

Gross, Stephan; Keller, Andreas; Krüger, U.:

Experimenteller Computertomograph für Forschung und Ausbildung

<i>Zuerst erschienen in:</i>	Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 46 (2001), S1, S. 478-479. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBM) im VDE ; 35 (Bochum) : 2001.09.19-21
<i>Erstveröffentlichung:</i>	2001
<i>Datum Digitalisierung:</i>	2009-08-06
<i>ISSN (online):</i>	1862-278X
<i>ISSN(print)</i>	0013-5585
<i>DOI:</i>	10.1515/bmte.2001.46.s1.478
<i>[Zuletzt gesehen:</i>	2019-12-06]

„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“

“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”

„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“

„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“



EXPERIMENTELLER COMPUTERTOMOGRAPH FÜR FORSCHUNG UND AUSBILDUNG

S. Gross¹, A. Keller¹, U. Krüger²

¹Institut für Biomedizinische Technik und Informatik, Technische Universität Ilmenau, Deutschland

²Strahlenschutzseminar in Thüringen e.V., Deutschland

stephan.gross@rz.tu-ilmenau.de

ZIELSETZUNG

Für die Aus- und Weiterbildung soll ein kleiner, experimenteller Computertomograph (CT) errichtet werden, an dem die Studenten ihr theoretisch erworbenes Wissen über die Funktionsweise und Rekonstruktionsalgorithmik eines CT im Praktikum vertiefen können. Wenn möglich sind die Geräteparameter des CT so auszuliegen, daß mit diesem auch Materialforschung oder das Testen von verschiedenen Rekonstruktionsalgorithmen, Phantomen, usw. durchführbar ist. Die hierzu notwendige Strahleneinrichtung soll so konzipiert und aufgebaut werden, daß mit einem hinreichenden gerätetechnischen Strahlenschutz keine zusätzlichen Strahlenschutzbereiche errichtet werden müssen und für die bisherigen beruflich strahlenexponierten Personen und für die Studenten im Praktikum keine Erhöhung der Strahlenexposition auftreten kann.

MATERIALIEN UND METHODEN

Ein medizinischer CT ist nicht für einen solchen Aufbau geeignet, da er viel zu teuer in seiner Beschaffung und Errichtung ist. Er erfordert ebenfalls zu seinem Betrieb erhebliche bautechnische, gerätetechnische, personelle und organisatorische Strahlenschutzmaßnahmen einschließlich der physikalischen und ärztlichen Überwachung der im Kontrollbereich Tätigen (Versuchsbetreuer, Praktikums Teilnehmer). Weiterhin bietet ein medizinischer CT wenig Eingriffsmöglichkeiten in seine sehr komplizierte Technik und man benötigt ein umfangreiches Wissen über seine Bedienung, wodurch eine anschauliche Verfahrensdemonstration verhindert wird und keine eigenen Applikationen verwirklicht werden können.

Es wurden daher existierende experimentelle CT an der RWTH Aachen, der FH Giessen, der FH Jena und der TU Dresden auf ihre Vor- und Nachteile hinsichtlich der zu erfüllenden Zielstellung untersucht. Die hauptsächlichsten Nachteile der untersuchten experimentellen CT waren die zu lange Dauer der Meßwertfassung und die durch die Detektorgeometrie verursachte grobe Bildauflösung des rekonstruierten Bildes. Wesentliches Hindernis für eine schnelle Meßdatenaufnahme war die Auslegung der CT nach dem Funktionsprinzip der 1. CT-Generation (RWTH

Aachen, FH Giessen, FH Jena). Sie nutzen aber Röntgenstrahlen bzw. ein radioaktives Isotop als Strahlenquelle, wodurch eine Vielzahl von Objekten untersucht werden können. Das Funktionsprinzip des experimentellen CT in Dresden beruht zwar auf der 3. CT-Generation, aber die Detektorgeometrie und die Verwendung von Licht als Strahlenquelle lassen keine hoch ortsauflösende Bildgebung zu. Außerdem wird die Auswahl von möglichen Phantomen durch den Einsatz einer optischen Strahlenquelle sehr eingeschränkt.

Die Bewertung ergab, daß ein experimenteller CT nach dem Funktionsprinzip der 3. CT-Generation realisierbar ist, mit dem Tomogramme mit einer hohen Ortsauflösung und mit einer ausreichenden Geschwindigkeit rekonstruiert werden können. Dazu müssen alle Vorteile der betrachteten CT in einem CT vereint werden.

Aus der Variantenbewertung resultierte ein Katalog mit Entwurfszielen, in dem wesentliche Parameter aufgelistet wurden, mit denen ein neuer wirklichkeitstreuere experimenteller CT zu realisieren ist (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Entwurfsziele für den neuen exper. CT

experimenteller CT	Entwurfsziel
Funktionsprinzip	3. CT-Generation
Objektdurchmesser	mindestens 140 mm
Schichtdicke	kleiner als 5 mm
Aufnahmezeit	kürzer als 5 Minuten
Bildmatrix	512x512
Strahlenquelle	Röntgenstrahler / radioaktives Isotop
Fokus-Detektor-Abstand	mindestens 500 mm
Detektor	CCD- oder Photodiodezeile in Verbindung mit einem Szintillator
Energiebereich (Detektor)	30 – 100 keV
Detektorbreite	mindestens 200 mm
Objektstisch	höhenverstellbarer Drehteller, schrittmotorangetrieben
Steuerung und Meßdatenauswertung	PC

Um diese Entwurfsziele zu verwirklichen, bedarf es einer guten Abstimmung aller wesentlichen Betriebs-

eigenschaften einer CT-Anlage (Strahlenerzeugungssystem, Abtastanordnung, Detektormaterial).

