

3D-Planung und -Navigation in der chirurgischen und implantologischen zahnärztlichen Praxis

Die computergestützten Möglichkeiten der zahnmedizinischen Diagnostik und Therapie sind heute vielfältig und können auch in der so genannten Generalistenpraxis ohne größere Investitionen eingesetzt werden. Die 3D-Planung und -Navigation findet ihren Einsatz dabei in komplexen Rehabilitationen mit problematischen Ausgangsbedingungen, um eine adäquate Diagnostik mit nachfolgender sicherer Umsetzung der Therapieplanung zu erlauben. Nachfolgend stellt das Autorenteam die verschiedenen bildgebenden Verfahren, ihre Verfahrensweise, Strahlungsabgabe etc. vor und erläutert, wie die entsprechende Software der Geräte arbeitet. Diese Kenntnis ist wichtig, um Rückschlüsse z. B. auf Schnittrichtungen und anatomische Besonderheiten ziehen zu können. Neben der Schienenherstellung wird auch auf die Bedeutung der Datenbearbeitung eingegangen sowie an fünf klinischen Beispielen die Indikationen und Vorteile der dreidimensionalen Lagebestimmung und Planung aufgezeigt.

Die rasante Weiterentwicklung der Computertechnik, von Hard- und Software, Speichermöglichkeiten, Umsetzung auf programmierbare Geräte mit Sensoren und Optiken, geht auch an der Zahnmedizin nicht vorbei. In den vergangenen Jahren haben sich die technischen, insbesondere die computergestützten Möglichkeiten der zahnmedizinischen Diagnostik und Therapie enorm erweitert und die Innovationen auf dem Gebiet der digitalen Technologien versprechen für die Zukunft weitere interessante Anwendungsverbesserungen. Entscheidend ist allerdings eine pragmatische, zeitsparende und nutzungsorientierte Anwendbarkeit einzelner Programme. Und dies ist die eigentliche Verbesserung in der aktuellen Entwicklung. Das Angebot an Kooperationsmöglichkeiten verschafft auch der einzelnen Generalistenpraxis adäquate Möglichkeiten, diese Technik in den täglichen Behandlungsablauf zu integrieren, ohne allgemeine größere Investitionen zu tragen. Gleichzeitig verbessern der moderne Datentransfer und die Kommunikationsmöglichkeiten das Zeitmanagement bei einem solchen Vorgehen.

Eine dreidimensionale Planung ist für den „Standardfall“ nicht erforderlich. Die neuen technischen Möglichkeiten

erlauben jedoch bei komplexen Rehabilitationen mit problematischen Ausgangsbedingungen eine adäquate Diagnostik mit nachfolgender sicherer Umsetzung der Therapieplanung. Der technische Fortschritt gewährleistet damit wie in der Allgemeinmedizin eigentlich nur eine bessere Realisierung der individuellen Therapieerfordernisse. Ob die damit verbundenen Kosten von gesetzlichen oder privaten Krankenversicherungen erstattet werden können, ist von anderer Stelle zu beurteilen. An den Vorteilen der digitalen Technologien für das Fachgebiet bestehen ohnehin längst keine Zweifel mehr.

Bildgebende Verfahren | Der Elektrotechniker Godfrey Hounsfield entwickelte nach Vorarbeiten des Physikers Allan M. Cormack zwischen 1960 und 1971 mehrere Prototypen von Schichtbildröntengeräten. Die erste computertomographische (CT)-Aufnahme wurde 1971 an einem Menschen vorgenommen. Für ihre Arbeiten erhielten Hounsfield und Cormack 1979 gemeinsam den Nobelpreis in Medizin. Der Röntgenabschwächungswert eines Objekts, die Hounsfield – Unit (HU), wurde nach ihm benannt. Ab 1975 hielt die CT-Technologie in der medizinischen Diagnostik ihren Einzug. Bis heute kann

