

## ST 4: Radiation Therapy &amp; Dosimetry I

Zeit: Dienstag 16:45–19:00

Raum: BZ.08.02 (HS 3)

ST 4.1 Di 16:45 BZ.08.02 (HS 3)

**Gepulste Magnete für eine kompakte Gantry in einer Laser basierten Protonentherapie** — ●L KARSCH<sup>1</sup>, T COWAN<sup>2</sup>, W ENGHARDT<sup>1</sup>, T HERMANNSDÖRFER<sup>2</sup>, F KROLL<sup>2</sup>, U MASOOD<sup>1</sup>, U SCHRAMM<sup>2</sup>, M SCHÜRER<sup>1</sup> und J PAWELKE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>OncoRay - Technische Universität Dresden — <sup>2</sup>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Der Einsatz von Laser-Beschleunigern verspricht kleinere Anlagen mit geringeren Kosten für die Protonentherapie. Insbesondere ermöglicht die Pulsstruktur der Laser beschleunigten Protonenstrahlen kompakte Gantrys durch die Verwendung von gepulsten Magneten ohne Eisenkern, aber mit höheren Feldstärken.

Mittels gepulster Magnete wird das Magnetfeld nur für einen kurzen Zeitraum, der für den Transport der Protonenpakete ausreicht, aufgebaut. Zunächst wurde je ein Prototyp der zur Strahlführung in der Gantry notwendigen Magnettypen - Solenoid, Dipol und Quadrupol - konzipiert und realisiert. Diese wurden dann an einem 10 MeV Protonenstrahl eines Tandembeschleunigers charakterisiert.

Mit den Prototypen werden Magnetimpulsdauern von ca. 1 ms erreicht. Die Dauer während der das Feld konstant ist, und damit auch die maximale Strahlpulsdauer für Untersuchungen, beträgt 100  $\mu$ s. Die einzelnen Magnete wie auch deren Kombination zeigen die erwarteten ionenoptischen Eigenschaften (Fokussierung, Ablenkung).

Nach einer Anpassung der Magnete sind Experimente an einer konventionellen klinischen Protonentherapieanlage mit höherer Strahlenergie (bis 230 MeV) geplant.

Die Arbeit wird vom BMBF (Nr. 03Z1N511) gefördert.

ST 4.2 Di 17:00 BZ.08.02 (HS 3)

**Monte-Carlo-Simulation der PBS-Nozzle der Protonentherapieanlage des Westdeutschen Protonentherapiezentrum Essen (WPE)** — ●MARC BEHRING<sup>1</sup>, CHRISTIAN BÄUMER<sup>2</sup>, MARION EICHMANN<sup>1</sup>, BENJAMIN KOSKA<sup>2</sup>, HOLGER SOMMER<sup>1</sup>, BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> und BEATE TIMMERMANN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen

Das Westdeutsche Protonentherapiezentrum Essen (WPE) befindet sich seit Mai 2013 im klinischen Betrieb. Seit April 2014 können Tumorerkrankungen dort auch mit dem Pencil Beam Scanning-Verfahren (PBS) therapiert werden.

Die am WPE installierte PBS dedicated nozzle der Firma IBA soll unter Berücksichtigung von dort gemessenen Strahlparametern simuliert werden. Für die Simulation wird die auf Geant4 basierende Monte-Carlo-Software TOPAS genutzt, welche primär für den Zweck der Protonentherapie entwickelt wurde.

ST 4.3 Di 17:15 BZ.08.02 (HS 3)

**Geant4-Simulation von Strahlentherapien** — ●MARKUS DRÖSSER<sup>1</sup>, NURIA ESCOBAR CORRAL<sup>2</sup>, JAN GRAHE<sup>2</sup>, GISELA HÜRTGEN<sup>2</sup>, ULRIKE KUCK<sup>2</sup>, KARIM LAIHEM<sup>1,2</sup>, SVEN LOTZE<sup>2</sup>, MICHAEL EBLE<sup>2</sup> und ACHIM STAHL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland — <sup>2</sup>Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie, Universitätsklinikum Aachen, Aachen, Deutschland

Die Bestrahlung von Tumoren ist wegen der steigenden Krebsrate seit jeher ein wichtiges Forschungsgebiet. Die am häufigsten genutzte Methode ist die Bestrahlung mit Photonen. Klinische Bestrahlungsplanung muss zeitnah und trotzdem akkurat geschehen, weshalb herkömmliche kommerzielle Programme auf Algorithmen zurückgreifen, die im Vergleich zu Monte-Carlo Simulationen zwar wesentlich schneller, dafür allerdings mit Vereinfachungen arbeiten.

