

3-D-Planung und klinische Umsetzung von Implantaten

| Priv.-Doz. Dr. Dr. Arwed Ludwig, Jörg Hense

Durch die Möglichkeit, bildgebende Verfahren wie das CT oder DVT digital aufnehmen zu können, können diese Datensätze mit speziellen Softwareprogrammen dreidimensional aufbereitet werden. Hierdurch soll eine exakte Planung z.B. von Operationen im MKG-Bereich ermöglicht werden. Allerdings werden solche modernen Verfahren bisher nur von wenigen umfassend genutzt. Anhand von Fallbeispielen wird daher die umfangreiche Erfahrung mit der konsequenten 3-D-Datengewinnung, 3-D-Planung, Umsetzung und Insertion mittels 3-D-Schablone von dentalen Implantaten vermittelt. Außerdem werden die Möglichkeiten des Einsatzes von 3-D-Verfahren zur Planung und Umsetzung von Dysgnathie und kraniofazialen Operationen verdeutlicht, die spezielle Software voraussetzen. Die Indikationen und die Vor- und Nachteile der Verfahren werden dargestellt.

Die bildgebende Diagnostik hat im zahn- sowie mund-, kiefer- und gesichtschirurgischen Fachbereich eine erhebliche Bedeutung für die Planung und postoperative Kontrolle von Operationen in den letzten Jahren erlangt. Zusätzlich zu den konventionellen Röntgenaufnahmen haben sich die Computertomografie (CT) und digitale Volumentomografie (DVT) als bildgebende Verfahren etabliert. Durch diese Verfahren wird heute die genaue Darstellung von knöchernen Strukturen im Gesichtsbereich ermöglicht. Durch Anwendung von sogenannten Feinschicht-Computertomogrammen oder hochauflösendem DVT kann die Rekonstruktion der Daten in eine dreidimensionale Darstellung des Gesichtsschädels erreicht werden, sodass hier basierend auf den Daten gefräste Modelle oder per Spritzgussverfahren und Lichthärtung hergestellte Stereolitho-

grafiemodelle erzeugt werden können.^{2,5,9,10} Durch die Transferierung der CT-Datensätze in Navigationssysteme konnte in den letzten Jahren eine intraoperative 3-D-Navigation erreicht werden.^{1,3,8,14,15} Je nach Fragestellung können auch alternativ oder zusätzlich Magnetresonanz-Datensätze verwendet werden.³

Durch die 3-D-Darstellung und Navigation sollen letztendlich die Operationen eine deutliche Verbesserung erfahren. Dem behandelnden Arzt soll ein Höchstmaß an Information zur Verfügung gestellt und zeitraubende Prozesse durch den Einsatz von moderner Computertechnologie verkürzt werden. Gleichzeitig soll es durch eine Verfeinerung der Diagnoseverfahren möglich werden, die operativen Eingriffe durch präoperative Simulation exakter und schonender durchführen zu können. Anhand der seit 2007 von uns erfolgten systematischen Umsetzung solcher 3-D-Planungen und Operationen sollen diese Ziele überprüft werden.

Warum navigierte Implantatinsertion?

In der dentalen Implantologie stellt häufig, bedingt durch den nach Zahnverlust eingetretenen Knochenabbau, der direkte Bezug zu anatomisch wichtigen Strukturen den Behandler vor das Problem der prinzipiellen Therapiemöglichkeit. Gerade im Unterkieferseitenzahnbereich ist eine Verletzung des N. alveolaris inferior durch Implantate zu verhindern. Ebenso ist es wichtig, eventuell nötige Augmentationen (z.B. Sinuslift oder laterale Augmentation, Splitting; Abb. 1) zu planen. Die Abklärung der Notwendigkeit und Ausdehnung

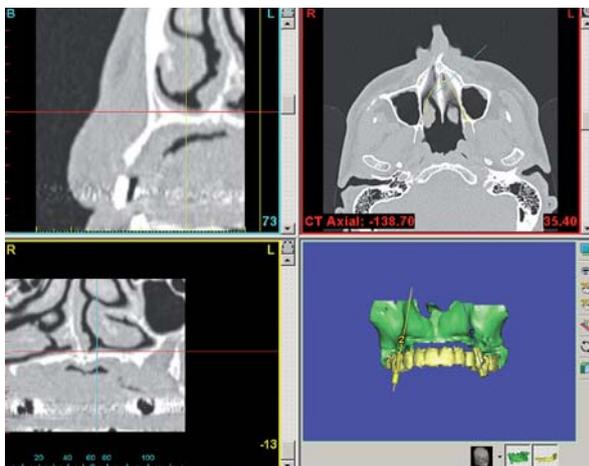


Abb. 1: Extreme Oberkieferatrophie in dreidimensionaler und Schichtdarstellung mittels SimPlant Software.



