

## Radiation and Medical Physics Division Fachverband Strahlen- und Medizinphysik (ST)

Anna C. Bakenecker  
Fraunhofer-Einrichtung für  
Individualisierte und Zellbasierte  
Medizintechnik IMTE  
Mönkhofer Weg 239a  
23562 Lübeck  
bakenecker@dpg-mail.de

Ronja Hetzel  
RWTH Aachen University  
Templergraben 55  
52056 Aachen  
ronja.hetzel@physik.rwth-aachen.de

Reimund Bayerlein  
EXPLORER molecular imaging  
center  
Department of radiology  
University of California Davis

### Overview of Invited Talks and Sessions

#### Plenary Talk of ST

See PV for details.

PV I Tue 9:00– 9:45 PVa **Physics-Informed AI for Image Reconstruction in PET** — ●ANDREW READER

#### Invited Talks

ST 7.1 Wed 14:00–14:15 STa **Der Weg zum Medizinphysikexperten (MPE): Was sind die nötigen Voraussetzungen zur Fachkunde im Strahlenschutz?** — ●MARKUS BUCHGEISTER

ST 7.2 Wed 14:15–14:40 STa **Vom Physiker zum Medizinphysiker** — ●RICCARDO VALENTINI

ST 7.3 Wed 14:40–15:05 STa **Vom Hochtemperaturplasma zum Innenohr: nur ein Random Walk** — ●JOSEF SEEBACHER

ST 7.4 Wed 15:10–15:35 STa **MedizinphysikerIn im Bereich herstellerunabhängiger Magnetresonanztomographie und digitaler Medizin** — ●ROBIN WILKE

ST 7.5 Wed 15:35–16:00 STa **Von der Idee bis zur Auslieferung: Drei Jahre am Siemens Healthineers Standort Kemnath** — ●OLIVIA NOACK

#### Sessions

ST 1.1–1.7 Mon 16:00–17:45 STa **Radiation Therapy**

ST 2 Mon 17:45–18:15 STn **Networking and Coffee Break**

ST 3.1–3.5 Tue 14:00–15:15 STa **Artificial Intelligence in Medical Physics**

ST 4 Tue 15:15–16:00 STn **Networking and Coffee Break**

ST 5.1–5.7 Tue 16:00–17:45 STa **Medical Imaging**

ST 6 Tue 17:45–18:15 STn **Networking and Coffee Break**

ST 7.1–7.5 Wed 14:00–16:00 STa **DPG trifft DGMP - Berufsperspektiven in der Medizinischen Physik**

ST 8.1–8.1 Wed 16:00–17:00 STn **Diskussionsrunde und Networking**

ST 9 Thu 13:00–14:00 STm **Annual General Meeting**

ST 10.1–10.5 Thu 14:00–15:15 STa **Radiation Monitoring and Dosimetry**

ST 11 Thu 15:15–16:00 STn **Networking and Coffee Break**

ST 12.1–12.5 Thu 16:00–17:15 STa **Compton Cameras**

ST 13 Thu 17:15–17:45 STn **Networking and Coffee Break**

#### Annual General Meeting of the Radiation and Medical Physics Division

Thursday 13:00–14:00

## Networking and Coffee Breaks

Everybody is kindly invited to come to our Networking Lounge! Continue the discussion with the speakers of the previous session, meet your colleagues and get to know new people. Please feel free to bring a cup of coffee and enjoy a convenient atmosphere.

You have the possibility to meet in a small group, to switch between different discussion rounds, to stroll around and look for people you might know. You can meet each other in the Networking Lounge at any time you want to.

Just get it started: <https://www.wonder.me/r?id=e0923b0d-b2de-4364-9724-f8597fdaefdc>

## ST 1: Radiation Therapy

Time: Monday 16:00–17:45

Location: STa

## ST 1.1 Mon 16:00 STa

**MC study of prompt gamma production in water by protons of 100-250 MeV energy** — •MARIAM ABULADZE<sup>1</sup>, JONAS KASPER<sup>2</sup>, RONJA HETZEL<sup>2</sup>, REVAZ SHANIDZE<sup>1,3</sup>, and ACHIM STAHL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Kutaisi International University, Kutaisi, Georgia — <sup>2</sup>RWTH Aachen University, Aachen, Germany — <sup>3</sup>Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Proton therapy is a relatively new and advanced method of radiation treatment of cancerous tumors. The characteristic feature of this treatment modality is a high localization of energy deposit (Bragg peak) in a tumor, which requires a precise monitoring of the proton beam position in the patient. Prompt gamma radiation, which is produced during the ionization losses of the protons in a matter (patient) could be used for imaging of the beam position and hence for the proton therapy treatment control.

We used Geant4 toolkit for the MC study of the characteristics of the prompt gamma radiation produced by protons in the energy range of 100-250 MeV. Energy spectra, production vertices and directions of prompt gammas produced with the protons in the water phantom were studied, as well as the correlations with the Bragg location. This information is necessary for the development of prompt gamma imaging (PGI) devices. Several PGI-detectors are currently under consideration by different research groups, involved in the proton/ion therapy worldwide

## ST 1.2 Mon 16:15 STa

**Challenges of SiPM Applications for Prompt Gamma Range Verification in Proton Therapy** — •TOBIAS TEICHMANN, MARTIN SERFLING, HANNAH JACOBI, and ARNO STRAESSNER — IKTP TU Dresden, Dresden, Germany

With an increasing role of proton therapy in cancer treatment there is a growing demand on reliable, non-invasive methods for in-vivo proton range verification to be able to adapt to changes of the irradiation conditions during a treatment session and to ensure best possible protection of organs at risk. The measurement of prompt gamma radiation which is emitted along the beam track due to the interaction of the incident protons with the nuclei of the patients body has been shown to provide both temporal and spectral information which can be used to determine the proton range and have the potential to meet all desired requirements. The present work studies the application of SiPMs coupled to scintillation detectors and read out with the PETsys TOF ASIC evaluation kit as a detector for prompt gamma radiation. The combination of SiPMs with high photon detection efficiency, excellent timing resolution, low bias voltage operation and immunity to magnetic fields and the cost effective, fast and scalable PETsys read out electronics present an interesting alternative to existing approaches in prompt gamma range verification. The presentation gives an overview over the most important challenges of prompt gamma detection such as detector efficiency, data throughput, load tolerance and timing resolution and will present the status of the work at the Dresden Institute of Nuclear and Particle Physics.

## ST 1.3 Mon 16:30 STa

**Characterization of pixelated silicon detectors for the measurement of small radiation fields in proton therapy** — •ISABELLE SCHILLING<sup>1</sup>, CLAUDIUS MAXIMILIAN BÄCKER<sup>1,3,4,5</sup>, CHRISTIAN BÄUMER<sup>2,3,4,5</sup>, CARINA BEHRENDTS<sup>2,3,4,5</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, BEATE TIMMERMANN<sup>3,4,5,6</sup>, and JENS WEINGARTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Experimentelle Physik IV, 44221 — <sup>2</sup>TU Dortmund, Fakultät Physik, 44221 — <sup>3</sup>Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, 45122 Essen — <sup>4</sup>Westdeutsches Tumorzentrum, 45122 Essen — <sup>5</sup>Universitätsklinikum Essen, 45122 Essen — <sup>6</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Partikeltherapie, 45122 Essen

In order to achieve a high-dose irradiation while sparing normal tissue, small fields generated by pencil beam scanning or beam shaping apertures are increasingly used in proton therapy. These irradiation methods require the development of small field dosimetry systems for quality assurance. Applying the knowledge from high energy physics it becomes apparent that 2D pixelated silicon detectors with a good spatial resolution, a high rate capability and an electronic readout enabling the counting of single protons could meet these requirements. To assess their applicability in proton therapy ATLAS pixelated silicon detectors are used to measure lateral beam profiles of different

irradiation modes at the WPE Essen. The measured beam profiles of a single pencil beam spot matches the expectations within  $\pm 4\%$ . Further measurements underline the possibility to investigate the dose gradient at the field edges with high resolution. Analysis strategies to determine the residual proton energy are currently being worked on.

