

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

Herwig G. Paretzke  
Helmholtz Zentrum München  
Institut für Strahlenschutz  
85758 Neuherberg  
and  
Technische Universität München  
Physik Department  
85748 Garching  
Paretzke@helmholtz-muenchen.de

This year the meeting of the interdisciplinarily oriented physicists doing physical research in the fields of radiation and/or medical physics puts emphasis on the use of ionizing and non-ionizing radiation in medical/technical imaging (e.g. medical diagnostics) and in medical therapy. Only a few contributions to the many other still interesting areas of this wide field have been submitted. This is in spite of the significant attempts of German Governmental funding agencies and of the EURATOM programmes to maintain competence in the field of radiation protection science; apparently their effect was not successful in the physical regimes. The meeting will end with the highlight plenary talk of Franz Pfeiffer on his exciting results regarding coherent x-ray imaging and its biomedical applications.

### Overview of Invited Talks and Sessions

(lecture rooms POT 361; Poster P2)

#### Plenary Talk related to ST

PV XXIV Fri 9:15–10:00 HSZ 02 **Coherent x-ray imaging for biomedical applications** — •FRANZ PFEIFFER

#### Sessions

ST 1.1–1.9	Mon	14:00–16:45	POT 112	<b>Radiation Therapy I Fast Ions: Production, Physical Dosimetry, Biological Effects, Medical Effects</b>
ST 2.1–2.8	Mon	17:00–18:00	P2	<b>Radiation and Medical Physics Posters</b>
ST 3.1–3.4	Tue	10:00–11:00	POT 112	<b>Radiation Therapy II: Electrons, Lasers, Radionuclides</b>
ST 4.1–4.5	Tue	11:30–12:45	POT 112	<b>Imaging with Non-Ionizing Radiation</b>
ST 5.1–5.7	Thu	10:00–11:45	POT 112	<b>Imaging with Ionizing Radiation I</b>
ST 6.1–6.6	Thu	14:00–15:30	POT 112	<b>Imaging with Ionizing Radiation II</b>
ST 7.1–7.3	Thu	16:00–16:45	POT 112	<b>Radiation Physics Measurements</b>

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

Monday 18:00–19:00 POT 361

Proposed Agenda:

- Report of the Chairman
- Election of Acting Chairman and other acting Council Members
- Discussion on the Future of GAST and Membership in IARR
- Next Meetings
- Other subjects

## ST 1: Radiation Therapy I Fast Ions: Production, Physical Dosimetry, Biological Effects, Medical Effects

Time: Monday 14:00–16:45

Location: POT 112

ST 1.1 Mon 14:00 POT 112

**Intense high-quality medical proton beams via laser fields** — ●BENJAMIN J. GALOW, ZOLTÁN HARMAN, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69029 Heidelberg, Germany

Simulations based on the coupled relativistic equations of motion show that protons stemming from laser-plasma processes can be efficiently post-accelerated employing pulsed laser beams in different configurations focused to spot radii on the order of the laser wavelength. We demonstrate in [1] that the laser fields produce quasi-monoenergetic accelerated protons with kinetic energies exceeding 200 MeV, small energy spreads of about 1% and high densities as required for hadron cancer therapy. To our knowledge, this is the first scheme allowing for this important application based on an all-optical set-up.

[1] B. J. Galow, Z. Harman, and C. H. Keitel, *Opt. Express* **18**, 25950–25957 (2010)

ST 1.2 Mon 14:15 POT 112

**EBIS-Ionenquellen als Hadronenquellen für die medizinische Strahlentherapie** — ●GÜNTER ZSCHORNACK<sup>1</sup>, FRANK GROSSMANN<sup>2</sup>, VLADIMIR P. OVSYANNIKOV<sup>2</sup>, FALK ULLMANN<sup>2</sup>, ANDREAS SCHWAN<sup>2</sup> und ERIK RITTER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Dresden, Fachbereich Physik, Dresden — <sup>2</sup>Dreebit GmbH, Dresden

Gegenwärtig werden etwa 45 Prozent aller Krebserkrankungen durch chirurgische Eingriffe, Chemotherapie und/oder Strahlentherapie erfolgreich behandelt. Als besonders effektiv erweist sich bei der Strahlentherapie die Bestrahlung von Tumoren mit energetischer Hadronenstrahlung, vornehmlich mit Protonen und Kohlenstoffionen. Der Beitrag beschreibt neueste Entwicklungen bei der Bereitstellung qualitativ hochwertiger Hadronenstrahlen aus EBIS (engl.: Electron Beam Ion Source)-Ionenquellen. Die speziell für die Teilchentherapie entwickelten Ionenquellen können Einsatz in synchrotronbasierten Teilchentherapieanlagen, in CYCLINACs, in DDAs (engl.: Direct Drive Accelerator), DWAs (engl.: Dielectric Wall Accelerator) und RCMS (engl.: Rapid Cycling Medical Synchrotron) finden. Es wird das Wirkprinzip einer neu entwickelten EBIS als Ionenquelle für die Strahlentherapie mit den aufgeführten Beschleunigern erläutert und deren anwendungsrelevante Parameter wie Impulsformen, Teilchenzahlen pro Puls, Emittanz, Langzeitstabilität und Strahlreinheit werden im Vergleich zu ECR-Ionenquellen diskutiert.

ST 1.3 Mon 14:30 POT 112

**Dosimetrie und biologische Wirksamkeit Laser beschleunigter Protonenstrahlen** — ●LEONHARD KARSCH<sup>1</sup>, BAUMANN MICHAEL<sup>1</sup>, BEYREUTHER ELKE<sup>2</sup>, BURRIS-MOG TREVOR<sup>2</sup>, COWAN TOM<sup>2</sup>, DAMMENE YASSINE<sup>1</sup>, ENGHARDT WOLFGANG<sup>1</sup>, LASCHINSKY LYDIA<sup>1</sup>, LESSMANN ELISABETH<sup>2</sup>, KRAFT STEFAN<sup>2</sup>, METZKES JOSEFINE<sup>2</sup>, NAUMBURGER DOREEN<sup>1</sup>, RICHTER CHRISTIAN<sup>2</sup>, SAUERBREY ROLAND<sup>2</sup>, SCHRAMM ULRICH<sup>2</sup>, SCHÜRER MICHAEL<sup>1</sup>, SOBIELLA MANFRED<sup>2</sup>, WOITHE JULIA<sup>1</sup> und PAWELKE JÖRG<sup>1</sup> — <sup>1</sup>OncoRay - Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie — <sup>2</sup>Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)

Einleitung: Bevor die neue Technologie der Laser Beschleunigung in der Strahlentherapie eingesetzt werden kann, müssen Beschleuniger einen stabilen, steuerbaren Strahl mit genügender Strahlstärke liefern. Ausserdem müssen die entstehenden ultra kurzen, sehr intensiven Strahlpulse auf ihre biologische Wirksamkeit und dosimetrische Erfassung hin untersucht werden.

Methoden: Es wurde ein integriertes Dosimetrie- und Zellbestrahlungssystem (IDOCIS) entwickelt, getestet und umfangreich kalibriert. Die Kombination verschiedener Dosimeter erlaubt eine präzise Absolutdosimetrie und Strahlüberwachung in Echtzeit. Nach zusätzlicher Modifizierung und Optimierung des 150 TW Lasersystems DRACO (FZD) wurden Zellbestrahlungen mit Laser beschleunigten Protonen durchgeführt.

Ergebnisse: Der Laserbeschleuniger lieferte über Wochen einen stabilen und reproduzierbaren Protonenstrahl. Zusammen mit der präzisen dosimetrischen Erfassung mit Hilfe des IDOCIS wurden Dosiswirkungskurven bestimmt.

Schlussfolgerung: Vor einem Einsatz Laser beschleunigter Protonen

in der Strahlentherapie sind verschiedene Verbesserungen der Lasertechnik und die Durchführung von tierexperimentellen Studien notwendig.

