

DVT - Praktischer Nutzen in der Kieferorthopädie

Prof. Dr. Gerhard Polzar, Bidingen

Co-Autor: Dipl.-Inform. Frank Hornung, Chemnitz

Die Röntgendiagnostik hat in der Kieferorthopädie seit langem einen hohen Stellenwert. So wurde schon im Jahr 1931 die Fernröntgenseitenbildanalyse von Hofrath (Deutschland)¹ und Broabent (USA)² in die Kieferorthopädie eingeführt. Zur Wachstumsvorhersage nutzte Tanner seit 1962 Röntgenaufnahmen der Hand.³ Diese wurden in der Kieferorthopädie zur besseren Einschätzung des günstigsten Behandlungszeitpunktes verwendet. Leider mit der falschen Annahme, dass mit dem skelettalen Größenwachstum auch gleichzeitig das Kieferwachstum am größten und damit am besten zu beeinflussen sei.

Jedoch nichts wächst in der Natur gleichzeitig, sondern das menschliche Wachstum verläuft in Intervallen, bei denen zunächst das Kopfwachstum (Baby nach der Geburt), dann das Wachstum des Rumpfes (Baby bei der Entwicklung der Verdauungsorgane), dann der Extremitäten (Krabbel-Laufalter), des Gesichtes (Zahnwechsel mit Kieferhöhlen und Kieferbasiswachstum), der Geschlechtsorgane (Pubertät) und als postpubertärer Reifungsprozess ein Festigen des Körpers in Längen und Breitenwachstum abschließt. Selbst der ungeliebte Weisheitszahn ist ein Wachstumskeim für das späte Ausreifen der Kiefer im dorsalen Bereich.

Das Fernröntgenseitenbild sollte Aufschluss über vertikales und horizontales Wachstum, die Relation der Kieferbasen zueinander und zum Schädel sowie der Inklination der Incisiven geben. Hier glaubte man anhand von Implantatstudien an Kindern (Björk) festgestellt zu haben, dass das Kieferwachstum mit Appositions- und Resorptionsvorgängen zu beschreiben sei. Jedoch sind alle Punkte des FRS virtuell und in der Natur gar nicht dort, wo der analysierende Arzt sie zu vermuten glaubt.

Auch ist es ebenso unwahrscheinlich, dass die Natur erst mit viel Mühe Strukturen aufbaut, die sie dann in Folge der Entwicklung wieder mit ebenso viel Mühe abzubauen gedenkt. Vielmehr ist die Grundlage der Betrachtung des FRS als verprojizierte zweidimensionale Schädelabbildung für solche Untersuchungen völlig ungeeignet. Ein geeignetes Abbildungsverfahren hierfür wäre da z. B. die 3D-DVT- oder die strahlenintensivere 2D-CT-Aufnahme des Schädels.

Zur Darstellung der Zähne und der Zahnentwicklung und der Kiefergelenke dient die Panoramaschichtaufnahme (OPT) heute als unverzichtbares diagnostisches Mittel in der Kieferorthopädie. Mit digitaler Technik lassen sich hier auch hervorragende Abbildungen erzeugen, die einer Zahnfilmaufnahme mitunter nicht nachstehen. Diese Technik wurde erstmals von Paatero (Finnland)⁴ angewendet und veröffentlicht. Erst 1954 erreichte Paatero⁵ die in ihrer Grundlage heute übliche Technik, bei der durch Bewegen des Röntgenstahles und des Röntgenstrahlrezeptors die vorderen und dahinter liegenden Strukturen verwischen und das Rotationszentrum mehrere Achsen entlang des Kieferkammes aufweist.

Für Patienten mit Deformation des Kiefergelenkes sind in besonderen Fällen neben der Standard-Panoramaschichtaufnahme auch noch zusätzlich Kiefergelenksaufnahmen erforderlich. Während die schon veraltete Schüller-Aufnahme eine hohe Strahlenbelastung aufweist und deren diagnostische Aussagekraft begrenzt ist, können moderne OPT-Röntgengeräte in einem speziellen Kiefergelenkmodus strahlenärmere und bessere Aufnahmen produzieren.

Insbesondere bei Chirurgiepatienten mit Laterognathie und auch bei heranwachsenden Patienten mit hemifazialer Dyskinesie ist zur Beurteilung der Symmetriearabweichung und zur Planung eventuell vorzunehmender kieferchirurgischer Korrekturen ein posterior-anteriore Aufnahme erforderlich.

Fasst man die Ergebnisse aller sechs etablierten Röntgenuntersuchungen zusammen, so kommt man zu dem Ergebnis, dass sie auch in Kombination nicht den gleichen Informationsgehalt haben, der durch eine einzige DVT-Aufnahme des Schädels erreicht wird. Mit einer DVT und einem Untersuchungsfeld von 17 x 20 cm als Zylinder sind alle diagnostischen Möglichkeiten der oben beschriebenen herkömmlichen Aufnahmen ebenso möglich. Die FRS-Analyse wird zudem an realen Punkten vorgenommen, was ihre Plausibilität im Grunde nach rechtfertigt. Nicht hypothetische, verzerrte und vergrößerte Abbildungen dienen der diagnostischen Betrachtung; sondern reale Punkte, die von der Methode der Untersuchung nicht mehr abhängig sind.

Zusätzlich gibt die DVT-Aufnahme wichtige Hinweise auf die Atemwege, die Kieferhöhlen und weitere HNO-immanenter Befunde sowie gerade bei der Erwachsenenkieferorthopädie eine vollständige Aussage über den Alveolarkamm in allen drei Dimensionen. Nebenwirkungen der kieferorthopädischen Therapie, wie Wurzelresorptionen oder Rezessionen des Limbus

alveolaris sind in ihrem Ausmaß erst durch eine DVT-Aufnahme (hier reicht eine Feldgröße von 80 x 120 cm) sicher diagnostizierbar.

Die Honorierung der radiologischen Leistungen als Summe der einzelnen Aufnahmen entspricht in etwa der Honorierung einer einzelnen DVT-Aufnahme:

- Konventionelle Einzelaufnahmen: Ä5090, Ä5095 = 2X, Ä5004, 5037, PA Ä5090 mit Ä370, und je Ä5298 digitaler Zuschlag = 253,84€
- DVT: Ä5370, Ä5377 = 253,84€

Die Strahlenbelastung aller Einzelaufnahmen im analogen, wie im digitalen Verfahren dürfte die Strahlenbelastung einer einzigen DVT (40-100 Mikrosiv.biolog. Dosis) weit überschreiten (Ein OPT ca. 40 ms).