## ST 1.4 Mon 16:45 STa

**Consolidation and absolute measurement of the  $^{12}\text{C}(\text{p,pn})^{11}\text{C}$ -cross section for particle therapy** — •CLAUS MAXIMILIAN BÄCKER<sup>1,2,3,4</sup>, WIHAN ADI<sup>5</sup>, CHRISTIAN BÄUMER<sup>2,3,4,6</sup>, MARCEL GERHARDT<sup>1</sup>, FELIX HORST<sup>7,8</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, CHRISTOPH SCHUY<sup>8</sup>, BEATE TIMMERMANN<sup>2,3,4,9</sup>, NICO VERBEEK<sup>2,3,4</sup>, JENS WEINGARTEN<sup>1</sup>, and JÖRG WULFF<sup>2,3,4,7</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Experimentelle Physik IV, 44227 Dortmund — <sup>2</sup>Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, 45122 Essen — <sup>3</sup>Westdeutsches Tumorzentrum, 45122 Essen — <sup>4</sup>Universitätsklinikum Essen, 45122 Essen — <sup>5</sup>II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität, 35392 Giessen — <sup>6</sup>TU Dortmund, Fakultät Physik, 44227 Dortmund — <sup>7</sup>Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, Technische Hochschule Mittelhessen, 35390 Gießen — <sup>8</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt — <sup>9</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Partikeltherapie, 45122 Essen

For PET imaging as a range verification method in proton therapy, an accurate knowledge of the activation cross sections is required to determine the expected  $\beta^+$  activity distribution.

For the  $^{12}\text{C}(\text{p,pn})^{11}\text{C}$ -reaction, the measured cross sections accumulate around two excitation functions, which are about 15% apart. This difference persists in the recent measurements from Essen / Dortmund and Giessen / Darmstadt. With comparative measurements, the reason for this systematic difference is investigated and the new reference cross section ( $68 \pm 2$ ) mbarn of the  $^{12}\text{C}(\text{p,pn})^{11}\text{C}$ -reaction is evaluated at 100 MeV proton beam energy. The results are presented in this talk.

## ST 1.5 Mon 17:00 STa

**Investigation of radio-activation of titanium implants in proton therapy** — •FLEUR ANNA SPIECKER<sup>1</sup>, CLAUDIUS MAXIMILIAN BÄCKER<sup>1,2,3,4</sup>, CHRISTIAN BÄUMER<sup>2,3,4</sup>, WALTER JENTZEN<sup>4</sup>, SANDRA KAZEK<sup>4</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, BEATE TIMMERMANN<sup>2,3,5</sup>, and JENS WEINGARTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Experimentelle Physik IV, 44227 Dortmund — <sup>2</sup>Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, 45122 Essen — <sup>3</sup>Westdeutsches Tumorzentrum, 45122 Essen — <sup>4</sup>Universitätsklinikum Essen, 45122 Essen, Klinik für Nuklearmedizin — <sup>5</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Partikeltherapie, 45122 Essen

In order to verify the calculated proton dose distribution after the proton irradiation of a patient, the  $\beta^+$  activation of titanium implants can be used. For this purpose, the knowledge of the dependence between the dose, activity and proton energy is needed.

To examine this dependence, different PMMA phantom shapes with different titanium implants are irradiated with protons and measured over time with a PET scanner. The results are illustrated as depth activation curves and compared with the depth dose curve, which is calculated by the treatment planning system. To verify the dose, the expected activity is calculated as a function of depth by using the cross sections of the positron-emitting reaction products. The local proton energies are calculated by using the CSDA-ranges for water and titanium. With this method the distal fall-off of the activity distribution can be already predicted successfully for a simplified setup. In this talk the results of the project will be presented.

## ST 1.6 Mon 17:15 STa

**Monte-Carlo-Simulationen der verschiedenen Therapieformen für intraokulare Tumore** — •SASKIA MÜLLER<sup>1</sup>, MICHELLE STROTH<sup>1</sup>, HENNING MANKE<sup>1</sup>, BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> und DIRK FLÜHS<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Strahlenklinik, Universitätsklinikum Essen

Bei der Behandlung von Augentumoren gibt es verschiedene Modalitäten wie zum Beispiel die Brachytherapie. Ziel der Arbeit ist es Dosis-Volumen-Histogramme der Brachytherapie anhand von echten Falldaten zu simulieren, da es weder in der Bestrahlungsplanung noch in der retrospektiven Analyse von Bestrahlungen Informationen über die Dosisverteilung in den Augenstrukturen gibt.

Ein generisches Augenmodell wird mithilfe des Konstruktionsprogramms "Autodesk Fusion 360" erstellt. Die einzelnen Kompartimente werden automatisiert in viele Teilvolumina zerlegt und anschließend in einer Monte-Carlo-Simulation in "Geant4" eingebunden. Die Implementierung wird mit "CADMesh" realisiert und die Teilvolumina einer gemeinsamen Risikostruktur erzeugen zusammen ein Dosis-Volumen-Histogramm. Die Simulation wird an ausgewählte reale Fälle angepasst, so dass Informationen für eine retrospektive Analyse erzeugt werden können. Hierfür wird eng mit dem Universitätsklinikum Essen zusammen gearbeitet, um eine möglichst realitätsnahe Simulation zu gewährleisten.

ST 1.7 Mon 17:30 STa

**Evaluation of a New Inverse Planning Software and Implementation of Plan Verification for Gamma Knife Treatments** — ●FELINE HEINZELMANN<sup>1</sup>, MORITZ BUDDÉ<sup>2</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, and JAN BOSTRÖM<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Dortmund, Experimentelle Physik 4, Dortmund, Germany — <sup>2</sup>Marien Hospital Herne, Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum, Klinik für

Strahlentherapie und Radio-Onkologie, Herne, Germany — <sup>3</sup>Gamma Knife Zentrum, Bochum, Germany

Gamma Knife therapy uses ionizing radiation for stereotactic radio-surgery. This non-invasive treatment is suitable for brain diseases, such as malignant and benign brain tumors or vascular malformations. Usually, radiation treatment plans are created either manually or with the help of an optimization software of the Gamma Knife device manufacturer. This inverse planning software often converges to local minima of the objective function precluding the optimal solution.

The software IntuitivePlan uses a new global convex optimization algorithm. In a prospective user study, this algorithm was tested in clinical practice and was evaluated based on plan quality metrics.