ST 1.4 Mon 14:45 POT 112

**Uncertainty analysis of film dosimetry for ion beam therapy** — ●FRANCIS TWUMASI BOATENG<sup>1,2</sup>, PETER STEIDL<sup>1</sup>, DIRK MÜSSIG<sup>1</sup>, DANIEL RICHTER<sup>1</sup>, ALEXANDER GEMMEL<sup>1,3</sup>, CLAUS GRUPEN<sup>2</sup>, MARCO DURANTE<sup>1</sup>, and CHRISTOPH BERT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI, Darmstadt, Deutschland — <sup>2</sup>Universität Siegen, Deutschland — <sup>3</sup>Siemens AG, Healthcare, Erlangen, Deutschland

Radiographic films are well-established 2D dosimeters with excellent spatial resolution. Numerous publications discuss the different aspects of film dosimetry and its response to different radiation fields.

In this study, we performed several experiments to assess the uncertainties related to dosimetry with Kodak X-Omat V films in scanned ion beam therapy. The measured film response is potentially influenced by the condition of the developing machine, the time delay between irradiation and development, storage temperature, and the 2D densitometer. Since quantitative assessments in ion beam therapy are done against the modeled film response that is based on the photon response of the film, the study also included <sup>60</sup>Co and linac based photon beam irradiation. We present and discuss intermediate results of this study.

ST 1.5 Mon 15:00 POT 112

**New measurements of W-values in argon, nitrogen and air for protons, helium and carbon ions** — ●JEANNINE BECK<sup>1</sup>, ULRICH GIESEN<sup>1</sup>, DIETER SCHARDT<sup>2</sup>, MARKUS BENDER<sup>2</sup>, and DANIEL SEVERIN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig — <sup>2</sup>Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH (GSI), Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

In particle therapy for cancer the dosimetry of the charged-particle radiation is mostly performed by measuring the ionization produced in gas-filled ionization chambers. The conversion of the reading of an ionization chamber into absorbed dose requires W-values, which are defined as the average energy needed to produce an ion pair.

Because of the increasing importance of ion therapy and the lack of experimental W-values for heavy charged particles in air new measurements of W-values are being carried out at PTB and GSI. Existing measurements for protons in air indicate an uncertainty of 4% and the main goal of the present studies is to achieve an accuracy of about 1%. Preliminary results of measurements for protons, helium and carbon ions in argon, nitrogen and air in the energy region of 1 MeV/u up to 6 MeV/u will be discussed.

ST 1.6 Mon 15:15 POT 112

**Radiation therapy with laser-driven accelerated particle beams: physical dosimetry and spatial dose distribution** — ●SABINE REINHARDT<sup>1</sup>, WALTER ASSMANN<sup>1</sup>, PETER KNESCHAUREK<sup>2</sup>, and JAN WILKENS<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Ludwig-Maximilians Universität München — <sup>2</sup>MRI, Technische Universität München

One of the main goals of the Munich Centre for Advanced Photonics (MAP) is the application of laser driven accelerated (LDA) particle beams for radiation therapy. Due to the unique acceleration process ultrashort particle pulses of high intensity ( $> 10^7$  particles/cm<sup>2</sup>/ns) are generated, which makes online detection an ambitious task.

So far, state of the art detection of laser accelerated ion pulses are non-electronic detectors like radiochromic films (RCF), imaging plates (IP) or nuclear track detectors (e.g. CR39). All these kind of detectors are offline detectors requiring several hours of processing time. For this reason they are not qualified for an application in radiation therapy where quantitative real time detection of the beam is an essential prerequisite. Therefore we are investigating pixel detectors for real time monitoring of LDA particle pulses. First tests of commercially available systems with 8-20 MeV protons are presented.

For radiobiological experiments second generation Gafchromic films (EBT2) have been calibrated with protons of 12 and 20 MeV for a dose range of 0.3-10 Gy. Dose verification in proton irradiation of subcutaneous tumours in mice was successfully accomplished using these films.

## Coffee Break

ST 1.7 Mon 16:00 POT 112

**Effects of X-ray and heavy ion radiation on organotypic slice cultures of liver and pancreas** — ●MAREIKE MÜLLER<sup>1,2,3</sup>, MARCO DURANTE<sup>2,3,4</sup>, GISELA TAUCHER-SCHOLZ<sup>2</sup>, FRANCESCO NATALE<sup>3</sup>, HORST STÖCKER<sup>2,3</sup>, and HORST-WERNER KORF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Dr. Senckenbergisches Chronomedizinisches Institut, Fachbereich Medizin, Goethe-Universität Frankfurt/Main — <sup>2</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — <sup>3</sup>Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt/Main — <sup>4</sup>Institut für Festkörperphysik, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

Cancers developing from liver and pancreas still have a poor prognosis and the efficacy of current therapeutic strategies is very limited. Properly timed X-ray and heavy ion irradiation may strongly improve the treatment of these cancers, but little is known how normal and neoplastic tissues from liver and pancreas respond to these treatments at various daytimes. Our interdisciplinary project aims at answering these questions by investigating the effects of X-ray and heavy ion irradiation on organotypic slice cultures (OSC) of liver and pancreas. Investigations of OSC present a novel approach in radiation research, they provide more relevant results than analyses of pure cell lines because OSC maintain the three-dimensional parenchymal architecture and the stromal compartment with functional extracellular matrix, the latter being an essential determinant of the tissue response to irradiation.

We present first results from X-ray irradiated OSC, analyzed for DNA damage and the number of proliferating and apoptotic cells.

ST 1.8 Mon 16:15 POT 112

**The full simulation of dose response curves using the Local Effect Model** — ●UWE SCHOLZ, THOMAS FRIEDRICH, MARCO DURANTE, and MICHAEL SCHOLZ — Department of Biophysics, GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research Darmstadt, Germany

The purpose of the Local Effect Model (LEM) is to calculate the dose dependent relative biological effectiveness (RBE) of charged particle radiation with respect to conventional photon radiation. The linear-quadratic parameters  $\alpha$  and  $\beta$  (the initial slope and the curvature of ion dose response curves) are modelled based on their values for the photon dose response. Usually this is done within a low fluence approx-

imation where the biological damage of a radiation field at arbitrarily high irradiation dose is deduced from the damage pattern deposited by one single charged particle.

To investigate the reliability of the approximation, the LEM has been extended to simulate the actual damage pattern of an arbitrarily high number of ion traversals and their stochastic distribution by means of a full Monte Carlo simulation.

The analysis of the resulting survival curves revealed that the  $\beta$ -term in the full simulation increases compared to the original formalism. Furthermore, investigation of the dose dependence of the RBE showed that the RBE approaches values  $> 1$  even at very high doses. This is in line with experimental results and can be understood mechanistically within the LEM formalism.

ST 1.9 Mon 16:30 POT 112

**Fractionated treatment of moving tumors with scanned heavy ion beams** — ●JENS WÖLFELSCHNEIDER<sup>1,2</sup>, MICHAEL SCHOLZ<sup>1</sup>, MARCO DURANTE<sup>1,3</sup>, and CHRISTOPH BERT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI, Darmstadt — <sup>2</sup>Fachhochschule Giessen-Friedberg — <sup>3</sup>Technische Universität Darmstadt

Scanned beam irradiation of moving targets typically results in inhomogeneous dose distributions if only margins are used. To overcome this so called interplay effect, currently technically elaborate methods, such as beam tracking, gating or rescanning, are proposed.

With respect to absorbed dose, the dose homogenization that can be achieved with volumetric rescanning is comparable to a conventional fractionated treatment. In the scope of this work we investigated if fractionated dose delivery also results in homogeneous target coverage if the biological effect is incorporated.

By using the treatment planning system TRiP4D together with  $\alpha$  and  $\beta$  values of the Linear-Quadratic-Model, we calculated the equivalent uniform dose (EUD) for tumor and organs at risk in a fractionated treatment of lung tumors. The motion parameters were changed in each fraction, resulting in different interplay patterns. The summed dose distributions after varying the number of fractions were determined.

Homogenization of the resulting dose distribution with increasing number of fractions was observed for the absorbed dose. The degree of homogenization for the biologically effective dose is currently analyzed. Results and the comparison to other treatment methods will be presented.