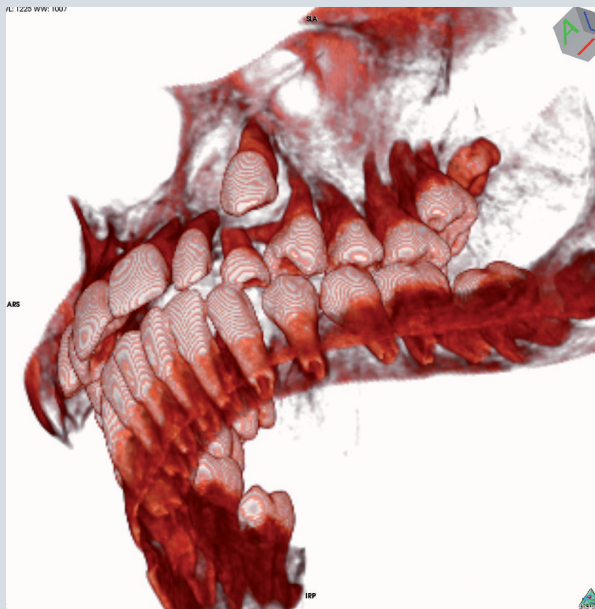
Indikationen der DVT im KFO-Bereich

Die wohl naheliegendste und typischste kieferorthopädische Indikation zur Herstellung einer DVT-Aufnahme dient zur Feststellung verlagelter Zähne. Insbesondere die häufig verlagerten oberen Eckzähne bedürfen einer besseren Einschätzung, ob diese eher palatinal oder eher vestibulär verlagert sind (Abb. 1-2).

Danach richtet sich auch oft das weitere Procedere, entweder einer palatinalen Freilegung oder einer vestibulären Freilegung zur Einordnung der Zähne. Oder der Zahn ist derart ungünstig verlagert, dass nur noch eine Osteotomie oder ein Belassen der Zähne in Frage kommt (Abb. 3-6).

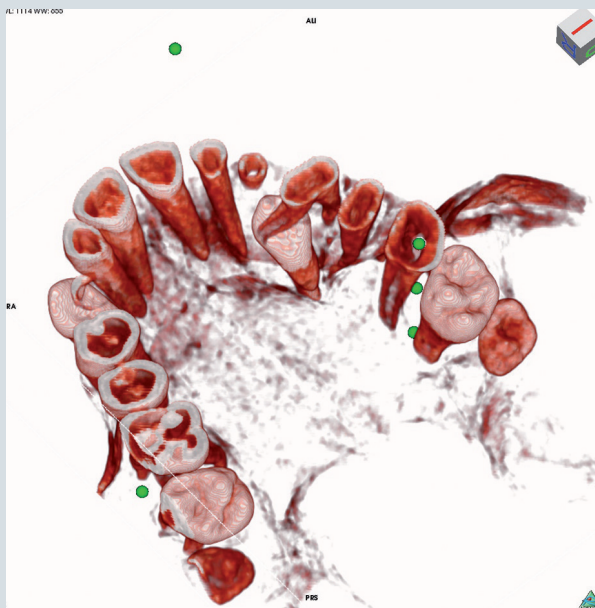
Auch die Fragestellung, ob ein noch nicht durchgebrochener Eckzahn sich von alleine einstellen kann, oder

Abb. 1



Vestibulär verlagelter Eckzahn, DVT von anteriorcaudal

Abb. 2



Gleicher Patient mit Blickwinkel von distopalatinal. Es ist eindeutig zu erkennen, dass der verlagerte Eckzahn nicht von palatinal eingeordnet werden kann. Die palatinal Wurzel des ersten Prämolaren liegt über der Eckzahnkrone.

Abb. 3



Radioopake Erscheinung im Bereich der linken Kieferhöhle.

eine chirurgische Unterstützung braucht, kann mit einer DVT-Aufnahme geklärt werden (Abb. 7).

Zahnfrakturen, die in der Panoramaschichtaufnahme nicht ohne weiteres zu diagnostizieren sind, können mit der DVT eindeutig nachgewiesen werden (Abb. 8-10).

Abb. 4



Abb. 5

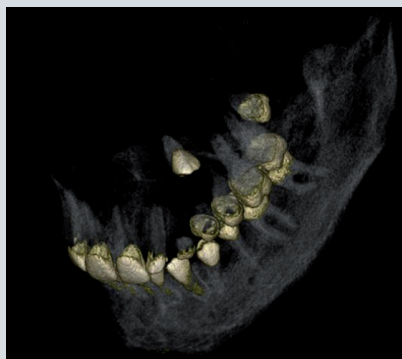
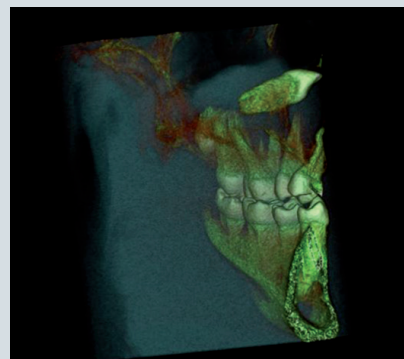


Abb. 6



Im DVT wird der Grund der radioopaken Erscheinung in der Kieferhöhle erst deutlich sichtbar. Ein von der linken Kieferhöhle aus aufsteigender Eckzahn, dessen Krone nach cranial ragt und erst unterhalb der Orbita endet macht die Aussicht auf eine Freilegung mit kieferorthopädischer Einordnung hoffnungslos.

Abb. 8

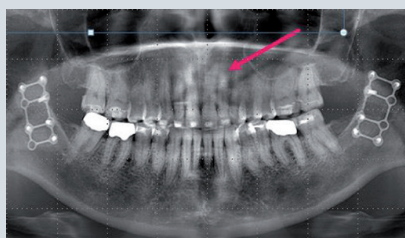


Abb. 9

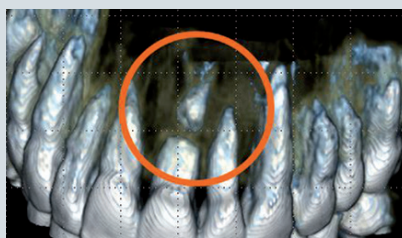


Abb. 10



Bild 8: OPT nach kieferchirurgischer Vorverlagerung des UK. Der Zahn 12 erscheint allenfalls unauffällig.