Assistina 3x3: Innen rein, außen rein



Die Assistina 3x3 reinigt und pflegt bis zu drei Instrumente automatisch. Automatische Innen- und Außenreinigung, kurze Zykluszeit, einfache Bedienung: die perfekte Vorbereitung von Hand- und Winkelstücken und Turbinen auf die Sterilisation.



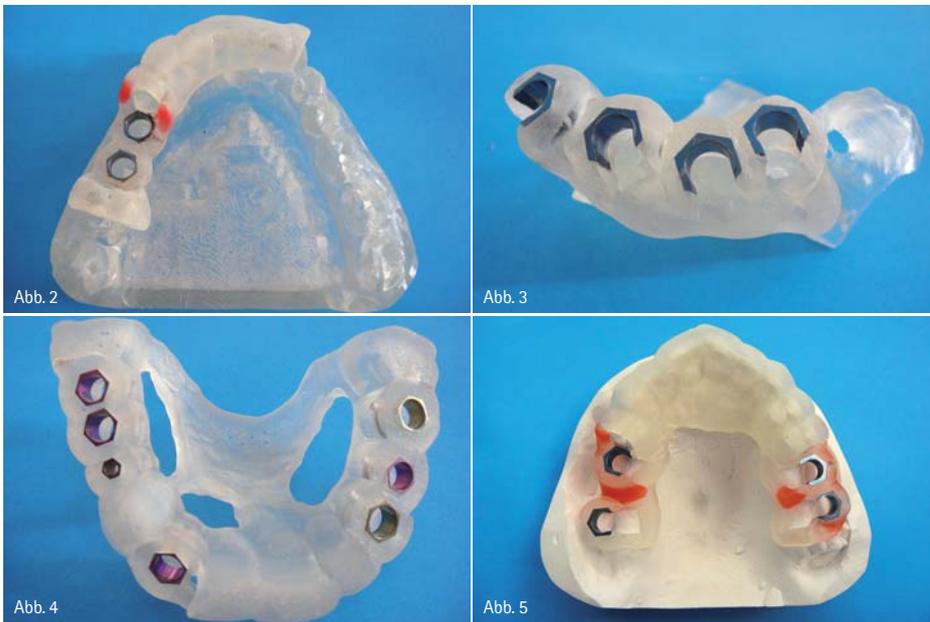


Abb. 2: Individuelle Schablone ExpertEase (modell matching). – Abb. 3: Knochengetragene Schablone ExpertEase. – Abb. 4: Individuelle Schablone ExpertEase mit Pilotbohrung. – Abb. 5: Individuelle Schablone ExpertEase mit open sleeve.

einer Augmentation kann gleichzeitig auch dazu führen, dass minimalinvasiv gearbeitet werden kann.

Auch für die prothetische Versorgung ist die Implantatposition kein Zufall mehr, sondern vorhersagbar bis hin zur Sofortversorgung des Implantats.¹⁶ Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die Genauigkeit in Abhängigkeit von dem Scansystem nur zwischen 1 bis 2 mm liegt.^{6,11,12,17}

Entwicklung der Navigation

Historisch betrachtet wurde das erste System zur 3-D-Planung in 1992 (SimPlant®) eingeführt. In Verbindung mit stereolithografisch hergestellten Implantationsschablonen erfolgten die ersten Operationen in 2001. In 2007 war es dann möglich, die navigierte Implantation mit Tiefenanschlag (ExpertEase®, DENTSPLY) durchzuführen,

sodass mit der Software alle Varianten des geplanten Implantierens möglich sind.

Die Implantationsschablonen können heute, je nach Variante der Abstützung, in vier Gruppen unterteilt werden: 1. gingivagestützt, 2. dentalgestützt, 3. knochengestützt, 4. kombiniert: zahn- und knochengestützt bei langen Freiendsituationen. Zusätzlich können die Schablonen noch individualisiert werden für spezielle Anwendungen oder Situationen (Abb. 2–5).

