

Schnelle CT mit medizinischer High-power Röntgenröhre

Karsten SCHÖRNER, Jürgen STEPHAN, Christian WATZL
Siemens AG Corporate Technology, München

Kurzfassung

Medizinische Röntgenröhren bieten sehr hohe Strahlleistungen, insbesondere im gepulsten Betrieb (bis ca. 86kW maximale Pulsleistung). Auf der anderen Seite sind sie bezüglich ihrer Röntgenenergien unterhalb herkömmlicher Industriestrahler anzusiedeln. Wir berichten über erste Erfahrungen mit einer High-power Röntgenröhre von Siemens Healthcare und über den Aufbau eines schnellen CT-Systems mit dieser Röntgenröhre. Fragen zu dem Pulsbetrieb, zu der Synchronisierung mit der Detektoraufnahme, der Bildqualität sowie der Anzahl notwendiger CT-Projektionen werden erörtert. Es werden dabei auch verschiedene Anwendungsmöglichkeiten im Inline-Bereich betrachtet.

Fast-CT mit medizinischer High-power Röntgenröhre

Überblick

- Vorstellung der Röntgenröhre „Megalix Cat Plus“
- Laboraufbau Fast-CT
- CT-Beispiele
- Zusammenfassung und Ausblick

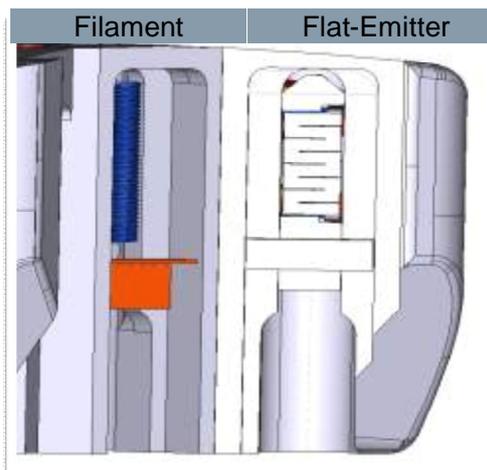
High-power Röntgenröhre von Siemens Healthcare MEGALIX Cat Plus mit Flat-Emitter Technologie

MEGALIX Cat Plus

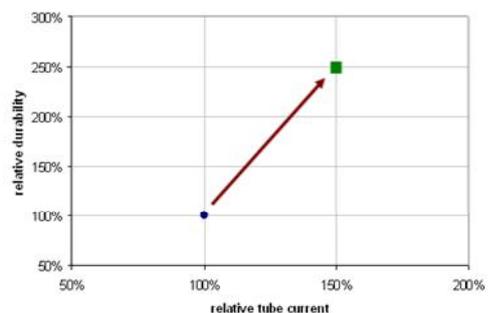
- Schnelle Scans durch hohen Röhrenstrom
Verbesserter Output: 250 mA
- Hohe Auflösung durch reduzierte Fokusgröße
F1: Kleiner Fokus: 0.4mm x 0.4mm
F2: Großer Fokus: 0.8mm x 0.8mm
- Erhöhte Strahlleistung durch verbesserte Kühlung
Max. 2.9kW im kontinuierlichen Strahlungsbetrieb
- Max. 125kV, max. 60Pulse/s



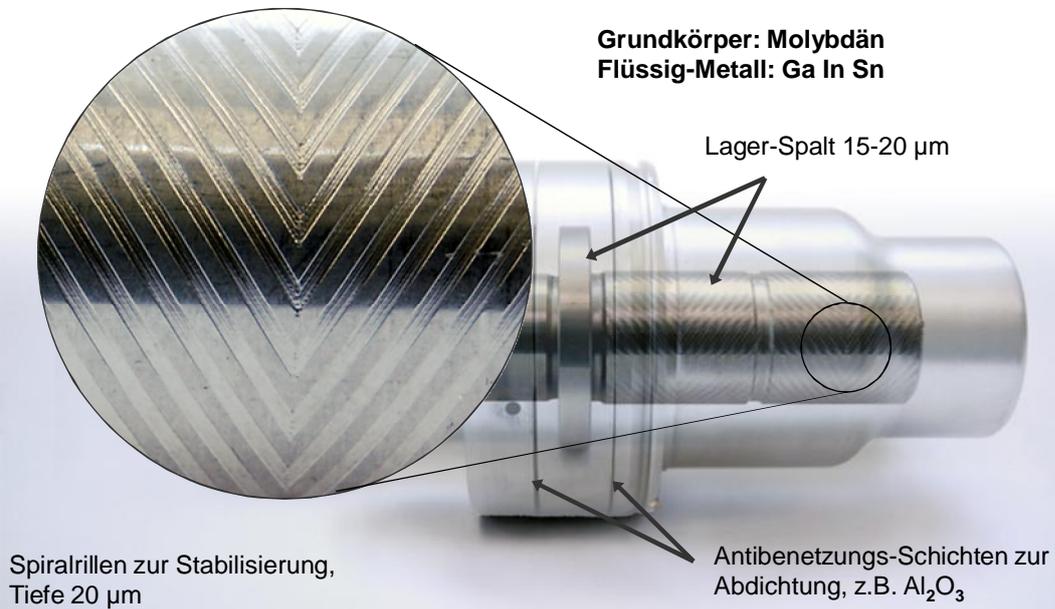
Flat-Emitter Technologie zur Elektronenerzeugung



