

Dr. Jörg Neugebauer et al. über Programme, Verfahren und Instrumente

# Quo vadis navigierte Implantation?

**Mit der Einführung der Computertomografie in der Zahnheilkunde war es möglich, zahnärztliche Implantate dreidimensional zu planen [1] und durch entsprechende Hilfsmittel bei der Operation computergestützt umzusetzen [2]. Heute stehen eine Vielzahl von Programmen, Verfahren und Implantatinstrumente zur Verfügung, um Implantate mithilfe der Computertechnologie zum Teil auch minimal-invasiv einzubringen oder sofort zu versorgen [3,5].**

## Navigierte Chirurgie

Unter navigierter Implantation wurde zunächst das Einsetzen von Implantaten unter Zuhilfenahme von optischen Systemen verstanden [6]. Diese Tracking-Systeme werden genutzt, um die Position des Bohrers in Bezug zum Patienten in Echtzeit zu bestimmen, so dass eine computergesteuerte Implantation gemäß der Planung erfolgen kann. Dabei hat der Operateur die Möglichkeit an einem Kontrollbildschirm die Position des Bohrers in Bezug zur präoperativ durchgeführten Planung in allen drei Dimensionen zu überprüfen [7]. Die Verbreitung dieser Techniken ist jedoch eingeschränkt, da solche Apparate einen hohen technischen und finanziellen Aufwand für die Praxis bedeuten [8]. Diese Metho-

de wurde an verschiedenen Hochschulen intensiv erforscht und zeigte eine hohe Genauigkeit im Bereich von 0,2 bis 0,4 mm und wird heute noch besonders für die Rekonstruktion von hochatrophen Kiefern oder bei Tumorpatienten angewendet [9] (Abb. 1).

In der allgemeinen zahnärztlichen Praxis wird unter navigierter Implantation heute die Anwendung von verschiedenen Schienensystemen, neudeutsch auch Surgical Guides, verstanden. Für die Anwendung der Schienensysteme existiert ein breites Angebot von Planungssoftware, die dann eine lokale oder eine zentrale Herstellung einer Bohrschablone erfordern [10].

## Planungssoftware

Historisch bedingt zeigt ein Großteil dieser Programme eine Einschränkung, da diese zunächst auf Basis der kontrastreichen Computertomografieaufnahmen konzipiert wurden [11,12]. Durch die zunehmende Verbreitung der Cone-Beam-Technologie beziehungsweise der dentalen Digitalen Volumentomografie ist heute die Anwendung

der navigierten Implantation mit einem vertretbaren Strahlenrisiko auch bei weniger komplexen Fällen möglich [13]. Somit findet die computergestützte Schienentechnologie vermehrt Anwendung in der implantologisch orientierten Praxis.

## Lokale Schablonenherstellung

Bei der lokalen Schablonenherstellung zeigt sich der Vorteil, dass diese relativ kurzfristig durch die enge Kooperation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker verfügbar ist, da eine Transportkette für eine zentrale Herstellung nicht anfällt [12]. Die lokalen Systeme zeigen jedoch den Nachteil, dass in der Regel die Übertragung der im Computer bestimmten Positionen durch die mechanische Einstellung von entsprechenden Planungstischen erfolgt, so dass hier ein Risiko für Herstellungsfehler gegeben ist. Bei der computergesteuerten Herstellung in der zentralen Schablonenfabrikation sind diese durch das rein mechanische Handling bedingten Risiken nahezu ausgeschlossen [11]. Die lokale Schablonenherstellung zeichnet sich ferner durch eine individuelle Preisgestaltung aus, so dass hier durchaus in Märkten mit einem niedrigen Arbeitslohn eine hohe Verdichtungsrate vorzufinden ist (Abb. 2).

## Zentrale Schablonenherstellung

Bei der zentralen Schablonenherstellung werden diese zum einen durch die Umarbeitung der Röntgenschablone erzeugt, wobei durch eine CNC-Bohrung die Implantatposition in der Röntgenschablone definiert und dann entsprechende

