

# Modernisierung eines bestehenden Tomographiesystems

Marek BLASZCZYNSKI<sup>1</sup>, Michael BÖHMER<sup>2</sup>, Thomas BÜCHERL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, ZTWB Radiochemie RCM, Garching

<sup>2</sup> Technische Universität München, Physik-Department, Garching

## Kurzfassung

Die Radiochemie München (RCM), eine Zentrale Technisch-Wissenschaftliche Betriebseinheit der TU München am Standort Garching, betreibt ein integriertes Tomographiesystem (ITS) zur Durchstrahlungsprüfung von radioaktiven Abfallgebinden sowie anderen Objekten mit bis zu 15 t Masse.

Die Anlage ist seit über 20 Jahren in Betrieb, was viele Instandhaltungsarbeiten erfordert hat. Da viele Komponenten nicht gleichwertig ersetzbar sind oder aus speziellen Anfertigungen von Fremdfirmen stammen, soll in Zukunft die Flexibilität und Leistung der Anlage durch eine umfassende Modernisierung gesteigert werden. Dafür wurden vorbereitende Maßnahmen getroffen und einzelne Teile des Projekts bereits realisiert. Es werden das Antriebssystem, die Detektorelektronik, das Messsystem sowie die Software unter Verwendung von industriellen Standardkomponenten eigens dafür an der RCM entwickelt. Die Mechanik und das Prinzip der Strahlungsdetektion bleiben erhalten.

Als Gamma-strahlende Quelle dient eine intensive Co-60-Quelle (ca. 22 TBq) in einem TK-1000 Behältnis in Fächerstrahlgeometrie. Die transmittierte Strahlung wird mittels 30 Szintillatoren mit angekoppelten Photomultipliern, angeordnet in 1°-Schritten auf einem Kreissegment mit einem Öffnungswinkel von 30°, nachgewiesen. Dieses Detektorsystem wurde gewählt, da es einen sehr effizienten Nachweis der transmittierten Strahlung mit einem extrem hohen dynamischen Bereich ermöglicht, was vor allem für die Untersuchung von Abfallgebinden mit hoher Dichte (4,5 g/cm<sup>3</sup> und höher) unabdingbar ist.

Die realisierten Teile des Projekts werden vorgestellt. Es wird auch ein Ausblick auf die weitere Entwicklung gegeben.

# Modernisierung eines bestehenden Tomographiesystems

M. Blaszczynski<sup>1</sup>, M. Böhmer<sup>2</sup>, Th. Bücherl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, ZTWB Radiochemie RCM, Garching; <sup>2</sup> Technische Universität München, Physik-Department, Garching

## Ausgangssituation

- Anlage von 1990 als Einzelanfertigung mit eigens entwickelter Ansteuerungs- und Auswertesoftware
- Objektmessungen h= 2 m; Ø=1,4 m
- Objektmassen bis 15.000 kg möglich
- Positioniergenauigkeit 1/10 mm
- Für Objektdichten bis 5 g/cm<sup>3</sup> oder mehr
- Durchleuchtung mit intensiver Gamma-Strahlenquelle (<sup>60</sup>Co; 1,17 und 1,33 MeV; max. 2,2·10<sup>13</sup> Bq)
- Fächerartiges Detektorsystem mit 30° Öffnungswinkel und 30 Szintillationsdetektoren in 1°-Winkelschritten angeordnet
- Wolfram-Kollimator 1 mm Schlitzbreite, in der Höhe von 1 bis 10 mm verstellbar

## Zielsetzung

- Anforderungen an die Anlage sollen erhalten bleiben und wenn möglich die Eigenschaften verbessert werden
- Überholung der Mechanik
- Austausch aller Daten- und Sensorleitungen; neue, angepasste Kabelverbindungen
- Neue burstenlose Motoren, moderne Steuerung (Synchronisation mit Messdaten)
- Moderne Auslese- und Messelektronik (neue Messmethoden)
- flexible Datenauswertung in externen Programmen (Octopus, MuhRec, VG Studio)



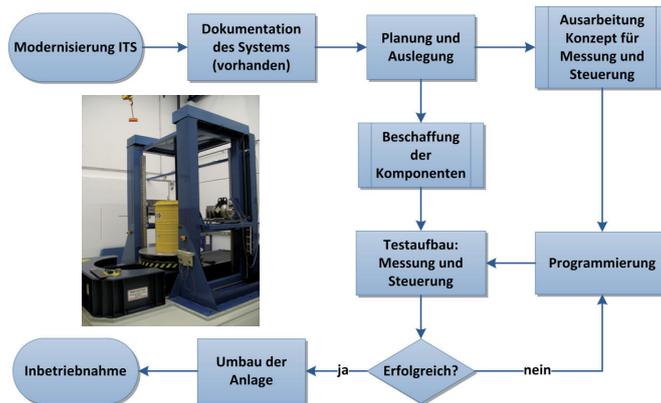
Blick auf Messelektronik mit den fächerartig angeordneten Detektoren im Kollimator, dahinter die <sup>60</sup>Co-Quelle im TK-1000 Behälter