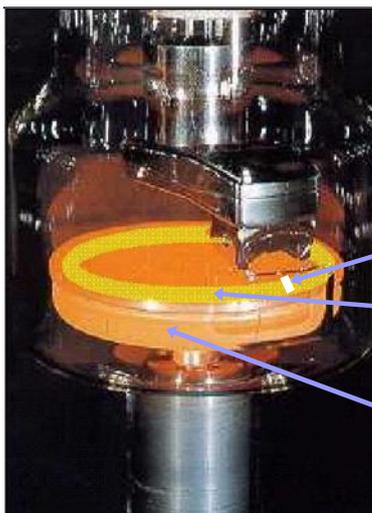
- Bis max. 250mA Röhrenstrom
- Größere Ströme ermöglichen schnellere Scans und somit größeren Durchsatz.
- 2.5-fach verlängerte Lebensdauer des Flat-Emitters im Vergleich zum Filament



Ausführungsbeispiel: Flüssigmetall-Gleitlager



Wärmekapazität der Drehanode Verschiedene Betriebstemperaturen



Drehanode in Betrieb

Brennfleck-Temperatur
ca. 2600°C

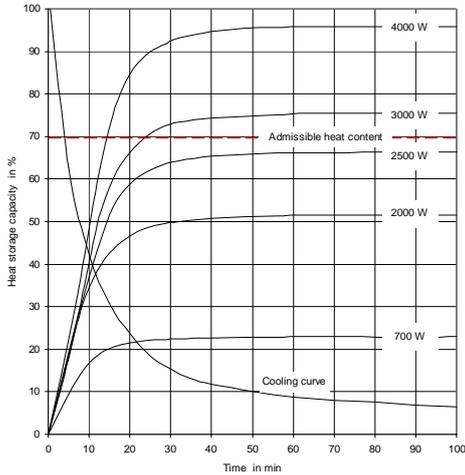
Brennbahn-Temperatur
ca. 2000°C

Teller-Grundtemperatur
ca. 1200°C

Wärmekapazität der Drehanode

Dauerbelastung: bis max. 2.9kW

Serienbelastung



Statt Dauerbelastung auch Serien begrenzter Länge möglich, danach Abkühlphase:

Series duration (IEC 60613:1989)	Series duration (IEC 60613:1989)												
	1 s	2 s	4 s	6 s	10 s	16 s	20 s	25 s	40 s	63 s	100 s	120 s	600 s
50	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	28.4	27.6	26.5	22.0
100	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6	29.3	29.2	29.0	28.4	27.6	26.5	26.2	22.0
150	28.9	28.8	28.6	28.5	28.3	27.9	27.7	27.4	26.6	25.6	24.1	23.3	18.4
200	27.9	27.4	26.8	26.4	25.8	25.1	24.8	24.4	23.3	22.0	20.3	19.5	14.6
250	27.0	26.6	24.6	23.8	23.6	22.7	22.2	21.7	20.4	19.0	17.2	16.3	11.3
300	26.2	24.7	23.1	22.2	21.6	20.5	20.0	19.4	18.1	16.5	14.7	14.0	8.0
350	25.4	23.6	21.7	20.7	19.9	18.6	18.0	17.4	15.9	14.4	12.6	11.9	7.5
400	24.7	22.6	20.5	19.4	18.3	17.0	16.3	15.7	14.2	12.6	10.9	10.0	7.0
450	24.1	21.7	19.5	18.3	17.0	15.6	14.9	14.2	12.7	11.1	9.5	8.8	6.3
500	23.6	21.0	18.6	17.2	15.8	14.3	13.6	12.9	11.4	9.8	8.3	7.6	5.6
550	23.1	20.3	17.8	16.3	14.8	13.2	12.5	11.6	10.3	8.8	7.4	7.0	5.1
600	22.6	19.7	17.0	15.5	13.8	12.2	11.5	10.7	9.3	7.8	6.6	6.4	4.6
650	22.1	19.1	16.3	14.2	13.0	11.4	10.6	9.9	8.4	7.0	5.8	5.3	4.3
700	21.6	18.5	15.5	14.0	12.2	10.6	9.8	9.1	7.6	6.3	5.2	4.8	3.9
750	21.2	18.0	15.0	13.4	11.5	9.9	9.1	8.4	6.9	5.7	4.7	4.3	3.7
800	20.9	17.6	14.5	12.8	11.0	9.3	8.5	7.8	6.3	5.2	4.2	3.7	3.4
1000	18.8	15.8	13.1	11.6	9.7	8.0	7.5	6.6	5.2	4.2	3.6	3.2	3.0

