

Autor
Anwender
Status
Innovativ
Kategorie
Verfahrensbeschreibung

Frästechnische Herstellung von Bohrschablonen aus medizinischem Aluminium

ZT Hans Raapke

Bohrschablonen für die navigierte Implantatinsertion werden heute in der Regel manuell im Labor oder ausgelagert in einer industriellen Zentralfertigung – hier häufig stereolithografisch aus Kunststoffen – hergestellt. Durch die Nutzung geeigneter CAD-Programme in Kombination mit offenen Implantationsplanungsprogrammen eröffnet sich dem Zahntechniker die Möglichkeit, passgenaue Schablonen inhouse zu fräsen – auch aus Metall (Abb. 1 und 2).

Einführung

Die optimale Ausnutzung des Restknochens und eine exakte Platzierung der Implantate nach chirurgischen wie auch prothetischen Kriterien sind das A und O in der Implantologie. Speziell bei komplexen Fällen mit beispielsweise reduziertem Knochenangebot, aufwendigen prothetischen Rekonstruktionen beziehungsweise hohen prothetischen Anforderungen kann dies zu einer sehr großen Herausforderung werden. Durch die Nutzung dreidimensionaler Bildgebungs- und Planungstechnologien sowie navigierter Operationstechniken kann die Implantatpositionierung klinisch wesentlich verbessert werden. Knochenaufbauende Maßnahmen sind dank der optimierten Ausnutzung des Knochenangebots in vielen Fällen nicht erforderlich.

Dominiert wird der Markt klar von sogenannten statisch navigierten Verfahren mit Führungsschablonen im Gegensatz zu dynamisch navigierten Verfahren. Bei diesen erfolgt die Übertragung der virtuellen Planung auf den Patienten über die intraoperative Stellungskontrolle von Kiefer und Bohrer mittels stereooptischer Kameras. Statische Verfahren sind nicht nur kostengünstiger, sondern auch einfacher zu handhaben. Die dabei erforderlichen Navigationsschablonen ermöglichen – unabhängig von der Fertigungsweise – die Präparation des Implantatbetts und die Implantatinsertion in räumlich korrekter Achslage und vorgegebener Tiefe bei minimalinvasivem Vorgehen. Letzteres wiederum zieht geringere Operationstraumata und damit auch geringere Umbau- und Resorptionsvorgänge des Knochens sowie reduzierte postoperative Beschwerden nach sich. Auch die Gefahr prothetischer Komplikationen sinkt durch die vorab bei der 3D-Planung auf die Prothetik abgestimmte Implantatlage. Die Vorteile sind mannigfaltig.



Abb. 1: Aus Metall gefräste Bohrschablone.

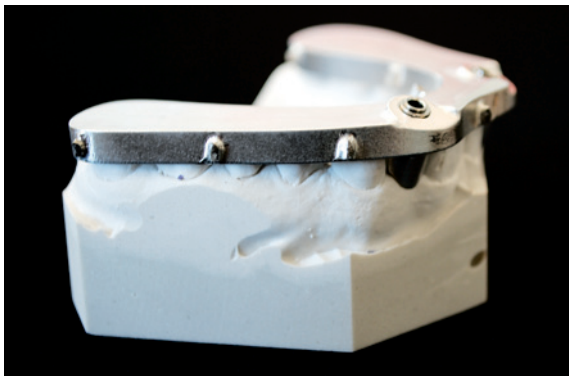


Abb. 2: Bohrschablone direkt nach dem Fräsen passgenau auf dem Gipsmodell.



QR-Code scannen und den Beitrag auf Ihr Smartphone oder Tablet herunterladen!

