

ST 1: Radiation Therapy

Zeit: Montag 16:00–18:45

Raum: Phys-HS P

ST 1.1 Mo 16:00 Phys-HS P

Berücksichtigung der Bragg-Peak-Verbreiterung durch heterogenes Lungengewebe in der Protonentherapie von thorakalen Tumoren — ●KILIAN-SIMON BAUMANN^{1,2}, VERONIKA FLATTEN^{1,2}, ULI WEBER³, RITA ENGENHART-CABILLIG^{1,4} und KLEMENS ZINK^{1,2,5} — ¹Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie — ²Technische Hochschule Mittelhessen, Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz — ³GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Abteilung Biophysik — ⁴Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (MIT) — ⁵Frankfurt Institute for Advanced Studies

Heterogene Strukturen im sub-millimeter Bereich wie beispielsweise Lungengewebe führen zu einer Verbreiterung des Bragg-Peaks. Wird diese Verbreiterung in der Bestrahlungsplanung von Lungenkarzinomen nicht berücksichtigt, kann dies die Dosisverteilung im Patienten signifikant beeinflussen. Jedoch kann diese Verbreiterung auf Grundlage konventioneller CT-Bilder nicht direkt ermittelt werden, da die Strukturen des Lungengewebes nicht ausreichend aufgelöst werden.

Mithilfe einer Dichtemodulation der CT-Voxel, die mit der Lunge assoziiert sind, kann die Verbreiterung jedoch reproduziert und somit der Einfluss auf reale Patientenpläne analysiert werden.

Dabei konnte gezeigt werden, dass es bei einer Nichtberücksichtigung der Bragg-Peak-Verbreiterung zu einer Unterdosierung des Tumors und einer Überdosierung distalen Normalgewebes kommen kann. Die Bragg-Peak-Verbreiterung muss folglich in der Bestrahlungsplanung berücksichtigt werden.

ST 1.2 Mo 16:15 Phys-HS P

Messung und Modellierung von Kernreaktionsquerschnitten von Helium-Ionen im therapeutischen Energiebereich — ●FELIX HORST^{1,2}, KAI-THOMAS BRINKMANN³, MICHAEL KRÄMER², CHRISTOPH SCHUY², ULI WEBER², HANS-GEORG ZAUNICK³ und KLEMENS ZINK^{1,4,5} — ¹THM, Gießen — ²GSI, Darmstadt — ³JLU, Gießen — ⁴UKGM, Gießen/Marburg — ⁵FIAS, Frankfurt

Helium-Ionen werden hinsichtlich ihrer physikalischen und strahlenbiologischen Eigenschaften für gewisse therapeutische Situationen (z.B. für die Bestrahlung von Kindern) als guter Kompromiss zwischen Protonen und Kohlenstoff-Ionen angesehen. Daher gibt es konkrete Pläne, zukünftig auch Helium-Ionen für die Strahlentherapie einzusetzen. Dies setzt eine präzise Kenntnis der dem Strahlungstransport zugrunde liegenden physikalischen Modellparameter für die Dosisberechnung voraus. Die in diesem Beitrag vorgestellten Experimente befassen sich mit der nuklearen Fragmentierung von Helium-Ionen. Bei einem Experiment am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum wurden mit einem Szintillator-Teleskop totale Kernreaktionsquerschnitte bei Energien zwischen 80 und 220 MeV/u an dünnen Graphit-Targets gemessen. Desweiteren ist ein Experiment mit 90 MeV/u Helium-Ionen am KVI in Groningen geplant: hier sollen per Flugzeitspektrometrie doppelt-differentielle Ausbeuten gemessen werden. Im Beitrag werden experimentelle Details und Ergebnisse der Messkampagnen vorgestellt und mit den Kernreaktionsmodellen im GSI-Bestrahlungsplanungssystem TRiP98 sowie bereits publizierten Messdaten verglichen. Außerdem werden mögliche Ansätze zur Optimierung dieser Modelle aufgezeigt.

