

# 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.

**E**s 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

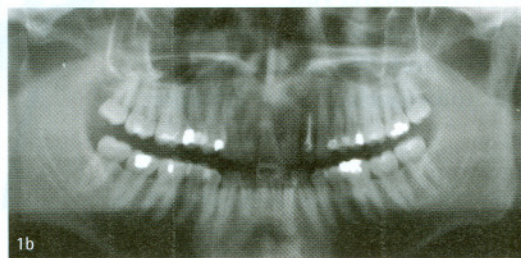
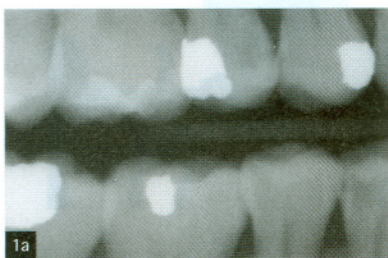


Abb. 1a: Digitale 2-D-Bissflügel- und Radiotransluzenz-Aufnahmen, kariöse Transluzenzen sind bei 15m, 14d, 44d eindeutig zu erkennen. – Abb. 1b: 2-D-Panoramaschichtaufnahme, kariöse Transluzenzen sind kaum zu erkennen.



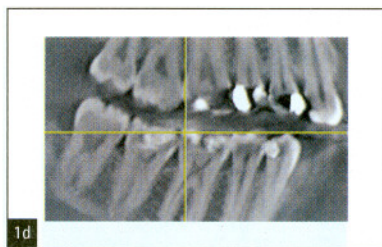


Abb. 1c: 3-D-Panoramascicht, die höhere Auflösung ist deutlich zu erkennen. – Abb. 1d: Einzelaufnahmen aus 3-D-Scan, es sind zusätzliche kariöse Transluzenzen bei 45m, 46d und 47m zu erkennen. Die Beurteilung um metallische Restaurationen ist problematisch.

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 frühzeitiger 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

ANZEIGE

degré K

Die Meister des

Lichtes

www.dogrek.com

Behandlungskomfort und -sicherheit



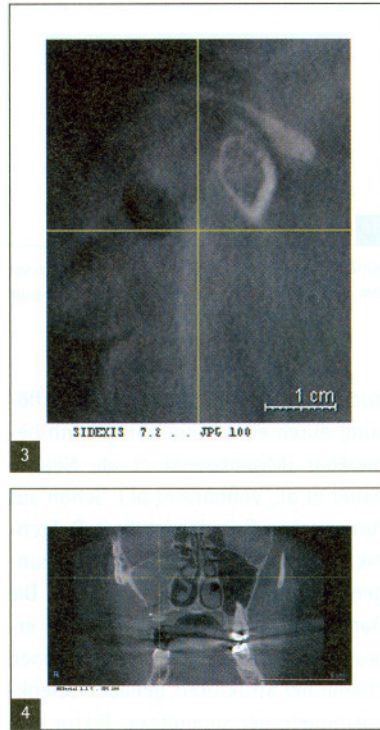
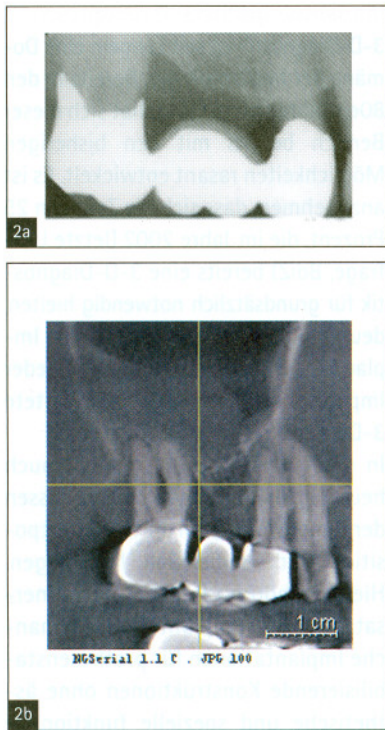


