabilität dieser Schablonen können Ungenauigkeiten bei der

Implantatinsertion auftreten, die klinisch besonders nahe wichtiger anatomischer Strukturen eine Kontraindikation des Vorgehens ergeben können.

Anhand einer Falldokumentation wird die Implantation für eine festsitzende Rekonstruktion eines jüngeren Patienten dokumentiert, bei dem alio loco die verbliebene Dentition extrahiert und die zahnlosen Kiefer auf je zwei Implantaten abnehmbar prothetisch therapiert wurden. Aufgrund des Patientenwunsches nach einer festsitzenden Versorgung mussten zusätzliche Implantate als Rekonstruktionsfundament inseriert werden. Die Implantation erfolgte im Oberkiefer mit einer laborgefertigten, konventionellen Implantationsschablone und im Unterkiefer aufgrund des geringen Knochenangebotes mit einer knochengestützten Implantationsschablone.

## Einleitung

Bei Patienten mit ausgeprägten Resorptionen des Processus alveolaris ist für Implantationen eine sorgfältige Diagnostik notwendig. Gerade in Grenzsituationen stellt sich die Frage, wie die diagnostische Planung möglichst genau klinisch umgesetzt werden kann. Neben der Sicherheit bei operativen Eingriffen – wie dem Schutz von anatomischen Strukturen – können aufwendige Augmentationsverfahren unter Umständen umgangen werden.

Von der Implantation ohne Hilfsmittel, der konventionellen Implantation unter Orientierung an laborgefertigten Schablonen bis zur navigierten Implantation auf der Basis einer virtuellen Planung stehen dabei verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Implantationsschablonen können sich auf der Schleimhaut, den Zähnen, den Implantaten und/oder auf dem Knochen abstützen. Bedingt durch die Nachgiebigkeit und Verschieblichkeit der Schleimhaut kann die Präzision der Implantation mittels einer schleimhautgestützten Implantationsschablone als zu unsicher eingestuft werden. Zahn-, implantat- und/oder knochengestützte Schablonen garantieren eine eindeutigere und stabilere Positionierung im Vergleich zu schleimhautgelagerten Schablonen (DI GIACOMO ET AL. 2005; VAN ASSCHE ET AL. 2007; ERSOY ET AL. 2008).

In der vorliegenden Falldokumentation wird die Planung und Implantation eines zahnlosen Patienten mittels einer ungeführten, schleimhautgelagerten, laborgefertigten Implantationsschablone im Oberkiefer und einer geführten, knochengestützten, stereolithografisch gefertigten Implantationsschablone im Unterkiefer aufgezeigt. Die Extraktion der Restdentition und die Insertion von je zwei Implantaten pro Kiefer wurden alio loco durchgeführt. Mit den beiden abnehmbaren Prothesen war der Patient aus funktionellen, ästhetischen und psychischen Gründen nicht zufrieden (DEBOER 1993). Sein Wunsch war eine feststehende implantatgetragene Rekonstruktion in beiden Kiefern.

## Hauptanliegen des Patienten

Der Patient konnte sich an die angefertigte abnehmbare Rekonstruktion nicht adaptieren. Dies insbesondere auch, weil



Abb. 1 Porträt des Patienten bei Behandlungsbeginn. Die Bisshöhe der prothetischen Rekonstruktion ist zu hoch, der Mundschluss wirkt erzwungen.

ihm vorgängig alio loco sämtliche Zähne teilweise aus parodontalen Gründen – teilweise unnötig – extrahiert worden waren. Besonders im Beruf waren ihm die Ästhetik und der mangelhafte Halt der Versorgung peinlich. Weiterhin störte ihn das «viele Material» im Mund sowie die Randgestaltung der Prothesen. Eine feststehende Rekonstruktion war sein primärer Behandlungswunsch. Da der Patient sich als äusserst ängstlich einschätzte, wollte er zudem operative Eingriffe wie Implantationen oder Augmentationen nur unter Vollnarkose durchgeführt haben (HASHEM ET AL. 2006).

## Medizinische und zahnmedizinische Anamnese

Der 43-jährige Patient war in einem guten Allgemeinzustand. Neben einer Pollenallergie war der Patient gesund. Er hatte sich alio loco vor zwei Jahren mit einer zwar sanierungsbedürftigen, jedoch zum grossen Teil erhaltungswürdigen Restdentition vorgestellt. Trotzdem waren sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer die Extraktion aller Zähne und die Insertion von insgesamt vier Implantaten erfolgt. Die Totalprothesen wurden an je zwei Locator implant attachments verankert.

## Klinische Befunde

### Befund extraoral

Das untere Gesichtsdrittel wirkte aufgrund der gewählten Bisshöhe dominant, sonst lag eine harmonische Gesichtsform vor (Abb. 1). Die vestibuläre Randgestaltung führte zu einer Aufwölbung der Weichteile.

### Befund intraoral

Die oralen Schleimhäute waren reizlos (Abb. 2/3). Die Implantate wiesen keine Beweglichkeit auf. Im Unterkiefer lagen vestibulär die ersten zwei Schraubenwindungen der Implantate frei. Die Implantate waren im Halsbereich komplett mit Plaque belegt, was auf die schlechte Mundhygiene des Patienten zurückgeführt werden konnte.

### Röntgenologischer Befund

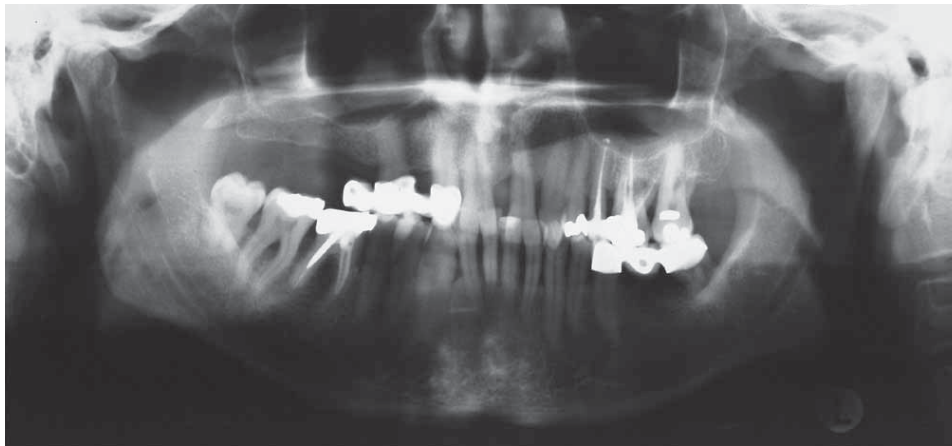
In der vor zwei Jahren angefertigten Panoramaschichtaufnahme war eine dental und parodontal sanierungsbedürftige Restdentition erkennbar, welche aber zum überwiegenden Teil erhaltungswürdig erschien (Abb. 4). In der Röntgenaufnahme