In particular, the use of the plan optimization software shows a considerable improvement in the selectivity of the target volume and high target volume coverage. Significant differences are likewise apparent in the planning time and the sparing of organs at risk. Further advantages and disadvantages, especially concerning the disease, were identified. Preparations to implement a treatment plan verification for Gamma Knife radiosurgery by using film dosimetry have been made.

## ST 2: Networking and Coffee Break

Time: Monday 17:45–18:15

Location: STn

Open Discussion in our Networking Lounge

## ST 3: Artificial Intelligence in Medical Physics

Time: Tuesday 14:00–15:15

Location: STa

ST 3.1 Tue 14:00 STa

**Optimierung der Bildregistrierung mit maschinellem Lernen für die Strahlentherapie** — ●ALEXANDER RATKE und BERNHARD SPAAN — Experimentelle Physik 5, TU Dortmund

Die präzise Lokalisierung des Tumors und der Risikostrukturen ist ein wichtiger Bestandteil der Therapieplanung. Die eingesetzten medizinischen Bildgebungsverfahren wie Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) bieten bedingt durch die jeweiligen physikalischen Prozesse unterschiedliche Vorteile, welche mithilfe von Bildfusionen kombiniert werden können. In diesem Projekt werden CT- und MRT-Aufnahmen aus der Strahlentherapie verwendet. Dabei liegen die MRT-Aufnahmen in der  $T_1$ - und  $T_2$ -Gewichtung vor, die der longitudinalen beziehungsweise transversalen Relaxationszeit entsprechen.

Für eine optimale Registrierung werden die Aufnahmen zuerst durch eine affine Transformation bearbeitet, sodass anschließend Algorithmen des maschinellen Lernens verwendet werden können. Die *Deep-Learning*-Methode wird genutzt, um Strukturen eines Bildes durch mehrere Schichten zu filtern und an ein zweites Bild anzupassen. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse der Bildregistrierung von dreidimensionalen CT- und MRT-Aufnahmen des Schädels vorgestellt, die mit Verfahren der Bildbearbeitung und maschinellem Lernen erzeugt werden.

ST 3.2 Tue 14:15 STa

**Development of fast dose distribution calculations with generative adversarial networks** — SUSANNA GUATELLI<sup>2</sup>, MARKUS HAGENBUCHNER<sup>2</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, MICHAEL LERCH<sup>2</sup>, ●FLORIAN MENTZEL<sup>1</sup>, OLAF NACKENHORST<sup>1</sup>, JASON PAINO<sup>2</sup>, ANATOLY ROSENFELD<sup>2</sup>, AYU SARASWATI<sup>2</sup>, AH CHUNG TSOI<sup>2</sup>, and JENS WEINGARTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Germany — <sup>2</sup>Centre for Medical Radiation Physics, University of Wollongong, Australia

Radiotherapy targets tumor tissue with radiation to kill cancerous cells. To ensure delivery of the planned dose to the tumor cells while sparing the surrounding healthy tissue, a treatment plan is created before the therapy that defines irradiation angles and durations. The required computation of dose distribution is in many cases accelerated using approximations. For novel irradiation techniques like microbeam radiation therapy (MRT), such approximations have yet to be developed. Therefore, treatment planning is done using time consuming Monte Carlo simulations. A way to create fast dose distribution simulations for novel irradiation modes is the use of generative adversarial networks (GANs). GANs are a class of neural networks that can be

trained to generate data points that match the distribution of the training data samples.

We present a study on the development of an algorithm based on 3D-UNet GANs to calculate the dose deriving from minibeam irradiations as simplified case of microbeams irradiation. The dose distributions in different simple target geometries used for the trainings of the GANs were obtained by means of Geant4 simulations.

ST 3.3 Tue 14:30 STa

**A neural network for event identification in a Compton camera for imaging prompt gamma rays in proton therapy** — ●PASCAL WIRTZ, RONJA HETZEL, JONAS KASPER, and ACHIM STAHL — RWTH Aachen University - Physics Institute III B, Aachen, Germany

The utilization of proton beams for cancer treatments has gained popularity because it allows a more precise deposition of energy due to the Bragg peak. One big challenge is the live monitoring of the beam. The SiFi-CC project develops a Compton camera based on scintillating fibres which detects the prompt gamma rays in order to determine the penetration depth of the beam. A neural network is developed to reconstruct the direction of the prompt gamma rays. This network consists of three parts. One classifies whether the detected data represents a Compton event, while the other parts identify the locations and energies of the electron and photon of the Compton event. The classification of the event type already works quite well. Therefore the aim is to improve the reconstruction of the energies and locations of the particles in the Compton event in order to get better in determining the direction of the prompt gamma ray. With the directions of those an image reconstruction can be done to identify whether the position of the Bragg peak is inside the tumor.

ST 3.4 Tue 14:45 STa

**Tracking of low-energy protons in a proton CT system using machine learning methods** — ●MIRIAM SCHWARZE, MARIUS HÖTTING, KEVIN KRÖNINGER, FLORIAN MENTZEL, OLAF NACKENHORST, and JENS WEINGARTEN — Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV

An essential component of a proton CT system is the tracking system for estimating the proton trajectory. Algorithms for reconstructing the proton path through a test object are based on knowledge of the position and flight direction of the proton in front of and behind the object. This information is obtained by detecting the protons in multiple layers of pixel sensors. Using the simulation software Allpix<sup>2</sup>, the

interactions of the protons with the materials and the processes in the pixel sensor are simulated in detail and a data set is created.

The sensors provide an accumulation of hits in each detector layer, which have to be combined to individual tracks. Deep neural networks represent a possible form of pattern recognition. The geometric information of the hits is processed into a three-dimensional image, which serves as input for a Convolutional Neural Network. It is investigated to what extent the Convolutional Neural Network is able to predict the track parameters based on the geometric information and what influence the track density has on the result.

ST 3.5 Tue 15:00 STa

**Improving information extracted from glow curves of thermoluminescent personal dosimeters using CNNs** — ●EVELIN DERUGIN<sup>1</sup>, FLORIAN MENTZEL<sup>1</sup>, JENS WEINGARTEN<sup>1</sup>, JÖRG WALBERSLOH<sup>2</sup>, and KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV — <sup>2</sup>Materialprüfungsamt NRW

Personal dose monitoring is essential for a successful radiation protection program for occupationally exposed persons. Thermoluminescence detectors are among the most frequently used dosimeters. The *Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV* at TU Dortmund, in cooperation with the *Materialprüfungsamt NRW*, is developing multivariate techniques for glow curve analysis using convolutional neural networks (CNNs), to gain additional information about the irradiation scenario, i.e. the number of irradiation fractions or the time of irradiation. These can help to better track the reason for radiation exposure and thereby improve the existing radiation protection concept. Before a convolutional neural network can be used to predict parameters of a new measurement, large data sets are required for training. Our investigations are based on several thousand measured LiF:Mg,Ti glow curves, which are used for the training of the CNNs.

In this talk, we will present results obtained using the CNNs for a multivariate analysis of the glow curves including information about the performance and the optimization of the neural network.