man hier vier Gerätegenerationen unterscheiden, deren Weiterentwicklung hauptsächlich auf der Leistungsverbesserung der mathematischen Algorithmen und der benötigten EDV-Systeme beruht: Translation-Rotations-Scanner, Rotate-Rotate-Geräte, Rotate-Stationary-Geräte, Elektronenstrahl-Scanner und Gerätekombinationen (getracktes CT). **CBDVT** ist die Abkürzung für **Cone-Beam-digitaler Volumentomograf**. Diese Geräteart stellt eine Neuentwicklung dar, die erst in den letzten Jahren wegen der Leistungsfähigkeit heutiger Rechnersysteme und neuester mathematischer Algorithmen für die Rekonstruktion, möglich wurde. Bei diesem Aufnahmeverfahren umkreist eine Röntgenquelle mit „keulen“- oder pyramidenförmigem Röntgenstrahl mit gegenüberliegender Detektoreinheit den Patienten. Es entstehen ca. 300 Aufnahmen aus unterschiedlichen Positionen. Die Röntgenröhren sind vergleichbar oder sogar identisch mit der eines Orthopantomogramms, lediglich die Expositionszeiten (wegen der benötigten hohen Projektionszahl) und der Anodenstrom (um eine gute Durchdringung zu erreichen) sind erhöht. Nach der Bildspeicherung aller Projektionsbilder wird der dreidimensionale Datensatz errechnet. Dieser Vorgang

wird als primäre Rekonstruktion bezeichnet. Bei den heutigen Systemen liegt die Rekonstruktionszeit zwischen einer und acht Minuten. Die mathematischen Algorithmen sind exakt an das Aufnahmegerät angepasst. Nach Beendigung dieses Vorgangs erhält man eine Voxelmatrix (Matrix von einzelnen Bildwürfeln), die man zu einer 3D-Ansicht rendern (rendern = ein 3D-Ansichtsbild errechnen) kann oder von der man einzelne Schichten als Schnittbilder projizieren kann. Da der Datensatz nach der Rekonstruktion vollständig vorliegt, braucht bei einem Ansichtswechsel oder dem Wechsel einer Schnittebene keine neue Berechnung durchgeführt zu werden. Es stehen für die Diagnose somit alle drei Hauptschnittrichtungen (axial, koronar, sagittal) zur Verfügung. Jede Körpersubstanz schwächt den durchdringenden Röntgenstrahl unterschiedlich. Benannt nach dem Techniker Godfrey Hounsfield wurde ein Schwächungswert von Objekten definiert, die Hounsfield-Einheit HU. Hierbei handelt es sich um eine ganzzahlige Zahl, beginnend bei Luft mit -1000 HU, Fettgewebe mit -200 HU bis -50 HU, Wasser mit 0 HU. Knochen beginnt bei 300 HU bis 2000 HU (Zähne), Metall liegt bei ca. 3000 HU. Bei Grauwertfilterung auf spezielle HU-Werte können Körpersubstanzen segmentiert und gesondert von allen anderen Gewebestrukturen dargestellt werden.

Die heutigen Detektorsysteme können bis zu 16000 verschiedene Grauwerte darstellen (Flat Panel Display). Werden diese auf eine Hounsfield-Einteilung für menschliches Gewebe projiziert, ergibt das immer noch einen Wertebereich von ca. 4000 Graustufen. Das menschliche Auge kann aber nur etwa 400 Grauwerte voneinander unterscheiden, ein zugelasener Monitor im Dentalbereich stellt 255 Grauwerte dar. Um diese Einschränkung sinnvoll zu umgehen, wird der Graubereich nach der Primärrekonstruktion vorgefiltert, auf den zu diagnostizierenden HU-Bereich eng eingegrenzt und dann auf 255 Graustufen gespreizt.

Die für die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und Zahnmedizin entwickelten DVT-Geräte (DVT = digitales Volumentomogramm) wurden auf die Anwendung im Kopfbereich reduziert. Daher darf ein Zahnarzt ein derartiges Gerät auch betreiben, während der Betrieb der oben genannten CTs Radiologen vorbehalten bleibt. Die Diskussion über Vor- und Nachteile der beiden Gerätegruppen erfolgt entsprechend sachlich wie unsachlich. Unbestritten ist, dass ein CT eine geringere Bewegungsempfindlichkeit aufweist, aber mehr Streuarfakte in Kauf genommen müssen als bei einem DVT. Die DVT-Geräte der unterschiedlichen Hersteller lagern die Patienten bei der Aufnahme liegend, sitzend oder stehend. Da sich Bewegungsartefakte beim DVT dramatischer darstellen, ist die Bildgebung beim liegenden Patienten prinzipiell besser, allerdings können durch die liegende Positionierung Schluckreflexe durch Speichel ausgelöst werden. Geräte für die Aufnahme eines stehenden oder sitzenden Patienten überzeugen durch geringen Platzbedarf.

