

**Zusammenfassung**

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Planungssoftware SimPlant® in Verbindung mit dem navigierten Implantationssystem SurgiGuide®. Anhand eines Fallbeispiels wird die effiziente Sofortversorgung eines Frontzahnimplantats mithilfe des sogenannten Optical Scan Moduls beschrieben. Dabei wird die Knochensituation mit dem Modell und dem Wax-up in der Software überlagert und das Langzeitprovisorium ohne Röntgenschablone rückwärtsgeplant. Die temporäre Versorgung kann im Idealfall schon fünf Tage nach dem Scannen eingegliedert werden.

Indizes

Navigierte orale Implantation, digitale Prozesskette, 3-D-Planung, Frontzahnkrone, Sofortversorgung, SimPlant®, SurgiGuide®, Systemdarstellung, Patientenfall

Schienenengeführte Implantation mithilfe des SimPlant®-Systems

Frank Spiegelberg, Christoph Buhl

Die Verknüpfung von computergestützter 3-D-Implantologie mit intraoralen Bilddaten ist eine relativ neue Option, die Arbeitsprozesse in der Implantologie vereinfachen kann. Das Prinzip besteht darin, Daten aus tomografischen Röntgenaufnahmen (CT oder DVT) mit Bilddaten von der Mundsituation im Planungsprogramm zu überlagern. Die klinisch sichtbaren Gewebe – also präparierte Zähne, Implantataufbauten und Gingiva – können hierfür entweder mit intraoralen Scannern oder über den Umweg eines Modells

Einleitung

Name des Systems: SimPlant® CompatAbility
Name der Software: SimPlant®
Hersteller der Software: Materialise Dental
Name der Schablonentechnik: SurgiGuide®
Hersteller der Schablone (bei Herstellung im Zentrum): Materialise Dental NV
Vertrieb durch: Materialise Dental GmbH, Oberpfaffenhofen, www.materialisedental.com

Hülsen für folgende Implantatsysteme: nahezu alle erhältlichen Systeme, wird ständig erweitert
Dieses System wird am Markt vertrieben seit: 2001
Die weiteren Anbieter, die dieses System in ähnlicher Form vertreiben:
 AstraTech (Facilitate), Friadent (ExpertEase)

NAVIGIERTE ORALE IMPLANTATION

im Labor erfasst werden. Beide Wege führen zu so genannten STL-Daten, die sich in bestimmte computergestützte Planungsprogramme importieren lassen. STL steht dabei für Surface Tesselation Language (Tesselation = Parkettierung, vgl. Abb. 8), also für die Beschreibung von Oberflächen durch Dreiecksfacetten. STL-Daten werden für die Herstellung von stereolithografischen Modellen und Bohrschablonen verwendet.

Auch ohne digitale Planungssysteme ist es bekanntlich unter bestimmten klinischen Bedingungen möglich, die temporäre Versorgung bereits vor der Implantation prothetisch korrekt fertigzustellen. Jedoch können auf diese Weise die gewünschten Implantatpositionen nicht einbezogen werden, sodass keine konsequente, prothetisch orientierte Rückwärtsplanung durchführbar ist. Für diesen Zweck sind 3-D-Planungssysteme notwendig, die entweder modelltischgestützt oder ausschließlich auf Basis digitaler Daten funktionieren. Während bei modelltischgestützten Systemen immer eine Röntgenschablone hergestellt und bei der Tomografie verwendet werden muss, kann darauf bei digitalen Systemen in vielen Fällen verzichtet werden. Artefakte, die durch metallische Restaurationen entstehen, lassen sich bis zu einem gewissen Grad über die Software beherrschen.

