

In den letzten Jahren ist die digitale Implantologie einschließlich „Backward Planning“ immer mehr in den Vordergrund gerückt und jeder implantierende Zahnarzt sollte sich zumindest mit diesen Techniken auskennen. Auch die entsprechenden Leitlinien der DGZMK, z.B. zur Versorgung des zahnlosen Oberkiefers, empfehlen diese Planungsform. Diskutiert wird jedoch oft, wie groß die Genauigkeit von Bohrschablonen in der Umsetzung der vorhandenen DICOM-Daten ist.

# Wie ist die Genauigkeit von Bohrschablonen einzuschätzen?

## Eine In-vitro-Untersuchung

Dr. Rolf Vollmer, Dr. Martina Vollmer, ZT Thomas Panthel, ZT Oliver Beckmann

In der Literatur finden sich Zahlen, die Abweichungen bis zu 3 mm von der geplanten Insertionsstelle dokumentieren. Eine Toleranz von bis zu 3 mm ist inakzeptabel. Das blinde Verlassen auf die Bohrschablone kann zu erheblichen Schäden an dem Patienten bzw. dem Knochenlager führen. Auch wenn das sogenannte Backward Planning angewendet wird, sollten periodische „Reality Checks“ durchgeführt werden, um zwischen den einzelnen

Behandlungsgängen festzustellen, ob der „richtige Weg“ eingeschlagen wurde. Gegebenenfalls können in dieser Phase noch Korrekturen vorgenommen werden.

### Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung ist eine In-vitro-Studie. Sie basiert auf einem Modell, das in Fortbildungskursen bei Phantomübungsmodellen verwendet

wird. Bei dem Musterpatienten handelt es sich um eine Oberkiefersituation mit vorhandener Restbeziehung 13, 23 und 27 (Abb. 1). Der Restzahnbestand wurde als extraktionswürdig eingestuft. Es erfolgte eine Planung beruhend auf dem All-on-4®-Konzept nach Paulo Maló. Im vorliegenden Fall wurde mit Screw-Vent®-Implantaten und den RevitaliZe®-Aufbauten (Zimmer Biomet) gearbeitet. Das Konzept hat im Laufe der Jahre diverse Folge-



Abb. 1

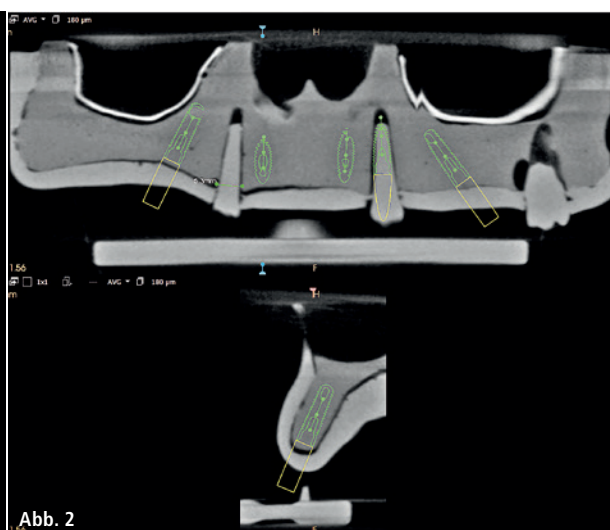


Abb. 2

Abb. 1: Musterfall: Planung für RevitaliZe®. – Abb. 2: Erste Orientierungsplanung mit DVT.

bezeichnungen bekommen, die aus Patentschutzgründen nach der Vorstellung des Systems durch Paulo Maló gewählt wurden.

### Das Prinzip

Das Grundprinzip des All-on-4®-Konzeptes, sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer, beruht darauf, auf dem zur Verfügung stehenden eigenen Restknochen eine Planung für einen verschraubten festen Zahnersatz, getragen von jeweils vier Implantaten pro Kiefer, zu gestalten. Die distalen Implantate werden aus verschiedenen Gründen in einer angulierten Position in den ortständigen Knochen inseriert.