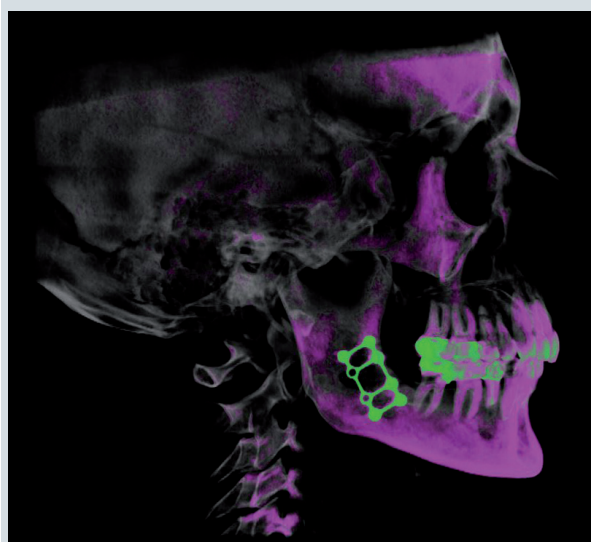
Bild 9-10: Deutlich sichtbare Wurzelfraktur des mittleren Frontzahnes bei einer erwachsenen Patientin. Der Zahn zeigt immer noch Vitalität. Der Patientin ist auf die nähere Befragung zu diesem Trauma wieder eingefallen, dass sie im Mädchenalter mit ihrer Freundin Mohrenkopffessen gespielt hatte und sich beide dabei die Zähne gestoßen hatten. Der Vorfall lag über dreißig Jahre zurück und dennoch ist ihr der gebrochene Zahnerhalten geblieben.

Abb. 7



Halbgeteiltes DVT zur Beurteilung der Verzögerten Eruption des Zahnes 23. Eine Retention liegt hier nicht vor. Geduld ist in diesem Falle der Meister.

Abb. 11



Osteosyntheseplatte in Halbseitenbetrachtung mit deutlicher farblicher Hervorhebung..

Zur Planung und nachfolgenden Kontrolle kombinierter kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Fälle ist die DVT-Aufnahme eine sehr hilfreiche Unterstützung (Abb. 11). Es ist mit besserer Sicherheit bestimmbar, ob die stabilisierenden Osteosyntheseplatten schon

entfernt werden können, oder ob es besser ist, diese aufgrund noch unvollständiger Knochenneubildung für weiteres in situ zu belassen (Abb. 12-14). Chirurgische Traumata, wie Perforationen der Zahnwurzel sind ebenso nachweisbar (Abb. 15-16).

Abb. 12



Abb. 13

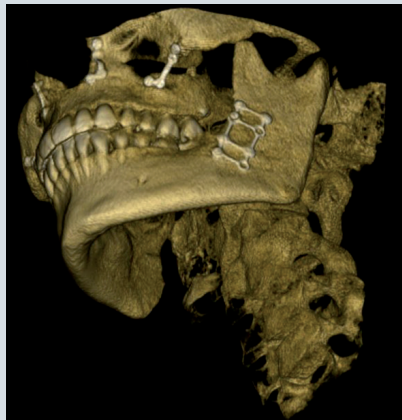
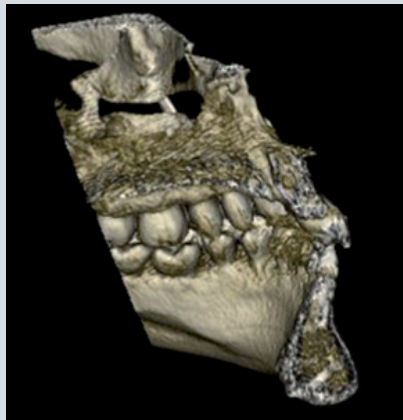
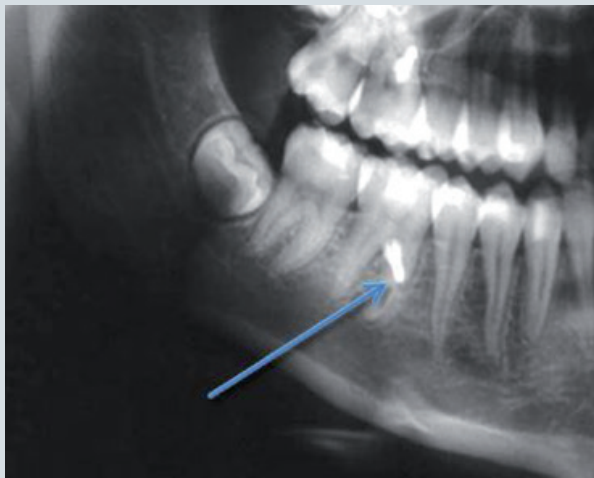


Abb. 14



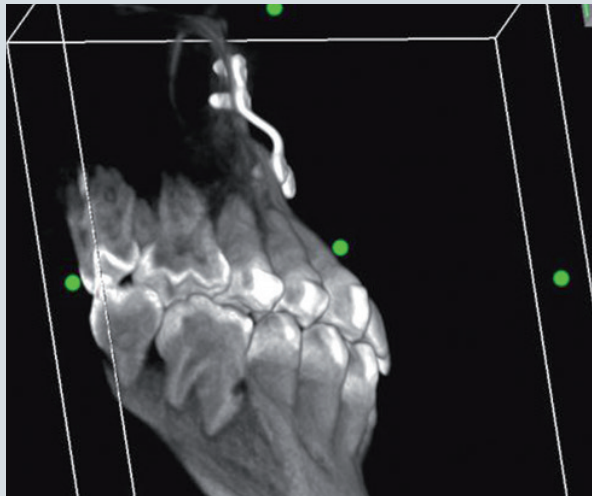
In der Frontalansicht sind die stabilisierenden Osteosyntheseplatten sichtbar. Erst in der Ansicht von caudal und von innen nach außen ist zu erkennen, dass der Osteotomiespalt der linken Maxillaseite noch nicht stabil ist. Mit einer Entfernung der chirurgischen Platten sollte noch gewartet werden.

Abb. 15



Ausschnitt aus einem OPT mit chirurg. Schraube.

Abb. 16



DVT nach Schraubenentfernung zeigt eine Perforation der Molarenwurzel.

Abb. 17



Intraorale Fotos nach Aktivierung einer knochenfixierten Schraube zur Gaumenerweiterung.