Möglichkeiten mit SimPlant®

Ein Beispiel für ein konsequent digitales Planungs- und Implantationssystem ist SimPlant®/SurgiGuide® (Materialise Dental, Oberpfaffenhofen).^{2,3} Es ist das bisher einzige System, mit dem die nach Industriestandards hergestellten stereolithografischen Bohrschablonen knochengestützt angewendet werden können. Dies erweitert vor allem bei größeren Eingriffen und zahnlosen Kiefern die therapeutischen Möglichkeiten. Zudem basiert SimPlant®/SurgiGuide®-Technologie auf 20 Jahren Erfahrung und das einzige, das spezielle Module für Spezialanwendungen wie Knochenaugmentation und orthognathe Chirurgie enthält.

Auch bei SimPlant® wird auf Wunsch oder bei Bedarf mit im Labor hergestellten Röntgenschablonen gearbeitet und entsprechend ausgebildete Zahntechniker übernehmen weite Teile der Planung und Hardware-Lieferung.

Beim klassischen Arbeitsablauf wird, zum Beispiel bei zahnlosen Patienten oder geringer Restbezaehlung, im Labor eine Röntgenschablone mit röntgenopakem Set-up oder Wax-up erstellt. Dieses kann optional in SimPlant® eingeblendet und für die prothetisch orientierte Planung genutzt werden. Die Bohrschablonen werden dagegen nur auf Basis der Tomografiedaten und des Modellscans hergestellt. Alternativ zur Röntgenschablone kann auch die vorhandene Prothese mit Markern verwendet werden, die separat gescannt wird (Dual Scan Modul).

Mit der Schablone oder der Prothese sowie einem okklusalen Index geht der Patient zum CT oder DVT. Die DICOM-Daten des Tomogramms werden zusammen mit einem Gipsmodell an das Fertigungszentrum von Materialise Dental nach Leuven (Belgien) oder zu einem zertifizierten Planungszentrum geschickt. Dort werden die Daten in ein für das Planungsprogramm lesbares Format umgewandelt (segmentiert) und importiert. Über eine internetbasierte Plattform können der Implantologe, der Zahntechniker oder das implantologische Team die Planung auch interaktiv, also im Dialog mit Experten durchführen. Zudem besteht die Möglichkeit, mithilfe eines erweiterten Software-Pakets (SimPlant® Pro oder SimPlant® Master) die Daten selbst umzuwandeln und die Planung eigenständig durchzuführen.



Ein Teil der Implantologen bevorzugt es, die Planung selbst zu übernehmen oder steht im Kontakt zu zahnärztlichen Planungszentren. Die Erfahrung zeigt aber, dass zahlreiche Implantologen möglichst viele Arbeitsschritte an Dritte auslagern wollen, wodurch sich vielfältige Kooperationsmöglichkeiten für zahntechnische Labore ergeben. Mit SimPlant® Lab für laborgestützte Planungszentren gibt es daher ein variabel gestaltbares Geschäftsmodell, bei dem Labore Dienstleistungen für Implantologen übernehmen. Je nach Ausgestaltung kann das Labor eine unterschiedliche Anzahl von Planungslizenzen erwerben und bei entsprechender Schulung auch selbst Daten konvertieren und Planungsvorschläge unterbreiten. Der Service des Labors kann bis zur Lieferung von Bohrer-Kits für die Aufbereitung des Implantatbetts gehen. Diese sind spezifisch für Implantatsysteme mit eigenem Kit für die geführte Chirurgie (SAFE SurgiGuide) oder universell für fast alle übrigen Implantatsysteme (Universal SurgiGuide) verfügbar. Die Freigabe der Planung erfolgt regelmäßig durch den behandelnden Chirurgen oder Zahnarzt.

Der oben beschriebene klassische Ablauf in der geführten Implantologie lässt sich heute mit neuen Funktionalitäten der SimPlant®-Planungssoftware auf unterschiedliche Weise abkürzen. Ein eleganter Weg ist das Optical-Scan-Modul, mit dem die Zeit vom modellbasierten Scan und der Tomografie bis zur temporären Versorgung erheblich verkürzt werden kann. Ein Modell oder Wax-up muss bei diesem Protokoll nicht versandt werden. Wichtiger ist jedoch, dass sich je nach Situation eine Sitzung für die Einprobe der Scan-Schablone einsparen lässt. Das ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber modelltischgestützten Systemen, bei denen immer eine Röntgenschablone hergestellt und einprobiert wird, mit der der Patient zum CT/DVT gehen muss. Diese Arbeitsschritte sind kostenrelevant, sodass sich mit der digitalen Methodik auch Kosten sparen lassen.

