

## Fachverband Strahlen- und Medizinphysik (ST)

Thilo Michel  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Erlangen Centre for Astroparticle  
Physics  
Erwin-Rommel-Str. 1  
91058 Erlangen  
Thilo.Michel@fau.de

Ronja Hetzel  
RWTH Aachen  
III. Physikalisches Institut B  
Templergraben 55  
52062 Aachen  
ronja.hetzel@physik.rwth-aachen.de

Sebastian Theilenberg  
Universität Bonn  
Helmholtz-Institut für Strahlen- und  
Kernphysik  
Nussallee 14-16  
53115 Bonn  
theilenberg@hiskp.uni-bonn.de

## Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal JUR 1; Poster JUR Foyer)

### Plenarvortrag

Siehe PV Programmbereich für Details.

PV IV Mi 8:30– 9:15 H 1 **Advancing Molecular Imaging with Total-Body Positron Emission Tomography** — •SIMON R. CHERRY

### Hauptvorträge

ST 3.1 Di 16:45–17:15 JUR 1 **Ein- und Aussichten der Magnetresonanztomographie des Herzens bei einer Magnetfeldstärke von 7.0 Tesla: Der ideale Treffpunkt für Physiker, Mediziner und Biologen** — •THORALF NIENDORF

ST 3.2 Di 17:15–17:45 JUR 1 **Cardiac CT** — •MARC KACHELRIESS

ST 3.3 Di 17:45–18:15 JUR 1 **Computational Imaging of Myocardial Perfusion** — •LAURA SCHREIBER

ST 3.4 Di 18:15–18:45 JUR 1 **Translationale molekulare und funktionelle Herzbildgebung** — •WOLFGANG BAUER

### Fachsitzungen

ST 1.1–1.7 Mo 16:45–18:45 JUR 1 **Radiation Therapy**

ST 2.1–2.7 Di 14:00–16:00 JUR 1 **Radiation Monitoring and Dosimetry I**

ST 3.1–3.4 Di 16:45–18:45 JUR 1 **DPG meets DGMP: Herzbildgebung**

ST 4.1–4.9 Mi 16:45–19:05 JUR 1 **Biomedical Imaging I**

ST 5.1–5.3 Do 9:00– 9:45 JUR 1 **Radiation Therapy II**

ST 6.1–6.3 Do 9:45–10:30 JUR 1 **Radiation Monitoring and Dosimetry II**

ST 7.1–7.9 Do 14:00–16:15 JUR Foyer **Poster Session**

### Mitgliederversammlung Fachverband Strahlen- und Medizinphysik

Mittwoch, 29.3.17 19:15–20:15 JUR 1

## ST 1: Radiation Therapy

Zeit: Montag 16:45–18:45

Raum: JUR 1

ST 1.1 Mo 16:45 JUR 1

**Development of an integrated system for 3D energy deposition measurements in hadron therapy with GEMPix** — ●JOHANNES LEIDNER<sup>1,2</sup>, FABRIZIO MURTAS<sup>1,3</sup>, and MARCO SILARI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>CERN, Geneva, Switzerland — <sup>2</sup>RWTH Aachen University, Aachen, Germany — <sup>3</sup>INFN-LNF, Frascati, Italy

GEMPix is a gaseous detector with three Gas Electron Multiplier (GEM) layers read out by a 55  $\mu\text{m}$  pitch pixelated ASIC with 512 x 512 pixels (four naked Timepix readout chips). This presentation focuses on the application of GEMPix in hadrontherapy, namely for 3D energy deposition measurements in a water phantom. Test measurements have been performed at the Italian National Center of Oncological Hadrontherapy (CNAO) with carbon ions. A stand-alone system consisting of a water phantom, a reference ion chamber and the GEMPix is being developed. This will allow measurements independent of the reference and triggering systems at hadron therapy centers.

ST 1.2 Mo 17:00 JUR 1

**Geant4-Simulation von verschiedenen Detektoraufbauten zur Messung des Bragg-Peaks in der Protonentherapie** — ●JONAS KASPER<sup>1</sup>, ACHIM STAHL<sup>1</sup>, KATARZYNA RUSIECKA<sup>2</sup> und ALEKSANDRA WROŃSKA<sup>2</sup> — <sup>1</sup>III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland — <sup>2</sup>Institute of Physics, Jagiellonian University, Kraków, Polen

Da die Protonentherapie zur Behandlung von Tumoren an Bedeutung zunimmt, werden Möglichkeiten zur Reichweitenverifikation in Echtzeit gesucht. Die Analyse von prompter Gammastrahlung aus nuklearen Anregungen gilt als vielversprechender Ansatz.

Mit einem High Purity Germanium Detektor konnte in Messungen am Heidelberger Ionentherapiezentrum in Phantomen eine signifikante Änderung der Gammarate in Millimetrauflösung gemessen werden.

Auf der Grundlage von Geant4-Simulationen werden verschiedene Detektoraufbauten verglichen, die zur Messung der Gammarate und somit der Protonenreichweite in Echtzeit genutzt werden sollen. Die durchgeführten Simulationen werden zur Optimierung eines zukünftigen Aufbaus genutzt.

ST 1.3 Mo 17:15 JUR 1

**Gammaskopische Analyse der Metallaktivierung in der Protonentherapie** — ●AZAD YAZGAN<sup>1,2</sup>, CHRISTIAN BÄUMER<sup>2</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, CHRISTIAN NITSCH<sup>1</sup> und BEATE TIMMERMANN<sup>2,3,4</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Physik EIV, 44221 Dortmund — <sup>2</sup>Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen — <sup>3</sup>Westdeutsches Tumorzentrum Universitätsklinikum Essen, Hufelandstr. 55, 45147 Essen — <sup>4</sup>Deutsches Konsortium für Translationale Krebsforschung, Deutschland

Metallische Komponenten können im Strahlengang der Felder von Protonentherapie-Behandlungsplänen liegen. Hierzu gehören metallische Marker und Implantate. Durchstrahlte Metalle erfahren eine Aktivierung, welche aus Perspektive des Strahlenschutzes in diesem Projekt beleuchtet werden soll. So könnten beispielsweise aktivierte Metalle ein Strahlenschutzrisiko für medizinisches Personal bei chirurgischen Eingriffen nach der Bestrahlungsanwendung darstellen.

Im Rahmen des Projekts werden Metallegierungen untersucht, die zur Zahnfüllung verwendet werden. Auch Metalle, die als Bauelemente für Implantate eingesetzt werden, wie Titan und Gold, sowie metallische Marker, die chirurgisch in das Zielvolumen eingebracht werden, um die Patientenpositionierung zu optimieren, sind Bestandteil dieser Forschungsarbeit. Im Vortrag werden die ersten Ergebnisse vorgestellt. Die Bestrahlung der Proben wird am Westdeutschen Protonentherapiezentrum Essen (WPE) durchgeführt. Die Gammaskopimetrie erfolgt anschließend an der Dortmund Low Background Facility (DLB) der TU Dortmund.

ST 1.4 Mo 17:30 JUR 1

**Simulation eines Flugzeitspektrometers zur Messung nuklearer Wirkungsquerschnitte für die Teilchentherapie** — ●SEBASTIAN LAUBER, DOMINIK DORSEL, MAX EMDE, RONJA HETZEL und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Zur Behandlung von Tumoren wird zunehmend die Bestrahlung mit Ionen verwendet. Die Planung dieser Bestrahlung soll mit Monte-Carlo-Simulationen mit Geant4 unterstützt werden. Die Wirkungsquerschnitte vieler der im relevanten Energiebereich auftretenden Kernreaktionen sind nur unzureichend bekannt.

Unsere Arbeitsgruppe entwickelt ein Flugzeitspektrometer um diese Wirkungsquerschnitte besser zu bestimmen und simuliert dieses mit Geant4. In diesem Vortrag wird die Implementierung neuer Detektoren in die Simulation beschrieben.

