

# Indikationsbezogene Planung und Gestaltung von Bohrschablonen

Ein Beitrag von Dr. Jörg Neugebauer<sup>1</sup>, Lutz Ritter<sup>1</sup>, Dr. Viktor E. Karapetian<sup>1</sup>, Klaus-Hartmut Scholz<sup>2</sup>, Univ.-Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller<sup>1</sup>

**Die Übertragung der implantatprothetischen Planung vom Planungsmodell in den operativen Situs erfolgt mit Schablonen. Diese Schablonen werden in der Regel mit dem Zahntechniker hergestellt. Je nach radiologischer Diagnostik können die Implantatpositionen entsprechend der anatomischen und prothetischen Gegebenheiten genau geplant werden. Bei Nutzung der dreidimensionalen Bildgebung können Schablonen für die direkte Platzierung auf dem freigelegten Knochen angefertigt werden. Je nach Umfang der Versorgung ist für die einzelne Indikation eine Aufwand-Nutzen-Abschätzung für das vorgesehene Verfahren durchzuführen.**

## Planung der Implantatposition

Die Planung der Position der Implantate stellt den wesentlichen Schritt für eine erfolgreiche Versorgung unter ästhetischen und funktionellen Gesichtspunkten dar. Dabei sind die prothetischen Gesichtspunkte zu beachten und das vorhandene Knochenangebot zu evaluieren. Durch verschiedene augmentative Maßnahmen können die Implantate heute weitestgehend unter prothetischen Gesichtspunkten inseriert werden, dennoch ist es notwendig, die anatomischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Durch eine zu geringe knöcherne Abdeckung der Implantatoberfläche kann es sonst bereits kurz nach Eingliederung der prothetischen Arbeit zu (Komplikationen im Sinne) einer Peri-Implantatitits kommen [5]. Weitere Einschränkungen in der Funktionalität der prothetischen Versorgung ergeben sich durch Implantatpositionen, die keine ausreichenden Hygienemaßnahmen erlauben oder eine unphysiologische Zahnform bedingen. Damit die Implantate eine gute Langzeitprognose aufzeigen, sollten die Mindestabstände gemäß Tabelle 1 eingehalten werden.

Anatomische Struktur	Abstand
Kieferhöhle	0 mm
Nasenboden	1 mm
N. mandibularis	1–2 mm
F. mentale	2 mm
Zähne	1 mm, 0,5 mm bei dünnen Implantaten
zwischen Implantaten	2–3 mm

Verschiedene Verfahren zur Planung der Implantatposition sowie der intraoperativen Umsetzung sind in der täglichen Praxis inzwischen etabliert, die je nach Komplexität der Versorgung angewendet werden sollten.

## Material und Methode

Für die Planung der Implantatposition ist eine detaillierte klinische und radiologische Befunderhebung des stomatognathen Systems notwendig. Die Umsetzung der detaillierten Planung erfolgt dann mittels einer Bohrschablone, die die geplante geometrische Position der Implantate, bzw. der entsprechenden ersten Tiefenbohrung, relativ zum Patienten beinhaltet.

## Bildgebende Verfahren

Zur Planung stehen heute verschiedene Verfahren der radiologischen Bildgebung zur Verfügung, die je nach Indikation und anatomischen Voraussetzungen genutzt werden sollten. Zur routinemäßigen Planung findet das Orthopantomogramm Verwendung. Diese Übersichtsaufnahme ermöglicht die Lokalisation der anatomisch zu schonenden Strukturen wie Nervus alveolaris inferior, Boden der Kieferhöhle und der Nase, Unterkieferrand und Restbezahnung. Systembedingt zeigten diese Schichtaufnahmen eine Vergrößerung von 25 bis 30 Prozent der anatomischen Strukturen, die technisch bei den Geräten schwanken und auch von der Positionierung der Patienten bei der Aufnahme abhängen. Daher sollten solche Aufnahmen am günstigsten mit Referenzkugeln aus Metall angefer-

1: Universität zu Köln, Klinik und Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie (Direktor: Univ.-Professor Dr. Dr. J. E. Zöller), Kerpener Str. 32, D-50931 Köln

2: pro Implant GmbH, Bachstr. 1, D-53115 Bonn

Tab. 1 Mindestabstände für die Implantatplanung



Abb. 1  
Zahnfilm 11 bei  
Zustand nach  
kindlichem Front-  
zahutrauma und  
Ausbleiben des  
weiteren Wurzel-  
wachstums



Abb. 2 Bohrhülsen für Durchmesser 3,4 bis 6,5 mm mit Implantat- und  
Prothetikdurchmesser (Select-Hülsen, Dentsply Friadent, Mannheim)

