

# Vom Nutzen eines 4k x 4k Detektors für die Computertomographie

Bernhard ILLERHAUS<sup>1</sup>, Karsten EHRIG<sup>2</sup>, Andreas STAUDE<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin  
<sup>2</sup> ehemals: siehe<sup>1</sup>

**Kurzfassung.** Bisher wird in  $\mu$ CT-Anlagen häufig ein 2k x 2k Detektor verwendet, für viele Untersuchungen reicht es auch aus, eine schnelle Messung mit 1k x 1k durchzuführen. Mit dem jetzt verfügbaren 4k x 4k Detektor verbessert sich die Volumenauflösung im Tomogramm nochmal um den Faktor acht. Kann man hier die gleiche Qualität erwarten? Ist die angegebene Ortsauflösung erreichbar? Ist die Datenflut noch mit einem Standard-PC zu bearbeiten? Wie lange dauert die Rekonstruktion? Was sind die Anforderungen, die an die verwendeten Röntgenröhren zu stellen sind? Muß die Meßzeit dann auch um den Faktor acht (oder sogar 16) länger sein?

## Hard- und Software

Viele der heute noch verwendeten Steuerungsprogramme für CT-Anlagen basieren noch auf 32Bit Software. Auch für die in der BAM verwendete Software erschien zunächst das vollständige Umsetzen auf 64Bit als eine große Hürde für die Inbetriebnahme des Detektors. Daher haben wir uns für das Einbinden der 32Bit Version der PerkinElmer Library entschlossen, obwohl der Rechner selbst ein 64Bit Betriebssystem hat. Der Rechner ist ein Dual Core und besitzt auch nur 4GB Arbeitsspeicher. Da wir weiterhin mit der 32Bit Version arbeiten wollen, sollte das Programm auch kleiner als 2GB sein (Betriebssystem Windows 7, CPU 6600 mit 2,4GHz). Dementsprechend wurde auch die ursprünglich verwendete Entwicklungsumgebung benutzt, um eine möglichst große Kompatibilität zu erhalten. Der Compiler Borland Studio 5 ist veraltet und wird auch nicht mehr gepflegt. Daher ist eine Geschwindigkeitsoptimierung für den verwendeten neueren Computer nicht möglich. Die gemessenen Zeiten sind also auch durch diese Faktoren begrenzt, wir werden unser Programm daher an einen zeitgemäßen Compiler anpassen. Während der Tomographie wurde nie mehr als 1,5GB Arbeitsspeicher gebraucht. Zur Übertragung der Daten vom Detektor wird ein Glasfaserkabel verwendet, die dazugehörige Karte benötigt einen entsprechenden Steckplatz im Computer. Wird der Detektor fortlaufend ausgelesen und das Bild gleichzeitig am Bildschirm dargestellt, konnten wir eine gesamte Bearbeitungszeit von 120 $\mu$ s bis 150 $\mu$ s messen. Wird über vier Bilder, bei voller Größe, gemittelt, so ergab sich eine Zeit von an die 500 $\mu$ s. Ein Datensatz mit 4800 Winkeln bei voller Größe ergibt eine Dateigröße von 152GB. Für den Datentransfer innerhalb der BAM zum Rekonstruktionsrechner werden 40min benötigt, eine schnellere Datenleitung ist aber durchaus möglich.

Neben dem verwendeten Computer ist das wesentliche Element hier die Röntgenröhre, da im Allgemeinen die Verkleinerung der Einzeldetektorfläche zu einer

Verringerung der nachgewiesenen Intensität und damit zu einer Verschlechterung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses führt. Hier wurde eine Nikon Basis-Mikrofokusröhre mit wahlweise einem Reflexionstarget und einem Drehanodentarget verwendet. Die Leistung beider Röhrenkonstellationen ist in [1] wiedergegeben.

