

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

Franz Pfeiffer
Physics Department (E17) & Institute of Medical Engineering (IMETUM)
Technische Universität München
James-Franck-Straße
85748 Garching
franz.pfeiffer@ph.tum.de

Overview of Sessions

(lecture rooms HFT-FT 101; Poster F)

Invited talks of the joint symposium SYCF

See SYCF for the full program of the symposium.

SYCF 1.1	Wed	9:30–10:00	H 0105	Der Reaktorunfall von Fukushima: Unfallablauf, Emissionen, Immissionen — ●GERALD KIRCHNER, BERNHARD FISCHER
SYCF 1.2	Wed	10:00–10:30	H 0105	Radiologische und radioökologische Aspekte des Reaktorunfalles von Fukushima — ●GERHARD PROEHL
SYCF 1.3	Wed	10:30–11:00	H 0105	Wie Fukushima die Energiepolitik und Energieforschung in Deutschland und international verändert — ●JOACHIM KNEBEL
SYCF 1.4	Wed	11:00–11:30	H 0105	Entscheidungszwänge in der Weltenergieversorgung und Klimapolitik bei hoher Unsicherheit — ●CARL CHRISTIAN VON WEIZSÄCKER

Sessions

ST 1.1–1.6	Mon	9:30–12:00	HFT-FT 101	Advanced Diagnostic Imaging I
ST 2.1–2.5	Mon	15:00–17:00	HFT-FT 101	Advanced Diagnostic Imaging II
ST 3.1–3.2	Tue	9:30–10:10	HFT-FT 101	Medical Physics
ST 4.1–4.12	Tue	10:10–11:30	Poster F	Poster
ST 5.1–5.5	Wed	9:30–11:30	HFT-FT 101	Advanced Radiation Therapy

Annual General Meeting of the Radiation and Medical Physics Division

Mittwoch 11:30–12:00 HFT-FT 101

ST 1: Advanced Diagnostic Imaging I

Time: Monday 9:30–12:00

Location: HFT-FT 101

Begrüßung (10 Min.)

ST 1.1 Mon 9:40 HFT-FT 101

Simulation und Optimierung der Visibilität eines Talbot-Lau Interferometers — •THOMAS WEBER¹, FLORIAN BAYER¹, WILHELM HAAS^{1,2}, GEORG PELZER¹, JENS RIEGER¹, ANDRÉ RITTER¹, LUKAS WUCHERER¹, JÜRGEN DURST¹, THILO MICHEL¹ und GISELA ANTON¹ — ¹ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Die gitterbasierte Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung verspricht eine deutliche Kontrasterhöhung vor allem bei schwach absorbierenden Materialien. Hierzu wird mit Hilfe von drei Gittern, einem Quell-, einem Phasen- und einem Analysatorgitter, und der Ausnutzung des Talbot-Effekts, die vom Objekt erzeugte Phasenverschiebung detektiert. In diesem Beitrag wird ein Verfahren zur Simulation der Visibilität eines Talbot-Lau Interferometers vorgestellt, dessen Richtigkeit mit Hilfe von Messungen verifiziert wurde. Dieses Verfahren wurde anschließend für die Optimierung des in unserem Laboraufbau verwendeten Spektrums verwendet. Hierdurch konnte eine Verdopplung der Visibilität erreicht werden.

ST 1.2 Mon 10:00 HFT-FT 101

Optimierung des Röntgenspektrums für die gitterbasierte Phasenkontrast-Bildgebung — •LUKAS WUCHERER¹, FLORIAN BAYER¹, JÜRGEN DURST¹, WILHELM HAAS^{1,2}, THILO MICHEL¹, GEORG PELZER¹, JENS RIEGER¹, ANDRÉ RITTER¹, THOMAS WEBER¹ und GISELA ANTON¹ — ¹ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

In vorliegender Arbeit wurde der Einfluss des Röntgenspektrums auf die Visibilität eines Talbot-Lau-Interferometer (TLI) untersucht. Das Röntgenspektrum kann zum einen durch die Wahl der Beschleunigungsspannung und zum anderen durch eine Filterung beeinflusst werden. Genannte Möglichkeiten wurden herangezogen, um das Röntgenspektrum für die Phasenkontrastbildung zu optimieren. Mit Hilfe geeigneter Beschleunigungsspannung und Filter, deren Absorptionskanten nah an der Designenergie des TLI liegen, kann die Visibilität des TLI gesteigert werden. Diese Option der Visibilitätsverbesserung erlaubt es die Phaseninformation bei gleicher Genauigkeit mit geringerer Patientendosis zu rekonstruieren.

Die präsentierten Resultate basieren auf Messungen und Simulationen an einem 3 Gitter 25 keV Interferometer mit einer medizinischen Röntgenröhre und demonstrieren, dass geeignete Filter die Dosis (Luftkerma) bei konstantem Rauschlevel im Phasenbild bis zu 30 % reduzieren können.

ST 1.3 Mon 10:20 HFT-FT 101

Messungen zur medizinischen Röntgenbildgebung mittels Phasenkontrast — •GEORG PELZER¹, FLORIAN BAYER¹, WILHELM HAAS^{1,2}, JENS RIEGER¹, ANDRÉ RITTER¹, THOMAS WEBER¹, LUKAS WUCHERER¹, JÜRGEN DURST¹, THILO MICHEL¹ und GISELA ANTON¹ — ¹ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Wie jede elektromagnetische Welle erfährt auch Röntgenstrahlung beim Durchdringen von Materie sowohl eine Schwächung ihrer Intensität als auch einen Phasenschub. Mittels eines Talbot-Lau-Interferometers ist es möglich, eben diese Phaseninformation eines Objekts darzustellen. Neben dem herkömmlichen Absorptionsbild und dem Bild des differentiellen Phasenschubs kann ein drittes, das sogenannte Dunkelfeld-Bild, welches Information über die Störung der Wellenfronten durch kleinste Strukturen trägt, erhalten werden. Wie bereits in früheren Arbeiten gezeigt wurde beinhaltet dieses Bild Details, die bei der konventionellen Röntgenbildgebung allein oftmals nicht sichtbar sind. In diesem Beitrag soll der Nutzen dieser Methode, insbesondere auf mögliche medizinische Anwendungen, sowie das Potential des momentanen Versuchsaufbaus aufgezeigt werden. Dazu werden Aufnahmen verschiedener Proben zusammen mit ihrer qualita-

tiven als auch quantitativen Analyse vorgestellt. Ziel dieser Messungen ist es, das Verfahren der Phasenkontrastbildung weiter zu optimieren.