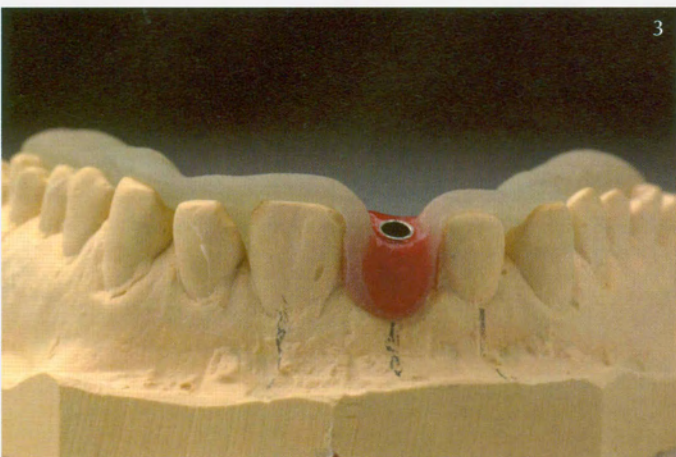


Abb. 3  
Bohrschablone mit  
in Kunststoff fixierter  
Titan-Bohrhülse nach  
Rädieren des Zahnes  
11 für geplante  
Sofortimplantation

tigt werden, damit die reale Größe der anatomischen Strukturen berechnet werden kann. Die Anwendung des Zahnfilms im Rahmen der Planung empfiehlt sich besonders bei einer Sofortimplantation in der Oberkieferfront, da die detaillierten Strukturen, die für die Implantatpositionierung notwendig sind, auf dieser Aufnahme besser beurteilt werden können als auf der Schichtaufnahme (Abb. 1).

Die Methoden der dreidimensionalen Bildgebung erlauben dem Zahnarzt eine verzerrungsfreie, metrisch korrekte räumliche Planung unter Einbeziehung der anatomischen Strukturen und, sofern die Aufnahme mit einer Aufstellung durchgeführt wurde, auch unter prothetischen Gesichtspunkten. Neben der klassischen Computertomographie (CT) hat sich die ConeBeam-Technologie (CB) in der zahnärztlichen Diagnostik durchgesetzt. Merkmale der CT sind hohe Anschaffungskosten und eine größere Strahlenbelastung. Als größten Vorteil der CT ist das günstige Signal-Rausch-Verhältnis zu sehen, das auch eine diagnostische Beurteilung von Weichgewebstrukturen erlaubt. Demgegenüber ist die Strahlenbelastung einer CB-Aufnahme für die präimplantologische Diagnostik wesentlich geringer, jedoch sind Aussagen über die Weichgewebstrukturen nur bedingt zu treffen. Da CB-Geräte wesentlich günstiger in der Anschaffung sind, haben sie sich in der zahnärztlichen implantologisch-orientierten Praxis inzwischen verbreitet. Der Nachteil der reduzierten Weichgewebswiedergabe kann durch entsprechend gestaltete Implantatschablonen kompensiert werden.

## Schablonendesigns

Für die korrekte Implantatpositionierung ist bei den meisten Implantatsystemen die korrekte Platzierung der ersten Tiefenbohrung verantwortlich. Dazu wird in der Regel ein Bohrer mit einem Durchmesser von zirka zwei Millimetern verwendet. Dieser Bohrer bestimmt den Durchmesser der Bohrhülse, die somit für jedes Implantatsystem überprüft werden muss. Der Bohrer sollte in der Hülse einen sicheren und geführten Lauf zeigen, ohne jedoch dabei zu einem Spanabtrag zu führen [9]. Damit ein unbemerkter Spanabtrag nicht zu Fremdkörperreaktionen führt, sollten die Hülsen aus Titan gefertigt sein. Neben den Implantatherstellern bieten auch weitere Firmen Hülsen mit unterschiedlichen Designs an. Neben der Passung des Bohrers sollte bei den Hülsen auf eine ausreichende Retention geachtet werden, damit diese in der Bohrschablone optimal fixiert sind. Zusätzliche Informationen wie Implantatdurchmesser oder Durchmesser der prothetischen Anschlussgeometrie mit entsprechender Farbmarkierung sind bei multiplen geplanten Implantatdurchmessern hilfreich (Abb. 2).

Für die Positionierung der Pilotbohrung bei einer Einzelzahnlücke ist die Fixierung einer Hülse in einer Kunststoffschiene mit einer parallelen Ausrichtung an den Zahnachsen der Nachbarzähne meist ausreichend (Abb. 3). Dies ermöglicht eine sichere Führung in der zentralen Achse der späteren Krone und erlaubt die Bohrung in der palatinalen Wand der Alveole. Damit wird eine apikale Perforation oder eine zu weit vestibuläre Position des Implantates vermieden.