Abb. 2a: Digitale 2-D-Aufnahmen. – Abb. 2b: 3-D-Teilaufnahmen, der interradiäre und der auf die mesiobukale Wurzel bezogene Befund in der Nebenhöhle wird deutlich, die kritischere Situation um 12 wird eindeutig. – Abb. 3: 3-D-Teilaufnahme des linken Kiefergelenkes. – Abb. 4: Fremdkörperlokalisierung.

sollte; im Unterkieferseitenzahnbe-  
reich sollte es eine conditio sine qua  
non werden. Langfristig dürfte zu er-  
warten sein, dass auch die Versicherer  
wie bereits in anderen Ländern eine  
3-D-Planung bei implantologischen  
Versorgungen voraussetzen.  
Für die Schnelligkeit ist auch die Pro-  
grammgestaltung mitverantwortlich.  
Ausgangspunkt ist jeweils das ge-  
wohnte Panoramabild, aus dem man  
mittels eines Fensters die gewünschten  
Regionen herausfiltert. Die Darstellung  
des N. alv. inf. und die virtuelle Implan-  
tation entsprechen den bekannten Vor-  
gehensweisen, sind aber hier besonders  
einfach anzuwenden. Die Anwendung

„Implantat ausgerichtet“ erlaubt dann  
eine nochmals exaktere Darstellung der  
Implantatposition in allen Dimensio-  
nen.  
Wünscht man die Herstellung einer  
Bohrschablone, so ist neben dem regel-  
mäßig zu empfehlenden prothetischen  
Setup eine Schablone mit Markierungs-  
kugeln erforderlich, ähnlich den Mar-  
kierungen anderer Planungssysteme.  
Dies ist in der Logistik zu bedenken. Will  
man zunächst diesen Aufwand vermei-  
den oder ergibt sich erst zu einem spä-  
teren Zeitpunkt die Entscheidung zu ei-  
ner Implantation, so bleiben nur die  
Möglichkeiten, entweder die Aufnahme  
nochmals mit einer Schablone durchzu-

führen oder die Daten in das implant-  
Programm zu konvertieren. Dieses ist  
meines Wissens das einzige derzeit auf  
dem Markt befindliche Programm, wel-  
ches keine Messschablone benötigt und  
das außerdem im Programm die Mög-  
lichkeit bietet, virtuell ein prothetisches  
Setup zu erstellen. Mehr und mehr sind  
es die Patienten, die nach diesen Verfah-  
ren fragen, da sie sich im Internet oder  
Fernsehen informiert haben. Sie schät-  
zen dabei insbesondere die Sicherheit  
und den Komfort eines geringeren chi-  
rurgischen Aufwandes.

Der Export von Daten in andere Pla-  
nungsprogramme über die DICOM-  
Schnittstelle erfordert für jedes der Pro-  
gramme spezielles Know-how. Bedauer-  
licherweise nimmt die Zahl der auf dem  
Markt befindlichen Programme derzeit  
noch zu. Der Planungsablauf funk-  
tioniert dennoch jeweils nach einem ähn-  
lichen Grundprinzip. Bei der Einführung  
des Galileos-Geräts bestand die erste  
Aufgabe darin, die einzelnen Export-  
wege zu definieren. Beispielhaft seien  
hier simplant und med3D genannt, die  
mit den früheren Volumentomografen  
relativ ungenaue Bilder lieferten. Die  
jetzt gewonnenen Bilder sind den CT-Da-  
ten mindestens ebenbürtig und können  
gleichermaßen genutzt werden (Abb. 6).  
Bei allen Programmen und Planungs-  
wegen gibt es Hürden, die Zeit und Geld  
kosten. Dies zusammen und die Tatsa-  
che, dass es keine offiziellen Empfeh-  
lungen zum honorargerechten Umgang  
mit diesen Leistungen gibt, hat dazu ge-  
führt, dass immer mehr Dentallabore in  
diese Lücke gesprungen sind, sich dieses  
Themas angenommen und den Zahn-  
ärzten die Implantatplanung mehr oder  
weniger abgenommen haben. Diese  
Entwicklung, die den Zahnarzt die Im-