Klinisches Vorgehen

Die 3-D-Planung und operative Umsetzung sowie spätere prothetische Versorgung setzen eine Teamarbeit zwischen Zahntechniker, Operateur und Prothetiker voraus. Grundsätzlich hat sich folgende Vorgehensweise bewährt: Zunächst ist die allgemeine

und zahnärztliche Anamnese zu erheben und die Beurteilung der Zähne und des Parodonts (Erhaltungswürdigkeit der Zähne!), eine Abformung des Ober- und Unterkiefers und die vorläufige Bissnahme vorzunehmen. Anschließend erfolgt eine ästhetische und funktionelle Beurteilung sowie ggf. eine Fotodokumentation. Falls die Bisslage nicht gesichert ist bzw. funktionelle Störungen vorliegen, wird gemeinsam mit der Zahntechnik eine DIR-Vermessung (Positionierung des Unterkiefers gelenk- und muskulär bezogen) und eine Aufzeichnung der Gelenkbewegungen, der Kondylenbahnneigung, des Bennett-Winkels und des ISS (Immediate side shift) mittels des CADIAX-Systems vorgenommen. Gegebenenfalls erfolgen eine präoperative Schienentherapie oder Einschleifmaßnahmen.

Vor Herstellung der späteren Scanprothese wird ein diagnostisches Set-up, Mock-up und Wax-up durch das Labor sowie die Anpassung am Patienten durch den Behandler durchgeführt, sodass damit die Scanprothese (mit Fixierbogen) hergestellt werden kann. Nach Durchführung des CT oder DVT mit Scanprothese können die DICOM-Daten konvertiert und die technische Implantatplanung zunächst nach Vorgaben des Operators vorgenommen werden, wobei gemeinsam mit dem Prothetiker und dem Zahntechniker auch die Anzahl der Implantate, die Art der Prothetik, die Sofortbelastung und die spätere Versorgung mit in die OP-Planung einfließen bzw. festgelegt werden. Anschließend kann dem Patienten die gesamte Planung erklärt und die Simulation gezeigt bzw. auch noch geändert werden. Nach Absegnung der Planung erfolgt das Matchen des Modellschans mit der Planung und