15. min break

ST 1.5 Mo 18:00 JUR 1

**Elektronische Auslese eines Kalorimeters zur Bestimmung der Wirkungsquerschnitte in der Teilchentherapie** — ●DOMINIK DORSEL, MAX EMDE, RONJA HETZEL, SEBASTIAN LAUBER und ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Um die Behandlung von Tumoren mit schweren Ionen genauer planen zu können, müssen die Kernwirkungsquerschnitte der auftretenden Kernreaktionen genauer untersucht werden. Unsere Arbeitsgruppe entwickelt deshalb ein Flugzeitspektrometer um die Wirkungsquerschnitte der Protonen-Kohlenstoff Reaktion zu vermessen. Mit einem zusätzlichen Kalorimeter aus BGO-Kristallen kann die Energie der Teilchen bestimmt werden.

In diesem Vortrag wird der Aufbau des Experiments und die elektronische Auslese des Kalorimeters vorgestellt. Insbesondere wird gezeigt, wie mithilfe eines Multiplexverfahrens die Anzahl der benötigten ADC-Kanäle verringert werden kann.

ST 1.6 Mo 18:15 JUR 1

**Detector Upgrades for a Time-of-Flight Spectrometer for Fragmentation Reactions in Ion Therapy** — ●MAX EMDE, DOMINIK DORSEL, RONJA HETZEL, SEBASTIAN LAUBER, and ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

In ion therapy, fragmentation reactions contribute to the dose distribution in the patient's body. For cross-section measurements, we use a spectrometer to determine the time of flight, energy loss and kinetic energy of the fragments produced in reactions of protons and carbon ions. In this talk, upgrades of the main detectors will be shown. Fast plastic scintillator bars are used for a new tracker to improve time and energy-loss resolution and to match the geometric acceptance of the newly built calorimeter.

ST 1.7 Mo 18:30 JUR 1

**Weiterentwicklung eines Ionentransportprogramms im Hinblick auf die Anwendung in der Hadronentherapie** — ●MARIA JOSE GONZALEZ-TORRES und JÜRGEN HENNIGER — Arbeitsgruppe Strahlungsphysik (ASP), Institut für Kern- und Teilchenphysik, Technische Universität Dresden, Deutschland

Eine große Herausforderung in der Radiotherapie ist die präzise und schnelle Berechnung der Dosisverteilung im menschlichen Körper. Aufgrund ihres Zeitvorteils werden in den klinischen Bestrahlungsplanungssystemen analytische Methoden bevorzugt, welche nicht über einen vergleichbar hohen Genauigkeitsgrad wie die rechenintensivere Monte-Carlo Methoden verfügen. Um diesen Gegensatz zu überwinden, hat diese Forschung das Ziel, ein genaues und schnelles Monte-Carlo-Programm zur Simulation des Ionentransports zu realisieren. Der Hauptteil dieser Arbeit besteht in der Einbindung der Kernreaktionen. Im Gegensatz zu anderen Programmen wird hier ein streng probabilistischer Ansatz verfolgt.

Diese Präsentation stellt die Implementation der elastischen Streuung und des inelastischen Stoßes in den Algorithmus dar, die unter Berücksichtigung der Binäre-Stoß-Näherung und der BETHE-BLOCH-Theorie durchgeführt. Ein Vergleich des elektronischen Energieverlusts sowie der Reichweite und der Schwankungsbreite der Teilchen in der Materie mit anderen Monte-Carlo-Programmen wird vorgestellt. Die Präsentation enthält abschließend einen Ausblick auf die geplante Implementation der Kernreaktionen im Algorithmus.

## ST 2: Radiation Monitoring and Dosimetry I

Zeit: Dienstag 14:00–16:00

Raum: JUR 1

ST 2.1 Di 14:00 JUR 1

**Charakterisierung zweier Szintillationsdetektoren basierend auf CeBr<sub>3</sub> and SrI<sub>2</sub> für die Nutzung als Dosimeter** —

•PATRICK KESSLER<sup>1</sup>, BERIT BEHNKE<sup>1,2</sup>, RAFAL DABROWSKI<sup>1</sup>, HARALD DOMBROWSKI<sup>1</sup> und STEFAN NEUMAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Deutschland — <sup>2</sup>GSR Gemeinschaftspraxis für Strahlentherapie und Radioonkologie, Hannover, Deutschland

Für eine zukünftige Detektorgeneration der dosimetrischen Frühwarnsysteme in Europa werden zwei Szintillationsdetektoren basierend auf CeBr<sub>3</sub> und SrI<sub>2</sub> charakterisiert und ihre Eignung als Dosimeter untersucht. Diese relativ neuen Szintillationsmaterialien besitzen eine sehr viel bessere Energieauflösung im Vergleich zu NaI Detektoren und einen vergleichbar niedrigen Eigenuntergrund. Mit Hilfe dieser neuartigen Detektorsysteme können dann nicht nur Dosisraten bestimmt, sondern auch nuklid-spezifische Informationen gewonnen werden, was bei rein dosimetrischen Messstationen (typischerweise GM-Zählrohre) nicht der Fall ist. Für die Berechnung der Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*(10)$  aus den  $\gamma$ -Spektren haben die Autoren eine einfache Methode gewählt, bei der das Spektrum in Energiebänder eingeteilt wird. Für jedes Band wird experimentell der Konversionskoeffizient von Zählrate zu Dosis bestimmt. Dazu werden monoenergetische Strahler verwendet. Da diese Methode ein isotropes Ansprechvermögen der Detektoren voraussetzt muss dieses durch Messungen sichergestellt oder Anisotropien kompensiert werden. Die Möglichkeit diese Charakterisierungen mit Monte Carlo Simulationen vorzunehmen wird untersucht.

ST 2.2 Di 14:15 JUR 1

**Reconstruction of the fading time by analyzing thermoluminescent glow curves for the TL-DOS project** —

•ROBERT THEINERT<sup>1</sup>, MYRIAM HEINY<sup>1,2</sup>, KATHARINA HÖNER<sup>1,2</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup>, and JÖRG WALBERSLOH<sup>2</sup> — <sup>1</sup>TU Dortmund, Lehrstuhl für Experimentelle Physik IV, 44221 Dortmund, D — <sup>2</sup>Materialprüfungsamt NRW, 44287 Dortmund, D

The Monitoring Service at the Materialprüfungsamt NRW in Dortmund develops a new thermoluminescence dosimeter system for the application in large-scale individual dose monitoring. The TU Dortmund participates in this project, called TL-DOS, especially in the development of an automated analysis of the data which comes in the form of thermoluminescence glow curves.

The recorded glow curves depend on the exposed irradiation dose as well as on environmental conditions. One crucial condition which influences the reconstruction of the irradiation dose is the time between irradiation and readout, called fading time. This time causes a decrease of the signal over time, thus, the reconstructed irradiation dose is lower than the real one.

In this talk, a method is presented which allows to reconstruct the fading time and with this information the irradiation dose can be estimated correctly.

ST 2.3 Di 14:30 JUR 1

**Strahlenexposition und Strahlenschutz in der Radiologie** —

•ANDREAS BLOCK — Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund

Strahlungsschäden werden in zwei Kategorien eingeteilt, die stochastischen, deren Eintrittswahrscheinlichkeit mit der Dosis korreliert ist und deterministische, die nach Überschreitung einer (individuell variablen) Schwellendosis eintreten. Für das ungeborene und zu früh geborene Kind muss das stochastische Strahlenrisiko in besonderem Maße beachtet werden, (i) da das Gewebe sehr strahlenempfindlich ist, (ii) sie eine ganze Lebensspanne noch vor sich haben und (iii) sich später auch sehr wahrscheinlich fortpflanzen werden. Bei diesem Patientenkollektive ist die Optimierung der Röntgenstrahlungsanwendung daher von herausragender Bedeutung. Bei interventionellen Maßnahmen in der Radiologie können hingegen bei Patienten deterministische Strahlungsschäden bei den sehr langen Durchleuchtungszeiten auftreten. Hier ist es wichtig Strategien bei der Anwendung der technischen Parameter zu entwickeln, die insbesondere die Hautdosis auf ein für den Patienten tolerables Maß reduzieren.