Abb. 18

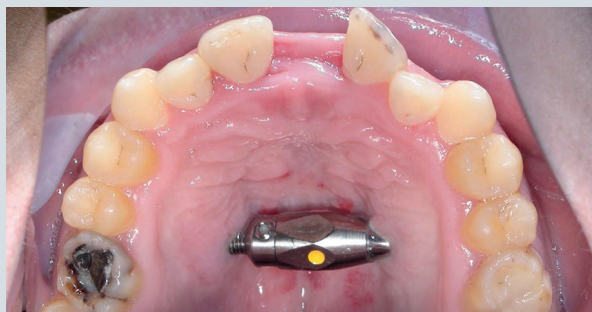


Abb. 19

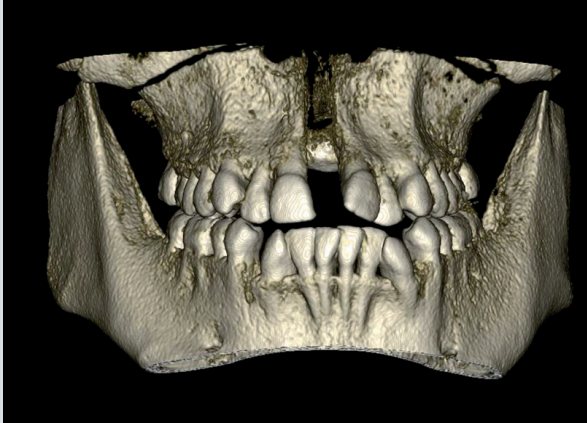
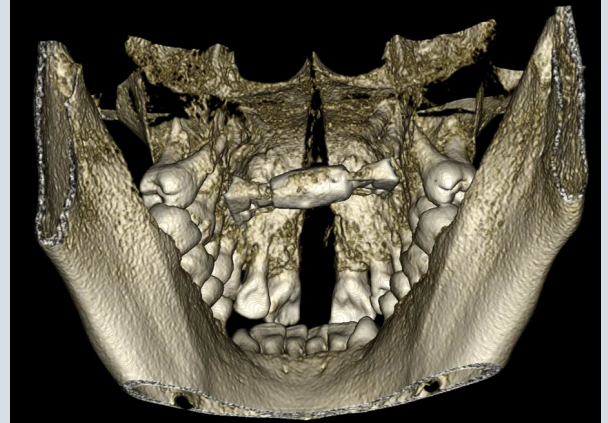


Abb. 20



Erst die DVT-Aufnahme mit Sicht von distocaudal offenbart, dass sich die Gaumennaht im dorsalen Bereich gar nicht geöffnet hat. Vermutlich führte ein Ablösen der medianen Fixierpunkte zu der ungleichmäßigen Erweiterung.

Abb. 21

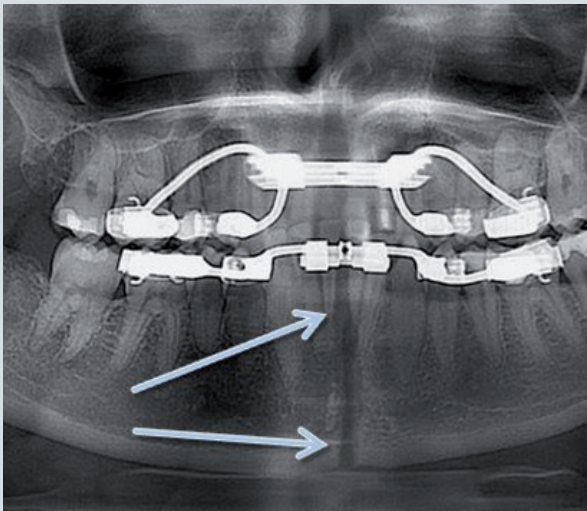


Abb. 22

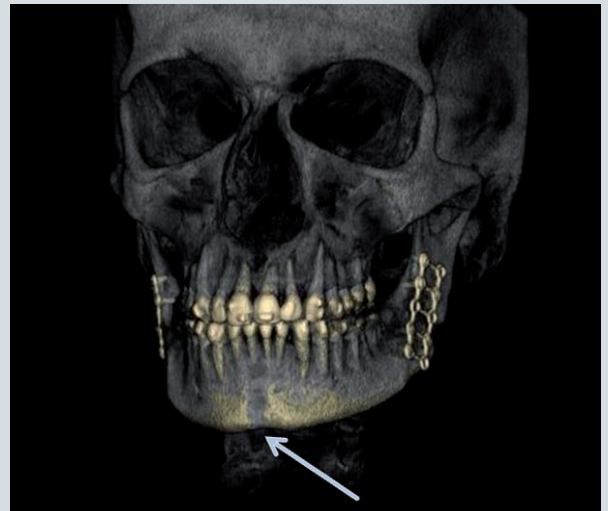


Bild 21: OPT-Ausschnitt unmittelbar nach Distraktionsosteogenese im UK und Gaumennahterweiterung im OK. Die Knochenspaltbildung ist gut sichtbar.

Bild 22: Bei der Kontrolle der darauffolgenden Unterkiefervorverlagerung ist auch der Erfolg der Distraktionsosteogenese sichtbar. Neuer Knochen hat sich im Distraktionsspalt gebildet.

Abb. 23



Abb. 24



Abb. 25

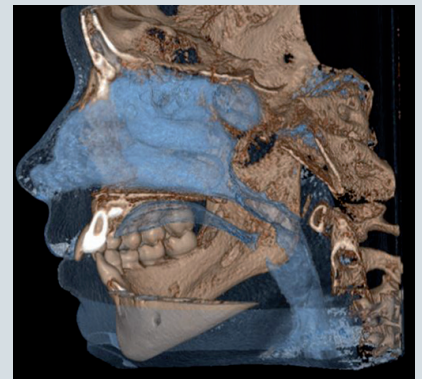


Bild 23: DVT-Ausschnitt einer jungen Patientin mit seitlichem Kreuzbiss.

Bild 24: DVT sagittale Schnittebene paramedian durch die deutlich vergrößerten und die Atemwege verengenden Atemwege.

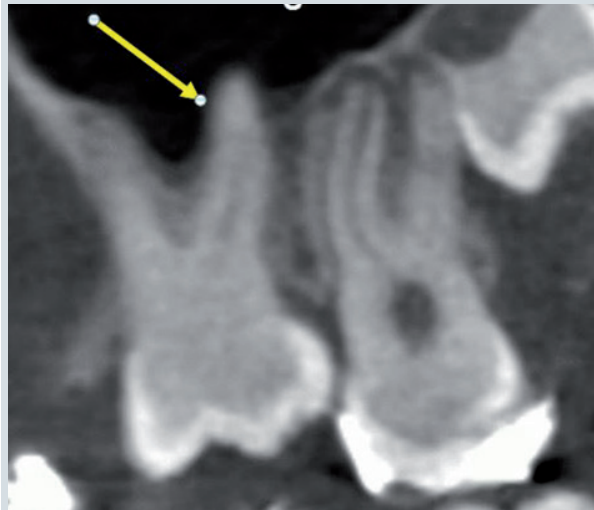
Bild 25: 3D-Darstellung der Atemwege und der skelettalen Strukturen. Die Atemwegsobstruktion durch die hypertrophierten Tonsillen ist in plastischer Weise deutlich sichtbar.

Die Kontrolle Osteosynthespaltes bei forcierter Gaumennahterweiterung (Abb. 17-20) oder auch bei Distractionsosteogenese im UK ist in der 3D-Ansicht mittels DVT in exakter Weise gegeben (Abb. 21-22). Zur Kontrolle der Atemwege bei verengtem Kiefer mit Kreuzbiss in Folge hypertrophierter adenoider Wucherung ist das DVT bestens geeignet (Abb. 23-25). Es können Rückschlüsse über das Ausmaß der Atemwegsverengung getroffen werden (Abb. 26). Der Isthmus kann mit geeigneter Softwareunterstützung an seiner engsten Stelle vermessen werden und die Aufnahmen erleichtern einem HNO-Arzt die Entscheidung zur Tonsillotomie oder auch bei chronisch entzündeter Dysplasie zur Tonsillektomie (Abb. 27-28).