Abb. 6

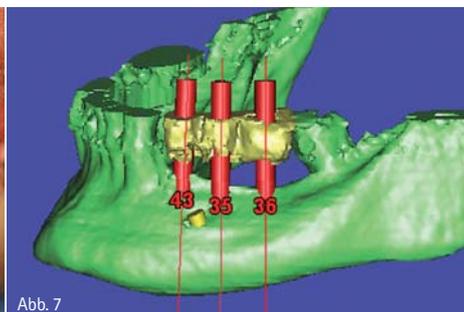


Abb. 7

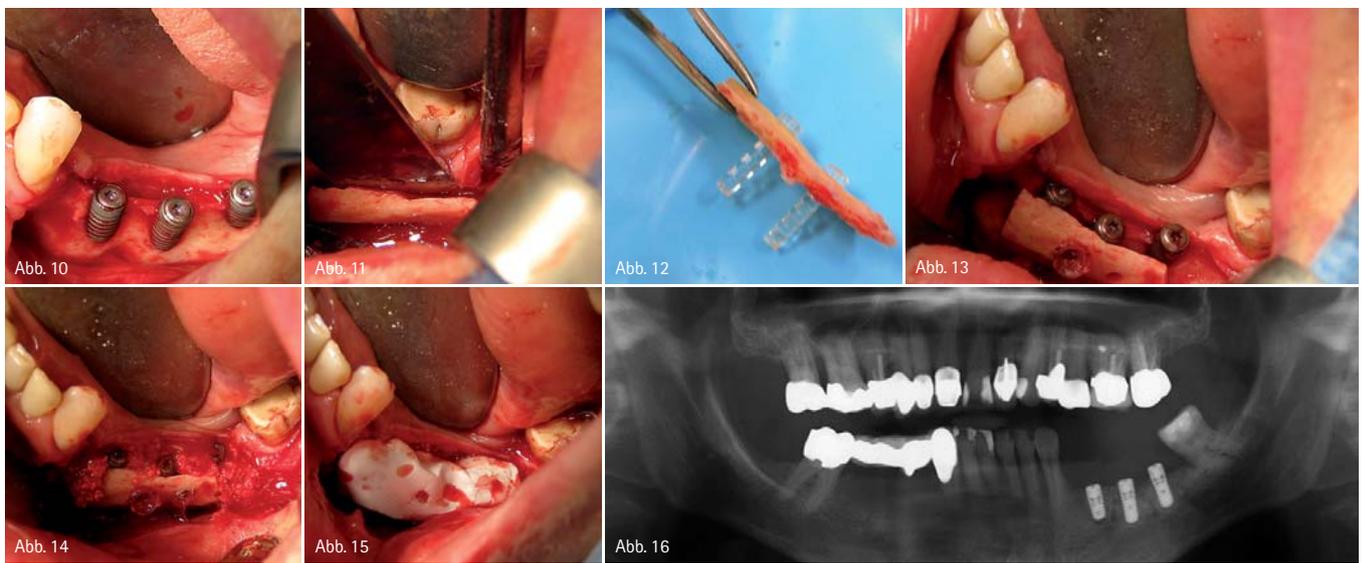


Abb. 8



Abb. 9

Abb. 6: Klinische Ausgangssituation bei Unterkieferatrophie Regio 34–36. – Abb. 7: 3-D-Darstellung des atrophien Unterkiefers mit der Implantatplanung mit Darstellung des Nervus alveolaris inferior. – Abb. 8: Unterkiefermodell mit SurgiGuide Schablone. – Abb. 9: Bohrer mit Bohrhülsen für 3-D-navigierte Implantatbettauflbereitung.



die Freigabe zur Fertigung der SurgiGuide. Die SurgiGuide und die Implantate und ggf. Bohrhülsen werden bestellt. Die SurgiGuide Schablone muss nochmals kontrolliert und ggf. bearbeitet und die Bohrprotokolle an den Behandler weitergeleitet werden.

Für die 3-D-Planung von Dysgnathieoperationen sind zunächst die Herstellung von Ober- und Unterkiefermodellen (oder die digitale Abdrucknahme) und die Bestimmung der Bisslage sowie extraorale Fotos oder Weichteilscanner⁴ notwendig. Nach Scannen der Modelle erfolgen die Herstellung eines Fixierbogens und das CT/DVT des Gesichtsschädels. Die DICOM-Daten werden konvertiert und die Modelle mit den Daten gematcht. Die Verlagerung der Kiefer kann in allen Raumebenen für den Ober- und Unterkiefer sowie das Kinn vorgenommen und die Verlagerungsstrecken abgelesen werden. Durch Überlagerung mit den extra-

oralen Fotos/Scans kann die Weichteilveränderung simuliert, dem Patienten diese gezeigt und durch ihn genehmigt werden. Abschließend werden die Operationssplinte bestellt.

Die 3-D-Planung von kraniofazialen Operationen setzt ein CT des Schädels voraus. Diese DICOM-Daten werden dann mit der Software SimPlant 16.0 verarbeitet. Je nach notwendiger OP werden zunächst Hilfslinien zur Herstellung der Symmetrie angelegt, um so genau die Ursache der Fehlbildung beurteilen zu können und auch gleichzeitig die OP mit den Verlagerungsstrecken geplant werden. Auch hier kann nach Genehmigung durch den Patienten/die Eltern ein Splint angefertigt werden.

Ergebnisse

Die 3-D-Planung und operative Umsetzung bietet unter systematischem Vorgehen die Möglichkeit, insbeson-

Abb. 10: Nach Implantatinsertion mittels SurgiGuide. – Abb. 11: Entnahme eines retromolaren Knochentransplantates. – Abb. 12: Knochenblock mit per SonicWeld Rx® eingebrachten Resorb-x® Pins. – Abb. 13: Intraorale Knochenblockfixation durch BoneWelding-Technik. – Abb. 14: Auffüllen der Restspalräume mit β -TCP und autologen Knochengemisch. – Abb. 15: Abdeckung mit porciner Kollagenmembran. – Abb. 16: Postoperatives Röntgenbild.

dere auch schwierige Ausgangssituationen zu beherrschen. Insgesamt wurden seit 2007 165 Patienten in dieser Art und Weise systematisch therapiert und 510 Implantate inseriert, wobei die primäre Einheilungsquote bei 99 Prozent lag. Insbesondere im Seitenzahnbereich kann sowohl im Ober- als auch Unterkiefer die Lage der Nerven und die Knochenhöhe sowie die Ausprägung der Kieferhöhle bestimmt und somit von vornherein eine Fehlinsertion verhindert werden. Auch über die Knocheneigenschaften kann beim CT durch die Bestimmung der Hounsfield-Einheiten eine Aussage getroffen werden.