20 Min. Pause

ST 1.4 Mon 11:00 HFT-FT 101

Mammographie mit Phasenkontrast — •JENS RIEGER¹, FLORIAN BAYER¹, JÜRGEN DURST¹, WILHELM HAAS¹, THILO MICHEL¹, GEORG PELZER¹, CLAUDIA RAUH², ANDRÉ RITTER¹, THOMAS WEBER¹, LUKAS WUCHERER¹, PETER A. FASCHING², MATTHIAS W. BECKMANN², RÜDIGER SCHULZ-WENDTLAND³ und GISELA ANTON¹ — ¹ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²Frauenklinik, Universitätsklinikum Erlangen, Universitätsstraße 21-23, 91054 Erlangen — ³Abteilung für Gynäkologische Radiologie, Institut für Diagnostische Radiologie, Universitätsklinikum Erlangen, Universitätsstrasse 21-23, 91054 Erlangen

In Deutschland erkranken jährlich etwa 57000 Frauen an einem Mammakarzinom wobei die Mortalitätsrate bei etwa 30 % liegt. Da die Prognose bei bereits tast- oder sichtbaren Tumoren meist schlecht ist, ist die Früherkennung des Karzinoms besonders wichtig für den weiteren Verlauf der Behandlung.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein 25keV Talbot-Lau-Interferometer verwendet um die Vorteile der Phasenkontrastbildung bei der Erkennung von Mammakarzinomen zu untersuchen. Dazu wurden zunächst brustähnliche Phantome verwendet. Desweiteren wurden in Zusammenarbeit mit der Frauenklinik des Universitätsklinikums Erlangen mehrere native Brustgewebeprobe untersucht die tumoröses Gewebe enthalten. Anhand dieser Aufnahmen sollen die Vorteile des Phasenkontrastverfahrens für die Früherkennung von Mammakarzinomen dargestellt werden.

ST 1.5 Mon 11:20 HFT-FT 101

Strukturuntersuchungen mittels Phasenkontrast in der Röntgen-Bildgebung — •FLORIAN BAYER¹, WILHELM HAAS¹, GEORG PELZER¹, JENS RIEGER^{1,2}, ANDRÉ RITTER¹, THOMAS WEBER¹, LUKAS WUCHERER¹, THILO MICHEL¹ und GISELA ANTON¹ — ¹ECAP - Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Mit der Entwicklung hochpixelierter Röntgendetektoren, sowie der Verfügbarkeit von den Anforderungen an ein Talbot-Lau-Interferometer entsprechenden Gittern rückte die Phasenkontrast-Bildgebung in den letzten Jahren neu in das Interesse der Röntgentechnik. Mit einem derartigen Interferometeraufbau gewinnt man über einen indirekten Nachweis neben der Absorptionsinformation auch die Phasen- sowie die Dunkelfeldinformation, die, vor allem an Objekt- und Materialgrenzen sowie in der Anwendung an schwach absorbierenden Materialien, eine wesentliche Kontrasterhöhung liefern kann sowie zusätzliche Informationen über innere Material- und Gewebestrukturen bereithalten.

Dies konnte an verschiedenen Objektstrukturen sowohl in der medizinischen Bildgebung wie auch in der zerstörungsfreien Materialprüfung untersucht werden. In diesem Vortrag werden die hierzu notwendigen Methoden beschrieben und Messergebnisse dargestellt.

ST 1.6 Mon 11:40 HFT-FT 101

Darstellung elastischer Eigenschaften des Gehirns nach materialwissenschaftlichem Vorbild — •DENIZ ULUCAY¹, JUDITH WILD¹, ANNA-LISA KOFAHL¹, SASKIA PAUL¹, SEBASTIAN THEILENBERG¹, JÜRGEN FINSTERBUSCH², PETER TRAUTNER³, CARSTEN URBACH¹ und KARL MAIER¹ — ¹HISKP - Universität Bonn — ²Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf — ³Life&Brain, Bonn

Krankhafte Gewebeeränderungen gehen häufig mit einer Änderung der elastischen Eigenschaften einher. Die genaue Kenntnis über elastische Eigenschaften im Gehirn kann für die medizinische Diagnostik von großer Bedeutung sein. Erste Untersuchungen zeigen, dass z.B. Alzheimer zu einer Verfestigung der Gehirnmasse führt (Murphy et al., Journal Of MRI, 2011). Auch bei anderen neurodegenerativen Krankheiten wie z.B. Parkinson oder auch Hirntumoren, Hydrocephalus und Mul-

multiple Sklerose ist eine signifikante Änderung des elastischen Systems zu erwarten. In diesem Vortrag wird eine Messmethode vorgestellt, welche die Grundidee einer materialwissenschaftlichen Untersuchung übernimmt und auf eine MR-Untersuchung überträgt und dabei frei

von ionisierender Strahlung und Kontrastmitteln ist. Erste in vivo Aufnahmen lassen das große Potential der Methode erkennen.