Beispiele zu Dauerbetrieb und Pulsconfiguration

Beispiel: Megalix - kleiner Fokus (0.4mm) – Max. Leistung 3kW – Pulsbetrieb ohne zeitliches Limit

Frames / s	t _{frame} [ms]	t _{pulse} [ms]	Effektiver Load	Puls I _{max} [mA]	#El./Puls [mC]	t _{scan} [s]
1	1000	1000	100%	25	25	1000
10	100	10	10%	250	2,5	100
30	33	5	15%	165	0,825	33
100	10	3	30%	83	0,25	10

Faktor 30

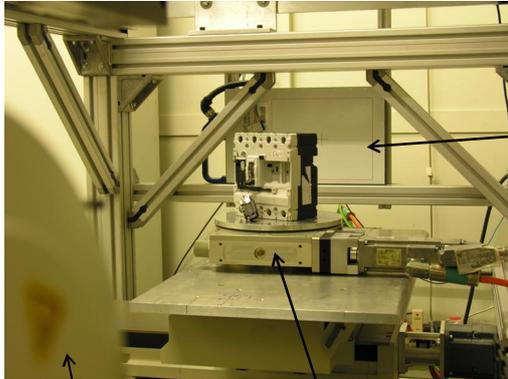
Beispiel: Industriestrahler - Fokus (0.4mm) – Max. Leistung 1kW (Dauerstrichbetrieb)

Frames / s	t _{frame} [ms]	t _{pulse} [ms]	Load	I _{max} [mA]	#El./Puls [mC]	t _{scan} [s]
1	1000	1000	100%	8	8,33	1000
10	100	10	100%	8	0,08	100
30	33	5	100%	8	0,04	33
100	10	3	100%	8	0,03	10

Faktor 20

Laboraufbau Fast-CT

Fotoaufnahme: Laboraufbau



Megalix-Röhre

Drehteller
(kontinuierliche Rotation)

Verwendeter Detektor:
Varian Paxscan 2520E+



- Detektionsfläche: 244 x 195 mm²
- 1920 x 1536 Pixel
- 127 µm Pixelpitch
- Framerate:
 - 10 fps (im 1x1-bin Mode)
 - 30 fps (im 2x2-bin Mode)

CT-Beispiele: Aufnahmeparameter

Aufnahmeparameter der nachfolgend gezeigten Fast-CT Beispiele:

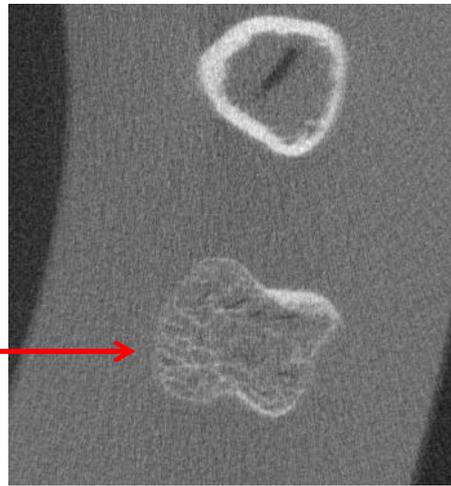
- **Megalix-Röntgenröhre:**
 - 120kVp, 160mA, Vorfilter 0.2mm Cu, kleiner Fokus
 - Puls: 4ms Dauer, 10 Pulse/s (wegen Detektorgeschwindigkeit 10fps)
- **Varian-Detektor:**
 - 1x1 Binning Mode, d.h. 127µm Pixelpitch
 - 10fps
- **CT-Setup:**
 - SOD = 135cm, SDD = 181cm → Vergrößerung M = 1.35
 - 360°-Rotation und Aufnahme von 720 Projektionen → **Scanzzeit dadurch 72s**
- **CT-Rekonstruktion:**
 - Cera FDK

