Dosisaspekte und rechtfertigende Indikationen in der 3-D-Radiologie

Autoren_Priv.-Doz. Dr. Margrit-Ann Geibel, Immanuel Holzinger

_Einführung

Die Begeisterung der Zahnärzte für die 3-D-Technik wächst stetig. Das liegt vor allem an der Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten durch die Beurteilung der Z-Achse. Die räumliche Darstellung ermöglicht Einblicke in die dritte Dimension. Damit wächst auch die Zahl der radiologischen DVT-Untersuchungen. Das führt sicherlich zu einer besseren Therapie für den Patienten. Leider ist damit aber auch eine erhöhte Strahlenbelastung für den Patienten verbunden. Dies muss mit dem Grundsatz des § 23 der Röntgenverordnung abgewogen werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Patientendosis und der Strahlenbelastung, die durch die digitale Volumentomografie entsteht, und gibt Hinweis auf derzeitige Indikationen für die Anfertigung einer DVT-Aufnahme.

Über 30 verschiedene DVT-Geräte unterschiedlicher Hersteller sind auf dem Markt. Sie unterscheiden sich in ihrer Bauart und auch der Patientenpositionierung. Die Patientenpositionierung variiert zwischen liegend, sitzend und stehend. Grundsätzlich sollte wegen der Gefahr von möglichen Bewegungsartefakten der sitzenden Position vor der liegenden Position den Vorzug gegeben werden (Abb.1).

Zur Erfassung der eigentlichen Summationsaufnahmen stehen zwei Techniken zur Verfügung: die eine bedient sich eines Charge-Coupled-Device (CCD) Sensors mit daran gekoppeltem Bildverstärker, die andere basiert auf der Verwendung eines Flatpaneldetectors (FPD). Softwareseitig unterscheiden sich die DVT-Geräte vorwiegend in den zur Anwendung gebrachten Rekonstruktionsalgorithmen und der geräteeigenen Software zur Bildbetrachtung mit unterschiedlichen Funktionalitäten. Weiterhin kann man die Geräte als reines DVT-Gerät oder als Kombinationsgerät aufteilen. Letzteres kann aus einem echten Panoramaschichtaufnahme-Gerät, zum Teil mit Fernröntgenseitenaufnahme (FRS-)Modus, in Kombination mit einem DVT bestehen.

„Die rechtfertigende Indikation erfordert die Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung am Menschen gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt. Andere Verfahren mit vergleichbarem gesundheitlichem Nutzen, die mit keiner oder einer geringeren Strahlenexposition verbunden sind, sind bei der Abwägung zu berücksichtigen. Eine rechtfertigende Indikation nach Satz 1 ist auch dann zu stellen, wenn die Anforderung eines überweisenden Arztes vorliegt (RöV § 23)."



Abb.1_Der sitzenden Position ist Vorzug zu geben, 3D eXam/KaVo.

_Strahlenbelastung in der dentalen Röntgenologie

Die Strahlenbelastung in der dentalen Röntgenologie ist, abhängig von der gewählten Röntgentechnik, unterschiedlich. „Das von der ICRP eingeführte Verfahren zur Bewertung der effektiven Dosis besteht darin, die Energiedosis als physikalische Basisgröße zu verwenden, sie über festgelegte Körperorgane und Gewebe zu mitteln und passende Wichtungsfaktoren zu verwenden, um bei der Angabe der Organdosis den Unterschieden in der biologischen Wirksamkeit verschiedener Strahlungsarten Rechnung zu tragen und um Unterschiede in den Empfindlichkeiten verschiedener Organe und Gewebe in Bezug auf stochastische gesundheitliche Schäden zu berücksichtigen (ICRP 103)."

_Energiedosis

Die Energiedosis *D* ist eine physikalische Größe und gibt die mittlere von einer Strahlenquelle abgegebene und einem Absorber aufgenommene Energie an. Ihre Einheit ist das Gray (1 Gray = 1 Joule/kg).

_Äquivalentdosis

$$H = Q \times D$$

Die Äquivalentdosis *H* ist das Produkt aus dem Qualitätsfaktor *Q* und der Energiedosis *D*. Ihre Einheit ist das Sievert (Sv). Der Qualitätsfaktor spiegelt die relative biologische Wirksamkeit der jeweiligen Strahlung wider. In der Medizin werden Röntgenstrahlen verwendet, hier wird der Qualitätsfaktor *Q* = 1 gesetzt.