Die Diskussion der Strahlenexposition bei den verschiedenen Geräten und Techniken muss ebenso differenziert beurteilt werden. Die Vergleichbarkeit der zur Verfügung stehenden Studien ist aufgrund unterschiedlicher Wertung der biologischen Wirkung auf die menschlichen Organe oftmals nicht gegeben. Unbestritten ist das DVT strahlungsärmer als das CT, wobei es auch innerhalb der Gruppe der DVT-Geräte erhebliche Unterschiede gibt. Bei der neuen Gerätegeneration der CTs kann die Strahlenexposition durch die Anwendung sogenannter Low-dose-Protokolle erheblich gesenkt werden. Insgesamt ist die Strahlenexposition bei allen neueren Geräten als gering einzustufen, liegt aber immer noch ein Vielfaches über der Dosis eines Orthopantomogramms.

Entscheidend sind Aufnahmequalität und Auswertbarkeit. Diese sind unter anderem abhängig vom Fachpersonal, der Gerätepflege und der Kompetenz des Betreibers. Unnötige Wie-

derholungsaufnahmen sind im Sinne der Strahlenexposition zu vermeiden.

Dreidimensionale Planung und Navigation I

Die Aufgabe der Software ist es, die Darstellungsmöglichkeiten der drei Hauptschnittrichtungen (axial, koronar, sagittal) so wiederzugeben, dass diese für den Anwender ideal lesbar werden. Diese Anforderung wird von den vorhandenen Programmen im Regelfall so gelöst, dass auf dem Bildschirm nebeneinander eine panoramaanaloge Darstellung, einem Kieferquerschnitt und ein Schnitt der Aufsicht gezeigt werden. Im Regelfall lässt sich auch ein dreidimensionales Bild des Kiefers visualisieren. Dies ist allerdings eher eine realitätsnahe Animation als ein genau realistisches Bild. Durch Bewegen der einzelnen Cursors kann dann ein Wechsel der Schnittebene in allen Darstellungen erfolgen, sodass anatomischen Besonderheiten in jeder Schnittrichtung nachgegangen werden kann. Neben dieser optimierten Darstellung sind Hilfsmittel und Werkzeuge zur Arbeitserleichterung und Anwendungsübertragung in den Programmen enthalten. Neben einfachen Hilfsmitteln wie Längen-, Winkel- und Dichtemessungen sind dies zum Beispiel Darstellungsprogramme für den Verlauf des Canalis mandibularis, Einfügen von Planungsachsen, Einfügen von Implantatformaten unterschiedlichster Hersteller und deren Ausrichtung.

Als erstes Planungssystem auf dieser Basis verbunden mit entsprechender Pionierarbeit wurde das SimPlant-System (heute Fa. Materialise, Belgien) Anfang der 90er Jahre in Deutschland eingeführt und von der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie fachbezogen gefördert. In den letzten Jahren wurde die damals begonnene Entwicklung durch viele Innovationen perfektioniert. Insbesondere ist die Definition der räumlichen Lage des Kiefers durch die Verwendung unterschiedlicher Referenzkörper (z. B. Steckbaustein bei CeHa imPLANT [C. Hafner GmbH & Co KG, Pforzheim, Deutschland]) als definiertes Objekt in der DVT-Schiene

sehr exakt möglich. Durch den Referenzkörper kann die Implantatplanung nach Anfertigung des DVT durchgeführt und die Schablone mit den Bohrhülsen entsprechend dieser Planung exakt bestückt werden. Dieses Vorgehen kann als indirekte Navigation bezeichnet werden, da die Planung dreidimensional im Computer erfolgt und die Bohrhülsen nach dieser Planung festgelegt werden (sog. „Backward-Planning“).

Auf diese Weise kann zunächst eine Modelloperation erfolgen, nach der die Implantatpositionen überprüft und interaktiv verändert werden können, sodass eine optimale implantatprothetische Versorgung erleichtert und eine Sofortbelastung oder Sofortversorgung ermöglicht werden. Das Backward-Planning beweist, dass die Anwendungsfunktionen der dreidimensionalen Planungsprogramme sich nicht in den chirurgischen Möglichkeiten erschöpfen, sondern vor allem auch große Bedeutung für die implantatprothetische Planung haben. Auch und besonders deshalb ist es von entscheidender Bedeutung, bereits im frühen Planungsstadium den beteiligten Zahntechniker hinzuzuziehen und mit diesem die prothetischen Versorgungsmöglichkeiten zu besprechen, die sich aus den anatomischen und chirurgischen Erkenntnissen und Möglichkeiten ergeben.

