

Der aktuelle Stand bildgebender Verfahren

Betrachtungen aus Sicht der implantologischen Behandlungsplanung

Ein Beitrag von Prof. Dr. Axel Bumann, München

Durch die Einführung der digitalen Volumentomographie vor circa zehn Jahren in die Zahnheilkunde wurde im Bereich der dentalen Implantologie eine heftige Diskussion entfacht, welche bildgebenden Verfahren in diesem Zusammenhang eingesetzt werden sollten. Häufig propagieren Besitzer von DVT (Digitaler Volumentomograph)-Scannern den Einsatz der Technologie und Nicht-Besitzer avancieren zu Gegnern. Wenn man die meist emotional geführte Diskussion objektiv analysiert, kristallisieren sich zunächst drei unterschiedliche Meinungen heraus:

1. Eine Panoramaschichtaufnahme (PSA) reicht für die Implantatplanung völlig aus.
2. Eine digitale Volumentomographie (DVT) sollte der Standard bei der Behandlungsplanung in der dentalen Implantologie sein.
3. Eine Computertomographie (CT) sollte bei der dreidimensionalen Implantatplanung einem DVT vorgezogen werden.

Der nachfolgende Beitrag soll die anstehenden Fragen beantworten.

Betrachtet man die aktuellen Meinungen historisch, dann war die PSA bei der Planung von Implantaten jahrelang der sogenannte „Standard“. Seit Ende der 1980er Jahre wurde zusätzlich in „schwierigen“ Fällen eine CT in der Behandlungsplanung eingesetzt. Seit einigen Jahren versucht nun die DVT in diese Domänen einzudringen. Somit „kämpft“ die DVT – historisch gesehen – momentan an zwei Fronten. Eine wissenschaftlich orientierte Disziplin wie die Zahnmedizin tut – nicht zuletzt auch im Hinblick auf die weitere zukünftige politische Akzeptanz – gut daran, weniger emotionale und dafür mehr fachlich fundierte wissenschaftliche Diskussionen zu führen. Aus diesen Erkenntnissen heraus ergibt sich gegenwärtig die Frage, ob wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse vorliegen, welche die Argumentation der oben genannten drei Lager unterstützen oder entkräften.

Panoramaschichtaufnahme

„Eine PSA reicht für die Implantatplanung im Normalfall völlig aus, nur in schwierigen Fällen müssen weitergehende Aufnahmen angefertigt werden.“ Dies ist eine sehr weit verbreitete Aussage in der Zahnmedizin. Bei genauer Überlegung stellt sich jedoch die Frage, wie ein Behandler im Einzelfall ohne eine dritte Dimension entscheiden soll, ob ein Fall einfach oder schwierig ist.

Eine konventionelle Panoramaschichtaufnahme verfügt bekanntermaßen wegen der vorhandenen Distorsionen und Vergrößerungsfaktoren nur über eine eingeschränkte Aussagekraft. Die Fehler variieren mit der Größe und Form der knöchernen Strukturen. Darüber hinaus ist die Aussagekraft einer PSA hinsichtlich zahlreicher Parameter sehr eingeschränkt:

1. Die Relation von Weisheitszähnen zum N. alveolaris inferior kann in 34 Prozent der Fälle nicht korrekt beurteilt werden [1].
2. Eine zuverlässige Beurteilung der Kiefergelenke ist aufgrund von 45 Prozent falschen Befunden nicht möglich [2].
3. Palatinal verlagerte Eckzähne können in 37 Prozent der Fälle nicht korrekt beurteilt werden [3].
4. Die Beurteilung der Achsenstellung der Zähne ist absolut unzuverlässig [4,5].
5. Apikale Veränderungen können in Panoramaschichtaufnahmen nicht sicher beurteilt werden, 34 Prozent werden nicht erkannt [6].
6. Endodontologen übersehen in Panoramaschichtaufnahmen in 40 Prozent der Zähne mindestens einen Wurzelkanal [7].