_Organdosis

Die Organdosis $H_{T,R}$ ist das Produkt aus dem Strahlungswichtungsfaktor w_R (bei der Röntgenstrahlung = 1) und der Energiedosis $D_{T,R}$, welche die durch eine Strahlungsart *R* hervorgerufene und in einem Organ oder Körperteil absorbierte Energie widerspiegelt.

$$H_{T,R} = w_R \times D_{T,R}$$

Diese Organdosis (spezielle Äquivalentdosis) wird nun mit organspezifischen Wichtungsfaktoren w_T multipliziert und ergibt die effektive Dosis.

_Effektive Dosis

$$E = \sum_T w_T \times H_T$$

Dies effektive Dosis *E* ist durch eine gewichtete Summe von Organdosen definiert und ist ein Maß für Strahlenexposition des Menschen, welche auch die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Organe gegenüber Strahlung mit einbezieht. Durch die Möglichkeit der Berechnung der effektiven Dosis lassen sich somit Angaben zu Maß und damit zu Risiko von Röntgenstrahlenbelastung eines Patienten machen und damit einschätzen und vergleichen. Die Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T werden von der Internationalen Strahlenschutzkommision (ICRP) festgelegt (Tab. 1).

_Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der BRD

Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung der BRD liegt nach Berechnung des Bundesamts für Strahlenschutz für das Jahr 2009 bei durchschnittlich 3,9 mSv. Sie setzt sich aus der natürlichen Strahlenexposition und der zivilisatorischen Strahlenexposition zusammen.

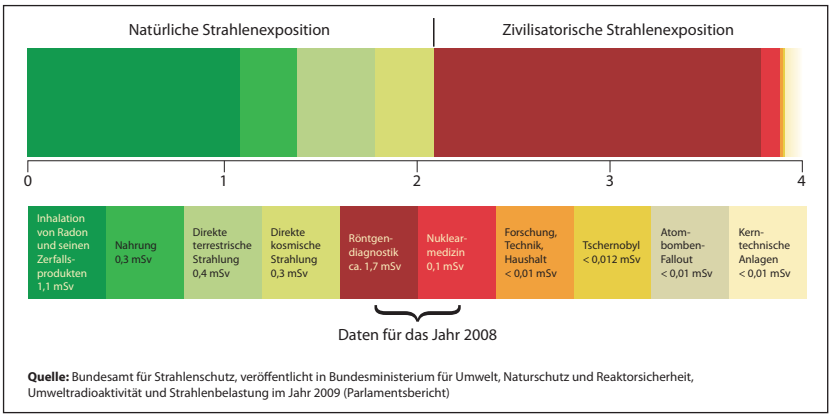
Organe und Gewebe	ICRP (1977)	ICRP 60 (1991)	ICRP 103 (2007)
Keimdrüsen	0,25	0,2	0,08
rotes Knochenmark	0,12	0,12	0,12
Dickdarm	nicht definiert	0,12	0,12
Lunge	0,12	0,12	0,12
Magen	nicht definiert	0,12	0,12
Blase	nicht definiert	0,05	0,04
Brust	0,15	0,05	0,12
Leber	nicht definiert	0,05	0,12
Speiseröhre	nicht definiert	0,05	0,04
Haut	nicht definiert	0,01	0,01
Knochenoberfläche	0,03	0,01	0,01
Speicheldrüse	nicht definiert	nicht definiert	0,01
Gehirn	nicht definiert	nicht definiert	0,01
übrige Organe u. Gewebe	0,3	0,05	0,12
Schilddrüse	0,03	0,05	0,04
Summe	1	1	1

Tab. 1

Die natürliche Strahlenexposition besteht aus kosmischer Strahlung und natürlich vorkommenden natürlichen Radionukliden. Die jährliche durchschnittliche effektive Dosis liegt bei ca. 2,1 mSv (BfS, 2009).
Die zivilisatorische Strahlenexposition beträgt ca. 1,8 mSv und besteht hauptsächlich aus der Röntgen-Diagnostik (Grafik 1).

_Der prozentuale Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten

Da die Röntgendiagnostik in der mittleren effektiven Jahresdosis den größten Anteil einnimmt, sollte man dieses Ergebnis aufschlüsseln. Die Häufigkeit der Aufnahmen wird von der Zahnmedizin (37 %) und den Skelettaufnahmen (32 %) dominiert, wobei die effektive Dosis hauptsächlich von CT-Aufnahmen (60 %) verursacht wird und die Zahnmedizin einen kleinen Teil von nur 0,3 % einnimmt. Die Zuordnung der DVT-Untersuchungen ist nicht eindeutig geklärt (Grafik 2).