Vergleich der beiden Fokusgrößen in CT-Beispielen

Großer Fokus (0.8mm)



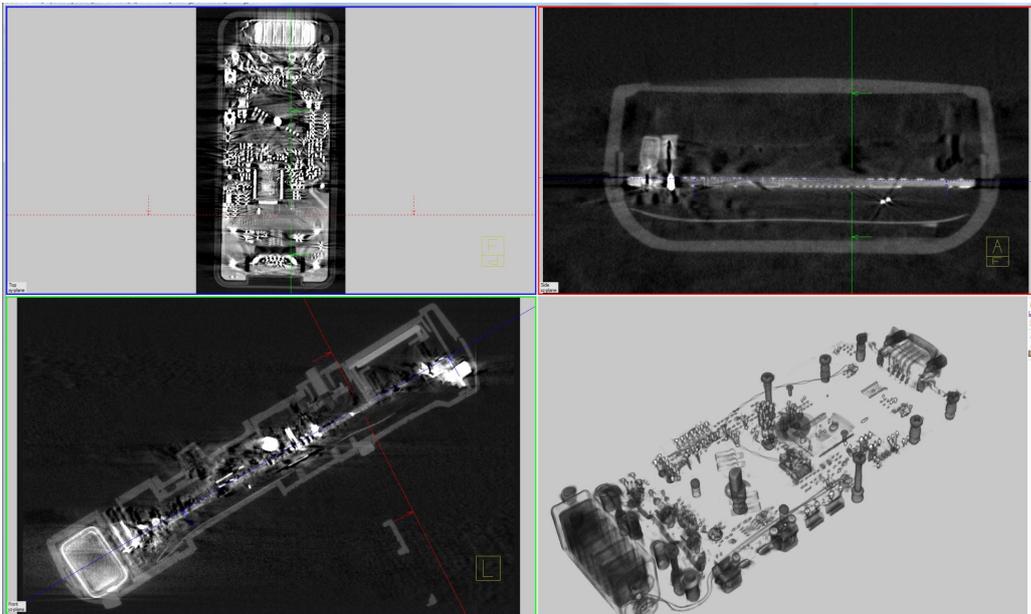
Kleiner Fokus (0.4mm)



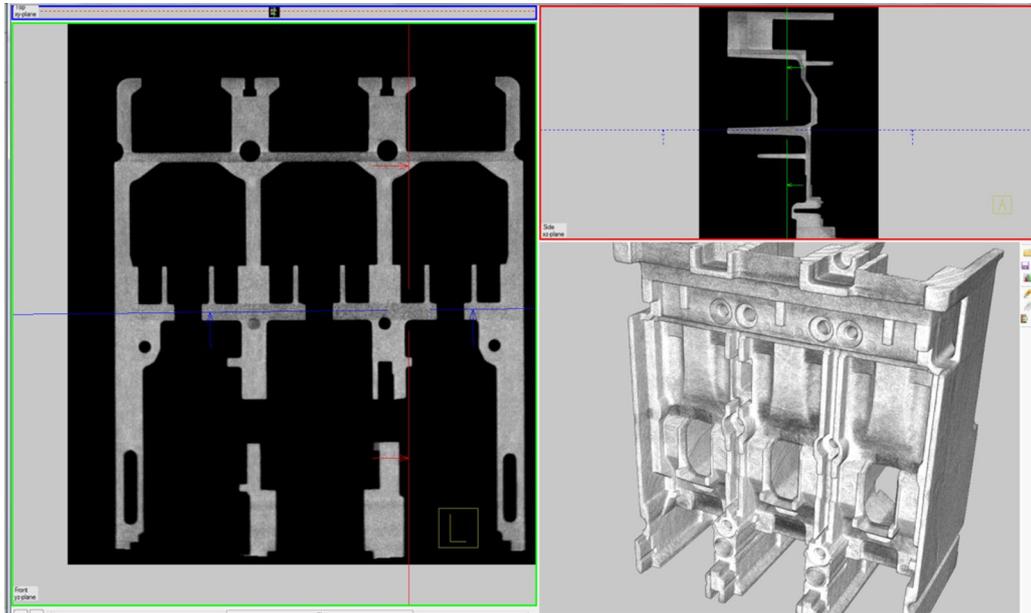
Deutliche
Unterschiede
in der Detail-
erkennbarkeit!