Nach den vorliegenden Untersuchungen sind somit ein Drittel bis die Hälfte aller Panoramaschichtaufnahmen für die zahnärztliche Diagnostik nicht hinreichend aussagekräftig. Damit wird klar, dass der langjährig hochstilisierte „Goldstandard Panoramaschichtaufnahme“ einem „Goldstandard“ nicht annähernd gerecht wird. Im Umkehrschluss könnte man natürlich argumentie-



Abb. 1: Aus einem DVT generierte Panoramaschichtdarstellung eines Patienten mit einer Aplasie des Zahns 35 und einem Odontom regio 33



Abb. 2: Aus einem DVT generierte präimplantologische Panoramaschichtdarstellung einer Patientin mit Mesialinklination 38 und 48 sowie Elongation 16 und 26

ren, dass die Hälfte aller Panoramaschichtaufnahmen für die zweidimensionale Diagnostik verwertbar wäre. Es bleibt aber das praktische Problem, wie der Behandler in der täglichen Praxis differenzieren soll, ob es sich im vorliegenden Fall nun gerade um eine aussagekräftige oder nicht aussagekräftige Panoramaschichtaufnahme handelt.

Digitale Volumentomographie

Die aus einem DVT generierten Panoramaansichten weisen keinerlei Distorsionen und Vergrößerungsfaktoren auf. Außerdem gibt es keine Überlagerungen durch kontralaterale Strukturen oder die Halswirbelsäule (Abb. 1 und 2).

Dass bei einem dreidimensionalen Problem 3D-Informationen hilfreicher sind als 2D-Informationen ist wohl allgemein unstrittig (Abb. 3a bis 4b). Deswegen wird von den Gegnern bei der möglichen Anwendung einer DVT immer eine erhöhte Strahlenbelastung ins Feld geführt. Die effektive Dosis – berechnet nach den ICRP-Gewichtungsfaktoren von 2007 – schwankt zwischen den einzelnen DVT-Geräten beträchtlich, sie liegt zwischen 13 μSv (Mikrosievert) und 1073 μSv . Für Panoramaschichtaufnahmegeräte schwanken die effektiven Dosen nach ICRP 2007 zwischen 10 μSv

und 54 μSv . Daraus folgt konsequenterweise, dass es DVT-Geräte gibt, mit denen man 3D-Aufnahmen anfertigen kann, die die gleiche oder eine niedrigere effektive Dosis erzeugen wie PSA-Geräte.

Unabhängig vom Mehrwert der dreidimensionalen Informationen wäre eine wissenschaftlich akzeptable Strahlenbelastung bei Anwendung der DVT gewährleistet und somit auch dem § 2c der Röntgenverordnung (RöV) Genüge getan. Die wissenschaftliche Diskussion sollte sich also nicht so sehr um die Frage „ob DVT“, sondern vielmehr um die Frage „welches DVT“ drehen.



Abb. 3a: Aus einem DVT generierte präimplantologische Panoramaschichtdarstellung einer Patientin mit fehlendem Zahn 46 sowie Retention und Verlagerung der Zähne 18, 28, 38 und 48. Die exakte Relation der Wurzeln der Zähne 38 und 48 zum N. alveolaris inferior ist in einer Panoramaschichtdarstellung nicht möglich.