Aber es bestehen durchaus auch einige Kritikpunkte. So sind die üblichen additiv vernetzenden Kunststoffe, aus denen die Bohrschablonen in der Regel gefertigt werden, meist thermolabil, nicht autoklavierbar und somit nicht steril einsetzbar. Zudem können Restpolymerisationsreaktionen sowie Lagerungs- und Trocknungseinflüsse zu unkontrollierten Verziehungen führen, denn das Schablonenbasismaterial besteht beim additiven Verfahren Stereolithografie aus einem in der Aushärtphase polymerisierenden und somit systemimmanent schrumpfenden Werkstoff. Die Spielpassung des Bohrers in der Bohrhülse ist leider nicht vermeidbar. Und auch das Abweichen des Bohrers von der virtuell geplanten Implantatlage speziell an ossären Strukturen, wie tangential anliegender Kortikalis, ist ein typisches Phänomen. Darüber hinaus kann das anatomisch bedingte Platzangebot insbesondere im Molarenbereich intraoperativ zu einem Verbiegen oder sogar einer Fraktur der Schablone führen. Zumindest einige Fehler- und Gefahrenquellen können durch einen Werkstoffwechsel – weg vom Kunststoff hin zum Metall – eliminiert werden.

Schablonenfräsen: Voraussetzungen und Workflow

Im Detail werden für die frästechnische Herstellung von Bohrschablonen für die navigierte Implantatchirurgie folgende Komponenten benötigt: Ein DVT beziehungsweise ein CT sowie ein Abdruck und / oder Intraoralscan des zu behandelnden Kiefers, ein offener Modellscanner, ein Implantationsplanungsprogramm mit STL-Datenausgabe (z. B. Impl 3D von Schütz Dental, D-Rosbach / Implant 3D von Medialab, I-Follo), Navigationssoftware mit freier STL-Datenausgabe, eine offene Modellations- und CAM-Software sowie eine fünfschichtige Fräsanlage.

Liegt ein natürlicher Restzahnbestand bei dem Patienten vor oder werden im zahnlosen Kiefer spezielle Interimsimplantate (Impla, Schütz Dental) verwendet, kann ohne Zuhilfenahme einer Röntgen-schablone geröntgt werden. So kann noch nach der Befundung der CT- oder DVT-Daten die Anfertigung einer Schablone veranlasst werden. Eine sicher reproduzierbare, zumindest trianguläre Abstützung der

Bohrschablone auf Restzahnbestand beziehungsweise (Interims-)Implantaten ist jedoch Voraussetzung. Rein schleimhautgetragene Navigationshilfen sind nicht präzise genug und daher aus Sicht der Autoren abzulehnen. Ob das DVT mit oder ohne Scanschablone in definitiver Prothesenform erfolgt, ist abhängig von der Komplexität der Restauration zu entscheiden.

Nach dem Einlesen der DICOM-Daten und der 3D-Implantationsplanung durch den Chirurgen erfolgt eine konventionelle Abformung. Das auf Grundlage des Abdrucks erstellte Meistermodell wird mittels Laborscanner wie beispielsweise von 3Shape (DK-Kopenhagen) oder Schütz Dental (D-Rosbach) digitalisiert. Die Datensätze werden miteinander abgeglichen, indem die Modelldaten und die virtuelle Implantationsplanung über Implantate / Zähne / Scanschablone als Oberflächen gematched, d. h. überlagert werden. Die enthaltenen Informationen zur Bohrhülsenlage und den intraoralen Oberflächen etc. werden für die Modellation der Bohrschablone in der CAD-Software genutzt. Dabei können auch seitliche Bohrereinschübe für eine bessere Erreichbarkeit räumlich enger Molarenpositionen konstruiert werden.

Die Konstruktionsdaten werden im nächsten Schritt in der CAM-Software für den Fräsprozess aufbereitet und anschließend kann die Schablone mit einer 5-Achs-Fräsmaschine gefertigt werden. Vergleichsweise leichte Tischmaschinen sind hier ungeeignet, da sie nicht die nötige Leistungsstärke und Steifigkeit mitbringen, um die gewünschte Präzision umzusetzen. Abschließend wird der Sitz der Bohrschablone im Patientenmund überprüft, bevor sie sterilisiert wird.

Werkstoffwahl

Die frästechnische Herstellung von Bohrschablonen im Labor kann mit unterschiedlichen Werkstoffen erfolgen. Infrage kommen prinzipiell natürlich PMMA und Composite, aber ebenso beispielsweise Aluminium und Titan. Kunststoffe lassen sich zwar sehr schnell und werkzeugschonend bearbeiten, sind aber – wie eingangs bereits angeführt – mit einigen Nachteilen verbunden, wozu gehört, dass sie nur

desinfizierbar, nicht autoklavierbar und nicht bruchstabil sind.