## **2. Probenauswahl**

Um den Detektor zu beschreiben, haben wir bewußt auf die Bestimmung von Kennzahlen, wie der Modulationsübertragungsfrequenz, verzichtet, sondern haben zwei Proben ausgewählt, die für unterschiedliche Nutzung in der CT stehen: einmal eine die Röntgenstrahlung sehr gering schwächende Probe aus Aluminiumschaum, die sich als sehr gutes Testobjekt für die lokale Ortsauflösung bewährt hat, und eine stärker schwächende Probe aus Beton mit 3cm Durchmesser, die für die aktuelle Problematik der Rißerkennung steht. Diese Entscheidung fiel, nachdem das erste Bild des Aluminiumschaums rekonstruiert war. Für den Aluminiumschaum stehen eine alte Vergleichsmessung mit 1k x 1k und eine aktuelle Tomographie mit 2k x 2k zur Verfügung, bei der Betonprobe nur eine mit dem aktuellen 2k x 2k Detektor.

## **3. Tomogramme**

Die folgenden Bilder geben die Tomogramme wieder, die mit den in der nachfolgenden Tabelle gemessenen Parametern entstanden. Der Aluminiumschaum und der Beton wurden mit beiden Detektoren (PerkinElmer 1611 und 1621) gemessen. Zudem wurde zwischen Rotationstarget und Reflexionstarget variiert.