ST 2: Advanced Diagnostic Imaging II

Time: Monday 15:00–17:00

Location: HFT-FT 101

ST 2.1 Mon 15:00 HFT-FT 101

X-ray Vector Radiography for Bone Micro-Architecture Diagnostics — ●ANDREAS MALECKI, GUILLAUME POTDEVIN, THOMAS BIERNATH, MARTIN BECH, and FRANZ PFEIFFER — Department of Physics and Institute of Medical Engineering, Technische Universität München, 85748 Garching, Germany

The non-invasive estimation of fracture risk in osteoporosis remains a challenge in the clinical routine and is mainly based on an assessment of bone density by dual X-ray absorption (DXA). Although bone micro-architecture is known to play an important role for bone fragility, its visualisation implies an imaging resolution better than 100 μm , which limits the field of view and increases the necessary radiation dose. Here we describe a new method, X-ray Vector Radiography (XVR), based on X-ray scattering rather than absorption as contrast source, which yields information about the local orientation and degree of anisotropy of the bone micro-structure. This information is highly relevant for osteoporosis diagnostic. We demonstrate the feasibility by showing first experimental X-ray Vector Radiographies of human vertebra bone samples, yielding information on the trabecular structure.

ST 2.2 Mon 15:20 HFT-FT 101

Preliminary results from a first preclinical x-ray phase-contrast CT scanner — ●ASTRID VELROYEN¹, ARNE TAPPER¹, MARTIN BECH¹, BART PAUWELS², PETER BRUYNDONCKX², XUAN LIU², ALEXANDER SASOV², and FRANZ PFEIFFER¹ — ¹Department of Physics and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — ²Skyscan, Kontich, Belgium

Conventional absorption-based x-ray imaging of biomedical samples provides only weak soft-tissue contrast. This limitation can be addressed by phase-contrast imaging, which exploits the phase shift that x-rays undergo when passing through an object. The phase shift, apparent in a minimal angular refraction of the x-ray, can be measured by grating-based interferometric methods at laboratory x-ray sources. Using this technique, improved soft-tissue contrast can be achieved and great potential for medical imaging is anticipated. As a first step towards clinical implementation, we have developed a grating-based compact preclinical phase-contrast CT scanner with rotating gantry, from which we present the first results of soft tissue samples. In particular, the effect of the rotational movement of the gantry on the interferometric image acquisition is characterized and the consequent challenges for image preprocessing and image formation are presented. First scans of biological samples clearly show the improved soft-tissue contrast and hence prove the feasibility of phase-contrast x-ray tomography with a compact rotating gantry system.

ST 2.3 Mon 15:40 HFT-FT 101

Quantitative grating-based X-ray phase contrast tomography at 82 keV — ●MARIAN WILLNER¹, MARTIN BECH¹, JULIA HERZEN¹, DIETER HAHN¹, JOHANNES KENNTNER², JUERGEN MOHR², IRENE ZANETTE³, ALEXANDER RACK³, TIMM WEITKAMP⁴, and FRANZ PFEIFFER¹ — ¹Department of Physics, Technische Universität München — ²Karlsruhe Institute of Technology (KIT) — ³European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), France — ⁴Synchrotron Soleil, France

Grating-based X-ray phase contrast imaging has increasingly aroused interest as the method has been successfully adapted to work with laboratory X-ray sources. The high potential to improve the soft-tissue contrast compared to standard absorption-based tomography and the quantitiveness of the technique have been demonstrated at energies below 35 keV. However, a broad spectrum of applications in industrial

testing and medical imaging needs the operation at higher X-ray energies. Technical advances in the grating manufacturing process make it possible to continuously push the existing energy limitations. In this work we report on the results of a first quantitative phase contrast tomography analysis of a high-energy phantom at 82 keV. The phantom consists of well-defined solid materials covering a wide range of densities and atomic numbers and was scanned with high-resolution at a synchrotron radiation source. The absorption and phase contrast images are analyzed in terms of signal-to-noise ratio (SNR), and the material-specific mass absorption coefficients and refractive index decrements are determined and compared to theoretical values.

20 Min. Pause

ST 2.4 Mon 16:20 HFT-FT 101

Improved Diagnostic Differentiation of Renal Cystic Lesions with X-ray Phase-Contrast Computed Tomography — ●JULIA HERZEN¹, MARIAN WILLNER¹, PETER NOEL², ALEXANDER FINGERLE², DANIELA MÜNDEL², DIETER HAHN¹, ERNST J. RUMMENY², and FRANZ PFEIFFER¹ — ¹Department of Physics & Institute for Medical Engineering, Technische Universität München, Garching, Germany — ²Department of Radiology, Technische Universität München, Munich, Germany

The diagnostic value of X-ray phase-contrast computed tomography (PCCT) is one of the unexplored areas in medical imaging; at the same time, it seems to offer the opportunity as a highly sensitive diagnostic tool. Conventional computed tomography (CT) has had an enormous impact on medicine, but it is limited in soft-tissue contrast. One example that portrays this challenge is the differentiation between benign and malignant renal cysts. In this work we report on a study of characterizing renal cysts using PCCT. We imaged a renal phantom with grating-based PCCT system using a rotating anode X-ray tube and a photon-counting detector. The phantom consisted of a renal equivalent soft-tissue and cystic lesions grouped in non-enhancing cyst and hemorrhage series and an iodine enhancing series. We found that with PCCT an improved differentiation between hemorrhage renal cysts from contrast enhancing malignant cysts is possible without using any contrast agents.

ST 2.5 Mon 16:40 HFT-FT 101

Monochromatic computed tomography with a compact laser-driven synchrotron X-ray source — ●KLAUS ACHTERHOLD¹, MARTIN BECH¹, SIMONE SCHLEEDE¹, GUILLAUME POTDEVIN¹, RON RUTH², ROD LOEWEN², and FRANZ PFEIFFER¹ — ¹Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — ²Lyncean Technologies Inc., Palo Alto 94306, California, USA

We report the first quantitative computed tomography (CT) measurements using a laser-driven compact synchrotron X-ray source. Herein nearly monochromatic, tunable X-rays are produced by the inverse Compton scattering of infrared Laser photons. Quantitative CT results are obtained at 21 keV on mass absorption coefficients in a phantom sample. The phantom was a water-filled cylindrical plastic container. The monochromatic data are compared to results obtained from a rotating anode X-ray tube generator producing polychromatic radiation at various peak voltages. The findings confirm that a laser-driven compact synchrotron X-ray source can indeed yield much higher CT image quality, particularly if quantitative aspects of computed tomographic imaging are considered.