Zusätzlich können Schleimhautdickenmessungen durchgeführt werden, die auf das Planungsmodell des Zahntechnikers übertragen werden. Die Länge der Implantate bei dieser Art der Schablonenherstellung wird durch die Röntgenaufnahme bestimmt, wobei besonders bei den Zahnfilmen projektionsbedingte Verzerrungen zu berücksichtigen sind. Die Implantathersteller bieten für die jeweiligen Systeme Schablonen mit den Abmessungen der Implantatgeometrie an, damit je nach Vergrößerung der Röntgenaufnahme der Implantatkörper ausge-

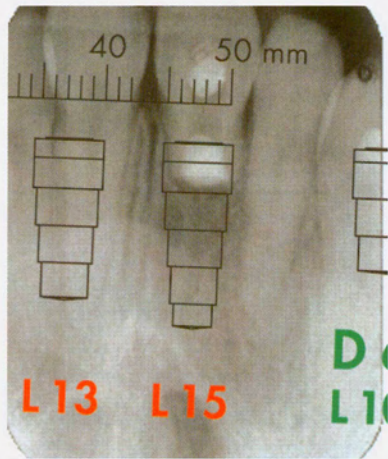


Abb. 4 Implantatschablone im Maßstab 1:1 für Überlagerung bei Zahnfilmen in Rechtwinkeltechnik zur Dimensionsbestimmung



Abb. 5 Radiologische Kontrolle nach Einsetzen des Langzeitprovisoriums mit Abständen von 1,5 mm zum Zahn 12 und 2 mm zum Zahn 21 und Foramen Incisivum



Abb. 6 Vollkeramikkrone auf Implantat 11 mit stabilen und harmonischen Weichgewebsverhältnissen

wählt werden kann (Abb. 4). Das Anwenden der Bohrschablone und das Berücksichtigen der Planungsregeln für die Dimensionen führt zu einer ästhetisch und funktionell erfolgreichen Rehabilitation mit harmonischen periimplantären Gewebe (Abb. 5 und 6).

Bei der implantatprothetischen Versorgung von mehreren fehlenden Zähnen empfiehlt sich eine Wachsauflage, um das prothetisch gewünschte Ergebnis zu simulieren. Diese Wachsauflage gibt einen Anhalt für die optimalen prothetischen Positionen der Implantataufbauten. Zur weiteren Bearbeitung wird die Wachsauflage mit einem Silikonwall verschlüsselt, damit nach Abnahme der Wachsauflage am Modell weiterhin die Orientierung des prothetischen Ergebnisses besteht. Entsprechend der Modellsituation und der Bestimmung der Weichgewebsdicke kann dann die Implantatposition am Modell festgelegt werden. Mit Hilfe einer Bohrung im Gipsmodell lässt sich ein Stift positionieren, an dem die Titanhülse ausgerichtet wird. Der Silikonsschlüssel wird wieder angelegt und die Hülsen entsprechend der prothetischen Aufstellung mit Kunststoff fixiert. Alternativ können die Hülsen auch über eine Tiefziehschiene, die über die Wachsauflage hergestellt wurde, fixiert werden. Bei der Herstellung der Schablonen ist darauf zu achten, dass im teilbezahnten Kiefer eine ausreichende und reproduzierbare Fixierung an der Restbezaehlung gegeben ist (Abb. 7).

Bei Nutzung der dreidimensionalen Bildgebung ergibt sich darüber hinaus die Möglichkeit nach einer ersten Grobplanung anhand einer Übersichtsaufnahme (Abb. 8) mit den zusätzlich gewonnenen Bilddaten in drei Dimensionen metrisch korrekt zu planen. Es können mittels geeigneter Software-

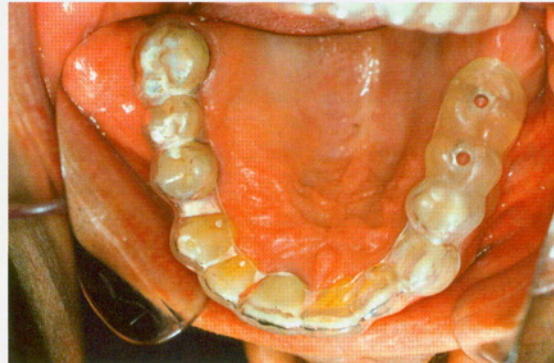


Abb. 7 Bohrschablone auf Basis einer Tiefziehschiene über der Wachsauflage mit eingearbeiteten Bohrhülsen

Systeme sowohl die knöchernen wie auch die prothetische Planung exakt berücksichtigt werden [7]. Bei diesem Vorgehen ergibt sich jedoch die Fragestellung der intraoperativen Übertragung der am Rechner erstellten Planungsdaten. Dazu werden bei den meisten Systemen bereits bei der Bildgebung Schablonen mit einer Referenz verwendet, anhand der die Planungsdaten präzise übertragen werden können. Bei der Bildgebung ist besonders darauf zu achten, dass Metallartefakte sich nicht in der Projektionsebene der Referenz abbilden. Bei umfangreichen prothetischen Rekonstruktionen der Restbezaehlung kann durch eine Kippung der Gantry-Neigung bei der CT- oder durch eine Metallartefaktreduktion bei der CB-Aufnahme eine Optimierung der Bildgebung erreicht werden.

Die Anwendung der Schablonen mit einer Referenz zeigt den Vorteil, dass die oben beschriebene Wachsauflage in individuell hergestellte Zähne mit Barium-Sulfat-Dotierung umgesetzt werden kann. Dies ermöglicht, dass bei der Aufnahme dann die Information für das prothetische Endergebnis zur Verfügung steht.

