



Abstract einer Präsentation 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 und Charakterisierung eines präklinischen Micromegas pCT-Systems

G. Holthoff<sup>1</sup>, F. Englbrecht<sup>1</sup>, G. Hu<sup>1</sup>, F. Kähler<sup>1</sup>, P. Lämmer<sup>1</sup>, A. Lange<sup>1</sup>, L. Marchfelder<sup>1</sup>, M. Meurer<sup>1</sup>, S. Meyer<sup>1,2</sup>, O. Schackmann<sup>1</sup>, S. Schinzel<sup>1</sup>, D. Schmidt<sup>1</sup>, K. Schnürle<sup>1</sup>, M. K. Sitarz<sup>3</sup>, M. Würli<sup>1</sup>, K. Parodi<sup>1</sup>, J. Bortfeldt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ludwig-Maximilians-Universität München, Department of Medical Physics, Garching bei München, Germany

<sup>2</sup> z.Zt. bei Memorial Sloan Kettering Center, Department of Medical Physics, New York, NY, Vereinigte Staaten

<sup>3</sup> Aarhus University Hospital, Aarhus, Dänemark

### Einleitung

Wir haben ein Protonen-Computertomographiesystem (pCT) auf der Basis von Micromegas Detektoren für das SIRMIO Projekt [1] zur präklinischen Kleintierbestrahlung mit Protonen entwickelt. Es dient zur Lagekontrolle des Strahls und liefert die, für die Bestrahlungsplanung benötigten, Relative-Stopping Power (RSP) Bilddaten. Niedrige Teilchenenergien unter 75MeV, zusammen mit der bei Kleintieren benötigten hohen Ortsauflösung stellen hohe Anforderungen an die dafür nötigen Detektoren und die Elektronik.

### Materialien & Methoden

Je zwei ultra-dünne 2D Micromegas Streifendetektoren vor und hinter dem Kleintierhalter ermöglichen die Spurrekonstruktion einzelner Protonen. Streuung in den Spurdetektoren mit einem Massenbelag von 0.15% der Strahlungslänge ( $X_0$ ) wurde durch Verwendung von Aluminium-Kapton-Auslesestrukturen minimiert. Eine ebenfalls Micromegas basierte Zeitprojektionskammer (TPC) mit 65 vertikalen, feldformenden Absorbern aus 600 $\mu$ m Aluminium-beschichtetem Polyamid und Mylar dient zur Erfassung der Restreichweite der Protonen nach dem Verlassen des Kleintieres. Zur Auslese wird ein modifiziertes RD51 Scalable Readout System auf VMM ASIC Basis verwendet, das eine Einzelteilchenrate von über 1MHz ermöglicht. Die Detektoren wurden vollständig von uns vor Ort entwickelt und produziert, inklusive der photolithographischen Herstellung der Auslesestrukturen. Eine detaillierte FLUKA Monte Carlo Simulation ermöglichte im Vorfeld die Optimierung des Systems.

### Ergebnisse

Die FLUKA-Simulation sagt eine zu erwartende RSP-Auflösung von unter 0,3%, sowie eine mittlere Spurauflösung von 0.18mm voraus. Methoden zur präzisen Herstellung und zum Betrieb der Detektoren sowie zur Spur- und Bildrekonstruktion wurden in den vergangenen Jahren entwickelt. Prototypen der Reichweiten- und Spurdetektoren wurden erfolgreich mit 22MeV Protonen am Tandembeschleuniger in Garching getestet. Wir berichten über die Rekonstruktionsmethoden und Herstellungsprozesse, sowie von Messungen mit den Seriidetektoren in 80GeV Pion- bzw. Myonstrahlen und in klinischen Protonenstrahlen und diskutieren simulierte und gemessene Orts- und Reichweitenauflösung des Systems, Orts- und Zeitaufklärung der Detektoren, sowie deren Effizienz.

### Zusammenfassung

Ein Kleintier-pCT System auf der Basis von Micromegas Detektoren wurde entwickelt, simuliert und eigenständig produziert, sowie abschließend in mehreren Messkampagnen getestet. Wir berichten über die Entwicklung, die Herstellungsprozesse und diskutieren das Verhalten und die Leistungsfähigkeit des Systems.

*Unterstützt durch den Europäischen Forschungsrat (Grant Agreement 725539) und das COFUND-FP-CERN-2014 Programm (Grant Number 665779). Wir danken der CERN RD51 Kollaboration für die Unterstützung bei Messkampagnen.*

## Anhang 1

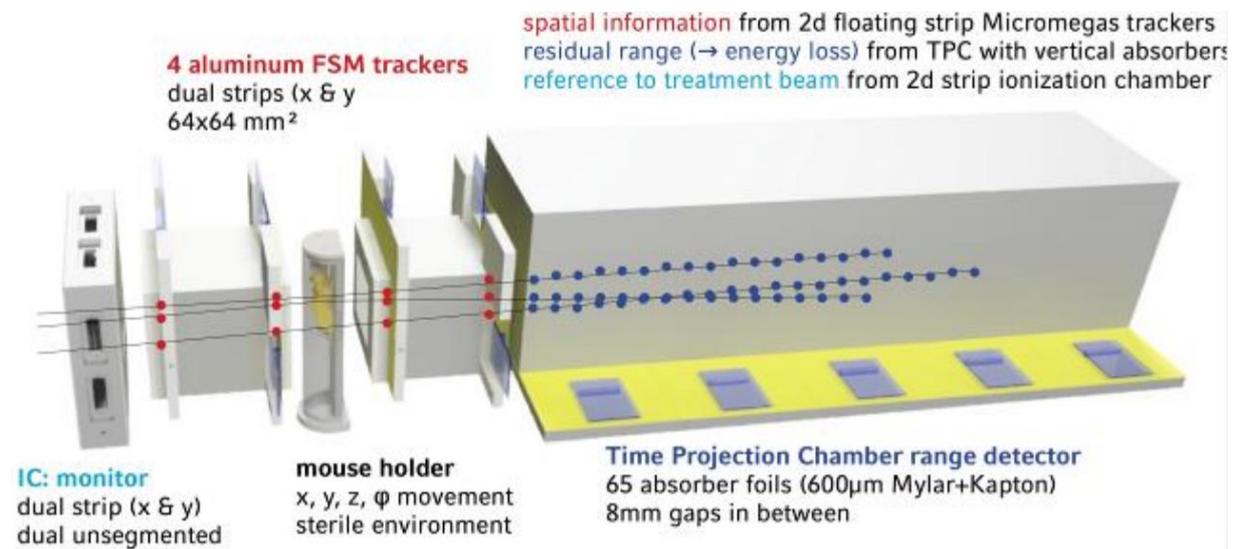


Abb. 1: Schem. Darstellung des SIRMIO pCTAufbaus [1].

## Literatur

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