ANZEIGE



Institut für zahnärztliche Lachgassedierung

Der Goldstandard für Ihre Lachgas-Zertifizierung:
Die neuen IfzL-Fortbildungen

2-Tages-Komplett-Kurse

NEU: Jetzt incl. Live-OP!

Termine:	
Rosenheim	10./11.07.2015
Hamburg	16./17.10.2015
Stuttgart	13./14.11.2015
Meerbusch	20./21.11.2015
Rosenheim	04./05.12.2015

Lachgassedierung kompakt

NEU: Ein Tag mit Wolfgang Lüder

Termine:	
Wien	13.06.2015
Wiesbaden	04.07.2015
Rosenheim	19.09.2015
Rosenheim	28.11.2015
Wiesbaden	16.01.2016

Kurse für Fortgeschrittene

NEU: Perfektionierung des Know-hows bei der Lachgassedierung - unabhängig von der vorhandenen Gerätetechnik.

Termine:	
Rosenheim	27.06.2015
Rosenheim	12.12.2015

Die Inhouse-Zertifizierung

Individuell und effizient: Wir schulen das gesamte Team in Ihrer Praxis, inklusive Hands-On. Vereinbaren Sie Ihren Wunschtermin.



Abb. 17



Abb. 18

Abb. 17 und 18: 3-D-Unterkiefermodell mit Reduktionsschablone zur Knochenresektion und knochengetragener SurgiGuide zur Implantatinsertion.

Dies ermöglicht eine Vorhersage hinsichtlich nötiger oder vermeidbarer Augmentationen (Abb. 6–16). Auch kann gezielt zum Beispiel durch Ausnutzung von Septierungen oder leichter Kippung des Implantates evtl. eine Augmentation vermieden werden. Umgedreht kann auch eine notwendige große Augmentation (Volumenberechnungen bis hin zur Anfertigung von individuell hergestellten Knochenblöcken) exakt geplant und vorhergesagt werden. Somit kann auch wiederum eine schonendere Planung möglich sein.

Die Qualität des DVTs oder CTs und die Modellherstellung sind wesentliche Grundlagen für die exakte Passung der Schablone, die in dem vorliegenden Patientengut immer passte, egal ob diese gingival, dental, über den Knochen oder gemischt abgestützt war. Selbst bei notwendiger Resektionschablone im Unterkiefer (Abb. 17 und 18) kann eine exakte Resektion gewährleistet werden.

Voraussetzung für die zuverlässige 3-D-Planung und Insertion ist auch, dass der Operateur sich genau an das vorgegebene Insertionsprotokoll hält, da die Schablone eine sichere und exakte Implantatplanung und Führung mit exakter Tiefe der Bohrung sicherstellt. Auch die Anwendung der verschiedenen Systeme erfordert eine gewisse Lernkurve. Durch die 3-D-Planung werden auch neue OP-Methoden, wie der schalenförmige Knochenaufbau mittels SonicWeld Rx® System, ermöglicht (Abb. 19–22).

Insbesondere, wenn komplexe Restaurationen mit genauer Zahn-zu-Zahn-Zuordnung gewünscht sind, ist die 3-D-Planung und Insertion von Vorteil, da die Prothetik wie vorher geplant (Backward Planning) eingesetzt werden kann. Eine schnelle provisorische Versorgung ist mit dieser Planung möglich bis hin zur Sofortversorgung, die setzt aber eine Verblockung der Prothetik und stabile Knochenverhältnisse voraus. Insgesamt wird auch die Transparenz vor dem Eingriff für den Patienten erhöht, mit vorhersagbaren

Resultaten. Voraussetzung ist allerdings die optimale Kommunikation zwischen Patient, Chirurg, Prothetiker und Zahntechniklabor.