Der Vorteil von Metall besteht in diesem Zusammenhang insbesondere darin, dass es grundsätzlich bruchstabil, verwindungssteif und formbeständig sowie unbegrenzt lagerbar ist. Des Weiteren können Metallschablonen dank ihrer Stabilität im Durchmesser stark reduziert werden, sodass eine vergleichsweise grazile Gestaltung möglich wird. Last but not least ist es fraktioniert autoklavierbar bei 134° C nach RKI-Empfehlungen. Speziell Titan ist in der Zahnheilkunde dank seiner hohen Biokompatibilität etabliert. Von Vorteil ist auch, dass bei Titan als Schienenmaterial oder NavigationssteckhülSENSsystem mit Titanhülsen (z. B. BIOMET 3i, D-Karlsruhe / Schütz Dental / Straumann, CH-Basel) das Einbringen von Bohrhülsen in die Bohrschablone als separater Arbeitsschritt entfällt. Allerdings dauert der Fräsprozess so lange, dass die Schablonenfertigung dadurch aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht zu rechtfertigen ist. Aluminium hingegen lässt sich sehr gut maschinell bearbeiten, sodass eine Bohrschablone in weniger als einer Stunde fräSbar ist. Bei der Verwendung von medizinischem Aluminium kann der Anwender sicher sein, dass das Material frei von Spuren von Blei oder Kupfer ist. Werden Bohrhülsen benötigt, können diese eingepresst und per Laserpunktschweißen fixiert werden.

Falldokumentation

Die Abbildungen 3 bis 33 zeigen einen Patientenfall, bei dem die Implantatinserterion (Camlog,

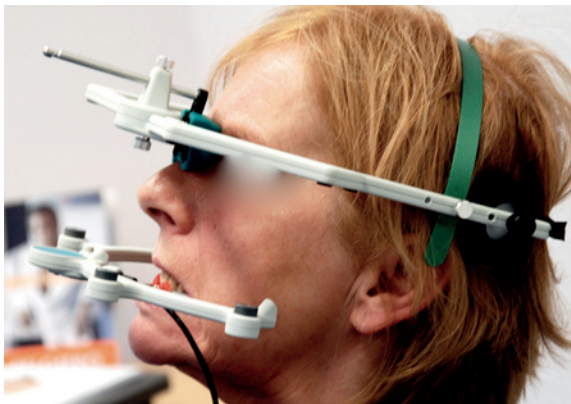


Abb. 3: Vermessung der Kiefergelenkbahnen.

CH-Basel) im komplett zahnlosen Kiefer mithilfe von Bohrschablonen erfolgte, die nach beschriebener Methodik aus medizinischem Aluminium erstellt wurden. Durch Anfertigung der Prothetik noch vor dem chirurgischen Eingriff war eine Sofortversorgung mit einer stegetragenen Prothese möglich.



Abb. 4: Zahnloser Unterkiefer mit Interimsimplantaten.

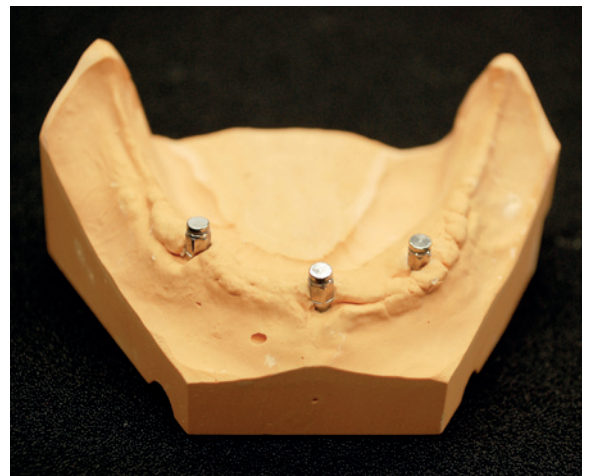


Abb. 5: Gipsmodell des Unterkiefers mit Hilfsimplantaten.



Abb. 6: Virtuelle Planung der Implantation (Unterkiefer).