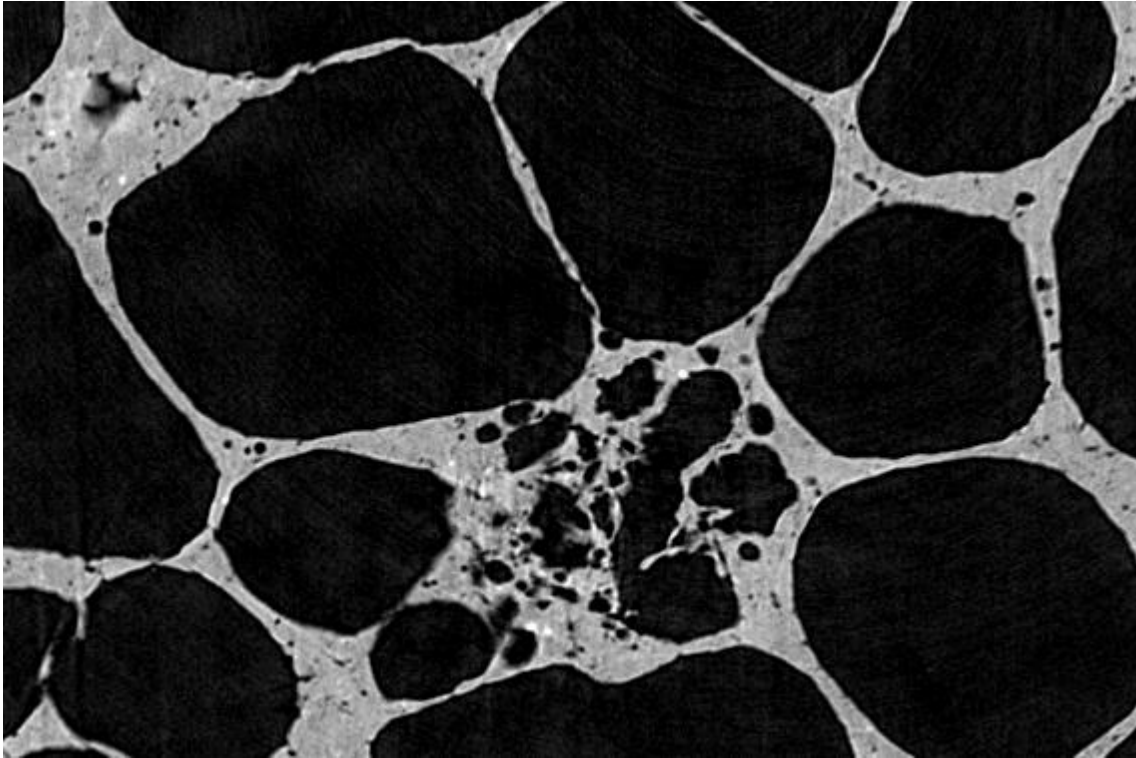
## **4. Ergebnisse**

Wider Erwarten gab es keine Schwierigkeiten bei der Einbindung des 4k x 4k Detektors (PerkinElmer1611) in die alte 32Bit Software. Der einzig notwendige Schritt ist der Austausch der mitgelieferten Softwarebibliotheken. Bei der Hardware ist für den 4k x 4k Detektor unbedingt eine Datenübertragung per Glasfaser zum Detektor notwendig, eine entsprechende Karte wird mitgeliefert. Mit dem hier verwendeten alten Compiler kann eine Ausleserate von 0,5s pro Bild bei einer Mittelung über 4 Aufnahmen erreicht werden.

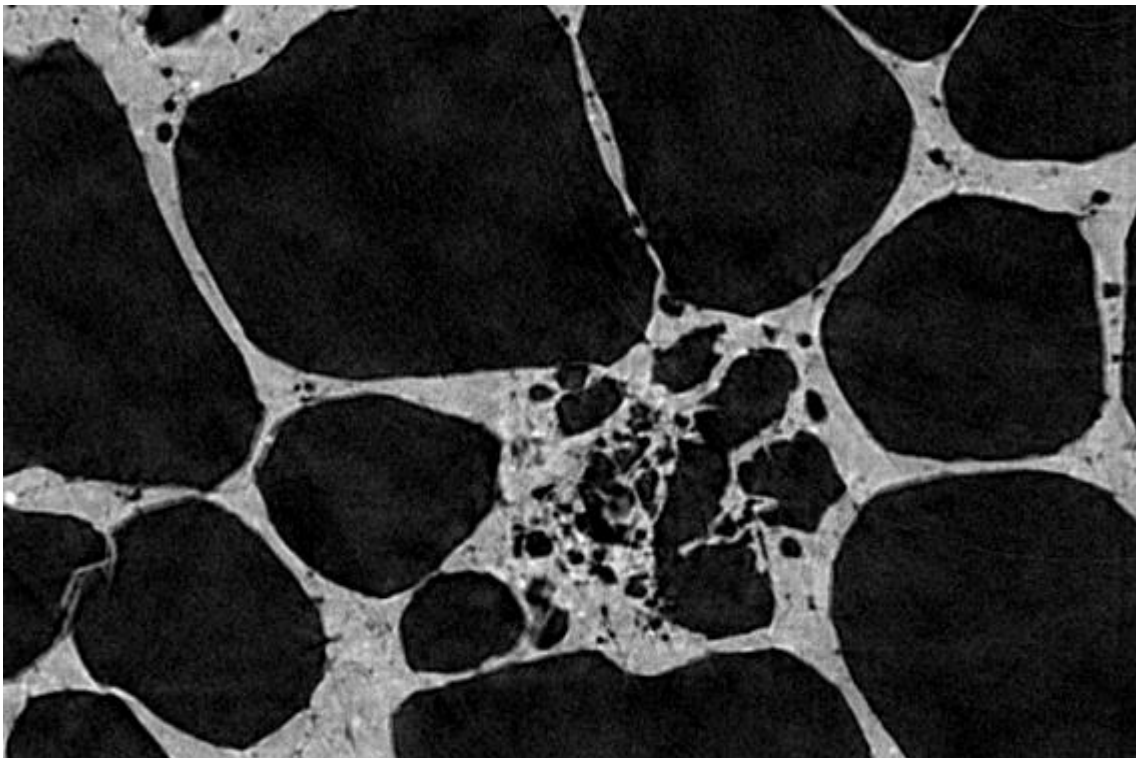
Die Meßzeiten pro Tomogramm sind zu denen des 2k x 2k Detektors (PerkinElmer 1621) vergleichbar, Datenübertragungszeiten (152GB) und Rechenzeiten erhöhen sich linear, für die Übertragung an den Rekonstruktionsrechner wurden 40min (bei 2k 8min) benötigt.