Es ist sicher keine neue Erkenntnis, dass eine schonende Operation ohne oder mit nur geringer Lappenbildung für den Patienten mit geringerer Schwellung und weniger Schmerzen verbunden ist. In diesem Sinne arbeiteten die Pioniere der Implantologie in Deutschland bereits vor 30 Jahren mit ihren einphasigen Implantaten „minimalinvasiv“ und „atraumatisch“. Allerdings mussten sie sich bei ihrer Vorgehensweise auf Palpation, auf Erfahrung und intraoperative Kontrolle bei der Positionierung ihrer Implantate verlassen. Dies ist unter forensischen Gesichtspunkten heute obsolet, denn wenn der Misserfolg eintritt, wird nach der Dokumentation gefragt und die Vorgehensweise unter Sicherheitsaspekten überprüft. Daher ist für die minimalinvasive Im-

plantation eine entsprechende dreidimensionale Darstellung der Kieferverhältnisse erforderlich, auf deren Basis zunächst die Überprüfung der Implantationsmöglichkeiten, dann die Planung und zuletzt die exakte Positionierung der Implantate durchgeführt wird.

Der Einsatz von Navigationssystemen ist in der Neurochirurgie heute Routine und nach Entwicklung der entsprechenden Software und Instrumente sind Navigationssysteme seit einigen Jahren auch für die zahnärztliche Implantologie verfügbar. Bei dieser echten oder direkten Navigation werden Referenzpunkte zur Lokalisation des Kiefers und des Winkelstücks durch eine Optik erfasst, mit den zuvor durch das DVT bzw. CT erstellten Daten zusammengeführt und auf einem Bildschirm visualisiert. Die aktuelle Position des Bohrers wird farblich wiedergegeben und kann durch die im Programm erstellte Planung kontrolliert werden. Im Gegensatz zur oben geschilderten Vorgehensweise bei den Bohrschablonen muss allerdings das System in der Praxis des Anwenders bei der Operation zur Verfügung stehen und dort eingesetzt werden.

Eine der Navigation vergleichbare Genauigkeit ist freihändig nicht erreichbar. Schermeier et al.¹⁰ kamen in ihren Studien zu dem Ergebnis, dass erfahrene Chirurgen beim manuellen Implantieren Abweichungen von 2–3 mm nicht unterschreiten konnten, der maximale Fehler bei der Navigation jedoch bei 0,6 mm bis 0,8 mm angesiedelt war.

Schienenherstellung | Neben den radioopaken Referenzkörpern, die für die exakte Positionierung und Übertragung auf die Bohrschablone wichtig sind, kann auch die gesamte CT-Schablone in der Aufnahme visualisiert werden. Zur Vereinfachung empfiehlt es sich, bei vorhandenem suffizientem Zahnersatz diesen zu duplizieren. Zunächst sollte der Zahnbogen ausgegossen werden. Für den Zahnkranz sollte ein 20%iger Massenanteil Bariumsulfat in den Kunststoff gemischt werden. Für die Her-

stellung der entsprechenden Basisplatte sollte der Bariumsulfatanteil nur ca. 10% betragen. Bariumsulfat kann in der Apotheke rezeptfrei gekauft werden. Das Pulver sollte sehr fein sein und gleichmäßig eingerührt werden. Die 10%ige Mischung gewährleistet, dass der Verlauf der Basisplatte und damit auch der Schleimhautverlauf und deren Dicke erkennbar werden. Die Zähne unterscheiden sich durch die höhere Konzentration des Bariumsulfates noch einmal deutlich von der Basis für die eigentliche Implantatplanung.



Abb. 1: Planungsschiene mit Steckbaustein (CeHa imPLANT, C. Hafner GmbH & Co KG, Pforzheim).