## ST 4: Networking and Coffee Break

Time: Tuesday 15:15–16:00

Location: STn

Open Discussion in our Networking Lounge

## ST 5: Medical Imaging

Time: Tuesday 16:00–17:45

Location: STa

ST 5.1 Tue 16:00 STa

**Numerical modeling helps patient-specific stent implantation for aortic coarctation** — ●DANDAN MA<sup>1,3</sup>, YONG WANG<sup>2,3</sup>, MUEED AZHAR<sup>1</sup>, ANSGAR ADLER<sup>1,3</sup>, MICHAEL STEINMETZ<sup>1</sup>, and DANDAN MA<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>University Medical Center Göttingen, 37075 Göttingen, Germany — <sup>2</sup>MPI for Dynamics and Self-Organization, 37077 Göttingen, Germany — <sup>3</sup>German Center for Cardiovascular Research (DZHK), Partner Site Göttingen, Germany

The coarctation of aorta (CoA, a local narrowing of the aortic arch) usually happens as a birth defect, interventional surgery has been considered as the treatment for re-coarctation. However the surgery procedure is usually carried out based on the doctor's experience and thus may lack of theoretical evaluation. In this study, we used visual stent planning to predict the deformed aortic geometry, based on the patient aortic geometry which was segmented and reconstructed from magnetic resonance image (MRI). We then used the lattice Boltzmann method to simulate the flows within undeformed and deformed aorta separately. Flow information from phase-contrast MRI (PC-MRI) measurements was used as boundary conditions. Both large eddy simulation (LES) and direct numerical simulation (DNS) were adopted to resolve the blood flow. Numerical results such as flow velocity, pressure drop and wall shear stress (WSS) were obtained. After comparison of the flow from LES, DNS and PC-MRI, we concluded that LES can obtain accurate aortic flow within acceptable simulation time. The numerical modeling is expected to improve the understanding of blood flow and to aid the Interventional therapy.

ST 5.2 Tue 16:15 STa

**Dual-Energy-Computertomographie für präklinische Krebsforschung an einem Kleintierbestrahlungsgerät** — ●ANDREAS GRAD<sup>1,2</sup>, MANUELA A. DUDA<sup>1,2</sup>, STEPHANIE E. COMBS<sup>1,3</sup> und JAN J. WILKENS<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>TU München, Abteilung für Strahlenonkologie, Med. Fakultät und Klinikum Rechts der Isar, München, Deutschland — <sup>2</sup>TU München, Fachbereich Physik, Garching, Deutschland — <sup>3</sup>IRM, DRS, Helmholtz Zentrum München, Neuherberg, Deutschland

In der präklinischen Strahlentherapie von Mäusen sind qualitativ hochwertige CT-Bilder von großer Bedeutung. Mithilfe der Dual-Energy-CT-Bildgebung können Gewebetypen besser differenziert und die Dosisberechnung genauer durchgeführt werden.

Die Dual-Energy-Bildgebung wird am SARRP (Small Animal Radiation Research Platform, Xstrahl Ltd) durch die sequentielle Aufnahme von zwei CT-Datensätzen realisiert. Vor der Messung muss eine Kalibrierung durchgeführt werden, welche mit zwei Zylindern aus gewebeähnlichen Materialien erfolgt. Aus den daraus entstandenen Rekonstruktionen werden Kalibrierkoeffizienten berechnet, die die Umrechnungsfaktoren zwischen den aufgenommenen Projektionen und

den Dual-Energy-Bildern darstellen.

Im Anschluss kann eine Probe / Maus mit denselben Parametern gemessen werden und mithilfe der Kalibrierkoeffizienten die Projektionsdatensätze zu Dual-Energy-Bildern verrechnet werden. Die Umsetzung und Optimierung von Dual-Energy-CT bildet hierbei den Schwerpunkt der Arbeit. Dafür werden Messungen am SARRP durchgeführt und am Computer simuliert, um verschiedene Parameter zu analysieren.

ST 5.3 Tue 16:30 STa

**Simulation of uncertainties in the component properties of a proton CT** — ●MARIUS HÖTTING, JENS WEINGARTEN, KEVIN KRÖNINGER, and MIRIAM SCHWARZE — TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV

In current particle therapy planning computed tomography (CT) imaging is used to predict the relative stopping power (RSP) of protons in tissue. This conversion introduces a significant uncertainty on the range of the protons, which is fundamentally based on the different interaction processes of protons and photons. To minimize the uncertainties and avoid the conversion to Hounsfield units, several groups are pursuing the development of a proton CT systems. With a Geant4 simulation, a general setup of a pCT consisting of a tracking system in front of and behind the object under investigation and a WEPL detector is implemented. The influence of the uncertainties arising from different detector properties is presented and the correlation of different parameters is discussed. The main component of the investigation is the determination of the proton path within the phantom.

ST 5.4 Tue 16:45 STa

**First measurements with an LGAD equipped prototype of a Time-of-Flight system** — ●VALERIE HOHM, KEVIN KRÖNINGER, SEBASTIAN PAPE, and JENS WEINGARTEN — TU Dortmund, Experimentelle Physik IV

To enhance the resolution of the treatment planning in proton therapy, proton computed tomography (pCT) is one approach. These systems usually consist of a tracking detector and a residual energy detector. The latter could be realised by a Time-of-Flight system, whose performance essentially depends on the time resolution of the used detectors.

As timing detectors Low Gain Avalanche Detectors (LGADs) are considered. They are *n-in-p* silicon sensors with an additional gain layer to multiply signal charges developed for the ATLAS experiment and CMS experiment upgrade. The internal gain layer supplies a typical amplification in the range of 10 to 30 for unirradiated LGADs and enables a time resolution up to 30 ps.

This talk focuses on the usage of LGADs in a Time-of-Flight system. First measurements with a prototype of such a system will be presented as well as an outlook of the feasibility of the system for the

energy measurement in a proton tomography system.

ST 5.5 Tue 17:00 STa

**A novel Detector for PET-applications** — ●SIMON PETERS<sup>1</sup>, KONSTANTIN BOLWIN<sup>2</sup>, BJÖRN GERKE<sup>2</sup>, VOLKER HANNEN<sup>1</sup>, CHRISTIAN HUHMANN<sup>1</sup>, KLAUS SCHÄFERS<sup>2</sup>, CHRISTIAN WEINHEIMER<sup>1</sup>, NILS MARQUARDT<sup>1</sup>, and TIM ENGLING<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernphysik, WWU Münster — <sup>2</sup>European Institute for Molecular Imaging, WWU Münster

Recently, a new type of PET detector has been proposed using a heavy organo-metallic liquid - TriMethyl Bismuth (TMBi) - as target material [1]. TMBi is a transparent liquid, 82% by weight of Bismuth. Due to the high Z number in Bismuth as the central atom of TMBi, 511 keV photons are converted efficiently to photo-electrons within the detector material. These photo-electrons produce both Cherenkov light and free charge carriers in the liquid. While the optical component enables a fast timing, a charge readout using a segmented anode can provide an accurate position reconstruction within the detector. The charge measurement requires a high level of purification, any electronegative contaminants can cause signal degradation and will produce noise within the detector. In addition to the purity requirements, the reactive nature of TMBi poses many challenges that need to be met until a fully functioning detector for PET applications can be realized. The talk will give an overview of the detection principle and discuss different purification techniques under investigation. This work is supported by the DFG, Project Number: WE 1843/8-1; SCHA 1447/3-1

[1] Yvon, D. et al. (2014). CaLIPSO: An novel detector concept for PET imaging.