ST 1.3 Mo 16:30 Phys-HS P

Untersuchung der Wechselwirkung von Photonenbestrahlung und Tumortherapiefeldern mit Hilfe einer Geant4-Simulation — ●MARIMEL MAYER^{1,2}, GISELA HÜRTGEN^{1,2}, MARSHA SCHLENTNER¹, ACHIM STAHL² und MICHAEL J. EBLE¹ — ¹Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie, Uniklinik RWTH Aachen — ²III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University

Tumortherapiefelder sind elektrische Wechselfelder niedriger Intensität (1-3 V/cm), die Zellen in der Mitose angreifen. Sie werden zur Behandlung von Glioblastomen eingesetzt und mit Keramikelektroden am Kopf des Patienten erzeugt. Bei gleichzeitigem Einsatz mit Photonenbestrahlung werden synergistische Effekte erwartet. Aufgrund der Unsicherheit der gegenseitigen Beeinflussung der Therapiemöglichkeiten werden aktuell die Elektroden zur Bestrahlung abgenommen. In dieser Studie wird der Einfluss der Tumortherapiefelder auf die Sekundärelektronen der Bestrahlung mit Hilfe einer Geant4-Simulation eines medizinischen Linearbeschleunigers untersucht. Dazu werden konstante elektrische Wechselfelder unterschiedlicher Intensität in der Be-

schleunigersimulation implementiert und deren Einfluss auf die finale Dosisdeposition in einem Phantom analysiert.

ST 1.4 Mo 16:45 Phys-HS P

Varianzreduktionstechniken zur Effizienzsteigerung einer Geant4-Simulation eines Linearbeschleunigers in der Strahlentherapie — ●DOMINIK MÜLLER^{1,2}, GISELA HÜRTGEN^{1,2}, ACHIM STAHL² und MICHAEL J. EBLE¹ — ¹Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie, Uniklinik RWTH Aachen — ²III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University

Die Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie der Uniklinik RWTH Aachen nutzt eine Geant4-Simulation des Linearbeschleunigers Axesse mit Agility Kopf der Firma Elekta zur Untersuchung verschiedener Forschungsfragen. In der Simulation ist die komplette Geometrie des Agility Beschleunigerkopfes und des Kollimatorsystems modelliert. Mit dieser Simulation lässt sich beginnend am primären Elektronenstrahl der Strahlengang durch den Beschleunigerkopf bis hin zum Patienten simulieren. Die bereits vorhandene Simulation wird zu der neueren Version Geant4 10.3 umgestellt. Weiterhin soll die Effizienz der Simulation gesteigert werden. Dafür werden verschiedene Varianzreduktionstechniken implementiert, deren Potential zur Effizienzsteigerung verglichen wird.

ST 1.5 Mo 17:00 Phys-HS P

Highly Efficient Laser Ionization of Lanthanides for Medical Radioisotope Production — ●VADIM GADELISHIN¹, ROBERTO FORMENTO CAVAIER^{2,3,4}, FERID HADDAD⁴, TOM KIECK¹, THIERRY STORA⁵, DOMINIK STUDER¹, FELIX WEBER¹, ILYES ZAHI², and KLAUS WENDT¹ — ¹Johannes Gutenberg-Universität Mainz — ²Advanced Accelerator Applications, France — ³SUBATECH, Nantes University, France — ⁴GIP ARRONAX, France — ⁵CERN, Switzerland

Medical radioisotope production is a non-trivial high-tech challenge, regarding preparation and provision of a radioactive material as well as the purity of a final radiopharmaceutical. These aspects are of particular relevance for the innovative theranostics approach, in which radiotherapy and diagnostics are carried out with the same medicine.

At the CERN-MEDICIS facility novel theranostics radionuclides are generated. By bombardment of a target with high-energetic 1.4 GeV proton beam, myriads of different radioisotopes are produced. Subsequently, the element-selective mass separation is mandatory. The first batch of medical radiolanthanides has been recently demonstrated with the dedicated mass separator. In combination with element-selective multi-step laser resonant ionization, a highly efficient extraction and isotopic purity against radioactive cross contamination can be ensured.