Als Strahlenquellen eignen sich sowohl Röntgenröhren als auch Radionuklide. Ideale Meßbedingungen lägen vor, wenn man die Absorption nur mit einer monochromatischen Strahlung messen könnte, womit die Energieabhängigkeit des Schwächungskoeffizienten μ nicht berücksichtigt werden müßte. Als Strahlenquellen kämen in diesem Fall nur radioaktive Isotope in Betracht. Es werden aber keine Isotope hergestellt, die eine Strahlung geeigneter Quantenenergie (60-100 keV) abgeben und über genügend hohe spezifische Aktivitäten verfügen. Weiterhin müßte der konstruktive Aufwand für den Strahlenschutz wesentlich höher ausfallen. Es wurden daher die Röntgeneräte des Röntgenlabores im Institut für Biomedizinische Technik und Informatik als Strahlenquelle eingesetzt. Somit entfielen die Kosten für die Anschaffung einer Strahlenquelle und der konstruktive Aufwand für den Strahlenschutz. Die Mechanik des CT wird aus dem Schaltraum gesteuert.

Die Abtastmechanik des CT wurde an die örtlichen Gegebenheiten angepaßt und besteht im wesentlichen aus einem Drehtisch für die Rotation des Untersuchungsobjektes und einem Lineartisch für die Höhenverstellung des Drehtisches. Die gesamte Detektor-Strahler-Anordnung ist starr gruppiert und das Meßobjekt wird gedreht. Somit ist das grundsätzliche Prinzip eines CT in gleicher Weise realisierbar und es kann eine Vergrößerungstechnik zum Einsatz kommen, weil der Detektor-Drehpunkt-Abstand verändert werden kann. Die Abtastanordnung wurde im wesentlichen mit Modulen der Firma "Isel Automation KG" aufgebaut.

Als Detektor wurde eine Röntgenzelle der Firma NTB GmbH ausgewählt, denn diese erfüllt alle Eigenschaften, die ein Detektor für die Computertomographie vorweisen muß:

- optimale Quanteneffizienz für minimale Dosis
- hohe örtliche Auflösung (5 LP/mm)
- Meßwertstabilität über längere Aufnahmezeiten
- Möglichkeit einer Kalibrierung
- Einstellung der Aufnahmeparameter (Integrationszeit, Pixelbinning, Linebinning)

ERGEBNISSE

Alle Punkte des Anforderungskataloges (Tab. 1) konnten mit den beschriebenen Modulen realisiert werden. Die Meßdatenaufnahme und Bildbereitstellung erfolgt in weniger als 4 Minuten. Der maximal mögliche Objektdurchmesser beträgt 200 mm. Der Detektor hat eine Ortsauflösung von 5 LP/mm. Die strahlenempfindliche Detektorlänge beträgt 314 mm und durch die Selbstkollimation des Detektors ist eine Schichtdicke kleiner 5 mm einstellbar.

Mit einer ersten Software wurden Bilder mit Algorithmen der gefilterten Rückprojektion mit 1024x1024 Bildpixeln und einem Auflösungsvermögen kleiner als 1 mm rekonstruiert (siehe Abb. 1).

SCHLUSSFOLGERUNGEN:

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, ist der Ilmenauer CT von seinen Geräteeigenschaften nicht nur für die studentische Ausbildung geeignet, sondern auch für die Materialforschung sowie die Erprobung von Phantomen für die Computertomographie (z.B. Auflösungsphantome). Es können sowohl Meßdaten für Tomogramme als auch für planare Röntgenbilder aufgenommen werden.

Die Funktionsweise des CT basiert auf der 3. CT-Generation. Dadurch ist es möglich, in kurzer Zeit Meßdaten von einer Vielzahl von Untersuchungsobjekten aufzunehmen. Die gewählte Detektorgeometrie gewährleistet eine hohe Ortsauflösung des rekonstruierten Tomogrammes. Die wesentlichen Aufnahmeparameter sind einstellbar, wodurch ihr Einfluß auf das CT-Bild im Praktikum analysierbar ist.

Erste grundlegende Algorithmen (gefilterte Rückprojektion) wurden in einer Software implementiert. Ferner ist eine Spiral-CT-Technik sowie eine 3D-Rekonstruktion von Phantomen realisierbar.

LITERATURHINWEISE

- [1] E. Krestel, *Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik*, Siemens Eigenverlag, 2. Auflage, 1988
- [2] W. A. Kalender, *Computertomographie – Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität*, Publicis MCD Verlag, 1. Auflage, 2000

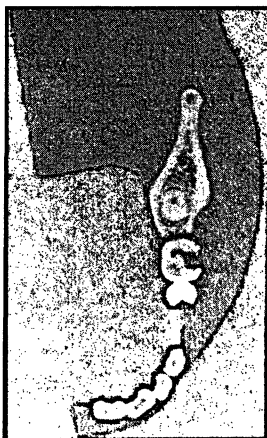


Abbildung 1: Tomogramm durch den Ober- und Unterkiefer eines Viertelschädels (Ausschnitt). Filter: Ramp; Projektionen: 8; Detektoren: 1850 (Pixelbinning: 2); Bildpixel 1024x1024