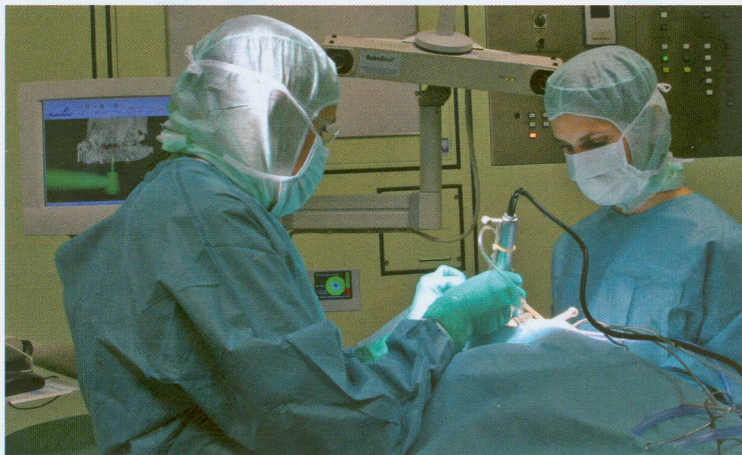


Abb. 1 Hoher apparativer Aufwand für optische Navigation mit Kontrolle der korrekten Position des Winkelstückes (grüne Darstellung Monitor)



Abb. 2a Planung mit SkyPlanX (Bredent, Senden) zur Vermeidung einer Sinusbodenelevation

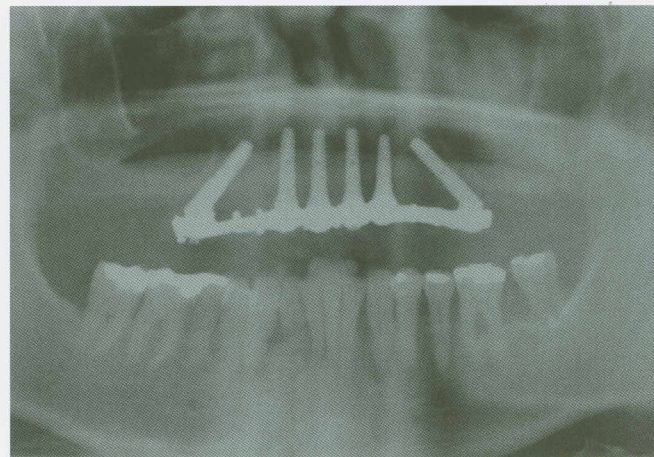


Abb. 2b Röntgenkontrolle der festsitzenden Fast & Fixed-Versorgung im Oberkiefer

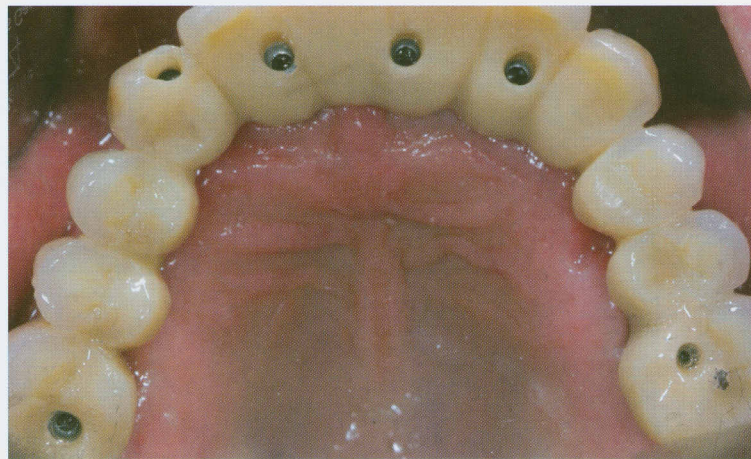


Abb. 2c Position der 3D-geplanten Schraubenkanäle bei festsitzender Versorgung

Hülsensysteme fixiert werden [14]. Die zweite Variante der Bohrschablonenherstellung erfolgt über Stereolithographie, so dass aufgrund der dreidimensionalen Bild-daten ein virtuelles Modell des Kiefers und der benötigten Bohrschablone erzeugt werden kann [15]. Diese sehr aufwändige Technologie ist auch als 3D-Druckverfahren bekannt und ermöglicht die Herstellung von Bohrschablonen, die nicht nur auf Zahn- oder der Schleimhautoberfläche verankert sind, sondern auch direkt knochengetragen platziert werden können [16]. Dies ist ein entscheidender Vorteil gerade bei der Anwendung im zahnlosen Kiefer, da es hier zu einer exakten Positionierung nach der Weichgewebspräparation kommen kann.

Zur Sicherung der Bohrschablone können Hilfsimplantate oder zusätzliche Positionierungsschrauben eingesetzt werden [17]. Dies bedeutet aber für den Patienten und den Behandler eine zusätzliche operative Intervention mit den damit verbunden chirurgischen und materiellen Einschränkungen.

