

Teilprojekt P1

Kontrast, Dosis, räumliche und zeitliche Auflösung in der CT mit Schwerpunkt auf Mikro-CT an Kleintieren

Willi A. Kalender

Institut für Medizinische Physik
Universität Erlangen-Nürnberg

Ergebnisse aus Phase I - Ziele und Lösungsansätze für Phase II

Optimierung von Kontrast, Rauschen, Ortsauflösung und Dosis

Kontraste für Weichgewebe, Skelett und Verkalkungen und Kontrastmittel sowie das Rauschen für unterschiedliche Objektgrößen wurden durch Simulationen und Messungen bestimmt [Kalender et al. 2009]. Zugehörige 3D-Dosisverteilungen wurden über Monte-Carlo-Rechnungen ermittelt [Deak et al. 2008]. Als Optimierungsparameter für die Wahl des Spektrums wurde das auf die Dosis normierte Signal-zu-Rausch-Verhältnis gewählt (Abb. 1). Hieraus ergibt sich ein hohes Potential der Dosisreduktion bzw. der Nutzung der verfügbaren Röntgenleistung. In Phase II sollen optimale Scanparameter für Weichgewebs-, Knochen- und Kontrastmitteldarstellung an „maus-ähnlichen“ Phantomen unterschiedlicher Größe und unter Berücksichtigung neuer Detektortechnologien, insbesondere CdTe-Direktkonverter, ermittelt werden. Untersuchungen zu neuen, im experimentellen Stadium befindlichen Kontrastmitteln werden, z.B. für Wismut (Z = 83) und Gold (Z = 79), in diese Arbeiten einbezogen.

Dosisangaben für Mikro-CT an Kleintieren

Monte-Carlo-Programme [Deak et al. 2008] wurden für die Mikro-CT an Kleintieren angepasst. Damit können 3D-Dosisverteilungen für beliebige Untersuchungsprotokolle erstellt werden (Abb. 2). In Phase II sollen daraus abgeleitete Nachschlagetabellen/-programme zur Dosisermittlung entwickelt und bereit gestellt werden, da entsprechende Informationen bisher kaum verfügbar sind.

Dynamische CT und zeitliche Auflösung

Die zeitliche Auflösung stellt allgemein einen Schwachpunkt der Mikro-CT dar. Mit dem von der DFG bereit gestellten neuen schleifringbasierten „Dual Source“ Mikro-CT (μ DSCT) stehen neue Leistungswerte zur Verfügung, die mit objektiven Maßen der zeitlichen Auflösung [Ertel et al. 2008] und über die Analyse von Kontrastmittel-konzentrationskurven untersucht wurden. Hierfür wurde insbesondere auch ein Perfusionsmodell zur Bestimmung von Perfusionswerten [Konerth et al. 2008]. Damit sind objektive und reproduzierbare Tests und Vergleiche unterschiedlicher Scanprotokolle und Scanner möglich (Abb. 3). In Phase II wird ein Schwerpunkt auf dynamische CT, Perfusionsmessungen und neue Ansätze zur Verbesserung der zeitlich-räumlichen Auflösung gelegt. Hierbei sind die Kooperation mit den MR-Arbeitsgruppen in der Forschergruppe, aber auch mit externen Partnern (CA Mistretta, University of Wisconsin) vorgesehen.

Zwei-Spektren-CT

Das μ DSCT-Gerät bietet hervorragende Möglichkeiten für Zwei-Spektren-Aufnahmen. In Phase I wurden in enger Kooperation mit P2 die notwendige Methodik und Software für materialspezifische Messungen entwickelt (Abb. 4). In Phase II stehen Anwendungen und die Optimierung bezüglich Wahl der Spektren, Dosis und Nachverarbeitung und die Bewertung neuer Detektortechnologien an, insbesondere aktuell bezüglich integrierender und photonenzählender CdTe-Direktkonverter.

Untersuchungen zur Diagnostik des Mammakarzinoms

In Phase II sollen technologische Konzepte für Kleintier- und Patientenuntersuchungen zur Diagnostik des Mammakarzinoms entwickelt und an Mausmodellen (Abb. 5) untersucht werden [Kalender 2008].

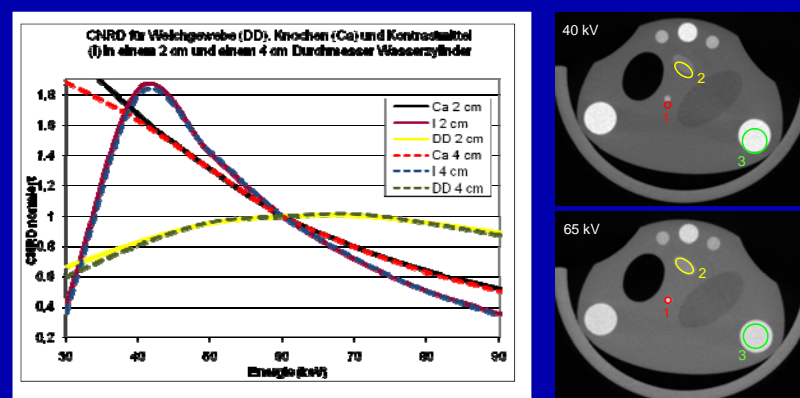


Abb. 1: Bestimmung optimaler Spektren für Mikro-CT. Für die Darstellung von Materialien mit niedriger (Weichgewebe, Dichteunterschiede) und hoher Ordnungszahl (Knochen, Kontrastmittel) sollten unterschiedliche Spektren gewählt werden, um das gewünschte Rauschniveau mit niedrigst möglicher Dosis zu erreichen..