Grafik 1_Mittlere effektive Jahresdosis durch ionisierende Strahlung im Jahr 2009 (gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands).

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, veröffentlicht in Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2009 (Parlamentsbericht)

Dies liegt daran, dass im Teilgebiet der Zahnmedizin es keine Möglichkeit gibt, die DVT über die KZBV abzurechnen, da es keine entsprechende Ziffer gibt. Ebenso existiert keine Ziffer beim EBM, wobei davon auszugehen ist, dass die DVT über die EBM-Ziffer für CT Kopfbereich und CT Neurocranium bei der KBV abgerechnet wird. Nach der Einschätzung des Bundesamtes für Strahlenschutz dürfte die DVT privat über die GOÄ/GOZ über eine Analogziffer (GOÄ 5370: Computergesteuerte Tomografie im Kopfbereich) abgerechnet werden. Somit sind die DVTs in der Häufigkeits- und Dosisabschätzung nur zum Teil berücksichtigt und es ist derzeit nicht möglich, den Status quo und die Entwicklung über mehrere Jahre zu dokumentieren und zu analysieren.
Es gilt bei jeder Röntgenuntersuchung das ALARA-(As low as reasonably achievable-)Prinzip. Bei jeder Aufnahme sollte mit möglichst geringer Strahlenbelastung für Patient und Personal versucht werden, das Optimum an Qualität des DVTs zu erreichen. Aufgrund der relativ jungen Diagnostikmethode der DVT ist die Datenlage mit hohem Evidenz-Grad eher gering. Der Einsatz des DVT gegenüber strahlenärmeren zweidimensionalen bildgebenden Verfahren muss also wohl überdacht sein.

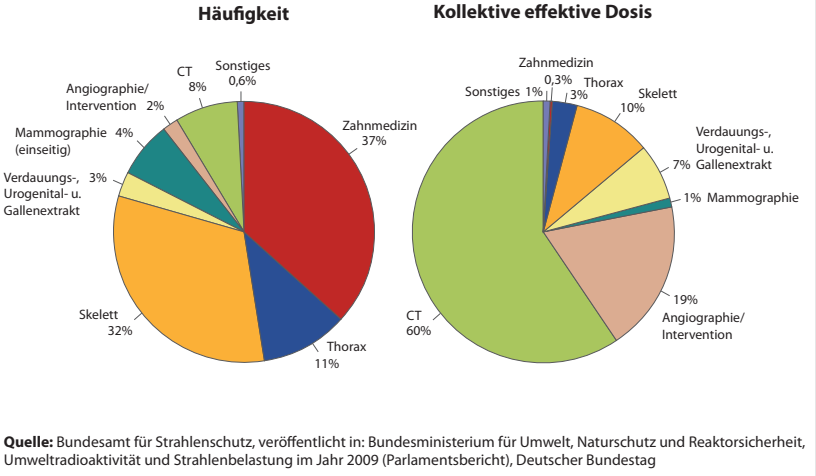
_Strahlenbelastung der einzelnen dentalen Röntgentechniken

Jede Röntgentechnik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde hat durch ihre unterschiedliche Größe der Belichtungsfläche, ihrer Strahlenintensität und ihres Anwendungsgebietes eine unterschiedliche effektive Dosis.

Der Zahnfilm

Der intraorale Zahnfilm hat eine effektive Strahlendosis von 4–8 µSv (Okano et al. 2009). In einer anderen Studie galt für den analogen Zahnfilm 5,5 µSv und den digitalen Zahnfilm 2,9 µSv (Kiefer et al. 2004). Diese Werte sind je nach Hersteller der Röntgengeräte und verwendeten Aufnahmetechnik schwankend.

Grafik 2_Prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2008.



Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, veröffentlicht in: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2009 (Parlamentsbericht), Deutscher Bundestag

Die Panoramaschichtaufnahme

Die Angaben zur effektiven Strahlendosis bei der Panoramaschichtaufnahme sind je nach Studie und Hersteller der Geräte unterschiedlich. Wobei tendenziell gesagt werden kann, dass digitale Verfahren mit weniger Strahlenbelastung einhergehen.