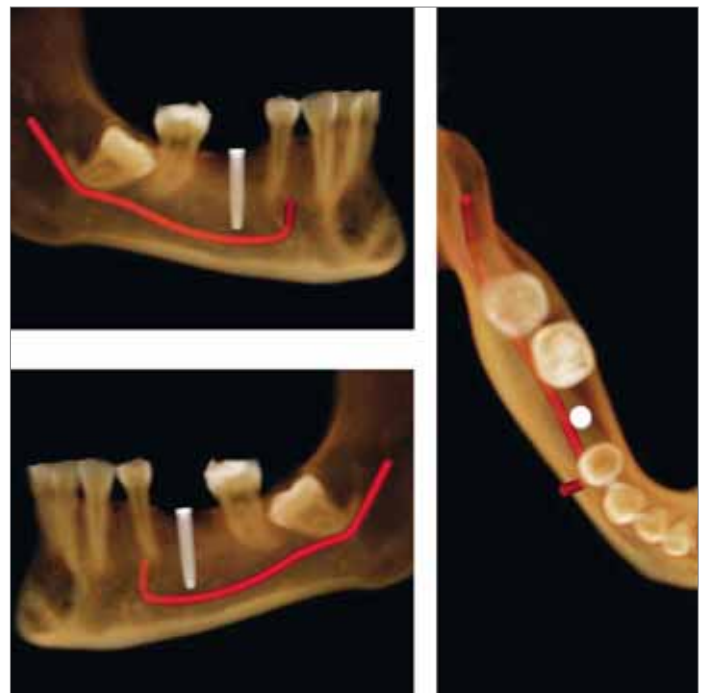


Abb. 3b: Typischer Auszug aus einem Mesantis-Implantatreport zum bildunterstützten Aufklärungsgespräch für den Überweiser und seinen Patienten. 3D-generierte Darstellung der Implantatsimulation regio 46 mit Ansicht von bukkal, lingual und okklusal

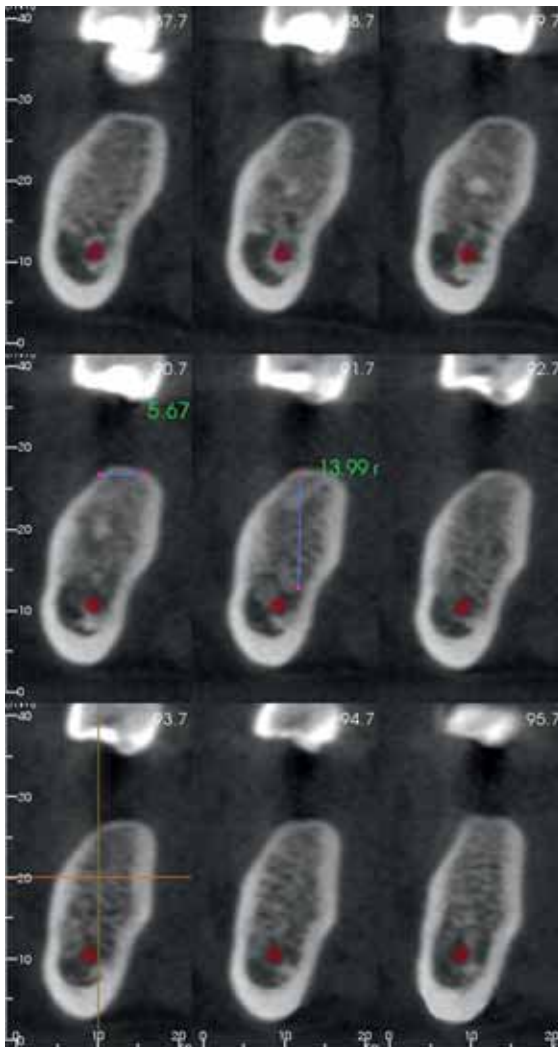


Abb. 3c: Darstellung der regio 46 in transversalen Schichten. Die metrischen Angaben dienen dem Überwieser zur Orientierung und einfacheren Implantatplanung. Ebenso ist die Darstellung des N. alveolaris inferior für den Überwieser sehr hilfreich.