Bewegt sich ein Zahn nicht in der vorgesehenen Weise und bleibt an seiner Stelle stehen, so kann die DVT-Aufnahme eine Ankylose des Zahnes sichtbar machen (Abb. 29-33).

Dysplastische Neubildungen im Kiefer, Tumore, Osteome oder Zementome sind in Form und Umfang oft erst im DVT sichtbar (Abb. 33-34).

Abb. 30



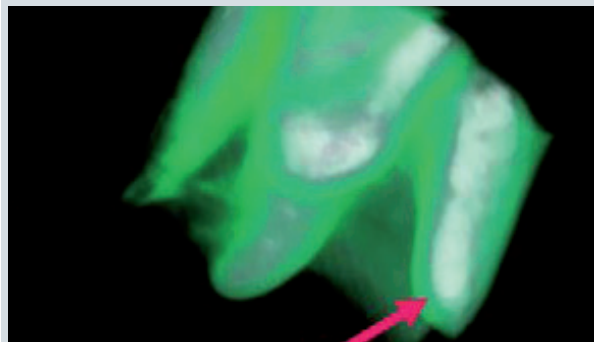
DVT-Schnittbild, am ankylosierten Zahn ist kein Desmodontalspalt sichtbar. Am dahinterliegenden Zahn 17 ist der Desmodontalspalt deutlich zu sehen.

Abb. 29



Intraorale Aufnahme mit ankylosiertem Zahn 16.

Abb. 31



Normale Zahnwurzel mit Desmodontalspalt, siehe Pfeil.

Abb. 26

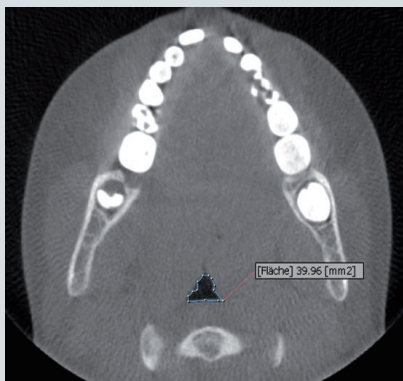


Bild 26: Horizontale Schnittebene durch die engste Stelle der Atemwege im Pharynx. Der Isthmus tonsillaris polzari kann mit der WhiteFox4-Software sehr schnell und einfach vermessen werden. Die Patientin hat an der engsten Stelle lediglich 39,39 mm² in sitzendem Zustand für die Atmung zur Verfügung. Dies entspricht einem Strohhalm von ca. 7mm Durchmesser und kann als massive Atemwegsstörung gewertet werden. **Bild 27-28:** 3D-Einschnittdarstellung zur besseren plastischen Hervorhebung der Atemwegsobstruktion.

Abb. 27

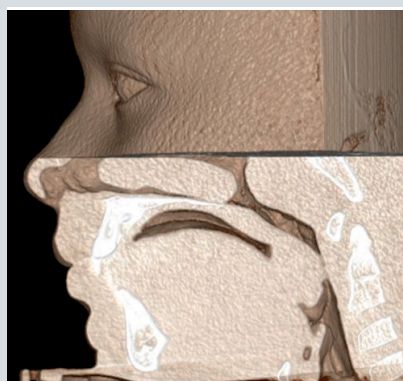


Abb. 28



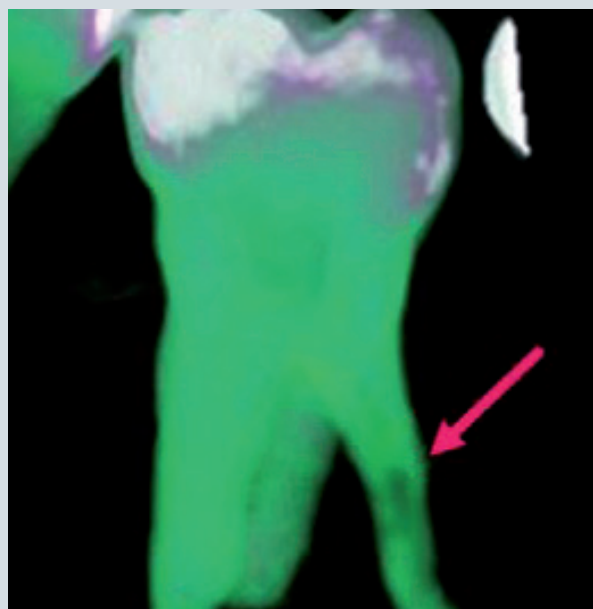
Die standardmäßig durchgeführten OPT-Aufnahmen sind hier der DVT-Aufnahme weit unterlegen (Abb. 35). Bei kalibrierbaren DVT-Geräten wie dem White Fox kann die Ermittlung der Gewebedichte Aufschluß über die Neoplasie geben (Abb. 36).

Nichtanlagen mit persistierenden Milchzähnen und Positionsverschiebungen oder Verlagerungen von bleibenden Eckzähnen bei OK-Frontzahnaplasien haben

oft die Gefahr, dass der verlagerte Eckzahn mit seiner Krone die davor liegenden Frontzahnwurzeln angreift (Abb. 37-38). Hier ist die DVT eine wichtige Entscheidungsgrundlage für das weitere kieferorthopädische Vorgehen.

Die Einschätzung einer Zahnform kann z. B. ein therapeutisch wichtiges Kriterium sein um entscheiden zu können, ob und wann ein Zahn besser eingeord-

Abb. 32



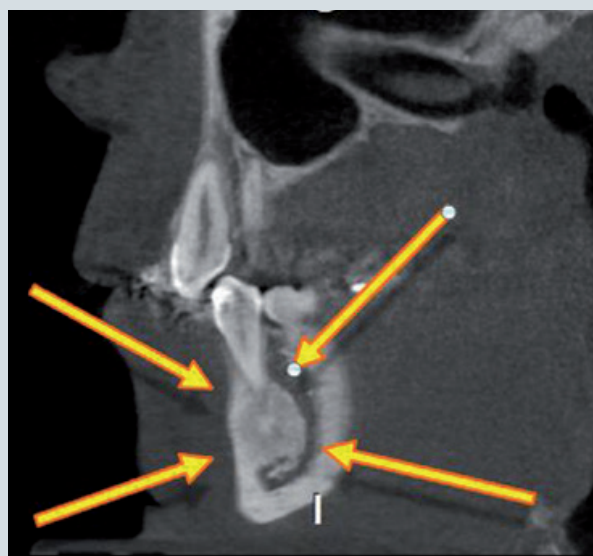
Ankylosierter Zahn mit schwacher distaler Wurzel und fehlendem Desmodontalspalt.