ST 3: Medical Physics

Time: Tuesday 9:30–10:10

Location: HFT-FT 101

ST 3.1 Tue 9:30 HFT-FT 101

A microfluidic flow cytometer concept based on spatially modulated emission — ●CHRISTIAN SOMMER¹, TOBIAS BROGER¹, PETER SPANG¹, STEPHAN QUINT¹, THOMAS WALTHER², and MICHAEL BASSLER¹ — ¹Institut für Mikrotechnik Mainz, Carl-Zeiss-Straße 18-20, 55129 Mainz, Germany — ²TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstraße 7, 64289 Darmstadt, Germany

Flow cytometers are indispensable tools in medical diagnosis routines. In conventional flow cytometry fluorescently tagged biological cells in suspension are passed through a narrow laser focus and a fluorescent pulse is detected for each cell. The fluorescent intensity is recorded on a single cell level enabling the sizing of cell populations differentiated by various, cell specific fluorescent markers. The microfluidic flow cytometer concept based on spatially modulated emission uses a widened detection zone, which is superimposed with a pseudo-random pattern leading to a temporally extended, distinctly coded signal recorded for each fluorescent cell. Each cell is reconstructed from the coded signal by correlation techniques. An improved signal to noise ratio and cell discrimination capability is achieved in respect to conventional flow cytometry. Both, fluorescent intensity and particle velocity are determined simultaneously for each individual cell. In the microfluidic channel, the cell is subjected to a flow profile. According to the Segré-Silberberg effect cells align in the flow profile at distinct distance to the channel wall. This effect is investigated in detail and its benefit for flow cytometry is presented.

ST 3.2 Tue 9:50 HFT-FT 101

Flow cytometry with improved signal-to-noise discrimination building on radar technology — ●STEPHAN QUINT^{1,2}, CHRISTIAN SOMMER^{1,2}, MICHAEL BASSLER², and THOMAS WALTHER¹ — ¹TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstraße 7, 64289 Darmstadt, Germany — ²Institut für Mikrotechnik Mainz, Carl-Zeiss-Straße 18-20, 55129 Mainz, Germany

Flow cytometry is a growing field in both research and application and enables the observation of individual cells. Conventional flow cytometers use a bright spot of focused laser light to excite single dyed cells. The cell specific fluorescence signal is recorded and gives information on the cell type. Cytometers require a sophisticated and delicate optical system restricting their use to laboratory settings.

We propose a new approach based on a microfluidic disposable chip. The key feature is a spatially widened detection zone in combination with a distinctively coded signal in the time domain for each traversing cell. The concept enables a higher signal-to-noise ratio (SNR) in comparison to conventional flow cytometers. Due to an extended time of flight, the amount of light, seen by the detector, is much increased. The modulation in time is either created by the use of spatial masks or by spatially selective readings from pixelated detectors. Lock-in-techniques, similar to those used in radar applications are applied to the signal in order to extract the cell signature, resulting in a highly specific cell detection. We can experimentally and theoretically demonstrate how this approach classes out conventional flow cytometers in respect to SNR by far.

ST 4: Poster

Time: Tuesday 10:10–11:30

Location: Poster F

ST 4.1 Tue 10:10 Poster F

Monte Carlo techniques in X-ray analytics with synchrotron radiation — ●MARTIN GERLACH, BURKHARD BECKHOFF, and MICHAEL KRUMREY — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Abbestraße 2-12, D-10587 Berlin

Monte Carlo techniques are powerful tools to simulate the interaction of electromagnetic radiation with matter. One of the most widespread simulation program packages is Geant4. But it is not evident which accuracy can be obtained by a simulation. In this work, results of experiments using monochromatized synchrotron radiation in the X-ray regime are quantitatively compared to the results of simulations using Geant4. For the quantitative measurements a cadmium telluride detector was used, that had been fully characterized and calibrated in the laboratory of PTB at the electron storage ring BESSY II. For the simulations the detector was modeled with high accuracy. Whereas for most set-ups good agreement of experimental and simulation results was observed, for some orientations a dominant Rayleigh-scattered contribution was observed only for the simulations. For small scattering angles, prominent deviations were observed, which were caused by diffraction in the experiments. As a complementary perspective ray tracing techniques shall be further developed for the optimization of X-ray optics based on highly oriented pyrolytic graphite (HOPG) mosaic crystals.

ST 4.2 Tue 10:10 Poster F

Weiterentwicklung einer Messapparatur zur Bestimmung der Kontaktdosis von Ru-Applikatoren in der Augentumor-Brachytherapie — ●KATHARINA WILHELM, MARION EICHMANN und BERNHARD SPAAN — Experimentelle Physik 5, Fachbereich Physik, Technische Universität Dortmund, Deutschland

Die Strahlentherapie gehört zu den bevorzugten Behandlungsmethoden für Augentumore, da es sich um eine Organ bzw. sehkrafterhaltende Therapieform handelt. Die Brachytherapie mit Augenapplikatoren ist dabei vorherrschend. Da die Abstände von Zielvolumen und Risikoorganen oft sehr klein sind, ist eine hochauflösende Dosimetrie nötig, die einen großen Raumbereich abdeckt und die Kontaktdosis an der Applikatoroberfläche bestimmt.