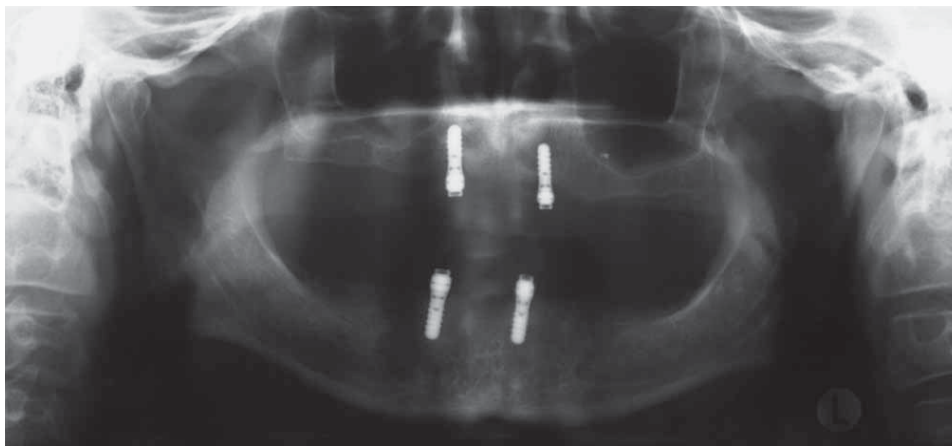
Abb. 2 Die Mundhygiene wird als ungenügend eingestuft. Die Implantate weisen Plaque und Konkreme auf. Besonders im Unterkiefer liegen die Implantatoberflächen und -windungen bis zu 3 mm – ausgehend von der Implantatschulter – frei.



**Abb. 3a/b** Zwei Implantate (Straumann Standard Implantate) pro Kiefer wurden alio loco sofort nach der Extraktion eingesetzt. Mittels zweier Locator implant attachments wird jeweils die Prothese retiniert.



**Abb. 4** Panoramaschichtaufnahme, die vor der prothetischen Versorgung angefertigt wurde. Alio loco erfolgte eine Räumung im Ober- und Unterkiefer mit anschließender Insertion von zwei implantatreinierten totalen Prothesen.



**Abb. 5** Panoramaschichtaufnahme zu Behandlungsbeginn.

zwei Jahre später war der Patient zahnlos, die Extraktionsalveolen waren abgeheilt und verknöchert (Abb. 5). Am Boden der linken Kieferhöhle war röntgenologisch eine punktförmige Verschattung sichtbar, was vermutlich auf eine überstopfte Wurzelkanalfüllung zurückzuführen war. Besonders im Oberkiefer-Seitenzahnbereich war ein geringes vertikales Knochenangebot erkennbar.

### Beurteilung der prothetischen Versorgung

Die 1,5-jährigen totalen Prothesen zeigten eine künstliche Zahnstellung mit sehr hellen Prothesenzähnen und eine Basisgestaltung aus opakem Kunststoff (Abb. 6/7). Der Patient hatte

in seiner natürlichen Dentition ein Diastema zentrale, welches er sich in der prothetischen Versorgung wieder wünschte. Die Basisausdehnung der Prothese war als inadäquat zu beurteilen. Besonders im Randbereich bestand eine Überkontur mit scharfen Kanten, welche sich auf den Weichteilen abzeichnete. Der Halt der Prothesen wurde aufgrund der Retention an den Implantaten mittels der Locator implant attachments subjektiv und objektiv als gut eingeschätzt.

### Diagnose

Zahnloser Patient, welcher mit je einer totalen, implantatreinierten abnehmbaren Prothese im Ober- und Unterkiefer





**Abb. 6** Der Patient ist mit zwei implantatretinierten Totalprothesen ohne Gerüstverstärkung versorgt. Jeweils zwei Matrizen des Locator implant attachments sind einpolymerisiert. Der Patient ist aus funktionellen, ästhetischen und psychischen Gründen mit der Prothese unzufrieden.



**Abb. 7** Der Prothesenrand ist bezüglich der Länge, Dimension und Gestaltung als insuffizient zu beurteilen. Besonders im Unterkiefer ist eine flache Randgestaltung, welche die Weichteile aufwirft, erkennbar.



8)



9)

**Abb. 8/9** Die CT-Schablone wurde durch Doublieren einer neuen provisorischen Prothese mit durchsichtigem Kunststoff hergestellt. Röntgendichte Marker aus Tetric® Flow sind zur späteren Detektion durch die Planungssoftware angebracht.

rekonstruiert war. Es bestand eine mundhygienebedingte Mukositis mit lokaler Periimplantitis an allen Implantaten.

## Prognose

Zu Behandlungsbeginn konnte dem Patienten eine festsitzende Rekonstruktion, welche von verschiedenen Faktoren abhängig ist, nicht versprochen werden (ZITZMANN & MARINELLO 1999). Neben einem ausreichenden Knochenangebot für die Insertion der Implantate muss insbesondere im Oberkiefer diagnostisch abgeklärt werden, ob der Patient sich phonetisch an den Wegfall der Gaumenbedeckung bei der festsitzenden Rekonstruktion adaptieren kann. Weiterhin muss evaluiert werden, ob bei einer festsitzenden Rekonstruktion ein Diastema zwischen den beiden mittleren Frontzähnen technisch realisierbar ist.

## Behandlungsablauf

### Diagnostische Vorbehandlung

Im Rahmen der diagnostischen Vorbehandlung wurden neue totale Prothesen im Ober- und Unterkiefer angefertigt. Dabei wurde die Bisshöhe gesenkt, die Randgestaltung optimiert und die Zahnaufstellung natürlicher gestaltet. Ein Diastema im Frontzahnbereich wurde auf Wunsch des Patienten etabliert. Nach einer Adaptationszeit von zwei Monaten wurden die

neuen Prothesen zu Röntgenschablonen doublert und diese zur Detektion aus den DICOM-Daten mittels der Computersoftware mit röntgenopaken Markern aus Tetric® Flow versehen (Abb. 8/9). Es wurde jeweils eine Computertomografie vom Patienten (mit inserierten Röntgenschablonen) und den beiden Röntgenschablonen alleine angefertigt. Zur eindeutigen Positionierung der Röntgenschablonen wurde ein Bissregistriert (Coltoflax®) angefertigt, welches dem Patienten für die Computertomografie eingesetzt wurde (Abb. 10).

### Auswertung der Computertomografie

Die DICOM-Daten der Computertomografie wurden zur Diagnostik und Planung in die Procera®-Software eingelesen. Für eine Implantation im Oberkiefer bestand im Seitenzahngebiet besonders vertikal (Klasse V) und im Frontzahngebiet horizontal (Klasse IV) ein sehr geringes Knochenangebot (CAWOOD & HOWELL 1988). Deshalb sollte eine beidseitige Sinusaugmentation durchgeführt werden. Über eine nötige horizontale Augmentation im Frontzahnbereich sollte intraoperativ befunden werden.