Abb. 33



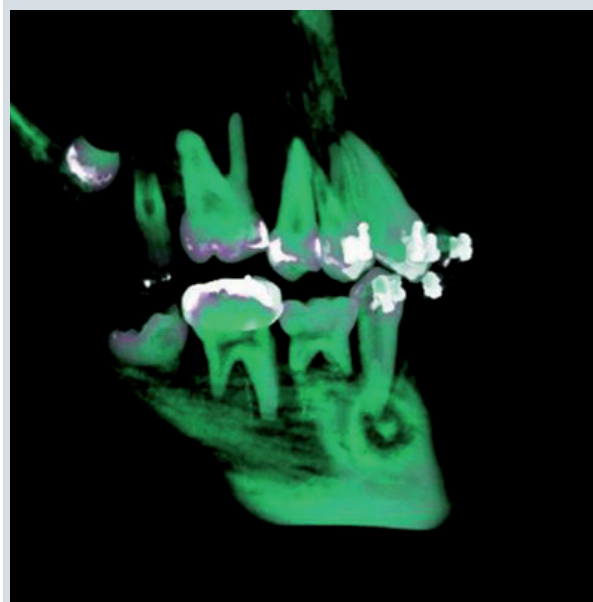
Gleiche Patientin mit OPT-Ausschnitt. Neben dem ankylosierten Zahn 16 ist eine Nichtanlage des Zahnes 45 bei persistierendem Zahn 85 festzustellen. Es sind keine weiteren Besonderheiten auffällig.

Abb. 34



Gleiche Patientin mit sag. DVT-Schnitt. Ein verdrängendes tumoröses Gebilde ist sichtbar.

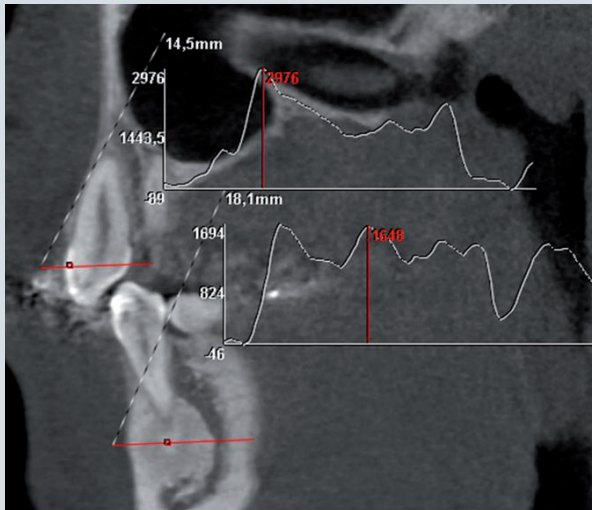
Abb. 35



im flachen 3D-Schnitt wird die Ausbreitung der Neoplasie erst richtig wahrgenommen.

net wird oder ob Zähne zu extrahieren sind (Abb. 39). Mesiodentes (Abb. 40) und hyperplastische verlagerte Weisheitszähne (Abb. 41) lassen sich erst im DVT einwandfrei befunden.

Abb. 36



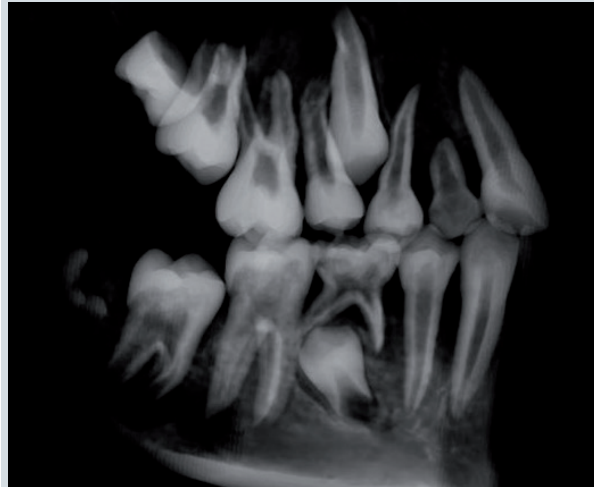
Mit der Whitefox4 Software kann die genaue Dichte in Hounsfield gemessen werden. Derzeit ist der Whitefox-DVT das einzige DVT-Gerät mit dem solche kalibrierten Dichtemessungen möglich sind. Ansonsten bleibt diese Domäne immer noch bei den wesentlich strahlenbelastenderen CT-Aufnahmen..

Abb. 40



Patient mit einem Mesiodens direkt am Nasenseptum mit Krone in cranialer Richtung. Da dieser Mesiodens hier keinen Schaden anrichten kann und auch die anderen Zähne in keiner Weise stört, kann er in situ belassen werden. Auf dem OPT war der Mesiodens kaum zu erkennen.

Abb. 37



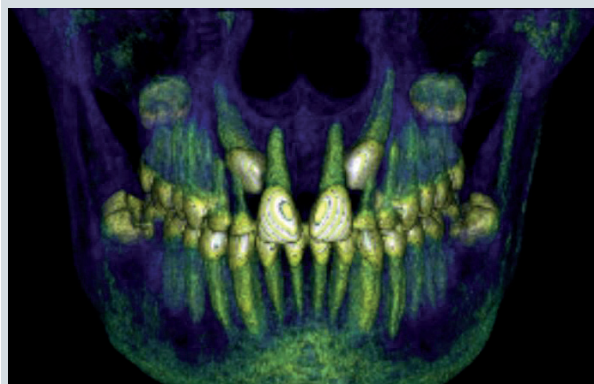
DVT Lateralansicht einer Transposition des Zahnes 13 zwischen den Prämolaren mit beginnender Wurzelresorption am vorderen Prämolaren 14..

Abb. 38



Bild 38: DVT in 3D Farbansicht, wie Bild 37..

Abb. 39



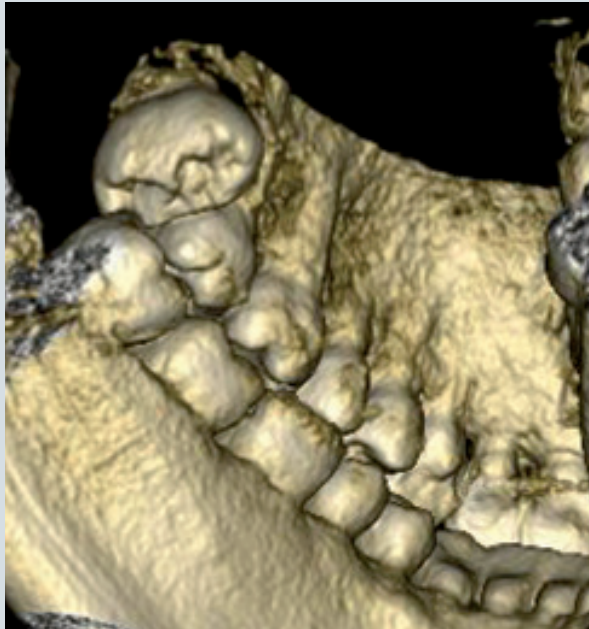
Patientin mit Nichtanlage der seitlichen oberen Schneidezähne mit Milchzahnpersistenz und Mesialverlagerung der Eckzähne. Eine baldige Therapie mit Extraktion der persistierenden Milchzähne ist zur guten Bisseinstellung und zur Vermeidung von Wurzelresorptionen an den oberen Inzisiven erforderlich..