Bei den hier verwendeten Röntgenröhren [1] läßt sich ein ähnliches Signal-zu-Rausch-Verhältnis bei Verwendung des 4k x 4k wie bei dem 2k x 2k Detektor trotz kleinerer Pixel erreichen. Bei beiden Detektoren ergibt sich eine Ortsauflösung des Schattenbildes, die nur von der Pixelgröße bestimmt ist.

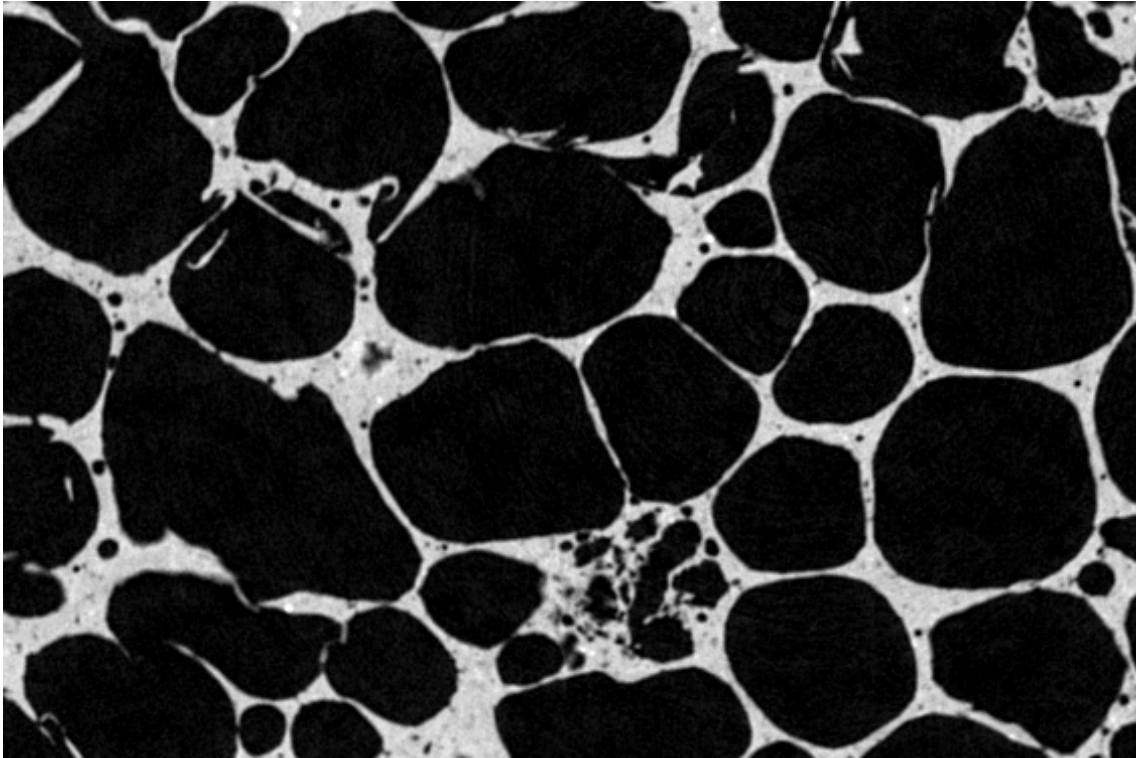
Sowohl die verwendete Drehanodenröhre als auch die Reflexionstargetröhre ergaben ausreichend Leistung. Leider hat die Drehanodenröhre eine intrinsische Vorfilterung (3,5mm Al!), so daß zum Erreichen der notwendigen Leistung die Spannung erhöht werden muß. Bei gering schwächenden Materialien ergibt sich dadurch ein verringerter Absorptionskontrast.



