



Abstract einer Posterpräsentation auf der 53. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, 21. – 24. September 2022, Aachen. Erschienen in: Uwe Heinrichs, Eric Beckers, Andreas Bitz (Hgg.), *53. Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik - Abstractband*. Conventus Congressmanagement & Marketing GmbH, Jena. ISBN 978-3-948023-26-3

Entwicklung eines FPGA basierten Strahlsteuerungs- und Überwachungssystems für die SIRMIO Plattform

C. Steinbrecht¹, J. Bortfeldt¹, F. Engebrecht¹, M. Würfl¹, K. Parodi¹, J. Gordon², P. Lämmer¹, M. K. Sitarz³

¹ Ludwig-Maximilians-Universität München, Department of Medical Physics, Garching bei München, Germany

² Pyramid Technical Consultants Europe, Henfield, Vereinigtes Königreich

³ Aarhus University Hospital, Aarhus, Dänemark

Einleitung

Ziel des SIRMIO Projekts [1] ist die Entwicklung eines Prototyps einer portablen Plattform für die präklinische Kleintierbestrahlung mit Protonen. Sie soll in bestehenden klinischen Behandlungseinrichtungen installiert werden können. Dazu wird der klinische Protonenstrahl auf Energien von 20-50 MeV degradiert und magnetisch auf eine Strahlgröße von etwa 1mm Sigma fokussiert. Durch computergesteuerte Bewegung der Maushalterung bei fixiertem Strahl wird die volumetrische Rasterbestrahlung realisiert. Da die Plattform den klinischen Strahl modifiziert, benötigt sie eine dedizierte Strahlüberwachung und -steuerung.

Material & Methoden

Eine segmentierte Ionisationskammer (IC) realisiert die Überwachung von räumlicher Ausdehnung, Position und Intensität des Strahls in Echtzeit. Sie verfügt über eine Dosisebene, sowie zwei in x- und y-Richtung segmentierte Ebenen mit 40nm dicken Aluminiumelektroden zur räumlichen Strahlüberwachung, die über ein Pyramid I6400 Elektrometer ausgelesen werden. Ein von uns entwickelter Verstärker integriert den gemessenen Strom totzeitfrei über eine steuerbare Dauer von 100 μ s – 10s (Gated Integrator, GI). Ein schneller 16bit Analog-Digital-Wandler (ADC) digitalisiert das Signal der Dosisebene. Ein Xilinx Spartan 6 Field-Programmable-Gate-Array (FPGA) steuert den GI und den ADC in Abhängigkeit von der gewünschten Rasterpunktdosis und dem erwarteten Strahlstrom. Dosis und erwarteter Strom werden für jeden Rasterpunkt vom TANGO Steuerungssystem der SIRMIO Plattform übermittelt. Der FPGA überwacht die gemessene Dosis und steuert die Bestrahlungsdauer. Dazu wird ein TTL-Logiksignal des FPGAs in das Steuersystem des klinischen Zyklotrons eingespeist.

Ergebnisse

Wir haben die Strahlüberwachung und -steuerung in Echtzeit auf Basis eines FPGAs realisiert. Durch Verwendung des FPGAs wird Jitter in der Punktbestrahlungsdauer, der bei Realisierung in Software auftreten kann und bis zu 100 μ s beträgt, minimiert. Außerdem wird die Integrationszeit des GI für jeden Rasterpunkt optimiert. Wir diskutieren Ergebnisse von Messungen im klinischen Protonenstrahl (<75 MeV) und im Strahl der SIRMIO Plattform. Wir demonstrieren die Steuerung und Überwachung des klinischen Zyklotrons und besprechen die Auflösung und die Limitierungen unseres Steuersystems. Wir präsentieren Resultate vom Ausführen eines einfachen Bestrahlungsplans und besprechen die Auflösung und Kalibration der IC.

Zusammenfassung

Wir präsentieren das von uns entwickelte und in Betrieb genommene Strahlsteuerungs- und Überwachungssystem der SIRMIO Plattform auf Basis einer ultra-dünnen Ionisationskammer und eines Spartan 6 FPGAs.

Anhang 1

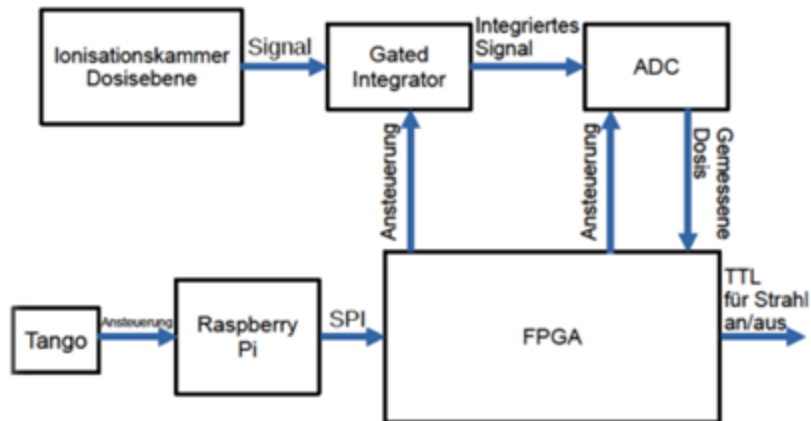


Abb. 1: Schematische Darstellung des Auslese- und Steuerungssystems.

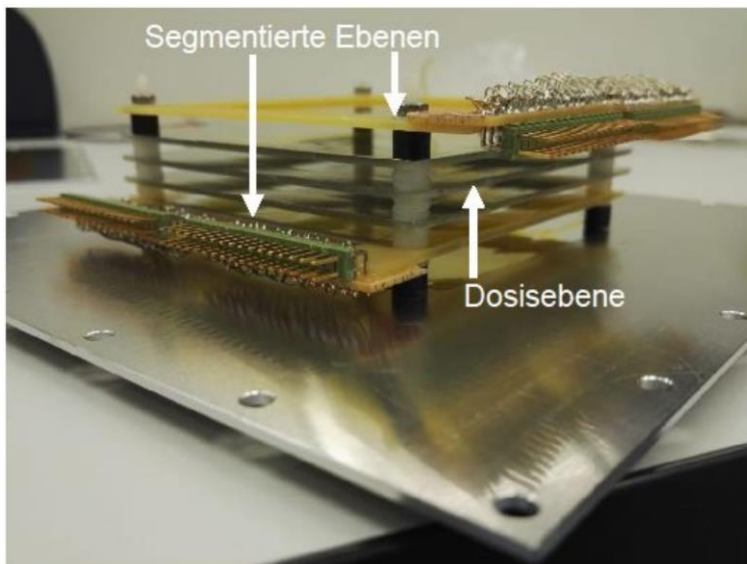


Abb. 2: segmentierte Ionisationskammer

Finanzierung

Unterstützt durch den Europäischen Forschungsrat [Grant Agreement 725539].

Literatur

[1] Parodi K. et al. Towards a novel small animal proton irradiation platform: the SIRMIO project. Acta Oncol. 2019; 58:1470–1475.