

Meinardus

CT für den Mundraum

Dipl. Phys. Armin Baumgartner, Jörg Rath

Eines der herausragenden Themen bei der diesjährigen IDS war eine neue Generation von Röntgengeräten: Digitale Volumen Tomographen, kurz DVT. Schon weit vor dem Messetermin kündigten vor allem die Hersteller Planmeca und Sirona diese Geräte als Neuheit an.

Zwischen 1960 und 1971 realisierte nach Vorarbeiten des Physikers Allan M. Cormack der Elektrotechniker Godfrey Hounsfield mehrere Prototypen. 1971 konnten sie die erste CT-Aufnahme eines Menschen machen. Beide erhielten für ihre Arbeiten 1979 gemeinsam den Nobelpreis für Medizin.

Zur heutigen Gerätegeneration zählen gekoppelte oder getrackte Mehrzeilen-CT's und Cone-Beam Geräte. Diese sind wegen der schnell aufzubereitenden großen Bilddatenmenge und der sehr komplexen Mathematik der Rekonstruktion erst in den letzten Jahren technisch realisierbar und bezahlbar geworden. Im Gegensatz zu den Spiral-CT's umkreist eine Röntgenquelle mit „keulen“- oder pyramidenförmigem Röntgenstrahl und einer gegenüberliegenden Detektoreinheit den Patienten.

Es entstehen ca. 300 Projektionsaufnahmen aus unterschiedlichen Positionen. (Abb. 1)

Anhand dieser Projektionen und der geometrischen Verhältnisse des Aufnahmeobjekts zu den Projektionen wird in einem mathematisch sehr aufwendigen Verfahren, der Rekonstruktion, auf das ursprüngliche Objekt (den Patienten) zurückgerechnet. Die kleinste Ortseinheit, das Voxel, wird würfelförmig mit Kantenlängen von 0,1mm bis 0,4mm dargestellt. Sein Inhalt entspricht dem Grauwert an dieser Stelle.

Aus diesem Voxelwürfel, der die 3D-Röntgeninformation des Patienten enthält, können einzelne Schichten (Schnitte) herausgeführt und abgebildet werden.

Bei den Röntgendetektoren verwenden fast alle Hersteller neuartige, großflächige Halbleiterdetek-

4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96
98
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130

toren (FPD – Flat Panel Detector), bei denen die Röntgeninformation ohne geometrische Verzeichnung in ein digitales Projektionsbild umgewandelt wird (Abb. 2).

Eine ältere Technologie stellt die Bildverstärkerröhre dar (Abb. 3). Dieser Bildverstärker weist einen Verschleiß durch den normalen Betrieb auf, der durch Wartungsarbeiten ausgeglichen werden muss. Außerdem müssen Unlinearitäten im Randbereich und Beeinflussung durch Magnetfelder abgeschirmt oder ausgeglichen werden. Das Scanvolumen ist wegen der runden Bauform kugelförmig, beim FPD ist es zylindrisch.

Anwendungen

Der Hauptschwerpunkt der Geräteanwendungen liegt im Bereich der Implantologie. Alle Hersteller haben in ihrer Software Exportschnittstellen mit Dicom3-Format integriert, sodass die Daten direkt an eine Implantatplanungssoftware oder ein Navigationsgerät übergeben werden können. Bei einigen Anbietern (z. B. Sirona) ist eine umfangreiche Implantatplanung sogar integriert. Die Geräte ermöglichen aber noch eine Vielzahl anderer Anwendungen der 3D-Diagnostik, wie z. B. Kieferorthopädie, Schlafmedizin, Teilbereiche HNO und auch die Präsentation und Darstellung gegenüber dem Patienten.

