

## ST 1: Radiation Therapy &amp; Dosimetry

Zeit: Montag 16:45–19:00

Raum: RW 2

ST 1.1 Mo 16:45 RW 2

**Fragmentation of DNA constituents after electron impact ionization** — ●BENEDIKT RUDEK<sup>1</sup>, ALEXANDER ARNDT<sup>1</sup>, WOON YONG BAEK<sup>1</sup>, MARION UTE BUG<sup>1,2</sup>, and HANS RABUS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany — <sup>2</sup>Centre for Medical Radiation Physics (CMRP), University of Wollongong, Wollongong, Australia

Ionizing radiation induces tissue damage in many ways. Damage from electron impact ionization is particularly important since electrons do not only occur as primary incident particles but also in secondary emission accompanying ion impact, photo absorption and Compton scattering. While the probability of initial radiation interaction by electrons is mainly determined by the ionization cross section, the fragmentation pattern of the ionized molecules determines the extent of the radiation damage. In this work, the fragmentation of DNA constituents after electron impact ionization is investigated as a part of the European BioQuART project [1], which aims at determining the physical properties of ionizing particle track structure and its consequences.

The presentation will introduce the experimental setup (target preparation, electron ionization and fragment detection) and summarize energy dependent fragmentation cross sections for an energy range starting from the ionization threshold up to several hundred electron volts.

[1] <http://www.ptb.de/emrp/bioquart.html>

ST 1.2 Mo 17:00 RW 2

**Single track spectroscopy using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C, Mg-based fluorescent nuclear track detectors for ion-beam radiotherapy** — NICOLAS SCHUDELL<sup>1,2</sup>, FELIX BESTVATER<sup>3</sup>, ●OLIVER JÄKEL<sup>1</sup>, VOLKER SCHÜNEMANN<sup>2</sup>, and STEFFEN GREILICH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Medical Physics in Radiation Oncology, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany — <sup>3</sup>Light Microscopy Facility, DKFZ, Heidelberg, Germany

Novel Fluorescent Nuclear Track Detectors (FNTDs), based on biocompatible alumina single crystals, have excellent detection efficiency for ions with linear energy transfer (LET) greater than 0.5 keV/μm. This enables detecting individual primary particles and fragments present in therapeutical ion beams. By color center transformation, track information is stored permanently in the detector, and can be read out using a confocal laser scanning microscope (CLSM). The method can be applied to a series of research topics in the ion-beam therapy of solid tumors. A major desideratum thereby is the in-vivo assessment of radiation fields in terms of energy and nuclear charge of single ions. This information can, in principle, be gained from FNTDs by quantitative measurements of individual ion track fluorescent intensity. To achieve this goal, we established a workflow to correct for laser power instability, lateral illumination inhomogeneity and laser coupling into the FNTD for the CLSM used. We present the performance of our approach on spectroscopic data as well as the FNTD method and its technical challenges in a life-science environment.

ST 1.3 Mo 17:15 RW 2

**Untersuchung der Dosisbelastung von Risikostrukturen bei der Brachytherapie von Augentumoren** — ●DANIEL SCHMIDT<sup>1</sup>, MELANIE EBENAU<sup>1</sup>, CATHARINA SCHARMBERG<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup>, BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> und MARION EICHMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Strahlentherapie

Die moderne Krebstherapie verfügt über eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Behandlung von malignem Gewebe im Auge. Eine dieser Therapieformen ist die Brachytherapie, bei der ein Applikator, eine mit einem radioaktiven Material belegte Kalotte, für eine bestimmte Zeit auf das Auge genäht wird. Die Wahl der Applikatorform sowie der Verweildauer hängt dabei von Lage und Größe des Tumors ab.

Es soll ein Algorithmus entwickelt werden, der mit Hilfe von Therapie-daten aus Patientenbehandlungen über Lage und Typ des Applikators Abschätzungen für die Dosisbelastung der Risikostrukturen im Auge liefert. Im Vortrag werden 3D-Dosisverteilungen präsentiert, die mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen speziell für die individuelle Form des Applikators erzeugt werden.