## Überholung der Mechanik

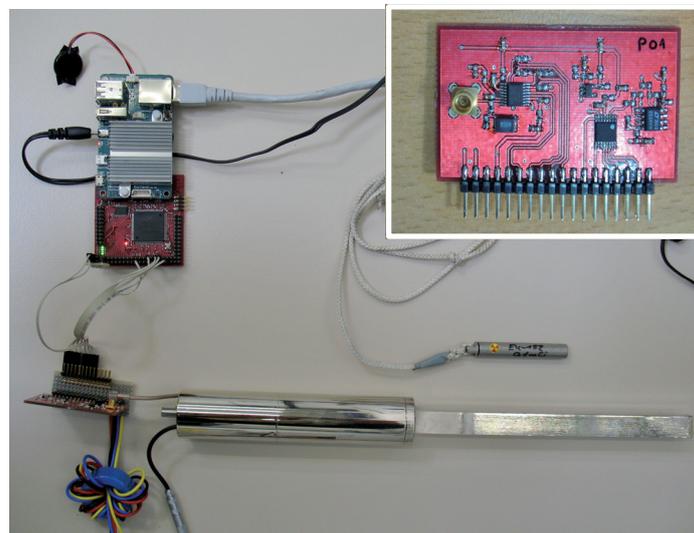
- Aufbau eines kompletten Prüfstandes
- Ausführlicher Test der Fahrprogramme
- Test aller End- und Notschalter vor dem endgültigem Umbau

## Datenauswertung

- Programm zur Konvertierung der Messdaten aus der fächerartigen geometrischen Anordnung in „normale“ Sinogramme
- Auswertung auch in externen Programmen möglich (Octopus, MuhRec, VG Studio)



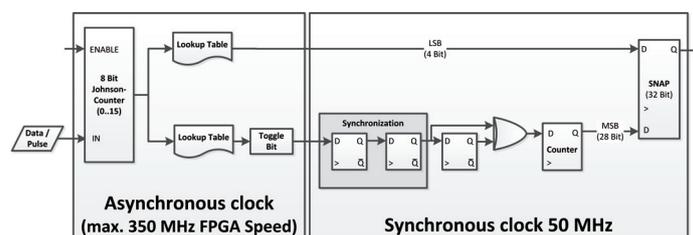
Flowchart für den reibungslosen Ablauf der Modernisierung der Tomographieanlage. Wichtig ist die Umbauzeit und damit den Stillstand der Anlage so kurz wie möglich zu halten.



Aufbau mit einem Detektorelement (unten) und einer <sup>152</sup>Eu-Quelle um die Pulserkennung des neuen Systems unter realen Bedingungen zu prüfen. An das Detektorelement ist eine Signaleingangskarte angeschlossen; diese wird von der FPGA-Schaltung (rote Platine, links Mitte) ausgelesen und von einem ARM-Rechner (grüne Platine, links oben) gesteuert.

Testreihen an Pulsgeneratoren mit Pulsbreiten von wenigen Nanosekunden Breite (< 2 ns) und Frequenzen um die 120 MHz sind erfolgreich durchgeführt worden.

rechts oben: Signaleingangskarte mit einstellbarem Fensterkomparator

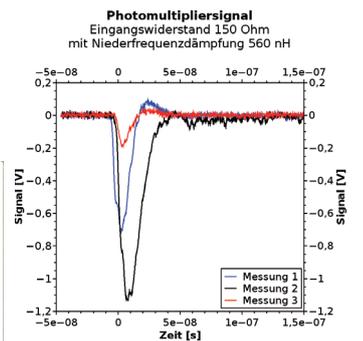


Prinzip eines der drei asynchronen Johnson-Zähler pro Kanal, realisiert im FPGA

## Detektorsystem



Detektorelement mit Plastikszintillator (links); Mittelstück mit Rohr gegen Streulicht; rechts Endstück mit aufgestecktem Photomultiplier R1166 und Potentiometerschaltung



## Auslese-Elektronik

- Eigenentwicklung einer Signaleingangskarte mit Fensterkomparator-Schaltung
- FPGA-Schaltung mit je drei asynchronen Johnson-Zählern pro Detektorelement für die Ereignisse im / unter / über dem gewählten Eingangsfenster
- Eine FPGA-Schaltung für 5 Signaleingangskarten
- insgesamt 6 Module mit je einer FPGA-Schaltung und einer Kommunikationskarte für alle 30 Detektorelemente
- Triggersystem für Synchronisation der Messwerte und der Messpositionen
- Kommunikationskarte: ARM-Rechner mit SPI-Schnittstelle zur Steuerung des Zählvorgangs und zum Einstellen des DAC für die Schwellwerte des Fensterkomparators
- Netzwerkschnittstelle zur Kommunikation mit dem Messprogramm über UDP

Signaleingangskarte	schneller PECL-Komparator und Präzisions-12 bit-DAC
Pulseigenschaften	min. Pulsbreite 1 ns max. Pulsfolge 350 MHz
Zähler	In FPGA-Schaltung realisierte achtstufige Johnson-Zähler, asynchroner Takt
Register	32-Bit Zählregister synchron
Zählrate (theoretisch)	4*10 <sup>8</sup> Impulse / s (1*10 <sup>8</sup> Impulse / s beim alten System)
Zeitbasis	Erfassung der echten Messzeit zwischen zwei Triggern
Triggerung	2 FPGA Takte Totzeit (40 ns)