## ST 2: Radiation and Medical Physics Posters

Time: Monday 17:00–18:00

Location: P2

ST 2.1 Mon 17:00 P2

**Untersuchungen zur Erzeugung von niedrig-Z-Ionen für die medizinische Teilchentherapie** — VLADIMIR P. OVSYANNIKOV<sup>2</sup>, ●ERIK RITTER<sup>1</sup>, ANDREAS SCHWAN<sup>2</sup>, FALK ULLMANN<sup>2</sup> und GÜNTER ZSCHORNACK<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Festkörperphysik, Technische Universität Dresden, Germany — <sup>2</sup>DREEBIT GmbH, Dresden, Germany

Für die medizinische Teilchentherapie werden gegenwärtig vornehmlich ECR-Ionenquellen zur Erzeugung von Wasserstoff- und Kohlenstoffionenstrahlen verwendet. In diesem Beitrag wird ein alternativer Weg zur Erzeugung von leichten Ionen, hier speziell Kohlenstoff- und Wasserstoffionen, vorgestellt. Als Ionenquellen finden dabei Elektronenstrahlionenquellen (EBIS/T: engl. Electron Beam Ion Source/Trap) Einsatz. EBIS/T liefern Ionenstrahlen mit Emittanzen im Bereich von wenigen mm mrad, können Mikrosekunden-Ionenpulse erzeugen, liefern Dachionepulse und zeichnen sich durch einen hohen Strahlreichtum aus. Möglich ist die effiziente Erzeugung medizinrelevanter Ionenstrahlen wie  $H^+$ ,  $H_2^+$ ,  $C^{4+}$  und  $C^{6+}$ , aber auch anderer Ionen für die medizinische Forschung. EBIS/T-Systeme wurden in den letzten 40 Jahren in der Grundlagenforschung vorwiegend für die Erzeugung schwerer hochgeladener Ionen verwendet. Im Gegensatz dazu ist die Erzeugung von Ionen leichter Elemente in EBIS/T bisher wenig untersucht. Wir präsentieren dazu experimentelle Untersuchungen und Modellrechnungen zur Erzeugung von Kohlenstoff- ( $C^{4+}$ ,  $C^{6+}$ ) und Wasserstoffionen ( $H^+$ ,  $H_2^+$ ) in EBIS/T-Ionenquellen.

ST 2.2 Mon 17:00 P2

**Optimierungsuntersuchungen zur 3D-Dosimetrie von Augenapplikatoren** — ●MARION EICHMANN<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup> und BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund —

<sup>2</sup>Klinische Strahlenphysik, Universitätsklinikum Essen

Am Universitätsklinikum Essen werden pro Jahr ca. 400 Patienten mit diagnostiziertem Augentumor mit radioaktiv belegten Augenapplikatoren therapiert. Bei diesen handelt es sich um Kalotten aus Edelmetall, Silber oder Gold, die auf ihrer konkaven Seite mit einem radioaktiven Material belegt werden und auf dem befallenen Auge für eine Dauer von 1-12 Tagen fixiert werden. In 90% der Fälle werden  $\beta$ -Applikatoren (bis 7mm Tumordicke) und in 10%  $\beta/\gamma$ -Applikatoren (Binuklid-Applikator, 7-10mm Tumordicke) verwendet.

Problematisch ist bislang das Fehlen einer validierten 3D-Dosisverteilung, z.B. am Applikatorrand, welches oft zu Problemen bei der Dosisermittlung am Tumorrand und in Risikostrukturen führt. Ziel ist daher die Optimierung der Basisdosimetrie der Applikatoren.

Es wird ein Prototyp einer Apparatur zur präzisen Messung der 2D-Dosisverteilung an der Applikatoroberfläche präsentiert. Die gemessenen 2D-Dosisverteilung werden mit Monte Carlo Simulationen verglichen.

ST 2.3 Mon 17:00 P2

**Messungen und Simulationen zur 3D-Dosimetrie spezieller Augenapplikatoren** — ●CHRISTIAN FRICKE<sup>1</sup>, MARION EICHMANN<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup> und BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Klinische Strahlenphysik, Universitätsklinikum Essen

Zur Behandlung bestimmter Augentumore wie Aderhautmelanome und Retinoblastome wird vielfach die Brachytherapie mit Beta-Strahlen angewandt. Hierzu werden spezielle Ruthenium-Applikatoren verwendet, die direkt am Augapfel platziert werden.

Je nach Ort des Tumors im Auge werden dazu bestimmte Applikatortypen mit inhomogener Belegung und / oder einem Ausschnitt verwendet, was dazu dient, den Tumor bestrahlen zu können, aber Risikoorgane wie den Sehnerv oder die Iris zu schonen.

Gegenstand der Arbeit ist die Vermessung eines dreidimensionalen Dosisleistungsprofils dieser Applikatoren und der Vergleich mit Monte-Carlo-Simulationen. Zur Messung wird eine in Dortmund entwickelte Apparatur verwendet, die eine hochpräzise Vermessung des Dosisleistungsprofils ermöglicht.

Es sollen erste Messergebnisse und zugehörige Monte-Carlo-Simulationen gezeigt werden.

ST 2.4 Mon 17:00 P2

**Detektion von Mikrokalk durch Schallstrahlungskraft in Magnetresonanzaufnahmen** — ●JUDITH WILD<sup>1</sup>, DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, JESSICA MENDE<sup>2</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, SASKIA PAUL<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, BERND WEBER<sup>3</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>4</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Uni Bonn — <sup>2</sup>Lavadoo Mobile, Bonn — <sup>3</sup>Life & Brain, Bonn — <sup>4</sup>Uniklinik Köln

Kontrasterzeugung durch Schallstrahlungskraft in Magnetresonanz(MR)aufnahmen ermöglicht die Darstellung der elastischen Eigenschaften von Gewebe. Eine Anwendungsmöglichkeit ist die Detektion von Mikrokalk. Um im Brustphantom eine Schallstrahlungskraft in Ausbreitungsrichtung zu erzeugen, wurde ein MR-kompatibler piezoelektrischer Emittor benutzt. Die so hervorgerufene Bewegung wurde in Phasenbildern einer bewegungssensitiven Spin-Echo-Sequenz an einem 1,5 T Tomographen sichtbar gemacht. Um Mikrokalk zu simulieren, wurde ein Eierschalenstück (ESS) von  $0,8 \times 0,8 \times 0,4 \text{ mm}^3$  in das gelartige Phantom eingefügt. Das Phantom wurde mit verschiedenen Ultraschallintensitäten untersucht. Trifft der Schallstrahl auf das ESS, wird dieses aufgrund von Reflektion stärker verschoben und zieht das umliegende Gewebe mit. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Intensität sowohl zu einer größeren maximalen Verschiebung an der Position des ESS als auch zu einer Vergrößerung des davon beeinflussten Bereiches führt. Im Rahmen der Grenzwerte des Ultraschalls ergibt sich damit die Möglichkeit Mikrokalk weit unterhalb der Auflösung des MR-Tomographen darzustellen.

ST 2.5 Mon 17:00 P2

**Finite Elemente Modelle zur Schallstrahlungskraft in Magnetresonanzenaufnahmen** — ●ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, JUDITH WILD<sup>1</sup>, DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, SASKIA PAUL<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, CHRISTOPH BOURAUER<sup>2</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>3</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Uni Bonn — <sup>2</sup>Uniklinik Bonn — <sup>3</sup>Uniklinik Köln

Mittels der Kontrasterzeugung durch die Schallstrahlungskraft in Magnetresonanz(MR)aufnahmen können die viskoelastischen Eigenschaften von weichem Gewebe dargestellt werden. Dabei induziert die durch den Ultraschall hervorgerufene Schallstrahlungskraft Geweberverschiebungen, welche durch eine verschiebungssensitive MR-Sequenz detektiert werden können. In Phantomen, die viskoelastische Eigenschaften von Brustgewebe simulieren, können Läsionen verschiedener Art qualitativ von dem umgebenden Medium unterschieden werden. Unter Verwendung der Finiten Elemente Methode wird an ein Modell zur quantitativen Interpretation der Messergebnisse entwickelt. In einem ersten Ansatz wurde ein isotroper, homogener, linear elastischer Festkörper aus hexaedrischen Elementen mit acht Knoten moduliert. Die Schallstrahlungskraft wurde in einem definierten Gebiet mit longitudinale Strahlprofil implementiert. Einschlüsse, die Läsionen repräsentieren, konnten eingefügt werden. Die zu variierenden Parameter schlossen die Stärke der Kraft, die unterschiedlichen Elastizitätsmodule sowie Größe und relative Position der Einschlüsse ein. Randbedingungen konnten ebenfalls modifiziert werden. Qualitativ konnten gute Übereinstimmungen zwischen Modell und Messungen erreicht werden.