ST 1.4 Mo 17:30 RW 2

**Čerenkovlicht bei der Dosimetrie von Ruthenium-Applikatoren** — ●CATHARINA SCHARMBERG<sup>1</sup>, DANIEL SCHMIDT<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup>, BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> und MARION EICHMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Strahlentherapie

Zur Brachytherapie von Augentumoren werden Ru-Augenapplikatoren eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Kalotten aus Silber, die auf ihrer konkaven Seite mit radioaktivem Ru-106 belegt werden und auf dem betroffenen Auge für eine Dauer von einigen Tagen fixiert werden. Für eine wirksame und zugleich schonende Behandlung ist eine genaue Kenntnis der 3D-Dosisverteilung notwendig. An der TU Dortmund wird dazu ein Zweikanal-Plastikszintillatordetektorsystem verwendet. Der erste Kanal setzt sich aus einem Szintillator und einem Lichtleiter zusammen, der das Signal zum Photomultiplier weiterleitet. Zusätzlich zum Szintillationslicht entsteht durch die einfallenden Elektronen auch Čerenkovlicht, welches das Signal überlagert. Zur Korrektur dieses zusätzlichen Anteils wird der zweite Kanal, welcher keinen Szintillator enthält, verwendet. Ziel ist es, zweifaches Messen zu vermeiden. Dafür ist es erforderlich, den Čerenkovanteil beschreiben und berechnen zu können. In diesem Beitrag werden Ergebnisse von Monte Carlo Simulationen mit GAMOS sowie von Messungen vorgestellt, welche den Einfluss der Čerenkovstrahlung im verwendeten Detektorsystem beschreiben.

ST 1.5 Mo 17:45 RW 2

**Ein Flugzeitspektrometer zur Messung nuklearer Wirkungsquerschnitte für die Strahlentherapie mit Protonen und Ionen** — ●MAX EMDE, BRITTA GRIMM, KARIM LAIHEM, FLORIAN LENZ, RONJA LEWKE und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Während sich bei der Bestrahlung von Tumoren mit Beta- oder Gammastrahlung die Dosisverteilung hinreichend genau auf Basis der elektromagnetischen Wechselwirkung berechnen lässt, treten bei der Bestrahlung mit Ionen Kernreaktionen auf, die in den üblichen Planungsverfahren nicht berücksichtigt werden. Durch den Einsatz von Monte-Carlo-Simulationen wie Geant4 lassen sich zusätzliche Wechselwirkungen mit einbeziehen, sofern deren Wirkungsquerschnitte bekannt sind. Über eine genauere Berechnung der Dosisverteilung hinaus kann auf diese Weise auch Sekundärstrahlung berechnet werden. Die Wirkungsquerschnitte der häufigsten Reaktionen zwischen Protonen und Kohlenstoffatomen sollen nun mithilfe eines Flugzeitspektrometers in einem Fixed-Target-Experiment hinreichend genau vermessen werden, sodass sie für die Simulation der Bestrahlung von menschlichem Gewebe verwendet werden können. Unser Flugzeitspektrometer soll anhand der Flugzeit, des Energieverlustes in Materie und der kinetischen Energie die Targetfragmente identifizieren, sodass aus den Fragmenten auf die zugrunde liegende Reaktion geschlossen werden kann. In diesem Vortrag werden Aufbau und Funktion des Experiments beschrieben und die Ergebnisse erster Funktionstests am Teilchenbeschleuniger COSY in Jülich vorgestellt.

ST 1.6 Mo 18:00 RW 2

**Development of a phantom for organs at risk dose studies using fluorescent nuclear track detectors in ion beam cancer therapy** — ●TINA PFEILER<sup>1,2</sup>, RAYA GALLAS<sup>3</sup>, ARMIN RUNZ<sup>2</sup>, MARK AKSELROD<sup>4</sup>, OLIVER JÄKEL<sup>2,5</sup>, and STEFFEN GREILICH<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Heinrich-Heine-University Düsseldorf, Department of Physics — <sup>2</sup>German Cancer Research Center (DKFZ), Division of Medical Physics in Radiation Oncology — <sup>3</sup>Ruprecht-Karls-University Heidelberg, Department of Physics and Astronomy — <sup>4</sup>Landauer Inc., Stillwater Crystal Growth Division — <sup>5</sup>Heidelberg Ion-Beam Therapy Center (HIT)

Ion beam cancer therapy provides a very localized energy deposition for the treatment of malignant tumors. A major challenge are uncertainties caused by organ motion and differential biological effects of secondary particles. Therefore, we investigate the feasibility of determining biological dose to organs at risk in vivo by fluorescent nuclear track detectors (FNTDs).

FNTDs consisting of C- and Mg-doped aluminum oxide crystals are small biocompatible detectors. Thus, they can be used in realistic phantoms or even in-vivo. Color centers in the FNTD undergo permanent radiochromatic transformations under ionizing radiation. The

stored information is read out by a confocal laser-scanning microscope.

A phantom for the irradiation of liver carcinoma that hosts FNTDs as well as 3D dosimetry gel has been developed. It relies on our group experience in manufacturing gel based phantoms providing radiological properties. The current phantom mimics the liver, adipose tissue and breathing motion by movable ribs.