Am Fachbereich Physik der TU Dortmund wurde eine Apparatur entwickelt, die Plastik-Szintillations-Detektoren in Kugelkoordinaten

führt, um eine Messung der Dosis in einem kleinen, konstanten Abstand zur Applikatoroberfläche zu ermöglichen. Diese Messapparatur soll nun so erweitert werden, dass das Dosisprofil ohne Abstand zur Applikatoroberfläche gemessen werden kann. Gleichzeitig soll der Messprozess vollständig automatisiert werden. Dadurch wird im klinischen Alltag eine hochauflösende Messung der Raum- und Oberflächendosis möglich.

Gezeigt wird das erneuerte Design der Messapparatur. Die Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit der Apparatur werden durch Messungen und Monte-Carlo-Simulationen überprüft.

ST 4.3 Tue 10:10 Poster F

Preventing rubidium runaway in a compact continuous-flow SEOP hyperpolariser for xenon NMR — ●CHRISTOPHER WITTE, MARTIN KUNTH, FEDERICA ROSSELLA, and LEIF SCHRÖDER — Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP), Berlin, Germany

Hyperpolarised noble gases have many applications in medical physics such as magnetic resonance (MR) lung imaging and MR biosensor design. Noble gases can be hyperpolarised using processes such as spin exchange optical pumping (SEOP), increasing their detectable magnetisation by 3–4 orders of magnitude above thermal polarisation. In SEOP the easily generated angular momentum of laser light is used to polarise rubidium and through collisions this is then transferred to the noble gas. Recently available high power diode laser have the potential to efficiently pump rubidium even at high vapour pressures. Unfortunately in most compact SEOP polarisers the increased laser power can cause excessive heating of the pumping cell. This leads to a deleterious process known as rubidium runaway. We present a modified continuous-flow hyperpolariser for xenon MR studies specifically designed to overcome this problem. Utilising thermal management we can dissipate this excess heat and prevent rubidium runaway while maintaining a compact design. When increasing the laser power from 100 to 150 W with optimised temperatures we observed an increase in xenon spin polarisation by a factor of 4.

ST 4.4 Tue 10:10 Poster F

Fast and Selective MRI of Xenon Biosensors — ●JÖRG DÖPFERT, MARTIN KUNTH, CHRISTOPHER WITTE, FEDERICA

ROSSELLA, and LEIF SCHRÖDER — Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP), Berlin, Germany

Due to its excellent chemical shift sensitivity and because its magnetization can be easily amplified by hyperpolarization, the use of xenon as a functionalized solution-state contrast agent (by trapping it in molecular cages such as cryptophane-A (CrA)) shows great promise. To further increase the signal, we detect Xe inside the cages indirectly by chemical exchange saturation transfer (Hyper-CEST).

However, imaging of the hyperpolarized nuclei remains challenging, since each excitation pulse followed by readout gradients depletes the hyperpolarization. Here, we employ single-shot echo-planar imaging (EPI) to encode a whole image with only one excitation.

We prepared a phantom consisting of two compartments containing CrA molecules (concentration: 10 μ M) with a chemical shift separation of 1.2 ppm and imaged it by EPI combined with CEST presaturation (acquisition time: 19ms, saturation time: 4s). By setting the frequency of the saturation pulse to either of the two cage frequencies, we were able to distinguish the two CrA resonances and separately image their spatial distribution. The total acquisition time for one image was drastically reduced compared to the original approach using chemical shift imaging. The proposed method demonstrates the possibility of fast and selective imaging of highly specific functionalized agents in the micro molar regime.

ST 4.5 Tue 10:10 Poster F

Experimentelle Methode zur dosimetrischen Verifikation bewegter Targets in der Radioteletherapie — ●JULIANE LENZ¹, BERNHARD SPAAN¹ und ANDREAS BLOCK² — ¹Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — ²Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund

In der Strahltherapie werden atemungs-induzierte Tumor- und Organbewegungen bisher ausschließlich durch Sicherheitssäume berücksichtigt. Die Daten der Dosisverteilung in den Therapieplanungssystemen beruhen dabei auf der Dosimetrierung des Linearbeschleunigers an einem ruhenden Wasserphantom. Die durch atemungs-induzierte Bewegungen des Targets verursachten Modifikationen an der Dosisverteilung bleiben unberücksichtigt.

In dieser Arbeit soll überprüft werden, inwieweit ein halbleiterbasierter 2D-Array mit 1527 Halbleiterdetektoren, der mit Hilfe eines motorisierten Hochpräzisionsmesstisch zur Simulation eines bewegten Tumors ein vorgegebenes Bewegungsmuster abfährt, zur Dosimetrierung nicht-statischer Targets geeignet ist. Um die Ausbeute der bewegten Detektoren mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mathematisch überprüfen zu können, muss der Verlauf der Dosisquerprofile auch für die Detektorzwischenräume, insbesondere an den Feldgrenzen mit den großen Dosisgradienten bekannt sein. Dafür wurde die beste mathematische Anpassung von halbleiterbasierten Portal-Imaging-Systemen bzw. Wasserphantommessungen (hohe Ortsauflösung) über die 2D-Array-Profilen gelegt. Die Methodik und erste Messergebnisse werden präsentiert.

ST 4.6 Tue 10:10 Poster F

Charakterisierung von PVA-Phantomen mit einem einfachen NMR-Festkörperspektrometer und einem 1,5 Tesla Tomographen — ●JUDITH WILD, SASKIA PAUL, ANNA-LISA KOFÄHL, DENIZ ULUCAY, SEBASTIAN THEILENBERG, CARSTEN URBACH und KARL MAIER — HISKP, Universität Bonn

Um eine neuartige medizinische Bildgebung zu testen, ist es von grundlegender Bedeutung, Phantome mit bekannten Eigenschaften zu haben. Es hat sich gezeigt, dass es schwierig ist die mechanischen Eigenschaften von Hydrogelen exakt zu messen. Die vorgestellte Methode bietet eine leichte und verlässliche Lösung dieses Problems. Vorangegangene Untersuchungen zeigten, dass es eine Korrelation zwischen dem Elastizitätsmodul und der T_2 -Zeit der Probe gibt. Daher wurde ein einfaches NMR-Festkörperspektrometer konstruiert. Es wurden verschiedenartige Phantome auf Polyvinylalkohol-Basis untersucht. Dabei wurde die Anzahl der Einfrier-Auftau Zyklen variiert, um Phantome unterschiedlicher Festigkeit zu erhalten. Erste Ergebnisse zeigten, dass schon das single-shot FID eine sehr starke Abhängigkeit von der Festigkeit der Probe zeigt und damit eine sehr genaue und verlässliche Charakterisierung ermöglicht.