### Geführte Implantation

Neben der Planung der Implantate und der Umsetzung der Planung in eine Bohrschablone stellt sich als dritter Arbeitsschritt die Anwendung des jeweiligen Implantatsystems dar. Bei einigen Systemen sind inzwischen Aufbereitungssysteme verfügbar, die auf eine genaue Bohrer- und Instrumentenführung abgestimmt sind, so dass

nicht nur die Bohrer in die Bohrschablone geführt werden, sondern auch die Implantatinserterion navigiert über die Bohrschablone erfolgen kann [18].

Diese Technologien werden vornehmlich für die Sofortbelastung mit einem minimal-invasiven Zugang gewählt. Es hat sich jedoch in der Vergangenheit gezeigt, dass eine hohe Zuverlässigkeit dieser Maßnahmen lediglich bei einem gut ausgeprägten Knochenangebot gegeben ist [19,20]. Liegen scharfe Knochenkanten oder atrophe Situationen vor, treten hier Probleme auf, da die Implantatpositionen nicht einfach erreicht werden können [4,21].

Ferner zeigte sich bei den ersten Nachuntersuchungen zu diesen modernen Therapieansätzen, dass die erreichten Genauigkeiten nicht unbedingt in der Spezifikation für das Eingliedern eines definitiven Zahnersatzes geeignet sind. Hierzu stehen zwei Optionen zur Verfügung. Zum einen kann mit Ausgleichsaufbauten gearbeitet werden, um auf die Implantatversorgung keine unphysiologischen Spannungen aufzubringen [17]. Alternativ bereitet der Zahntechniker den Zahnersatz auf einem Implantat vor, damit die übrigen Implantate eine direkte Fixierung im

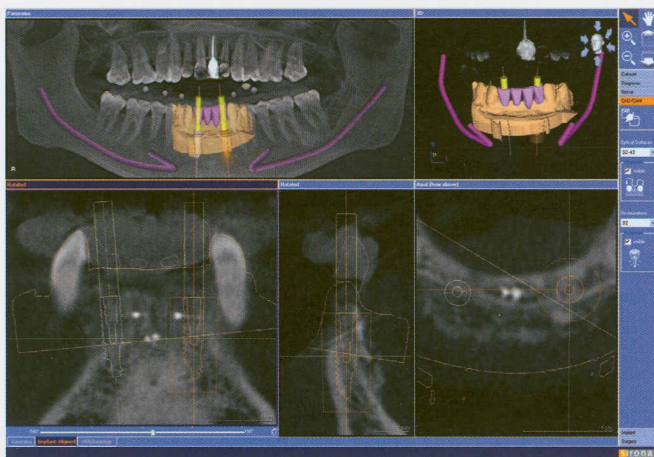


Abb. 3a Planung mit Überlagerung des in Cerec (Sirona, Bensheim) erzeugten Prothetikvorschlages in Sirona Implant

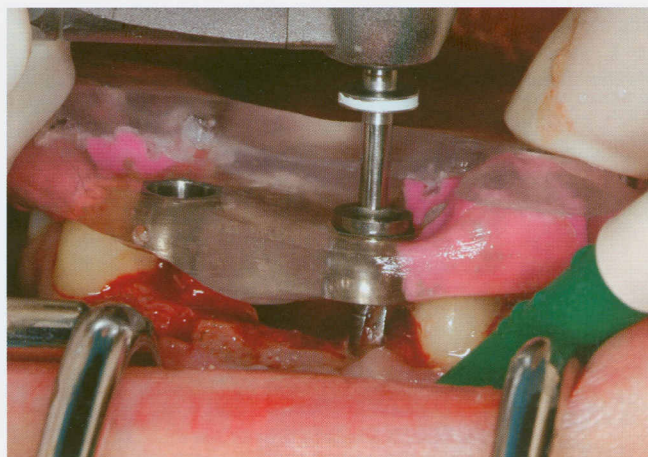


Abb. 3b Implantatbettauflbereitung für XIVE mit längendefinierter Hülse durch SICAT-Bohrschablone (SICAT, Bonn)

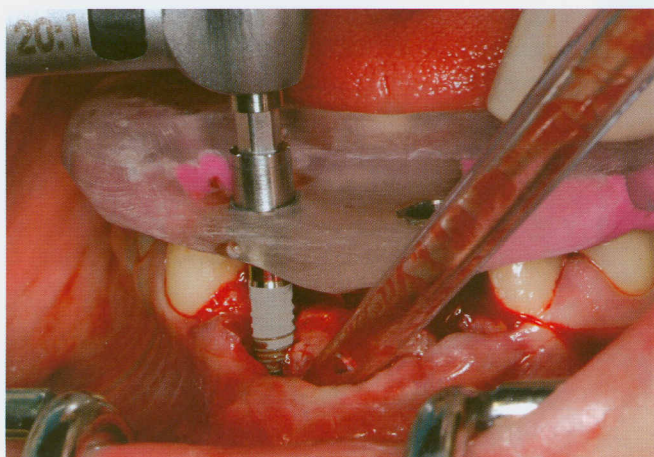


Abb. 3c Geführte Implantatinsertion mit ExpertEase Instrumentarium (DENTSPLY Friadent, Mannheim)