Abgleichen von CT- und
Modelldaten

Das Optical-Scan-Modul ist bei teilbezahnten Patienten anwendbar, wobei mindestens drei Restzähne vorhanden sein sollten. Dafür werden zunächst die 3-D-Planungsdaten aus dem CT/DVT konvertiert und in SimPlant® importiert. Im zweiten Schritt werden die STL-Daten des Modell-Scans und des Wax-up-Scans (Wax-up auf Modell) eingelesen und mit der Knochendarstellung überlagert. Dieser Vorgang, der als Matching (englisch für Abgleichen, Verknüpfen) bezeichnet wird, erfordert ein wenig Erfahrung und sollte in einem von Materialise Dental angebotenen Lehrgang geübt werden. Auch die gute Online-Unterstützung durch die Mitarbeiter des Unternehmens hat sich nach der Erfahrung der Autoren als hilfreich erwiesen.

Mithilfe von SimPlant® kann das Langzeitprovisorium (LZP) nun prothetisch rückwärtsgeplant und gleichzeitig können die Implantatpositionen in der Software festgelegt werden. Die anwenderfreundliche Software erlaubt hierfür zahlreiche Darstellungsmöglichkeiten. Die Planungsdaten können dann vom verantwortlichen Implantologen selbst autorisiert und per E-Mail zu Materialise Dental geschickt werden. Diese Zusatzoption wird als Fast Track bezeichnet (englisch für Überholspur). Sie bedeutet eine wesentliche Zeitersparnis, da die Kontrolle der Datenkonvertierung entfällt. Eine routinemäßige Prüfung der Sicherheitsabstände, zum Beispiel zum Nervus alveolaris inferior und zu Nachbarzähnen, findet jedoch in jedem Fall statt. Im Anschluss werden die stereolithografischen Bohrschablonen und das Kiefermodell so schnell wie möglich produziert. Sobald der Zahntechniker diese Arbeitsunterlagen erhalten hat, kann er das Provisorium herstellen.

Fallbeispiel Bei einer 32-jährigen Patientin musste der Zahn 21 wegen einer durch Resorption verkürzten Wurzel und entsprechender Lockerung extrahiert werden. Der Zahn war ebenso wie die Nachbarzähne 11 und 22 nach einem Trauma vor vielen Jahren wurzelbehandelt und überkront worden. Die Patientin wünschte eine ästhetisch hochwertige Neuversorgung, ohne zusätzliches Beschleifen von Zähnen. Da die Nachbarzähne keine vollwertigen Brückenpfeiler waren, lag die Entscheidung für ein Implantat nahe. In der Planung zu berücksichtigen waren außerdem die hohe Lachlinie und die Tatsache, dass die Patientin relativ ängstlich war. Daher entschied sich das Behandlungsteam für eine schonende Behandlung mithilfe eines transgingival eingebrachten Implantats, auf dem ein sofort belastetes Langzeitprovisorium befestigt werden sollte.

Zwei Wochen nach Extraktion des Zahns 21 und Eingliederung einer temporären Brücke (Abb. 1, Gerüst aus NEM-Legierung Keralloy Eco, Siladent, Goslar), Verblendkomposit (New Outline, anaxdent, Stuttgart) wurde die Situation abgeformt und ein Computertomogramm des Oberkiefers erstellt. Mithilfe der Silikonvorwälle des ersten Provisoriums wurde im Labor ein Wax-up angefertigt (Abb. 2 bis 4) und das Meistermodell mit und ohne Wax-up eingescannt (Abb. 5, Scanner: 3Shape D 710, 3Shape, Kopenhagen, Dänemark). Nach Umwandlung in einen STL-Datensatz wurden die Modell- und Wax-up-Daten mithilfe des Optical-Scan-Moduls in der SimPlant®-Software mit den CT-Daten verknüpft (Abb. 6).