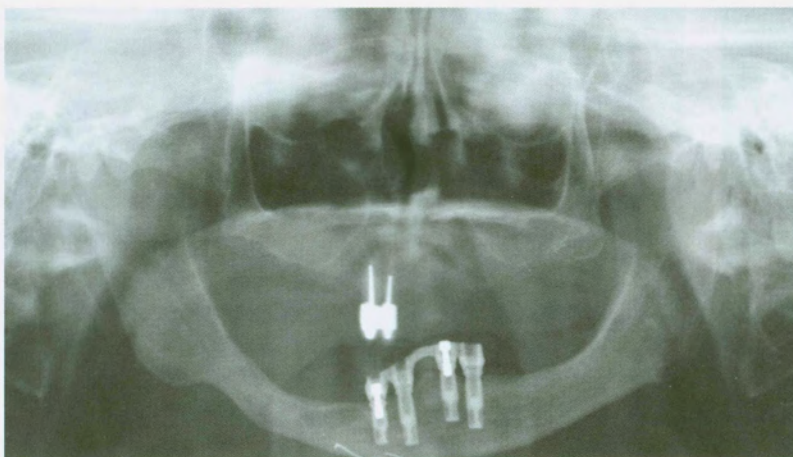


Abb. 8 Orthopantomogramm mit beidseitiger Kaudalisierung der Kieferhöhle und nicht erhaltungswürdigen Frontzähnen

### Dreidimensionale Planung

Als erstes System zur dreidimensionalen Implantatplanung wurde bereits vor über zehn Jahren das Simplant-System [11] (Materialize, Belgien) vorgestellt. Durch die detaillierte Diagnostik können unter anatomischen Gesichtspunkten die Implantate chirurgisch optimal geplant werden. Jedoch war es bei den Systemen der ersten Stunde nicht möglich, die Planung in Bezug zur prothetisch gewünschten Position umzusetzen. Das Simplant-System bietet die Möglichkeit, Bohrschablonen zu erstellen, die direkt auf den Knochen aufgesetzt werden können. Diese Fixierung am Knochen empfiehlt sich besonders für den zahnlosen Kiefer, da hier keine Positionsänderungen der Schablone nach der Bildung des Mukoperiost-Lappens auftreten. Beim Simplant-System werden die Schablonen direkt auf Basis der Bilddaten erzeugt, somit ist bei der Bildgebung keine systemspezifische Referenz notwendig.

Bei den übrigen Planungssystemen, die eine 3D-Bildgebung verwenden, muss der Patient eine Schablone mit einer systemspezifischen Referenz während der Aufnahme in der genau reproduzierbaren Endposition tragen [12]. Daher ist es notwendig, dass diese Schablonen nach der zahntechnischen Herstellung vom Behandler auf den korrekten Sitz überprüft werden. Bei mehreren möglichen Endpositionen muss die Schablone so modifiziert werden, dass kein Schaukeln mehr auftritt.

Bei den Schablonensystemen mit einer Referenz wird entweder eine systemspezifische Platte oder ein Referenzbaustein an der Kunststoffschiene mit den Barium-Sulfat-Zähnen fixiert. Diese Referenzen

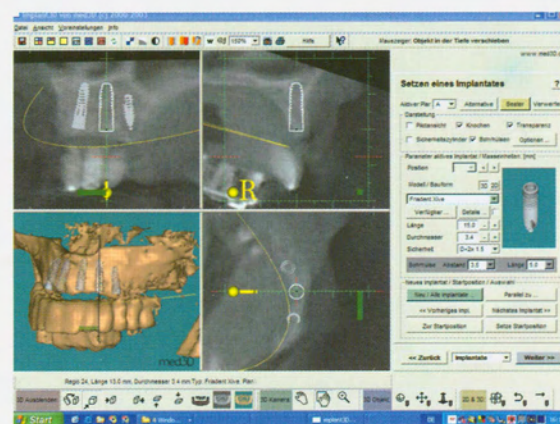


Abb. 9 Virtuelle Positionierung von sechs Implantaten im anterioren Oberkiefer innerhalb der Begrenzung der Kieferhöhle

mit radioopaken Strukturen sind auf die jeweiligen Implantatsysteme abgestimmt und müssen in der genauen vom Hersteller angegebenen Position verwendet werden, damit eine Erkennung in der Planungssoftware gegeben ist. Bei manchen Systemen (med3D, Heidelberg) werden zusätzliche Markierungen mittels Guttaperchastiften empfohlen, um die Genauigkeit der Erkennung der Referenz zu überprüfen. Bei der Anwendung von großflächigen Referenzen ist gegebenenfalls darauf zu achten, dass diese den manuellen Handlungsspielraum des Operateurs nicht einschränken. Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, dass die Bohrschablonen so kompakt wie möglich gestaltet werden.