ST 4.7 Tue 10:10 Poster F

Small Animal PET with Gas Detectors — ●DON VERNEKOHL¹, JENNIFER BERSCH¹, KONSTANTIN BOLWIN², JOHANNES WESSELS¹, and KLAUS SCHÄFER² — ¹Institut für Kernphysik, WWU Münster — ²European Institute for Molecular Imaging, Münster

While scintillation based detectors represent the vast majority of clinical PET scanners, a high resolution PET scanner for small animal applications based on *Multi Wire Proportional Chamber* (MWPC) technology has been developed at CERN many years ago. This technology offers higher resolution and competitive performance in terms of sensitivity compared to state of the art commercially available small animal PET scanners. Our research focuses on the improvement of the performance of such multi wire proportional chambers and also to test the use of *Micro Pattern Gas Detectors* (MPGD) for PET applications. The detectors offer sub millimeter spatial resolutions and can be built in almost arbitrary size. This poster demonstrates simulations for the sophisticated detector geometries and shows first prototype testings. This project is part of SFB 656 MoBiL - Molecular Cardiovascular Imaging - From Mouse to Man - at the University of Münster.

ST 4.8 Tue 10:10 Poster F

Finite Elemente Simulationen von Schallstrahlungskraft induzierten Kontrasten — ●ANNA-LISA KOFÄHL, SEBASTIAN THEILENBERG, JUDITH WILD, DENIZ ULUCAY, SASKIA PAUL, KARL MAIER und CARSTEN URBACH — HISKP, Universität Bonn

Die Möglichkeit, mittels MR-Phasenbildern die durch Schallstrahlungskraft induzierten quasi-statischen Verschiebungen zu messen, bietet einen nicht-invasiven Zugang zu den viskoelastischen Eigenschaften von Gewebe. Somit können Veränderungen im Vergleich zum umliegenden Gewebe (wie Zysten, Tumore oder Mikrokalzifikationen) detektiert und klassifiziert werden, die vom umgebenen Gewebe unterschieden werden können. Zur quantitativen Interpretation der Messergebnisse werden Simulationen mittels der Finiten Elemente Methode (FEM) durchgeführt und weiterentwickelt. Um diese zu validieren, werden Messungen an Gewebephantome auf Polyvinylalkohol-Basis mit bekannten Materialparametern zum Vergleich herangezogen. Besonders der Einfluss von Randbedingungen wird unter Verwendung von open source FEM-Software untersucht. Dies liefert auch ein besseres Verständnis von den mechanischen Vorgänge während der Messungen.

ST 4.9 Tue 10:10 Poster F

Charakterisierung von CCD Systemen für Mikro-Tomographie mit Röntgen-Synchrotronstrahlung — MAX HERRMANN, FELIX BECKMANN, FABIAN WILDE, MALTE OGURRECK, MARTIN MÜLLER und ●ANDREAS SCHREYER — Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) betreibt am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) Messplätze an den Speicherringen DORIS III und PETRA III. Es werden Untersuchungsmethoden mit Synchrotronstrahlung in der Materialwissenschaft als Nutzerexperimente angeboten. Neben der Diffraktion wird die bildgebende Methode der Mikro-Tomographie angewendet. Ziel der Diplomarbeit ist es, den 2-dimensionalen Röntgendetektor für mikro-tomographische Anwendungen zu charakterisieren und zu optimieren. Der Röntgendetektor besteht aus einem Fluoreszenzschirm, welcher die Röntgenphotonen in sichtbares Licht konvertiert. Diese werden dann mit einem Objektiv auf ein Kamerasystem projiziert. Im Rahmen der Diplomarbeit werden verschiedene Kamerasysteme getestet und für den Einsatz in der Mikrotomographie optimiert. Hierzu wird das statistische Antwortverhalten der Kamerasysteme überprüft.

ST 4.10 Tue 10:10 Poster F

Ensemble of cell survival experiments after ion irradiation for validation of RBE models — ●THOMAS FRIEDRICH¹, UWE SCHOLZ¹, MARCO DURANTE^{1,2}, and MICHAEL SCHOLZ¹ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt — ²Institut für Festkörperphysik, TU Darmstadt, 64289 Darmstadt

There is persistent interest in understanding the systematics of the relative biological effectiveness (RBE). Models such as the Local Effect Model (LEM) or the Microdosimetric Kinetic Model have the goal to predict the RBE. For the validation of these models a collection of many in-vitro cell survival experiments is most appropriate.

The set-up of an ensemble of in-vitro cell survival data comprising about 850 survival experiments after both ion and photon irradiation is reported. The survival curves have been taken out from publications. The experiments encompass survival curves obtained in different labs, using different ion species from protons to uranium, varying irradiation modalities (shaped or monoenergetic beam), various energies and linear energy transfers, and a whole variety of cell types (human or rodent; normal, mutagenic or tumor; radioresistant or -sensitive). Each cell survival curve has been parameterized by the linear-quadratic model. The photon parameters have been added to the data base to

allow to calculate the experimental RBE to any survival level.

We report on experimental trends found within the data ensemble. The data will serve as a testing ground for RBE models such as the LEM. Finally, a roadmap for further validation and first model results using the data base in combination with the LEM are presented.