ST 5.6 Tue 17:15 STa

**EXPLORER – Opportunities and Challenges in Total Body PET Imaging** — ●REIMUND BAYERLEIN, BENJAMIN SPENCER, ERIC BERG, NEGAR OMIQVARDI, ELIZABETH LI, XUEZHU ZHANG, ÉNETTE MAE REVILLA, JINYI QI, SIMON CHERRY, and RAMSEY BADAWI — University of California Davis, US

Positron Emission Tomography (PET) is a powerful tool for molecular imaging, promoting enhancements in biological research and clinical care. However, the sensitivity of conventional PET scanners is limited by the short axial field of view (AFOV). This has been overcome by the EXPLORER total-body PET scanner which has a 194cm AFOV re-

sulting in a 40-fold increase in sensitivity. This enables improved image quality, or reduced scan duration, or reduced radioactivity in the subject. It also permits total-body dynamic scanning, allowing total-body parametric imaging using kinetic modeling. Total-body PET therefore constitutes a ground-breaking tool to address open questions in biology and medicine. However, the large number of detectors and the widened acceptance angle dramatically increase the data sizes, setting higher demands on image reconstruction algorithms and hardware. Standard methods for attenuation and count-rate dependent data corrections are challenged, since there are a larger number of high-obliquity lines of response, which have stronger attenuation, and the dynamic range of the scanner is substantially increased. And with the whole body in the FOV, motion correction is more important. This contribution will describe the scanner design and the most pressing physics challenges and opportunities for EXPLORER.

ST 5.7 Tue 17:30 STa

**Geometry optimization in X-ray propagation based phase contrast imaging** — ●HANNA DIERKS and JESPER WALLENTIN — Division of Synchrotron Radiation Research, Lund, Sweden

X-ray microscopy and tomography using propagation-based phase contrast (PB-PC) is a powerful technique to study low absorption samples on the micrometer scale. The main benefit of the technique is an increased contrast given by edge enhancement, that is, by near-field interference fringes around sharp edges. In setups with a divergent source, a trade-off between the distance dependent flux and the source coherence must be made. We present a systematical experimental and theoretical investigation of this trade-off, based on experiments with two different setups with high-resolution detectors: a custom-built system with a Cu microfocus source and a commercial system (Zeiss Xradia) with a W source. The fringe contrast, CNR and fringe separation for a low-absorption test sample were measured for 130 different combinations of magnification and overall distances. We find that these figures-of-merit are sensitive to the magnification and that a theoretical optimum can be found that is independent of the overall source-detector distance. In general, we show that the developed theoretical models show excellent agreement with the measurements, if the X-ray source spectrum and the energy dependence of the detector sensitivity are considered. These results can be used for optimizing an imaging system, especially concerning the used magnification.

## ST 6: Networking and Coffee Break

Time: Tuesday 17:45–18:15

Location: STn

Open Discussion in our Networking Lounge

## ST 7: DPG trifft DGMP - Berufsperspektiven in der Medizinischen Physik

Time: Wednesday 14:00–16:00

Location: STa

**Invited Talk** ST 7.1 Wed 14:00 STa  
**Der Weg zum Medizinphysikexperten (MPE): Was sind die nötigen Voraussetzungen zur Fachkunde im Strahlenschutz?** — ●MARKUS BUCHGEISTER — Beuth Hochschule für Technik Berlin; Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik e.V.

Für die therapeutische Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen (Strahlentherapie als Tele- oder Brachytherapie bzw. nuklearmedizinische Therapien) oder für Verfahren mit erhöhter Exposition in der radiologischen Diagnostik (Computertomographie und interventionelles Röntgen) ist die Beteiligung eines Medizinphysikexperten im Rahmen des Strahlenschutzes gesetzlich gefordert. Der Medizinphysikexperte ist ein Strahlenschutzbeauftragter, der für die jeweiligen Arbeitsfelder eine besondere Fachkunde im Strahlenschutz benötigt. Diese Fachkunde setzt sich zusammen aus einem Masterabschluss in Medizinischer Physik oder gleichwertig, erfolgreichen Abschluss von Grund- und Spezialstrahlenschutzkursen sowie Nachweis Zeiten praktischer Berufserfahrung, der sogenannten Sachkundezeit. Im Vortrag sollen insbesondere die Optionen für "Quereinsteiger" aufgezeigt werden, die keinen Masterabschluss in Medizinischer Physik besitzen.

**Invited Talk** ST 7.2 Wed 14:15 STa  
**Vom Physiker zum Medizinphysiker** — ●RICCARDO VALENTINI — Med 360° Rheinland GmbH, Leverkusen

Schon seit ihrer Entdeckung werden ionisierende Strahlen auch für medizinische Zwecke eingesetzt; nicht nur in dem Bereich der Diagnostik sondern auch in der Therapie der Patienten. Jede Form einer solchen Anwendung wird von sogenannten Medizinphysikern begleitet, mitgeführt und kontrolliert. Des Weiteren werden diese sowohl beratend als auch prozessführend hinzugezogen.

In der Strahlentherapie werden teils hohe Dosen ionisierender Strahlung direkt am Patienten angewandt, daher liegen die Hauptaufgaben eines Medizinphysikers vorrangig in der Optimierung, Dokumentation und Einhaltung des Strahlenschutzes sowie der Kommunikation mit den zuständigen Behörden. Ein weiterer wichtiger Aspekt besteht in der Bestrahlungsplanung. Hierbei plant und bestimmt der Medizinphysiker wie ein vom Arzt festgelegtes Zielvolumen mit einer Dosis zur Vernichtung von Tumorzellen versorgt wird und gleichzeitig umliegende Risikoorgane jedoch bestmöglich geschont werden können. Seit der Neuerung des Strahlenschutzgesetzes steht im Fachgebiet der Radiologie neben der Beratung nun auch das Dosismangement im Vordergrund. Somit üben Medizinphysiker planerische, überwachende und optimierende Tätigkeiten aus.

Die Medizinphysik wächst weiter in ihren Aufgaben und benötigt somit immer mehr Unterstützung von einer physikalisch-technischen Seite. So soll hier der Wechsel in diesen Beruf beschrieben werden.

**Invited Talk** ST 7.3 Wed 14:40 STa  
**Vom Hochtemperaturplasma zum Innenohr: nur ein Random Walk** — ●JOSEF SEEBACHER — Univ.-Klinik für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Medizinische Universität Innsbruck, Anichstrasse 35, A-6020 Innsbruck

Mein Einstieg in die Physik war das Studium an der Leopold Franzens Universität Innsbruck. Im Bereich Energiephysik spezialisierte ich mich auf Strömungsmechanik und verfasste eine Diplomarbeit zum Thema Luftströmungen in Straßentunneln. Während der Doktorarbeit beschäftigte ich mich mit Monte Carlo Modellen, um Random Walks von Kohlenwasserstoffmolekülen in heißen Kernfusionsplasmen zu beschreiben. Es folgten zahllose Forschungsaufenthalte am Forschungszentrum in Jülich, Deutschland, und in Culham, England. Am Ende der Dissertation habe ich einen FWF Antrag gestellt (äquivalent zu DFG in Österreich). Der Antrag wurde genehmigt und ich konnte eine zweijährige PostDoc Stelle zum Thema Kohlenwasserstofftransport in Hochtemperaturplasmen am Institut für Ionen und Angewandte Physik in Innsbruck antreten. Die PostDoc Stelle endete und aufgrund der Kettenvertragsklausel konnte meine Stelle nicht verlängert werden, trotz vorhandener Drittmittel. Durch Zufall habe ich damals von einer offenen PostDoc Stelle im Fach Audiologie an der Univ.-Klinik für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen in Innsbruck erfahren. Nach erfolgreicher Bewerbung stieg ich in Ohrforschung ein. Bei der Winterschule in Pichl lernte ich zunächst viel über Aufbau und Funktion des menschlichen Ohres. Unter anderem auch über die Wellenausbreitung im Innenohr basierend auf den Gleichungen der Strömungsmechanik.