Die Schnittstelle der Planungssoftware zu den Bilddaten geschieht über den DICOM Standard [1]. Je nach Bildgebungsgerät können diese Formate aber Kompatibilitätsprobleme zeigen. Daher sollte vor der Aufnahme mit dem Radiologen geklärt werden, ob schon spezifische Erfahrungen mit implantologischer Planungssoftware existieren. Die Software für die Positionierung zeigen mehrere Bearbeitungsebenen. Dabei ist zuerst die Bildqualität und die Referenz zu bestimmen, damit ein dreidimensionales Modell des Kiefers generiert werden kann. In der zweiten Stufe erfolgt anhand der orthogonalen Schichten und des 3D-Modells die Positionierung der Implantate. Die Implantatgeometrien der führenden Hersteller sind in Bibliotheken hinterlegt, sodass mit realitätsnahen Implantatkörpern gearbeitet werden kann. Durch die optionale Wahl von Sicherheitszylindern lässt sich der Abstand zu den Implantaten und den anatomischen Strukturen gut darstellen (Abb. 9). In der letzten Stufe werden dann die Arbeitsblätter generiert, damit der Zahntechniker die Präzisionsinstrumente für die Positionierung der Bohrschablonen einstel-

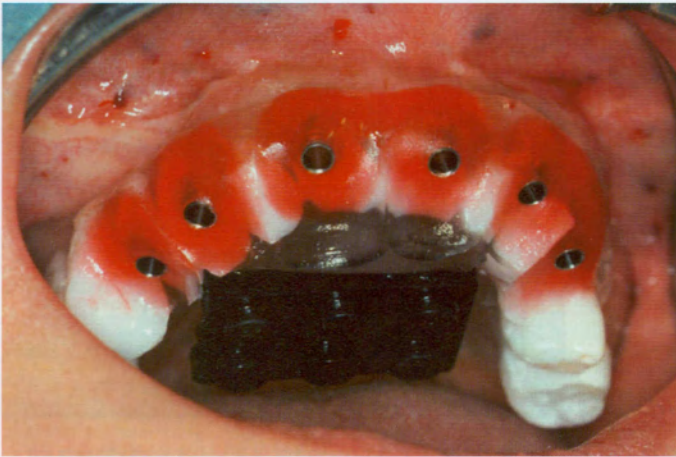


Abb. 10 Modifizierte mit Hülsen versehene Schablone zur Insertion von 6 Implantaten intrasinusär

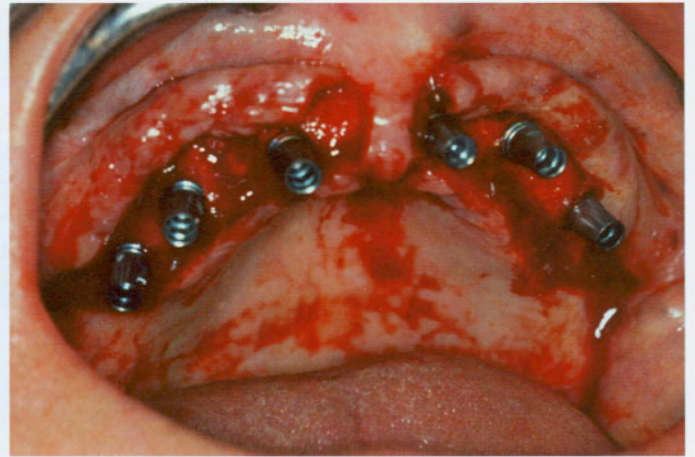


Abb. 11 Operativer Situs mit geringer Mobilisation der Schleimhaut bei präoperativ bestimmter Implantatposition

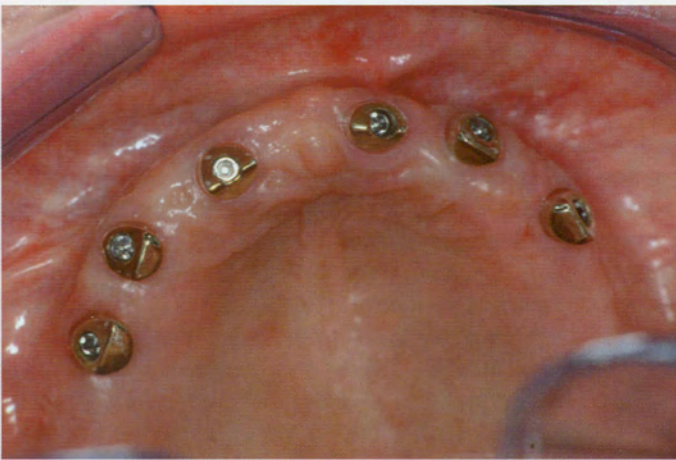


Abb. 12 Finale prothetische Versorgung mit teleskopierendem Zahnersatz bei größtmöglicher anterior-posteriorer Verteilung



Abb. 13 Schablone mit Guttaperchastiften für prothetische Orientierung mit Robodent Referenz

len kann. Der Zahntechniker erhält nach der Bildgebung die Schablone mit der prothetischen Aufstellung für die weitere Bearbeitung. Je nach Planungsprogramm wird anhand der Referenzelemente die Schablone im jeweiligen Positioniersystem fixiert, damit die vom Planungsprogramm erzeugten Daten übertragen werden können. Durch die Positionierung in den verschiedenen Achsen wird die Schablone so ausgerichtet, dass die genaue Hülsenposition fixiert werden kann. Beim einzelnen Programm kann die Hülse auch in der Höhe so positioniert werden, dass der verwendete Implantatbohrer mit Anschlag verwendet werden kann. Dies bedeutet eine zusätzliche Sicherheit beispielsweise im posterioren Unterkiefer. Nach Fixierung von allen Hülsen, kann dann die Operation durchgeführt werden (Abb. 10). Die exakte Bestimmung der Implantatpositionen und die Kenntnis der anatomischen Strukturen erlaubt eine reduzierte Weichgewebspräparation [2] auch bei geringem Knochenangebot (Abb. 11). Neben der reduzierten

Operationszeit durch die genaue präoperative Planung zeigt sich die prothetische Versorgung wesentlich einfacher, da die Pfeilerpositionen nach den prothetischen Erfordernissen ausgewählt wurden (Abb. 12).