Auffällig war, dass insbesondere im posterioren Kieferbereich, bedingt durch die Schablone und die Länge der Bohrer bzw. auch der Mundöffnung, die Implantatinsertion erschwert war. Durch die später erfolgte seitliche Öffnung der Bohrhülse (Safe-Surgi-Guide mit ExpertEase) kann auch im Seitenzahnbereich die navigierte Insertion der Implantate wesentlich erleichtert werden. Nachteilig waren die höheren Kosten für den Patienten, wobei hierbei insbesondere bei großen Planungen und aufgrund der Ausgangssituation oftmals keine konventionelle Planung und Insertion möglich gewesen wäre (Abb. 23–25). Bei sehr schmalen, zu ersetzenden Zähnen bzw. engen Zahnlücken kann eine Schablonenplanung schwierig bis unmöglich sein, ebenso bei zu engem Abstand der Implantate zueinander. Die erhöhte Strahlenbelastung ist ebenfalls ein Faktor, der je nach Verfahren und Qualität der Geräte nicht in Abrede gestellt werden kann.

Die weiteren Entwicklungen der Software O&O Materialise Dental führten auch zur Möglichkeit, nicht nur dentale Implantatinsertionen und Augmentationen zu planen, sondern auch die Planung von Dysgnathien mit Herstellung von entsprechenden intraoperativen Schablonen, bis hin zur Planung von kraniofazialen Operationen mit Herstellung von Operationsschablonen. Wobei aus unserer Erfahrung auch hier die Passform der Schablonen perfekt ist, sodass insbesondere bei starken Fehlbildungen, wie bei Laterognathien, eine Harmonisierung des Gesichtes wesentlich erleichtert wird. Dies gilt auch insbesondere für einseitige asymmetrische kraniofaziale Fehlbildungen (Abb. 26–33). Inzwischen kann heute mittels 3-D-Planung die Resektion von Knochenanteilen und

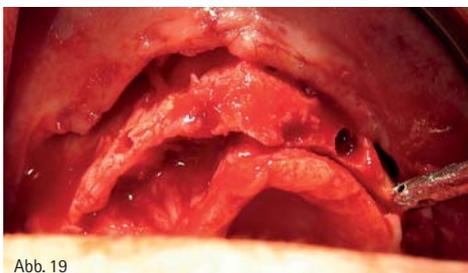


Abb. 19



Abb. 20



Abb. 21



Abb. 22

Abb. 19–22: Extreme Oberkieferatrophie: klinische Ausgangssituation, nach Implantatinsertion mit primär freiliegenden Implantaten, dann laterale Augmentation mit β -TCP und autologem Knochenmisch sowie Schalentchnik mittels Resorb-x® Membran und Pins und Shaping der Membran mittels Sonotrode, postoperatives Röntgenbild.

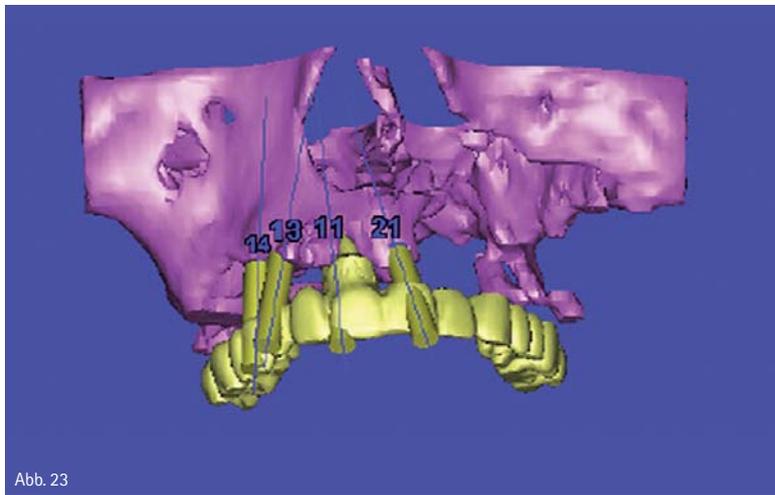


Abb. 23



Abb. 24



Abb. 25

die Rekonstruktion mittels Transplantat mit paralleler Implantatinsertion vorgenommen werden.

Diskussion

Wie bei allen neuen Entwicklungen muss immer der Aufwand, die Risiken und der Nutzen von neuen Methoden abgewogen werden. Die 3-D-Planung und Insertion von Implantaten ermöglicht aber dafür eine gute und relativ exakte Darstellung der vorhandenen Anatomie, sodass intraoperative Überraschungen fast auszuschließen sind.