Die Gründe für die Angulation sind wie folgt:

1. Vermeidung von Nerv und Sinus
2. Verwendung längerer Implantate
3. optimale Nutzung des Restknochens ohne Augmentation
4. Gewährleistung einer möglichst distal liegenden Abstützung

### Einschlusskriterien (n. Maló)

- 18 Jahre oder älter
- Patienten in allgemein gutem Gesundheitszustand (ASA-1/ASA-2)
- vollständig zahnloser Kiefer oder Zähne mit einer ungünstigen Langzeitprognose
- ausreichende Knochenhöhe und Dicke für die Platzierung von Implantaten, mindestens 10 mm Länge und 4 mm Durchmesser
- keine Notwendigkeit für Knochenaufbau
- schriftliche Einwilligung des Patienten

### Ausschlusskriterien (n. Maló)

- Vorhandensein einer akuten Infektion an der Implantationsstelle
- hämatologische Erkrankungen
- ernste Probleme der Koagulation
- Erkrankungen des Immunsystems
- unkontrollierte Diabetes-Erkrankung
- Stoffwechselerkrankungen, die den Knochen beeinflussen

- Schwangerschaft oder Stillzeit
- unzureichende Mundhygiene
- geringe Motivation, eine gute Mundhygiene zu halten
- Bestrahlung des Kopf- und Halsbereiches oder Chemotherapie während oder innerhalb der letzten 60 Monate
- schwerer Bruxismus oder Knirschen

### Kriterien für Sofortbelastung

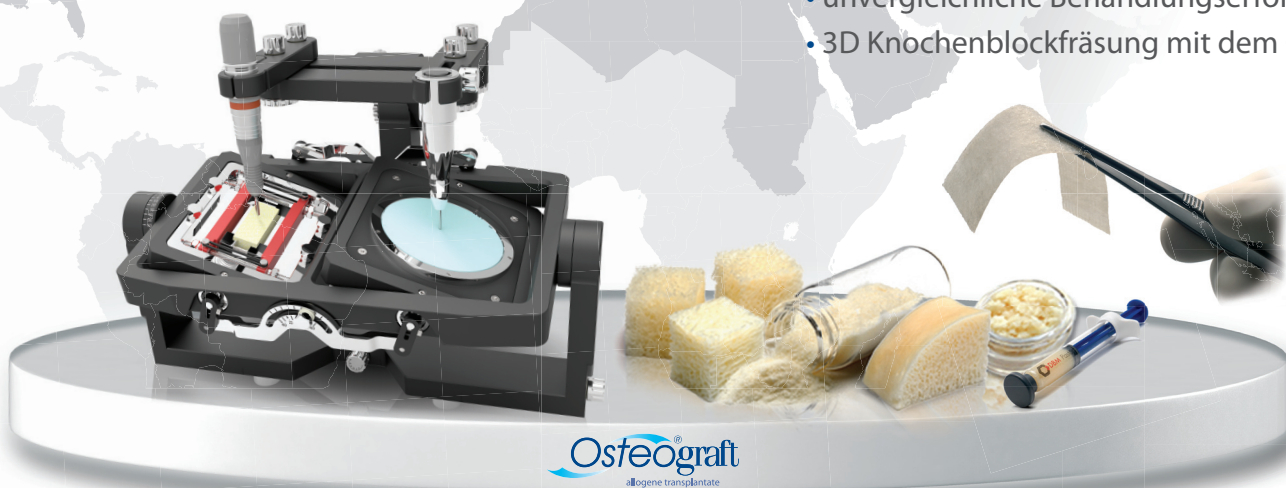
- Sofortbelastung im Unterkiefer ist nicht riskant, wenn eine gute Primärstabilität erreicht wird
- Sofortbelastung im Oberkiefer ist riskant, wenn keine gute Primärstabilität vorhanden ist, z. B. bei schlechter Knochenqualität
- Eindrehmoment Torque = Minimum 35 Ncm
- bei Belastung von angulierten Implantaten im Oberkiefer eher das herkömmliche Protokoll präferieren – falls augmentative Maßnahmen erforderlich sind

ANZEIGE

## Knochenmaterial im Gold-Standard, damit eine OP genügt.

 **IMPLANTS**  
IS OUR BUSINESS

- hohe Sicherheit für Behandler und Patient
- umfangreiches Spenderscreening nach serologischen, sozialen und ethischen Kriterien
- nach AMG zugelassen
- unvergleichliche Behandlungserfolge
- 3D Knochenblockfräsung mit dem Osteograph



**Osteograft**  
allogene transplantate

ARGON Dental

Vertriebs Gesellschaft mbh & Co. KG  
Franz-Kirsten-Str. 1  
55411 Bingen am Rhein

info@argon-dental.de  
www.argon-dental.de  
Tel: 0 67 21/30 96-0

**ispro**  
INSTRUMENTS

**Osteograft**  
allogene transplantate

RAYSCAN  $\alpha$

**ARGON**  
MEDICAL DEVICES & DENTAL IMPLANTS



Abb. 3a



Abb. 3b



Abb. 3c

Abb. 3a–c: Waxaufstellung für Backward Planning.