Zufallsbefunde, wie Gehirnsteine (Abb. 42-44), Tonsillensteine (Abb. 45-46), Ösophagus-sklerosen (Abb. 47-49) oder die häufigen Variationen arterieller und venöser Blutgefäße (Abb. 50) sind zwar nicht zur rechtfertigenden Indikation geeignet, geben aber bei den Patienten zusätzliche, manchmal hilfreiche Befunde für

das weitere Vorgehen.

Eine aus Sicht des Autor sehr wichtige Indikation zur DVT ist die Feststellung der Beschaffenheit der alveolären Knochensituation in der Erwachsenentherapie, bei Zweitbehandlungen zur Kontrolle der idiopathischen Wurzelresorptionen und bei Rezidivfällen (Abb. 51).

Abb. 41



Retinierter dysplastisch-makrodonter Weisheitszahn 28.

Abb. 42



siehe Bild 43/44

Abb. 43

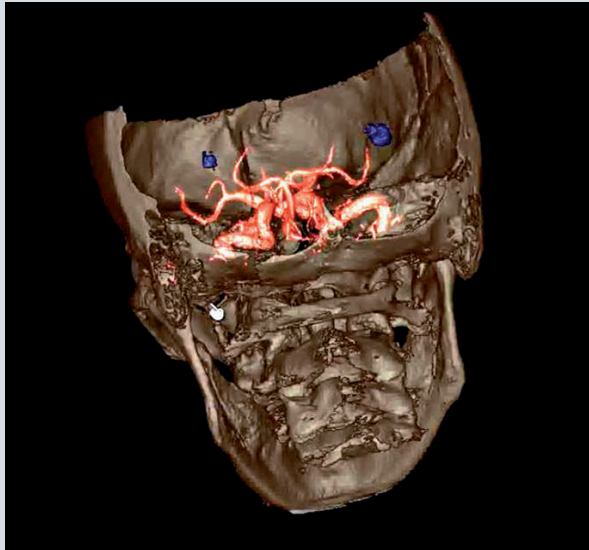


Abb. 44

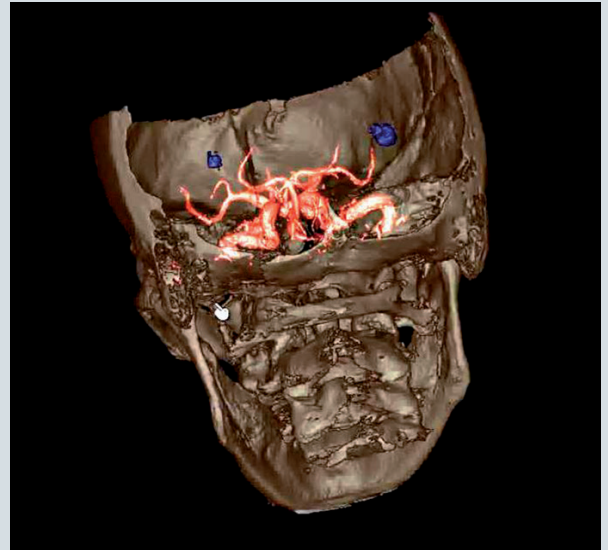


Bild 42-44: „Gehirnsteine“ die sich im Plexus choroideus gebildet haben.

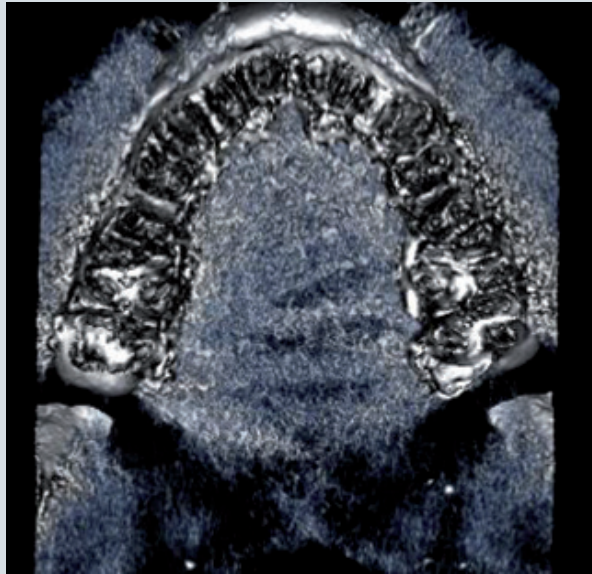
Bild 43: Oberflächendatensatz (STL) der DVT wurde mit dem MRT-Ausschnitt der Cerebralarterien gematcht. Die Gehirnsteine wurde blau eingefärbt und die Arterien rot. Anhand der Überlagerung ist ersichtlich, dass es sich nicht um eine gewöhnliche Arteriosklerose handelt, sondern in der Regio des Plexus choroideus liegt, aus dem der Gehirnliquor gebildet wird.

Bild 44: Gleicher STL-Match der DVT- und MRT-Aufnahme von dorsal. Mit dieser Ansicht wird die von den Arterien cranial gerichtete Lage noch deutlicher.

Abb. 45



Abb. 46



Tonsillolit, ein Tonsillenstein ist immer ein Zeichen einer chronisch persistierenden oder wiederkehrenden Entzündung.

Abb. 47

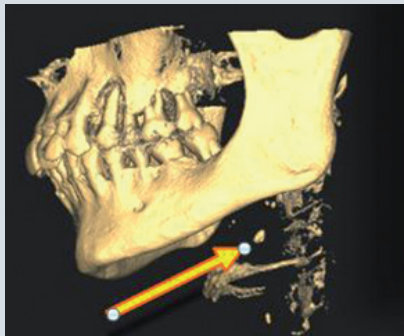


Abb. 48



Abb. 49

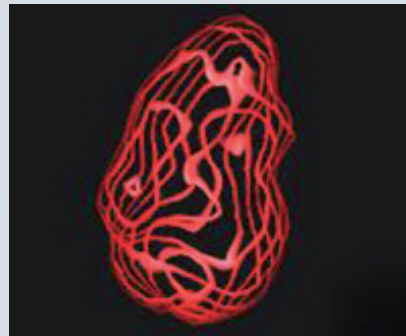
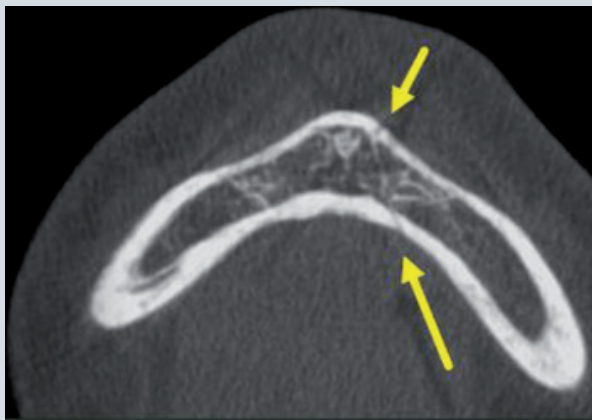


Bild 47: Ösophagussklerosen mit einer deutlichen Steinbildung. **Bild 48:** Schnittbildansicht der Ösophagussklerose.
Bild 49: Das isolierte Steinchen in hoher 3D-Vergrößerung

Abb. 50



Transmandibulararterie, eine Variation der Natur.