ST 2.4 Di 14:45 JUR 1

**Experimentelle Überprüfung der gängigen Abschätzung zur****Uterusdosis bei Röntgendurchleuchtungsuntersuchungen** —

•KATHARINA SCHRÖDER<sup>1</sup>, KILIAN SETH<sup>1</sup>, KATHARINA LOOT<sup>1</sup> und ANDREAS BLOCK<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Experimentalphysik V, TU Dortmund — <sup>2</sup>Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund

Die große Angst schwangerer Frauen bei Röntgenuntersuchungen gilt strahleninduzierten Schädigungen des werdenden Lebens, insbesondere Missbildungen, genetischen Schädigungen und Krebserkrankungen im Kindesalter. Eine grobe Orientierung der Folgenabschätzung bietet eine Tabelle im DGMP-/DRG-Bericht Nr. 7 aus dem Jahre 2002. Da sich die Technik seit dieser Zeit rasant entwickelt hat, wird im Rahmen dieser Arbeit die Aktualität der Röntgendurchleuchtungswerte der DGMP-Tabelle überprüft. Dazu wurden an drei verschiedenen C-Bögen unterschiedlicher Generationen Dosismessungen mit kontinuierlicher und gepulster Strahlung durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Tabellenwerte im Sinne einer konservativen Uterusdosisabschätzung für die damaligen C-Bögen einen Sicherheitspuffer von 40% beinhalten. Das Hauptdosisersparpotential liegt bei den Durchleuchtungseinrichtungen der neueren Generation in der gepulsten Strahlungsabgabe, viele besitzen gar nicht mehr die Möglichkeit zur kontinuierlichen Durchleuchtung. Für die Technik der gepulsten Strahlung weichen die Dosiswerte nochmals über den Sicherheitspuffer von 40% mit 59% bis 92% ab. Eine Anpassung der Tabelle, die ja in vielen Fällen auch einer Beruhigung der schwangeren Patientinnen dienen soll, scheint dringend empfehlenswert.

15 min. break

ST 2.5 Di 15:15 JUR 1

**Reduzierung der Strahlenexposition und Optimierung der Bildqualität bei Röntgenuntersuchungen in der Neonatologie** —

•SERGEJ MIKHAILOV<sup>1</sup>, NORA SCHULZ<sup>1</sup>, ANNETTE SCHMITZ-STOLBRINK<sup>2</sup> und ANDREAS BLOCK<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Experimentalphysik V, TU Dortmund — <sup>2</sup>Kinderradiologie, Klinikum Dortmund — <sup>3</sup>Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund

Frühgeborene sind aufgrund ihres hohen Wassergehaltes im Gewebe und der noch nicht ausgereiften Zellen sehr strahlenempfindlich. Andererseits sind Röntgenuntersuchungen bei ihnen überlebenswichtig, insbesondere Thorax- und Abdomenaufnahmen. Diese werden häufig durch eine Kombination als Übersichtsaufnahme und daraus resultierender suboptimaler Einblendung gemacht. Im Rahmen dieser Arbeit wird untersucht, wie hoch die Strahlendosis bei zwei separaten, besser an die Anatomie angepassten Aufnahmen ist. Die Dosismessungen wurden mit einem Halbleiterdetektor durchgeführt und die Bildqualität mit einem speziell für die Abdomenaufnahmen konstruierten Prüfkörper beurteilt. Es konnte gezeigt werden, dass die Strahlenexposition bei zwei separaten Aufnahmen aufgrund der nun besser angepassten Einblendung signifikant reduziert wird. Der Kontrast der Röntgenaufnahmen verbesserte sich gegenüber der Übersichtsaufnahme im Mittel um 23 %, was einerseits auf die geringere Streustrahlung der kleineren Strahlungsfelder und andererseits aufgrund des geringeren Abstands der Untersuchungsregion zum Zentralstrahl zurückzuführen ist.

ST 2.6 Di 15:30 JUR 1

**Experimentelle Bestimmung der Patientenhautdosis in der modernen Neuroangiographie und technische Möglichkeiten zur Dosisreduktion** —

•FELIX BÄRENFÄNGER<sup>1</sup>, STEFAN ROHDE<sup>2</sup> und ANDREAS BLOCK<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Experimentalphysik V, TU Dortmund — <sup>2</sup>Klinik für Radiologie und Neuroradiologie, Klinikum Dortmund — <sup>3</sup>Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund

Aufgrund der Fortschritte beim Kathetermaterial und -design in der Neuroangiographie hat sich das Behandlungsspektrum hin zu immer komplexeren Eingriffen erheblich erweitert. Eine Folge davon sind immer längere Röntgendurchleuchtungszeiten und eine Erhöhung der Röntgenaufnahmenanzahl, wodurch strahleninduzierte Hautschäden beim Patienten wieder in den Fokus bei neuroangiographischen Interventionen gerückt sind. Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung der Hautexposition von Patienten, die sich einer Thrombektomie unterziehen mussten. Die Hautdosis wurde an einem Phantomkopf mit einem Halbleiterdetektor mit dem Dosimeter DIADOS (Fa. PTW) gemessen. Es zeigte sich, dass der von der SSK angegebene Schwellenwert von 3 Gray für das Auftreten von Hauterythemen und temporärer Epilationen bei klinischen Eingriffen durchaus überschritten werden kann. Es

wurde dann eine Korrelation zum Dosisflächenprodukt über die Bestimmung von Konversionsfaktoren hergestellt, um die Möglichkeit eines Hautdosismonitorings während einer Angiographie zu geben. Des Weiteren wurden technische Untersuchungsparameter optimiert, um einerseits die Hautdosis zu reduzieren, aber andererseits eine ausreichende Bildqualität zu gewährleisten.

ST 2.7 Di 15:45 JUR 1

**$H_p(0.07)$ -Beindosimetrie in der DSA-Routine** — ●MARTIN SCHIDLowski<sup>1</sup>, JÖRG WALBERSLOH<sup>2</sup>, KEVIN KRÖNINGER<sup>1</sup> und DANILO SEYFERT<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Dortmund — <sup>2</sup>Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen — <sup>3</sup>St.-Johannes-Hospital Dortmund

Basierend auf dem LiF:Mg,Ti-Thermolumineszenz-Dosimeter des Ma-

terialprüfungsamts NRW, wird in Kooperation mit dem St.-Johannes-Hospital Dortmund über einen Zeitraum von 3 Wochen eine Sonderdosimetrie der  $H_p(0.07)$ -Bein-Teilkörperdosis durchgeführt. Ziel dieser Kurzstudie ist es, die Dosisexposition des Personals bei der Digitalen Subtraktionsangiographie abzuschätzen.

Hierzu werden auf die dosimetrischen Anforderungen angepasste Dosimeter erstellt, die zur Messung der durch Photonen hervorgerufenen Oberflächendosis geeignet sind. Die Detektorkalibrierung erfolgt an einem Wasser-Zylinder-Phantom ( $h = 20$  cm,  $d = 8$  cm), welches das Rückstreuverhalten des menschlichen Beines simuliert.

Die ermittelten  $H_p(0.07)$ -Bein-Teilkörperdosen erstrecken sich abhängig vom Probanden bis zu einem Wert von 1.9 mSv, wobei die Durchleuchtungszeiten von 134 s bis 2084 s variieren. Es zeigt sich die Tendenz eines linearen Zusammenhangs zwischen der ermittelten Dosis und der Gesamtdurchleuchtungszeit.