### Biomechanische Untersuchungen des All-on-4®-Konzepts (C. Bourauel et al. 2013)

- das All-on-4®-Konzept erzeugt in der biomechanischen Belastungssituation hohe Belastungswerte, sowohl für den Knochen als auch für das zahntechnische Gerüst
- das zahntechnische Gerüst ist ausreichend stabil zu wählen
- für einen weichen bzw. noch nicht ausreichend regenerierten Kieferknochen sollte die Implantatzahl erhöht werden

### In-vitro-Fall

In dem vorliegenden In-vitro-Fall wurden die Eckzähne und der Molar zunächst

zur Stabilisierung der Scanschablone belassen und erst im Nachhinein, vor der Insertion der verschraubten Brücke, entfernt. Es sollte eine gute Repositionsmöglichkeit und eine exakte Übertragung mit der Scanschablone stattfinden, um einen hohen Genauigkeitswert zu erhalten. Die Modelle wurden in einem DVT-Gerät (Carestream® 9300) zunächst gescannt um eine vorläufige Planung zu erstellen (Abb. 2).

Die Ausmessung der Alveolen 13 und 23 ergab, dass die Alveolen für eine Sofortimplantation mit Belastung ungeeignet waren, da der Durchmesser bei über 5 mm lag. Bei einem tatsächlichen Patientenfall müssten zusätzliche augmentative Maßnahmen vorgenommen werden, welche nicht für eine Sofortbelastung infrage kämen.

Die Vorabplanung zeigte, dass im Bereich der Zähne 12 und 22 eine Indikation mit entsprechender Primärstabilität für die Versorgung nach dem RevitaliZe®-Konzept möglich ist. Des Weiteren wurden aus Sicherheitsgründen noch zwei weitere Implantate im Bereich von 11 und 21 geplant, sodass auch später, je nach Ästhetik bzw. den Wünschen des Patienten, Änderungen vorgenommen werden können. Ähnliche Abweichungen vom All-on-4®-Konzept werden des Öfteren auch vom Entwickler Maló selbst beschrieben, wobei im Oberkiefer einer Versorgung nach „All-on-Six“ der Vorzug gegeben wird, um auf der sicheren Seite im Falle eines Implantatverlustes zu sein. Verständlich ist, dass bei Verlust eines Pfeilerzahnes eine Nachimplantation vorgenommen werden muss – mit der Konsequenz eines Zeitverlustes in der Behandlungsplanung.

Nachdem die Vorplanung mit vier Frontzahnimplantaten und zwei stark angulierten Implantaten im Molarenbereich feststand, wurde zunächst eine Waxaufstellung, unter Berücksichtigung der vorhandenen Restbeziehung, angefertigt (Abb. 3a–c).

Nach Einprobe und Akzeptanz der Ästhetik, die das vorhandene sogenannte „Gummy Smile“ berücksichtigen musste, wurde eine Scanschablone für die endgültige Planung hergestellt. Um ein ästhetisch gutes Ergebnis zu

erhalten, mussten die Frontzähne wegen der hohen Lachlinie aufgeschliffen werden. Die Scanschablone (SICAT®) besteht aus einem Fertigteil aus Kunststoff, in das Glaskugeln eingearbeitet und mit einer radioopaken Acrylschablone (Bariumsulfat) fest verbunden sind (Abb. 4a–c). Die Glaskugeln haben im Scan den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu Metall keine störenden Reflexe produzieren. Diese Schablone wird als Scanschablone beim Patienten in situ gebracht und ein DVT erstellt.

Die DICOM-Daten des DVT-Gerätes konnten unproblematisch exportiert und in die Software des Zahntechnikers eingelesen werden. Aufgrund der durch den Zahnarzt vorgegebenen Implantatpositionen wurde die endgültige Planung für zwei 30° angulierte Implantate im Molarenbereich und vier Frontzahnimplantate mit einer durch die Anatomie vorgegebenen Angulation von 15° erstellt. Diese Daten wurden der Firma (SICAT®) übermittelt, sodass in die bereits vorhandene Scanschablone die Bohrhülsen (Abb. 5), entsprechend den geplanten Dimensionen des Implantates (Screw-Vent®, Zimmer Biomet) eingearbeitet werden konnten.