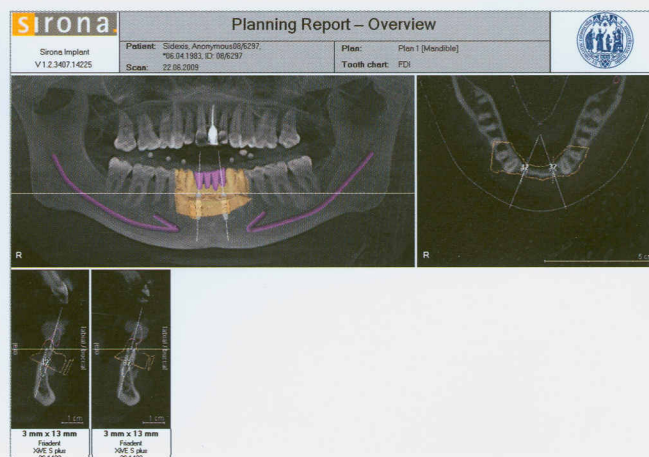


Abb. 3d Behandlungsdokumentation mit Ausdruck des Planungsreports

Mund des Patienten erfahren. Auf diese Weise lässt sich ebenfalls ein „passive-fit“ erreichen.

### Für und wider

Der Vorteil der dreidimensionalen Planung stellt sich im Besonderen in der genauen Diagnostik und den Möglichkeiten der Umsetzung dar, so dass eine Implantatinsertion unter kontrollierten Bedingungen erfolgen kann. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass die spezifische Planungssoftware ebenfalls eine genaue Schulung und Einarbeitung benötigt, damit die jeweiligen anatomischen Strukturen genau erkannt werden können. Es hat sich gezeigt, dass für die exakte Anwendung des jeweiligen Instru-

mentariums eine spezifische Lernkurve notwendig ist [4]. Somit bietet die Schablonentechnik gerade dem Anfänger oder Einsteiger in die Implantologie keine absolute Sicherheit, besonders in schwierigen Fällen, wie sie oftmals suggeriert wird.

### Weitere Entwicklungen

Die Zukunftsperspektive bei der Entwicklung der Bohrshablonen ist sicherlich die Vereinfachung des Arbeitsablaufes. Bei der heutigen Prozesskette muss der Patient mehrere Sitzungen für das prothetische Wax-up, die radiologische Aufnahme und eventuell zum Überprüfen des Sitzes der Schablone wahrnehmen, bis die Implantation

durchgeführt werden kann. Die Schnittstelle zwischen Zahntechniker, Zahnarzt und Radiologe wird sicherlich in Zukunft abgekürzt werden, indem zum Beispiel die Simulation des prothetischen Ergebnisses nicht mehr durch eine Bariumsulfat-Aufstellung erfolgt, sondern durch ein virtuelles Set-up nach einem optischen Abdruck [22] (Abb. 3a bis c). Dies ermöglicht die kostenintensive Aufstellung des Zahnersatzes und Überführung in Bariumsulfat einzusparen, um einzelne Arbeitsschritte abzukürzen. Ferner wird sicherlich auch die Möglichkeit der Verfügbarkeit der CAD/CAM-Frästechnologie in der niedergelassenen Praxis hier weitere Verbesserungen ermöglichen, so dass Bohrshablonen direkt [↔](#)