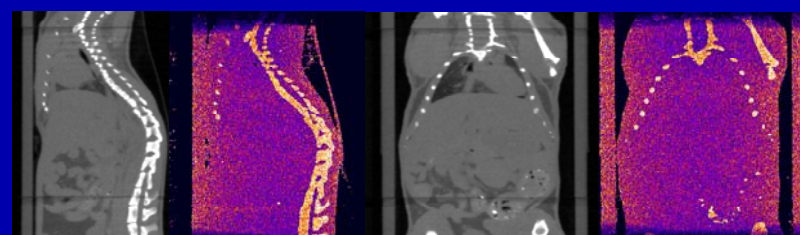


Abb. 2: 3D-Dosisverteilungen in einer Maus bei Untersuchung mit 40 kV.

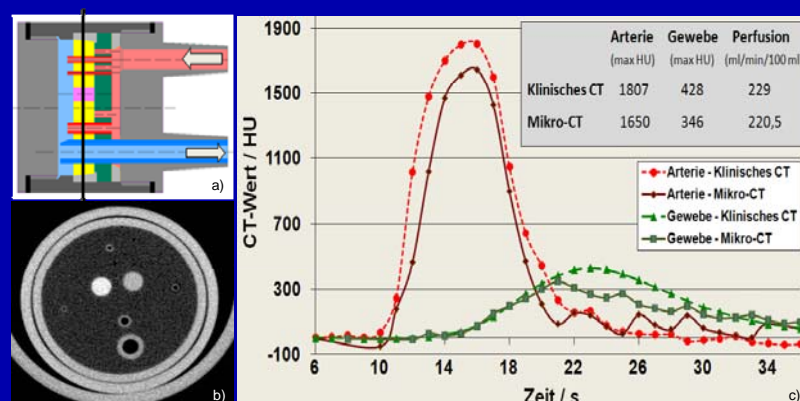


Abb. 3: Die zeitliche Auflösung wurde auch mit einem Perfusionsmodell (links) abgeschätzt. Dabei konnte zum Beispiel qualitativ nachgewiesen werden, dass Mikro-CT die Kontrastmitteldynamik ähnlich aufzeichnen kann wie die klinische CT (rechts).

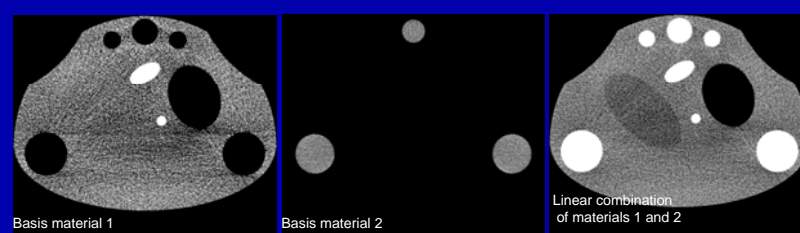


Abb. 4: Zwei-Spektren-CT mit Mikro-CT erlaubt die getrennte Messung und Darstellung unterschiedlicher Materialien und beliebige Kombinationen dieser Daten.



Abb 5: Mikro-CT-Untersuchung einer Maus drei Wochen nach Transplantation von Tumorzellen. Die angewachsenen Tumore kommen morphologisch gut zur Darstellung, für eine zuverlässige Größen- und Verlaufskontrolle sind aber die Entwicklung und der Einsatz geeigneter Kontrastmittel und Scannertechnologie erforderlich.

Veröffentlichungen aus Teilprojekt P1 in Phase I

- P. Deak, M van Straten, PC Shrimpton, M Zankl, WA Kalender (2008) Validation of Monte Carlo tool for patient-specific dose simulations in multi-slice computed tomography. Eur Radiol 18: 759-772
- Ertel D, Kröber E, Kyriakou Y, Langner O, Kalender WA. Modulation transfer function-based assessment of temporal resolution: Validation for single and dual-source CT. Radiology 2008; 248: 1013-1017
- WA Kalender (PI; 2008) Dedicated CT of the female breast: Feasibility, optimisation and comparison to competing imaging modalities (EU Rahmenprogramm 7; Az. FP7-213153;2008-2010)
- WA Kalender, Y Kyriakou (2007) Flat-detector computed tomography (FDCT). Eur Radiol 17(11): 2767-2779
- WA Kalender, P Deak, M Kellermeier, M van Straten, SV Vollmar, S Wilharm (2009) Optimization of x-ray spectra for CT. Med Phys 36:993-1007
- Konerth L, Loibl M, Dabkowski A, Ertel D, Karolczak M, Kalender WA. A Dedicated Perfusion Model for Micro-CT Imaging. Molecular Imaging 2008, Dresden
- R Lapp, Y Kyriakou, M Kachelrieß, S Wilharm, WA Kalender (2008) Interactively variable isotropic resolution in computed tomography. Phys Med Biol 53(10): 2693-2713
- SV Vollmar, WA Kalender (2009) Reduction of the female breast as a result of spectral optimization for high-contrast thoracic CT image: a phantom study. Brit J Radiol (in press)