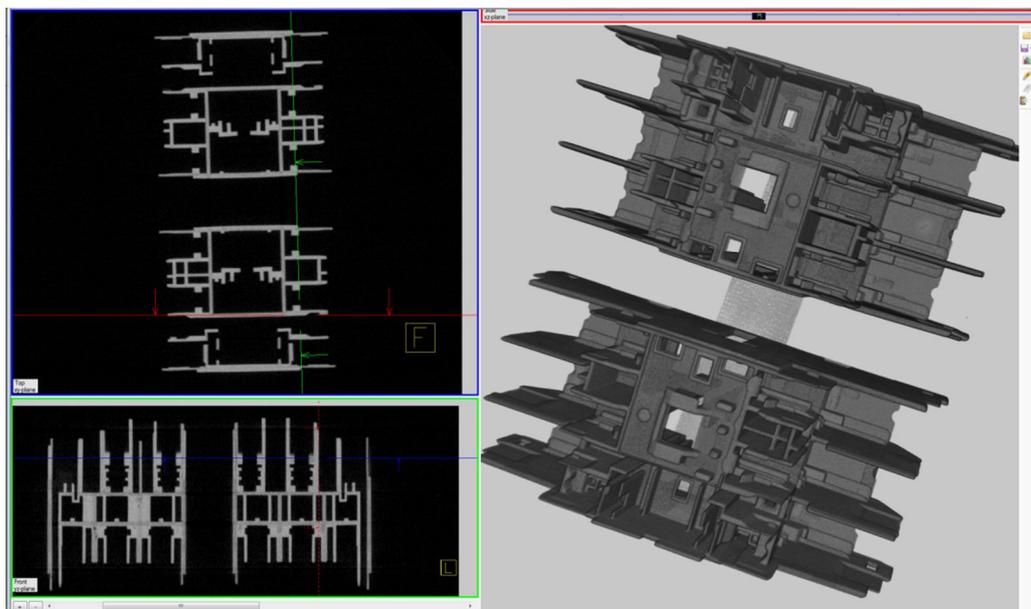
CT-Beispiel: Multimeter



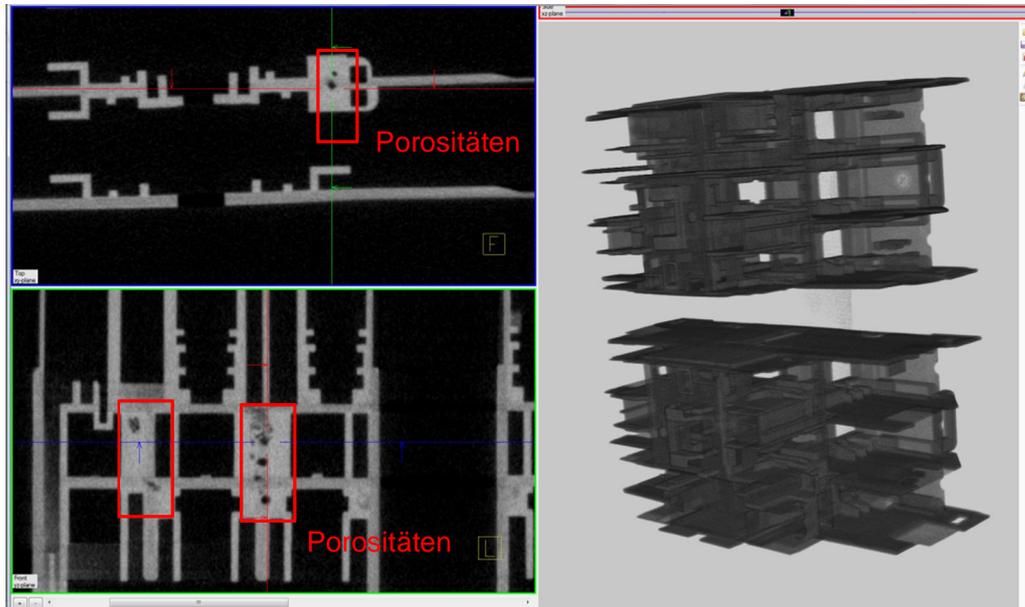
CT-Beispiel: Schützgehäuse (Spritzguss Duroplast)



