

## Fachverband Strahlen- und Medizinphysik (ST)

Herwig G. Paretzke  
Institut für Strahlenschutz  
Helmholtz Zentrum München  
Neuherberg  
Paretzke@helmholtz-muenchen.de

As usually the sessions of this DPG-Fachverband ST deal with a wide spectrum of basic and applied radiation physics starting from the measurements of natural and artificial environmental radioactivity, their radionuclide concentrations respective photon energy spectra, over very modern X-ray detectors developed with knowledge from optimum measurement techniques in high energy elementary particle physics, to applied imaging of humans and laboratory animals by ionizing radiation and magnetic nuclear resonance for medical diagnosis. Furtheron, ionizing radiation is also used for medical tumor therapy. Therefore, we will also hear of advances in ion beam therapy, possibilities to use positron emitting nuclides, which were produced in the irradiated object by nuclear reactions, to check for the actual depth dose profiles in-situ, etc.

However, biophysicists deal also with analysing and understanding biological effects of irradiations. Therefore we will deal also with several studies of radiation effects, starting from those of very low energy plasma etching ions on teeth bacteria in a human mouth, over Thoron inhalation, modelling the health effects observed in populations living decades ago along the Techa River in Siberia, the waters of which had been highly contaminated by the Mayak reprocessing activities and weapons production.

Research into the biological effects of ionizing radiation is severely hampered by various types of problems including those caused by the complexity of radiation tracks and of those processes caused by their interactions with living matter; the latter is usually a highly adaptive dynamic object of various hierarchical levels of mutually interacting biochemical and physical networks. Also, we do not even have the mathematical tools to describe the response of e.g. immune systems to disturbances in a quantitative way. Therefore, ST will take part in the common Symposium on “Complexity” organized for Monday afternoon at this conference. We have invited Prof. Geisel from the MPI for Dynamics and Self-Organisation, the 2009 awardee of the the Gentner-Kastler Price, to talk on possibilities of mathematical descriptions of spatiotemporal processes governing the travel of rather complex biological organisms, namely of humans.

Finally, the old problem of alleged observations of increased childhood leukemia rates around nuclear power stations and their possible causes will be dealt with in a plenary talk from the point of view of a radiation physicist rather than from epidemiology. It appears necessary to request of any study in this field rigid adherence to good scientific practices followed in natural sciences (like physics) when studying low level effects to avoid further wasting of resources and to mislead non-experts.

Also at this conference the liaison of DPG with the DGMP (via Drs. Gunnar Brix and Sibylle Ziegler) because of common interests in the physical aspects of medical applications of radiation is highly appreciated. It provides a useful presentation and discussion forum at such DPG-conferences for young (and no longer so young) physicists working and doing research e.g. in a clinical environment to the diagnostic or therapeutic benefit of patients.

## Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal A021)

### Plenarvortrag der Strahlenphysik

ST 10.1 Do 11:00–11:45 Audimax **Kinderleukämie und Kernkraftwerke? — •HERWIG PARETZKE**

### Hauptvorträge

ST 2.1	Di	14:00–14:30	A021	<b>Neue Möglichkeiten in der Röntgenbildgebung und Dosimetrie mit den photonenzählenden Pixeldetektoren der Medipix-Familie</b> — ●THILO MICHEL
ST 3.1	Di	17:00–17:30	A021	<b>Instrumentierungskonzepte zur multimodalen optischen Bildgebung im Kleintier</b> — ●JÖRG PETER
ST 11.5	Do	15:20–15:50	A021	<b>PHASENKONTRAST MIT RÖNTGENSTRAHLEN FÜR BESSERE BILDER IN DER MEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK</b> — ●FRANZ PFEIFFER

### Plenary talks of the joint symposium SYKO

See SYKO for the full program of the Symposium.

SYKO 1.1	Mo	13:00–13:35	A140	<b>Chaoticity and Complexity</b> — ●ANDREAS KNAUF
SYKO 1.2	Mo	13:35–14:10	A140	<b>The LHC-Project: Complexity in High Energy Physics</b> — ●THOMAS LOHSE
SYKO 1.3	Mo	14:10–14:45	A140	<b>Structure Formation in Astrophysics - From Cosmology to Planets</b> — ●WOLFGANG HILLEBRANDT
SYKO 1.4	Mo	15:05–15:40	A140	<b>The Scaling Laws of Human Travel: Tracking Dollars for New Approaches to Epidemic Modeling</b> — ●THEO GEISEL
SYKO 1.5	Mo	15:40–16:15	A140	<b>Challenges of Complexity in Natural, Technical and Economic Sciences</b> — ●KLAUS MAINZER