Abb. 1 Zwei Wochen nach Extraktion von Zahn 21 und Eingliederung einer temporären Brücke mit Ovate-Pontic-Zwischenglied sind die Weichgewebe oberflächlich abgeheilt. Die Situation wird mit einem A-Silikon abgeformt.



Abb. 2 Das Meistermodell wird...



Abb. 3 ...im Bereich des Zwischenglieds leicht radiert.



Abb. 4 Dann wird mithilfe der für das erste Provisorium erstellten Silikonvorwälle das Wax-up für das Langzeitprovisorium durchgeführt.



Abb. 5 Das Modell, und anschließend das Modell mit Wax-up, wird in einem Laborscanner gescannt und der Datensatz mit einer dafür geeigneten Software ins STL-Format konvertiert.

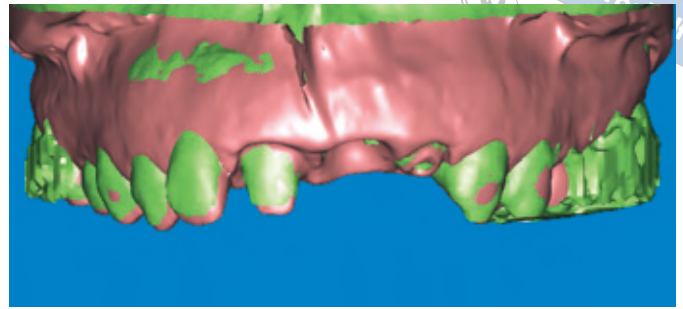


Abb. 6 Mithilfe der SimPlant®-Software können nun die Datensätze aus dem CT (Darstellung des Knochens und der Zähne, grün) und dem Modellschscan (Darstellung der Weichgewebe und der Zähne, rosa) zusammengeführt und miteinander in Deckung gebracht werden.

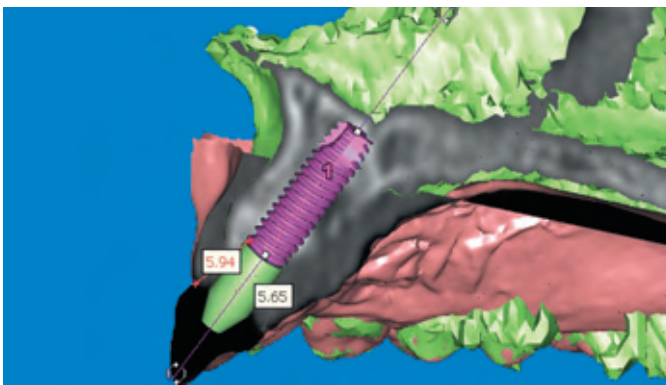


Abb. 7 Implantat und Abutment werden nun nach den prothetischen Vorgaben des Wax-ups ausgewählt und virtuell im Knochen positioniert. Die grauen Bereiche entsprechen dem Knochen in transversaler CT-basierter Darstellung. Die Krone ist schwarz dargestellt, da im transversalen Schnitt bei der Patientin an dieser Position nur Luft vorhanden war (Schwärzung aufgrund der Strahlendurchlässigkeit). Die Zahlen zeigen den Abstand von der Implantatschulter zum Gingivalrand.



Abb. 8 In dieser Darstellung wird die Dichte der Gewebe farblich differenziert. Die Weichgewebe sind grün, Knochen höherer Dichte rot und Knochen geringerer Dichte blau dargestellt. Die feine Linie im Bereich des Weichgewebes über dem Kieferkamm entspricht der Position des gematchten Modells im Verhältnis zur CT-Darstellung.