Anhand der Bohrschablone und der Bohrhülsen ergibt sich die exakte Bohrlänge von der Oberkante der Bohrhülse bis zur Implantat Spitze (Abb. 6). In diesem Fall betrug die Distanz 23 mm. Bei der Bohrung am Modell bzw. Patienten können dann die eingebrachten Bohrhülsen entsprechend der Bohrergröße reduziert und im Durchmesser angepasst werden, sodass eine exakte Führung des Bohrers bei den einzelnen Arbeitsschritten erfolgt (Abb. 7).

### Vorgehen im zahntechnischen Labor

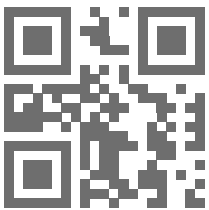
Da im vorliegenden Fall komplett schablonengeführt gearbeitet werden sollte, wurde im Vorfeld besonderes Interesse auf eine möglichst passgenaue provisorische Versorgung gelegt. Aus diesem Grund wurde die mit den Bohrhülsen versehene Schablone auf das Gipsmodell gesetzt und die Bohrungen für die Implantatanaloge im Gipsmodell gefräst.

# PROFITIEREN SIE VON 50 JAHREN ERFAHRUNG!

Mit parallelwandigen Implantaten.

## NobelParallel™ Conical Connection

Einzigartige Innovation nach dem Vorbild Per-Ingvar Brånemarks. Doppelläufiges, selbstschneidendes Gewinde. Deckschraube enthalten.



[www.goo.gl/LhKVOa](http://www.goo.gl/LhKVOa)



### Fortbildung – München

Praxistage 2016 – IPI München mit Live-OP  
Stabile Gewebearchitektur um Implantate –  
die Hart- und Weichgewebe Komponente

**Freitag, 16. Dezember bis Samstag, 17. Dezember 2016**

Inaki Gamborena, Michael Stimmelmayer & das Münchner Team

Melden Sie sich jetzt an! Einfach per Mail an [fortbildung@nobelbiocare.com](mailto:fortbildung@nobelbiocare.com)



[nobelbiocare.com](http://nobelbiocare.com)