Bearbeiten der Daten und Planungsablauf im Team

Für den Anwender sind der Bedienungscomfort des Programms und die Kommunikationsmöglichkeiten mit den Ansprechpartnern im Team (Planungszentrum, Zahntechniker) ein wesentlicher Aspekt. Dabei stehen für den Kommunikationsablauf unterschiedliche Modelle zur Verfügung. Zum einen kann das Planungsprogramm via Laptop oder, sofern ein Kundenmodul beim Anwender vorhanden, via USB-Stick persönlich überbracht werden und es erfolgt eine Besprechung vor Ort. Dies ist allerdings zeitintensiv und bei mehrfacher Änderung wenig effizient. Weiterhin besteht die Mög-

lichkeit, eine Planung im Internet auf gesicherten Seiten zu hinterlegen und dort zu kontrollieren. Sollten Änderungen notwendig sein, ist allerdings auch diese Variante häufig zeitaufwendig.

Daher ist absehbar, dass die zukünftige routinemäßige Anwendung dieser Verfahren durch Online-Meetings bestimmt sein wird. Insbesondere diese neuen technischen Möglichkeiten lassen die Planung im Team in jeder Praxis realisierbar werden. Breitbandige Internetverbindungen für eine effiziente Durchführung des Planungsvorganges sind nahezu flächendeckend und kostengünstig verfügbar. Die notwendige Software (z. B. TeamViewer, TeamViewer GmbH, Stuttgart) kann teilweise direkt aus dem Internet heruntergeladen werden. Nach telefonischer Absprache und Passwortangabe kann sich der Partner auf dem jeweils anderen Computer anmelden und umgekehrt. Die Partner können abwechselnd das Programm bedienen und Planungsvorschläge einbringen bzw. mit der Maus auf bestimmte Strukturen hinweisen. Parallel erfolgt die Besprechung entweder konventionell per Telefon oder ebenfalls online. Dadurch ist die Verständigung einfach, optimal, störungsfrei und bei der heute üblichen Flatrate ohne zusätzliche Kosten. Der Anmeldevorgang für ein Online-Meeting dauert im Regelfall weniger als eine Minute und der Gesamtvorgang hat den Aufwand analog eines Telefonates. Dadurch wird bei einer Problemstellung die kurzfristige Rücksprache und Lösungsfindung z. B. mit dem zahn-technischen Labor auch über weite Entfernungen möglich.

Falldarstellungen | An klinischen Beispielen sollen nachfolgend die Indikationen und Vorteile der dreidimensionalen Lagebestimmung und Planung aufgezeigt werden.

Fallbeispiel 1: Exakte Lagebestimmung eines retinierten unteren Eckzahnes
Der 14-jährige Patient stellte sich in der Praxis auf Überweisung des kieferorthopädischen Kollegen vor. Zahn

43 war im Unterkiefer quer und unterhalb der Frontzähne retiniert und verlagert. Nach entsprechender Aufklärung entschied sich der Patient mit seinen Eltern für eine dreidimensionale

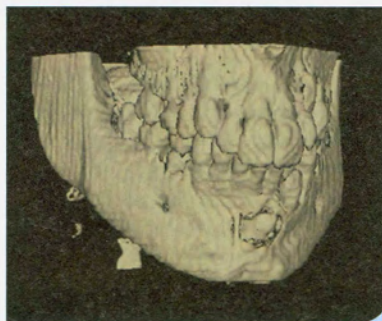


Abb. 2: Der tief retinierte Eckzahn in der dreidimensionalen Animation des Planungsprogramms. Bereits hier ist die Lage deutlich erkennbar.



Abb. 3: In der Aufsicht wird die bukkale Perforation bestätigt.

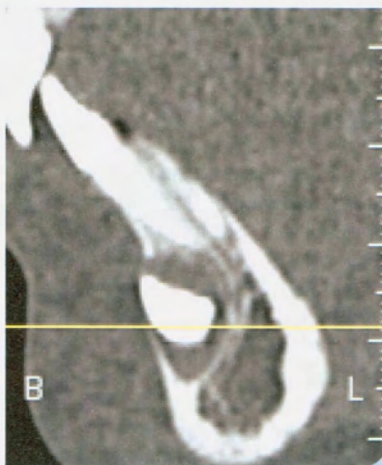


Abb. 4: Der Zahn hat keinen direkten Kontakt zu den Frontzähnen, wie die seitliche Ansicht bestätigt.

nale Bildgebung zur exakten Lagebestimmung des Zahnes. Auf weitere Röntgenaufnahmen wurde verzichtet. Aus der Auswertung ging hervor, dass der retinierte Zahn fast bukkal perforierte und im gesamten Kronenbereich von Weichgewebe eingebettet war. Die Wurzel war gerade; der gesamte Zahn hatte ausreichenden Abstand zu den Wurzelspitzen der Frontzähne. Mit dieser Information konnte der retinierte Zahn unter geringer Lappenbildung entfernt werden.