## ST 3: DPG meets DGMP: Herzbildgebung

Zeit: Dienstag 16:45–18:45

Raum: JUR 1

### Hauptvortrag

ST 3.1 Di 16:45 JUR 1

**Ein- und Aussichten der Magnetresonanztomographie des Herzens bei einer Magnetfeldstärke von 7.0 Tesla: Der ideale Treffpunkt für Physiker, Mediziner und Biologen** — ●THORALF NIENDORF — Max-Delbrück Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz Gemeinschaft, Berlin — MRI.TOOLS GmbH, Berlin

Magnetresonanztomographie (MRT) spielt eine elementare Rolle in der (bio)medizinischen Bildgebung. Weltweit wenige Zentren besitzen die instrumentellen Voraussetzungen, um die physikalischen und methodischen Grundlagen für Ultrahochfeld-MRT (UHF-MRT) des Herzens bei Magnetfeldstärken von 7.0 Tesla zu erforschen. Diese Aktivitäten versprechen eine bessere räumliche Auflösung für die Bildgebung, ermöglichen neue Kontrastmechanismen und fördern die Gewinnung neuer biophysikalischer und (patho)physiologischer Erkenntnisse. Vorausgesetzt ingenieurstechnische Herausforderungen und durch die Physik diktierte Randbedingungen können adäquat eingesetzt bzw. kompensiert werden.

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich der Übersichtsvortrag auf Entwicklungen mehrkanaliger HF-Antennenkonzepte und neuer MR-Bildgebungstechniken für die Herz-MRT bei 7.0. Anwendungen für hochauflösende MR Bildgebung des menschlichen Herzens werden demonstriert. Erkenntnisse aus weltweit ersten Patientenstudien zur Herz-MRT bei 7.0 T werden vermittelt. Zukünftige Stoßrichtungen der UHF-MRT an der Schnittstelle zwischen Physik, Medizin und Biologie werden diskutiert. Berufliche Perspektiven für junge Naturwissenschaftler werden vorgestellt

### Hauptvortrag

ST 3.2 Di 17:15 JUR 1

**Cardiac CT** — ●MARC KACHELRIESS — Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)

Volumetric heart imaging with high isotropic spatial resolution (0.3 mm) and high temporal resolution (63 ms), with subsecond scan times (0.2 s) for the whole heart, seeing the coronaries, quantifying their lumen, characterizing calcified and vulnerable plaques, detecting coronary stenoses with highest sensitivity and specificity, computing functional values such as ejection fraction, myocardial perfusion or fractional flow reserve while requiring only a small amount of contrast agent? This is routinely possible with cardiac CT.

This lecture highlights the technology of high end diagnostic CT systems wrt their application in cardiac imaging. Hardware technology, such as x-ray sources and detectors, such as spectral shaping and protocol design is discussed, as well as state-of-the art reconstruction

software technology. Thereby, it is shown, why the x-ray dose values are so low (1 to 2 mSv), today.

The presentation further discusses future developments such as iterative image reconstruction combined with motion compensation techniques to push the temporal resolution beyond the theoretical limit, and to reduce dose.

### Hauptvortrag

ST 3.3 Di 17:45 JUR 1

**Computational Imaging of Myocardial Perfusion** — ●LAURA SCHREIBER — Deutsches Zentrum für Herzinsuffizienz, Universitätsklinikum Würzburg

Insufficient blood supply is one of the main causes of impaired cardiac function. Dynamic imaging during injection of a tracer bolus allows for a noninvasive quantification of myocardial perfusion. For many years it has been speculated that systematic errors may be introduced into these measurements in patients with impaired blood flow in the epicardial vessels, e.g. in coronary artery disease.

High resolution imaging in combination with high performance computing of the Navier-Stokes- and of the advection-diffusion-equation allows for an understanding of inhomogeneous tracer transport in the epicardial vessels. Based on this methodology, systematic errors of MRI-, CT-, or PET-based myocardial perfusion imaging can be understood.

In the future, important insights into the physiology and pathophysiology of myocardial blood flow will be available for the individual patient using a combination of high-resolution functional imaging combined with high-performance computing, i.e. computational imaging.

### Hauptvortrag

ST 3.4 Di 18:15 JUR 1

**Translationale molekulare und funktionelle Herzbildgebung** — ●WOLFGANG BAUER — Medizinische Klinik 1, Würzburg — Deutsches Zentrum für Herzinsuffizienz, Würzburg

Mittels molekularer und funktioneller Herzbildgebung werden einerseits wesentliche Erkenntnis der kardiovaskulären Grundlagenforschung gewonnen. Sie dient aber auch als Instrument, um translationale für den Patienten neue Bildgebungsverfahren zu entwickeln.

In dem Vortrag werden diese beiden Aspekte dargestellt. Als Beispiele werden die molekulare und funktionelle Bildgebung der Arteriosklerose sowie die Heilung nach Herzinfarkt bzw. Myokarditis in den Fokus gerückt. Am letzten Beispiel werden die Chancen, aber auch die Limitationen für die Translation zum Patienten aufgezeigt.

## ST 4: Biomedical Imaging I

Zeit: Mittwoch 16:45–19:05

Raum: JUR 1

ST 4.1 Mi 16:45 JUR 1

**Introduction to X-ray Talbot-Lau-interferometry** — ●ANDREAS WOLF — ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Compared with the traditional attenuation contrast, X-ray Talbot-

Lau-interferometry can yield additional information in terms of the differential phase contrast (DPC) and the dark field contrast (DFC) images.

In this imaging modality, the Talbot effect leads to the generation of self images of a grating in the beam path. With respect to the thus cre-

ated spatial reference pattern and by introducing another grating, the aforementioned contrast modalities can be retrieved either via a phase-stepping approach or by using Moiré-fringes in a single-shot scheme.

In this contribution, the principles of X-ray Talbot-Lau-interferometry will be presented alongside possible applications and recent developments in the field.

ST 4.2 Mi 17:00 JUR 1

**Moiré-Bildgebung: Experimentelle Untersuchung zur Dejustierung und Visibilitäts-Optimierung in der gitterbasierten Phasenkontrast-Röntgenbildgebung** — ●MICHAEL GALLERSDÖRFER, MARIA SEIFERT, CHRISTIAN HAUKE, FLORIAN HORN, VERONIKA LUDWIG, GEORG PELZER, JONAS PFEIFFER, JENS RIEGER, MAX SCHUSTER, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Die gitterbasierte Talbot-Lau Röntgen-Interferometrie bietet viele neue Anwendungen in der medizinischen Bildgebung. Die differentielle Phaseninformation wird herkömmlich über mehrere Phasestepping-Aufnahmen rekonstruiert.

Es wurde eine Methode untersucht, die die Phaseninformation über eine Einzelaufnahme ermöglicht. Das Signal wurde durch Dejustierung der Gitter mit einem periodischen Moiré-Muster überlagert. Es wurde eine Rekonstruktionsmethode mittels Fourier-Analyse implementiert. Verschiedene Methoden zur Dejustierung und Visibilitäts-Optimierung wurden untersucht.

ST 4.3 Mi 17:15 JUR 1

**Moiré Imaging: Improvement of the reconstruction algorithm and simulations for visibility optimization** — ●MARIA SEIFERT, MICHAEL GALLERSDÖRFER, FLORIAN HORN, VERONIKA LUDWIG, GEORG PELZER, JENS RIEGER, MAX SCHUSTER, THILO MICHEL, and GISELA ANTON — ECAP - Erlangen Center of Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Single-shot Moiré imaging is a promising feature for differential phase-contrast imaging as it gives the opportunity to reduce dose and to speed up the imaging process compared with the grating based approach without losing sensitivity in dark-field image as in propagation based approaches. Nevertheless, the spatial resolution is reduced.