ST 2.6 Mon 17:00 P2

**Neuer Kontrast durch Ultraschall in MR-Phasenbildern: Darstellung elastischer Eigenschaften der weiblichen Brust** — ●DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, JUDITH WILD<sup>1</sup>, JESSICA MENDE<sup>2</sup>, MICHAEL DÖNNEBRINK<sup>3</sup>, STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, ANNA-

LISA KOFAHL<sup>1</sup>, SASKIA PAUL<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>4</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Universität Bonn — <sup>2</sup>Lavadoo Mobile, Bonn — <sup>3</sup>Medizin Center Bonn — <sup>4</sup>Universitätsklinikum Köln

Krankhafte Gewebeveränderungen führen häufig zu einer signifikanten Änderung der elastischen Eigenschaften. Die genaue Kenntnis dieser Eigenschaften ist für die medizinische Diagnostik von großem Wert. Die in der Arbeitsgruppe entwickelte Kombination aus Ultraschall (US) und Magnetresonanztomographie (MRT) bietet eine Möglichkeit die elastischen Eigenschaften darzustellen. Die Schallstrahlungskraft des US wirkt als maschineller Tastsinn (vgl. manuelle Abtastung) und führt zu Geweberverschiebungen im  $\mu\text{m}$ -Bereich, welche mit einem MRT visualisiert werden. US wird mittels eines MR-tauglichen US-Emitters in die Brust eingekoppelt. Die Schallsignatur ist deutlich sichtbar und Gewebeveränderungen können aufgespürt werden. Eine sich im Schallstrahl befindende Verhärtung (z.B. Tumor) kann bei gleicher Kraft nur weniger weit verschoben werden, als das umliegende Gewebe und wird somit sichtbar. Umgekehrt führt weiches Gewebe (z.B. Zysten) zu größeren Verschiebungen. Die an Phantomen erprobte, schmerz- und strahlungsfreie Methode wurde nun auch an ersten gesunden, freiwilligen Probanden erfolgreich getestet.

ST 2.7 Mon 17:00 P2

**Development of a mobile dynamic nuclear polarizer for continuous flow applications** — ●SANDRO EBERT<sup>1</sup>, BJÖRN DOLLMANN<sup>1</sup>, CHRISTIAN BAUER<sup>1</sup>, MICHAEL KÖLZER<sup>1</sup>, PETER BLÜMLER<sup>2</sup>, HANS W. SPIESS<sup>1</sup>, DARIUSH HINDERBERGER<sup>1</sup>, and KERSTIN MÜNNEMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz, Germany — <sup>2</sup>Johannes Gutenberg University, Institute of Physics, Mainz, Germany

Despite its wide applicability in natural science, NMR still suffers from its inherently low sensitivity. This could be overcome by hyperpolarization of molecules via dynamic nuclear polarization (DNP). Here, we introduce a mobile DNP polarizer, based on an inexpensive Halbach magnet operating at 0.35 T. It shows an almost vanishing magnetic flux at its outer side and is not disturbing other instruments. It can be placed directly next to a superconducting magnet, thus limiting the transport time of the hyperpolarized sample. It will be shown, that the Halbach magnet has the same DNP performance like an electromagnet. Although DNP methods have found important applications in science, two problems remain: Firstly radicals are needed, which are mostly toxic. This problem becomes crucial with regard to medical applications. Secondly, the sample must be transported from the polarization magnet to the place of detection and polarization losses due to T1 occur. We are currently implementing a flow system to the mobile DNP polarizer, which should overcome both obstacles. The radicals will be immobilized in a gel matrix and the hyperpolarized radical free fluid is pumped subsequently directly in the MRI scanner.

ST 2.8 Mon 17:00 P2

**Multiscale surface analysis of DLC-coated plastic materials of medicinal relevance** — ●CHRISTIAN B. FISCHER, SIMON ZENTGRAF, and STEFAN WEHNER — Universität Koblenz-Landau, Institut für Integrierte Naturwissenschaften - Physik, 56070 Koblenz, Germany

The application of synthetic material for medicinal purpose is accompanied by essential requirements. In addition to the basic performance of materials such as flexibility, elasticity, slippage, fracture strength and chemical resistance, further determinants for the choice of plastics suitable for medicine are long term stability, durability and biocompatibility. In particular surface properties of these materials have to be fitted to the intended use. To overcome mismatches of optimized parent material to suitable surface characteristics the corresponding surface has to be modified. The determining factor for such alterations is the preservation of basic material performance by the benefit of additionally advantages like adhesive, repellent or antibacterial behavior. We show examples for such a surface optimization of medical relevant plastic devices. Materials are coated with films of diamond like carbon (DLC) on a nanometer scale achieving surfaces with improved properties. By a multiscale microscopic analysis of the respective surface structures of raw and carbon coated materials routes are shown to adjust the coating procedure for the material and its specific needs.

## ST 3: Radiation Therapy II: Electrons, Lasers, Radionuclides

Time: Tuesday 10:00–11:00

Location: POT 112

ST 3.1 Tue 10:00 POT 112

**Monte-Carlo-Simulationen zur Untersuchung der Strahlformung bei der Elektronenbestrahlung** — •INA MÜNSTER<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, BJÖRN KREISLER<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, TORSTEN MÜLLER<sup>2</sup>, SEBASTIAN SCHEMM<sup>3</sup>, GABRIELE SUFT<sup>3</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, ECAP, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Siemens AG, Healthcare Sector, Kemnath — <sup>3</sup>Siemens AG, Healthcare Sector, Erlangen

Die zunehmende Anzahl diagnostizierter Krebserkrankungen verlangt immer bessere Behandlungsmöglichkeiten, so dass neben Chemotherapie, chirurgischen Eingriffen und Bestrahlung mit Photonen auch die Elektronenbestrahlung an Interesse gewinnt. Die exakte Planung der Dosisverteilung in jedem einzelnen Krankheitsfall kann jedoch nur auf der detaillierten Kenntnis der Strahlparameter beruhen. Mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen werden die Einflüsse der Komponenten im Bestrahlungskopf auf die Strahlparameter systematisch untersucht. Ziel ist es neue Designs zu evaluieren und damit eine Verbesserung der Elektronentherapie zu erreichen.

ST 3.2 Tue 10:15 POT 112

**Materialeinflüsse auf einen Iodseed im Hinblick auf die Weiterentwicklung eines Binuklid-Applikators für die Augentumorthherapie** — •THORSTEN KRAUSE<sup>1</sup>, MARION EICHMANN<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup> und BERNHARD SPAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Klinische Strahlenphysik, Universitätsklinikum Essen

Zur Brachytherapie von Augentumoren werden bis 7 mm Ru-Augenapplikatoren eingesetzt. Um auch Tumore größer 7 mm behandeln zu können, wird ein Binuklid-Applikator verwendet. Zur besseren Anwendung muss dieser noch weiterentwickelt werden. Dazu wird der Ru-Applikator zusammen mit Iod-125 eingesetzt. Dadurch kombiniert man die Vorteile der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung. Man erhält eine geringere Kontaktdosis und höhere Reichweite als bei einem reinen  $\beta$ -Strahler und eine geringere Dosis in entfernteren Risikoorganen als bei einem reinen  $\gamma$ -Strahler.

Ziel ist es mit den Basisdaten zur Dosisverteilung eines Iodseeds das bisherige Applikator-design zu verbessern. Dargeboten werden Monte Carlo Simulationen von Tiefendosiskurven zur Materialabhängigkeit und Rückstreuung verschiedener Materialien eines Iodseeds. Diese werden mit Messungen verglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse erleichtern das Verständnis des Strahlungsfeldes des bisherigen und zukünftiger Binuklid-Applikator-Designs.

ST 3.3 Tue 10:30 POT 112

**Optimierung eines Binuklidapplikators für die Brachytherapie von Augentumoren** — •MELANIE EBENAU<sup>1</sup>, MA-

RION EICHMANN<sup>1</sup>, DIRK FLÜHS<sup>2</sup> und BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Klinische Strahlenphysik, Universitätsklinikum Essen

Am Universitätsklinikum Essen werden pro Jahr ca. 400 Patienten mit diagnostiziertem Augentumor mit radioaktiv belegten Augenapplikatoren therapiert - in 90% der Fälle mit  $\beta$ -Applikatoren (bis 7mm Tumordicke), in 10% mit  $\beta/\gamma$ -Applikatoren (Binuklidapplikatoren, 7-10mm Tumordicke). Für dickere Tumoren bietet der Binuklidapplikator eine therapeutisch günstigere Dosisverteilung, die die applizierte Dosis an der Lederhaut und an Risikoorganen wie der Linse bei gleicher Tumorabdeckung verringert.