In this talk, laser resonance ionization spectroscopy on the most promising lanthanides, i.e. terbium, erbium and lutetium, is presented. The concept of the laser lab "MELISSA" for MEDICIS facility is derived, and a possibility of transfer and application of this technology at commercial medical cyclotrons is studied.

15 min. break

ST 1.6 Mo 17:30 Phys-HS P

Gammastrahlungsspektrometrische Untersuchung der Aktivierung einer Titanprobe in der Protonentherapie — ●SAMANTHA KAUER^{1,2}, CLAUS MAXIMILIAN BÄCKER¹, CHRISTIAN BÄUMER², MARCEL GERHARDT¹, CLAUS GÖSSLING¹, KEVIN KRÖNINGER¹, CHRISTIAN NITSCH¹, HILDA MILANI SIREGAR¹, BEATE TIMMERMANN^{2,3} und AZAD YAZGAN^{1,2} — ¹TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV, Otto-Hahn-Str. 4a, 44227 Dortmund — ²Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen — ³Westdeutsches Tumorzentrum Universitätsklinikum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen

Titan wird auf Grund der Oberflächeneigenschaften in medizinischen Implantaten verwendet. Bei der Protonentherapie können sich die Titanimplantate im Strahlengang befinden, wodurch diese im Protonenfeld aktiviert werden. Dabei entstehen Radionuklide, die in einen energetisch günstigeren Zustand übergehen können und dabei unter anderem Gammastrahlung emittieren. Diese Gammastrahlung ist charakteristisch für jedes Radionuklid und stellt ein Strahlenschutzrisiko dar.

In diesem Projekt werden die Gammastrahlungsspektren von Titanproben

nach der Aktivierung untersucht. Es werden Aktivierungsprodukte identifiziert und Aktivierungswirkungsquerschnitte bestimmt. Die Aktivierung erfolgt am Westdeutschen Protonentherapiezentrum Essen. Die gammaspektrometrische Untersuchung wird an der Dortmund Low Background Facility der TU Dortmund durchgeführt. In diesem Vortrag werden die ersten Ergebnisse vorgestellt.

ST 1.7 Mo 17:45 Phys-HS P

Aktivierung von biologisch relevanten Elementen in der Protonentherapie — ●CLAUS MAXIMILIAN BÄCKER¹, CHRISTIAN BÄUMER², MARCEL GERHARDT¹, CLAUS GÖSSLING¹, SAMANTHA KAUER^{1,2}, KEVIN KRÖNINGER¹, CHRISTIAN NITSCH¹, BEATE TIMMERMANN^{2,3} und AZAD YAZGAN^{1,2} — ¹TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV, Otto-Hahn-Str. 4a, 44227 Dortmund — ²Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen — ³Westdeutsches Tumorzentrum Universitätsklinikum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen

In der Protonentherapie kann im Strahlengang liegendes Gewebe aktiviert werden. Es werden Aktivierungswirkungsquerschnitte an biologisch relevanten Elementen, wie zum Beispiel Kohlenstoff, mit Protonen untersucht. Diese Aktivierungswirkungsquerschnitte werden in der Dosis- und Reichweitenverifikation, zum Beispiel mittels Positronenemissionstomographie, verwendet. Daher werden insbesondere β^+ -Strahler wie ^{11}C untersucht.

Die Proben werden am Westdeutschen Protonentherapiezentrum Essen (WPE) mit Protonen mit einer Energie von 100 MeV bis 200 MeV bestrahlt. Im Anschluss werden die Proben mittels Gammaspektrometrie an der Dortmund Low Background Facility (DLB) der TU Dortmund untersucht. Aus den gemessenen Aktivitäten werden die Aktivierungswirkungsquerschnitte bestimmt. In diesem Vortrag werden die aktuellen Ergebnisse des Projekts vorgestellt.