Sirona Galileo

Bei diesem Gerät wird als Detektor ein Bildverstärker (BV) verwendet. Diese Technologie findet seit mehr als 40 Jahren in der Medizin Verwendung, gilt aber mittlerweile als veraltet. BV Röhren unterliegen einer permanenten Alterung durch den Betrieb. Um eine konstante Bildqualität zu erhalten, sollte die Röhre durch Wartung ein Mal im Jahr nachjustiert werden. Dieses ist nicht endlos möglich, sodass nach ein paar Jahren ein Röhrenwechsel notwendig wird. Das Scanvolumen ist kugelförmig mit 15 cm Durchmesser, es werden in 14 Sekunden ca. 200 Bilder angefertigt. Die Röntgenstrahlung ist gepulst, wodurch sich eine Belichtungszeit von zwei bis sechs Sekunden ergibt. Die Voxelgröße ist wählbar zwischen 0,15 mm und 0,3 mm, die Rekonstruktionszeiten liegen zwischen 4,5 und 7 Minuten. Die Patienten-



**Armin
Baumgartner,
Jörg Rath**

Diplom-Physiker Armin Baumgartner und Kaufmann Jörg Rath sind geschäftsführende Gesellschafter der Baumgartner & Rath GmbH, Gesellschaft für Computer und Technik. Das Unternehmen sieht sich als EDV-Full-Service-Partner mit Spezialwissen in den Bereichen Medizin und Dentaltechnik.
Kontakt: www.baumgartner-rath.de

positionierung erfolgt stehend. Für Fernröntgenaufnahmen ist das Gerät wegen des hierfür zu kleinen Aufnahmevolumens unbrauchbar, OPG's können nur aus dem Volumen errechnet werden, was einerseits eine Schichtkorrektur nach der Aufnahme ermöglicht, aber auch eine höhere Strahlenbelastung für den Patienten bedeutet. Der Datensatz hat eine sehr hohe Größe von 400 MB bis zu 700 MB pro Aufnahme. Als sehr positiv ist das umfangreiche mitgelieferte Softwarepaket zu werten, das den gesamten Behandlungsablauf von 3D Diagnostik, Implantatplanung bis zur Bohrschablonenanfertigung abdeckt.

Planmeca Promax 3D

Die Planmeca Lösung stellt eine Erweiterung des Promax OPGs dar. Das Gerät erlaubt somit beide Betriebsarten: Volumetomographie und den Betrieb als reines OPG. Hierfür muss der Aufnahmesensor gewechselt werden, was die Gefahr einer Beschädigung mit sich bringt. Ältere Promaxgeräte sind auf 3D nachrüstbar. Das Scanvolumen ist zylindrisch und mit nur 8 x 8 cm etwas klein. In 18 Sekunden wird mit einer gepulsten Röntgenstrahlung eine 194 Grad Drehung um den stehenden Patienten durchgeführt. Das Drehsegment ist etwas klein um eventuelle Abschattungsauflösungen zu verhindern. Die Voxelgröße wird fest mit 0,16 mm und einer Rekonstruktionszeit von ca. 3 Minuten angegeben. Das mitgelieferte Softwarepaket umfasst die 3D Diagnostik mit allen notwendigen

Die Technologie der Digitalen Volumetomographie ist nicht neu, doch sie hält jetzt mit den 3D Röntengeräten auf breiter Front Einzug in die dentale Welt, gerade auch mit deren Diagnosemöglichkeiten und Anwendungen, vor allem in der Implantologie.

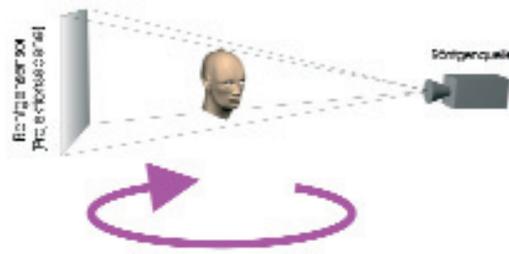


Abb. 1: Prinzip Cone-Beam-DVT

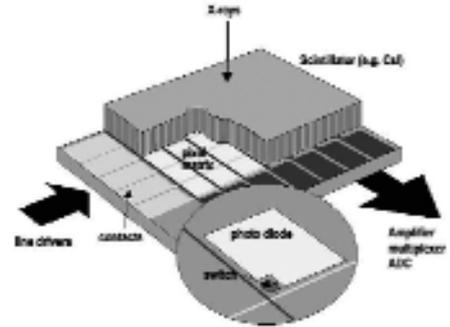


Abb. 2: Aufbau Flat Panel Detector

Schnitten und einer Dicom3 Exportfunktion; eine Implantatplanung ist nicht vorgesehen.