Ziel ist die Entwicklung eines verbesserten Designs für den Binuklidapplikator. Der seit 10 Jahren verwendete Applikator lässt sich auf Grund seiner Dicke nicht überall auf dem Auge optimal applizieren, daher soll die Dicke reduziert werden. Monte-Carlo-Simulationen verschiedener möglicher Applikator-Designs sollen helfen, die Dosisverteilung weiter zu optimieren. Erste Ergebnisse werden präsentiert.

ST 3.4 Tue 10:45 POT 112

**Technische Realisation von tiefen Bohrungen für die dentale Implantologie mit gepulsten CO<sub>2</sub>-Lasern** — •DENNIS QUEST, PHILIPP NAUMANN und PETER HERING — Institut für Lasermedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, Universitätsstrasse 1, 40225 Düsseldorf

Der Laser wird inzwischen in vielen Bereichen der Medizin zum Abtragen von Gewebe verwendet. Eine mögliche Anwendung ist die Bearbeitung von Knochengewebe. Die berührungslose Laserosteotomie beinhaltet dabei viele Vorteile gegenüber dem konventionellen Knochenschneiden mit Sägewerkzeugen. Neben der freien Wahl einer Schnittgeometrie ist die thermische Belastung des umliegenden Gewebes minimal. Dafür wird ein kurz gepulstes CO<sub>2</sub>-Lasersystem in Kombination mit einer speziellen Multi-Pass-Scan-Technik und einem Wasserspray verwendet. Ein mögliches Einsatzgebiet der Laserosteotomie ist die Bohrung von Implantatbetten für Zahnimplantate. Im Vergleich zur konventionellen Therapie mit einem mechanischen Bohrer zeichnet sich eine Laserbohrung durch eine sehr hohe Präzision aus. Im weiteren Heilungsverlauf bedeutet dies den schnelleren Einsatz der neu eingesetzten Implantate. Der Vortrag beschäftigt sich mit der technischen Realisierung. Ein Problem bei der Bohrung tiefer Löcher mit einem Laser besteht in der sinkenden Energiedichte bei voranschreitender Bohrung. Mit einem nachgeführten System wird dies optimiert. So ist es auch möglich tiefe Bohrungen, welche für Implantate erforderlich sind, mit einem Laser zu erzielen. Die Ergebnisse werden in diesem Vortrag vorgestellt.

## ST 4: Imaging with Non-Ionizing Radiation

Time: Tuesday 11:30–12:45

Location: POT 112

ST 4.1 Tue 11:30 POT 112

**NMR and MRI of continuously dissolved hyperpolarized <sup>129</sup>Xe by means of hollow fibers** — •NADIA AMOR<sup>1</sup>, KATHRIN HAMILTON<sup>2</sup>, MARKUS KÜPPERS<sup>1</sup>, STEPHAN APPELT<sup>3</sup>, THOMAS SCHMITZ-RODE<sup>2</sup>, BERNHARD BLÜMICH<sup>1</sup>, and ULRICH STEINSEIFER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>ITMC of RWTH Aachen University, Germany — <sup>2</sup>HIA of RWTH Aachen University, Germany — <sup>3</sup>Research Center Jülich, Germany

Various methods of hyperpolarizing (HP) spin systems have been developed during the last years to increase the intrinsically low sensitivity of NMR by several orders of magnitude. Among them is the hyperpolarization of <sup>129</sup>Xe via Spin Exchange Optical Pumping (SEOP) [1]. NMR of HP <sup>129</sup>Xe is of great interest because of its good solubility and its very sensitive chemical shift. The main obstacle for many applications is the efficient and continuous dissolution into carrier agents without formation of foams or bubbles. It has been overcome by the so-called "xenonizer" setups [2, 3]. They mainly consist of commercially available hollow fiber membranes typically used in clinical oxygenators. A purpose-built xenonizer setup has been developed and analyzed in detail by NMR spectroscopy and MRI for varying fiber materials as well as for different fluids, including bio-relevant fluids such as blood,

plasma, and erythrocytes. As a result, the xenonizer technology could be further understood and improved, and new applications of HP <sup>129</sup>Xe for medical NMR were explored.

- [1] B.M. Goodson, J. Magn. Res. 155, 157 (2002)
- [2] D. Baumer et al, Angew. Chem. Int. Ed. 45, 7282 (2006)
- [3] N. Amor et al, J. Magn. Res. 201, 93 (2009)

ST 4.2 Tue 11:45 POT 112

**Realization of administration unit for <sup>3</sup>He with gas recycling** — •MANUELA GÜLDNER<sup>1</sup>, STEFAN BECKER<sup>2</sup>, ANDREAS FRIESENECKER<sup>2</sup>, KLAUS K GAST<sup>3</sup>, TINO GROSSMANN<sup>1</sup>, WERNER HEIL<sup>1</sup>, SERGEI KARPUK<sup>1</sup>, ERNST-WILHELM OTTEN<sup>1</sup>, JULIEN RIVOIRE<sup>3</sup>, ZAHIR SALHI<sup>1</sup>, ALEXANDER SCHOLZ<sup>3</sup>, LAURA M SCHREIBER<sup>3</sup>, MAXIM TEREKHOV<sup>3</sup>, PATRICK WEISS<sup>2</sup>, URSULA WOLF<sup>3</sup>, and JÜRGEN ZENTEL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institute of Physics, University Mainz, Germany — <sup>2</sup>ic-automation GmbH, Mainz, Germany — <sup>3</sup>Department of Radiology, University Mainz, Germany

Since many years hyperpolarized (HP) noble gases are used for MR-imaging of the lung. In the beginning the HP gas was filled in Tedlar-bags and directly inhaled by the patients. An administration unit was

built respectively to the Medical Devices Law to administer patients HP noble gas boli ( $^3\text{He}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ ) in defined quantities and at a predefined time during inspiration with high reproducibility and reliability without reducing MR-quality. The patient's airflows are monitored and recorded. It is possible to use gas admixtures, measure the polarization on line and collect the exhaled gas for later recycling. The first images with healthy volunteers were taken with this setup in a clinical study. Current results will be presented.

ST 4.3 Tue 12:00 POT 112

**Phantome zur Simulation menschlichen Gewebes** — ●SASKIA PAUL<sup>1,3</sup>, STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, JUDITH WILD<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>2</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Uni Bonn — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Köln — <sup>3</sup>RheinAhrCampus, FH Koblenz

Die Kontrasterzeugung durch die Schallstrahlungskraft in Magnetresonanzenaufnahmen ermöglicht die Darstellung der elastischen Eigenschaften von Gewebe. In Phantomen, die in ihren elastischen und akustischen Eigenschaften mit Brustgewebe übereinstimmen, können damit Läsionen verschiedener Art qualitativ von dem umgebenden Medium unterschieden werden. Generell werden Phantome benötigt, bevor eine neue Methode an menschlichem Gewebe getestet wird. Sie ermöglichen die Verbesserung der Methode ohne Probanden zu gefährden. Die Phantome müssen in den für die Methode maßgeblichen Eigenschaften mit dem Gewebe übereinstimmen. Zu diesen Eigenschaften gehören u. a. die Dichte, die Schallabsorption, -geschwindigkeit und -kennimpedanz. Auch die Reproduzierbarkeit und Haltbarkeit sind entscheidende Faktoren. Am Beispiel von Brustphantomen wird die Herstellung auf Agar- und PVA-Basis vorgestellt. Es werden Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden zur Herstellung diskutiert. Messverfahren für die möglichst genaue Bestimmung der relevanten Eigenschaften werden präsentiert. Außerdem werden selbst hergestellte Phantome mit kommerziell erhältlichen verglichen.