Studie	Analoge Technik	Digitale Technik
Visser et al. 2000	16–21 µSv	5–14 µSv
Gijbels et al. 2005		4,7–14,9 µSv
Kiefer et al. 2004	54 µSv	45 µSv

DVT

Die DVT hat im Vergleich zur herkömmlichen Computertomografie eine deutlich geringere Strahlenbelastung für den Patienten (Ludlow und Ivanovic 2008, Chau und Fung 2009, Loubele et al. 2009, Suomalainen et al. 2009).
Jedoch sind die Dosiswerte bei den verschiedenen Herstellern der DVT-Geräte sehr unterschiedlich (Ludlow et al. 2006, Ludlow et Ivanovic 2008). Es besteht ein Mittelwert von 221 ± 275 µSv effektive Dosis (Loubele M et al. 2008, Ludlow et Ivanovic 2008).

CT (MSCT)

Die mittlere effektive Dosis der CT in verschiedenen Größe im Kopfbereich liegt nach ICRP 2007 bei 847 ± 313 µSv (Ludlow und Ivanovic 2008, Loubele et al. 2009). Damit ist die DVT der CT in der effektiven Strahlendosis für einen Patienten überlegen (Suomalainen 2010).
In Deutschland wurde am 6. April 2009 von der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) eine Leitlinie veröffentlicht. Diese S1-Empfehlung „DVT" beschäftigt sich mit den Indikationen, die zur damaligen Datenlage empfohlen werden konnten. Die S1-Leitlinie gliedert sich in Einleitung und Einteilung der Indikationen nach Fachgebieten.
Im Bereich der Konservierenden Zahnheilkunde muss festgestellt werden, dass ein DVT für die Kariesdiagnostik, insbesondere von approximalen Läsionen, kaum geeignet ist. Es sind aber bei folgenden Fachgebieten Indikationsfelder erkennbar.

In der Endodontie:

- _apikale Veränderungen bei Vorliegen klinischer Auffälligkeiten, wenn diese auf zweidimensionalen Aufnahmen nicht detektierbar bzw. räumlich korrelierbar sind (Abb. 2)
- _Wurzelfrakturen, da diese aus rein mathematischen Gründen sicherer identifiziert werden als mit zweidimensionalen Aufnahmen
- _Wurzelresorptionen, z.B. nach Zahntraumata

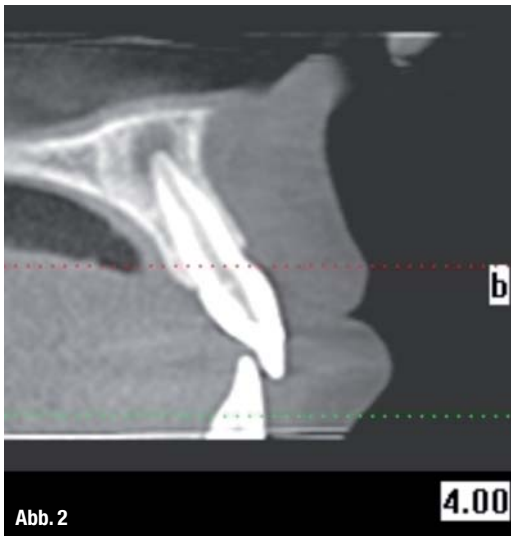


Abb. 2

Abb. 2_Apikale Osteolyse 22, 3D eXam/KaVo.

In der Parodontologie:

_ Visualisierung der knöchernen Parodontalsituation, da die dreidimensionale parodontale Morphologie gut abgebildet wird

Im Bereich der Zahnärztlichen Prothetik sind die folgenden **Indikationsgebiete für die zahnärztliche Prothetik** erkennbar, bei denen eine DVT-Untersuchung erfolgen kann:

_ Zusätzliche Informationen zur Diagnostik der Pfeilerwertigkeit
_ Visualisierung des quantitativen und qualitativen Knochenangebotes (implantatgestützter Zahnersatz, herausnehmbare Prothetik)
_ Darstellung von Nervenaustrittspunkten (implantatgestützter Zahnersatz, herausnehmbare Prothetik)
_ Diagnostik von knöchernen Erkrankungen des Kiefergelenks
_ Virtuelle Planung von implantatprothetischen Versorgungen
_ Verknüpfung der 3-D-Daten mit der Konstruktions-Software von CAD/CAM-Systemen