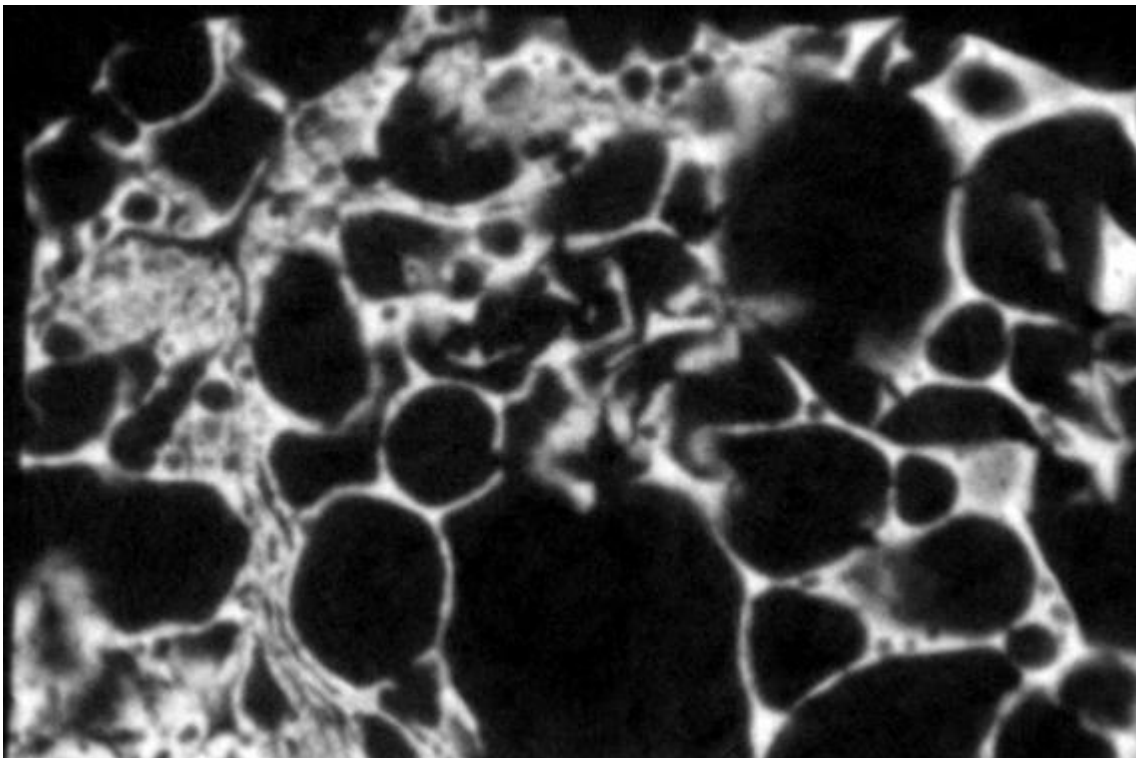
**Abb. 1.** Aluminiumschaum, Bildausschnitt 4k x 4k Detektor, Drehanodenröhre.