Bei der Anwendung der navigierten Implantationsverfahren ist das Vorgehen bis zur Planung der Implantatposition dem der Schablonentechnik sehr ähnlich (Abb. 13). Zunächst werden die dreidimensionalen Daten mit der Schablone und dem systemspezifischen Referenzmarker gewonnen [8]. Der Referenzmarker wird bei der Navigation nicht nur für die Erkennung in der Planungssoftware benötigt, sondern dient auch der Befestigung der Sensoren für die Erkennung der Schablone während der Operation. Die Planung der Implantatpositionen kann mit Hilfe der orthogonalen Schichten und zur Orientierung am dreidimensionalen Modell erfolgen (Abb. 14).

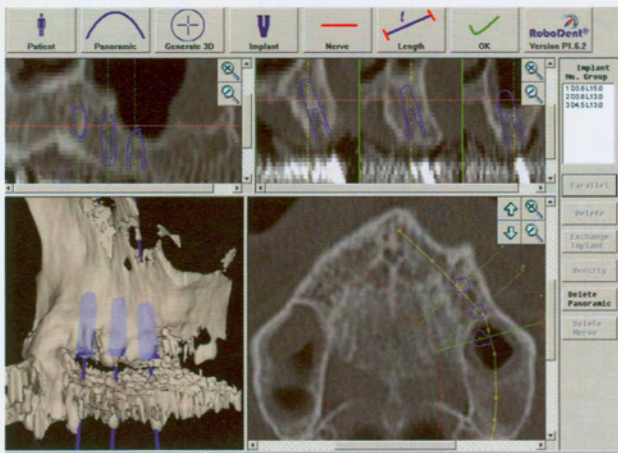


Abb. 14 Planung von drei Implantaten im Oberkieferseitenzahnbereich ohne zusätzliche vestibuläre Augmentation

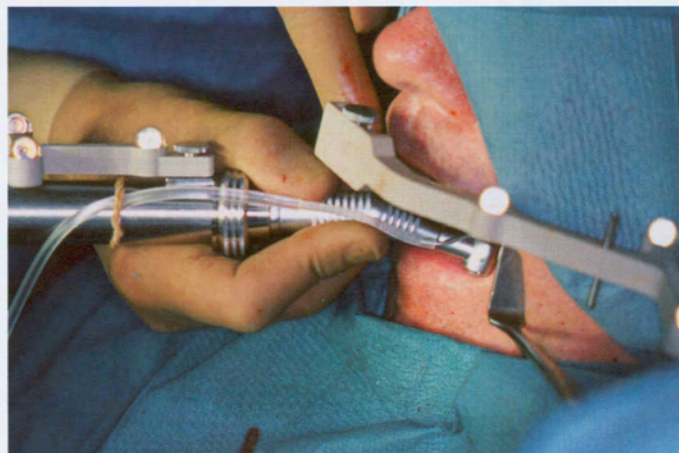


Abb. 15 Positionierung der Schablone im OP-Situs und Winkelstück mit jeweils optischer Referenz



Abb. 16 Operative Anordnung des Robodent-Navigationssystems



Abb. 17 Insertion von drei Implantaten mit Sinusbodenelevation

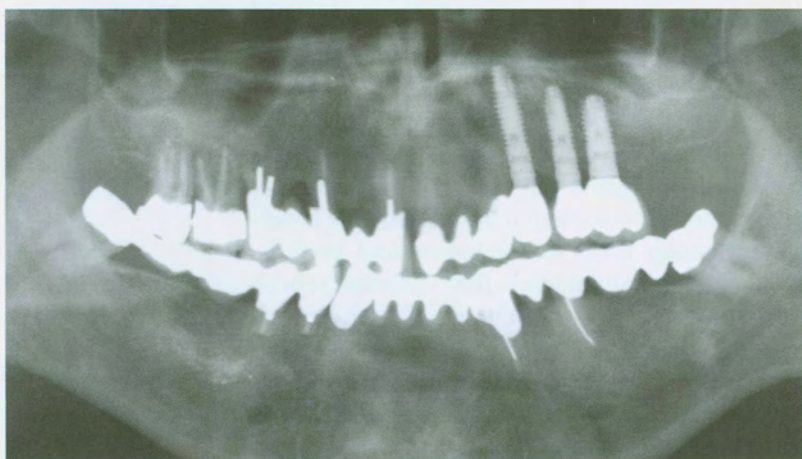


Abb. 18 Radiologische Kontrolle nach erfolgter prothetischer Versorgung

Anstelle der Ausgabe der Positionierungsinformation bei der Schablonentechnik, zeigen die Navigationssysteme einen Programmteil, der die intraoperative Navigation erlaubt. Da bei der Navigation der Bohrer nicht durch Titanhülsen geführt wird, muss der Anteil mit der prothetischen Aufstellung an der Schablone präoperativ entfernt werden. Intraoperativ wird die Schablone mit der