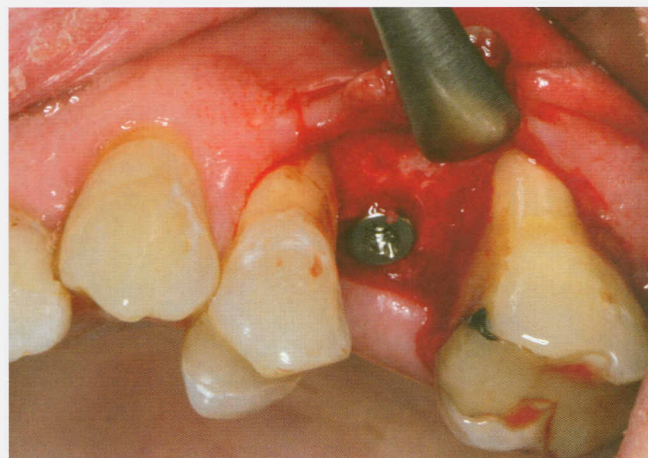
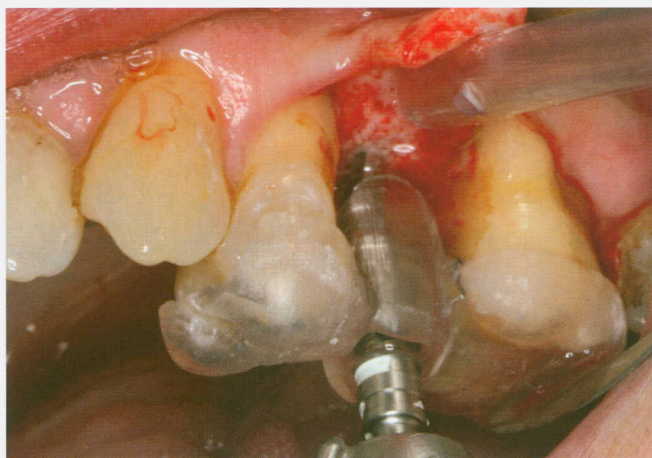


Abb. 4a Implantatinsertion mittels versuchsweise chairside hergestellter CAD/CAM-Bohrschablone.

Abb. 4b Korrekte Implantatinsertion nach geführter Implantatbettaufrbereitung

Planungssoftware (Vorläufernamen)	Verfügbare Varianten	Vertrieb durch
10 DR implant		10 DR Seoul, Korea
Blue Sky Plan		Blue Sky Bio, Grayslake, IL, USA
coDiagnostiX	coDiagnostiX SKYplanX	IVS Solutions, Chemnitz Bredent, Senden
CTV (PraxisSoft)		M+K Dental, Kahla
DentalVox (Era Scientific)		Biosfera, Rimini, Italien
DentalSlice		Bioparts, Brasília, Brasilien
DDent plus I		AlloVision, Greenville SC, U.S.A.
DigiGuide MDI		Imtec, Ardmore, OK, USA
Easy Guide(CAD implant, Praxim)		Keystone Dental, Drillington, MA, USA
IIS Implant Location System		Tactile Technologies, Rehovot, Israel
Implant3D (Stent CAD)	Implant3D Impla 3D Navi	Media Lab, La Spezia, Italien Schütz Dental, Rosbach
Implant3D (med3D)	Implant3D CeHa implant IGS Monitor	med3D, Heidelberg C. Hafner, Pforzheim Zingis, Brussels, Belgien
Implametric		3dent, Valencia, Spanien
Nobel Guide (LITORIM, Cath. Uni. Leuven) (Oralim, Medicim)		Nobel Biocare, Göteborg, Schweden
Simplant (surgicase)	Simplant/Surgiguide Facilitate ExpertEase	Materialize, Leuven, Belgien Astratech, Mölndal, Schweden Dentsply Friadent, Mannheim
Scan2guide	Scan2Guide ImplantMaster	Ident, Foster, Ca, USA Verschieden
Sicat Implant	Sicat Implant Galileos Implant	Sicat, Bonn Sirona, Bensheim
VIP Virtual Implant Placement (Implant Logic)		BioHorizons, Birmingham, AL, USA

Tab. 1 Implantat-Planungssoftware für Bohrerschablonen

im zahnärztlichen Umfeld gefräst werden können und somit auch die Adaptation durch die mechanische Orientierung von entsprechenden Positionierungstischen oder das Versenden der Behandlungsunterlagen an eine zentrale Stelle nicht mehr notwendig ist [23] (Abb.4a bis c). ■

Dr. Jörg Neugebauer, Dr. Lutz Ritter,  
Dr. Frank Kistler, Dr. Steffen Kistler,  
Dr. Georg Bayer, Dr. Franziska  
Möller, Priv.-Doz. Dr. Dr. Robert A.  
Mischkowski, Univ.-Prof. Dr.  
Dr. Joachim E. Zöller

Literatur bei der Redaktion

#### Kontakt

Dr. J. Neugebauer • Oberarzt  
Interdisziplinäre Poliklinik für Ora-  
le Chirurgie und Implantologie  
Klinik und Poliklinik für Mund-,  
Kiefer- und Plastische Gesichts-  
chirurgie der Universität zu Köln  
Direktor: Univ.-Professor  
Dr. Dr. J. E. Zöller  
Kerpener Str.32 • 50931 Köln  
joerg.neugebauer@uk-koeln.de  
Telefon 0221 478 4700  
Telefax 0221 478 6721