Fallbeispiel 2: Bestimmung des exakten Nerv-Verlaufes bei retiniertem Weisheitszahn

Der 70-jährige Patient stellte sich mit chronischen Beschwerden im rechten Unterkiefer vor. Hier handelte es sich um einen teilretinierten, kariösen Weisheitszahn mit großer perikoronaler und periradikulärer Osteolyse im Kronen- und Wurzelbereich. Der Zahn war brüchig und Ecken des sichtbaren Schmelzbereiches um den kariösen Defekt waren ausgebrochen. Die Wurzelspitze des Weisheitszahnes unterbrach in der Panoramadarstellung den sichtbaren Nerververlauf. Nach entsprechender Aufklärung über die Verlaufsmöglichkeiten des Nervus mandibularis und die möglichen Komplikationen wurde entschieden, ein dreidimensionales Bild zu erstellen. Auf dieser Aufnahme konnte der Nerververlauf klar identifiziert werden. Der Nerv verlief lingual der Wurzelspitze des Zahnes 48. Die Wurzeln waren nicht gekrümmt; der Zahn konnte mit vorsichtiger Osteotomie von bukkal unproblematisch entfernt werden.



Abb. 5: Auch die Panoramadarstellung des CT bestätigt die extreme Nervnähe der Wurzelspitzen des Zahnes 48. Da der Zahn teilretiniert, tief kariös ist und inzwischen Beschwerden verursacht, muss er entfernt werden.



Abb. 6: Die Aufsicht zeigt das umgebende Weichgewebe und den großen knöchernen Defekt.

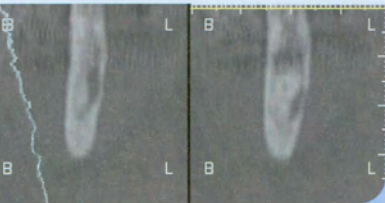


Abb. 7: Bei einem 70-Jährigen ist die Ankylosierung des Zahnes naheliegend. Wenn eine umfangreichere Osteotomie notwendig sein sollte, ist die Kenntnis der Nervlage entscheidend. In diesem Fall verläuft der Nervus mentalis lingual.

Fallbeispiel 3: Implantationsplanung bei starker Resorption nach Trauma
 Der 18 Jahre junge Patient hatte die Zähne 21 und 22 durch ein Trauma und nachfolgende Infektionen verbunden mit massivem Knochenverlust verloren. Der ausgeprägte Defekt erforderte eine dreidimensionale Bildgebung. Nach den oben genannten Vorgaben wurde das vorhandene herausnehmbare Provisorium des Patienten dupliziert. Es wurde diagnostiziert, dass ausreichend Kieferknochen in Höhe und Breite vorhanden war und dass die Augmentationshöhe 3 mm nicht überschreiten würde. Es konnten 2 Tiologic-Implantate (Länge 15 mm, Durchmesser 3,7 mm) inseriert werden. Die Augmentation erfolgte einphasig mit BioOss unter Stabilisierung mit einem Tiomesh. Es konnte eine optimale Positionierung der Implantate bei hervorragender Primärstabilität erzielt werden.



Abb. 8: Planungsschiene zur Ermittlung des Kieferprofils. Zähne und Schienenbasis wurden mit Bariumsulfat eingefärbt.

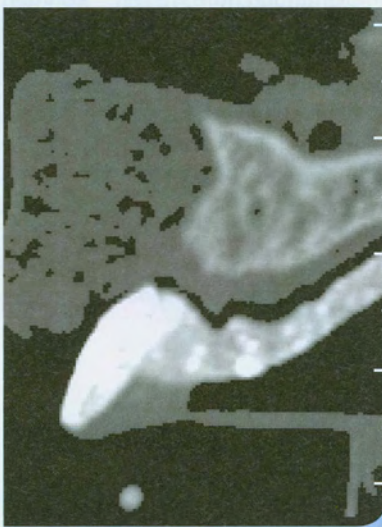


Abb. 9: Der Querschnitt zeigt, dass die Kieferbasis eine ausreichende Breite hat; der Höhenverlust kann ausgemessen werden. Der durch Bariumsulfat eingefärbte Zahn gibt dessen genaue Position wider, die sichtbare Platte macht die Schleimhautdicke messbar.