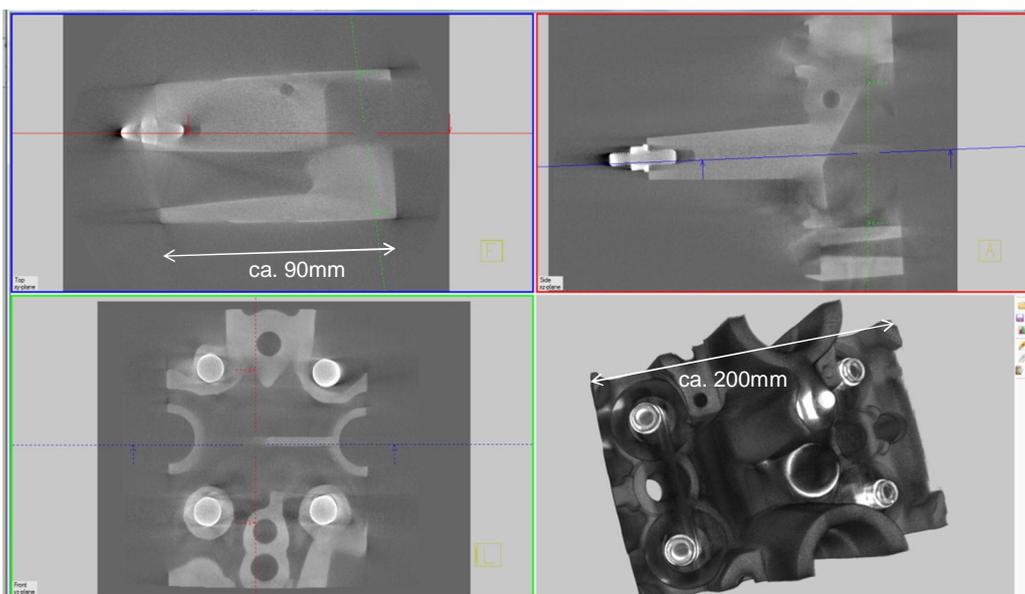
CT-Beispiel: Zwei Schaltgehäuse (Spritzguss Duroplast)



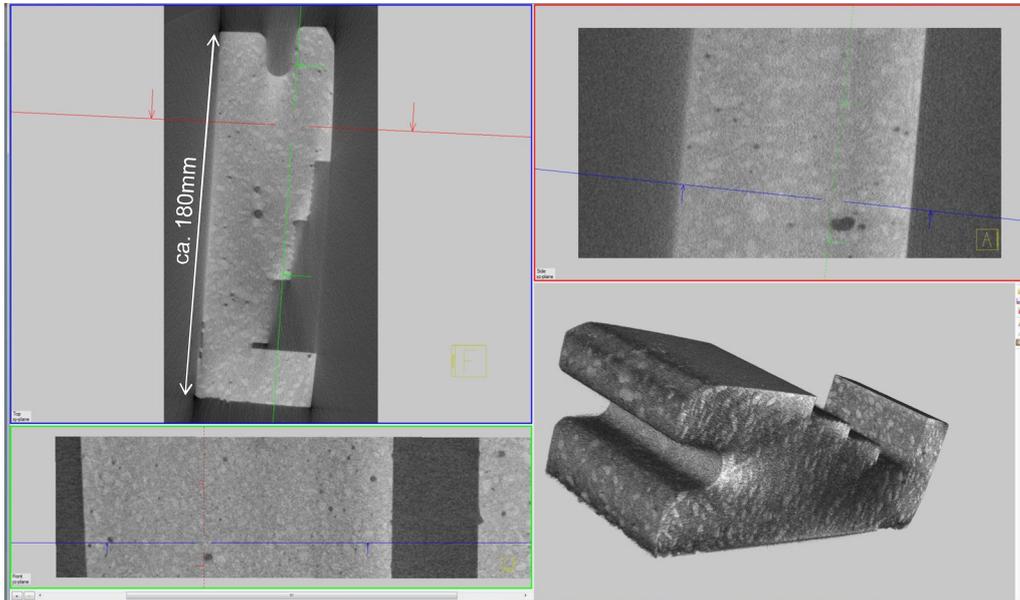
**CT-Beispiel:
Zwei Schaltgehäuse (Spritzguss Duroplast)**