In this contribution reconstruction techniques to reduce or even to overcome this disadvantage of Moiré imaging are presented. Furthermore, the interferometer has to be detuned to observe Moiré fringes. This leads to a loss in visibility. With the help of simulation, setup and measurement properties are optimized to get the best visibility as possible. The results of the simulation are presented.

ST 4.4 Mi 17:30 JUR 1

**Applications of Dual Energy Phase Contrast X-ray Imaging** — ●THERESA PALM<sup>1</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, SEBASTIAN KÄPPLER<sup>2</sup>, WENCKE LOSENSKY<sup>3</sup>, VERONIKA LUDWIG<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, BERND WULLICH<sup>3</sup>, and GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen — <sup>3</sup>Universitätsklinikum Erlangen, Urologische Klinik, Krankenhausstraße 12, 91054 Erlangen

Grating-based x-ray phase-contrast Talbot-Lau interferometry allows to measure a material's phase and its absorption coefficient simultaneously. In conventional x-ray imaging, Dual Energy methods are used to calculate body fat percentages or bone densities. Combining the Dual Energy approach with phase contrast and computed tomography, a more sophisticated investigation of materials in an object is envisaged. This could possibly make the aforementioned applications more accurate. Measurements with different x-ray spectra were conducted on phantom objects and biological samples. Measurements on human renal calculi were conducted in order to characterise various mineral compositions. This information could facilitate a decision on the destruction method of the stones prior to surgery.

**Acknowledgement:** We would like to acknowledge financial and technical support of this work by Siemens Healthcare GmbH

ST 4.5 Mi 17:45 JUR 1

**X-Ray Grating Tomography without Phase-Retrieval** — FLORIAN SCHIFFERS<sup>1,2</sup>, ●SEBASTIAN KÄPPLER<sup>2</sup>, SHIYANG HU<sup>2</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, CHRISTIAN RIESS<sup>2</sup>, and GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Erlangen Centre for Astroparticle Physics,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg — <sup>2</sup>Pattern Recognition Lab, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Traditional Talbot-Lau X-ray Phase-Contrast tomography requires prior phase-retrieval based on - for instance stepping of the analyzer grating G2. Since several exposures per projection angle are required, high dose needs to be applied and simple integration into a continuously rotating gantry is cumbersome.

For the next step into clinical application it is desirable to have a tomographic reconstruction algorithm requiring only one phase-step per projection angle. Former work proposed a maximum-likelihood-based algorithm modeling the phase-contrast image formation process using the object's attenuation, refractive and small-angle scattering properties simultaneously, allowing tomographic reconstruction without the need of prior phase-retrieval by phase-stepping.

In this work we improve convergence using a smoothed initial reconstruction obtained by Filtered Backprojection of an interpolated estimation of the three sinograms: Absorption, differential phase-contrast and dark field. We demonstrate reconstruction of tomographic data acquired using a Talbot-Lau interferometer without phase-stepping with a polychromatic beam source.

5 min break

ST 4.6 Mi 18:05 JUR 1

**Der Einfluss des Anregungsprofils in der MR-Rheologie** — ●JAKOB BINDL<sup>1</sup>, TIMO STOMBERG<sup>1</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, JÜRGEN FINSTERBUSCH<sup>2</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Universität Bonn, Deutschland — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland

Die Kenntnis der viskoelastischen Eigenschaften von Gehirngewebe ist von großem Interesse im Kontext unterschiedlicher Erkrankungen. So ändern sich diese Eigenschaften z.B. im Fall von Tumoren auf lokaler Ebene, wohingegen es bei neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer oder Multipler Sklerose zu globalen Änderungen kommt. Eine nicht-invasive Möglichkeit diese Eigenschaften darzustellen, bietet die MR-Rheologie: Die Reaktion des Gehirngewebes auf eine Beschleunigung wird mittels einer bewegungssensitiven MRT-Sequenz dargestellt. Die genaue Antwort des Gewebes auf diese Beschleunigung hängt dabei sowohl von seinen viskoelastischen Eigenschaften, als auch vom Profil der als Anregung wirkenden Beschleunigung ab. Abhängig von der zu untersuchenden Pathologie können dabei unterschiedliche Anregungsprofile am besten geeignet sein, eventuelle Änderungen in den viskoelastischen Eigenschaften darzustellen.

Der benutzte Messprototyp nutzt einen Schrittmotor, um die Beschleunigung zu induzieren und erlaubt es so erstmals, die Form der Anregung präzise zu kontrollieren. Der Einfluss verschiedener Anregungsprofile wurde anhand von Messungen an Agar-Phantomen untersucht.

ST 4.7 Mi 18:20 JUR 1

**Messung des Anregungsprofils in der MR-Rheologie** — ●TIMO STOMBERG<sup>1</sup>, JAKOB BINDL<sup>1</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, NICOLAI GRUND<sup>1</sup>, JÜRGEN FINSTERBUSCH<sup>2</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Universität Bonn, Deutschland — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Deutschland

Die MR-Rheologie ist eine nicht-invasive Methode zur Untersuchung von viskoelastischen Eigenschaften des Hirngewebes. Sie kann damit Aufschluss über verschiedene neurodegenerative Erkrankungen geben. Nach Beschleunigung des Kopfes eines Patienten ist es möglich die Verformung des Gehirns in einem MRT mittels einer bewegungssensitiven Sequenz zu messen.

Da auch die Art der Beschleunigung großen Einfluss auf die Verformung hat, muss diese genau nachvollziehbar sein. Die Erfassung der Geschwindigkeit des Kopfes mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung ist daher essenziell für eine quantitative Bewertung der Ergebnisse. Da sich elektronische Bauteile aufgrund der darin enthaltenen Metalle nicht innerhalb des MRTs befinden dürfen, müssen dazu optische Messmethoden entwickelt werden.

ST 4.8 Mi 18:35 JUR 1

**Untersuchungen zur Talbot-Lau-Interferometrie in zerstörungsfreier Materialprüfung und medizinischer Diagnostik** — ●VERONIKA LUDWIG<sup>1</sup>, ELISABETH FRIEDRICH<sup>1</sup>, MICHAEL GALLERSDÖRFER<sup>1</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, SHIYANG HU<sup>2</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, WEIWEI WENG<sup>1</sup>, ANDREAS MAIER<sup>2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058

Erlangen — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Die gitterbasierte Röntgen-Phasenkontrastbildgebung erweitert die herkömmliche Röntgen-Bildgebung um zwei weitere Bildinformationen, das differentielle Phasenbild und das Dunkelfeldbild. Strukturen in der Größenordnung von Mikrometern erzeugen durch Ultra-Kleinwinkelstreuung ein erhöhtes Dunkelfeldsignal. Weiterhin wird durch das differentielle Phasenbild eine hohe Sensitivität auf die Änderung des Phasenschubs durch ein Objekt erreicht. Dadurch können z.B. feine Risse und körnige Strukturen in Materialien sichtbar werden. Zusätzlich weist das Dunkelfeldbild eine Richtungsabhängigkeit bezogen auf die Ausrichtung des Objekts zu den Gitterstegen auf. Aus der Variation des Dunkelfeldsignals durch Rotation der Probe können Informationen über die Orientierung von Faserstrukturen gewonnen werden. Ergebnisse medizinischer Proben sowie Anwendungsfelder in der Materialprüfung werden präsentiert. Weiterhin wird die richtungsabhängige Dunkelfeldbildgebung im Hinblick auf die Unterscheidung verschiedener Materialstrukturen analysiert.