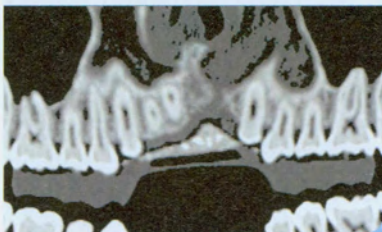


Abb. 10: Knocheneinbruch, Schleimhautdicke und Schiene in der frontalen Ansicht.



Abb. 11: Röntgenaufnahme nach Implantation und Augmentation.

Fallbeispiel 4: Implantationsplanung bei stark unter sich gehendem Kiefer im Seitenzahnbereich
 Der 44-jährige Patient wünschte die Versorgung der beidseitigen Freisituation mit Implantaten. Aufgrund der klinischen Diagnostik, die stark unter sich gehende Bereiche ergeben hatte, wurde ein dreidimensionales Bild als notwendig angesehen. Hier zeigten sich unter sich gehende Bereiche von fast 45°. Die Dimension des Kieferknochens war aber ausreichend, um Implantate inserieren und mit abgewinkelten Aufbauten versorgen zu können. Die notwendige Abwinkelung des Implantates konnte mit 25° als vertretbar ermittelt werden. Die Implantation erfolgte navigiert mit entsprechender Schablone, sodass die Planung exakt umgesetzt werden konnte.



Abb. 12: Eine Bohrschablone sollte immer unterspülbar gearbeitet sein, um ausreichend Kühlflüssigkeit von außen applizieren zu können.

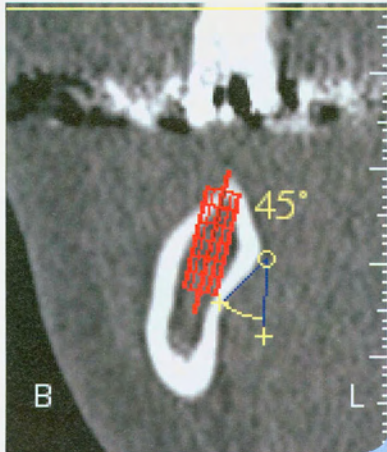


Abb. 13: Unterhalb der Linea mylohyoidea offenbart sich ein stark unter sich gehender Bereich von 45° Neigung.



Abb. 14: Klinisches Bild des fertiggestellten Zahnersatzes.

Fallbeispiel 5: Implantations- und Augmentationsplanung im ästhetischen Bereich

Die 59-jährige Patientin stellte sich vor mit einer provisorischen Brücke, Kronen an 13, 23 und Brückengliedern 12 bis 22. Der Kieferkamm unterhalb der Brückenglieder wies eine fortgeschrittene Atrophie vor allem von bukkal auf, sodass ein deutlicher Abstand von 2-3 mm zur Brückenbasis bestand. Die Patientin lehnte die Verlängerung der Brückenglieder aus ästhetischen Gründen ab und fragte nach, ob durch Implantation eine bessere Lösung erzielbar wäre. Nach erster Aufklärung wurde ein dreidimensionales Bild erstellt. Durch die Aufnahme konnte die Resorptionsform des Kiefers klar dimensioniert werden. Der Verlauf des Kieferkno-

chens in der Oberkieferfront war fast geradlinig, während die Brücke entsprechend den ästhetischen Erfordernissen eine abgerundete Form hatte. Der Kieferkamm war in der Höhe ausreichend, aber zu schmal. Die Basis des Kieferknochens war für die stabile Verankerung von Implantaten geeignet. Daraufhin wurde beschlossen, zwei Implantate einphasig mit einem Bonesplitting in den Regionen 12 und 22 zu inserieren. Für das Splitting wurde das Keilsystem von Vollmer und Valentin verwendet. Der resultierende Knochendefekt wurde mit Augmentatmaterial aufgebaut. Die Brückenglieder hatten nun Schleimhautkontakt und die späteren Implantatdurchtrittsstellen konnten durch Umgestaltung der Brückenbasis ausgeformt werden. Nach entsprechender Einzelzeit wurde die Patientin mit Einzelkronen 13, 23 und einer Brücke 12 bis 22 versorgt. Durch den Kieferaufbau hatten die Zähne



Abb. 15: Die provisorische Brücke steht deutlich vom Kieferkamm ab. Die Höhe ist ausreichend, die Resorption hat vor allem von bukkal stattgefunden.