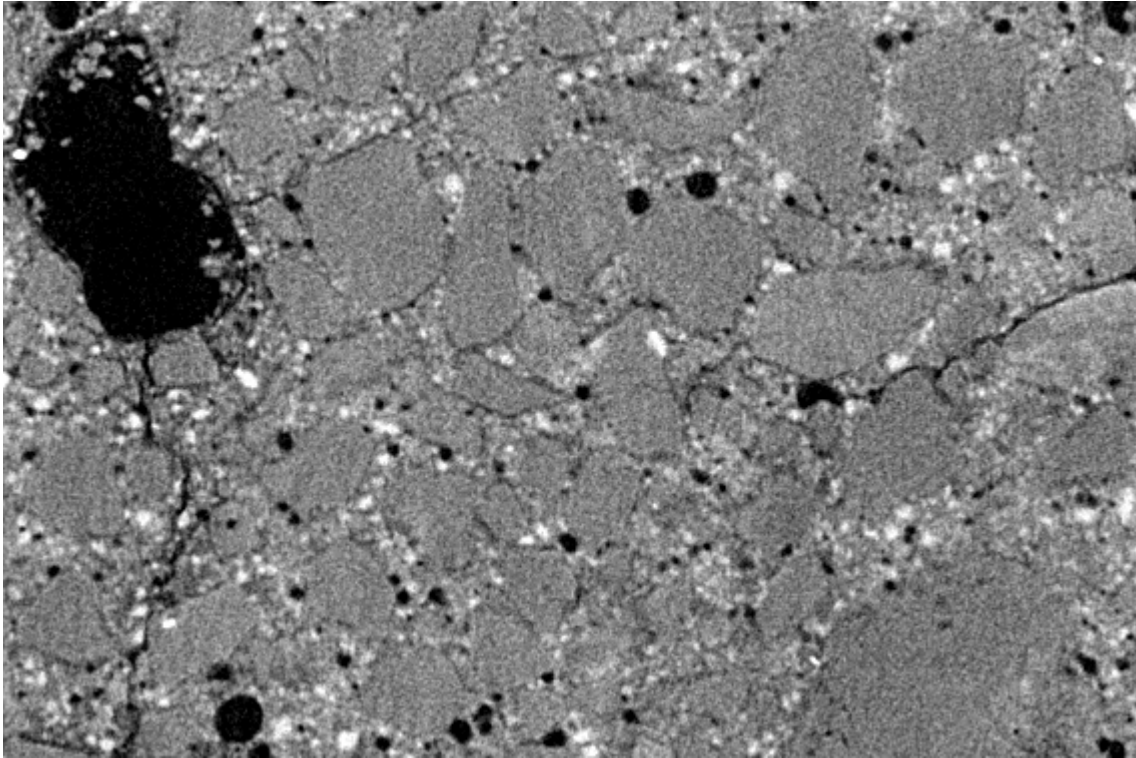
**Abb. 2.** Aluminiumschaum, Bildausschnitt 4k x 4k Detektor, Reflexionstarget.



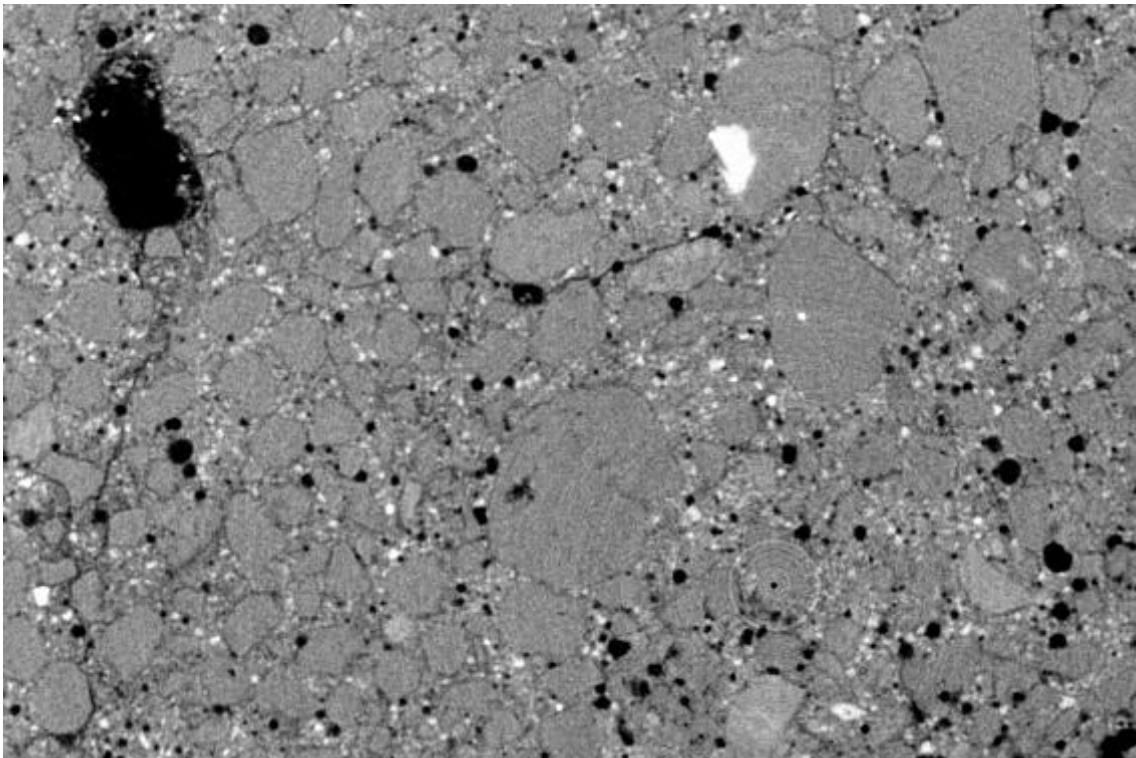
**Abb. 3.** Aluminiumschaum, Bildausschnitt 2k x 2k Detektor, Reflexionstarget.