ST 4.9 Mi 18:50 JUR 1

**Untersuchung von Kalzifikationen in Mammographieproben**

**mit Hilfe der Phasenkontrast-Röntgenbildgebung** — •THOMAS RAUCH<sup>1</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, JULIUS EMONS<sup>2</sup>, RAMONA ERBER<sup>3</sup>, NICOLE FUHRICH<sup>3</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Frauenklinik Erlangen, Universitätsstraße 21-23, 91054 Erlangen — <sup>3</sup>Pathologie Erlangen, Krankenhausstraße 8-10, 91054 Erlangen

Mammographie ist eine wichtige Methode bei der Erkennung von Brustkrebs. Zusätzlich zur herkömmlichen Röntgenmethode, die die Abschwächung der Röntgenstrahlen beim Durchgang durch ein Medium misst, liefert die Talbot-Lau Interferometrie Informationen über den differentiellen Phasenkontrast und das Dunkelfeld einer Probe, welches vor allem Kleinwinkelstreuung zeigt. In dieser Arbeit wird versucht, durch die Gewinnung dieser Informationen für Kalzifikationen in der Brust, eine Unterscheidung zwischen benignen und malignen Veränderungen des Gewebes zu finden. Hierfür werden menschliche Gewebeproben geröntgt und anschließend pathologisch untersucht. Die Sektion der Proben in Lamellen, sowie deren anschließender Scan verbessern die Zuordenbarkeit der untersuchten Kalzifikationen.

## ST 5: Radiation Therapy II

Zeit: Donnerstag 9:00–9:45

Raum: JUR 1

ST 5.1 Do 9:00 JUR 1

**Konstruktion und Vermessung von Mikrokollimatoren für die Augentumor-Brachytherapie** — •CATHARINA SCHARMBERG<sup>1,2</sup>, MARION EICHMANN<sup>2</sup>, DANIEL BERENTZ<sup>2</sup>, CHRISTIAN RÜTTEN<sup>1</sup> und DIRK FLÜHS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universitätsklinikum Essen, Klinik für Strahlentherapie — <sup>2</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund

In der Brachytherapie von Augentumoren werden in Deutschland hauptsächlich <sup>106</sup>Ru-Applikatoren eingesetzt. Das patentierte Konzept der Mikrokollimatoren soll die Therapie in Zukunft verbessern. Es bietet die Möglichkeit, Strahlungsfelder von Augenapplikatoren exakt an die vorliegende Tumorgeometrie anzupassen. Dabei werden spezielle Strukturen zur Kollimierung der Strahlung einzelner <sup>125</sup>I-Seeds verwendet. Dies bewirkt extrem große seitliche Dosisgradienten und ermöglicht eine in der Brachytherapie bisher ungekannte Präzision und damit Schonung des umliegenden Gewebes. Aufgrund der großen Reichweite der verwendeten Gamma-Strahlung werden zudem hochprominente Tumoren behandelbar, welche mit herkömmlichen Beta-Applikatoren nicht therapiert werden können. In diesem Beitrag wird der Herstellungsprozess von Mikrokollimatoren thematisiert. Weiterhin werden die Anforderungen an die Dosimetrie erörtert und der Fortschritt in der Umsetzung präsentiert.

ST 5.2 Do 9:15 JUR 1

**Optimierung der Qualitätssicherung der 100 kV-Strahlentherapie zur Behandlung von altersbedingter Makuladegeneration** — •JESSICA GARCZARCYK<sup>1</sup>, MARION EICHMANN<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>Klinik für Strahlentherapie, Universitätsklinikum Essen

Altersbedingte Makuladegeneration (AMD) führt zu einer Schädigung der Netzhaut im hinteren Augenabschnitt. Bei der Behandlung erweist sich eine zusätzliche Bestrahlung des Auges oft als sinnvolle Ergänzung

zur medikamentösen Behandlung.

Die stereotaktische Bestrahlung erfolgt durch das Oraya-System<sup>TM</sup>, welches niederenergetische Röntgenstrahlung mittels einer 100 kV-Röntgenröhre erzeugt und gezielt in drei Fraktionen zu je 8 Gy verabreicht.

Mit dem Ziel der Optimierung der Qualitätssicherung wurde ein Prototyp eines Festkörperphantoms auf der Basis von Polystyrol konstruiert. Dieses ist zunächst im Hinblick auf die Phantomgröße und das Phantommaterial zu verbessern. Dafür werden Monte-Carlo Simulationen zur Untersuchung der Rückstreuung und der Wasseräquivalenzen verschiedener Phantommaterialien mit der Software GEANT4 durchgeführt.

ST 5.3 Do 9:30 JUR 1

**Bewegungsfeldschätzung zur Dosisakkumulation anhand von 4D-CT-Daten** — •FRANZISKA KNUTH<sup>1,2</sup>, GISELA HÜRTGEN<sup>2</sup>, NURIA ESCOBAR-CORRAL<sup>2</sup>, VANESSA BERNEKING<sup>2</sup>, ACHIM STAHL<sup>1</sup> und MICHAEL J. EBLE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland — <sup>2</sup>Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie, Universitätsklinikum Aachen

Zeitlich aufgelöste Computertomographie (4D-CT) bietet die Möglichkeit die durch Atmung verursachte Bewegung zu analysieren und in die Behandlungsplanung mit einzubeziehen. Es kann unter anderem geprüft werden, ob eine Unterdosierung im Zielvolumen vorliegt oder ob kleinere Sicherheitssäume ausreichen würden und so das umliegende Gewebe besser geschont werden kann.

Die Matlab Toolboxen DIRART und CERR stellen verschiedene Algorithmen zur Berechnung von Bewegungsfeldern zwischen 4D-CT-Datensätzen bereit. In dieser Arbeit wurden die verschiedenen Algorithmen mit Hilfe von mehreren Datensätzen eines beweglichen Phantoms und verschiedener Patienten evaluiert. Mit einer anschließenden Dosisakkumulation wurden die Bestrahlungspläne überprüft.

## ST 6: Radiation Monitoring and Dosimetry II

Zeit: Donnerstag 9:45–10:30

Raum: JUR 1

ST 6.1 Do 9:45 JUR 1

**Entwicklung eines Detektors zum empfindlichen Online-Nachweis von Radionukliden im (Trink-)Wassernetz** — •JORRIT DRINHAUS und BASTIAN BREUSTEDT — Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Sicherheit und Umwelt (SUM)

Zur Überwachung der Radioaktivität im Trinkwassernetz und zum Schutz vor einer möglichen erhöhten Strahlenexposition der Bevölkerung wird, im Rahmen des Kompetenzverbunds TransAqua, am KIT ein Detektor zum empfindlichen Online-Nachweis von Radionukliden

( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) entwickelt. Der Vortrag gibt einen Einblick in die Einsatzmöglichkeiten und die dazugehörigen Anforderungen, die bisherigen Ergebnisse der Prototypentwicklung sowie einen Ausblick auf geplante Weiterentwicklungen am Detektor.

ST 6.2 Do 10:00 JUR 1

**Source term and activation calculations for the new cyclotron for medical applications at HZDR with MCNP6 and FLUKA** — •STEFAN E. MÜLLER<sup>1</sup>, JÖRG KONHEISER<sup>1</sup>, BÄR-

BEL NAUMANN<sup>1</sup>, ANNA FERRARI<sup>1</sup>, and ALICE MAGIN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, Deutschland — <sup>2</sup>KIT, Karlsruhe, Deutschland

A new cyclotron is currently being commissioned at the Center of Radiopharmaceutical Cancer Research of the HZDR. The energy range of up to 28 MeV protons for the  $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$  reaction required a recalculation of the neutron source terms needed in the shielding calculations, since the manufacturer supplied data was based on a 24 MeV proton beam. The radiation transport programs MCNP6 and FLUKA were used to calculate the neutron fluence emerging from the  $^{18}\text{O}$ -enriched water target during operation. To validate the radiation fields obtained in the simulations, an experimental program has been started using activation samples which are placed close to the water target of a cyclotron which is currently used at HZDR to produce  $^{18}\text{F}$  with 18 MeV protons. After irradiation, the samples are analyzed, and the resulting activation is compared to Monte Carlo calculations of the expected sample activation for this case. Once the new cyclotron is fully operational, these measurements will be extended to 28 MeV protons.