In der chirurgischen Zahnheilkunde zeichnen sich zusätzlich folgende Einsatzmöglichkeiten ab:

_ Wurzelfrakturen

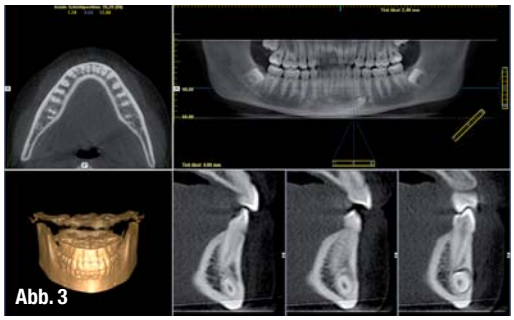

Abb. 3

Abb. 3_Lageanomalie 33, retinierte Zähne 33 und 38, 3D eXam/KaVo.

ANZEIGE

Carestream DENTAL

Die richtige Diagnoselösung für jede Praxis



CS 1600
Karieserkennung im Handumdrehen

Kodak RVG 6500 System
Der beste Wi-Fi-Sensor der Branche

CS 7600
Innovative Scan & Go-Technologie
für einen einfachen Workflow

5 JAHRE GARANTIE KAUFEN !

Für weitere Informationen
kontaktieren Sie unsere
Handelspartner oder
Tel.: +49 (0)711 20707306
E-Mail: europedental@carestream.com
Internet: www.carestreamdental.com

© Carestream Health, Inc. 2012.
Das Markenzeichen und die Handelsaufmachung
von Kodak werden unter Lizenz von Kodak genutzt.

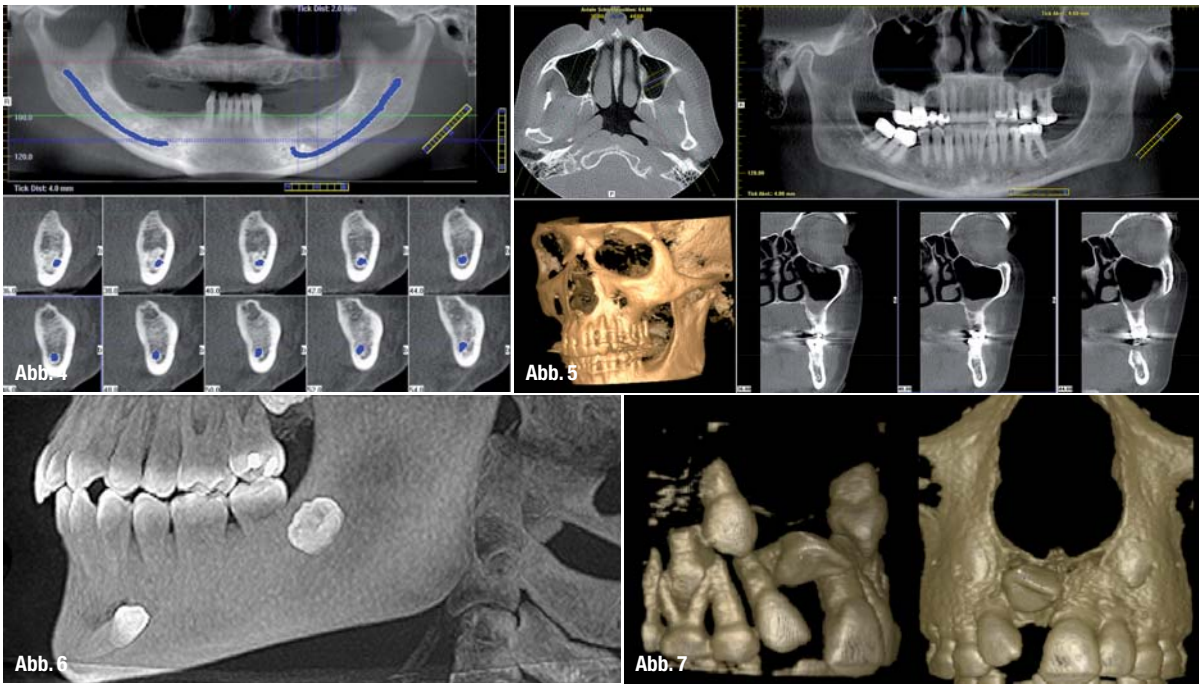


Abb. 4_Nervkanalanzeichnung im Rahmen der Implantatplanung, 3D eXam/KaVo.
Abb. 5_V.a. Mucozele Regio 26, 3D eXam/KaVo.
Abb. 6_FRS-Ansicht. Retinierte Zähne 33 und 38, 3D eXam/KaVo.
Abb. 7_KFO-Retention, 3DVR-Modus Bildansichten, 3D eXam/KaVo.

