

3-D-Diagnostik in der Zahnmedizin

| Dr. Peter A. Ehrl

Als chirurgisch und implantologisch tätiger Zahnarzt musste man sich zwangsläufig schon lange mit bildgebenden 3-D-Technologien auseinandersetzen, die seit Einführung der volumetomografischen Technik vor circa zehn Jahren einen immer größeren Umfang einnahmen. Da sechs Jahre mit einem eigenen Volumetomografen bei der fortschreitenden Technik ein nicht mehr tragbares Alter darstellen, wurde mit dem Galileos nicht nur ein neues Gerät angeschafft, sondern sogar ein neues Kapitel der 3-D-Röntgentechnologie aufgeschlagen.

Es sind vor allem zwei Punkte, die herausragen: Sehr hohe Auflösung und geringe Strahlendosis. So ergab der Vergleich von Zahnfilmen mit digitalen Panoramaschichtaufnahmen und Galileosaufnahmen derselben Region für jedes Auge erkennbar neben den Vorteilen der 3-D-Technik auch eine deutlich höhere Genauigkeit.

Geringe Strahlendosis

Ludlow stellte 2003 für das Galileos-Gerät eine Dosis von 8–15 (days of equivalent background exposure, ICRP 2007) gegenüber einer Panoramaschichtaufnahme von 3 oder einer IlumaCT Standardaufnahme von 72 fest (Brooks I-CAT 68). Verglichen mit einer 2-D-Panoramaschichtaufnahme verursacht eine Galileos-Aufnahme nach Ludlow demnach die 3- bis 6-fache Dosis und liegt damit am unteren Ende der auf dem Markt befindlichen Geräte. Interessant ist auch, dass hiernach ein Spiral-CT die

327-fache Dosis verursacht. Nach der Röntgenverordnung ist damit im Kieferbereich keine Indikation mehr für diese Technik gegeben. In Abhängigkeit von der diagnostischen und therapeutischen Relevanz ist damit auch die Möglichkeit gegeben, die bisherige Zurückhaltung bei Mehrfachaufnahmen aufzugeben. Dies kann z.B. in der Implantologie der Fall sein, wenn man vor und nach einer augmentativen Maßnahme das Implantatlager beurteilen möchte oder ggf. in einem Problemfall eine exakte Kontrolle durchführen will. Auch die provisorische bzw. ungenügende Diagnostik im Zusammenhang mit einer potenziellen Verletzung des N. alv. inferior oder einer Penetration in die Nebenhöhle mit zweidimensionalen Methoden ist damit endgültig obsolet.

Größere Genauigkeit

Bisherige Aufnahmen mit 3-D-Geräten waren in der Implantologie zwar sehr

hilfreich, stießen aber sowohl dort als auch bei anderen diagnostischen Zielen schnell an ihre Grenzen. 3-D-Geräte der Baujahre 2000 bis 2005 kamen über eine Voxelgröße von 0.36 nicht hinaus. Damit waren sie bei schwierigen Fragestellungen häufig CTs noch unterlegen, was so manchen veranlasste beim CT zu bleiben. Neuere Geräte bieten jetzt bis zu 0.1 Voxel, das Galileos 0.15 bis 0.3. Die Unterschiede bei den verschiedenen Geräten beruhen auf unterschiedlichen Sichtfeldgrößen, Detektoren, gepulsten und nicht gepulsten Strahlenquellen und der Bildqualität. Erst die Summe dieser Eigenschaften führt zu einem praxisgerechten Mix (Ludlow et al.). In diesem spielt auch die Datenmenge eine große Rolle: Bei der Erstellung der Bilder, beim Transfer zwischen Arbeitsplätzen und Auswertungsprogrammen, der Konvertierung und der Datensicherung.

Das Galileos bot zwar von Anfang an die Möglichkeit definierter Areale mit einer Auflösung von 0.15 Voxel darzustellen, aber erst die Einführung des high resolution modus erlaubte es auch, alle anderen Auswertungsprogramme in vollem Umfang zu nutzen. So liegen neben dem systemzugehörigen siCAT-Programm bisher Erfahrungen mit simplant/materialise, coDiagnostiX, med3D und NobelGuide vor. Gelernt werden musste, dass jedes dieser Programme bestimmter Einstellungen bedarf, um



Abb. 1a: Digitale 2-D-Bissflügel- und Radiotransluzenz-Aufnahmen, kariöse Transluzenzen sind bei 15m, 14d, 44d eindeutig zu erkennen. – Abb. 1b: 2-D-Panoramaschichtaufnahme, kariöse Transluzenzen sind kaum zu erkennen.