Wendet man die DVT im Rahmen der Implantatplanung an, dient sie im Wesentlichen zur Visualisierung und Vermessung der knöchernen Ausgangssituation sowie zur Visualisierung implantatprothetischer Behandlungsplanungen und zur Knochendichtebestimmung. Im Rahmen der allgemeinen DVT-Bildgebung können verschiedene Techniken zur Implantatplanung eingesetzt werden:

- 3D-Aufnahme ohne Hilfsmittel (Abb. 5 und 6)
- 3D-Aufnahme mit Metallkugel (nicht empfehlenswert)
- 3D-Aufnahme mit Sofortschablone und Titanröhrchen
- 3D-Aufnahme mit tiefgezogener Folie und Titanröhrchen (Abb. 7 bis 9)

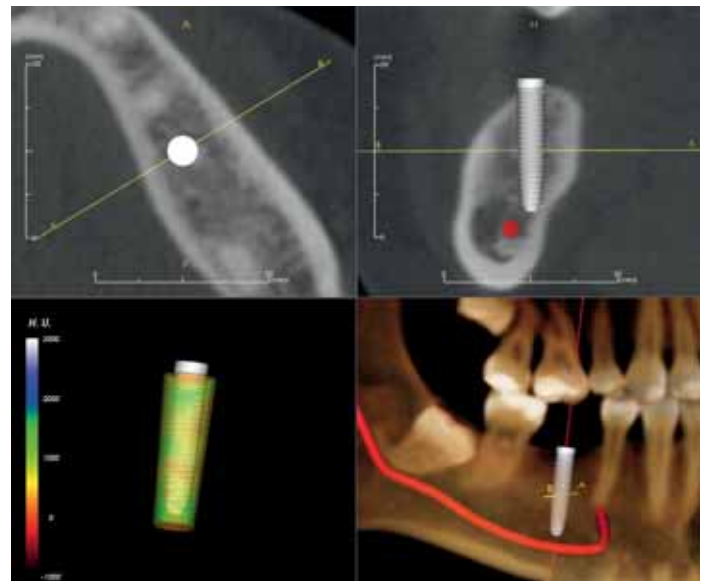


Abb. 3d: Kombinierte Darstellung der regio 46 in der Horizontalebene (oben links), Koronalebene (oben rechts) und im 3D-Rendering (unten rechts) sowie die Darstellung der zu erwartenden Knochendichte in 1 mm Abstand von der Implantatoberfläche (unten links)

- 3D-Aufnahme mit vorbereiteter Schablone (Nobel Biocare, Simplant)
- 3D-Aufnahme mit vorbereiteter Schablone (Med3D/Hafner)
- Schablone und Set-up mit radioopaken Zähnen (Abb. 10)

Durch diese breite Selektion kann das jeweils individuelle Optimum für die Implantatplanung eines Patienten generiert werden.

Computertomographie

„Eine computergestützte Planung auf der Basis dreidimensionaler Röntgenverfahren sollte mithilfe der dentalen Volumentomographie (DVT) durchgeführt werden.“ Dies ist ein Zitat aus der im August 2009 publizierten S1-Empfehlung der DGZMK sowie aller weiteren zahnmedizinischen Fachgesellschaften in Deutschland und konstatiert damit klar den aktuellen Stand der Wissenschaft, was in der Zukunft auch forensische Bedeutung für diejenigen hat, die aus alter Gewohnheit weiterhin die CT im Rahmen der dentalen Implantatplanung einsetzen. Dass die CT wegen der deutlich höheren Strahlenbelastung im Einzelfall eine höhere Detailwiedergabe ermöglicht, mag zwar richtig sein, aber die Dosis könnte man auch bei der DVT zur Verbesserung der Detailwiedergabe erhöhen. Somit entfällt dieses häufig angeführte Argument. Mit sogenann-

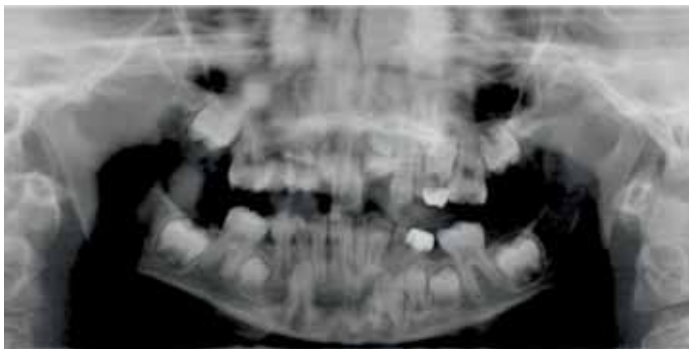


Abb. 4a: Konventionelle Panoramaschichtaufnahme eines Patienten mit unklarem Befund regio 21. Anhand dieser Aufnahme ist keine eindeutige Diagnose möglich.