Im Unterkiefer bestand anterior ein spitz zulaufender Knochenkamm (anterior und posterior Klasse IV) (CAWOOD & HOWELL 1988). Dieser sollte im Rahmen der Implantation reduziert werden. Mittels der Computersoftware diagnostisch gesetzte Implantate zeigten einen geringen Abstand zur lin-



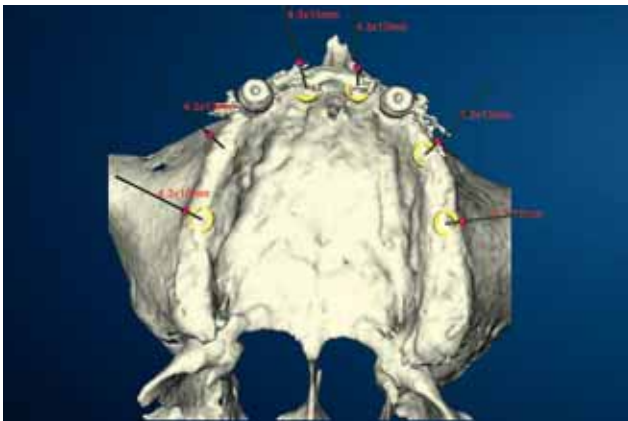
**Abb. 10** Zur Durchführung der Computertomografie sind die Röntgenschablonen intraoral positioniert und die korrekte Lage zueinander mit einem Splint aus Coltoflax® gesichert. Dieser Splint wurde zuvor im Artikulator hergestellt.

gualen Knochenwand der Mandibula sowie zum N. alveolaris inferior. Eine Implantation mittels einer ungeführten oder einer schleimhautgestützten Implantationsschablone wurde hier als zu unsicher eingestuft.

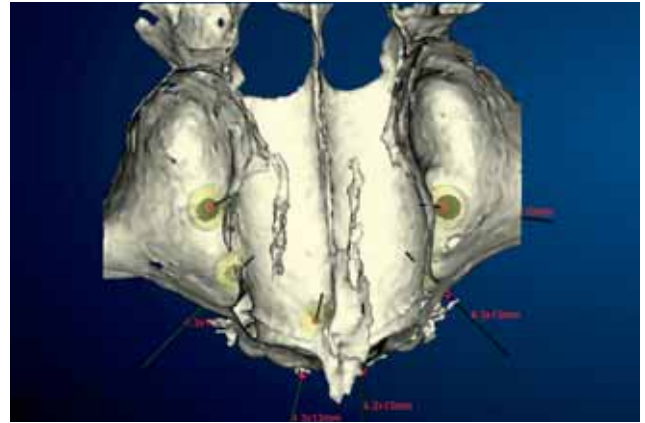
## Planung der Implantationen und Herstellung der Operationsschablonen

### Oberkiefer

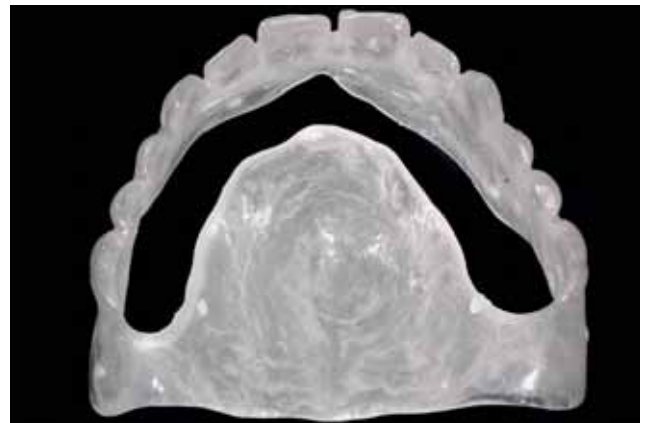
Im Oberkiefer sollte in einem ersten Schritt eine beidseitige externe Sinusaugmentation durchgeführt werden. Im Anschluss war die Insertion von sechs Implantaten (jeweils zwei im Front- und im Seitenzahnbereich) (Straumann® Bone Level Implantate) geplant (Abb. 11/12). Da aufgrund der geplanten Augmentation das endgültige Volumen des Knochens noch nicht bekannt war, sollte für eine maximale Flexibilität eine offene ungeführte Operationsschablone, verbunden mit der intraoperativen Auswahl der Implantate, verwendet werden. Als Operationsschablone wurde die bestehende Röntgenschablone umgearbeitet. Dazu wurde der Kunststoff im Bereich der prospektiven Implantatpositionen weggeschliffen, wobei die bukkale Kontur der Zähne an der Schablone zur Orientierung belassen wurde (Abb. 13).



**Abb. 11** Im Oberkiefer wird mittels der ProCera®-Software eine Planung der Implantation durchgeführt. Zusätzlich zu den bereits alio loco inserierten Implantaten sollen sechs Implantate (jeweils zwei im Front- und im Seitenzahnbereich) inseriert werden.



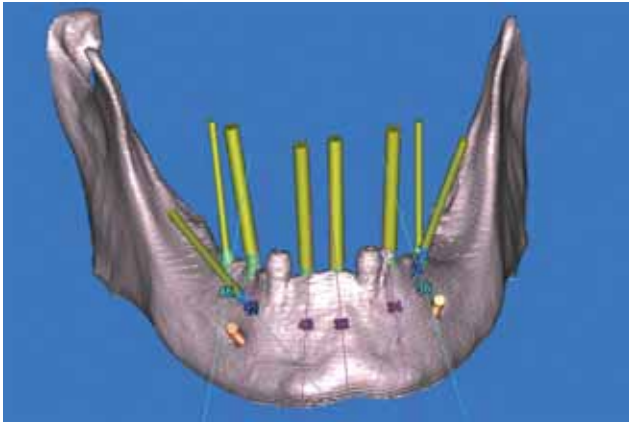
**Abb. 12** Das Knochenangebot ist horizontal und vertikal besonders im Seitenzahnbereich als zu gering zu beurteilen. Im Oberkiefer soll deshalb eine beidseitige Sinusaugmentation mit gleichzeitiger Implantation stattfinden.



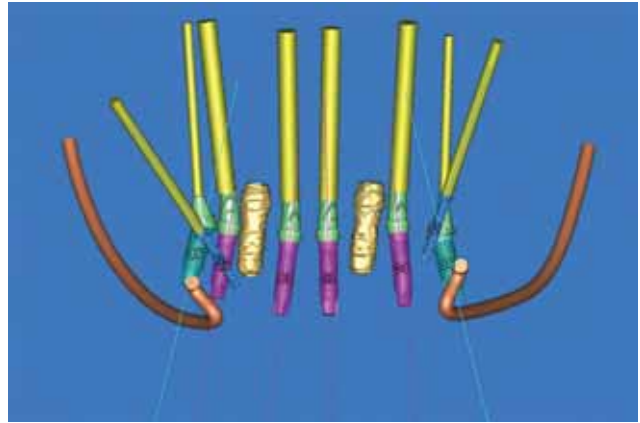
**Abb. 13** Die Implantation soll unter Orientierung an der diagnostischen Aufstellung erfolgen. Dazu wird die Röntgenschablone zur Operationsschablone umgearbeitet.