Insbesondere Aussagen zur Knochenqualität um das Implantatfeld, die zu erwartende Primärstabilität (Hounsfield-Einheiten) und Kollisionskontrollen Implantat/Implantat, Nerv oder Kieferhöhle/Implantat und Nachbarwurzel/Implantat können vorhergesagt werden. Fehlpositionierungen sind bei Beachten des Protokolls praktisch auszuschließen und somit kann eine optimale Implantatposition und Prothetik gewährleistet werden.¹⁶ Die Reduzierung von Schmerzen, minimalinvasives Vorgehen und kürzere Behandlungs-

Abb. 23–25: Zustand nach Oberkieferkarzinom links und alio loco erfolgter Defektdeckung mittels forearm flap und Radio, extreme Oberkieferatrophie, 3-D-Planung der Prothetik und der Implantate, postoperatives Röntgenbild sowie vier Jahre nach Stegversorgung des Oberkiefers.

zeiten können hieraus resultieren. Das 3-D-Volumenmodell als Grundlage verwendend, können Eingriffe zunächst simuliert und somit exakter geplant werden, die insbesondere das Verfolgen eines (räumlichen) Verlaufes erfordern. Hierzu sind aber besondere technische Geräte und Verfahrensweisen notwen-

ANZEIGE



**WIR VERDERBEN
IHM NUR UNGERN
DIE SHOW!**

WWW.DESIGNPREIS.ORG

Einsendeschluss 1. Juli 2015



DESIGNPREIS
Deutschlands 2015
schönste
Zahnarztpraxis



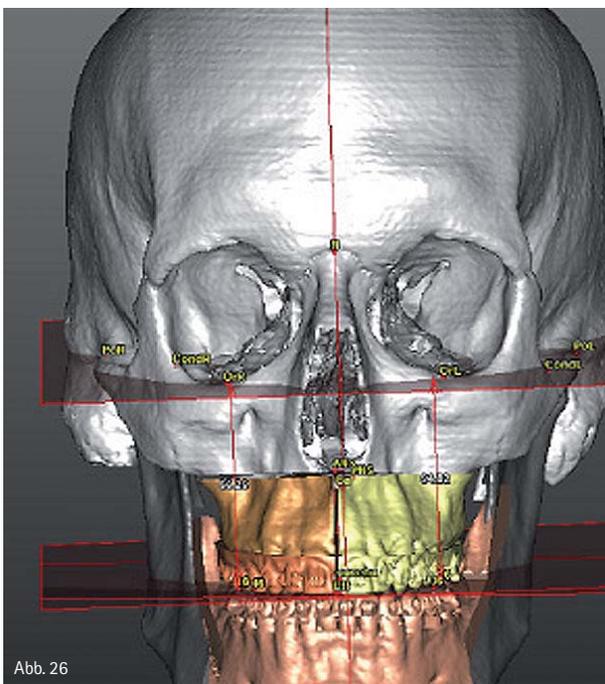


Abb. 26

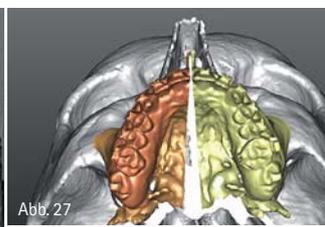


Abb. 27



Abb. 28

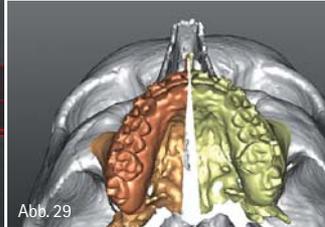


Abb. 29



Abb. 33: 3-D-Planung der Osteotomie der Frontobasis und des naso-orbitalen Komplexes zur Korrektur einer schweren einseitigen kraniofazialen Fehlbildung und Operationsschablone.