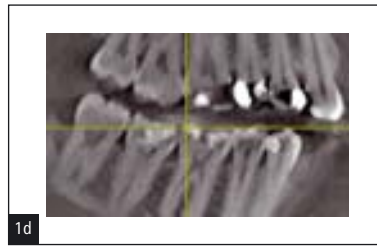


Abb. 1c: 3-D-Panoramascicht, die höhere Auflösung ist deutlich zu erkennen. – Abb. 1d: Einzelaufnahmen aus 3-D-Scan, es sind zusätzliche kariöse Transluzenzen bei 45m, 46d und 47m zu erkennen. Die Beurteilung um metallische Restaurationen ist problematisch.

eine optimale Konvertierung zu bekommen.

In Abbildung 1 werden beispielhaft Bilder desselben Patienten in Zahnfilm, Panoramascicht- und 3-D-Technik gezeigt. Daraus lässt sich eindeutig die höhere Bildqualität ablesen. Der Nutzen für den Patienten besteht darin, dass kariöse Läsionen frühzeitig erkannt und gezielter, d.h. ohne zu großen Substanzverlust therapiert werden können (Haak et al.). Das Problem der Verstrahlungen um Metallkörper ist zwar deutlich verbessert, aber noch nicht völlig gelöst. Durch die Möglichkeit, weitere Schnitte zu erzeugen und Läsionen mehrdimensional darzustellen, kann man sich jedoch jetzt durch die geringere Verstrahlung häufiger helfen. Die Bilder zeigen auch, dass Überlagerungen anderer anatomischer Strukturen wie zum Beispiel der Wirbelsäule oder des harten Gaumens völlig verhindert werden können. Die oft problematische Beurteilung des Oberkiefers insbesondere in der Front oder die mesiodistale Verzerrung im Eckzahn-Prämolaren-Bereich gehört damit der Vergangenheit an.

Andere zahnmedizinische Bereiche

Neben der 3-D-Kariesdiagnostik können auch in der Beurteilung von Parodontalerkrankungen zusätzliche Informationen gewonnen werden, die therapeutischen Nutzen haben. Dreidimensionale Defekte können wurzelbezogen erkannt, in ihren Dimensionen exakter und damit in ihrer Prognose besser beurteilt werden (vgl. Abb. 2, Kasaj et al.). In der Beurteilung mehrwurziger Zähne und möglichen Folgeerscheinungen liegt der Nutzen der 3-D-Diagnostik in der Endodontie. Auf den Nutzen in der Oral- und Maxillofazial-Chirurgie soll hier nicht weiter eingegangen werden, da dieser bereits vielfach beschrieben wurde. Aber

auch hier macht sich die höhere Auflösung durch einen Qualitätsgewinn bemerkbar (Mischkowski et al., Neugebauer et al., Voßhans et al.). Schon aus forensischen Gründen ist die 3-D-Technik hier bei bestimmten Voraussetzungen seit einigen Jahren eingeführt. Die Darstellung der Kiefergelenkregion erlaubt jetzt erstmals auch das Erkennen chondraler Strukturen, genauer Gelenkpositionen, der spongiösen Textur und der Gelenkkopfkontur. Zur funktionsdiagnostischen und ggf. therapeutischen Verwertung dieser Befunde fehlt bisher die wissenschaftliche Auseinandersetzung (Abb. 3). Ein dreidimensional interessierter Fachbereich par excellence ist die Kieferorthopädie. So verwundert es nicht, dass Kieferorthopäden – erforderlichenfalls zusammen mit Oralchirurgen – die dreidimensionale Darstellung für ihre Planung entdeckt haben (Saffar et al.). Insbesondere bei therapieresistenten Einordnungen hilft häufig ein genauer Blick auf die Ursache. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die gesamte Kieferorthopädische Diagnostik auf eine auch radiologisch dreidimensionale Basis gestellt sein wird. Da der Sagittalschnitt entsprechend der Fernröntgen-seitenaufnahme mit einer geringeren Strahlendosis und vielen anderen diagnostischen Informationen erhalten werden kann, ist alleine dies bereits eine Indikation für einen 3-D-Scan. Die gute Darstellung der Nebenhöhlenmukosa macht die Volumetomografie und hierdurch die radiologisch ausgerichtete Darstellung des Galileos zur derzeit bestmöglichen Nebenhöhlendiagnostik, insbesondere wenn es darum geht, die Zahnbezogenheit darzustellen. Aber auch bei rhinogenen Sinusitiden schätzen die Ärzte für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen die neue Qualität der Aufnahmen (Abb. 4).