**Abb. 4.** Aluminiumschaum, Bildausschnitt 1k x 1k Reflexionstarget, aber andere Probe.



**Abb. 5.** Betonprobe, Bildausschnitt 4k x 4k Drehanodentarget.



**Abb. 6.** Betonprobe, Bildausschnitt 2k x 2k Reflexionstarget.

Alle Abbildungen sind in 100% Pixelauflösung wiedergegeben.

**Tabelle 1. Meßparameter**

	<b>Abb. 1</b>	<b>Abb. 2</b>	<b>Abb. 3</b>	<b>Abb. 4</b>	<b>Abb. 5</b>	<b>Abb. 6</b>
Röhre	Nikon 225 Rotation	Nikon 225 Reflex	225 Reflex	XRayWorX 225 Reflex	Nikon 225 Rotation	XRayWorx 225 Reflex
Detektor	1611	1611	1k x 1k CCD	1621	1611	1621
kV	150	100	120	100	190	130
µA	200	160	200	160	150	160
Meßzeit pro Winkel	4x1s	2s	14s	2s	4x1s	10x2s
Vorfilter	3,5mmAl	1mmAl	0,5mmAl	1mmAl	3,5mmAl	1mmCu
Absorption	1,83	3,36	2,0	2,2	9,1	5,6
SNR	194	176	–	221	197	265
Winkel	4800	3600	720	2400	4800	2400
Meßzeit	5,3h	2h	2,8h	1,3h	5,3h	13,3h
Pixelgröße	9µm	9µm	40µm	17µm	9µm	16µm
Detektor Verstärkung	0,25pF	0,5pF		0,4pF	0,25pF	0,4pF
Digits Pro Winkel	31000 in 1s	44000 in 2s		35000 in 2s	33000 in 1s	12000 in 2s

Die hier verwendete CT-Anlage ist ursprünglich für einen 1k x 1k Detektor gebaut worden. Die erhöhten Anforderungen an die Positioniergenauigkeit des Detektors, (+/- 20µm) erfordern eine Überarbeitung des Detektorpositioniergestells mit besseren Justiermöglichkeiten. Daher sind in den Bildern Justierfehler sichtbar.

## Referenzen

[1] B. Illerhaus and Y. Onel. "Mehr Strom oder mehr Spannung, ein Vergleich drei Röntgenröhren in der CT". *DGZfP-Jahrestagung 2014 (Proceedings)*. 2014. pp. Di.1A.1, 1-9.