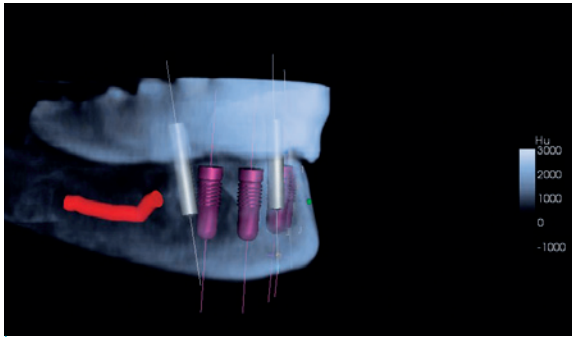


Abb. 7: 3D-Kiefermodell mit geplanten Implantaten.

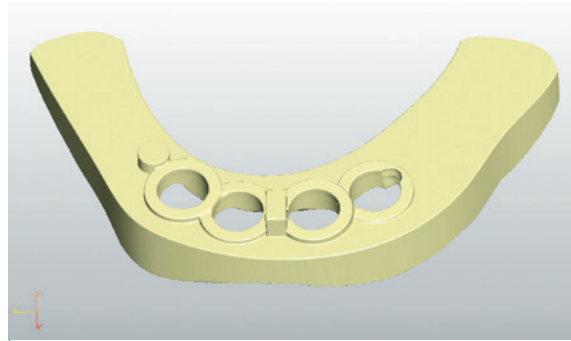


Abb. 11: Oberseite der Schablonenkonstruktion.

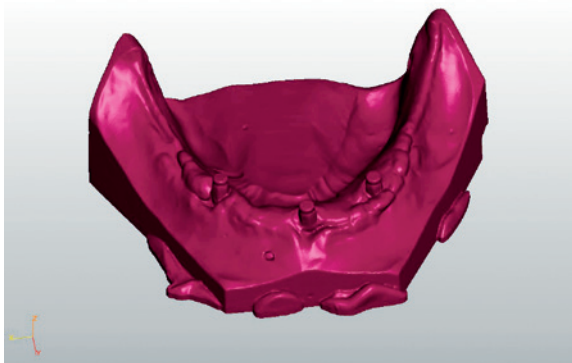


Abb. 8: Virtuelles Modell des zahnlosen Kiefers samt Interimsimplantaten.

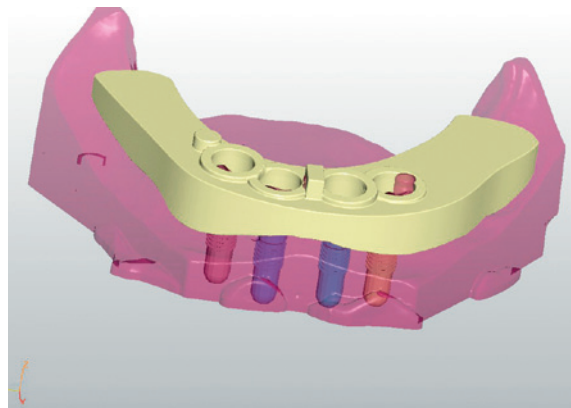


Abb. 12: Bohrschablone samt eingeblendetem Kiefer.

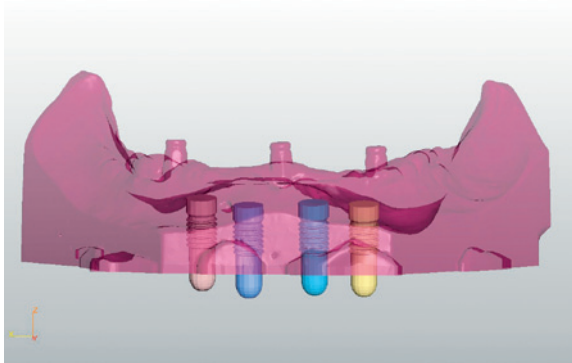


Abb. 9: Überlagerung der Modell- und der Implantationsplanungsdaten.



Abb. 13: Bohrschablone auf eingeblendetem Modell.