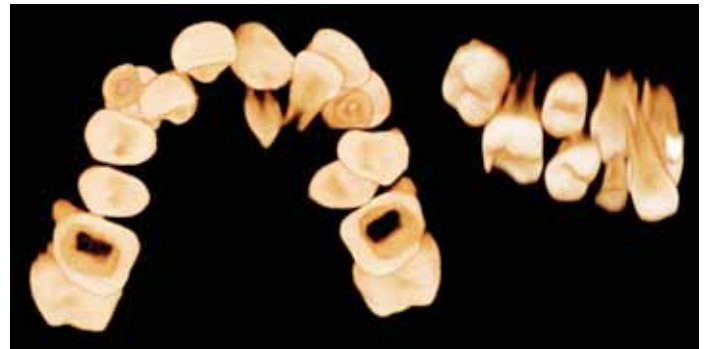


Abb. 4b: Digitale Volumentomographie desselben Patienten wie in Abbildung 4a. In der okklusalen Ansicht (links) sind in regio 21 zwei Mesiodentes zu erkennen. Der Zahn 21 liegt vor dem Zahn 22. Die Zähne 16 und 26 weisen tief kariöse Defekte auf.

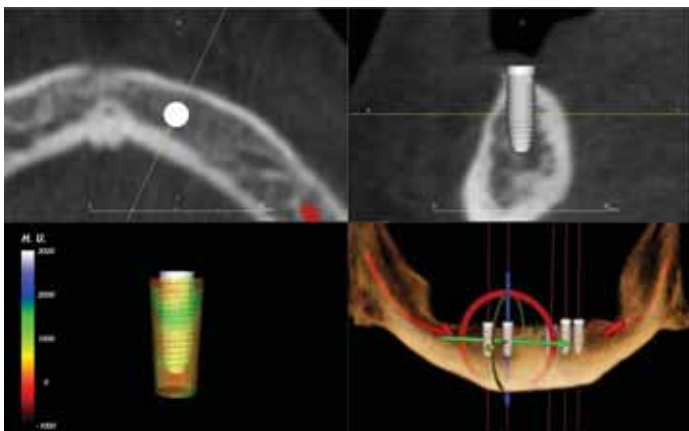


Abb. 5: Typischer Mesantis-Implantatreport. Damit der Überweiser nach Anfertigung der DVT-Aufnahme nicht unnötig viel Zeit mit einer komplizierten Viewersoftware vor dem Computer verbringen muss, erstellt Mesantis dem Überweiser fertig ausgearbeitete Reports im PDF-Format, damit er die Datei selbst mit älteren PCs schnell und einfach kostenlos öffnen kann. Planung in der Axialschicht (oben links), in der Koronalebene (oben rechts), 3D-Ausrichtung der Implantate in der 3D-gereinigten Aufnahme (unten rechts) und Darstellung der zu erwartenden Knochendichte in 1 mm Abstand von der Implantatoberfläche (unten links)