KaVo 3D eXam

Kavo hat für viele überraschend ebenfalls zur IDS einen Volumentomographen vorgestellt. Dieses Gerät ist eine Weiterentwicklung des am Markt etablierten iCat-Systems von ISI. Als Bildempfänger wird hier ein FPD neuester Generation verwendet. Dieser Sensor ist derzeit nicht nur der größte, sondern je nach Softwareprogramm auch noch um 90 Grad schwenkbar. Dieses Gerät erlaubt somit den flexiblen Einsatz, von Aufnahmen für Implantatplanung, Kiefergelenkanalyse, bis hin zu aus dem Volumen gerechnete Fernröntgenaufnahmen. Ein Betrieb als normales OPG ist mit einem Softwarezusatz ohne mechanische Veränderung am Gerät (Sensorumstecken) möglich. Das Volumen ist zylindrisch und wird mit 23 cm Durchmesser / 17 cm Höhe bzw. 16 cm Durchmesser / 23 cm Höhe angegeben. Das Gerät führt um den sitzenden Patienten eine 360 Gradrotation aus. In der Standardauflösung ist der Scan in 8,5 Sekunden abgeschlossen, die Rekonstruktionszeit beträgt hierbei eine Minute, womit der 3Dexam derzeit den schnellsten DVT darstellt. Die Röntgenstrahlung ist ebenfalls gepulst. Die Voxelgröße ist wählbar zwischen 0,125 mm, 0,2 mm, 0,3 mm und 0,4 mm. Besonders auffällig ist die sehr geringe Datenmenge von ca. 50 MB für einen 3D-Datensatz bei Standardauflösung, was

durch eine besondere Komprimierungstechnik erreicht wird. Das mitgelieferte Softwarepaket umfasst 3D Diagnostikmöglichkeiten, die kaum Wünsche offen lassen: Von der virtuellen Panoramaschicht, TSA-Schnitten, Kiefergelenkschnittprogramm – sagittale, coronale und axiale Schnitte – bis hin zur 3D Darstellung mit frei definierbarer Mehrfarbentechnik ist an fast alles gedacht worden. Der Bereich Implantatplanung wurde nur durch eine Dicom3 Exportfunktion „gelöst“. Bis zur Auslieferung der Geräte im Herbst 2007 ist sicherlich noch etwas Zeit.

Orangedental Picasso Trio

Die Firma orangedental GmbH, vor allem bekannt durch die byzz-Software, hat zur IDS den Vertrieb des koreanischen E-WOO Gerätes vorgestellt. Hierbei handelt es um ein Kombinationssystem aus konventionellen OPR/FRS und einem Volumentomographen. Für den OPG-Betrieb wird ein Pan-Sensor vor den Volumen-FPD gesteckt. Das Volumen ist ebenfalls zylindrisch mit 12 cm x 7 cm, die Voxelgröße ist fest mit 0,2 mm angegeben. Der Datensatz hat eine Größe von ca. 300 MB. In einer Umdrehungszeit von 15 Sekunden werden 450 Projektionen angefertigt, die sicherlich eine hohe Bildqualität ohne Abschattungsverluste erzeugen. Dadurch ist auch die Strahlenbelastung höher einzustufen. Die mitgelieferte Software ist sehr umfangreich mit voller 3D-Diagnostik und beinhaltet auch eine Implantatplanung. Dieses Gerät ist

Der Begriff Voxel setzt sich aus den Wörtern volumetric und pixel zusammen. Es handelt sich um das dreidimensionale Äquivalent eines Pixels, der kleinsten Einheit einer digitalen Rastergrafik.

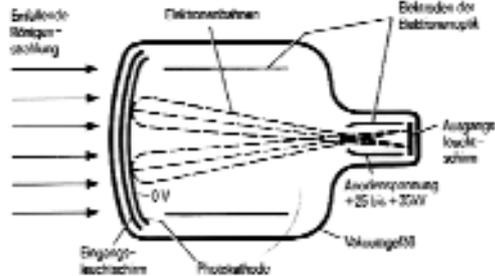


Abb. 3: Funktionsprinzip Bildverstärker

durchaus als Universalgerät zu sehen, mit dem alle Aufnahmeverfahren in einer Praxis durchgeführt werden können.