Ein aktuelles Ziel der Arbeitsgruppe ist, etwaige Unterschiede zwischen den Dosisverteilungen von Pinnacle (kommerzielles Behandlungsplanungssystem) und Geant4 (Monte-Carlo) zu analysieren. Dabei werden CT Daten von virtuellen Phantomen und Patienten mit einem DICOM-Interface eingelesen und die Bestrahlung mit Hilfe eines in Geant4 modellierten Linearbeschleunigers simuliert. Der Vortrag geht auf die technische Umsetzung der Simulation ein und zeigt erste Ergebnisse.

ST 4.4 Di 17:30 BZ.08.02 (HS 3)

**Kalorimeter und Elektronik für ein Flugzeitspektrometer** — ●MAX EMDE, EMIL DUONG, CARSTEN HINZ, JONAS KASPER, FLORIAN LENZ, RONJA LEWKE und ACHIM STAHL — III. Physikalisches

Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Geant4 bietet grundsätzlich die Möglichkeit, die Bestrahlung von Tumoren mit Ionenstrahlen auf Basis von Monte-Carlo-Simulationen zu untersuchen. Vor allem die dabei auftretenden Kernwechselwirkungen lassen sich leicht einbinden, jedoch hängt das Ergebnis stark von den verwendeten Wirkungsquerschnitten ab. Da diese im therapeutischen Energiebereich um 200 MeV pro Nukleon für einige häufig auftretende Reaktionen nicht hinreichend genau bekannt sind, entwickelt unsere Arbeitsgruppe ein Flugzeitspektrometer zur Messung dieser Wirkungsquerschnitte. Dabei sollen die in solchen Reaktionen entstehenden Fragmente durch ihre Flugzeit, ihren Energieverlust in Materie und ihre kinetische Energie identifiziert werden. Zur Messung der kinetischen Energie wird ein elektromagnetisches Kalorimeter aus Bismut-Germanat-Kristallen benutzt, die durch PIN-Dioden ausgelesen werden. Für Teilchenenergien bis 2,4 GeV wurde eine optimierte Vorverstärkerschaltung entwickelt, die eine Energieauflösung von 1 MeV erreichen kann.

ST 4.5 Di 17:45 BZ.08.02 (HS 3)

**Untersuchungen zu einem Protonen-Phasen-Monitor zur Reichweitenverifikation in der Protonentherapie** — ●T. WERNER<sup>1</sup>, C. GOLNIK<sup>1</sup>, F. HUESO-GONZALEZ<sup>1</sup>, W. ENGHARDT<sup>1,3</sup>, A. STRAESSNER<sup>2</sup>, J. PETZOLDT<sup>1</sup>, K. RÖMER<sup>3</sup>, T. KORMOLL<sup>1</sup> und G. PAUSCH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dresden, Oncoray, Germany — <sup>2</sup>TU Dresden, Germany — <sup>3</sup>HZDR, Germany

Im Vergleich zur konventionellen Tumorbehandlung mit Photonen bietet die Protonentherapie erhebliche Vorteile. Das charakteristische Dosisprofil von Protonen und schweren Ionen, gekennzeichnet durch ein scharfes Maximum (Bragg Peak) mit einem anschließendem scharfen Abfall, ist maßgeblich für die definierte Reichweite im Gewebe. Eine Hauptaufgabe der derzeitigen medizinischen Forschung in diesem Gebiet ist die Sicherung der präzisen Bestrahlung des Targetvolumens. Eine der Möglichkeiten zur in vivo Reichweitenverifikation während der Patientenbestrahlung bietet die Prompt Gamma Timing (PGT) Methode. Durch Effekte im Beschleuniger, der Zeitauflösung des Detektors und das Proton-Bunch-Profil sind die zeitaufgelösten Emissionsverteilungen der hochenergetischen Photonen jedoch verschmiert und bieten nicht die gewünschte Genauigkeit im Hinblick auf eine spätere klinische Anwendung. Um dennoch eine verwertbare Reichweiteninformation aus den PGT Spektren zu extrahieren, können Korrekturen mithilfe eines Phasenmonitors durchgeführt werden. Im Vortrag wird ein Detektor zur Messung der Phasenverschiebung der primären Proton-Bunche mit gleichzeitiger Messung des Bunch-Profiles vorgestellt und über die Ergebnisse der Protonstrahlungsmessungen berichtet.