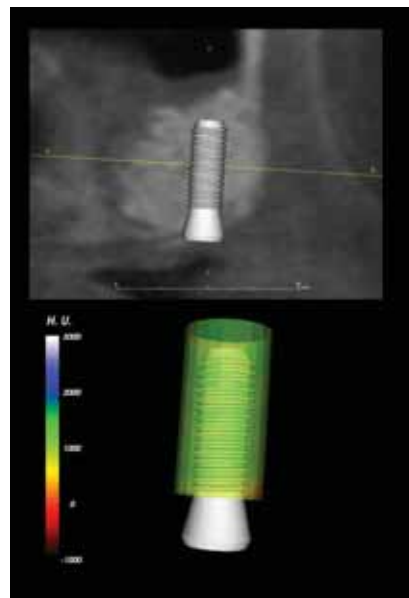


Abb. 6: Simulierte Implantation im Bereich des Oberkiefers nach Sinuslift (oben) mit Darstellung der zu erwartenden Knochendichte in 1 mm Abstand von der Implantatoberfläche (unten)

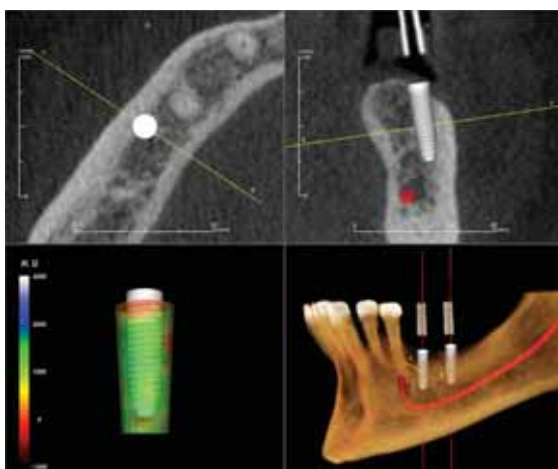


Abb. 7: Aufbereitetes DVT zur Implantatplanung im dritten Quadranten unter Verwendung einer Schablone mit Titanröhrchen. Die simulierten Implantate werden exakt entlang der Längsachse der Röhrchen gesetzt, damit der Überweiser die von ihm gewählte Implantatposition evaluieren kann.



Abb. 8: Aufbereitetes DVT zur Planung von drei Implantaten im dritten Quadranten bei reduziertem vertikalem Knochenangebot unter Verwendung einer Schablone mit Titanröhrchen. Der mesial inklinierte Zahn 38 kann mit einer segmentierten festsitzenden kieferorthopädischen Teilsperre innerhalb von acht Monaten aufgerichtet werden.

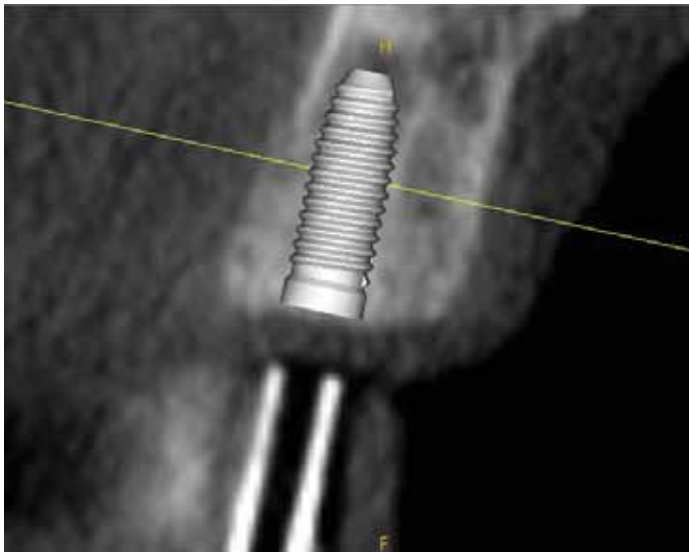


Abb. 9: DVT zur Implantatplanung im Oberkiefer unter Verwendung einer Schablone mit Titanröhrchen

ten „Low-Dose-Protokollen“ lässt sich die effektive Dosis bei Anwendung einer CT zwar signifikant reduzieren, aber vergleichende aktuelle Studien beweisen, dass diese reduzierte Dosis immer noch signifikant über der eines „Low-Dose-DVTs“ liegt.

