

## ST 2 Röntgenstrahlen-Erzeugung und Detektion I

Zeit: Montag 15:00–16:00

Raum: D

ST 2.1 Mo 15:00 D

**Monte-Carlo-Simulation zur Strahlungserzeugung in Röntgenröhren** — ●FRANK SUKOWSKI<sup>1</sup>, GISELA ANTON<sup>1</sup> und PETER SCHARDT<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen

Um die physikalischen Prozesse in Röntgenröhren, insbesondere die Strahlungserzeugung im Brennfleck auf der Anode im Detail zu verstehen, bietet es sich an, die Vorgänge mit Hilfe eines Monte Carlo Simulationsprogramms zu beschreiben. Aus solchen Rechnungen können Zusammenhänge zwischen Einzelprozessen und makroskopischen Observablen genau beobachtet werden. Somit wäre es möglich, neuartige Röhrendesigns auf ihre Leistungsfähigkeit zu überprüfen, bevor kostspielige Experimente aufgebaut werden. In dieser Studie wurde das auf EGS4 basierende MC Simulationsprogramm ROSI verwendet. Um die Zuverlässigkeit der Simulation zu überprüfen, wurden zunächst Messungen an definierten Röntgenröhrenaufbauten durchgeführt bzw. Literaturdaten herangezogen. Die Aufbauten wurden danach exakt im Simulationsprogramm nachgebildet und die Ergebnisse von Experiment, Literatur und Simulation miteinander verglichen. Dabei wurde sowohl die Energie- als auch die Winkelverteilung der erzeugten Röntgenstrahlung betrachtet.

ST 2.2 Mo 15:10 D

**Simulation von Elektronenrückstreuung an Röntgenröhrenanoden** — ●ANJA LOEHR<sup>1</sup>, PROF.DR. GISELA ANTON<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, DR. JÜRGEN GIERSCH<sup>2</sup> und FRANK SUKOWSKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel Str.1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Department für Physik LMU München, Schellingstraße 4, 80799 München

Dringen Elektronen im Röntgenenergiebereich in ein Material ein, können sie sowohl elastisch als auch inelastisch gestreut werden. Durch inelastische Streuprozesse entsteht zum einen Bremsstrahlung, zum anderen finden durch Stöße an Hüllenelektronen Ionisierungsprozesse mit nachfolgender Emission von Fluoreszenzstrahlung statt. Bei elastischen Streuvorgängen an Atomkernen können große Streuwinkel auftreten, wodurch die Elektronen aus dem Material herausgestreut werden können. Diese Elektronen führen beim Auftreffen auf die Röntgenröhrenhülle zu einer Wärmeentwicklung. Des Weiteren wird durch das Auftreffen der Elektronen auf der Röhrenhülle und auf der Anode, außerhalb des elektrischen Brennflecks, die Schärfe des Röntgenstrahlenfokus beeinträchtigt. Die Energie- und Winkelverteilung, sowie die Energiedeposition in der Röhrenhülle, als auch die Gesamtzahl der rückgestreuten Elektronen konnte mit Hilfe des Monte Carlo Simulationsprogramms ROSI an verschiedenen Anodenoberflächen simuliert werden. Die in diesem Vortrag präsentierten Simulationsergebnisse zur Elektronenrückstreuung sind von großer Bedeutung für Forschung und Industrie, da mit ihnen konkrete Designstudien für neue Röhrenkonzepte durchgeführt werden können.

ST 2.3 Mo 15:20 D

**Untersuchung der Energiedepositionsverteilung in Röntgendetektoren mit dem Simulationspaket ROSI** — ●JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, GISELA ANTON<sup>1</sup>, JÜRGEN GIERSCH<sup>2</sup> und FRANK SUKOWSKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin Rommel Straße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Physik, Schellingstraße 4/I, 80799 München

Die Modellierung moderner Bildgebungssysteme erfordert eine flexible und einfach zu benutzende Simulationsumgebung. Dabei ist die Benutzung eines korrekten physikalischen Modells sehr wichtig. ROSI ist ein objektorientiertes Monte-Carlo-Simulationspaket, das an unserem Lehrstuhl entwickelt wurde. Dabei wurde auf die etablierten EGS4-Algorithmen mit ihrer Niedrigenergieerweiterung LSCAT zurückgegriffen. Zukünftige Physikalgorithmen können in ROSI eingebunden werden. Dabei ermöglicht die Modularität des Programms dem Benutzer, die zugrundeliegenden Physikroutinen ohne weitere Änderungen an seiner Simulationsmodellierung zu wählen.

Im Benutzercode können vielfältige Geometrien umgesetzt werden und im Postprocessing komplexe Auswertungen vorgenommen werden. Das Ein- und Ausschalten einzelner physikalischer Effekte ist möglich.

Der Einfluss der Fluoreszenzen und weiterer Effekte auf die räumliche Verteilung der Energiedeposition für verschiedene Detektormaterialien wurde untersucht und wird in diesem Vortrag zur Demonstration der

Fähigkeiten des Simulationspakets beispielhaft vorgestellt.