Implantologische 3-D-Diagnostik

3-D-Diagnostik ist seit Langem eine Domäne der Implantologie. Bereits in den 80er-Jahren eingeführt, hat sich dieser Bereich bereits mit den bisherigen Möglichkeiten rasant entwickelt. Es ist anzunehmen, dass sich die Zahl von 25 Prozent, die im Jahre 2002 (letzte Umfrage, BdiZ) bereits eine 3-D-Diagnostik für grundsätzlich notwendig hielten, deutlich erhöht hat. Immer mehr Implantologen gehen dazu über, bei jeder Implantation eine irgendwie geartete 3-D-Diagnostik durchzuführen.

In nicht wenigen Fällen reicht auch heute noch das einfache Vermessen der Dimensionen, um die Implantatposition und -dimension festzulegen. Hierzu gehören z.B. der Einzelzahnersatz, die Sofortimplantation und manche Implantationen für prothesenstabilisierende Konstruktionen ohne ästhetische und spezielle funktionelle Anforderungen.

In allen anderen Fällen – also der Mehrzahl – ist es durch die Schnelligkeit der Datenaufbereitung des Galileos jetzt kein großer Zeitaufwand mehr, bis man die gewünschten Bilder und Auswertungen erhält. Dies gilt auch dann noch, wenn man das integrierte siCAT-Planungsprogramm benutzt, das ohne weitere Konvertierung sofort die Implantatplanung und die Umsetzung in eine Bohrschablone erlaubt (Abb. 5). Der Weg dorthin ist schnell, einfach, preisgünstig und liefert eine Schablone für die Pilotbohrung. Der immense Zeitaufwand für eine implantologische Planung wird damit erheblich reduziert und macht es überhaupt erst möglich, diese Planung in den Praxisalltag zu integrieren. Der Verfasser hält deshalb eine 3-D-Planung der Implantatpositionen überall dort, wo die Methode verfügbar ist, heute für eine Standardmethode, die allen Patienten zugute kommen

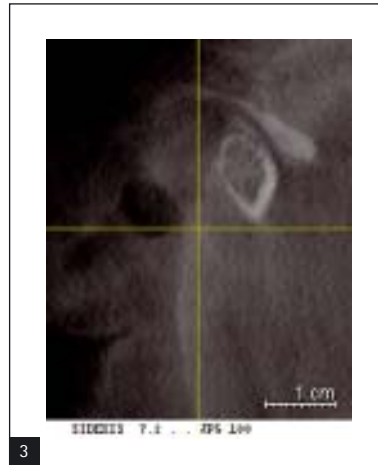
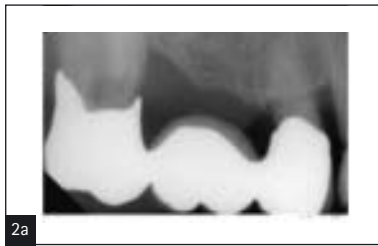


Abb. 2a: Digitale 2-D-Aufnahmen. – Abb. 2b: 3-D-Teilaufnahmen, der interradikuläre und der auf die mesiobukkale Wurzel bezogene Befund in der Nebenhöhle wird deutlich, die kritischere Situation um 12 wird eindeutig. – Abb. 3: 3-D-Teilaufnahme des linken Kiefergelenkes. – Abb. 4: Fremdkörperlokalisierung.

sollte; im Unterkieferseitenzahnbereich sollte es eine conditio sine qua non werden. Langfristig dürfte zu erwarten sein, dass auch die Versicherer wie bereits in anderen Ländern eine 3-D-Planung bei implantologischen Versorgungen voraussetzen. Für die Schnelligkeit ist auch die Programmgestaltung mitverantwortlich. Ausgangspunkt ist jeweils das gewohnte Panoramabild, aus dem man mittels eines Fensters die gewünschten Regionen herausfiltert. Die Darstellung des N. alv. inf. und die virtuelle Implantation entsprechen den bekannten Vorgehensweisen, sind aber hier besonders einfach anzuwenden. Die Anwendung