Im nächsten Schritt konnten nun Implantat und Aufbau nach den prothetischen Vorgaben des Wax-ups von der Krone nach apikal (englisch crown-down) geplant werden (Abb. 7 bis 10). Da sowohl für die provisorische als auch die definitive Krone ein individuelles Abutment geplant war, wurde das Abutment mithilfe der Software frei entworfen und nicht aus der in SimPlant® enthaltenen Bibliothek ausgewählt. Die Abbildung 11 zeigt die Bohrschablone, wie sie von der Software vorgeschlagen wurde. Die Gestaltung lässt sich nach den klinischen Vorgaben noch verändern.

Nach Autorisierung der Planung wurden die Daten an Materialise Dental übermittelt. Hierfür wurde in der Software die Versandoption Fast Track aktiviert, die eine Produktion des stereolithografischen Modells und der Bohrschablone innerhalb von drei Tagen nach Eingang der Bestellung erlaubt. Die passenden Bohrer für die Implantatbetaufbereitung und die Bauteile für die Herstellung des Langzeitprovisoriums wurden parallel beim Implantatanbieter bestellt. Sobald die Unterlagen aus Belgien eingetroffen waren (Abb. 12 bis 15), wurde das Wax-up aufgepasst und das Emergenzprofil für das LZP



Abb. 9 In der gemachten Ansicht von inzisal ist bereits die zukünftige Position des temporären Aufbaus zu erkennen.

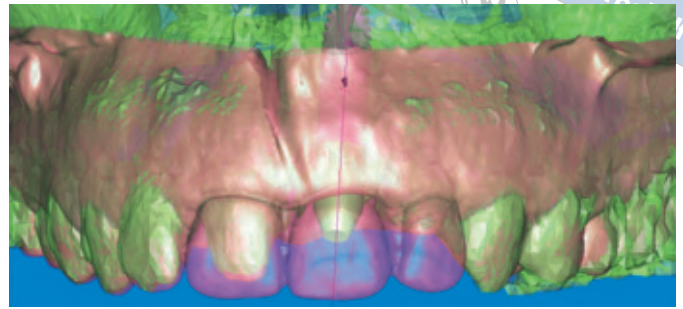


Abb. 10 Nach Einblenden des Wax-ups sind alle wichtigen Strukturen dargestellt. Die prothetische Ausrichtung der Implantatachse ist deutlich zu erkennen (eingblendete Linie).

Abb. 11 Auch die zukünftige Bohrschablone lässt sich virtuell darstellen und überprüfen. Wenn alle Daten geprüft sind, können das stereolithografische Modell und die Bohrschablone direkt aus der Software bestellt werden.

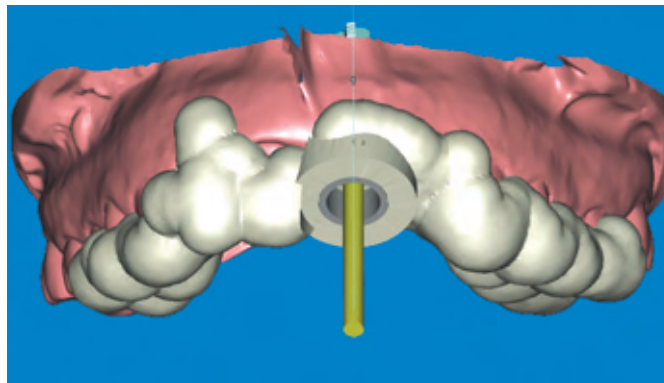


Abb. 12 Drei Tage später sind das Kiefermodell und die zahngestützte Bohrschablone im Labor angekommen. Das Langzeitprovisorium für Zahn 21 kann hergestellt werden.



Abb. 13 Hierfür wird zunächst das Wax-up für das erste Provisorium auf das Stereolithografie-Modell gesetzt.

Abb. 14 Im Kiefermodell ist ein Schacht für die Implantation des Modellanalogs vorgesehen (Implantation nur simuliert).