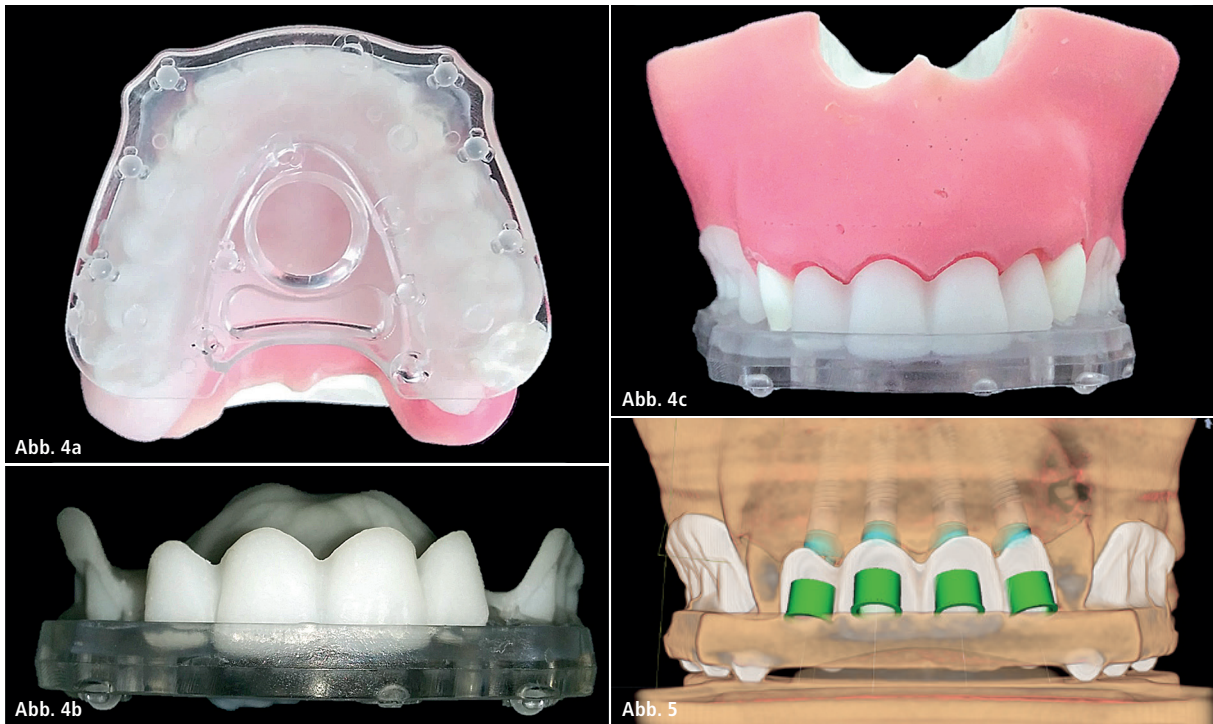


Abb. 4a–c: Scanschablone. – Abb. 5: Scanschiene mit Bohrhülsen.

Wichtig ist, dass bereits bei der Fixierung der Implantatanaloge in dem Gipsmodell auf eine entsprechende achsengerechte Ausrichtung der Sechskantfläche des Einbringpfostens geachtet wird, da diese Ausrichtung maßgeblich zur Genauigkeit bei der späteren Eingliederung der provisorischen Brücke beiträgt (Abb. 8a und b). Kleine Ungenauigkeiten, die durch Verdrehen der Planflächen entstehen, können später zu großen Diskrepanzen, speziell bei den 30°-Abwinkelungen, führen.

Die abgewinkelten Aufbauten wurden auf den Implantatanalogen verschraubt und die Ausrichtung der Achsen überprüft (Abb. 9). Auf demselben Modell, das mit der späteren Situation im Mund möglichst exakt übereinstimmen sollte, wurde anschließend eine provisorische Kunststoffbrücke (PMMA for brain®, DeguDent) mit CAD/CAM-Technik gefräst.

Mithilfe einer speziellen Übertragungstechnik wurde das Modell mit den Originalaufbauten der ursprünglichen Wachsaufstellung „gemacht“, sodass ähnlich einer Duplikatform die endgültige Brücke passgenau gefräst werden konnte. Die anschließende Verklebung mit den Aufbauten sollte

immer im Mund erfolgen, um eine Passive-fit-Passung zu erzielen. Die aus Kunststoff gefräste Brücke wurde mit einem geringen Spielraum auf dem Modell angepasst.

#### Vorgehen beim „In-vitro-Musterpatienten“

Die Modelloperation erfolgte am Musterpatienten nach dem Flapless-Verfahren unter Beibehaltung der noch vorhandenen Zähne zur Abstützung der Schablone. Es wurden alle sechs Kavitäten vorgebohrt und die Erweite-

rungsbohrungen mit den entsprechenden Hülsenadaptern angefertigt.

In eine Art Artikulator eingebracht (Abb. 10), lässt sich erahnen, wie schwierig es im distalen Bereich mit eingesetzter Schablone ist, Hülsenadapter und Winkelstück in die richtige Position zu bringen. Eine weite Mundöffnung ist für diese Technik erforderlich. Im vorliegenden Fall werden 23 mm zuzüglich des Winkelstückkopfes mit einer Höhe von circa 14 mm benötigt, d.h. insgesamt 37 mm.

Die Fähigkeit zur entsprechenden Mundöffnung sollte in vivo bereits bei

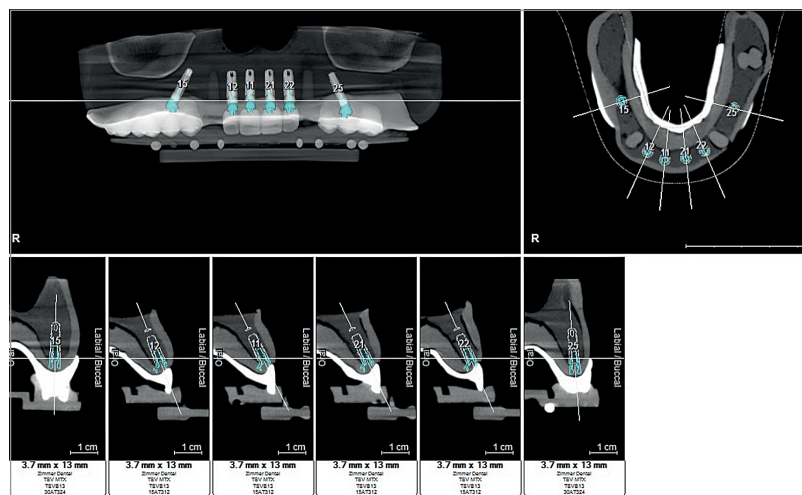


Abb. 6: Planungsreport mit exakten Positionen und Maßangaben.