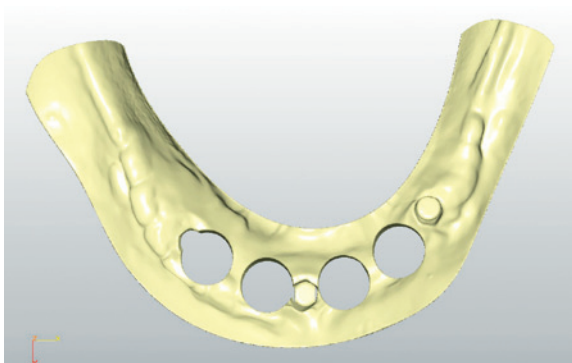


Abb. 10: Unterseite der konstruierten Bohrschablone.



Abb. 14: Detailansicht der Schablonenkonstruktion.

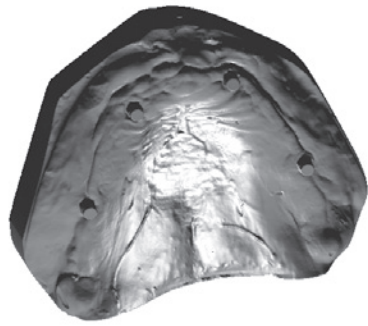


Abb. 15: Scan des Oberkiefers.



Abb. 19: Die Schablone passt exakt auf das Oberkiefermodell.



Abb. 16: Ansicht der Unterseite und ...



Abb. 20: In die Schablonen wurden Titanhülsen eingearbeitet.



Abb. 17: ... der Oberseite der konstruierten Bohrschablone.



Abb. 21: Oberseite der gefrästen Bohrschablone für den Unterkiefer.



Abb. 18: Oberkiefermodell samt ausgefräster Bohrschablone.



Abb. 22: Unterseite der gefrästen Bohrschablone für den Unterkiefer.



Abb. 23: Unterkiefer-Schablone auf dem Modell.

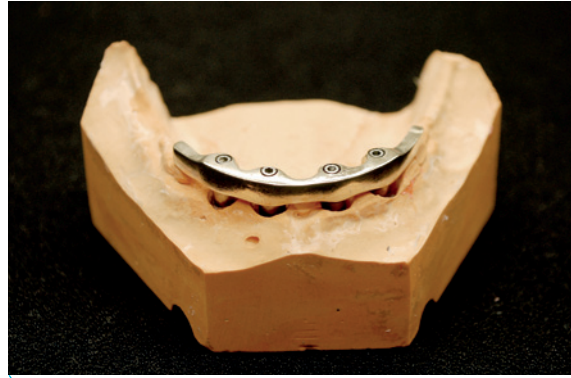


Abb. 27: Fertiggestellter Steg auf dem Unterkiefermodell.



Abb. 24: Übertragung der Implantatlagen im Unterkiefer ...



Abb. 28: Labialansicht der steggetragenen Unterkieferprothese.

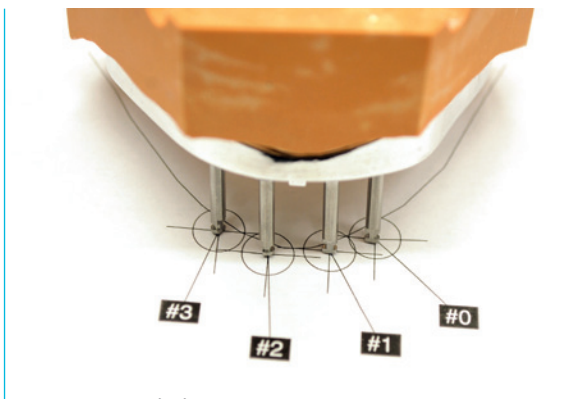


Abb. 25: ... mithilfe des Prüfprotokolls der Planungssoftware.



Abb. 29: Lingualansicht der Stegprothese.

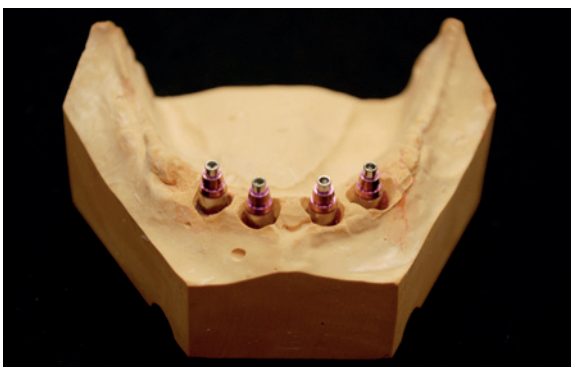


Abb. 26: Laborimplantate in korrekter Position.