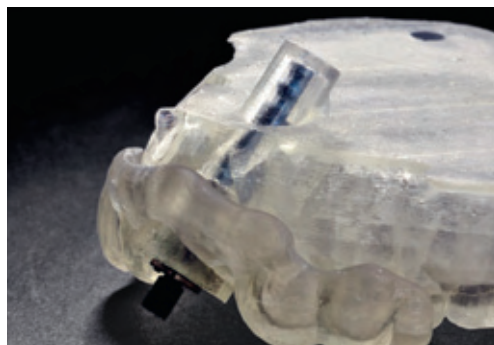


Abb. 15 Die korrekte Endposition und bukkale Ausrichtung des Innensechskants lässt sich mithilfe eines Stifts im Einbringsschlüssel überprüfen, der in eine Nut in der Bohrhülse einrastet (Einbringsschlüssel kurz vor Anschlag). Zusätzlich gibt es ein Sichtfenster im Modell.

Copyright by
Alle Rechte vorbehalten

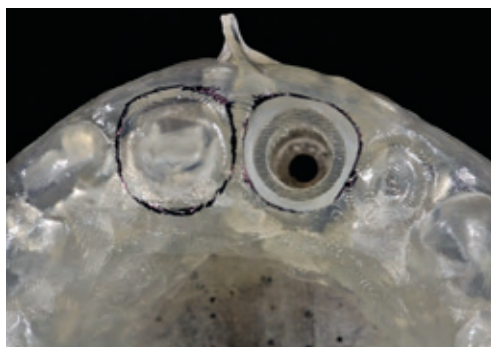


Abb. 16 Der Sulkus der geplanten implantatgetragenen Krone 21 wird mit einem Silikonpolierer analog zu Zahn 11 gestaltet.

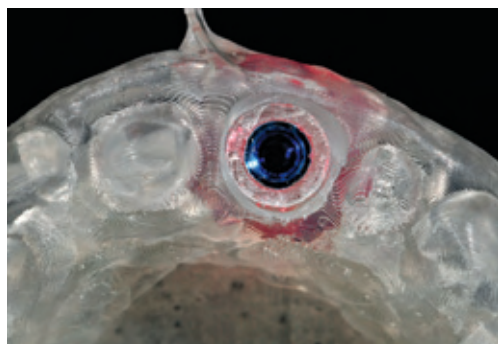


Abb. 17 Umfang und Form des Emergenzprofils entsprechen demjenigen des natürlichen Zahns.

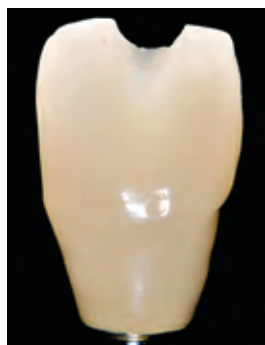


Abb. 18 Das Modell analog wird, wie in Abbildung 14 und 15 dargestellt, in das Stereolithografiemodell eingebracht und mit Autopolymerisat fixiert.

Abb. 19 Das temporäre Abutment wird mithilfe der Vorwölle angepasst, sandgestrahlt, mit Metal Primer konditioniert und mit Opaker bestrichen.

Abb. 20 bis 22 Das Langzeitprovisorium soll ca. ein halbes Jahr getragen und die Weichgewebe sollen in optimaler Weise vorbereitet werden. Daher wird großer Wert auf eine anatomisch und farblich korrekte Gestaltung gelegt.

Abb. 23 In der Ansicht von inzisal auf dem Modell ist der inzisal gelegene Schraubenkanal erkennbar.

konnte am stereolithografischen Modell ausgeschliffen werden (Abb. 16 und 17). Dann wurde das Modell analog eingeklebt (Abb. 18, Laboranalog 4,1 mm, Biomet 3i, Karlsruhe), das temporäre Abutment vorbereitet (Abb. 19, PreFormance Temporary Hexed Cylinder 4,1 mm, Biomet 3i) und die temporäre Krone aus Komposit hergestellt (Abb. 20 bis 23, New Outline).