**CT-Beispiel:
Zylinderkopfabschnitt**

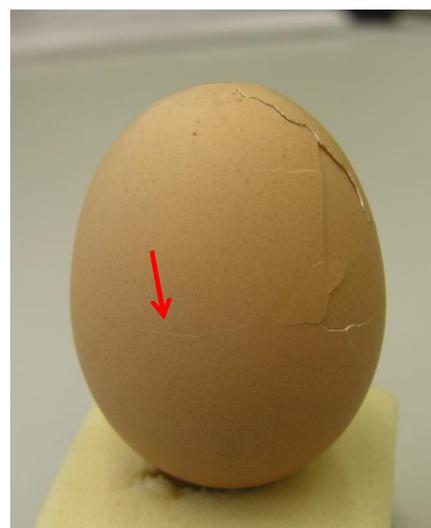
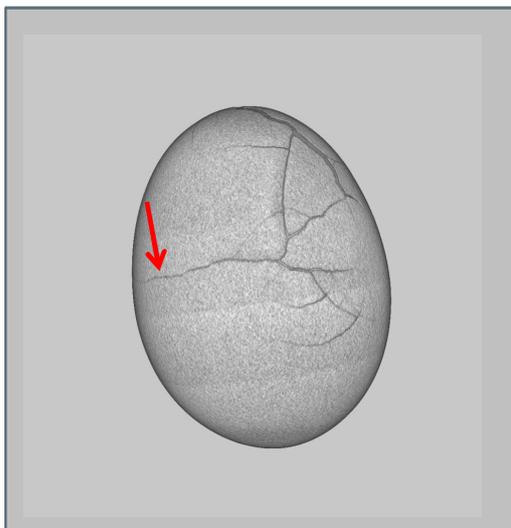


**CT-Beispiel:
Brennkammersteinabschnitt**



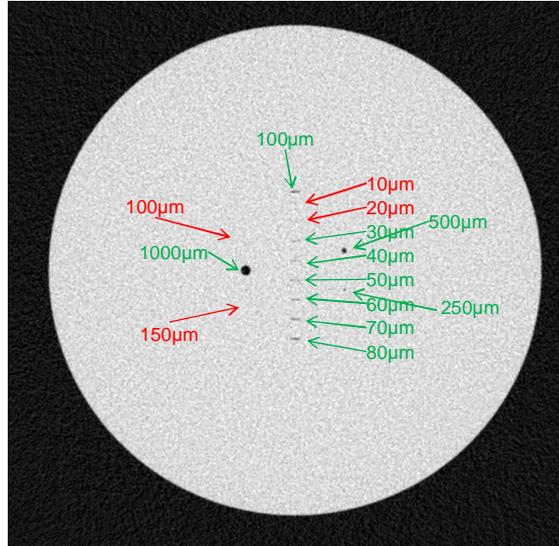
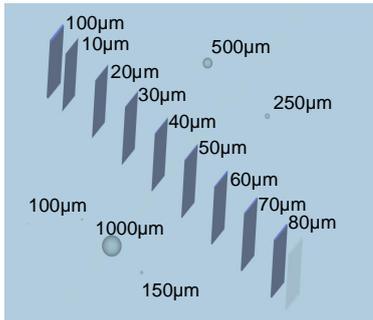
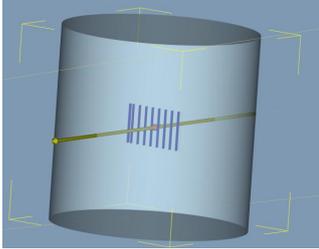
**CT-Beispiel:
Detektierbarkeit von Rissen**

Auch sehr feine Risse in der Fast-CT sichtbar:



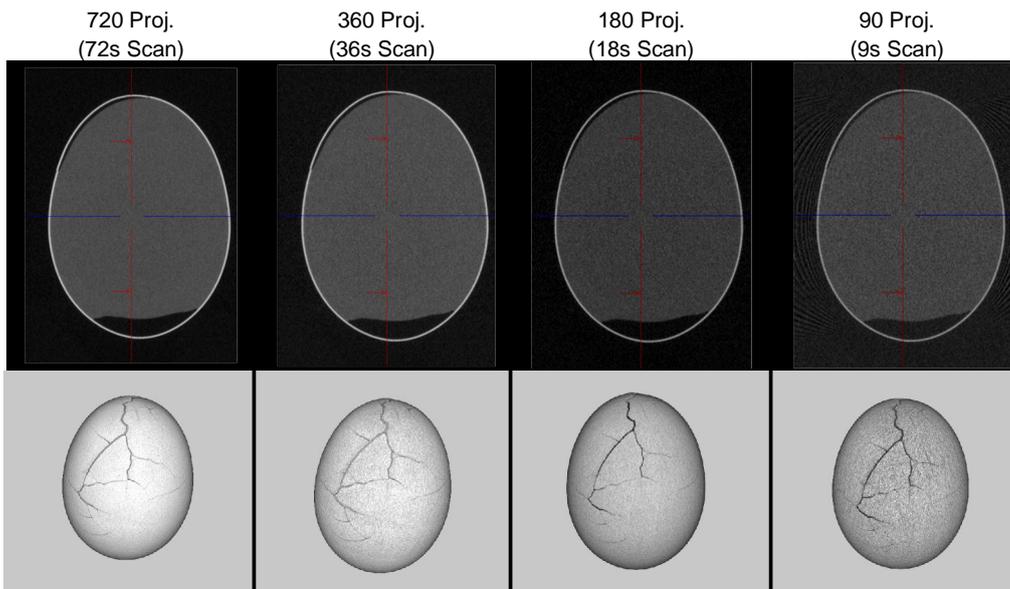
CT-Beispiel: Detektierbarkeit von Rissen – Simulation

