

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 Verbreitungs-dichte 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)

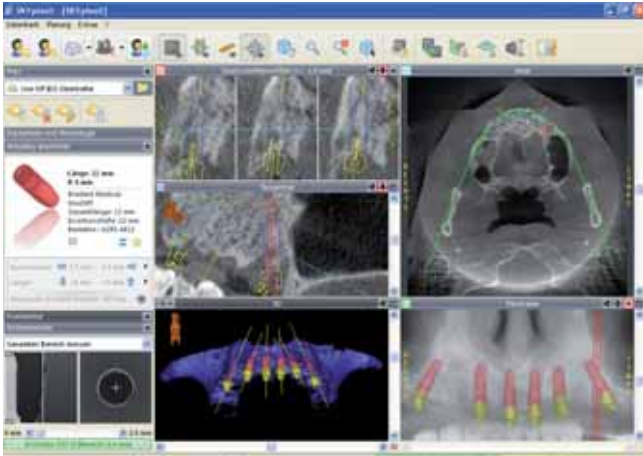


Abb. 2a Planung mit SkyPlanX (bredent, Senden) zur Vermeidung einer Sinusbodenelevation

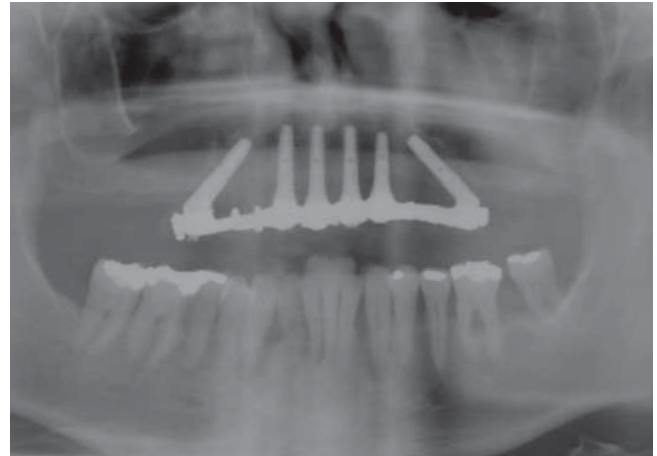


Abb. 2b Röntgenkontrolle der festsitzenden Fast & Fixed-Versorgung im Oberkiefer



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 Kie-fers und der benötigten Bohrscha-blone erzeugt werden kann [15]. Diese sehr aufwändige Technologie ist auch als 3D-Druckverfahren bekannt und ermöglicht die Her-stellung von Bohrschablonen, die nicht nur auf Zahn- oder der Schleimhautoberfläche verankert sind, sondern auch direkt kno-chengetragen platziert werden können [16]. Dies ist ein entschei-dender Vorteil gerade bei der An-wendung im zahnlosen Kiefer, da es hier zu einer exakten Positionie-rung nach der Weichgewebsprä-paration kommen kann.

Zur Sicherung der Bohrschablone können Hilfsimplantate oder zu-sätzliche Positionierungsschrau-ben eingesetzt werden [17]. Dies bedeutet aber für den Patienten und den Behandler eine zusätz-liche 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 Anwen-dung des jeweiligen Implantatsys-tems dar. Bei einigen Systemen sind inzwischen Aufbereitungssys-teme verfügbar, die auf eine ge-naue Bohrer- und Instrumenten-führung abgestimmt sind, so dass

nicht nur die Bohrer in die Bohr-schablone geführt werden, son-der auch die Implantatinsertion navigiert über die Bohrschablone erfolgen kann [18].

Diese Technologien werden vor-nehmlich für die Sofortbelastung mit einem minimal-invasiven Zu-gang 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 Situ-ationen 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. Hier-zu stehen zwei Optionen zur Ver-fügung. Zum einen kann mit Aus-gleichsaufbauten gearbeitet wer-den, um auf die Implantatver-sorgung keine unphysiologischen Spannungen aufzubringen [17]. Al-ternativ bereitet der Zahntechni-ker den Zahnersatz auf einem Im-plantat vor, damit die übrigen Im-plantate eine direkte Fixierung im



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



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

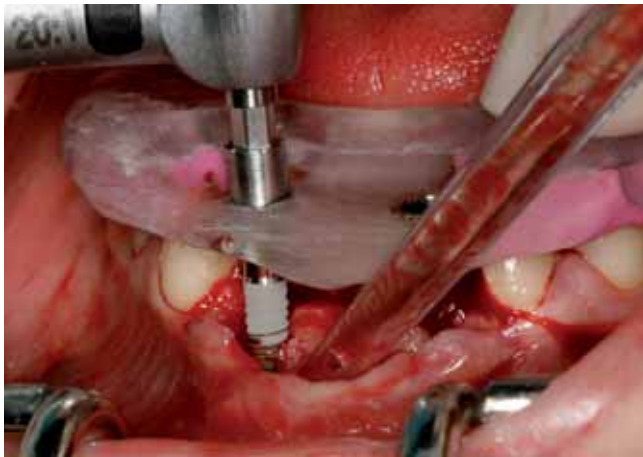


Abb. 3c Geführte Implantatinserterion mit ExpertEase Instrumentarium (DENTSPLY Friadent, Mannheim)

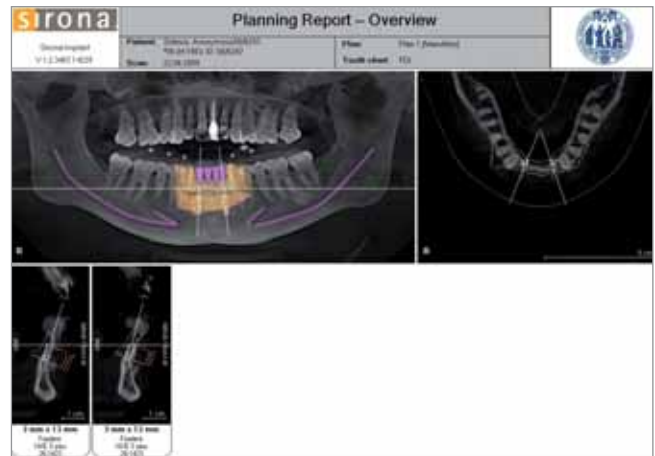


Abb. 3d Behandlungsdokumentation mit Ausdruck des Planungsreports

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 Implantatinserterion 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 Bohrschablonen 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 Bohrschablonen direkt [☞](#)



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



Abb. 4b Korrekte Implantatinsertion nach geführter Implantatbettaufrbereitung

Planungssoftware (Vorläufernamen)	Verfügbare Variaten	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 Bohrschablonen

im zahnärztlichen Umfeld geübt 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 Orale
Chirurgie und Implantologie
Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie
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