Referenz dem Patienten eingesetzt. An der Referenz wird ein Bogen mit reflektierenden Kugeln befestigt, damit die Navigationskamera die Position des Patienten erkennen kann [4]. Am Winkelstück wird ebenfalls eine Referenz befestigt, damit auch die Position des Winkelstückes mit dem Bohrer erkannt wird (Abb. 15). Zwingende Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Navigationseinheit ist jedoch, dass direkter Sichtkontakt zwischen der Navigationskamera zu den jeweiligen Referenzen besteht. In Echtzeit werden auf einem Monitor nun geplante Position und wirkliche Position des Winkelstückes relativ zum Patienten angezeigt. So kann der Operateur die Position des Bohrers in Bezug auf die anatomische Struktur und der gewünschten Planung verfolgen und entsprechend korrigieren [10] (Abb. 16). Neben der Implantatbohrung kann auch die Implantatinsertion über das Winkelstück navigiert erfolgen (Abb. 17). Die mit Hilfe der Navigation eingesetzten Implantate lassen sich durch die abgestimmte prothetisch orientierte Planung einfach zahntechnisch versorgen (Abb. 18).

Hersteller	materialize	med3D	IVS	robodent	denX	medlibre
System	Simplant	implant3D	coDiagnostiX	Robodent	IGI	Artma
Internet	www.- simplant.com	www.- med3d.de	www.ivs- solutions.com	www.- robodent.com	www.- denx.com	www.- medlibre.org
Röntgen- schablonen- Herstellung	vor Ort im Dentallabor					
Schablonen- Herstellung	zentral bei Systemanbieter	vor Ort im Dentallabor				
notwendige Hardware	keine	Positionierer bei Zahntechniker		Navigationssystem bei Behandler		

Tab. 2  
Vergleich der  
Systeme auf Basis  
dreidimensionaler  
Bildgebung

**Ergebnisse**

Da die verschiedenen Planungsverfahren an unserer Klinik je nach Ausgangssituation und prothetisch angestrebter Versorgung ausgewählt werden, zeigen sich verschiedene Vor- und Nachteile (Tab. 2 und 3). Die einfachen Schablonen ohne dreidimensionale Bildgebung erlauben dem prothetisch orientierten Chirurgen eine sichere und kostengünstige Insertion der Implantate. Bei der Anwendung der Techniken auf Basis der dreidimensionalen Bildgebung ist ein erhöhter Planungsaufwand notwendig. Dieser Aufwand wird bei den Schablonen mit einer reduzierten Operationszeit und einer optimalen prothetischen Positionierung kompensiert. Bei den Navigationssystemen hat der Behandler selbst in der Operation noch viele Freiheiten bei der Wahl der Implantatposition. Diese Freiheit und der hohe apparative Aufwand erhöhen gerade bei nicht routinemäßiger Anwendung dieser Verfahren die Operationszeit.

**Diskussion**

Die Implantatplanung unter Zuhilfenahme von Bohrschablonen mit Titanhülsen ermöglicht bei abgestimmter Vorgehensweise zwischen Chirurg, Prothetiker und Zahntechniker eine sichere Operation und eine einfache prothetische Versorgung. In den Routinefällen ist die Anwendung der zahntechnisch hergestellten Schablonen auf Basis einer zweidimensionalen radiologischen Diagnostik ausreichend. Die Genauigkeit der dreidimensionalen Systeme liegt im Bereich von kleiner als einem Millimeter, der für Implantatplanungen in der Regel ausreicht [3, 6]. Die Strahlenbelastung ist bei den sehr genau zeichnenden CT deutlich höher als bei den CB. Daher wird für die Herstellung der Implantatschablonen auf die Bildgebung mittels CB zurückgegriffen.

Die Nutzung der dreidimensionalen Bildgebung ermöglicht besonders mit vorbereiteten radioopaken prothetisch orientierten Strukturen eine detaillierte Planung unter anatomischen und prothetischen Gesichtspunkten. Der zahntechnische Aufwand vor der Operation ist zwar höher als beim