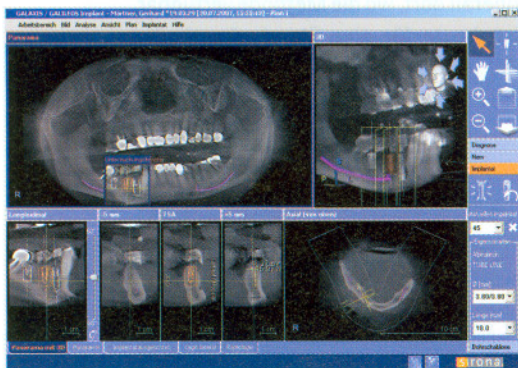


Abb. 5a: Screenshot Galileos-Planungsbildschirm.

### 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



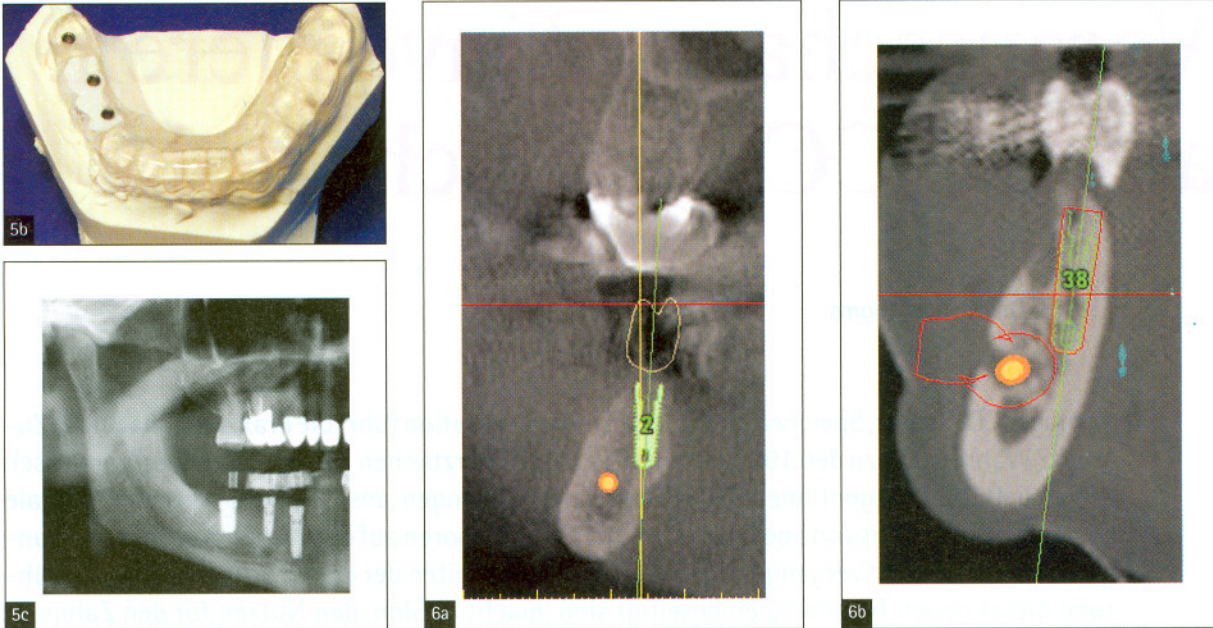


Abb. 5b: siCAT-Bohrschablone. – Abb. 5c: Operationsergebnis. – Abb. 6a: Screenshot aus simplant-Planung auf Galileos-Daten. – Abb. 6b: Screenshot Spiral-CT-Daten. Die Galileos-Daten zeigen nach Konvertierung eine bessere Feinzeichnung (derselbe Patient wie Abb. 5).