ST 6.3 Do 10:15 JUR 1

**Detection of Cherenkov Photons from Compton-Scattered Electrons for Medical Applications** — HEDIA BÄCKER,

•REIMUND BAYERLEIN, IVOR FLECK, WALEED KHALID, ALBERT WALENTA, and ULRICH WERTHENBACH — Universität Siegen

Modern nuclear medicine and radiation therapy require imaging systems for higher energy gamma rays up to several MeV, where common detectors show insufficient detection efficiency. So called Compton cameras use a low-Z-scattering material where the incident gamma creates a high energetic electron and an absorption-layer for the scattered gamma. The greatest challenge in this attempt is the simultaneous detection of electron and gamma. Therefore, a new detector concept is proposed using the detection of Cherenkov light created by Compton-scattered electrons.

Coincident detection of the Cherenkov photons on an array of Silicon Photomultipliers allows a reconstruction of the characteristic Cherenkov cone and therefore also the electron momentum direction. The track of the Compton electron carries a large part of the information on the incident gamma. Fast analog read out and a FPGA enable timing resolutions of less than a nanosecond.

Recent work on this new concept comprises light yield measurements of different scattering materials as well as coincident Cherenkov photon detection on a 4-times-4-SiPM-array. In this talk, first steps in the development of the detector will be presented.

## ST 7: Poster Session

Zeit: Donnerstag 14:00–16:15

Raum: JUR Foyer

ST 7.1 Do 14:00 JUR Foyer

**Analysis of Nuclear Cross Section Measurements for Particle Therapy** — •RONJA HETZEL, DOMINIK DORSEL, MAX EMDE, SEBASTIAN LAUBER, and ACHIM STAHL — III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

During ion therapy, nuclear reactions occur inside a patient. Substantial uncertainties are associated with the cross sections of these reactions.

Our working group develops an experiment to measure the cross sections of nuclear reactions in the collisions of protons and carbon ions. To identify the fragments, their kinetic energy, their time of flight, and their specific energy loss is measured with scintillation detectors. Measurements are performed at the medical accelerator at HIT in a fixed target experiment. The set-up is modelled in Geant4.

This contribution focuses on the analysis of measured data and simulation results to reconstruct the different particle types produced in the nuclear reactions.

ST 7.2 Do 14:00 JUR Foyer

**Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident** — •PATRICK KESSLER, HARALD DOMBROWSKI, and STEFAN NEUMAIER — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Deutschland

The European project "prepardness" focuses on the protection of the public against ionising radiation and radioactive contaminations caused by nuclear or other radiological incidents. During and following such an accident radiation protection authorities and other decision makers need quick and credible information on contaminated areas. To provide such data, accurate and traceable methods for measuring activity concentrations of radioactive contaminations and dose rates need to be developed, as well as transportable air-sampling systems and aerial detection systems for remote measurements.

These requirements are met by four different work-packages. Firstly, the development of unmanned aerial detection systems for the early monitoring of areas affected. Secondly, transportable air-sampling systems, because the average distance between field stations in Europe is up to hundreds of km and therefore the data is not representative for localised nuclear or radiological incidents. Thirdly, the data from civilian radiation measurement networks which are now more and more commonly available. The density and mobility of these networks might support decision makers, however the quality of the data has to be investigated. Fourthly, for the long term monitoring of affected areas, the passive dosimetry for environmental radiation monitoring requires the harmonisation of measurement and data acquisition procedures.

ST 7.3 Do 14:00 JUR Foyer

**Simulationen zur Röntgen-Phasenkontrastbildung** —

•ANDREAS ARTINGER<sup>1</sup>, JOHANNES BOPP<sup>2</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, VERONIKA LUDWIG<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, ANDRÉ RITTER<sup>1</sup>, MARIAM SEIFERT<sup>1</sup>, MAX SCHUSTER<sup>1</sup>, ANDREAS WOLF<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ECAP – Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstr. 3, 91058 Erlangen

Das Phasenkontrast-Röntgen bietet viele Anwendungen in der medizinischen Bildgebung. Um eine Einordnung erzielter Ergebnisse zu erhalten und diese weiter zu optimieren, ist es notwendig, die genutzten Experimente und Aufbauten zusätzlich in Simulationsstudien zu untersuchen. Hierzu wurde das in Erlangen entwickelte cxi-Framework genutzt. Verschiedene Modelle anatomischer Proben wurden in Talbot-Lau-Gitterinterferometern simuliert und mit tatsächlichen Messungen verglichen. Des weiteren wurden weitere Methoden der Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung mit dem Framework implementiert, simuliert und gezeigt, dass die Simulation auch für andere Aufbauten als Talbot-Lau-Gitterinterferometer funktioniert. Die Vor- und Nachteile verschiedener Aufbauten wurden untersucht.

ST 7.4 Do 14:00 JUR Foyer

**Richtungsabhängige Dunkelfeldbildung von Faserstrukturen in der gitterbasierten Röntgen-Phasenkontrastbildung**

— •WEIWEI WENG<sup>1</sup>, MICHAEL GALLERSDÖRFER<sup>1</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, SHIYANG HU<sup>2</sup>, VERONIKA LUDWIG<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>, ANDREAS MAIER<sup>2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ECAP/Physikalisches Institut Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

In der interferometrischen Röntgen-Phasenkontrastbildung kann durch drehen des Objekts in Bezug zur Ausrichtung der Gitterstege zusätzliche Information über die Orientierung von Faserstrukturen gewonnen werden. Dies bietet sowohl in der medizinischen Bildgebung als auch in der zerstörungsfreien Materialprüfung zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. In diesem Beitrag wird die Richtungsabhängigkeit des Dunkelfeldsignals in einem einzelnen Pixel mit Faserstrukturen in der Größenordnung von Mikrometern simuliert. Mithilfe vergleichbarer Fasern kann im Experiment diese Variation des Dunkelfeldsignals aufgrund der Richtungsabhängigkeit bei konstantem Absorptionssignal untersucht werden. Der Zusammenhang zwischen Dunkelfeldsignal und Ausrichtung der Fasern zu den Gitterstegen wird so in Messung und Simulation dargestellt und verglichen.

ST 7.5 Do 14:00 JUR Foyer

**Measurement of Fissures in Femurs by High-Energy X-Ray Grating-Based Phase-Contrast Imaging** — •JONAS PFEIFFER<sup>1</sup>, FLORIAN HORN<sup>1</sup>, GEORG PELZER<sup>1</sup>, JENS RIEGER<sup>1</sup>,

DANIEL RUSCHE<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, KOLJA GELSE<sup>2</sup>, FRIEDRICH PAULSEN<sup>3</sup>, and GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ECAP Medical Physics Group - FAU Erlangen-Nuremberg, Germany — <sup>2</sup>Trauma surgery - FAU Erlangen-Nuremberg, Germany — <sup>3</sup>Anatomical Institute - FAU Erlangen-Nuremberg, Germany

Grating-based phase-contrast Talbot-Lau interferometry is a method to obtain information about the attenuation, the phase-shift and small angle scattering strength (darkfield) of x-rays propagating through an sample simultaneously.

At a surgical implantation of an artificial hip joint, a medical nail is driven into the femur on which the new joint is fixed. Thereby the bone can brake and small fissures may occur creating instabilities between hip and thigh. Due to their small size such fine cracks are problematic to identify by conventional X-ray imaging. Grating-based phase-contrast Talbot-Lau interferometry may present a promising approach to improve diagnosis in this field, because of its sensitivity of material interfaces.