### 5 Minuten Pause

**Invited Talk** ST 7.4 Wed 15:10 STa  
**MedizinphysikerIn im Bereich herstellerunabhängiger Magnetresonanztomographie und digitaler Medizin** — ●ROBIN WILKE — Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS, Am Fallturm 1, 28359 Bremen, Deutschland

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die größte Organisation für angewandte Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen in Europa. Sie bietet damit vielen WissenschaftlerInnen eine spannende Möglichkeit Projektideen voranzutreiben. Institute wie Fraunhofer MEVIS verstehen sich als Wegbegleiter der digitalen Medizin und sind sicherlich nicht die erste Adresse für werdende MedizinphysikerInnen, bieten aber eine

äußerst spannende Alternative. Eingebunden in ein Netzwerk aus klinischen und akademischen Partnern entwickelt MEVIS praxistaugliche Softwaresysteme für die bild- und datengestützte Früherkennung, Diagnose und Therapie. Zusammen mit Medizintechnik- und Pharmaunternehmen wird dabei die gesamte Innovationskette von der angewandten Forschung bis hin zum zertifizierten Medizinprodukt verfolgt. In dem Beitrag soll ein allgemeiner Zugang zu den Karrieremöglichkeiten als Quereinsteiger bei Fraunhofer MEVIS gegeben werden. Zudem wird über Projektaktivitäten im Bereich der Entwicklung einer herstellerunabhängigen MRT-Sequenzentwicklungsplattform berichtet [1].

[1] Cordes C, Konstantin S, Mensing D, Archipovas S, Wilke RN, and Matthias Günther "Configuring, Viewing, Exploring and Exporting Reproducible, Vendor-Independent MRI Pulse Sequences". In Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. 27:4826 (2019)

**Invited Talk** ST 7.5 Wed 15:35 STa  
**Von der Idee bis zur Auslieferung: Drei Jahre am Siemens Healthineers Standort Kemnath** — ●OLIVIA NOACK — Siemens Healthineers, Kemnath, Germany

Siemens Healthineers zählt mit ca. 50.000 Mitarbeitern und einem Portfolio von Ultraschallsystemen über modernste Tomographen bis hin zu Labordiagnostik zu einem der weltweit größten Anbieter im Gesundheitswesen. Gut 1000 dieser Beschäftigten sind am Mechatronik-Standort Kemnath tätig, welcher sich durch die geschlossene Prozesskette von der Innovation über die Entwicklung, Technologiefertigung, Montage und Systemprüfung bis hin zur Inbetriebnahme im Krankenhaus auszeichnet.

Dort durchlaufe ich einen dreijährigen Entwicklungsplan mit dem Ziel das Unternehmen und seine Abläufe im Gesamtkontext kennenzulernen. Zu meinen Stationen zählen u.a. die Logistik, Fertigungssteuerung, Neuprodukteinführung und Produktmanagement. Neben dem fachlichen Kenntniserwerb in all diesen Bereichen, liegt der Fokus auf der Methodik: Exzellente Analysefähigkeiten aus dem Physikstudium ermöglichen erfolgreiche Optimierungsprojekte. Auch Projektmanagement, Kommunikationstechniken und Gelegenheit zu (lateraler) Führung zählen zu den Lernfeldern.

Diese Art von Berufseinstieg ermöglicht es Unbekanntes kennenzulernen und bildet eine herausragende Basis für die Weiterentwicklung im Unternehmen, unabhängig von der im Anschluss eingeschlagenen Ausrichtung.

## ST 8: Diskussionsrunde und Networking

Time: Wednesday 16:00–17:00

Location: STn

**Discussion** ST 8.1 Wed 16:00 STn  
**Berufsperspektiven in der Medizinischen Physik** — MARKUS BUCHGEISTER<sup>1</sup>, RICCARDO VALENTINI<sup>2</sup>, JOSEF SEEBACHER<sup>3</sup>, ROBIN WILKE<sup>4</sup>, OLIVIA NOACK<sup>5</sup> und ●ANNA BAKENECKER<sup>6</sup> — <sup>1</sup>Beuth Hochschule für Technik Berlin; Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik e.V. — <sup>2</sup>Med 360° Rheinland GmbH, Leverkusen — <sup>3</sup>Univ.-Klinik für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Medizinische Universität Inns-

bruck, Anichstrasse 35, A-6020 Innsbruck — <sup>4</sup>Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS — <sup>5</sup>Siemens Healthineers, Kemnath, Germany — <sup>6</sup>Fachverband Strahlen- und Medizinphysik der DPG

Im Anschluss an die Vorträge stellen sich die Referenten aus universitärer Forschung, Klinik, Fraunhofer und Großunternehmen Ihren Fragen Rund um den Berufseinstieg im Bereich der Medizinischen Physik. Wir treffen uns in unserer virtuellen Lounge!

## ST 9: Annual General Meeting

Time: Thursday 13:00–14:00

Location: STm

**Annual General Meeting**

## ST 10: Radiation Monitoring and Dosimetry

Time: Thursday 14:00–15:15

Location: STa

ST 10.1 Thu 14:00 STa  
**Glowcurve simulation using rate equations** — ●ALEXANDER SCHNEIDER, EVELIN DERUGIN, FLORIAN MENTZEL, JENS WEINGARTEN, and KEVIN KRÖNINGER — TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV

Due to the expiration of the design license of film dosimeters in 2025 thermoluminescence based dosimeters (TLD) will come into operation in large quantities. Measurement of doses of ionizing radiation

with these TLD is based mainly on empirical data, an extensive model describing the physical behavior involved in the measuring process is missing.

Charge carriers that are excited from their ground state by ionizing radiation can - in TLD materials - be trapped in metastable states. Heating a irradiated TLD material then releases the trapped charge carriers which subsequently recombine, partially in a luminescent process. The relation of temperature and the resulting thermoluminescence in-

tensity for a given dose is well known in a quantitative sense and the absorbed dose can be derived from the glowcurve.

This talk will discuss models describing the physics behind the read-out process and the difficulties involved in their development. Rate equations describing the movement of charge carriers are used as a basis for creating artificial glowcurves but immediately introduce the difficulty of finding correct parameter values. The data driven approach towards usable parameter values and a better understanding of the underlying physics can be done with several tools, including statistical analysis and machine learning techniques.