„Implantat ausgerichtet“ erlaubt dann eine nochmals exaktere Darstellung der Implantatposition in allen Dimensionen. Wünscht man die Herstellung einer Bohrschablone, so ist neben dem regelmäßig zu empfehlenden prothetischen Setup eine Schablone mit Markierungskugeln erforderlich, ähnlich den Markierungen anderer Planungssysteme. Dies ist in der Logistik zu bedenken. Will man zunächst diesen Aufwand vermeiden oder ergibt sich erst zu einem späteren Zeitpunkt die Entscheidung zu einer Implantation, so bleiben nur die Möglichkeiten, entweder die Aufnahme nochmals mit einer Schablone durchzu-

führen oder die Daten in das simplant-Programm zu konvertieren. Dieses ist meines Wissens das einzige derzeit auf dem Markt befindliche Programm, welches keine Messschablone benötigt und das außerdem im Programm die Möglichkeit bietet, virtuell ein prothetisches Setup zu erstellen. Mehr und mehr sind es die Patienten, die nach diesen Verfahren fragen, da sie sich im Internet oder Fernsehen informiert haben. Sie schätzen dabei insbesondere die Sicherheit und den Komfort eines geringeren chirurgischen Aufwandes.

Der Export von Daten in andere Planungsprogramme über die DICOM-Schnittstelle erfordert für jedes der Programme spezielles Know-how. Bedauerlicherweise nimmt die Zahl der auf dem Markt befindlichen Programme derzeit noch zu. Der Planungsablauf funktioniert dennoch jeweils nach einem ähnlichen Grundprinzip. Bei der Einführung des Galileos-Geräts bestand die erste Aufgabe darin, die einzelnen Exportwege zu definieren. Beispielhaft seien hier simplant und med3D genannt, die mit den früheren Volumetomografen relativ ungenaue Bilder lieferten. Die jetzt gewonnenen Bilder sind den CT-Daten mindestens ebenbürtig und können gleichermaßen genutzt werden (Abb. 6). Bei allen Programmen und Planungswegen gibt es Hürden, die Zeit und Geld kosten. Dies zusammen und die Tatsache, dass es keine offiziellen Empfehlungen zum honorargerechten Umgang mit diesen Leistungen gibt, hat dazu geführt, dass immer mehr Dentallabore in diese Lücke gesprungen sind, sich dieses Themas angenommen und den Zahnärzten die Implantatplanung mehr oder weniger abgenommen haben. Diese Entwicklung, die den Zahnarzt die Im-

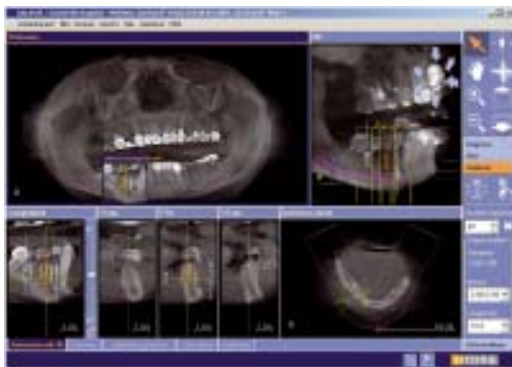


Abb. 5a: Screenshot Galileos-Planungsbildschirm.

Welche 3-D-Leistungen kann der Zahnarzt in seiner Praxis/ mit seinem Labor einbringen?

Ärztliche Leistungen

- Bildauswertungen
- Spezialdiagnostik
- 3-D-Planung
- Planung von Implantatpositionen
- Anwendung der Bohrschablone bei der OP

Laborleistungen

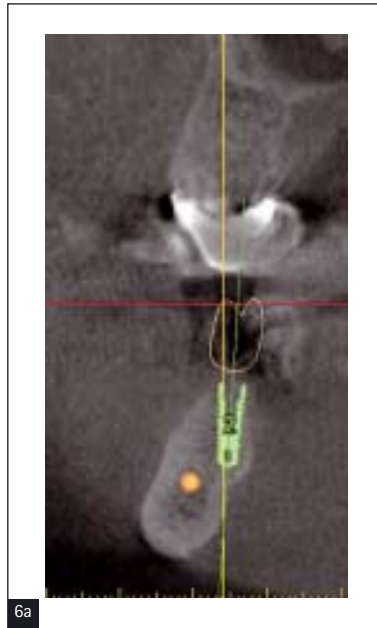
- Planungs-Setup
- Röntgen-Setup
- Markierungs-Setup
- Bohrschablone