### Unterkiefer

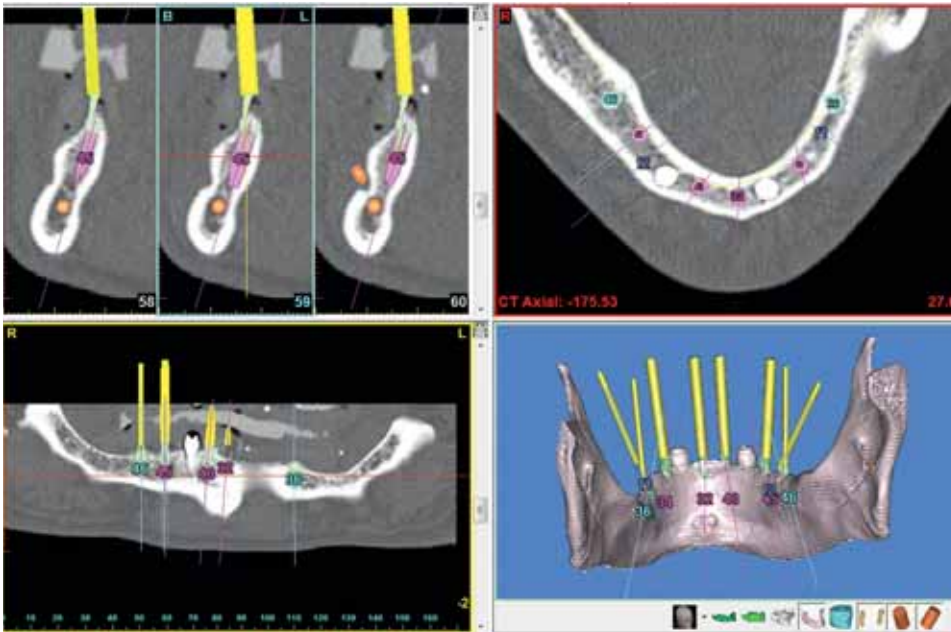
Im Unterkiefer sollten wie im Oberkiefer sechs zusätzliche Implantate (ebenfalls jeweils zwei im Front- und im Seitenzahnbereich) unter Belassen der bestehenden zwei Implantate inseriert werden. Eine Knochenaugmentation war nicht geplant. Wegen des geringen Knochenangebotes sollte eine knochengestützte Implantationsschablone verwendet werden. Dazu wurden die DICOM-Daten in die Simplant-Pro-12.02-Software eingelesen. Die optimalen Implantatlängen und -durchmesser (NanoTite™-Implantate) wurden in den jeweiligen Regionen ausgewählt (regio 36 (Ø 4 mm, Länge 11,5 mm), regio 34, 32 und 43 (jeweils Ø 3,25 mm, Länge 13,0 mm), regio 45 (Ø 3,25 mm, Länge 11,5 mm) und regio 46 (Ø 4 mm, Länge 11,5 mm) und in der Software virtuell platziert (Abb. 14–16). Auf der Basis dieser Planung wurde eine knochengestützte Schablone durch den Computer konstruiert (Abb. 17). An dieser Schablone wurden zwei Fixationsschrauben zur späteren Befestigung am Knochen positioniert. Bei der Endprüfung zur Möglichkeit der Produktion der Schablone kam eine Fehlermeldung, da die zwei Implantate im Frontzahnbereich zu nah beieinander platziert wurden. Aufgrund des Durchmessers der Bohrhülsen war die Herstellung einer Implantationsschablone nicht möglich, weshalb zwei knochengestützte Implantationsschablonen hergestellt wurden. Diese Konstruktionsdaten wurden online



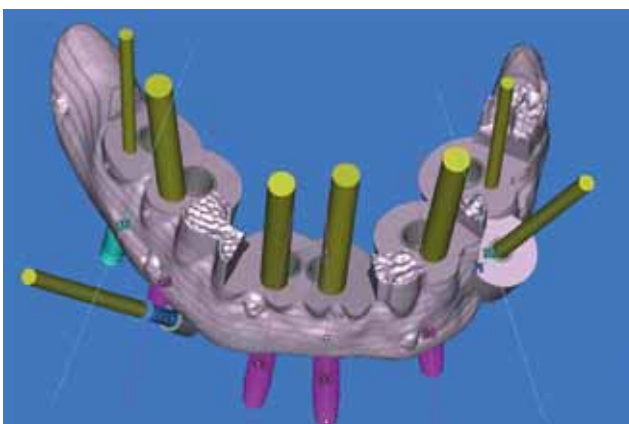
**Abb. 14** Im Unterkiefer werden sechs Implantate geplant. Die Platzierung erfolgt mittels der SimPlant-Pro-12.02-Software subkrestal, da ein sehr schmaler Knochenkamm besteht. Dieser soll intraoperativ reduziert werden.



**Abb. 15** Lagebeziehung der Implantate zum N. mandibularis und zu den anderen Implantaten.



**Abb. 16** Die geplanten Implantate haben beidseits zum Teil einen geringen Abstand zum Canalis mandibularis und zur lingualen Knochenwand der Mandibula. Das Risiko einer Abweichung besonders im apikalen Bereich der Implantate wird mit einer schleimhautgelagerten Operationsschablone als zu gross eingeschätzt. Eine knochengelagerte Operationsschablone wird geplant.



**Abb. 17** Konstruierte Implantationsschablone. Im anterioren Bereich sind die Implantate zu nah lokalisiert, sodass nicht alle Implantate mit der gleichen Schablone inseriert werden können.



**Abb. 18** Zwei knochengelagerte Schablonen zur Insertion der Implantate werden stereolithografisch hergestellt.

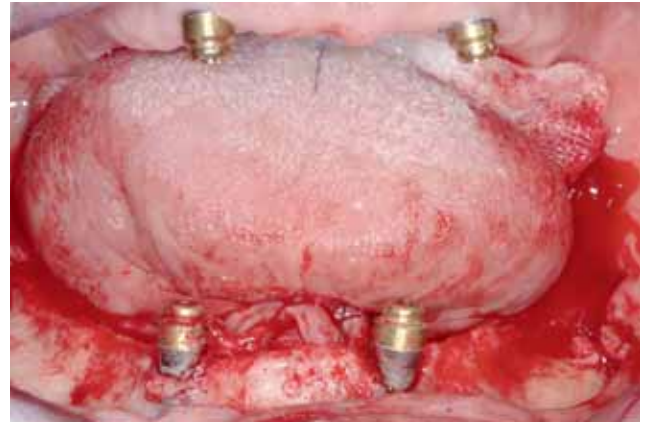
an die Firma Materialise dental übermittelt, welche nach einer zusätzlichen internen Prüfung die zwei Schablonen stereolithografisch erstellte. Nach einer Produktionszeit von zwei

Wochen wurden die beiden Implantationsschablonen geliefert (Abb. 18). Zusätzlich wurde ein Modell der Mandibula im Bereich der geplanten Implantationsorte (Abb. 19) und ein Chi-





**Abb. 19** Weiterhin wird ein stereolithografisch hergestelltes Modell der anterioren Mandibula, worauf die beiden Implantationsschablonen aufgesetzt werden können, geliefert.