ST 4.6 Di 18:00 BZ.08.02 (HS 3)

**Detektoren zur Flugzeitmessung bei der Bestimmung nuklearer Wirkungsquerschnitte für die Teilchentherapie** — ●RONJA LEWKE, MAX EMDE, BRITTA GRIMM, CARSTEN HINZ und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Unsere Arbeitsgruppe entwickelt ein Flugzeitspektrometer, mit dem nukleare Wirkungsquerschnitte vermessen werden, die für die Strahlentherapie mit geladenen Teilchen wie Protonen und Ionen relevant sind. Untersucht werden Wechselwirkungen von Protonen und Kohlenstoffionen, deren Reaktionsprodukte mit Szintillationsdetektoren vermessen werden. Es werden Detektoren zur Positions- und Zeitmessung vorgestellt, sowie Ergebnisse von Testmessungen präsentiert. Um den Durchstoßpunkt der Reaktionsprodukte sowie ihre Ankunftszeit zu bestimmen, wird ein Fasertracker aus szintillierenden Fasern verwendet, die mit SiPMs ausgelesen werden. Das zur Flugzeitmessung nötige zweite Zeitsignal liefert ein Startdetektor aus Plastikszintillator, der ebenfalls mit SiPMs versehen ist.

ST 4.7 Di 18:15 BZ.08.02 (HS 3)

**Erweiterung eines Flugzeitspektrometers um einen Bartracker zur Messung nuklearer Wirkungsquerschnitte für die Teilchentherapie** — ●CARSTEN HINZ, MAX EMDE, BRITTA GRIMM, RONJA LEWKE und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Zur Behandlung von Krebstumoren mit schweren, geladenen Teilchen ist eine genaue Planung erforderlich, um gesundes Gewebe zu schonen

und eine maximale Dosis im Tumor zu deponieren. Zur Überprüfung von Planungsergebnissen und deren Verbesserung sollen Monte-Carlo-Simulationen mit Geant4 durchgeführt werden. Die dafür nötigen Wirkungsquerschnitte von auftretenden Kernreaktionen sind im relevanten Energiebereich noch nicht präzise genug vermessen. Deshalb entwickelt unsere Arbeitsgruppe ein Flugzeitspektrometer zur Vermessung der Wechselwirkungsquerschnitte zwischen Kohlenstoffionen und Protonen.

In diesem Vortrag wird das Messverfahren, der aktuelle Aufbau und die Erweiterung des Flugzeitspektrometers um einen Bartracker vorgestellt. Der Bartracker besteht aus Plastikszintillatorstreifen, welche mit SiPMs ausgelesen werden. Damit soll der spezifische Energieverlust gemessen werden und weitere Orts- und Zeitmessungen erfolgen.

ST 4.8 Di 18:30 BZ.08.02 (HS 3)

**Korrelation zwischen Position des Bragg-Peaks und Spektrum prompter Gammastrahlung in der Protonentherapie** — ●JOHANNES LEIDNER, DANIEL BÖCKENHOFF, SABINE FEYEN, KARIM LAIHEM und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Die Protonentherapie ermöglicht eine zielgerichtetere Energiedeposition (Bragg-Peak) als die Bestrahlung mit Photonen. Ziel dieses Projektes ist die Detektion sekundärer prompter Gammastrahlung, um den Bragg-Peak während der Bestrahlung zu lokalisieren. In der Arbeitsgruppe wird die Korrelation zwischen Gammaskpektrum und der Position des Bragg-Peaks mit Hilfe eines Germaniumdetektors mit Compton-Veto untersucht. Vorgestellt werden Ergebnisse der Reaktionen von 70MeV-Protonen mit Kohlenstoff- und PMMA-Targets und

Weiterentwicklungen für die nächste Strahlzeit.

ST 4.9 Di 18:45 BZ.08.02 (HS 3)

**Modeling radiation effects of ultrasoft X-rays based on their microscopic dose deposition pattern** — ●TAMARA BUCH<sup>1,2</sup>, EMANUELE SCIFONI<sup>1</sup>, MARCO DURANTE<sup>1,2</sup>, MICHAEL SCHOLZ<sup>1</sup>, and THOMAS FRIEDRICH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany — <sup>2</sup>Institut für Festkörperphysik, TU Darmstadt, Germany

Understanding and characterization of different radiation types and their biological effectiveness are essential for radiation protection as well as for medical applications such as radiation therapy. Modeling approaches aim to predict radiation effects and in turn give insight into radiation damage processes. It is known that irradiation with ultrasoft X-rays (USX) shows a higher effectiveness than high-energy photons. This is attributed, similar as for high LET radiation, to a rather inhomogeneous dose deposition. A mechanistic modeling approach is given by the Local Effect Model (LEM), developed at GSI, Darmstadt. One of its basic concepts is that the biological effectiveness mainly depends on the accumulation of double-strand breaks (DSB) within DNA substructures called chromatin loops. A higher effectiveness can thereby be sufficiently explained by an increasing yield of DSB and their spatial arrangement. As a preliminary step, we attempt to predict this increase of DSB on the basis of an amorphous track structure, exploiting the inhomogeneous dose deposition caused by the considerably smaller range of secondary electrons and the higher significance of attenuation of the photons itself. Since no insight into dose responses of USX is required this work presents a direct extension of LEM for USX.