ST 10.2 Thu 14:15 STa

**Untersuchung des winkelabhängigen Ansprechvermögens von TL-DOS Detektoren** — •URSULA HORBACH<sup>1</sup>, JÖRG WALBERSLOH<sup>2</sup>, JENS WEINGARTEN<sup>1</sup> und KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Experimentelle Physik IV, Dortmund — <sup>2</sup>Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund

Das Thermolumineszenz-Dosimetrisystem TL-DOS wurde in einer Kooperation zwischen der TU Dortmund und dem Materialprüfungsamt NRW entwickelt. Die verschiedenen Dosimeter bestehen aus einem oder mehreren Detektoren, die für die Strahlungsmessung zuständig sind und aus einer Dosimetersonde, die die jeweilige Messgröße darstellt und die Detektoren vor äußeren Einflüssen schützt. Für den Detektor selbst wird das sensitive Material LiF:Mg,Ti auf eine Aluminiumplatte verpresst, kreisförmig ausgestanzt und in einen Aluminiumring eingeschlossen. Vor allem in niedrigeren Röntgenenergien wird die Strahlung durch das Aluminium abgeschirmt, was zu einem stark winkelabhängigen Ansprechvermögen führt. Diese Winkelabhängigkeit wird in einer Monte-Carlo-Simulation mit dem Simulationsprogramm Geant4 untersucht und durch die Bestrahlung in der Anlage des MPAs verifiziert um das Designen weiterer Dosimeter (z.B. für die Umgebungsdosimetrie) zu erleichtern.

ST 10.3 Thu 14:30 STa

**Investigations on the usage of ATLAS pixel sensors in neutron dosimetry** — JENS WEINGARTEN, •ALINA LANDMANN, and KEVIN KRÖNINGER — TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV, 44227 Dortmund

Thermal and slow neutrons represent a serious health risk to the human body. The measurement of real-time neutron flux in facilities where these neutron energy ranges are present is a useful tool in the determination of the personal health hazards for exposed individuals. This thesis examines the usability of ATLAS pixel sensors for this purpose. The indirectly ionizing abilities of neutrons demand a converter layer in order to produce detectable directly ionizing secondary particles in neutron-nuclear interaction. Initially, a Geant4 simulation of the converter-detector-setup is performed to determine the optimum thickness of the converting layer with regard to conversion- and detection-efficiency. Further investigations include the production of the detector and on-site-trial in a proton therapy center.

ST 10.4 Thu 14:45 STa  
**Augenlinsendosimetrie: Ein Vergleich von klinischen und Echtgewebe-Phantomen** — KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, •JENNIFER SCHLÜSS<sup>1</sup>, JÖRG WALBERSLOH<sup>2</sup> und JENS WEINGARTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Dortmund — <sup>2</sup>Materialprüfungsamt NRW

Der Jahresgrenzwert für Augenlinsen bei beruflich strahlenexportierten Personen wurde auf Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) auf 20 mSv/Jahr herabgesetzt. Bisher liegen jedoch kaum Erkenntnisse darüber vor, ob dieser Grenzwert den tatsächlichen Expositionsbedingungen im Klinikalltag entspricht. Im Rahmen dieses Vortrags sollen die Ergebnisse einer Simulation des Expositionalltags präsentiert werden. Erhoben werden multiple Dosismessungen während einer Bestrahlung mittels einer Röntgenanlage an drei unterschiedlichen Phantomen: einem Wasserphantom, einem Alderson-Phantom und einem für diese Arbeit extra angefertigten PhantomX. Das PhantomX wurde so modifiziert, dass ein Augenphantom zur detaillierten Messung von Hp(3) verwendet werden kann. Arbeitsschutzbestimmungen für das Klinikpersonal verhindern, dass sich die Personen im direkten Strahlengang aufhalten, sodass auch die Streustrahlung ein Forschungsdesiderat darstellt. Daher wird zusätzlich die mögliche Streustrahlung ermittelt, indem ein Wasserphantom bestrahlt und in unterschiedlicher Entfernung zur Strahlungsquelle die Streustrahlung an einem weiteren Phantom gemessen wird.

ST 10.5 Thu 15:00 STa

**Softwareentwicklung für die retrospektive Dosisberechnung nach Anwendung der Brachytherapie** — •HENNING MANKE<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup> und BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Strahlenklinik, Universitätsklinikum Essen

Die Behandlung von Augentumoren erfolgt sehr häufig durch Bestrahlung mittels Ruthenium-106-Augenapplikatoren. Es fehlen jedoch retrospektive Studien zu den Nebenwirkungen unter Einbeziehung der tatsächlich applizierten Dosis in den Ziel- und Risikostrukturen. Um diese Korrelation zu analysieren, wird aktuell eine Software in VBA entwickelt, die die Berechnung der applizierten Dosis im Tumor und in den verschiedenen Strukturen des Auges ermöglicht. Der Tumor und die Risikoorgane des Auges werden vom Anwender in Fundusaufnahmen konturiert und anschließend durch das Programm in dreidimensionale Koordinaten umgerechnet. Eine Projektion des verwendeten Applikators wird importiert und an die sichtbare Strahlennarbe gelegt. Mit Hilfe der Brute-Force-Methode und Überlagerung der relativen Koordinaten zwischen dem Applikator und dem entsprechenden Punkt in der Struktur können Dosisflächendiagramme erstellt und ausgewertet werden. Das Projekt ist vergleichbar zu [1], allerdings basiert die Dosiskalkulation der hier vorgestellten Software auf aktuellen Monte-Carlo-Simulationen in Geant4 und kann vollständig in die bereits bestehende klinische Therapieplanung und -auswertung des Essener Universitätsklinikums importiert werden. Das Programm wird anschließend in Folgeprojekten zur Analyse der Dosis-Effekt-Beziehung verwendet. [1] DOI:10.3390/cancers11081124.

## ST 11: Networking and Coffee Break

Time: Thursday 15:15–16:00

Location: STn

Open Discussion in our Networking Lounge

## ST 12: Compton Cameras

Time: Thursday 16:00–17:15

Location: STa

ST 12.1 Thu 16:00 STa

**A GAGG-based scatter component for Compton imaging below 1.5 MeV** — •TIM BINDER<sup>1,2</sup>, VASILIKI ANAGNOSTATOU<sup>1</sup>, JENNIFER ZHOU<sup>1</sup>, KEI KAMADA<sup>3</sup>, KATIA PARODI<sup>1</sup>, and PETER G. THIROLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LMU Munich, Garching — <sup>2</sup>Ketek GmbH, Munich — <sup>3</sup>C&A Corporation, Sendai

Compton cameras (CC) have been shown to be a suitable tool for spatially resolved  $\gamma$  detection. Other than conventional collimated systems such as slit- and  $\gamma$ -cameras, CCs promise higher detection efficiencies and 3D reconstruction of the  $\gamma$ -emission centers, making CCs interesting for a variety of applications. We are developing a CC prototype to be used for range verification in hadron therapy. While our mono-

lithic scintillator used as absorber provides excellent spatial, time and energy resolution and high efficiency for  $\gamma$  detection up to 6 MeV, our multilayer scatter component of double-sided Si strip detectors is capable of  $e^-$ -tracking resulting in a further improved efficiency. However, changing the scatter component makes the CC suitable also for other applications where energies are too low ( $< 1.5$  MeV) for adequate  $e^-$ -tracking and the higher efficiency of a scintillator-based scatter component is more desirable, such as for (triple-coincidence)  $\gamma$ -PET. Such a detector, a  $16 \times 16$  matrix of GAGG crystals coupled to a SiPM array has been characterized for its spatial and energy resolution. In an intermediate step towards the final prototype, a CC where such a GAGG-based detectors is used as scatterer and absorber component has been commissioned. Results of a 3D reconstructed  $^{137}\text{Cs}$  point



source and the achievable spatial resolution of the camera system will be presented. Supported by BFS & EU MSCA-IF HIPPOCRATE.