**Abb. 21** Zuerst erfolgt die Implantation im Unterkiefer. Nach der Darstellung der Mandibula im Bereich der geplanten Implantate sind die freiliegenden Windungen der alio loco inserierten Implantate sichtbar.

urgieplan geschickt, welcher die Verwendung und Abfolge der Instrumente (z. B. Bohrer, Anschläge, Einbringpfosten ...) und damit die Position der Implantate definierte (Abb. 20). Die beiden Bohrschablonen konnten auf dem Modell der Mandibula eindeutig stabil positioniert werden.

Der operative Eingriff sollte auf Wunsch des Patienten unter Vollnarkose in einem Eingriff erfolgen. Zuerst waren die Implantationen mit den beiden Schablonen im Unterkiefer und anschliessend die Implantationen verbunden mit den beiden Sinusaugmentationen im Oberkiefer geplant.

### Operativer Eingriff – Unterkiefer

Nach einer krestalen Inzision erfolgte die Darstellung des Alveolarfortsatzes von regio 37–47 (Abb. 21). Die linguale Mukoperiostlappen der rechten und linken Seite wurden mit einer Naht in der Mitte zusammengehalten. Der scharf auslaufende Alveolarkamm wurde mit der Knochen-Knapperzange nach Luer reduziert. Die Knochenspäne wurden für die spätere Augmentation gesammelt. Die knochengestützte Implantationsschablone liess sich eindeutig reponieren und wurde mit Fixationsschrauben stabilisiert (Abb. 22–24). Zuerst wurden die Implantatbohrungen in regio 34 und 45 durchgeführt. Dazu wurden die verschiedenen Bohrer und Gewindeschneider mit den entsprechenden Einsätzen laut Chirurgieprotokoll verwendet (Abb. 25). Die Insertion der Implantate erfolgte mit im Durchmesser und in der Länge definierten Einbringpfosten (Abb. 26). Im Anschluss wurden die übrigen Implantate in der Reihenfolge regio 46, 36 und 32 eingebracht (Abb. 27). Nach

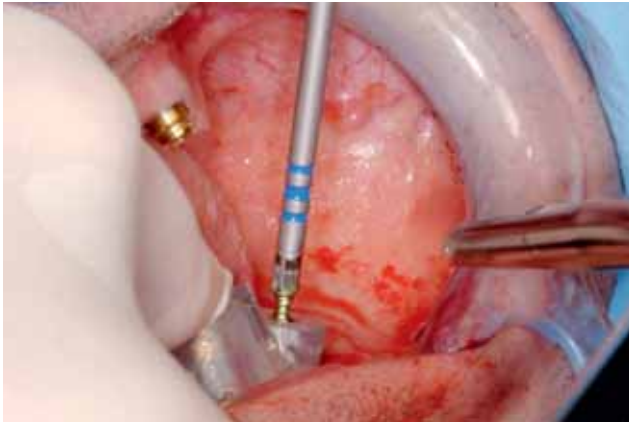


**Abb. 22** Die erste Operationsschablone kann eindeutig auf der Knochenoberfläche positioniert werden.

dem Lösen der Einbringpfosten und Fixationsschrauben wurde die Schablone entfernt. Auch die zweite Operationsschablone liess sich eindeutig positionieren und in den gleichen Bohrungsstellen mit den Fixationsschrauben befestigen (Abb. 28). Nach der dem Bohrprotokoll entsprechenden Aufbereitung wurde das Implantat regio 32 inseriert. Nach Lösen des Einbringpfostens und der Fixationsschrauben wurde die Bohrschablone entfernt (Abb. 29). Da eine geschlossene Einheilung angestrebt wurde, konnten die Implantate mit Deckschrauben

Implant Label	46	45	43	32	34	36
Implant Reference Code	NIOSS411	NIOSM311	NIOSM313	NIOSM313	NIOSM313	NIOSS411
Planned implant diameter (mm)	4	3.25	3.25	3.25	3.25	4
Planned implant length (mm)	11.5	11.5	13.0	13.0	13.0	11.5
Implant Placement						
Depth Line	(2)	(2)	(3)	(3)	(3)	(2)
Tissue Punch	4	4	4	4	4	4
Starter Drill	4	3	3	3	3	4
Drill / Handle	2(B)/1	2(B)/1	2(C)/1	2(C)/1	2(C)/1	2(B)/1
Drill / Handle	3(B)/2	2.75(B)/1	2.75(C)/1	2.75(C)/1	2.75(C)/1	3(B)/2
Drill / Handle	/	/	/	/	/	/
Tap	4	3	3	3	3	4
Implant Mount	4(2)	3(2)	3(3)	3(3)	3(3)	4(2)
Bone Profiler	4	3	3	3	3	4
Analog Placement						
Analog Mount	4(2)	3(2)	3(3)	3(3)	3(3)	4(2)
Analog Type	IILA20	IMMILA	IMMILA	IMMILA	IMMILA	IILA20

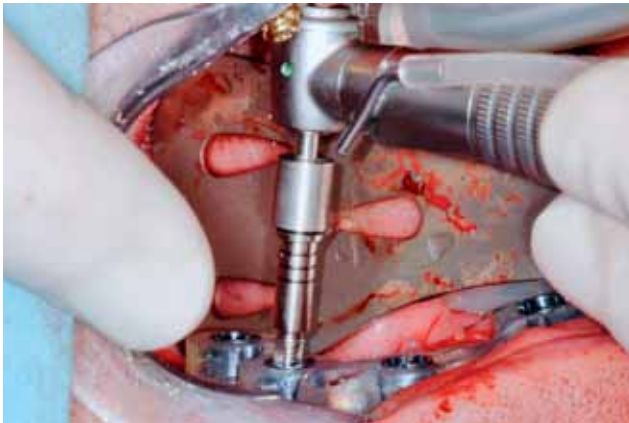
**Abb. 20** Zusätzlich zu den Implantationsschablonen wird auf der Basis der Planung ein Chirurgieprotokoll festgelegt, welches neben den Implantaten die genaue Auswahl und Abfolge der Bohrer, Einsätze und Einbringpfosten zur Implantatinsertion festlegt.