ST 4.4 Tue 12:15 POT 112

**Schallstrahlungskraft in MR-Aufnahmen: Verbesserungen des Finite-Elemente-Modells** — ●SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, JUDITH WILD<sup>1</sup>, STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, SASKIA PAUL<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, CHRISTOPH BOURAUUEL<sup>2</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>3</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Uni Bonn — <sup>2</sup>Uniklinik Bonn — <sup>3</sup>Uniklinik Köln

Mittels Kontrasterzeugung durch Schallstrahlungskraft von Ultraschall in Magnetresonanzenaufnahmen werden viskoelastische Eigenschaften

von Gewebe dargestellt. Läsionsartige Einschlüsse in Brustphantomen konnten damit qualitativ vom umgebenden Medium unterschieden werden.

Um experimentelle Ergebnisse aus Phantommessungen besser zu verstehen, wurde eine Simulation auf Grundlage der Finite-Elemente-Methode entwickelt. Das Gewebe wurde als homogenes, isotropes, linear elastisches Medium mit festgelegtem Elastizitätsmodul und Poissonzahl simuliert. Der Ultraschall wurde in einem abgegrenzten Bereich als in Ausbreitungsrichtung abklingende Volumenkraft implementiert. Dieses grundlegende Modell kann qualitativ die Messergebnisse reproduzieren, bedarf aber vor allem quantitativ noch Verbesserungen. Um die Messergebnisse nicht nur relativ, sondern auch absolut auswerten zu können, werden notwendige Erweiterungen am Modell vorgestellt. Diese betreffen vor allem die Implementierung des radialen Strahlprofils des Ultraschalls, den Einfluss von Oberwellen, die vor dem Phantom als auch im Medium selber erzeugt werden, sowie die Modellierung des Phantom-Materials.

ST 4.5 Tue 12:30 POT 112

**Neuer Kontrast durch Ultraschall in MR-Phasenbildern: Sicherheitsaspekte im Hinblick auf Messungen am Menschen** — ●STEFANIE BLUM<sup>1</sup>, JUDITH WILD<sup>1</sup>, DENIZ ULUCAY<sup>1</sup>, ANNA-LISA KOFAHL<sup>1</sup>, JESSICA MENDE<sup>2</sup>, SEBASTIAN THEILENBERG<sup>1</sup>, SASKIA PAUL<sup>1</sup>, BERND HABENSTEIN<sup>1</sup>, CARSTEN URBACH<sup>1</sup>, RITA SCHMUTZLER<sup>3</sup> und KARL MAIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>HISKP, Universität Bonn — <sup>2</sup>Lavadoo Mobile, Bonn — <sup>3</sup>Universitätsklinikum Köln

Eine neuartige und schmerzfreie Möglichkeit zur Brustkrebsfrüherkennung nutzt eine Kombination aus Ultraschall (US) und Magnetresonanztomographie (MRT). Die Visualisierung von Gewebeverschiebungen, die durch die Schallstrahlungskraft verursacht werden und von den elastischen Eigenschaften abhängen, erfolgt in MR-Phasenbildern. Eine metallfreie, hydraulische Verschiebeeinrichtung mit MR-kompatiblen US-Emitter wird dazu dem MR-Tomographen hinzugefügt.

Im Hinblick auf Messungen am Menschen ist es wichtig eine sichere und komfortable Apparatur zu schaffen. Um mögliche Risiken durch den US infolge von Erwärmung und Kavitation zu vermeiden, wurden der thermische und der mechanische Faktor mit verschiedenen Messmethoden bestimmt. Die verwendeten US-Intensitäten liegen unterhalb der Grenzwerte der Food and Drug Administration (FDA). Um Grenzwertüberschreitungen durch fehlerhafte Geräte auszuschließen, wurde ein Gerät konstruiert, das unabhängig den US überwacht und notfalls die Weiterleitung der Hochfrequenz an den US-Emitter unterbricht.

In Zukunft müssen vor allem noch ergonomische Aspekte betrachtet werden.

## ST 5: Imaging with Ionizing Radiation I

Time: Thursday 10:00–11:45

Location: POT 112

ST 5.1 Thu 10:00 POT 112

**Simulation of grating-based X-ray phase contrast tomography** — ●KLAUS ACHTERHOLD, JULIA HERZEN, and FRANZ PFEIFFER — Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany

Grating-based X-ray phase contrast tomography proved to achieve better contrast in soft tissue than conventional X-ray absorption. The real part of the refractive index of the tissue results in a slight deflection of the X-rays. These tiny angles of approximately 20 nrad can be detected by a combination of a phase and absorption gratings. With an absorption grating near the anode of a conventional X-ray tube the method is applicable as part of a medical device. Hence X-ray phase contrast can be used in the detection of soft tissue pathologies e.g. breast tumor in mammography. The application in the clinics demands the lowest dose for the patient though the best contrast to noise ratio (CNR). To accomplish this, we simulated the imaging varying the height and pitch of the gratings for a given power and spectrum of the X-ray tube. Source, detector and grating distances were under the constraint of the dimensions of a putative computer tomograph. Optimal combinations were found for maximal CNR. The results will be important for the design and implementation of the X-ray phase contrast method in commercial CT devices.

ST 5.2 Thu 10:15 POT 112

**Development of a compact gantry for quantitative phase-**

**contrast CT applications** — ●ARNE TAPPER<sup>1</sup>, MARTIN BECH<sup>1</sup>, BART PAUWELS<sup>2</sup>, PETER BRUYNDONCKX<sup>2</sup>, XUAN LIU<sup>2</sup>, ALEXANDER SASOV<sup>2</sup>, JOHANNES KENNTNER<sup>3</sup>, MARCO WALTER<sup>4</sup>, JOACHIM SCHULZ<sup>4</sup>, and FRANZ PFEIFFER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — <sup>2</sup>Skyscan, Kontich, Belgium — <sup>3</sup>Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany — <sup>4</sup>Microworks, Karlsruhe, Germany

Here we present experimental x-ray cone-beam phase-contrast imaging results of a phantom study obtained with a highly compact grating-based gantry setup. The aim of this study is to investigate the performance, quantitativity and accuracy of phase-contrast and absorption-based computed tomography scans which yield the three dimensional distribution of attenuation coefficient  $\mu$  and refractive index decrement  $\delta$  of different liquids contained in the phantom. Furthermore two different methods of color coding are explored to display both absorption and phase data in a single image. Experimental results for  $\mu$  and  $\delta$  match accurately with tabulated data meaning that the gantry setup performs well in both absorption and phase contrast. The substances contained in the phantom can be considerably better distinguished as the grating-based approach - which combines absorption and phase contrast - provides significantly more information than conventional absorption contrast alone.

ST 5.3 Thu 10:30 POT 112

**Direct signal-to-noise comparison of radiographic**

**attenuation- and differential phase-contrast X-ray images** — ●DIETER HAHN, PIERRE THIBAUT, MARTIN BECH, and FRANZ PFEIFFER — Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany

For radiographic applications of X-ray differential phase-contrast imaging, like e.g. mammography, we present the Relative Contrast Gain (RCG) as a novel measure of the relative information content of attenuation- and differential phase-contrast (dpc) radiographs recorded with a grating-based Talbot interferometer. It is a fast and simple method to quantify the gain in soft-tissue contrast of the differential phase-contrast signal compared to the standard attenuation based radiograph. The RCG can also be used as a figure of merit to assess the quality of different experimental setups in terms of providing good feature visibility in soft-tissue samples in the presence of noise. A comparison of a differential signal to a non-differential signal is achieved by analysis of the calculated gradient of the attenuation signal. The Relative Contrast Gain analysis is applied on experimental absorption and phase-contrast projections obtained for human breast samples. The results show a good gain in feature contrast in the dpc signal compared to the attenuation signal as expected from theory.

ST 5.4 Thu 10:45 POT 112

**High-resolution x-ray differential phase-contrast imaging with 2D grating structures** — ●MARCO STOCKMAR<sup>1</sup>, MARTIN BECH<sup>1</sup>, GUILLAUME POTDEVIN<sup>1</sup>, SIMONE SCHLEEDE<sup>1</sup>, MICHAEL CHABIOR<sup>2</sup>, IRENE ZANETTE<sup>3</sup>, and FRANZ PFEIFFER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — <sup>2</sup>Siemens Corporate Technology, Munich, Germany — <sup>3</sup>European Synchrotron Radiation Facility, France

Here we present results of differential phase-contrast (DPC) imaging using a grating interferometer with a high resolution (HR) detector and a 2D grating. The HR detector can directly resolve the interference pattern and allows therefore to omit the usually used analyzer grating. By use of a 2D grating the differential phase shift can be measured in two orthogonal directions improving the results of the phase integration. In addition, the 2D scattering signal allows to make a rough estimate of the preferred direction of sub-resolution sized features. Experimental results for synchrotron and laboratory x-ray sources will be presented.