## Mehr als die doppelte Reißfestigkeit im Vergleich zur Konkurrenz!\*

creos™ ist einfach in der Handhabung und  
verlässlich in der Funktion.

Die natürliche Barrieremembran lässt sich dank  
ihrer hohen Reißfestigkeit hervorragend in  
Form bringen. Das einfache Handling reduziert  
die Behandlungszeit und gewährleistet die  
sichere Abdeckung der Knochendefekte. creos  
eignet sich für Verfahren der gesteuerten  
Knochen- (GBR) sowie Geweberegeneration  
(GTR).

- Marktführend in der Reißfestigkeit
- Einfaches Handling
- Deutlich verlängerte Barrierefunktion  
(12 bis 16 Wochen)
- Erhältlich in drei verschiedenen Größen:  
15 x 20 mm, 25 x 30 mm und 30 x 40 mm

## Die Membran, mit der Sie mehr machen können!

5.5 N/mm<sup>2</sup>

Bio-Gide®

11.4 N/mm<sup>2</sup>\*

creos™  
xenoprotect

Reißfestigkeit



DEMO-Video  
[creos.com](http://creos.com)



Das operative Handling ist unvergleichbar  
einfach. Überzeugen Sie sich selbst!  
Sie werden den Unterschied sofort spüren.

\*Bozkurt A, Apel C, Sellhaus B, van Neerven D, Wessing B, Hilgers R-D, Pallua N.  
Differences in degradation of two non-cross-linked collagen barrier membranes: an in vitro and in vivo study.  
Clin. Oral Impl. Res. 25, 2014, 1403-1411



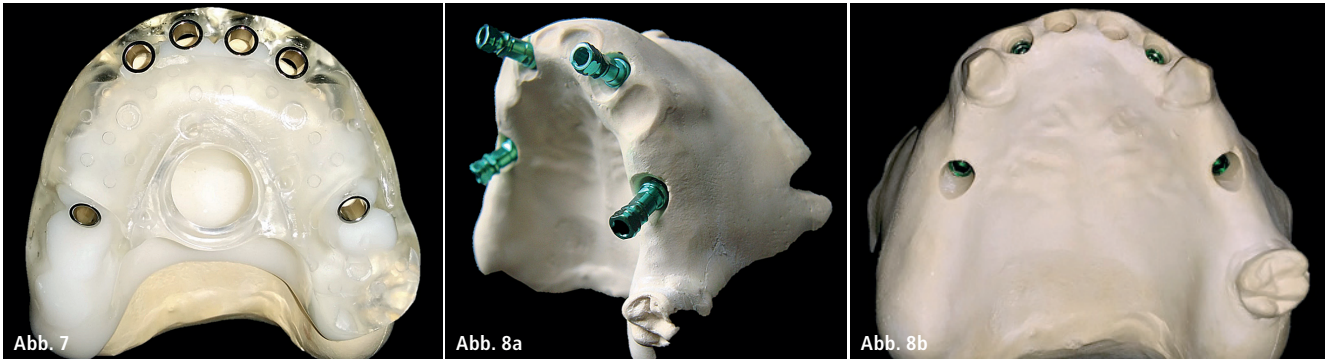


Abb. 7: Schiene mit Bohrhülsen. – Abb. 8a und b: Laborimplantate mit Einbringpfosten auf Modell.

der Planung erfolgen. Im Falle einer geringen Fähigkeit zur Mundöffnung wäre z. B. auf eine „Freihand-Implantation“ mithilfe einer Orientierungsschiene auszuweichen.

Die Implantate wurden alle inseriert, nochmals unter strikter Beachtung der Ausrichtung der Planflächen. Hierfür wäre sicherlich die zusätzliche Herstellung eines geeigneten Kontrollschlüssels sinnvoll, um die Flächen tatsächlich in die korrekte Position, entsprechend der Vorplanung, zu bringen. Nach Einschrauben der angulierten Konvergenzausgleichsaufbauten (15° im Frontbereich, 30° im Molarenbereich) wurden die Hülsen für die temporäre Versorgung aufgeschraubt.

### Ergebnis

Eine erstaunlich hohe Präzision wurde erreicht. Mit der beschriebenen Vorgehensweise passte die vorgefertigte Brücke exakt auf das Mustermmodell. Die CAD/CAM-gefertigte Brücke zeigte eine minimal stärkere Klemmwirkung im Verhältnis zu dem Originalgips-

modell, sodass die Toleranz circa 0,2mm betrug.