Kodak Iluma

Ähnlich wie KaVo hat Kodak den Vertrieb eines amerikanischen DVT-Herstellers, Imtec, exklusiv übernommen. Das Gerät umläuft den sitzenden Patienten mit 360 Grad in 20 bzw. 40 Sekunden, je nach Auflösung, und fertigt dabei 300 bzw. 600 Projektionsbilder an. Beachtlich ist die hohe Auflösung des Gerätes, die Voxelgröße kann zwischen 0,09 mm und 0,4 mm gewählt werden. Daraus resultiert der hohe Platzbedarf für die Daten, ca. 900 MB muss für einen Scan gerechnet werden. Die Röntgenstrahlung ist ungepulst, was zu einer hohen Strahlenbelastung führt. Das Scanvolumen ist auch hier zylindrisch mit 23 cm Durchmesser und 19 cm Höhe. Die Steuer- und Diagnostiksoftware hat einen gewaltigen Funktionsumfang mit eindeutig klinischer Prägung, die sich automatisch auf zwei im Lieferumfang befindliche Großmonitore aufteilt. So kann z. B. die Primärrekonstruktion mit unterschiedlichem „field of view“ (Betrachtungsbereich) beliebig oft wiederholt werden, so dass der DVT-Datensatz nicht nur für Dental, sondern auch für HNO oder Neurologie verwendet werden kann (Kodak supportet allerdings nur Dental). Das Datenformat hat eine Dicom3-Prägung, eine PACS-Anbindung stellt kein Problem dar.

Schnittbilder, Segmentierung und 3D-Ansichten sind äußerst umfangreich und brauchen den Vergleich mit einem großen CT-Scanner aus der Humanmedizin nicht zu scheuen. Eine Implantatplanung ist implementiert, die allerdings momentan für den amerikanischen Markt konzipiert ist und noch geändert werden muss. Der Platzbedarf und das Gewicht sind im Vergleich zum Mitbewerber enorm, das Design wird mit Sicherheit noch überarbeitet.

Morita Veraviewepocs 3D

Morita gilt als der Pionier unter den dentalen DVT-Herstellern. Der Accutomo ist seit mehreren Jahren erfolgreich auf dem 3D-Markt vertreten und wurde jetzt zur IDS mit dem Veraviewepocs 3D ergänzt. Hierbei handelt es sich um ein OPG/FRS-System, das um eine 3D Volumentomographietechnik erweitert wurde (und auch nachträglich erweitert werden kann). Es ist von der Bauart mit Planmeca und orangedental vergleichbar. Das Volumen ist auch zylindrisch, aber mit 8 cm x 8 cm (mit dem großen Sensor) etwas klein. Die Voxelgröße hat einen festen Wert von 0,125 mm. Der Umdrehungswinkel beträgt 180 Grad mit einer Expositionszeit von 9,4 Sekunden, wobei sich hier die gleiche Abschattungsproblematik wie bei Planmeca ergeben kann. Die iDixel-Software beinhaltet 3D-Diagnostik und 3D-Volumendarstellung.

NewTom VG

NewTom ist auch als DVT-Hersteller schon länger am Dentalmarkt vertreten. Die bisherigen Geräte haben einen liegend positionierten Patienten, was zum einen eine sehr stabile Patientenfixierung mit daraus resultierend geringen Bewegungsartefakten bedeutet, aber auch einen hohen Raumbedarf am Aufstellungsort bedingt. Diese Geräte wurden nun durch den NewTom VG ergänzt, bei dem der Patient steht. Der FPD erzeugt auch hier ein zylindrisches Volumen mit 14 cm Durchmesser und 10 cm Höhe. Die Umlaufzeit ist mit 24 Sekunden angegeben, wobei 360 Bilder angefertigt werden. Der Volumendatensatz kann in die bewährte NewTom Diagnostik Software „PROFESSIONAL 3G“ exportiert werden, die alle Möglichkeiten einer 3D-Diagnose aufweist.