The aim of this study is to investigate the potential of the differential phase-contrast and the dark-field image to detect the filamentous structures of fissures.

First measurements showed very promising results.

ST 7.6 Do 14:00 JUR Foyer

### High resolution phase contrast radiography: A comparison between propagation-based and grating-based imaging —

•MAX SCHUSTER, MICHAEL GALLERSDÖRFER, VERONIKA LUDWIG, JENS RIEGER, MARIA SEIFERT, ANDREAS WOLF, GEORG PELZER, THILO MICHEL, GISELA ANTON, and STEFAN FUNK — ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

In addition to the attenuation of an X-ray wave both propagation- and grating-based X-ray phase contrast imaging (PCI) enable the reconstruction of its phase shift imprinted by the interaction with matter. This offers sensitivity to local variations in the electron density distribution and thus provides improved contrast for soft tissue imaging.

High spatial resolution measurements were performed using propagation-based PCI [1,2]. Compared to this, grating-based PCI promises better sensitivity to small variations in the densities [3].

In this contribution we will present a comparison between propagation- and grating-based PCI with regard to their requirements on the experimental setup and to their potential for future applications in the field of bio-medical imaging.

[1] Krenkel, Martin, et al. AIP Advances 6.3 (2016): 035007.

[2] Kitchen, Marcus J., et al. Physics in medicine and Biology 60.18 (2015): 7259.

[3] Macindoe, David, et al. Physics in Medicine and Biology 61.24 (2016): 8720.

ST 7.7 Do 14:00 JUR Foyer

### Status of the scatterer component of a Compton camera for ion beam range verification in proton therapy —

•SILVIA LIPRANDI<sup>1</sup>, SAAD ALDAWOOD<sup>1,2</sup>, VINCENT BECK<sup>1</sup>, MICHAEL MAYERHOFER<sup>1,3</sup>, TIM BINDER<sup>1</sup>, INGRID VALENCIA LOZANO<sup>1</sup>, JUNA BORTFELDT<sup>1</sup>, LUDWIG MAIER<sup>4</sup>, RUDI LUTTER<sup>1</sup>, ROMAN GERNHÄUSER<sup>4</sup>, GUNTRAM PAUSCH<sup>5</sup>, FINE FIEDLER<sup>6</sup>, WOLFGANG ENGHARDT<sup>5,6</sup>, GEORGE DEDES<sup>1</sup>, KATIA PARODI<sup>1</sup>, and PETER G. THIROLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LMU München, Germany — <sup>2</sup>King Saud Univ., Riyadh, Saudi Arabia — <sup>3</sup>Univ. Hamburg, Germany — <sup>4</sup>TU München, Germany — <sup>5</sup>OncoRay and TU Dresden, Germany — <sup>6</sup>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Germany

At LMU we are developing a Compton camera, designed to detect prompt  $\gamma$ -rays induced by nuclear reactions, during the irradiation of tissue in particle therapy. Our prototype consists of a stack of double-sided silicon strip detectors acting as scatterers and an absorber formed by a  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  scintillator. Both detectors have been characterized off- and online at different accelerator facilities, showing good agreement

with MC simulations. Here, the present readout for the DSSSDs (based on the GASSIPLEX ASIC chip) revealed several limitations that urge for an improved upgrade. This poster will focus on the status of the scatterer component and its readout: a characterization of the detectors and specifications for their readout will be shown. Different readout options will be presented, together with first tests performed using a system based on the AGET ASIC chip.

This work was supported by the DFG Cluster of Excellence Munich Centre for Advanced Photonics (MAP) and KSU, Riyadh, Saudi Arabia.

ST 7.8 Do 14:00 JUR Foyer

### Evaluation of a scintillator readout system based on a Silicon Photomultiplier (SiPM) Array and an ASIC-based readout system for a Compton camera —

•TIM BINDER<sup>1,2</sup>, SAAD ALDAWOOD<sup>1,4</sup>, GEORGE DEDES<sup>1</sup>, T. GANKA<sup>2</sup>, ROMAN GERNHÄUSER<sup>5</sup>, SILVIA LIPRANDI<sup>1</sup>, RUDI LUTTER<sup>1</sup>, LUDWIG MAIER<sup>5</sup>, MICHAEL MAYERHOFER<sup>1,3</sup>, AGNESE MIANI<sup>1,6</sup>, KATIA PARODI<sup>1</sup>, F. SCHNEIDER<sup>2</sup>, and PETER G. THIROLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LMU München, Germany — <sup>2</sup>KETEK GmbH, Munich, Germany — <sup>3</sup>Univ. Hamburg, Germany — <sup>4</sup>King Saud Univ., Riyadh, Saudi Arabia — <sup>5</sup>TU München, Germany — <sup>6</sup>Univ. degli Studi di Milano, Italy

The LMU Compton camera prototype consists of a scatterer (6 layers of double-sided Si-strip detectors) and an absorber ( $\text{LaBr}_3$ ) with a photomultiplier tube (PMT) and NIM/VME based readout. In order to optimize the system for different applications, a set of alternative components was evaluated. Firstly, a  $\text{CeBr}_3$  crystal, providing an increased S/N ratio, due to the absence of internal radioactivity compared to  $\text{LaBr}_3$ , is read out with the present electronics and the spatial resolution is determined. Secondly, a SiPM array and an ASIC-based readout system, allowing the Compton camera to be used in multimodal imaging devices (e.g. combined with MRI), is evaluated. Therefore results of nonuniformity and temperature dependence measurements of the single component's channels, as well as for the combined system are presented. Finally, energy spectra are reconstructed and the energy resolution is compared to results from a standard readout system.

This work was supported by the DFG Cluster of Excellence Munich Centre for Advanced Photonics (MAP) and KETEK GmbH.

ST 7.9 Do 14:00 JUR Foyer

### Study of the spatial resolution of a monolithic $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ scintillator —

•MICHAEL MAYERHOFER<sup>1,2</sup>, SAAD ALDAWOOD<sup>1,3</sup>, TIM BINDER<sup>1</sup>, GEORGE DEDES<sup>1</sup>, ROMAN GERNHÄUSER<sup>5</sup>, SILVIA LIPRANDI<sup>1</sup>, RUDI LUTTER<sup>1</sup>, LUDWIG MAIER<sup>5</sup>, AGNESE MIANI<sup>1,4</sup>, KATIA PARODI<sup>1</sup>, DENNIS R. SCHAART<sup>6</sup>, INGRID VALENCIA LOZANO<sup>1</sup>, and PETER G. THIROLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LMU München, Germany — <sup>2</sup>Univ. Hamburg, Germany — <sup>3</sup>King Saud Univ., Riyadh, Saudi Arabia — <sup>4</sup>Univ. degli Studi di Milano, Italy — <sup>5</sup>TU München, Germany — <sup>6</sup>TU Delft, Netherlands

We develop a Compton camera for ion-beam range verification during hadron therapy by detecting prompt  $\gamma$  rays from nuclear reactions between the beam and organic tissue. The camera consists of a scatterer (6 layers of double-sided Si-strip detectors) and a  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  scintillator as absorber, read out by a multianode photomultiplier. Key ingredient of the  $\gamma$ -source reconstruction is the determination of the  $\gamma$ -ray interaction position in the scintillator. This contribution will focus on the "k-Nearest Neighbor" (k-NN) and the "Categorical Average Pattern" (CAP) algorithm [1]. Both require a large reference library of 2D light amplitude distributions, derived by scanning the scintillator front surface with tightly collimated  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  sources and a fine step size (0.5 mm). The determination of the spatial resolution as a function of the photon energy, the PMT granularity and the systematic performance of the two algorithms will be present.

This work was supported by the DFG Cluster of Excellence Munich Centre for Advanced Photonics (MPA).

[1]van Dam et al., IEEE TNS 58 (2011).