ST 4.11 Tue 10:10 Poster F

Einfluss der konkurrierenden Target- und Blendenbewegungen auf die zweidimensionale Dosisverteilung von dynamischen Keilfilterfeldern ohne und mit Respiratory Gating — ●ANDREAS BLOCK¹, JULIANE LENZ² und BERNHARD SPAAN² — ¹Institut für Medizinische Strahlenphysik, Klinikum Dortmund — ²Experimentelle Physik 5, TU Dortmund

In der Radioteletherapie werden mechanische Keilfilter in den Strahlengang gebracht, um die Dosisverteilung der individuellen Tumortopographie anzupassen. In einer moderneren technischen Entwicklung wird die Dosisverteilung von Keilfiltern mit einer Bewegung der Feldblenden ("virtueller Keil") während der Bestrahlung erzeugt. Atmungsinduzierte Tumorbewegungen im Thorax- und Abdomenbereich erfordern mitunter sehr große Sicherheitssäume des Bestrahlungsfeldes, die gewährleisten sollen, dass während des gesamten Atmungszyklus alle klonogenen Zellen die erforderliche therapeutische Dosis erhalten. Respiratory Gating bezeichnet eine Technik, die nur während eines definierten Amplituden- oder Phasenintervalls des Atmungszyklus die Bestrahlung freigibt. Diese Technik erlaubt durch das "Einfrieren" der Tumorbewegung eine Reduzierung der Sicherheitssäume, wodurch strahlenbedingte Nebenwirkungen z.B. der Lunge verringert werden können. Der Einfluss der konkurrierenden Blenden- und Targetbewegungen auf die zweidimensionale Dosisverteilung von dynamischen Keilfilterfeldern soll in dieser Arbeit untersucht und mit offenen und me-

chanischen Keilfilterfeldern verglichen werden. Des Weiteren soll der Gatingeffekt auf die jeweiligen Dosisverteilungen gemessen werden.

ST 4.12 Tue 10:10 Poster F

Imaging analysis of heart movement for improving the respiration-gated radiotherapy in patients with left sided breast cancer — RANIA ABDELHAMID¹, A. FARRAG¹, A. KHALIFA¹, and ●ANDREAS BLOCK² — ¹Clinical Oncology Department, Assuit University — ²Institute for Medical Radiation Physics

Respiration induced heart movement during radiotherapy exposes the heart to the inevitable risks of radio-exposure, and hence radiation injury, in cases of Lt. sided breast cancer. The impact of such a risk is additionally aggravated by the use of radiotherapy in combination with cardiotoxic chemotherapeutic agents. Radio-oncologists pay special attention to the coronary arteries that might be included in this small part of the heart exposed to radiation. The aim of this study was to include the internal heart movement for improving respiration-gated radiotherapy of left sided breast cancer. For 70 patients, all females left sided breast cancer, two planning CT's in inspiration and expiration, and one free breathing scan are performed. The heart motion was analyzed with the clinic-developed software ORAT in the simulator sequence for acquiring information of the cranio-caudal amplitude of heart movements in free breathing (respiration-induced amplitude) and a 15 seconds breath-hold phase (inherent amplitude). The role of inherent heart movement varies from one patient to another which should be taken in consideration during defining the parameters of respiration-gated radiotherapy. The inherent amplitude of the heart motion is the physiological lower limit of the respiration-gating window.

ST 5: Advanced Radiation Therapy

Time: Wednesday 9:30–11:30

Location: HFT-FT 101

ST 5.1 Wed 9:30 HFT-FT 101

Non-invasive Behandlungsmöglichkeit von Vorhofflimmern mit einem gescannten Kohlenstoffstrahl — ●ANNA CONSTANTINESCU^{1,2}, OLIVER BLANCK^{3,4}, MARCO DURANTE^{1,2} und CHRISTOPH BERT¹ — ¹GSi Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany — ²Technische Universität Darmstadt, Germany — ³Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany — ⁴Cyberknife Zentrum Norddeutschland, Güstrow, Germany

Vorhofflimmern gehört zu den häufigsten Herzrhythmusstörungen. Auch wenn dieser Zustand nicht lebensbedrohlich ist, kann er eine Vielzahl von Komplikationen nach sich ziehen und das Risiko einer Embolie drastisch erhöhen. Patienten mit chronischem Vorhofflimmern werden mit der invasiven Methode der Ablation behandelt. Dieser Eingriff dauert mehrere Stunden und erfordert die Hospitalisierung des Patienten; das Risiko von Komplikationen und Folgeerkrankungen ist somit erhöht.

An der GSI wird derzeit an einer Möglichkeit geforscht, die Ablation non-invasiv mit Hilfe eines gescannten Kohlenstoffstrahles durchzuführen. Die Probleme bei der aktive Strahlapplikation auf ein bewegtes Zielvolumen sind aus der Bestrahlung von bewegten Tumoren bekannt. Erweiterungen der Fragestellung sind notwendig, da sowohl der Herzschlag als auch die Atembewegung des Patienten berücksichtigt werden müssen. Bekannte Techniken zur Abschwächung des Bewegungseinflusses sowie deren Kombinationen wurden in 4D Therapieplanungsstudien untersucht. Die Dosisdeposition im Zielgewebe sowie in den kritischen Strukturen wurde analysiert.