_ Alveolarfortsatzfrakturen
_ Intraossäre pathologische Veänderungen wie odontogene Tumoren oder größere periapikale knöcherne Läsionen
_ Lageanomalien von Zähnen (Abb. 3)
_ Präoperative Schnittbilddiagnostik bei der geplanten operativen Entfernung von (teil-)retinierten Weisheitszähnen. Es wird aber zusätzlich erwähnt, dass aufgrund des geringen Effekts, bezogen auf den therapeutischen Nutzen, auf einen routinemäßigen Einsatz vor der Weisheitszahnentfernung verzichtet werden sollte.

Im Bereich der Implantologie kam die DGZMK zum Schluss, dass eine computergestützte Planung auf der Basis dreidimensionaler Röntgenverfahren mithilfe der DVT durchgeführt werden sollte. Jedoch da, bedingt durch die hohe Absorption eines Titanimplantates, im weiteren Strahlengang Aufhärtungsartefakte entstehen, ist die Evaluation der unmittelbaren periimplantären Region sowie der Region zwischen Impantaten in Strahlengangrichtung nur sehr eingeschränkt möglich (Abb. 4).
Angelehnt an die Stellungnahme der DGMKG bieten sich in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie zusätzlich zu den Indikationen der zahnärztlichen Chirurgie noch folgende Indikationsgebiete:
_ Odontogene Tumoren
_ Knochenpathologie und Strukturanomalien insbesondere bei Ostitis, Osteomyelitis und Osteoporose
_ Kieferhöhlenerkrankungen
_ Speichelsteine
_ (knöcherne) Kiefergelenkerkrankungen
_ Kiefer- und Gesichtstraumatologie
_ Darstellung des räumlichen Verlaufes intraossärer Strukturen
_ Diagnostik und Operationsplanung bei komplexen Fehlbildungen (Abb. 5)

Im Bereich der Kieferorthopädie ist die DGZMK zu dem Schluss gekommen, dass durch die DVT-Untersuchung eine deutliche Erhöhung der Strahlenexposition der jungen Patienten zu erwarten ist und eine ausreichende Evidenz für einen erhöhten Nutzen derzeit nicht vorliegt.
Die DGKFO veröffentlichte 2008 eine Stellungnahme und arbeitete folgende kieferorthopädische Indikationen heraus, bei denen eine DVT-basierte Diagnostik sinnvoll sein kann (Abb. 6):
_ Diagnostik von Anomalien des Zahnbestandes,
_ Diagnostik von Anomalien und Dysplasien der Zahnwurzel,
_ Differenzialdiagnostische Bewertung von Zahndurchbruchsstörungen (Abb. 7),
_ Darstellung des peridentalen Knochenangebots zur prognostischen Bewertung geplanter Zahnbewegungen,
_ Diagnostik kraniofazialer Fehlbildungen._

_Kontakt

digital dentistry

Priv.-Doz. Dr. Margrit-Ann Geibel
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Albert-Einstein-Allee 11
89081 Ulm
Tel.: 0731 500-64303
Fax: 0731 500-64302
E-Mail:
margrit-ann.geibel@uniklinik-ulm.de

Autor

Co Partner Deutschland | Offizieller Co Partner der deutschen Olympiamannschaft London 2012 | BEGO

Individuelle Abutments, Stege und verschraubte Brücken für BEGO Semados® Implantate und eine Vielzahl weiterer Implantatsysteme







Thomas Kwiedor
Business Development Manager
BEGO Medical

Individuelle Implantatprothetik von BEGO

Ganz schön einfach und einfach schön!

- Ästhetische, funktionale und wirtschaftliche Versorgung für höchste Ansprüche
- Einteilige und zweiteilige individuelle Abutments aus Zirkon, Wirobond MI+ und Titan – für jeden Fall die passende Lösung
- Spannungsfreier Sitz von gefrästen Stegen
- Ganz einfach über das BEGO Orderportal bestellbar
- Für eine Vielzahl von Implantatsystemen erhältlich
- Weitere Infos unter **www.bego.com**

Miteinander zum Erfolg

BEGO