ST 5.5 Thu 11:00 POT 112

**Performance optimization of an X-ray grating interferometer for biomedical imaging** — ●MARIAN WILLNER<sup>1</sup>, DIETER HAHN<sup>1</sup>, JOHANNES KENNTNER<sup>2</sup>, ARNE TAPFER<sup>1</sup>, MARTIN BECH<sup>1</sup>, MARTIN DIEROLF<sup>1</sup>, PIERRE THIBAUT<sup>1</sup>, JULIA HERZEN<sup>1</sup>, KLAUS ACHTERHOLD<sup>1</sup>, JÜRGEN MOHR<sup>2</sup>, and FRANZ PFEIFFER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — <sup>2</sup>Karlsruhe Institute of Technology, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

Several phase-sensitive X-ray imaging methods have been developed and demonstrated the high potential to improve soft-tissue contrast compared to conventional absorption imaging. Whereas most of the methods require coherent synchrotron radiation, X-ray grating interferometry has been successfully adapted to work with incoherent sources like standard X-ray tubes as well and is a promising candidate to introduce phase-contrast imaging into the clinics. The experimental setup of an X-ray grating interferometer consists of three optical

X-ray gratings. An important performance factor of the imaging system is the visibility, which highly depends on the shape of the effective spectrum, the geometrical adjustment of the gratings and the gratings themselves. The optimization of these parameters to push the visibility to the greatest possible extent is an essential goal on the way towards clinical applications. Here, we present an approach to evaluate the quality of a grating interferometer that will help to design high-visibility setups in the future and thus to establish phase-contrast imaging with high contrast-to-noise ratios at low dose levels in clinical diagnostics.

ST 5.6 Thu 11:15 POT 112

**Tumour visualisation in human soft tissue using grating-based X-ray phase contrast imaging** — ●JULIA HERZEN, MARIAN WILLNER, SIMONE SCHLEEDE, MARTIN BECH, ARNE TAPFER, MARCO STOCKMAR, KLAUS ACHTERHOLD, and FRANZ PFEIFFER — Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany

The grating-based phase-contrast imaging provides enhanced image structure details, which are partly complementary or even not attainable with standard x-ray absorption imaging. Especially in the case of biological soft tissue when standard x-ray radiography is often limited due to the weak absorption contrast, this method represents a real alternative. Based on x-ray optical transmission gratings this modality has transferred the phase-contrast imaging from the highly brilliant synchrotron radiation sources to conventional laboratory-based broadband x-ray tubes. Here, we present a study on human soft tissue specimens containing tumours using the grating-based phase contrast imaging at both highly brilliant synchrotron (ESRF, Grenoble), and at conventional X-ray laboratory radiation sources. Our results demonstrate a superior contrast for different kinds of soft tissue in the phase contrast and verify this imaging modality to be a promising candidate to establish phase-contrast imaging in clinical radiology.

ST 5.7 Thu 11:30 POT 112

**Phase-contrast imaging with Compact Light Source based on inverse Compton X-rays** — ●SIMONE SCHLEEDE<sup>1</sup>, MARTIN BECH<sup>1</sup>, KLAUS ACHTERHOLD<sup>1</sup>, GUILLAUME POTDEVIN<sup>1</sup>, RONALD RUTH<sup>2,3</sup>, JEFF RIFKIN<sup>3</sup>, ROD LOEWEN<sup>3</sup>, MARCO WALTER<sup>4</sup>, and FRANZ PFEIFFER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — <sup>2</sup>Stanford Linear Accelerator Center, Menlo Park, USA — <sup>3</sup>Lyncean Technologies Inc., Palo Alto, USA — <sup>4</sup>microworks GmbH, Karlsruhe, Germany

The Compact Light Source, a laser driven small-size synchrotron developed by Lyncean Technologies Inc., produces x-rays at the intersection point of counter propagating laser and electron beam in the process of inverse Compton scattering. The small size of the intersection point results in a highly coherent beam with a few milliradian angular divergence and three percent energy bandwidth. The intrinsic monochromaticity and coherence of the produced x-rays can be exploited in high-sensitivity differential phase contrast imaging with a grating-based interferometer. The Compact Light Source has the potential to yield images of quality previously only attained at large-scale synchrotron facilities, while being a small-size and low-cost x-ray source which allows it to be installed in hospitals for medical imaging. Here, we report on the first biomedical imaging results obtained from the Compact Light Source including mammography and computed tomography.

## ST 6: Imaging with Ionizing Radiation II

Time: Thursday 14:00–15:30

Location: POT 112

ST 6.1 Thu 14:00 POT 112

**Entwicklung eines Simulations-Frameworks für Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung** — ●ANDRÉ RITTER<sup>1</sup>, PETER BARTL<sup>1</sup>, FLORIAN BAYER<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, WILHELM HAAS<sup>1,2</sup>, THOMAS WEBER<sup>1</sup> and GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Mustererkennung, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Vorgestellt wird ein Simulations-Framework für Untersuchungen zur Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung. Das Framework ermöglicht eine

Analyse sowohl im klassischen Wellen- als auch im Teilchenbild und in einer Kombination aus beiden. Zur Berücksichtigung des Teilchenbilds wird das existierende Monte-Carlo-Paket ROSI eingebunden. Um das Wellenbild korrekt wiedergeben zu können wurde eine Wellenfeldsimulation implementiert.

Das Framework ist dazu geeignet einzelne Komponenten bildgebender Systeme für den Phasenkontrast zu untersuchen und darauf aufbauend Optimierungsmethoden zu entwickeln. Es lässt sich auch dazu einsetzen um die Bildgebungskette von der Röntgenquelle bis zum Detektor nachzubilden. So können realitätsnahe Rohdaten erzeugt werden, anhand derer sich zum Beispiel der Einfluss der Komponenten auf

die Bildqualität beurteilen lässt.

ST 6.2 Thu 14:15 POT 112

**X-ray directional dark-field contrast for sub-pixel resolution imaging of bone microstructures** — •THOMAS BIERNATH<sup>1</sup>, ANDREAS MALECKI<sup>1</sup>, GUILLAUME POTDEVIN<sup>1</sup>, TORBEN JENSEN<sup>2</sup>, MARTIN BECH<sup>1</sup>, and FRANZ PFEIFFER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Physics (E17) and Institute of Medical Engineering (IMETUM), Technische Universität München, Germany — <sup>2</sup>Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Denmark

The basic principles of x-ray image formation in radiography have remained essentially unchanged since Röntgen first discovered x-rays over a hundred years ago. The conventional approach relies on x-ray absorption as the sole source of contrast and thus gives an information about the density changes in the sample. The recently introduced X-ray dark field imaging technique (DFI) yields a fundamentally different signal: DFI is a measure of the sample small angle scattering signal and thus yields information about the sample microstructure. Such measurements can be effectively performed thanks to a Lau-Talbot grating interferometer.

This presentation will show recent experimental directional dark-field imaging results of various samples both from synchrotron and classical X-ray tube sources.

ST 6.3 Thu 14:30 POT 112

**Messergebnisse zu Strukturuntersuchungen mittels Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung** — •FLORIAN BAYER<sup>1</sup>, PETER BARTL<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, WILHELM HAAS<sup>1,2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, ANDRÉ RITTER<sup>1</sup>, THOMAS WEBER<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 Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg, Martensstraße 3, 91058 Erlangen

Mit der Entwicklung hochpixelierter Röntgendetektoren rückt die Phasenkontrast-Bildgebung zunehmend in die Reichweite der Anwendung sowohl in medizinischer Bildgebung wie auch in der zerstörungsfreien Materialprüfung.

Die Ausnutzung der Phaseninformation, welche besonders an Objektkanten einen deutlichen Informationsgewinn bedeutet, erlaubt eine Kontrasterhöhung vor allem an Objekt- und Materialgrenzen sowie bei schwach absorbierenden Medien. Auf diese Weise ist eine detailliertere Auflösung innerer Material- und Gewebestrukturen möglich.