ST 5.2 Wed 9:50 HFT-FT 101

Auswirkungen von interfraktioneller Variation auf die Therapie mit gescannten Ionen — ●SEBASTIAN HILD¹, KLEMENS ZINK^{1,2}, MARCO DURANTE^{1,3} und CHRISTOPH BERT¹ — ¹GSi Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — ²TH Mittelhessen, Gießen — ³TU Darmstadt

Im Vergleich der konventionellen Photonentherapie zeichnet sich die Therapie mit Kohlenstoffionen durch das invertierte Tiefendosisprofil und eine differentiell erhöhte biologische Wirksamkeit aus. Eine Kombination mit dem an der GSI entwickelten Rasterscanverfahren, bei dem das Zielvolumen sukzessive mit einem feinen Strahl abgetastet wird, ermöglicht dieser Therapieform eine sehr tumorkonforme Be-

strahlung und Minimierung von Normalgewebedosis. Um eine homogene Dosisbelegung im Zielvolumen zu erreichen ist es essentiell, dass sich die interne Patientengeometrie zwischen Planungs-CT und der Bestrahlung nicht ändert. Tumore im Abdomen (z.B. Prostatakarzinome) werden jedoch durch Raumforderungen des Verdauungstraktes verschoben. In solchen Fällen ist nicht gewährleistet, dass sich der Tumor während der Bestrahlung nicht bewegt. Aufgrund der Strahlensensitivität des Rektums gibt es hier keine zufriedenstellende Möglichkeit durch Sicherheitssäume eine ausreichende Dosisbelegung des Zielvolumens zu gewährleisten ohne das Rektum zu stark zu belasten.

Im Hinblick auf adaptive Bestrahlungsansätze für Prostatakarzinome wurde die Auswirkung täglich unterschiedlicher Geometrie auf die Therapie mit gescannten Kohlenstoffionen untersucht. Die Ergebnisse werden vorgestellt und in den Kontext adaptiver Bestrahlung gesetzt.

ST 5.3 Wed 10:10 HFT-FT 101

Ein neues Detektorsystem zur schnellen Bestimmung von 3D-Dosisverteilungen — ●LEONHARD KARSCH, FLORIAN KRÖLL und JÖRG PAWELKE — TU Dresden - OncoRay

Die Messung von dreidimensionalen Dosisverteilungen ist heutzutage eine aufwändige Aufgabe. Entweder werden mehrere Messungen nacheinander ausgeführt oder die Dosis in Geldosimetern gespeichert. Ersteres erfordert einen reproduzierbaren Strahl, bei zweitem muss das Dosimeter zur Auswertung im Ort verändert werden. Im Beitrag wird ein neuartiges, szintillatorbasiertes Detektorsystem, mit dem diese beiden Mängel überwunden werden, vorgestellt.

Im Detektorsystem wird ein Szintillatorblock mit verschiedenen Kameras beobachtet. Aus den Kamerabildern lässt sich mittels optischer Tomografie die Lichtverteilung im Szintillator und damit die Dosisverteilung rekonstruieren. Zusätzlich zu grundlegenden Experimenten mit optischen Lichtquellen wurde der Prototyp an verschiedenen klinischen Strahlungsquellen eingesetzt und die bestimmten Dosisverteilungen mit den bekannten verglichen.

Mit dem Prototypen des Systems konnte die Funktionalität gezeigt werden. Auch komplizierte Dosisverteilungen werden nach der akkumulierten Dosis von einigen 10 mGy richtig rekonstruiert. Die Rekonstruktionsdauer liegt im Bereich von nur einigen Minuten.

Damit ist das System nicht nur für stabile, reproduzierbare Strahlenqualitäten geeignet, sondern auch für neuartige, experimentelle Strahlen, wie sie beispielsweise an Laserbeschleunigern entstehen.

20 Min. Pause

ST 5.4 Wed 10:50 HFT-FT 101

Ein Detektor zur Messung nuklearer Wirkungsquerschnitte für die Teilchentherapie — ●JAN HERMES¹, ACHIM STAHL¹, SVEN LOTZE^{1,2}, BENJAMIN KOSKA¹, RONJA LEWKE¹, CAROLIN BORNEMANN², NURIA ESCOBAR CORRAL² und MICHAEL EBLE² —
¹III. Physikalisches Institut, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland —
²Klinik für Strahlentherapie, Universitätsklinikum Aachen, Aachen, Deutschland

In der Strahlentherapie ist eine genaue Berechnung der eingestrahelten Energiedosis im Gewebe durch ein Behandlungsplanungsprogramm unabdingbar, um eine präzise Bestrahlung zu gewährleisten. Höchste Genauigkeit wird durch den Einsatz von Monte Carlo Methoden erreicht, die zusätzlich nukleare Kernwechselwirkungen berücksichtigen.

Ziel unseres Experimentes ist es, durch den Beschuss eines Polyethylentargets mit Kohlenstoffionen und dem Nachweis der dabei entstehenden Targetfragmente, nukleare Wechselwirkungsquerschnitte zu bestimmen.

Wir möchten erste Detektortests und Simulationsresultate des sich momentan in der Entwicklung befindenden Detektors präsentieren.

ST 5.5 Wed 11:10 HFT-FT 101

Predicting the effect of charged particles for instanta-

neous and protracted irradiation — LISA HERR¹, FRANCESCO TOMMASINO¹, ADRIAN SEEGER¹, UWE SCHOLZ¹, ●THOMAS FRIEDRICH¹, MARCO DURANTE^{1,2}, and MICHAEL SCHOLZ¹ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt — ²Institut für Festkörperphysik, TU Darmstadt, 64289 Darmstadt

The local effect model (LEM) predicts the relative biological effectiveness for charged particle radiation based on the dose response of radiation with low linear energy transfer such as X-rays. The induction of DNA double strand breaks after irradiation is simulated according to the track structure of charged particles. The effect of these lesions is then derived from the effect after photon irradiation causing a similar damage pattern. The LEM has been tested thoroughly using in-vitro and in-vivo experiments as well as clinical findings of carbon ion therapy.

General properties of dose response curves can be derived from the conceptual basis of the LEM. Furthermore, insight in damage repair kinetics and the response to time dependent dose delivery is gained.

In this contribution, the concept of the LEM is reviewed and some examples for its applicability are briefly discussed. General properties of the dose response curves are motivated. Finally, cell survival curves after protracted irradiation as well as the measured time dependence of residual damage after instantaneous irradiation are compared with the model predictions. Here, good agreement is found.