Die Abbildungen 24 bis 27 zeigen die Situation vor der Implantation (Implantate: Certain Prevail, Biomet 3i). Die Weichgewebe waren optimal ausgeformt und die Schleimhaut über dem geplanten Implantatbett konnte mit einem Mikroskalpell schonend entfernt werden. Nach geführter Aufbereitung des Implantatbetts mit dem auf das Implantatsystem abgestimmten Chirurgie-Kit (Navigator™, Biomet 3i, Abb. 28) wurde das Implantat transgingival eingebracht (Abb. 29 und 30).^{1,2} Dabei wurde auf



Abb. 24 Die Patientin zeigt beim Lächeln sehr deutlich ihre Gingiva (Gummy Smile, Situation vor dem Abnehmen des ersten Provisoriums am Tag der Implantation).

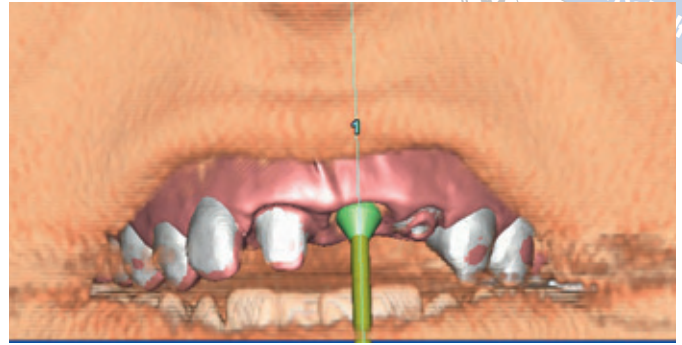


Abb. 25 Die Position der gingivalen Weichgewebe lässt sich mithilfe der CT-Daten auch im Verhältnis zum Lippenbild in der Software darstellen.

Abb. 26 und 27 Nach Abnehmen des Provisoriums ist das gut ausgeheilte und perfekt ausgeformte Weichgewebe im Bereich des Zwischenglieds zu erkennen.



Abb. 28 Nach Aufsetzen der SurgiGuide®-Bohrschablone wird der Handgriff zur Bohrerpositionierung aus dem Navigator™ Kit in die Hülse eingebracht.

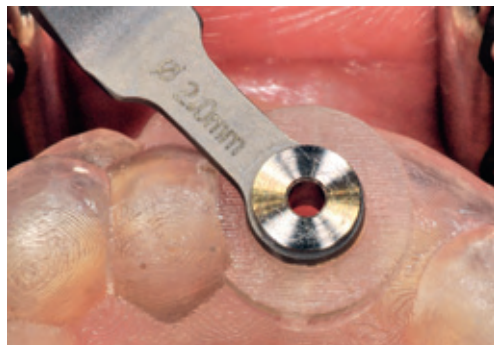


Abb. 29 Vor der Implantation wird das Einbringen des Implantats durch die SurgiGuide®-Bohrschablone simuliert. Über der Implantatschulter ist ein Teil des Einbringsschlüssels zu erkennen.



eine exakte bukkale Ausrichtung des Implantats geachtet (Abb. 30). Das Langzeitprovisorium fügte sich harmonisch in den Zahnbogen ein (Abb. 31). Wegen des offenen Bisses der Patientin stand es außer Funktion, sodass kein Einschleifen notwendig war. Lediglich approximal war wegen des herausgetrennten Zwischenglieds eine leichte Anpassung notwendig. Die Röntgenaufnahme zeigt die tiefe Implantatposition und den gegenüber der Implantatschulter nach zentral versetzten Durchmesser des temporären Aufbaus (Abb. 32).