**Abb. 23** Nach einer Vorbohrung werden zwei Fixationsschrauben eingebracht.



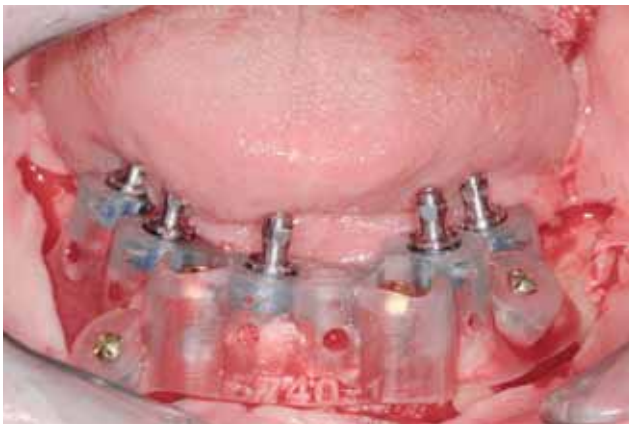
**Abb. 24** Die Schablone ist auf der Knochenoberfläche lagestabil fixiert.



**Abb. 25** Durch die Operationsschablone erfolgt die Aufbereitung der Implantationsorte mittels des durch die Planung vorgegebenen Aufbereitungsprotokolls.



**Abb. 26** Die Implantate werden unter Führung der Operationsschablone eingebracht. Sie stabilisieren somit gleichzeitig die Operationsschablone für die Insertion der folgenden Implantate.



**Abb. 27** Nach Einbringen der ersten fünf Implantate werden die Einbringpfosten und die Fixierungsschrauben gelöst und die Implantationsschablone entnommen.



**Abb. 28** Zum Einbringen des letzten Implantates wird die zweite Schablone auf den Knochen aufgesetzt und in den gleichen Bohrungen mit zwei Fixationsschrauben befestigt.

verschlossen werden. An den beiden früher inserierten Implantaten regio 33 und 43 wurde nach einer Spülung mit Ringerlösung bukkal im Bereich der freiliegenden Windungen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss® Kollagen) angebracht und dieser Aufbau mit einer resorbierbaren Membran (Bio-Gide® Membran) abgedeckt. Nach Lösen der Fixationsnaht der zusammengehaltenen lingualen Lappen wurde ein Wundverschluss mit Einzelknopfnähten durchgeführt (Abb. 30).

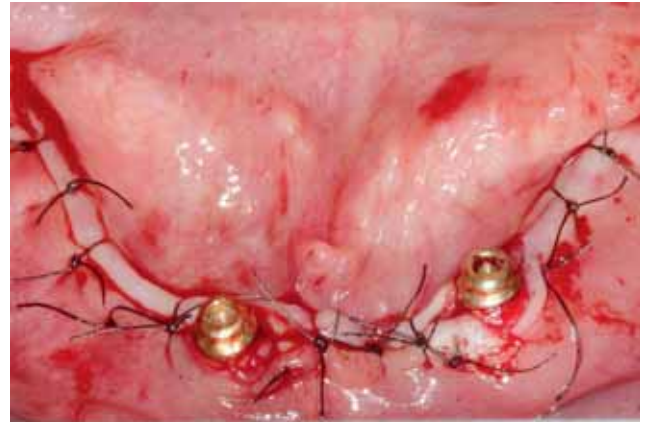
#### Operativer Eingriff – Oberkiefer

Nach einer krestalen Inzision wurden der Alveolarfortsatz und die bukkale Kortikalis des Oberkiefers von regio 17–27 dargestellt (Abb. 31). Beidseits wurde ein Knochenfenster zur Kieferhöhle unter Schonung der Schneider'schen Membran präpariert und nach medial eingeklappt (Abb. 32). Zuerst wurden unter Orientierung an der schleimhautgelagerten Bohrschablone zwei Implantate in regio 11 und 21 inseriert (Abb. 33/34).





**Abb. 29** Trotz des geringen Knochenangebotes ist keine Perforation der bukkalen oder lingualen Knochenwand erfolgt. Im anterioren Bereich ist die Lage der Implantatschultern leicht subkrestal.



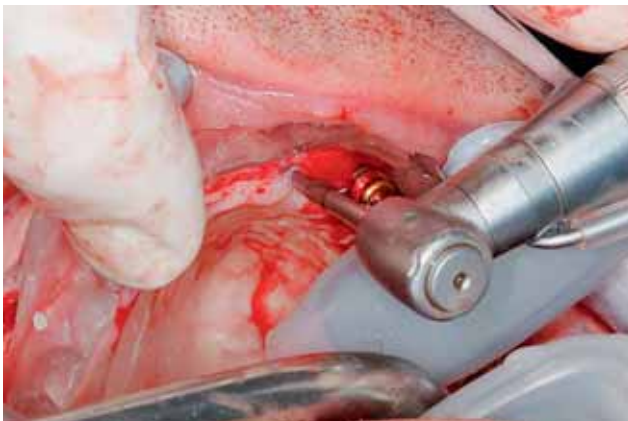
**Abb. 30** Im Bereich der freiliegenden Implantatoberflächen besonders bukkal wird eine Augmentation aus Knochenersatzmaterial (Geistlich Bio-Oss® Kollagen) und eine Abdeckung mit einer Membran (Geistlich Bio-Gide® Membran) durchgeführt. Abschliessend erfolgt der primäre Wundverschluss mittels Einzelknopfnähten.



**Abb. 31** Im Oberkiefer wird der Knochen für die Implantationen und zur Durchführung der beidseitigen Sinusaugmentation dargestellt.



**Abb. 32** Auf beiden Seiten wird ein laterales Fenster für die Sinusaugmentation präpariert und die Schneider'sche Membran mobilisiert.



**Abb. 33** Unter Orientierung an der Operationsschablone werden die Implantate inseriert.



**Abb. 34** Bei der Rückkontrolle ist die korrekte Lagebeziehung der Implantate zur Operationsschablone und damit zur diagnostischen Aufstellung sichtbar.

Anschliessend wurden die Implantatbohrungen im Seitenzahnbereich ebenfalls unter Orientierung an der Bohrschablone aufbereitet. Knochenersatzmaterial vermischt mit Eigenknochen wurde in die Kieferhöhle eingebracht und die

Implantate inseriert (Abb. 35). Die Öffnungen der Kieferhöhle wurden mit einer resorbierbaren Membran (Bio-Gide® Membran) abgedeckt und der Wundverschluss mit Einzelknopfnähten durchgeführt (Abb. 36).



Abb. 35 Nach Insertion der Implantate und dem beidseitigen Sinuslift werden die Einbringpfosten entfernt.



Abb. 36 Der Bereich des lateralen Fensters wird mit einer resorbierbaren Kollagenmembran (Geistlich Bio-Gide® Membran) abgedeckt und der primäre Wundverschluss mittels Einzelknopfnähten durchgeführt.