Im Gegensatz zur Absorptionbildgebung kann die Phasenkontrast-Bildgebung technisch nur mithilfe eines indirekten Nachweises erfolgen. In dem Vortrag werden diese Methoden dargestellt sowie Messungen vorgestellt, welche mit einem Medipix-Detektor durchgeführt wurden und das Potential der Phasenkontrast-Bildgebung aufzeigen. Erste Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass bestimmte innere Objektstrukturen zwar im Phasenbild, im herkömmlichen Absorptionbild jedoch nur zum Teil erkennbar sind.

ST 6.4 Thu 14:45 POT 112

**Messergebnisse zur energieaufgelösten Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebung** — •THOMAS WEBER<sup>1</sup>, PETER BARTL<sup>1</sup>, FLORIAN BAYER<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, WILHELM HAAS<sup>1,2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, ANDRÉ RITTER<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 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.

Diese stellt jedoch, bei der Verwendung eines Röntgenspektrums, nur eine Mittelung über die Energien dar, welche im Spektrum enthalten sind. Hinzu kommt, dass sowohl der Talbot-Effekt, als auch die Gittereigenschaften (Absorption bzw. Phasenschub) eine Energieabhängigkeit zeigen, die die Bildqualität beeinflussen.

Um diese Einflüsse quantitativ zu erfassen wurden mit den am CERN entwickelten Detektoren der Medipix Familie Messungen durchgeführt, die das Verhalten der aufbauspezifischen Parameter, wie die Visibilität, bei verschiedenen unteren Energieschwellen untersuchen, um so die exakte Energieabhängigkeit zu verifizieren.

Ziel ist es, die hieraus gewonnenen Informationen in die Optimierung des Messaufbaus und in die Verbesserung der Bildqualität einfließen zu lassen.

ST 6.5 Thu 15:00 POT 112

**Improved method for the reconstruction of X-Ray Spectra with pixel detectors such as Medipix2** — •PETER SIEVERS<sup>1,2</sup>, THORSTEN SCHNEIDER<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>2</sup>, and GISELA ANTON<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig — <sup>2</sup>ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91080 Erlangen

As recently shown, it is possible to use pixelated semiconductor detectors such as Medipix2 for measuring the impinging spectra. If all interaction processes in the sensor like photo effect, Compton scattering and fluorescence excitation are implemented correctly in a Monte-Carlo-Simulation, the impinging spectrum can be computed by deconvolution of the measured energy deposition spectrum with monoenergetic response functions. In this work we present an improved reconstruction algorithm to extend the working conditions for low flux fields.

For the measurements a Medipix2 was used. It consists of an ASIC which has 256x256 pixel cells with 55  $\mu\text{m}$  pitch. As sensor we used a silicon layer with a thickness of 300  $\mu\text{m}$  bumpbonded to the ASIC. In the analogue part of each pixel a discriminator with one energy threshold is present. This means only photons with an energy deposition in the sensor that is higher than the threshold are counted. By increasing this threshold gradually the whole deposited spectra can be scanned. In opposite to former studies such a "threshold scan" is now used directly for the deconvolution without the intermediate step of the derivation. This has the advantage of much lower relative errors and therefore has the potential to measure spectra with low statistics.

ST 6.6 Thu 15:15 POT 112

**Spectroscopy and Imaging with Medipix3** — •QIANG ZHANG, PATRICK TAKOUKAM TALLA, THILO MICHEL, and GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen, Germany

Medipix3 is the latest generation of the hybrid photon counting semiconductor detector family (Medipix) from CERN. Due to its small pixel pitch (55 microns) the performance of Medipix2 imaging system is limited by the charge sharing effect, which means that an incoming photon may be registered by more than one pixel. As a result, the energy deposition spectrum is therefore substantially different from the incoming spectrum. Although Medipix3 has the same pixel size as Medipix2, it implements a new operation mode named Charge-Summing-Mode, aiming to remove the spectral distortion produced by the charge sharing process. In this mode the charge collected in a cluster of 2x2 pixels are summed up and assigned to the summing node with the largest energy deposition.

The goal of this presentation is to compare energy deposition spectrum acquired by Medipix3 in Charge-Summing-Mode and Single-Pixel-Mode, which is principally the same as the counting mode of Medipix2, for different incoming spectra. Images of different samples taken with Medipix3 in the two operation modes will also be presented.

## ST 7: Radiation Physics Measurements

Time: Thursday 16:00–16:45

Location: POT 112

ST 7.1 Thu 16:00 POT 112

**Performance of new Solid State  $\gamma$ -detectors in  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spectroscopy experiments** — •TIL DELLMANN and HANS-HENNING KLAUSS — Institute of Solid State Physics, TU Dresden

Usually, proportional counter tubes are used in  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spec-

troscopy for the detection of the 14.4 keV transition line. The recent development of Si-based solid state detectors led to commercially available drift detectors (SDD) and high purity PiN diodes without the necessity of cooling with liquid nitrogen. First applications of SDD detectors in the analysis of minerals [1] are already highly promising.

In this talk, we will present a detailed comparison between the



three detector types and their use in moessbauer spectroscopy using a standard absorber-source-combination (metallic iron with a 2.0 GBq  $^{57}\text{Co}/\text{Rh}$  source) in absorption geometry. Starting with the definition of a global efficiency function, which optimises the goodness of a moessbauer spectrum and thus the required measurement time, we examined the influence of the intrinsic detector parameters on the global efficiency.

[1] Tudor Ruskov et al., Phys Chem Minerals 35 (2008)

ST 7.2 Thu 16:15 POT 112

**Set up of a low-level radon reference chamber** — •DIANA LINZMAIER<sup>1,2</sup>, JÖRG LEPELT<sup>1</sup>, and ANNETTE RÖTTGER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig — <sup>2</sup>Leibnitz Universität Hannover, Fakultät für Mathematik und Physik, 30167 Hannover

In order to calibrate measuring devices for the activity concentration of Rn-222 in air below  $1000\text{ Bq}/\text{m}^3$ , a low-level radon reference chamber is under construction. For the realisation of the unit  $\text{Bq}/\text{m}^3$  at such low radon activity concentrations, a high-sensitive transfer standard has to be developed.

The concept of the low-level radon chamber is based on the realisation of the atmosphere, in form of a standard vacuum chamber with an activity standard and a transfer standard (active large volume detector, serving as a secondary standard).

The realisation of the atmosphere consists of a reference volume of  $0.5\text{ m}^3$  and a system for the radon emanation. A defined activity of Rn-222 diffuses out of a source and is transported through an noble gas leak-proof circuit to the reference volume to create a reference atmosphere.

The transfer standard is used for the spectrometry of  $\alpha$ -particles.

It is composed of a multi-wire pulse ionisation chamber with a detector volume of  $10\text{ l}$ . To detect and amplify the signals, an optimised pre-amplifier is being built.

The concept of the reference chamber and first results will be presented and discussed.

ST 7.3 Thu 16:30 POT 112

**Calibration of tissue-equivalent proportional counters with the PTB neutron reference fields** — •JOHANNES RAHM<sup>1,2</sup>, JOACHIM BRECKOW<sup>1</sup>, OLEKSIY BURDA<sup>2</sup>, THORSTEN KLAGES<sup>2</sup>, FRANK LANGNER<sup>2</sup>, and FRANK WISSMANN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für medizinische Physik und Strahlenschutz, Fachhochschule Gießen-Friedberg, Wiesestraße 14, 35390 Gießen — <sup>2</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Dose determination in microdosimetric dimensions is essential for radiation protection, as well as for radiation biology and radiation therapy. Especially in mixed radiation fields with a large neutron component a tissue-equivalent proportional counter (TEPC) is an excellent instrument for dose measurement.

The TEPC response to neutrons was measured using the PTB neutron reference fields at energies of 0.606 MeV, 1.2 MeV, 8 MeV and 19 MeV. To determine dose and dose-equivalent microdosimetric spectra, a system with three gain stages was set up to cover a lineal energy range from  $10^{-2}\text{ keV}/\mu\text{m}$  up to  $10^4\text{ keV}/\mu\text{m}$ . Two spherical TEPCs with a diameter of 2.24" were filled with a propane based tissue-equivalent gas mixture to simulate a tissue diameter of  $2\ \mu\text{m}$  and  $4\ \mu\text{m}$ , respectively. The aim of this work is to investigate the influence of different gas fillings and to obtain the response function of the TEPC with regard to monoenergetic neutron reference fields.