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 unbeachtlich 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

## Literatur

1. Brooks, S.L., DDS, MS, Effective Dose of Two Cone-Beam CT Scanners: I-CAT and NewTom 3G, Winter 2005, AADMRT Newsletter
2. Cha, B.K., Choi, J.I., Jost-Brinkmann, P.-G., Jeong, Y.M.: Application of Three-dimensionally Scanned Models in Orthodontics, *Int J Computerized Dentistry* 2007; 10: 41-52
3. Ehrl, P.A.: Standards für digitale 3-D-Reports, *Implantologie Journal* 4/2003, 47
4. Ehrl, P.A.: Präimplantäre Diagnostik, *ZMK* (20) 4/2004, 1-5
5. Frederiksen NL. Health physics. In, White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology: principles and interpretation*, 5th ed. St. Louis: Mosby, 2004. page 54.
6. Gijbels F, Jacobs R, Debaveye D, Verlinden S, Bogaerts R, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part 1: patient exposure. *Dentomaxillofac Radiol* 2005; 34: in press
7. Haak, R., Wicht, M.J., Ritter, L., Kusakis, P., Noack, M.J.: Die Detektion von Approximalkaries mit 3D Cone-Beam Computertomographie
8. ICRP Publication 60. Radiation protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 1991; 21.
9. International Commission on Radiological Protection: 2005 recommendations. Draft for consultation. [http://www.icrp.org/docs/2005\\_recs\\_CONSULTATION\\_Draft.pdf](http://www.icrp.org/docs/2005_recs_CONSULTATION_Draft.pdf)
10. Kasaj, A., Willershausen, B.: Digital Volume Tomography for Diagnostics in Periodontology, *Int J of Computerized Dentistry* 2007; 10: 155-168
11. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofacial Radiology* 2003; 32: 229- 234.
12. Ludlow, J.B., Davies-Ludlow, L.E., Mol, A., Dosimetry of recently introduced CBCT Units for Oral and Maxillofacial Radiology, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, 2007 (script)
13. Mischkowski, R.A., Ritter, L., Neugebauer, J., Dreiseidler, T., Zuendorf, G., Keeve, E., Zöller, J.E.: Experimental and Clinical Evaluation of a Newly Developed Cone Beam Device for Maxillofacial Imaging, CARS 2006, Computer Assisted Radiology and Surgery, 20<sup>th</sup> Int Congress and Exhibition, June 28- July 1, 2006, Osaka, Japan
14. Neugebauer, J., Shirani, R., Mischkowski, R.A., Ritter, L., Keeve, E., Zöller, J.E.: Comparison of 2 and 3-dimensional Imaging for the Diagnosis of the Alveolar Nerve Position for the Osteotomy of Third Molar, CARS 2006, Computer Assisted Radiology and Surgery, 20<sup>th</sup> Int Congress and Exhibition, June 28- July 1, 2006, Osaka, Japan
15. Neugebauer, J., Ritter, L., Mischkowski, R.A., Zöller, J.E.: Three-dimensional Diagnostics, Planning and Implementation in Implantology, *Int J of Computerized Dentistry* 2006; 9: 307-319.
16. Ritter, L., Dreiseidler, T., Neugebauer, J., Mischkowski, R.A., Keeve, E., Zöller, J.E.: Influence of the Diagnostic Value of 3D Cone-Beam Tomograms, 5<sup>th</sup> Europerio, Madrid, 29.06.-01.07.2006
17. Saffar, M., Neugebauer, J., Ritter, L., Zöller, J.E., Braumann, B.: Application of a new three-dimensional X-ray system in orthodontic diagnosis, SP5-125, Departments of Orthodontics and 2Oral & Cranio-Maxillo-Facial Surgery, University of Cologne, and Center of Advanced European Studies and Research, Bonn, Germany
18. Saffar, M., Ritter, L., Keeve, E., Zöller, J.E., Braumann, B.: Evaluation von Resorptionen durch verlagerte obere Eckzähne mit einem neuen 3D Röntgengerät, 79. Jt. der DGKFO, 6.-10.09.2006, Nürnberg