ST 12.2 Thu 16:15 STa

**Untersuchungen der orts aufgelösten Energieauflösung der Einzelkomponenten eines Compton-Kamera-Prototypen** — ●JENNIFER ZHOU<sup>1</sup>, TIM BINDER<sup>1,2</sup>, KEI KAMADA<sup>3</sup>, KATIA PARODI<sup>1</sup> und PETER G. THIROLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LMU München — <sup>2</sup>Ketek GmbH — <sup>3</sup>C&A Corporation, Japan

Eine Compton-Kamera kann dort eingesetzt werden, wo eine orts aufgelöste Detektion von Gamma-Strahlung benötigt wird. Im medizinischen Bereich ist dies z.B. in der diagnostischen Bildgebung und der Tumortherapie von Interesse. Im Rahmen dieser Studie wurden die einzelnen Komponenten (Streuer & Absorber) eines Compton-Kamera-Prototypen bzgl. ihrer Energieauflösung bei 662 keV charakterisiert. Für den Streuer wurde ein 16x16 Array (1.6 mm Kristallpitch) eines gepixelten GAGG-Szintillators gekoppelt an ein KETEK PA3325WB-SiPM-Array (8x8 Kanäle, 3x3 mm<sup>2</sup> aktive Fläche/Kanal) verwendet. Als Absorber wurde ein monolithischer CeBr<sub>3</sub>-Kristall (51x51 mm<sup>2</sup>) gekoppelt an ein KETEK PA6625WB-SiPM-Array eingesetzt (8x8 Kanäle, 6x6 mm<sup>2</sup> aktive Fläche/Kanal). Durch Variation der Betriebs-Spannungen (Bias) der SiPM-Photosensor-Arrays wurde die bestmögliche Energieauflösung beider Detektoren bestimmt. Anschließend wurde die Ortsabhängigkeit der Energieauflösung bei diesen Bias-Spannungen in Abhängigkeit der Bestrahlungsposition einer kollimierten Gamma-Quelle (Absorber) bzw. der Kristallposition im segmentierten Streu-Array untersucht. Die mittlere ortsabhängige Energieauflösung betrug bei den GAGG-Kristallen 10(1) % und beim CeBr<sub>3</sub>-Kristall 4.9(1) %. Gefördert von der Bayerischen Forschungsförderung.

ST 12.3 Thu 16:30 STa

**Simulationsstudie einer Cherenkov-basierten Comptonkamera** — REIMUND BAYERLEIN, ●SOPHIA DENKER und IVOR FLECK — Center for Particle Physics Siegen, Experimentelle Teilchenphysik, Universität Siegen

Es wird eine Simulationsstudie über eine Cherenkov-basierte Comptonkamera vorgestellt. Mittels Cherenkov-Photonen, welche durch in Arrays angeordnete Silizium-Photomultiplier (SiPMs) detektiert werden, können Informationen über das in einem PMMA-Radiator gestreute Comptonelektron und demnach auch über die Gamma-Quelle erhalten werden. Die Comptonkamera soll in der medizinischen Bildgebung Anwendung finden. In der Simulation wurden verschiedene Detektorgeometrien vor allem hinsichtlich ihrer Effizienz untersucht. Es wurde sowohl die Radiatorgröße als auch die Detektionsfläche variiert. Im Anschluss daran, wurden zwei vielversprechende Setups miteinander verglichen. Neben einem würfelförmigen Aufbau, welcher an fünf Seiten mit SiPM-Arrays versehen ist, wurde ein Aufbau derselben PMMA-Dicke untersucht, welcher nur auf der Rückwand ausgelesen wird, dort aber eine doppelt so große Detektionsfläche besitzt. Beide Setups liefern bei Photonen der Anfangsenergie 511 keV eine Detektionseffizienz in einer Größenordnung von 1 %. Zudem wurden die zusätzlichen Effekte, die neben den erwarteten im Radiator auftreten, betrachtet.

ST 12.4 Thu 16:45 STa

**Gamma Ray Imaging Using a Cherenkov-Based Compton Camera Set-up – A Simulation Study** — ●REIMUND BAYERLEIN<sup>1,2</sup>, SOPHIA DENKER<sup>1</sup>, and IVOR FLECK<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Center for Particle Physics Siegen, Experimentelle Teilchenphysik, Universität Siegen — <sup>2</sup>Department of Radiology, University of California Davis, CA, United States

A novel Cherenkov-based Compton camera concept for gamma ray imaging in the MeV range is presented using a Geant4 simulation study. The highly energetic Compton electron is detected via its Cherenkov light emitted in an optically transparent radiator block. The conically emitted Cherenkov light is detected with Silicon Photomultiplier (SiPM) arrays, which allows to draw conclusions on the electron's energy, momentum direction and Compton vertex. The energy and position of the scattered gamma is detected using LaBr<sub>3</sub> scintillators. A coincident detection of the scattered gamma together with the Compton electron allows to confine the origin of the gamma to a point on a 2D image plane. This concept was investigated for various incident gamma ray energies, and different distances between gamma source and camera. An altered source geometry was tested as well. The first results predict a reconstruction efficiency of up to 0.6% of the incident gamma rays with an energy of 1.5 MeV. A spatial resolution on the order of 2mm was achieved for point-like gamma sources. The presented work might show the way towards a working Compton camera prototype using Cherenkov-based electron detection.

ST 12.5 Thu 17:00 STa

**Performance Optimization of the SiFi-CC based on Geant4 Simulations** — ●JONAS KASPER<sup>1</sup>, RONJA HETZEL<sup>1</sup>, AWAL AWAL<sup>1</sup>, ACHIM STAHL<sup>1</sup>, PASCAL WIRTZ<sup>1</sup>, ALEKSANDRA WRONSKA<sup>2</sup>, NADJA KOHLHASE<sup>3</sup>, and MAGDALENA RAFECAS<sup>3</sup> — <sup>1</sup>RWTH Aachen University - Physics Institute III B, Aachen, Germany — <sup>2</sup>M. Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University Kraków, Poland — <sup>3</sup>Institute of Medical Engineering, University of Lübeck, Lübeck

Online monitoring of the beam range is considered as one of the most important challenges in hadron therapy. Monitoring systems based on the detection of prompt gamma radiation are one of the most promising options for this task. A Compton Camera, yielding the full three-dimensional dose distribution, is one of the favoured setups.

Scientists of the RWTH University, the Jagiellonian University Kraków and the University Lübeck develop the SiPM and scintillating Fiber-based Compton Camera (SiFi-CC) to detect prompt gamma radiation. The SiFi-CC consists of two modules, the scatterer and the absorber. Both modules are built from stacked LYSO fibers read out by SiPMs. The setup and the data acquisition system of the SiFi-CC need to be optimized for the environment of the hadron therapy to cope with high rates and large backgrounds. Different parameters like the module thicknesses, the event timing window and the distances within the detector can be optimized based on Geant4 simulations. The generation of the simulation data, different steps of the simulation data analysis, the determination of the performance and first result of the optimization process will be presented.

## ST 13: Networking and Coffee Break

Time: Thursday 17:15–17:45

Location: STn

Open Discussion in our Networking Lounge