ST 2.4 Mo 15:30 D

**Optimierung der Eigenschaften des Medipix2-Detektors bezüglich energieaufgelöster Röntgenbildgebung** — ●FRANK NACHTRAB<sup>1</sup>, GISELA ANTON<sup>1</sup>, JÜRGEN GIERSCH<sup>2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und DANIEL NIEDERLÖHNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Rommelstraße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Department für Physik, LMU-München, Schellingstraße 4/I, 80799 München

Der Medipix2-Detektor ist ein photonenzählender Pixeldetektor unter Anderem für die Röntgenbildgebung. Mit 256x256 Pixeln von je 55x55  $\mu\text{m}^2$  Größe bietet er ein hohes räumliches Auflösungsvermögen. Zwei variable Energieschwellen ermöglichen es dem Medipix2, nur Photonen in einem bestimmten Energiefenster zu zählen.

Wir verwenden den Medipix2-Detektor in verschiedenen Aufbauten sowohl zur projektiven Radiographie, als auch für Mikro-CT. CT-Aufnahmen entsprechend kleiner Objekte sind bis zur Auflösungsgrenze von 50  $\mu\text{m}$  gelungen.

Energieaufgelöste Aufnahmen haben ein großes Potential in der medizinischen Bildgebung. Wir konnten zeigen, dass durch Energiewichtung eine maximale Dosisreduktion um den Faktor 2 bei gleichbleibender Bildqualität (SNR) möglich ist. In projektiver Geometrie wurden bereits Experimente durchgeführt, um durch Verschiebung von Energieschwellen über das Röntgenspektrum einen energieauflösenden Detektor zu emulieren. Eine Grundvoraussetzung für energieaufgelöste Computertomographie mit dem Medipix2 ist die Minimierung des Schwellenrauschens. Hierzu wurden Experimente durchgeführt, um aus dem Flatfield-Rauschen Korrekturmasken direkt an den jeweiligen Schwellen zu erzeugen.

ST 2.5 Mo 15:40 D

**Untersuchungen zum Zählverhalten des Medipix2-Röntgendetektors** — ●MICHAEL BÖHNEL<sup>1</sup>, GISELA ANTON<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, JÜRGEN GIERSCH<sup>2</sup>, ALEXANDER KORN<sup>1</sup> und THILO MICHEL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>LMU München, Department für Physik, Schellingstraße 4, 80799 München

Der hier untersuchte Medipix2-Detektor ist ein photonenzählender, pixelierter Halbleiterdetektor, der aus einer Silizium-Konversionsschicht und einem ASIC mit zwei variablen Energieschwellen aufgebaut ist.

Der Detektor besteht aus 256x256 quadratischen Pixeln mit einer Kantenlänge von je 55  $\mu\text{m}$  und ermöglicht eine hohe Ortsauflösung bei Anwendungen in der medizinischen Röntgenbildgebung.

Diese Studie untersucht Zusammenhänge zwischen dem Zählverhalten der Pixel, den Betriebsparametern und der einfallenden Photonenenergie im Röntgenbereich.

Hierzu wurde der Medipix2-Detektor mit der Monte-Carlo Simulation ROSI realitätsnah modelliert. Zusätzlich wurden Experimente durchgeführt. Die Ergebnisse werden in diesem Vortrag vorgestellt und miteinander verglichen.

ST 2.6 Mo 15:50 D

**Simulation der Diffusion und des Signalverhaltens in pixelierten Halbleiter-Röntgen-Detektoren** — ●BJÖRN KREISLER, GISELA ANTON, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und MICHAELA MITSCHKE — Physikalisches Institut 4, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Einfallende Röntgenquanten erzeugen eine Verteilung von freien Ladungsträgern im Halbleiter-Detektormaterial. Diese Ladungsverteilung driftet bei angelegter Spannung dem elektrischen Feld entsprechend zu den Elektroden, wobei die Bewegung von einer isotropen Diffusion überlagert wird. Bei dem heute üblichen Aufbau der Detektoren mit geringen Pixelgrößen und dicker Sensorschicht ist diese Diffusion maßgeblich für das Auflösungsvermögen verantwortlich, da sich die Ladungsverteilung über Pixelgrenzen hinweg ausdehnen kann (Charge Sharing). Die Strompulse, welche an den Pixel-Elektroden des Detektors gemessen werden, sind stark durch den Effekt der Induktion von Ladungen bestimmt. Das zeitliche Verhalten dieser induzierten Signale kann mit Hilfe von Wichtungspotentialen berechnet werden.

In diesem Vortrag werden die Ergebnisse zeitabhängiger Simulationen der Bewegung der Ladungsverteilung und der auf den Pixel-Elektroden induzierten Strompulse vorgestellt. Die Simulationsrechnungen wurden mit dem kommerziell verfügbaren Finite-Elemente Programm Comsol

durchgeführt und können an beliebige Detektormaterialien und -geometrien angepasst werden.