Schablone auf Basis zweidimensionaler Bildgebung	Schablone auf Basis dreidimensionaler Bildgebung	Navigation
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> keine räumliche Information</li> <li><input type="checkbox"/> Schnittstelle ZA-ZT</li> <li><input type="checkbox"/> geringer Planungsaufwand</li> <li><input type="checkbox"/> geringe Kosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Kalibrierung Instrumente durch ZT</li> <li><input type="checkbox"/> Schnittstelle ZA-Radiologe-ZT</li> <li><input type="checkbox"/> Planungsaufwand beim Zahntechniker</li> <li><input type="checkbox"/> einfache Nerverkennung</li> <li><input type="checkbox"/> Abstützung auf Knochen</li> <li><input type="checkbox"/> Kosten Zahntechnik und Bildgebung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> apparativer operativer Aufwand</li> <li><input type="checkbox"/> Schnittstelle ZA-Radiologe-ZT</li> <li><input type="checkbox"/> Planungsaufwand beim Arzt</li> <li><input type="checkbox"/> Intra-operative 3D-Visualisierung</li> <li><input type="checkbox"/> Intra-operative Anpassung möglich</li> <li><input type="checkbox"/> Liquidation navigierte Planung sowie Insertion</li> </ul>

Tab. 3  
Vergleich der  
Planungstechniken

konventionellen Vorgehen, steht aber in keinem Verhältnis zu den Kosten und den Komplikationen bei prothetisch ungünstig gesetzten Implantaten.

Die Anwendung der Navigation erfordert heute noch einen sehr hohen apparativen Aufwand, sodass die Operationszeit selten verkürzt ist. Der operative Aufwand mit der Justierung der Instrumente und der optischen Orientierungselemente lohnt sich nur für Zentren mit einer häufigen Anwendung, da diese Systeme in der Regel ortsgelassen sind und nicht von mehreren Praxen routinemäßig genutzt werden können.



### Vita

**Dr. Jörg Neugebauer, Köln**

Studierte Zahnmedizin in Heidelberg und war dann bei einem führenden Implantathersteller in Mannheim für wissenschaftliche Fortbildung, Produktentwicklung und klinische Studien zuständig.

Nach Abschluss seiner Weiterbildung zum Facharzt für Oralchirurgie ist er als Oberarzt der Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie an der Universität zu Köln tätig.

Aufgrund des zusätzlichen apparativen Aufwandes bei den Navigationssystemen zeichnen sich die Schablonen-Systeme durch eine kurze Behandlungszeit am Patienten und hohe Genauigkeit der Implantatpositionierung aus, da die Vorbereitungen in Zusammenarbeit mit dem Zahntechniker unter prothetischen Aspekten erbracht werden.

Heutzutage stellen die in der Regel hohen Kosten für die 3D-Bildgebung gerade bei Versorgungen mit wenigen Implantaten eine hohe finanzielle Belastung dar, sodass eine dreidimensionale OPG-Technik mit hoher Auflösung wünschenswert wäre. ■

## Abstract

The transfer of implant-prosthetic planning from the cast to the surgical side is done with templates. These templates are fabricated in general by the lab-technician. Depending on the used radiological diagnostic procedure the implants can be precisely planned according to the anatomical and prosthetic situation. Utilizing three-dimensional radiographs template for the direct positioning on the bone can be made. According to the size of the case for each indication a cost-effect-analysis should be made.

### Kontaktadresse:

**Dr. Jörg Neugebauer**

Klinik und Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln (Direktor: Univ.-Professor Dr. Dr. J. E. Zöller), Kerpener Str. 32, D-50931 Köln

## Literaturverzeichnis

[1] Bidgood, W.D., Jr., Horii, S.C.: Introduction to the ACR-NEMA DICOM standard. *Radiographics* 1992; 2, 345–355.

[2] Casap, N., Tarazi, E., Wexler, A., et al.: Intraoperative computerized navigation for flapless implant surgery and immediate loading in the edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 1, 92–98.

[3] Casap, N., Wexler, A., Persky, N., et al.: Navigation surgery for dental implants: assessment of accuracy of the image guided implantology system. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 9 Suppl 2, 116–119.

[4] Ewers, R., Schicho, K., Truppe, M., et al.: Computer-aided navigation in dental implantology: 7 years of clinical experience. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 3, 329–334.

[5] Goodacre, C.J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., et al.: Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2003; 2, 121–132.

[6] Hassfeld, S., Muhling, J.: Comparative examination of the accuracy of a mechanical and an optical system in CT and MRT based instrument navigation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2000; 6, 400–407.

[7] Hassfeld, S., Muhling, J., Zoller, J.: Intraoperative navigation in oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1995; 1 Pt 2, 111–119.

[8] Hildebrandt, D., Kunz, A., Mehrhof, J., et al.: Computergestützte Navigationsverfahren – ein Beitrag für die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der oralen Implantologie. *Teamwork Interdisziplin J Proth Zahnheilkd* 2003; 2, 110–124.

[9] Khoury, F., Schmidt, J., Sanftenberg, U.: Erfahrungen mit der Bohrrichtungsschablone bei der Insertion von IMZ-Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1991; 1, 29–32.

[10] Klein, M., Hein, A., Lueth, T., et al.: Robot-assisted placement of craniofacial implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 5, 712–718.

[11] Mupparapu, M., Singer, S.R.: Implant imaging for the dentist. *J Can Dent Assoc* 2004; 1, 32.

[12] Stein, W., Hassfeld, S., Brief, J., et al.: CT-based 3D-planning for dental implantology. *Stud Health Technol Inform* 1998; 137–143.