Simulation mittels aRTist (ausgedehnter Fokus 0.4mm, Vergrößerung M=1.4):



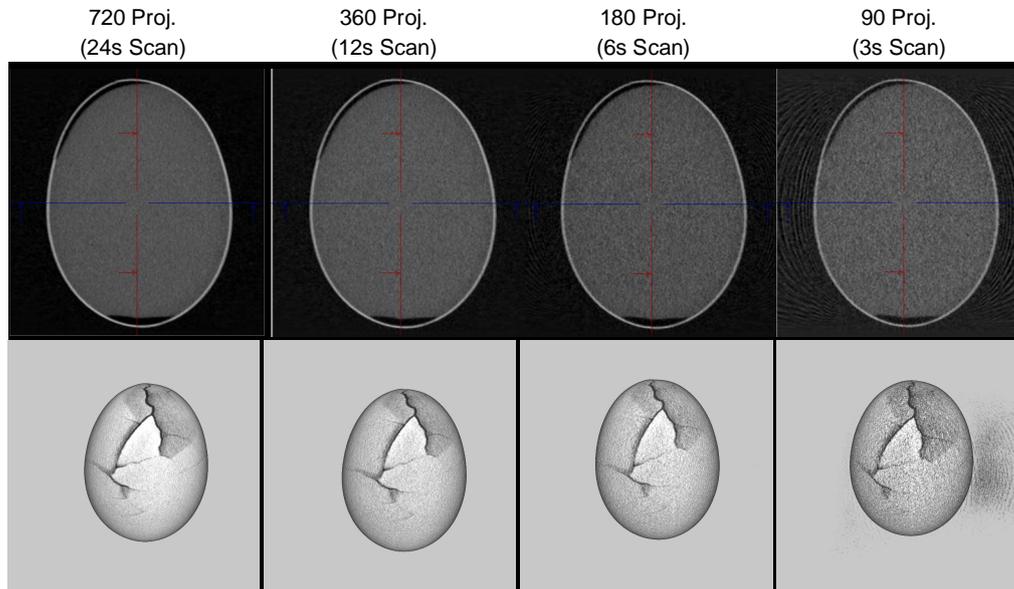
Vergleich: Schnellere CT-Scans, d.h. abnehmende Projektionsanzahl

Detektormodus: 1x1 (=10fps)



Vergleich: Schnellere CT-Scans, d.h. abnehmende Projektionsanzahl

Detektormodus: 2x2 (=30fps)



Seite 21

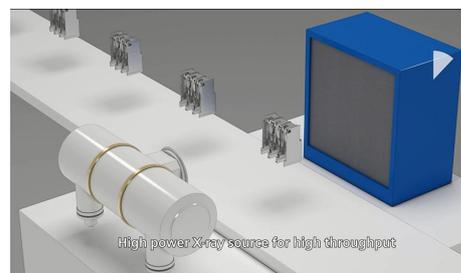
Mai 2014

Corporate Technology

Frei verwendbar. © Siemens AG 2014. Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung und Ausblick

- Vorstellung einer High-power Röntgenröhre von Siemens Healthcare zur schnellen Bauteilinspektion mittels Fast-CT:
 - High-power Röhre ermöglicht Scanzeiten im Bereich <60s.
- Fast-CT Laboraufbau und Demonstration schneller CT an verschiedenen Testobjekten:
 - Als Vorstufe eines Inline-CT Systems.
 - Verschiedene Systemkonfigurationen möglich.
 - Auch kleine Strukturen/Risse mit Fast-CT erkennbar.
- Ausblick:
 - Schnellerer (30-70 fps), hochauflösender CMOS-Detektor kann Scanzeiten weiter verkürzen.
 - Aufbau eines Inline-Demonstrators.



Seite 22

Mai 2014

Corporate Technology

Frei verwendbar. © Siemens AG 2014. Alle Rechte vorbehalten.