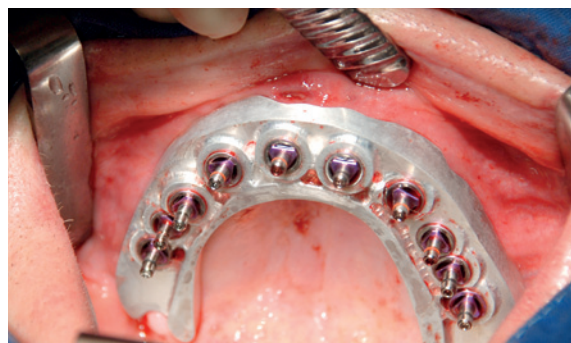


Abb. 30: Oberkieferschablone während der Implantation in situ.

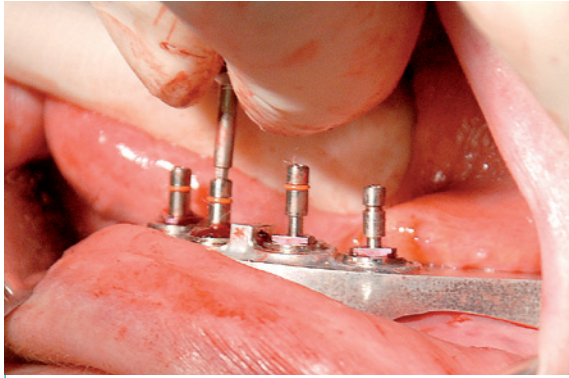


Abb. 31: Unterkieferschablone während der Implantation in situ.

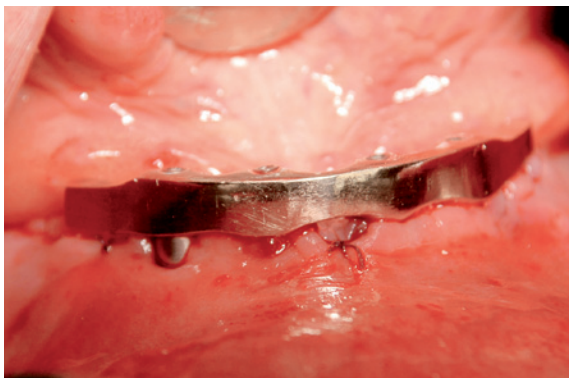


Abb. 32: Der vorab erstellte Steg wurde sofort eingesetzt.



Abb. 33: Sofortversorgung mit steggetragener Prothese.

Erzielbare Präzision

Mithilfe der gefrästen Aluminiumschablone bei der Implantatinsertion ist, speziell nach Vermessung der Kiefergelenkbahnen (z. B. mit dem zebtris JMA-System von zebtris, D-Isny im Allgäu), eine sehr hohe Präzision erzielbar, sodass klinisch beispielsweise eine sofortige provisorische Versorgung besser zu evaluieren ist.

Welche Werte hinsichtlich der Präzision mithilfe der gefrästen Bohrschablonen aus Aluminium genau erzielbar sind, wurde in einer Studie mit fünf Patienten der Praxisklinik Dr. Dr. Bonorden und Dr. Dr. Grimm^[1] in Bochum ermittelt. Insgesamt wurden 25 Implantate gesetzt, von denen in drei Fällen jeweils 4 Implantate bei prothetischer Sofortversorgung im Unterkiefer mit einer steggetragenen Totalprothese auch sofort belastet wurden. Die übrigen 13 Implantate (6 im Ober-, 7 im Unterkiefer) wurden erst nach konventioneller Einheilung belastet. Die Überprüfung der erzielten Navigationspräzision erfolgte über einen intraoperativ erstellten Abdruck, dessen Oberfläche durch einen 3D-Scan digitalisiert und mit der virtuellen Planung überlagert wurde.