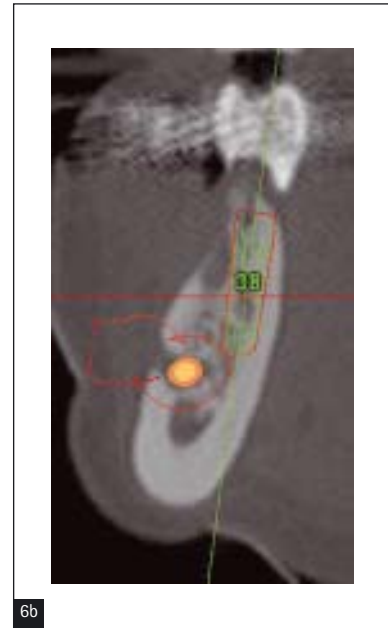
5b



5c



6a



6b

Abb. 5b: siCAT-Bohrschablone. – Abb. 5c: Operationsergebnis. – Abb. 6a: Screenshot aus simplant-Planung auf Galileos-Daten. – Abb. 6b: Screenshot Spiral-CT-Daten. Die Galileos-Daten zeigen nach Konvertierung eine bessere Feinzeichnung (derselbe Patient wie Abb. 5).

plantatplanung nur noch abnicken lässt, könnte durch die einfachere Durchführung und einfachere Integration in den Praxisablauf wieder mehr in die Hände des Zahnarztes zurückkehren. Nebenstehendes Schema zeigt die möglichen 3-D-Leistungen in der Praxis.

Einfache Integration

Die leicht mögliche Integration der Galileos-Daten in ein bestehendes Praxisnetz ist ein wichtiger Punkt bei der Beurteilung der Praktikabilität. Auch wenn man die Daten eines an anderer Stelle stehenden Gerätes nutzt wie wir, sind diese leicht in das System integrierbar, seien es nun nur 2-D-Teilaufnahmen oder der ganze 3-D-Datensatz zur weiteren Verwendung. Wenn wie in unserem Fall ein Galileos-Gerät gemeinsam von mehreren genutzt wird, ist auch der Datentransport wichtig. Dieser erfolgt derzeit problemlos über CDs. Die Möglichkeit, Daten über einen FTP-Server zu

senden, wurde erprobt und dürfte in der Zukunft eine größere Rolle spielen. Die Zunahme implantologischer Leistungen führt zwangsläufig zur Zunahme der Implantatdiagnostik. Immer häufiger gilt es lange inkorporierte Implantate oder implantologische Misserfolge zu beurteilen. Durch die geringe Streustrahlung ist das Galileos hier im Vorteil, da es auch kleine Veränderungen unmittelbar am metallischen Implantat häufiger als früher erkennen lässt. Wie unzureichend die Erfolgsbeurteilung von Implantaten in 2-D-Bildern ist, wird nach und nach durch den zunehmenden Vergleich mit 3-D-Bildern klar. Das häufigere Lesen der 3-D-Bilder lehrt wie variantenreich die Anatomie ist. So sieht man zum Beispiel nicht selten Perforationen der Implantatspitzen in den Mundboden im Bereich der Crista mylohyoidea, ohne dass dies zwar immer als Misserfolg zu werten aber doch vermutlich unbeabsichtigt war.

Fazit

Resümierend ist festzustellen, dass das 3-D-Röntgen heute einen Entwicklungsstand erreicht hat, der einen deutlichen diagnostischen Fortschritt darstellt und geeignet ist, in allen Fachgebieten der Zahnmedizin genutzt zu werden. In der Implantologie sollte auf 3-D-Diagnostik – soweit verfügbar – heute nicht mehr verzichtet werden. Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie sollten rasch untersucht und für den Praxisalltag gangbar gemacht werden.

Ein Literaturverzeichnis kann in der Redaktion angefordert werden.

autor.

Dr. med. Dr. med. dent. Peter A. Ehrl

Zahnärzte am Spreebogen
und preDent, Berlin
E-Mail: ehrl@denthhouse.com
www.preDent.de