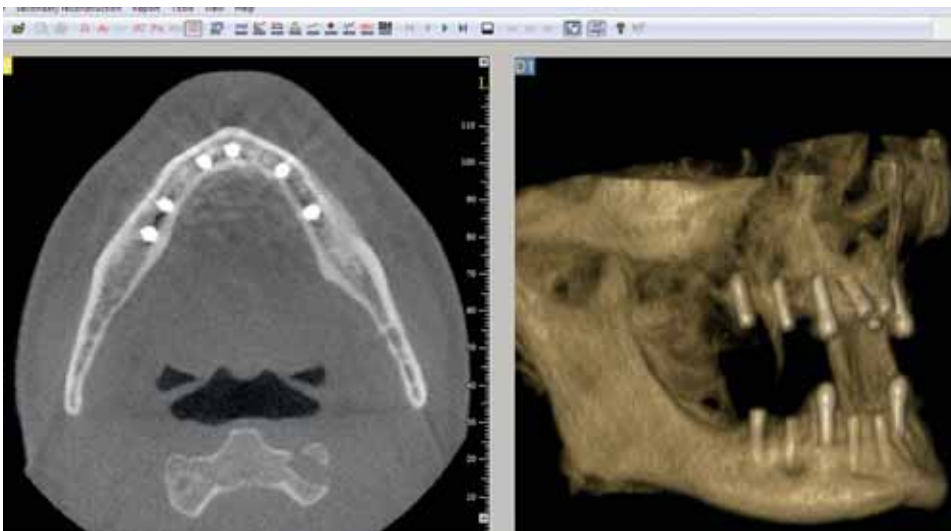


Abb. 37 Im postoperativen Volumentomogramm sind alle Implantate röntgenologisch wie geplant im Knochen verankert.

## Nachsorge

Der Patient wurde am selben Tag nach Hause entlassen. Für die analgetische und antiphlogistische Therapie wurde Mefenacid (Ponstan®, 4×500 mg tgl.) und für die antibiotische Therapie Amoxicillin mit Clavulansäure (Augmentin®, 3×625 mg tgl. für sieben Tage) verschrieben. Während der ersten postoperativen Tage sollte der Patient möglichst oft kühlende Wickel oder Kompressen verwenden. Ab dem ersten postoperativen Tag wurde der Patient angewiesen, mit Chlorhexidin (Drossadin® 0,1%) während 30 Sekunden zweimal täglich zu spülen. Die Hälfte der Fäden wurde nach einer Woche, die restlichen Fäden nach zwei Wochen entfernt. Nach einer Prothesenkarrenzzeit von zwei Wochen wurden die Prothesen direkt weich unterfüttert (GC SOFT-LINER). Im postoperativen Volumentomogramm konnten alle Implantate wie geplant lokalisiert werden (Abb. 37).

## Diskussion

Beim beschriebenen Patienten wurde zwei Jahre vor Behandlungsbeginn eine zum Teil erhaltungswürdige Dentition alio loco entgegen den üblichen zahnärztlichen ethischen und fachlichen Grundsätzen entfernt (JOHN R. WILLIAMS 2007; MAIO 2009). Die Möglichkeit der festsitzenden Rekonstruktion auf

Zähnen wurde somit vergeben. Funktionell und ästhetisch adaptierte sich der vergleichsweise junge Patient in der Folge nicht an die zum Teil mangelhaft ausgeführte totalprothetische Rekonstruktion. Weiterhin litt der Patient psychisch unter dem Gedanken, eine abnehmbare «Totalprothese» tragen zu müssen. Er wollte wieder eine festsitzende Versorgung. Die zwei bereits inserierten Implantate sollten zur Stabilisierung der provisorischen Versorgung und eventuell nach der Reevaluation mit in die definitive Rekonstruktion einbezogen werden.

Mittels der DICOM-Daten der Computertomografie kann mit verschiedenen Softwareanbietern eine virtuelle Planung von operativen Eingriffen am Computer durchgeführt werden. So ist bereits bei der Planung unter Beachtung wichtiger anatomischer Strukturen die optimale Auswahl der Implantate möglich (JACOBS ET AL. 1999). Gerade bei geringem Knochenangebot soll mit dieser Technik die maximal mögliche Verankerung von Implantaten im Knochen ausgeschöpft werden. Insbesondere bei Implantationen ohne Lappenbildung kann mittels geführter Schablonen die Voraussagbarkeit der Implantatposition und damit die Sicherheit erhöht werden (SARMENT ET AL. 2003; VAN DE VELDE ET AL. 2008). Die Planung von Augmentationen, Verlagerung von Knochensegmenten und deren Berücksichtigung bei der prospektiven Implantatposition ist zusätzlich mit gewisser Planungssoftware möglich (KANNO ET AL. 2008).



Die Umsetzung der diagnostischen Planung in die Implantation wird mit verschiedenen Hilfsmitteln möglich. Neben der konventionellen Implantation, welche zusätzlich mit laborgefertigten Schablonen oder navigierten Instrumenten unterstützt werden kann, besteht auf der Basis einer virtuellen Implantationsplanung die Möglichkeit der Fertigung von geführten Implantationsschablonen. Diese Schablonen können sowohl auf der Mukosa, auf Zähnen, Implantaten oder auf dem Kieferknochen direkt abgestützt werden (VAN STEENBERGHE ET AL. 2002; LAL ET AL. 2006b). Systembedingte Ungenauigkeiten entstehen u.a. durch die limitierte Auflösung und entsprechende Detektierung der unterschiedlichen Hart- und Weichgewebe in den digitalen Datensätzen der Computertomografie sowie durch Fertigungstoleranzen der stereolithografisch hergestellten Schablonen. Die eindeutige Positionierung der Implantationsschablone hat einen grossen Einfluss auf die endgültige Implantatposition. Hier liegt der Vorteil bei zahn-, implantat- oder knochengetragenen Schablonen, da bei schleimhautgelagerten Schablonen bedingt durch die Nachgiebigkeit eine Fehlerquelle im Millimeterbereich auftreten kann (VAN STEENBERGHE ET AL. 2003; DI GIACOMO ET AL. 2005). Eine erhöhte Nachgiebigkeit oder ein ausgeprägter Schlotterkamm können eine Kontraindikation für schleimhautgelagerte Schablonen darstellen.

Auch in der vorliegenden Falldokumentation bestand im anterioren Bereich des Unterkiefers ein Schlotterkamm, verbunden mit einem reduzierten horizontalen und teils vertikalen Knochenangebot. Eine schleimhautgestützte Implantationsschablone wurde deshalb als zu unsicher eingestuft. Die Abstützung auf den vorhandenen Implantaten wurde wegen der ungenauen Detektierung dieser Elemente aus den Daten des Computertomogramms verworfen. Ein zusätzlicher optischer Scan eines Gipsmodells und die Überlagerung mit den DICOM-Daten hätte erfolgen müssen. Aus diesen Gründen wurde eine knochengestützte Implantationsschablone gewählt (TARDIEU ET AL. 2003). Die stereolithografisch gefertigte Schablone liess sich ohne eine Adaptation nach der Darstellung der entsprechenden Bereiche der Mandibula eindeutig positionieren. Eine Perforation der bukkalen oder lingualen Knochenwand durch die Implantate konnte klinisch ausgeschlossen werden, eine Sensibilitätsstörung trat postoperativ nicht auf (GREENSTEIN ET AL. 2008).