### Diskussion

Der vorgestellte Behandlungsablauf kann bei einer guten Zusammenarbeit von Zahnarzt und Zahntechniker zum gewünschten Erfolg führen. Es zeigt sich, dass die DICOM-Daten moderner DVT-Geräte eine ausreichende Genauigkeit besitzen und auch in differenteren Programmen Endergebnisse mit beachtlicher Genauigkeit erzielen. Da viele einzelne Arbeitsschritte erforderlich sind, können sich kleine Fehler einschleichen, die in der Addition unter Umständen zu einem schlechteren Ergebnis führen. Es ist davon auszugehen, dass Ungenauigkeiten primär auf einer mangelnden Fixierung der Bohrschablone zurückzuführen sind und nicht auf der digitalen Übertragung beruhen. Da im vorliegenden Fall die Stabilisierung durch die noch vorhandenen Zähne erfolgte, waren die Bedingungen optimal. In Patientenfällen mit bereits bestehender totaler Zahnlosigkeit ist

das Einbringen von Hilfsimplantaten empfehlenswert, um Ungenauigkeiten, z. B. durch Verrutschen der Schablone wegen der Schleimhautdicke, zu vermeiden. Bereits zu Beginn, spätestens vor der endgültigen Planung, sollte geprüft werden, ob mit einer Schablone gearbeitet werden kann oder ob die Mundöffnung des Patienten eingeschränkt ist („Reality Check“). In diesen Fällen ist eine Planänderung zu überlegen und die distalen Implantate z. B. freihändig, unter Beachtung der DVT-Auswertung und „nur“ einer Orientierungsschablone, zu setzen. Die vorgefertigte Brücke müsste dann die Möglichkeit zum Anpassen bzw. Ausfräsen im Bereich der Austrittsstellen der Implantatpfosten zulassen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, nach der Implantation, post operationem, einen Abdruck der Pfostensituation zu machen und die Wachsaufstellung bzw. Anprobe mit der späteren Situation im Mund zu „matchen“. Das bedeutet in der Praxis, dass das Labor einen Abdruck der Situation im Mund bekommt und anschließend mit dem vorhande-

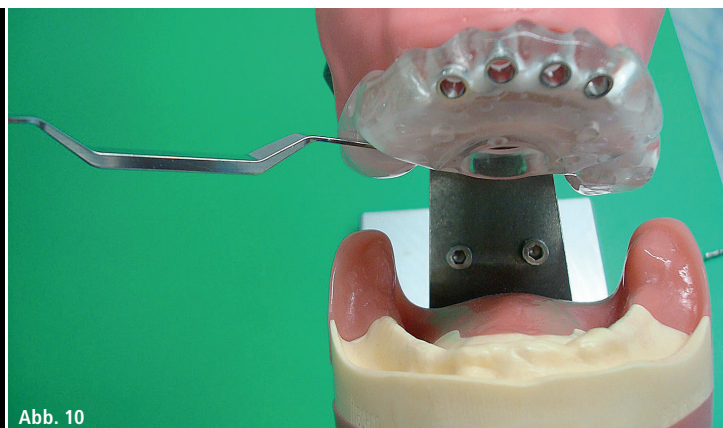
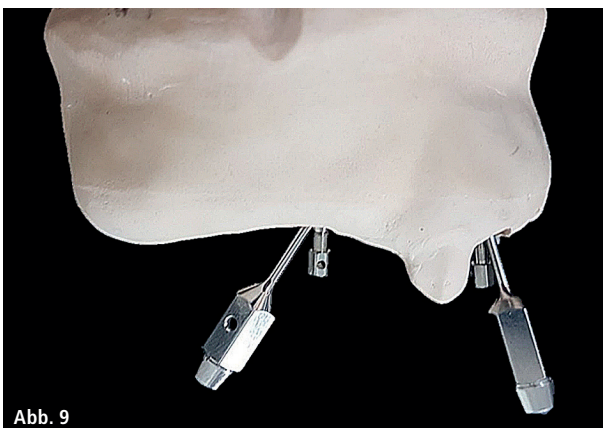


Abb. 9: Einschrauben der RevitaliZe®-Aufbauten. – Abb. 10: Platzproblematik bei eingeschränkter Mundöffnung beim Bohren im Molarenbereich.

nen Situationsmodell bzw. der Wachaufstellung eine CAD/CAM-gefertigte Brücke fräst, welche circa 24 Stunden nach der Operation eingegliedert werden kann.