Abb. 51



Nach kieferorthopädischer Therapie mit festsitzenden Apparaturen sind in diesem DVT-Schnittbild deutliche Spuren der zu großen Kraftapplikation sichtbar. Die Wurzel des mittleren Frontzahnes ist fast zur Hälfte resorbiert.

Will man hier unliebsame posttherapeutische Überraschungen vermeiden, so ist eine Kontrolle des marginalen Alveolarknochens vor Therapiebeginn entscheidend (Abb. 52-55). Eine exaktere Bestimmung zum Ausmaß erforderlichen approximaler Schmelzreduktionen zur Vermeidung einer Extraktionstherapie sind die Vorteile einer DVT-Diagnostik.

So, wie sich die Panoramaschichtaufnahme in der Zahnheilkunde und insbesondere in der frühen Diagnostik zur Bestimmung einer kieferorthopädischen Therapie etabliert hat, wird die DVT in den nächsten Jahren einen festen Platz in der Kieferorthopädie einnehmen. Es ist zu vermuten, dass sie die bisher genutzten radiologischen genutzten Untersuchungsverfahren weitgehend ablösen wird.

Abb. 52



Abb. 53



Abb. 54

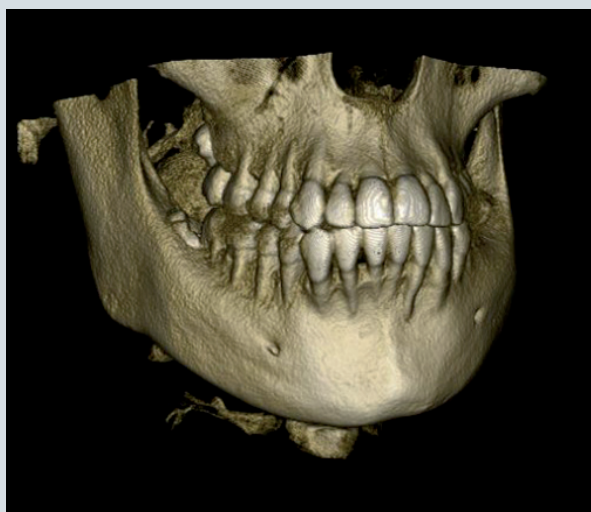


Abb. 55

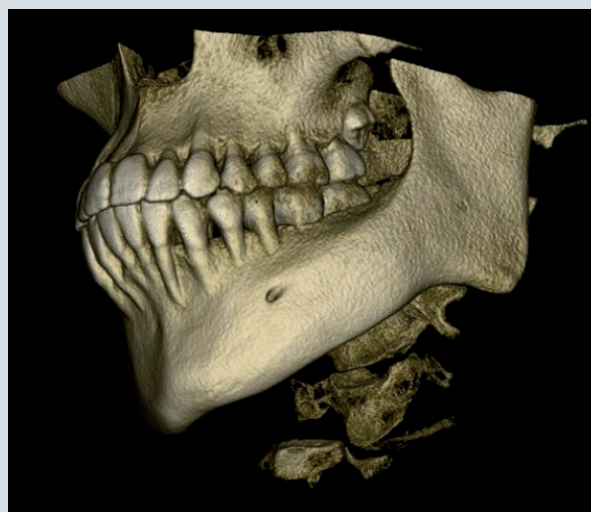


Bild 52-55: Damongeschädigte 22 jährige Patientin. Alle Zahnwurzeln wurde in Folge unkontrollierter Bewegung mit selbstligierenden Systemen und superelastischen Bögen aus dem Knochenfundament herausgedrückt und stehen jetzt vor dem Alveolarkamm. Die Patientin hatte eine vierjährige DAMOM-MB-Therapie mit superelastischen Drähten bei visceralem Schluckmuster hinter sich. Sie wunderte sich, dass ihr Zahnfleisch sich in der Front so weit zurückgezogen hatte.

Bild 52: Schnittbild in der horizontale Ebene. Die unteren Frontzähne stehen im vestibulären Bereich außerhalb des Alveolarknochens.

Bild 53: Parasagittaler Schnitt durch den unteren linken Eckzahn. Es ist deutlich erkennbar, wie weit der Eckzahn aus seiner Zahnbogenmitte herausgedrückt wurde. Eine darauf folgende Gingivarezession ist unvermeidlich. Bild 54-55: Die 3D-Gesamtansicht macht das ganze Ausmaß der iatrogenen Schädigung sichtbar. Front- und Seitenzähne sind außerhalb der Alveolarkammmitte positioniert.

Literaturliste

1. Hofrath H., Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschr Orthod 1, 232 (1931)
2. Broadbent B.H., A new X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod 7, 209 (1931)
3. Tanner J. Growth and adolescence. Blackwell Scientific Publications, Oxford 1962
4. Paatero, Y.V. (1949) A new tomographic method for radiographing curved outer surfaces. Acta Radiol, 32:177-182 1949
5. Paatero, Y.V. (1954) Pantomography in theory and use. Acta Radiol, 41:321-335



an der Mahidol-University Bangkok (Thailand).

Abb. Autor: Prof. Dr. Gerhard Polzar (KKU), Bidingen; Studium der ZHK in Giessen, 1990-93 Weiterbildung KFO u.a. AfZ in Karlsruhe, 1994 Niederlassung in eigener KFO-Praxis in Bidingen; 2006 Gastprofessur in Sevilla und Khon-Kaen (Thailand), 2008 Ernennung zum Prof. in Orthodontics; seit 2008 vis. assoc. Prof.



CEO **DORNMEDICAL**
Mobil: +49 162 2959999
Mail: frank.hornung@dornmedical.de

Abb. Autor: Frank Hornung, Dipl.-Informatiker; Jahrgang 1966; 1989 Maschinenbau-Techniker mit Schwerpunkt Sondermaschinenbau und Medizintechnik; 1995 Studium Informatik an der FH Würzburg; Schwerpunkt Regelungstechnik und Künstliche Intelligenz;

Anzeige 1/2 Seite