Die Information der Implantatposition ist durch die Lage der Bohrhülsen in Kombination mit den entsprechenden Einsätzen und Bohrern determiniert. Bei der verwendeten Bohrschablone sind diese Bohrhülsen 5 mm in der Höhe und die Bohrhülsen bzw. die entsprechenden Einsätze 0,2 mm weiter im

Durchmesser als der zu verwendende Bohrer. Dabei soll die mögliche Abweichung der definitiven Implantatposition zur virtuell geplanten weniger als 5° betragen (LAL ET AL. 2006a).

Die Einheilung der Implantate erfolgte reizlos. Nach zwei Monaten sollen die Implantate im Unterkiefer freigelegt und zuerst provisorisch versorgt werden (Abb. 38/39). Die Belastung der Implantate im Oberkiefer – insbesondere im Bereich der Augmentationen – soll nach einer Einheilzeit von sechs Monaten erfolgen. Mit einer provisorischen festsitzenden Versorgung soll die Adaptation und Zufriedenheit des Patienten vor der definitiven Rekonstruktion evaluiert werden (THOMASON ET AL. 2007).

## Verwendete Materialien

- Augmentin® (GlaxoSmithKline AG, Münchenbuchsee, Schweiz)
- Coltoflax® (ColtèneWhaledent GmbH + Co. KG, Langenau, Deutschland)
- Drossadin® 0,1% (Drossapharm AG, Arlesheim, Schweiz)
- GC SOFT-LINER, GC Reline™ Hard (GC Europe N.V., Leuven, Belgien)
- Geistlich Bio-Oss® Spongiosa Granulat, Geistlich Bio-Oss® Kollagen, Geistlich Bio-Gide® Membran (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Schweiz)
- Locator implant attachment (Zest Anchors, Escondido, USA)
- NanoTite™ – Implantate (BIOMET 3i, Palm Beach Gardens, Florida, USA)
- Palapress® clear (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland)
- Ponstan® (Pfizer AG, Zürich, Schweiz)
- ProCera® Software (Nobel Biocare AG, Zürich-Flughafen, Schweiz)
- SimPlant Pro 12.02 (Materialise Dental NV, Leuven, Belgien)
- Straumann® Bone Level Implantate (Institut Straumann AG, Basel, Schweiz)
- Tetric® Flow (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)

## Summary

TEUBNER E, ROHNER D, DEAK A, LORENZON A, MARINELLO C P: Navigated implant placement using a bone supported CT-guided surgical template – A case report (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 119: 1211–1222 (2009)

Surgical navigation allows precise implant placement and minimizes the risk of interferences with anatomical structures.



**Abb. 38** Klinische Situation nach einer Einheilzeit von zwei Monaten im Ober- und...



**Abb. 39** Unterkiefer. In regio 36 ist die Abdeckschraube des Implantates teilweise sichtbar.

Computerized implant planning based on tomographic data can be clinically realized by surgical templates. These are normally produced by stereo lithographic rapid prototyping. Accurate placement of virtually planned dental implants depends on a precise fabrication and positioning of the surgical template. Bone-, tooth-, implant-, and/or soft tissue-supported surgical templates allow for different micromovements.

This report documents the diagnostics and surgical procedures of implant placement in an edentulous patient. Implant fixed complete dentures in the maxilla and mandible were planned. In the maxilla implants were inserted with the aid of a conventional surgical template. In the mandible a bone supported CT-guided surgical template was used.

## Literatur

- CAWOOD J I, HOWELL R A:** A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 17: 232–236 (1988)
- DEBOER J:** Edentulous implants: overdenture versus fixed. *J Prosthet Dent* 69: 386–390 (1993)
- DI GIACOMO G A, CURY P R, DE ARAUJO N S, SENDYK W R, SENDYK C L:** Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontol* 76: 503–507 (2005)
- ERSOY A E, TURKYILMAZ I, OZAN O, MCGLUMPHY E A:** Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol* 79: 1339–1345 (2008)
- GREENSTEIN G, CAVALLARO J, ROMANOS G, TARNOW D:** Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: a review. *J Periodontol* 79: 1317–1329 (2008)
- HASHEM A A, CLAFFEY N M, O'CONNELL B:** Pain and anxiety following the placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21: 943–950 (2006)
- JACOBS R, ADRIANSENS A, VERSTREKEN K, SUETENS P, VAN STEENBERGHE D:** Predictability of a three-dimensional planning system for oral implant surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 28: 105–111 (1999)
- JOHN R, WILLIAMS P D:** FDI World Dental Federation Dental Ethics Manual. (2007)
- KANNO T, MITSUGI M, SUKEGAWA S, HOSOE M, FURUKI Y:** Computer-simulated bi-directional alveolar distraction osteogenesis. *Clin Oral Implants Res* 19: 1211–1218 (2008)
- LAL K, WHITE G S, MOREA D N, WRIGHT R F:** Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part I. The concept. *J Prosthodont* 15: 51–58 (2006a)
- LAL K, WHITE G S, MOREA D N, WRIGHT R F:** Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part II. A clinical report. *J Prosthodont* 15: 117–122 (2006b)
- MAIO G:** Die Zahnmedizin zwischen Heilkunde und Beauty-Industrie. Zu den ethischen Unzulänglichkeiten des Ästhetik-Booms in der Zahnheilkunde\*. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 119: 49–51 (2009)
- SARMENT D P, SUKOVIC P, CLINTHORNE N:** Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18: 571–577 (2003)
- TARDIEU P B, VRIELINCK L, ESCOLANO E:** Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18: 599–604 (2003)
- THOMASON J M, HEYDECKE G, FEINE J S, ELLIS J S:** How do patients perceive the benefit of reconstructive dentistry with regard to oral health-related quality of life and patient satisfaction? A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 18 Suppl 3: 168–188 (2007)
- VAN ASSCHE N, VAN STEENBERGHE D, GUERRERO M E, HIRSCH E, SCHUTYSER F, QUIRYNEN M, JACOBS R:** Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol* 34: 816–821 (2007)
- VAN DE VELDE T, GLOR F, DE BRUYN H:** A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 19: 66–72 (2008)
- VAN STEENBERGHE D, MALEVEZ C, VAN CLEYNENBREUGEL J, BOU SERHAL C, DHOORE E, SCHUTYSER F, SUETENS P, JACOBS R:** Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 14: 131–136 (2003)
- VAN STEENBERGHE D, NAERT I, ANDERSSON M, BRAJNOVIC I, VAN CLEYNENBREUGEL J, SUETENS P:** A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17: 663–670 (2002)
- ZITZMANN N U, MARINELLO C P:** Treatment plan for restoring the edentulous maxilla with implant-supported restorations: removable overdenture versus fixed partial denture design. *J Prosthet Dent* 82: 188–196 (1999)