Diskussion und Fazit

Das vorgestellte 3-D-System erlaubt in Verbindung mit den stereolithografisch hergestellten Bohrschablonen eine Implantatversorgung mit komfortabler Planung und erhöhter klinischer Sicherheit. Dazu trägt einerseits der verwendete Industriestandard bei

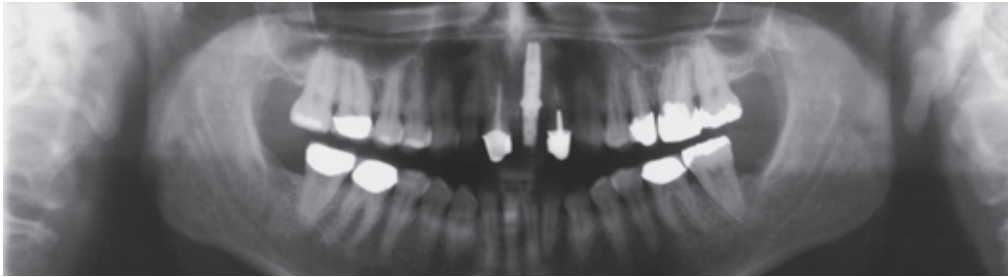


Abb. 30 Beim vollständig eingebrachten Implantat ist die bukkale Position des internen Sechskants am Kontrollfenster der Bohrschablone ausgerichtet.

Abb. 31 Das eingegliederte Langzeitprovisorium fügt sich harmonisch ein. Da keine Aufklappung notwendig war, konnte der Eingriff für die Patientin relativ schonend gestaltet werden.

Abb. 32 Die Panoramaschichtaufnahme zeigt die Situation nach Implantation und temporärer Versorgung. Deutlich sichtbar ist der horizontale Versatz des Aufbaus im Verhältnis zur Implantatschulter (Platform Switching). Die Wurzelfüllungen und die Stift-Stumpfaufbauten in den Zähnen 11 und 22 müssen noch revidiert werden.

der Herstellung der Modelle und Bohrschablonen bei, andererseits deren Kompatibilität mit allen wichtigen Implantatsystemen. Zusätzlich arbeitet der Hersteller mit allen relevanten Anbietern von Tomografiegeräten und Modellscannern zusammen, um eine maximale Austauschbarkeit von Daten zu gewährleisten. Daraus ergibt sich ein besonders universell einsetzbares System, das für praktisch alle klinischen Situationen geeignet ist.

Neben den klassischen Protokollen ermöglichen es die Software-Module Optical Scan und Dual Scan, Patienten ohne das Herstellen von Scanprothesen zu versorgen. Arbeitsgrundlagen sind in geeigneten Fällen nur noch die Tomografiedaten und die STL-Daten des eingescannten Modells und des Wax-ups. Dieser elegante Arbeitsablauf spart Zeit und erlaubt im Idealfall, wie auch bei der im Fallbericht vorgestellten Patientin, eine lapenlose Sofortversorgung in nur zwei Sitzungen.⁴ Der Zeitvorteil durch die rein digitale Datenübermittlung ist dabei nicht unbedingt das Entscheidende, sondern das Einsparen der Scanschablone, einer separaten Sitzung und schließlich die unkomplizierte Computertomografie ohne okklusale Schlüssel.

1. Block MS. Das Navigator-System™ zur minimalinvasiven, CT-geführten Chirurgie. Provisorische Sofortversorgung einer zweigliedrigen Brücke im Unterkieferseitenzahnggebiet: Ein Fallbericht. Online-Artikel. Karlsruhe: Biomet 3i, http://biomet3i.com/Pdf/DE/ART1042G%20Navigator%20Fallbericht_FINAL.pdf
2. Mandelaris GA, Rosenfeld AL, King SD, Nevins ML. Computer-guided implant dentistry for precise implant placement: combining specialized stereolithographically generated drilling guides and surgical implant instrumentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:275-281.
3. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 3: stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:493-499.
4. Spiegelberg FE. Navigierte Osteoplastik und Implantation mit prothetischer Sofortversorgung. *Implant J* 2009:18-21.

Literatur

Dr. Frank E. Spiegelberg, Zahnarzt für Oralchirurgie
Schillerstraße 26, 60313 Frankfurt/Main, E-Mail praxis_spiegelberg@gmx.de

ZTM Christoph Buhl, Bachgasse 42, 69469 Weinheim, E-Mail: christophbuhl@aol.com

Adressen der Verfasser