ST 1.7 Mo 18:15 RW 2

**Toward Fluence-Based Dosimetry Using Fluorescent Nuclear Track Detectors** — ●GRISCHA KLIMPKI<sup>1,2</sup>, JULIA-MARIA OSINGA<sup>2,3</sup>, MARK AKSELROD<sup>4</sup>, OLIVER JÄKEL<sup>2,5,6</sup>, and STEFFEN GREILICH<sup>2</sup> — <sup>1</sup>University of Heidelberg — <sup>2</sup>German Cancer Research Center — <sup>3</sup>PTB Braunschweig — <sup>4</sup>Landauer Inc. — <sup>5</sup>Heidelberg Ion-Beam Therapy Center — <sup>6</sup>Heidelberg University Hospital

Ion-Beam Cancer Therapy offers high dose conformity to deep-seated tumors while having the ability to spare surrounding healthy tissue. However, organ movement and uncertainties in treatment planning hamper this advantage and call for reliable in-vivo verification tools. Therefore, we investigate in-vivo fluence-based dosimetry using biocompatible fluorescent nuclear track detectors (FNTDs) [1].

FNTDs are single aluminum oxide crystals doped with carbon and magnesium. They contain color centers that fluoresce after radiochromic transformation under ionizing radiation [2]. Information such as ion trajectory and kinetic energy can be assessed non-destructively using a confocal laser-scanning microscope [3].

Fluence-based dosimetry using FNTDs relies on accurate angular distribution determination of observed particle fields. Thus, we optimized the reconstruction of ion trajectories through the crystal volume. FNTDs have been irradiated with 90 MeV/u carbon ions at the Heidelberg Ion-Beam Therapy Center under well-defined angles which could be reproduced after detector readout.

[1] Osinga et al. ArXiv: 1310.3135v1 (2013). [2] Akselrod et al. Radiat. Meas. 46 (2011). [3] Greulich et al. Radiat. Meas. 56 (2013).

ST 1.8 Mo 18:30 RW 2

**Ein Germanium-Detektor zur Untersuchung der Korrelation von Energiedeposition und  $\gamma$  Emission bei der Protonstrahlentherapie** — ●SABINE FEYEN, DANIEL BÖCKENHOFF, KARIM LAIHEM und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut, RWTH Aachen,

Aachen, Deutschland

Bei der Proton-Strahlentherapie wird im Gegensatz zur konventionellen Bestrahlung die Energie zielgerichtet um den Bragg-Peak deponiert. Fernziel dieses Projektes ist die Untersuchung der bei Proton-Materie-Wechselwirkungen entstehenden Sekundärstrahlung, um den Braggpeak während der Behandlung zu lokalisieren. In Phase I der Entwicklung eines solchen Detektor-Systems wird die Korrelation zwischen der  $\gamma$  Emission und der deponierten Energie mit Hilfe eines hochauflösenden Germanium-Detektors mit Compton-Veto erforscht. In diesem Vortrag wird der Aufbau des Experiments vorgestellt, welches in Kollaboration mit dem polnischen Institut der Nuklearphysik IFJ am Krakauer Therapiezentrum für Protonenbestrahlung durchgeführt wurden. Augenmerk liegt hierbei auf technischen und elektronischen Aspekten, wie dem Germaniumdetektor, der Koinzidenzlogik, einer Neutronenabschirmung und einem Detektor-Positionierungssystem.

ST 1.9 Mo 18:45 RW 2

**Untersuchung der Korrelation von Energiedeposition und  $\gamma$  Emission bei der Protonstrahlentherapie: Ergebnisse Phase I** — ●DANIEL BÖCKENHOFF, SABINE FEYEN, KARIM LAIHEM und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Bei der Proton-Strahlentherapie wird im Gegensatz zur konventionellen Bestrahlung die Energie zielgerichtet um den Bragg-Peak deponiert. Fernziel dieses Projektes ist die Untersuchung der bei Proton-Materie-Wechselwirkungen entstehenden Sekundärstrahlung, um den Braggpeak während der Behandlung zu lokalisieren. In Phase I der Entwicklung wird die Korrelation zwischen der  $\gamma$  Emission und der deponierten Energie in PMMA- und Kohlenstofftargets mit Hilfe eines hochauflösenden Germanium-Detektors mit Compton-Veto erforscht. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse des Experiments vorgestellt, welches in Kollaboration mit dem polnischen Institut der Nuklearphysik IFJ am Krakauer Therapiezentrum für Protonenbestrahlung durchgeführt wurde. Augenmerk liegt hierbei auf der Peak-Identifikation und dem Verständnis der zugrundeliegenden nuklearen Wechselwirkungen sowie der Korrelation zwischen prompter Gamma-Emission und dem Bragg-Peak.