Abb. 30

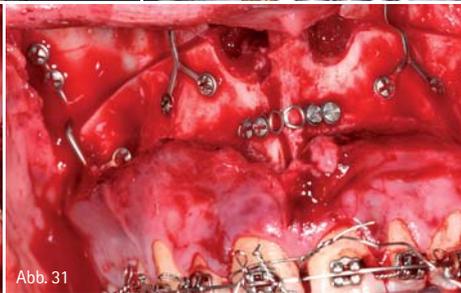


Abb. 31

Abb. 26–31: 3-D-Planung einer bimaxillären Umstellungsosteotomie mit zweigeteiltem Oberkiefer, Operationssplinte am Modell und intraoperativer Situation mit Splint und Osteosynthese nach Verlagerung der Kiefer.

dig, sodass der Aufwand und die Kosten im Vergleich zu der konventionellen Vorgehensweise erhöht sind. Weiterhin ist die Strahlenbelastung erhöht.¹³ Wenn schon eine 3-D-Diagnostik mittels CT oder DVT erfolgt ist, ist auch eine Umsetzung mittels 3-D-Schablone zu fordern und nicht nur eine Freihandinsertion der Implantate, da ansonsten die o.g. Vorteile verschenkt werden. Daher ist eine gezielte Patientenauswahl von vornherein und dann die systematische Umsetzung anzura-

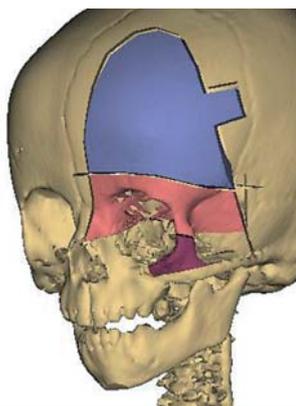


Abb. 32

ten. Insbesondere bei folgenden Situationen ist eine 3-D-Planung und Umsetzung mit 3-D-Schablonen auch aus medicolegalen Gründen sinnvoll:

Implantat mit direktem Bezug zu anatomisch wichtigen Strukturen, extreme Knochenverhältnisse (massive Atrophie, Z.n. Knochenresektion), hohe ästhetische und prothetische Ansprüche des Patienten, umfangreiche Zahn-zu-Zahn-Versorgung, Sofortversorgung und -belastung, umfangreiche späterer prothetische Versorgung.

Bei der Sofortbelastung kann der Patient die Praxis mit neuen Zähnen verlassen. Um den Erwartungen und Wünschen der Patienten nach festen Zähnen in Form, Ästhetik und Funktion nachzukommen, bieten die dargestellten Methoden die ideale Grundlage, diese Ziele zu erreichen. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass je nach Methode (CT, DVT) ein Messfehler von 1 bis 2 mm vorhanden ist, bei zusätzlichem Dimensionsfehler je nach Herstellungstechnik und Fixation des Splintes oder der Schablone.⁷ Aus unserer klinischen Erfahrung sollte daher ein Abstand zum Nerv von ≥ 2 mm eingehalten werden.

Für die Planung von Patienten mit starken Asymmetrien im Dysgnathie-

als auch kraniofazialen Bereich kann eine optimale Herstellung der Symmetrie dank der Software ermöglicht werden, bei hoher Passgenauigkeit der Splinte. Allerdings benötigen diese Programme eine extrem hohe Lernkurve hinsichtlich der Bedienung, sodass auch hier durch die systematische Teamarbeit eine Minimierung von Fehlern erreicht werden kann. Für den Patienten hat es den Vorteil, dass er eine realistische Simulation des Ergebnisses bereits präoperativ erhält und die Planung noch beeinflussbar ist. Im Gegensatz zur früheren Literatur¹⁰ ist aus unserer Erfahrung ein Stereolithografie-modell zur Darstellung der Ergebnisse nicht systematisch nötig.



Priv.-Doz. Dr. Dr. Arwed Ludwig
Infos zum Autor



Literatur

kontakt.

Priv.-Doz. Dr. Dr. Arwed Ludwig

MGK Medizinische und Gesichtschirurgische Klinik
Neue Fahrt 12, 34117 Kassel
Tel.: 0561 998599-0
info@mgk-chirurgie.de
www.mgk-chirurgie.de

Jörg Hense

Hense Dental
Kleine Binde 15 A
34281 Gudensberg
Tel.: 05603 915095

Tetric EvoCeram® Bulk Fill

High-Performance-Seitenzahn-Composite

**JETZT
AUCH ALS
FLOW!**

**Das effizienteste
Seitenzahn-Composite!**



Tetric EvoCeram® Bulk Fill
modellierbar

Tetric EvoFlow® Bulk Fill
fliessfähig

www.ivoclarvivadent.de

Ivoclar Vivadent GmbH

Dr. Adolf-Schneider-Str. 2 | D-73479 Ellwangen, Jagst | Tel. +49 7961 889 0 | Fax +49 7961 6326

ivoclar
vivadent
passion vision innovation