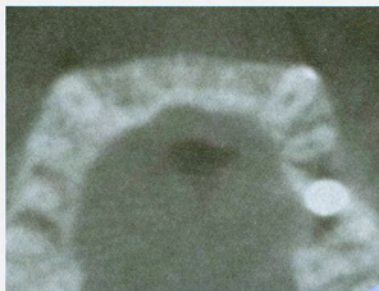


Abb. 16: Der Verlauf des Alveolarfortsatzes zwischen 13 und 23 ist sehr gerade...

eine ästhetisch ansprechende Länge und das von der Patientin gewünschte Ergebnis konnte erzielt werden.



Abb. 17: ...während die Brücke in den oberhalb liegenden Röntgenschichten ein rundes Profil aufweist und damit definiert, wo die Zähne im Verhältnis zum Kiefer stehen müssen.

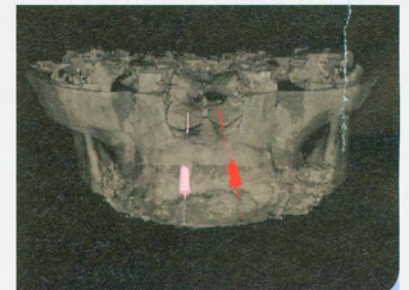


Abb. 18: Ohne bonespreading stehen die Implantate vor dem Kiefer. Implantatplanung im 3D-Bild.

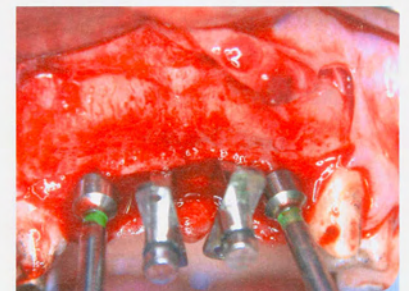


Abb. 19: Keile des Bonespreading-Systems nach Vollmer und Valentin mit Vorbohrern vor der Implantatinsertion. Die Keile halten den Spalt offen, bis die Implantate inseriert worden sind.

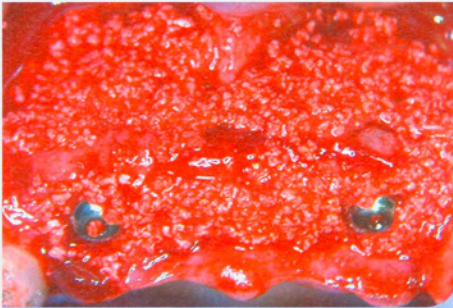


Abb. 20: Implantate und Augmentatmaterial in situ.

Danksagung: Für die Unterstützung bei der Einarbeitung in die Planungssysteme gilt den Firmen Baumgartner und Rath GmbH, München, und C. Hafner GmbH & Co KG, Pforzheim, unser herzlicher Dank.

Für die Erstellung der Planungsschienen und die zahntechnischen Arbeiten bedanken wir uns bei den Firmen Dental Ästhetik Vosteem, Morsbach, und Zahntechnik Erdmann GmbH, Heiligenhaus.



Abb. 21: Klinisches Bild der fertiggestellten Brücke mit Gingivaprofil.

Die Literaturliste kann unter www.spitta.de/ZMK-Literaturliste abgefordert werden.

Die Autoren:

Friedhelm Heinemann¹⁺²

Torsten Mundt², Nina Roth¹

Christoph Bouraue³, Reiner Biffar²

¹ Praxis für moderne Zahnheilkunde, Im Hainsfeld 29, 51597 Morsbach

² Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnheilkunde und medizinische Werkstoffkunde, Rotgerberstr. 8, 17475 Greifswald

³ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Stiftungsprofessur für Oralmedizinische Technologie, Welschnonnenstr. 17, 53111 Bonn

Hinweis: Die Qualität einiger Detailbildaufnahmen im Artikel ist nicht optimal. Dies bitten wir nachzusehen; es handelte sich hier um gezoomte Originalaufnahmen.

Korrespondenzadresse:

Dr. Friedhelm Heinemann
Im Hainsfeld 29, 51597 Morsbach

Tel.: 02294 992010

Fax: 02294 900170

E-Mail: friedhelmheinemann@web.de