ST 1.8 Mo 18:00 Phys-HS P

Design und Dosimetrie von individuell gefertigten Abschirmungen für Ruthenium-Augenapplikatoren — ●HENNING MANKE¹, CATHERINA SCHARMBERG^{1,2}, BERNHARD SPAAN¹ und DIRK FLÜHS² — ¹TU Dortmund, Experimentelle Physik 5, Deutschland — ²Universitätsklinikum Essen, Strahlenklinik, Deutschland

Ruthenium-106 Applikatoren sind seit über 50 Jahren eine etablierte Methode zur Behandlung von Tumoren im Auge. Da die Form des Tumors und insbesondere der Tumorbasis stark variiert, wird beim Einsatz von einem Augenapplikator gesundes Gewebe außerhalb des Zielvolumens hoher Dosis ausgesetzt. Wird die Toleranzdosis im Gewebe überschritten, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass der Patient Sehverlust oder andere gesundheitliche Beeinträchtigungen erleidet. Aktuell wird das Konzept einer individuellen Abschirmung erforscht, deren Form der Tumorbasis des einzelnen Patienten angepasst ist, um Risikostrukturen wie den Sehnerven oder Arterien zu schützen.

Diese Arbeit fokussiert sich auf den Einfluss der genauen Geometrie von Abschirmungen aus verschiedenen Materialien einschließlich Silber und deren Effekt auf die Dosisverteilung. Zu diesem Zweck wer-

den sowohl Monte-Carlo basierte Simulationen in Geant4 durchgeführt, als auch Abschirmungen mit Hilfe verschiedener Gussverfahren hergestellt. Die Dosisverteilung des Applikators mit aufliegender Abschirmung wird anschließend in einem Detektorsystem vermessen, welches auf einem BC400-Szintillator beruht. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse vorgestellt, für welche zunächst ein planarer Applikator mit Abschirmungen untersucht wurde.

ST 1.9 Mo 18:15 Phys-HS P

Improving the measurement of dose profiles using a combination of two detector types — ●SONJA WEGENER and OTTO A. SAUER — Universitätsklinikum Würzburg, Klinik für Strahlentherapie, Würzburg, Deutschland

The measurement of dose profiles is a typical task when characterizing a clinical high energy photon beam. However, picking a suitable detector is challenging due to steep dose gradients at field edges and spectral changes when moving out of the useful field. Diode detectors may have a high spatial resolution, but their high atomic number silicon chip can lead to perturbations and energy-dependent response. The main drawback of ionization chambers is volume averaging, while they typically show less energy-dependence. It is a straightforward idea to combine the strengths of two detectors, e.g. a diode and an ionization chamber, to obtain corrections yielding the true dose profile.

Profiles were measured with five different small field detectors and a medium sized thimble ionization chamber at an Elekta Versa HD. Spatial correction factors for the small field detectors were obtained from the measurement signals of two detectors by using a convolution method. When applying the corrections to the measured data, agreement with profiles recorded on Gafchromic film improved: Differences in the field size and penumbra decreased down to a field size of 1x1 cm². Furthermore, the correction factors themselves provide insights into the off-axis behavior of the studied detectors.

ST 1.10 Mo 18:30 Phys-HS P

Konzeptioneller Test einer Single-Plane-Compton-Kamera für die Reichweitemessung in der Protonentherapie — ●JONATHAN BERTHOLD — OncoRay, Dresden — TU Dresden

Die Reichweitekontrolle in der Protonentherapie ist seit einigen Jahren Thema aktueller Forschung, um die Behandlung noch weiter zu präzisieren und somit das gesunde Gewebe zu schonen. Da die Protonen im Gewebe stoppen, muss man die hervorgerufenen sekundären Signaturen so nutzen, dass man daraus Informationen über die Reichweite ableiten kann. Als erfolgsversprechend hat sich bereits die prompte Gammastrahlung erwiesen, welche bei Kernanregungen des Gewebes entsteht. Für die klinische Umsetzung wird eine Kombination verschiedener Messmethoden in einem multimodalen Messgerät angestrebt. Neben spektroskopischen und zeitlichen Methoden kann man die Gammastrahlung auch direkt räumlich auflösen. Erstmals wurde nun auch das Konzept einer sogenannten Single-Plane-Compton-Kamera für diese Zwecke untersucht. Im Vortrag werden aktuelle Ergebnisse präsentiert.