Kostenübernahme durch Krankenkassen

Krankenkassen zahlen eine Panoramaschichtaufnahme und bei gegebener Indikation auch eine Computertomographie. Bei DVTs gibt es häufig noch langwierige Diskussionen mit Sachbearbeitern und sogenannten medizinischen Beratern. Den Krankenkassen geht es dabei weniger um eine medizinisch fachliche Diskussion, sondern vielmehr um eine prinzipiell ablehnende Haltung zum Nachteil der Patienten. Warum Krankenkassen im gleichen Zusammenhang aber für zahnärztliche und HNO-ärztliche Indikationen strahlenintensive CT-Untersuchungen bezahlen und somit die Behandler auf Drängen des Patienten zu einem Verstoß gegen den § 2c der Röntgenverordnung (es ist stets die Aufnahme mit der geringsten Strahlenbelastung bei gleicher medizinischer Aussage anzufertigen) zwingen, bleibt wohl deren Geheimnis.

Konklusion

Die aktuellen Diskussionen im Bereich der bildgebenden Verfahren für die dentale Implantatplanung sind der allgemeinen gesellschaftspoli-

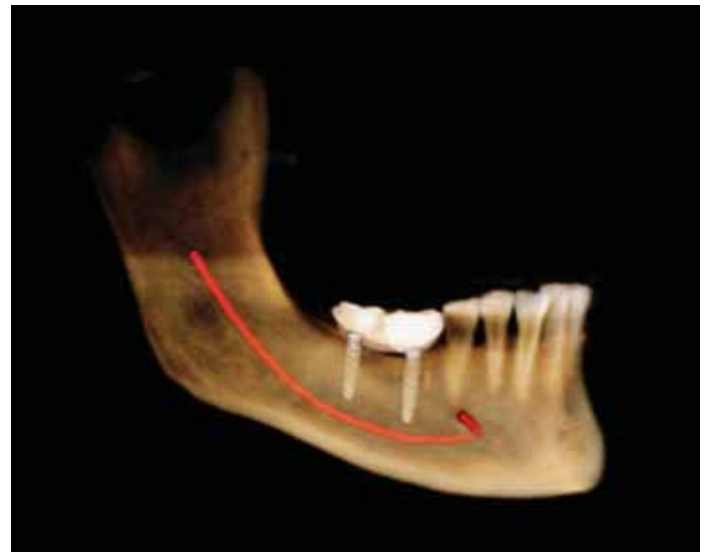


Abb. 10: DVT zur Implantatplanung im vierten Quadranten unter Verwendung einer Schablone mit röntgenopaken Zähnen zur Festlegung der optimalen Implantatposition in Abhängigkeit von der zukünftigen Suprakonstruktion

tischen Lage zum Verwechseln ähnlich. Trotz eindeutiger, wissenschaftlich belegter Vorteile der digitalen Volumentomographie steht Besitzstandswahrung auf allen Ebenen immer noch weit im Vordergrund, auch wenn letztendlich der Patient bei mangelndem Fortschritt der Leidtragende ist.

Andererseits darf nicht vergessen werden, dass beim Betrieb eines DVT für eine Break-Even-Kalkulation, bei Berücksichtigung sämtlicher direkter und zusätzlicher Kosten, vier bis sechs DVT-Aufnahmen pro Tag (bei 240 Tagen im Jahr) erforderlich sind. Erst danach beginnt die Gewinnzone. Damit ist ein DVT-Gerät für eine Einzelpraxis bestenfalls als „kostspieliges Hobby“ zu betrachten, das durch andere Umsätze subventioniert werden muss.

Genau aus diesem Grund haben wir uns mit unseren DVT-Instituten einem Netzwerk angeschlossen, damit die immensen Fixkosten im Hintergrund auf eine möglichst große Anzahl von Partnern verteilt werden können.

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Axel Bumann
Dr. Andreas Bartelt
Rosenkavalierplatz 17
81925 München
Telefon: 089 24410044