Festgestellt wurde am Eintrittspunkt des Implantats eine Differenz von durchschnittlich 0,31 mm bei einer maximalen Abweichung von 0,65 mm und am Apex von durchschnittlich 0,6 mm bei einer maximalen Abweichung von 1,26 mm. Ein Vergleich der Tiefe (Differenz-Höhe) ergab Werte von durchschnittlich 0,39 mm und maximal 1,54 mm. Dabei traten in Fällen, bei denen die Bohrschablone auf dem Restzahnbestand gelagert wurde, jeweils größere Abweichungen in der Tiefenachse auf. Durchschnittlich lag diese bei dentaler Lagerung bei 0,58 mm und bei Implantatlagerung bei 0,17 mm.

Der Winkel der Implantatachsenabweichung lag durchschnittlich bei 1,52° und maximal bei 4,0°. Bei der Winkelabweichung handelt es sich lediglich um eine andersartige Beschreibung der durch den crestalen Eintrittspunkt und die Apexlage bereits charakterisierte Implantatlage. Sie ist für die Anfertigung der Prothetik und die Abutmentauswahl entscheidend. Maximale Abweichungen von bis zu 4° können in der Regel vom Zahntechniker bei der Anfertigung der Prothetik problemlos ausgeglichen werden.

Insgesamt wurden mittels der beschriebenen Methode deutlich präzisere Implantationsergebnisse erzielt als für nicht navigierte sowie statisch oder dynamisch navigierte Implantatinsertionen in der Literatur angegeben werden.

Schlusswort

Selbst bei Nutzung der besten navigierten Verfahren für die Implantatinsertion kann es sich immer bloß um eine näherungsweise Umsetzung der vorangegangenen virtuellen Implantationsplanung handeln. Das Erreichen der Idealposition der Implantate wird durch verschiedene Faktoren behindert beziehungsweise verhindert, von denen ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige im Rahmen dieses Beitrags genannt wurden. Doch obgleich sich geringe Restabweichungen der erreichten von der geplanten Implantatlage aufgrund von anatomischen Gegebenheiten und technischen Erfordernissen nie ganz vermeiden lassen, so können sie mithilfe gefräster Bohrschablonen aus medizinischem Aluminium doch auf ein Minimum reduziert werden.

Literatur

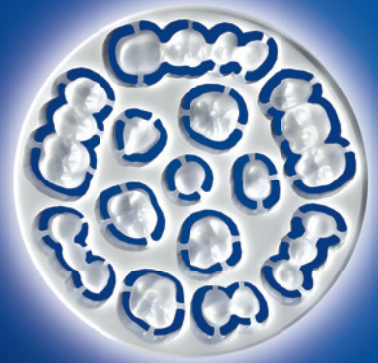
[1] **Grimm, R.; Raapke, H.; Bonorden, S.; Haßfeld, S.:** Komplett digitalisierte Erstellung von Schablonen zur geführten Implantation. Neue Herstellungsverfahren zur Ökonomisierung und Erhöhung der Präzision. In: Der MKG-Chirurg 2012; S. 41-48.

ZT Hans Raapke
Münster, Deutschland



- 1988-1991 Ausbildung zum Zahntechniker
- 1991-1998 angestellt als Zahntechniker
- 1998-2003 Key Account Manager bei Dentaforum (D-Ispringen)
- 2003-2004 System-Spezialist für NobelGuide und Procera bei Nobel Biocare (D-Köln)
- 2005-2010 Senior Product Manager bei Schütz Dental (D-Rosbach)
- 2010-2012 CEO von DENTEL-INSIDE (D-Greven)
- seit 2012 CEO von John Cooper Dental (D-Altenberge)

Kontakt
info@cooperdental.de



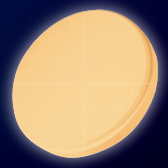
White



Light



Medium



Intense

Z-CAD® HTL –
hochtransluzentes Zirkonoxid

Mit **Z-CAD® HTL** jetzt
direkt zu monolithischen
Kronen und Brücken!

CAD/CAM-Rohlinge für farblich reinste Ästhetik vom Schweizer Keramik-Spezialisten. Jetzt für Ihr Dentallabor – neu und hochattraktiv von Metoxit! Informationen unter www.metoxit.com. Angebote erhalten Sie bei den Metoxit Vertriebspartnern und direkt: Telefon +41 (0)52 645 01 01 oder Fax +41 (0)52 645 01 00.

METOXIT
high tech ceramics