### Kritische Bewertung

Die aufgezeigte Vorgehensweise zeigt bei einem guten Zusammenspiel von Zahnarzt und Zahntechniker, unter Beachtung der diskutierten Punkte, eine hinreichende Genauigkeit, um bei entsprechender Indikationsstellung den Patienten sofort zu versorgen. Für die Sofortversorgung sind die entsprechenden Einschluss- und Ausschlusskriterien, die für derartige Konstruktionen aufgestellt wurden (Paulo Maló, 2001), zu beachten.

Die Leitlinien der DGZMK decken die All-on-4®-Variante betreffend festsitzenden Zahnersatz zurzeit nicht ab. Hier heißt es: Bei vier Implantaten im Oberkiefer ist eine herausnehmbare Form zu wählen. Aufgrund einer besseren Datenmenge kann sich dies in den nächsten Jahren ändern.

Speziell im Oberkiefer sollte überlegt werden, ob eine All-on-Six-Konstruktion eine sinnvolle und sichere Behandlungsvariante darstellt.

Eine ähnliche Aussage ist in „Biomechanische Untersuchungen des All-on-4®-Konzepts“ (C. Bourauel et al. 2013) zu finden. Hier heißt es: „Das beschriebene Versorgungskonzept ist klinisch erfolgreich. Da für die festsitzende Versorgung von zahnlosen Kiefern nur vier Implantate eingesetzt werden, stellt der Verlust auch nur eines der Implantate aber gleichzeitig den Verlust der gesamten Prothetik dar. Biomechanische Untersuchungen auf Basis von 3-D-Bildern des jeweiligen Patienten könnten in Zukunft Aufschluss darüber geben, ob die Versorgungsoption im individuellen Fall prognostisch günstig erscheint.“

### Zusammenfassung

Die zur Verfügung stehenden digitalen Techniken ermöglichen eine sehr hohe Präzision. Bei der Behandlung in vivo ist jedoch immer mit entsprechenden

Abweichungen, z. B. durch mangelnde Zugänglichkeit durch die Bohrschablone oder die Mundöffnung, zu rechnen. Dieses Problem muss durch eine entsprechende Vorplanung erkannt und gegebenenfalls auf eine Orientierungsschiene mit verzögerter Sofortversorgung ausgewichen werden.

### Danksagung

Wir bedanken uns bei den Firmen Zimmer Biomet und SICAT sowie der DGZI für die Unterstützung bei den grundlegenden Finite-Elemente-Untersuchungen des All-on-4®-Konzeptes durch Prof. C. Bourauel et al., Bonn, 2013.

**Dr. Rolf Vollmer**  
[Infos zum Autor]



**Dr. Martina Vollmer**  
[Infos zur Autorin]



**Oliver Beckmann**  
[Infos zum Autor]



**Thomas Panthel**  
[Infos zum Autor]



### Kontakt

#### Dr. Rolf Vollmer

1. Vizepräsident und  
Schatzmeister DGZI

#### Dr. med. dent. Martina Vollmer

Nassauer Straße 1  
57537 Wissen  
Tel.: 02742 968930  
info.vollmer@t-online.de

#### ZT Oliver Beckmann

al dente Zahntechnik  
Weibeweg 2  
57258 Freudenberg  
Tel.: 02734 438550  
info@aldente-zahntechnik.com

#### ZT Thomas Panthel

al dente Zahntechnik  
Weibeweg 2  
57258 Freudenberg  
Tel.: 02734 438550  
t.panthel@aldente-zahntechnik.com



## Das CERASORB®-Versprechen

**CERASORB®**  
... mit Sicherheit Knochen



### CERASORB® M

- + gesteigerte Osteokonduktivität durch die große mikroporöse Oberfläche
- + verkürzte Resorptionszeit, da die Struktur die zügige Durchbauung mit patienteneigenem Knochen fördert



### CERASORB® Foam

- + einfache Handhabung durch defektgerechte Modellierung und komfortable Positionierung

**CERASORB®. Wort halten bei Knochenaufbaumaterialien.**

Exklusiver Vertriebspartner:



Telefon: + 49 2624 9499-0  
Telefax: + 49 2624 9499-29  
E-Mail: service@mds-dental.de

Hersteller: **curasan AG**  
www.curasan.de

**curasan**  
Regenerative Medizin