### Fachsitzungen

ST 1.1–1.4	Di	9:00–10:20	A021	<b>Measurements and Effects of Environmental Radiation Exposures</b>
ST 2.1–2.9	Di	14:00–16:30	A021	<b>Novel X-Ray Detectors: Medipix-2</b>
ST 3.1–3.2	Di	17:00–17:45	A021	<b>Radiation Imaging of Small Animals</b>
ST 4.1–4.2	Di	17:45–18:15	A021	<b>Biophysical effects of very slow and of fast ions</b>
ST 5.1–5.2	Mi	9:00–10:00	A021	<b>MAP: Laser-driven Particle acceleration</b>
ST 6.1–6.4	Mi	14:00–15:30	A021	<b>Ion Radiation Therapy 1: Radiation fields and effects</b>
ST 7.1–7.4	Mi	15:30–17:00	A021	<b>Ion Radiation Therapy 2: Target Motion Management</b>
ST 8.1–8.5	Mi	17:00–17:30	Dekanatsgang	<b>Poster-Session FV Radiation and Medical Physics</b>
ST 9.1–9.5	Do	9:00–10:15	A021	<b>Magnetic Resonance and PET Imaging</b>
ST 10.1–10.1	Do	11:00–11:45	Audimax	<b>Plenary</b>
ST 11.1–11.5	Do	14:00–15:50	A021	<b>Novel X-Ray Tomographic Imaging</b>

### Mitgliederversammlung Fachverband Strahlen- und Medizinphysik

Mittwoch 17:30–18:30 A021

- 1) Annahme der TO
- 2) Bericht des Vorsitzenden
- 3) Neuwahl des Vorstandes
- 4) Diskussion über neue Aktivitäten, Themenkreise und Strukturen
- 5) Berichte über andere relevante Tagungen
- 6) Verschiedenes

**ST 1: Measurements and Effects of Environmental Radiation Exposures**

Chair: Peter Jacob

Zeit: Dienstag 9:00–10:20

Raum: A021

ST 1.1 Di 9:00 A021

**Entwicklung eines GMCA (Gamma analysis digital filter and Multi Channel Analyzer)** — ●MARKUS DAMBACHER, ANDREAS ZWINGER, ALEX FAULER und MICHAEL FIEDERLE — Freiburger Materialforschungszentrum, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Das Bundesamt für Strahlenschutz betreibt ein bundesweites Messnetzwerk, um die örtliche radioaktive Strahlenbelastung zu beobachten. Es ist dabei nicht nur wichtig, eine erhöhte Strahlendosis zu messen, sondern um Sicherheitsmaßnahmen für Mensch und Tier im Ernstfall unternehmen zu können, müssen die beteiligten Nuklide erkannt werden. Dafür muss die künstliche von der natürlich vorhandenen Strahlenbelastung unterschieden werden. Hierfür werden spezielle Detektorsysteme benötigt, da die unterschiedlichen radioaktiven Nuklide Strahlung mit unterschiedlicher Energie bis zu einigen Hundert keV aussenden.

Das FMF Freiburg arbeitet daher an einem neuartigen Detektorsystem. Das System beinhaltet eine digitale Signalanalyse, die in einem FPGA umgesetzt wird. Die Signalhöhe der eingehenden Ereignisse wird bestimmt und in einem MCA mit maximal 8192 Kanälen einsortiert. Mit Hilfe eines Mikroprozessors können verschiedene Parameter der Signalanalyse eingestellt bzw. die Energiespektren ausgelesen werden. Über diesen Prozessor kann auch ein Hochspannungsmodule eingestellt und zusätzliche Sensoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Beschleunigung) ausgelesen werden. Das System kann mit unterschiedlichen Detektoren zusammenarbeiten, etwa mit (Cd,Zn)Te in der Coplanar Grid Technologie oder mit Szintillatoren wie CsI und LaBr<sub>3</sub>:Ce.

ST 1.2 Di 9:20 A021

**Thoron-Exposition in Lehmhäusern** — ●OLIVER MEISENBERG und JOCHEN TSCHIERSCHE — Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, Institut für Strahlenschutz

In traditionellen chinesischen Lehmhäusern wurden in der Vergangenheit erhöhte Konzentrationen von Thoron und seinen Folgeprodukten gemessen. Bedingungen, unter denen solche Konzentrationen auftreten, wurden am Helmholtz Zentrum München in einem maßstabsgetreu nachgebauten Raum und im Labor untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass auch bei Lehm mit mittlerem Thorium-Gehalt ausreichende Exhalationsraten auftreten können. Bei einer Erhöhung der Luftwechselrate wurde eine deutliche Verringerung des Folgeproduktinventars, aber eine Erhöhung des Inventars des Thorons selbst beobachtet. Außerdem wurde der Einfluss der Aerosolkonzentration auf den Anteil der unangelagerten Thoron-Folgeprodukte bestimmt. Die gewonnenen Informationen sollen für Dosisberechnungen verwendet werden und die Identifizierung von Häusern mit erhöhten Thoron-Konzentrationen ermöglichen.

ST 1.3 Di 9:40 A021

**Thoron and its decay products: consequences of increased indoor concentrations for inhalation dosimetry** — ●WEI BO LI and JOCHEN TSCHIERSCHE — Helmholtz Zentrum München, Institute of Radiation Protection, D-85764 Neuherberg

Recently, increased concentrations of <sup>220</sup>Rn (thoron) and its progeny were measured in traditional residential dwellings in China, India and other countries and gave rise to a reconsideration of their contribution to inhalation dose. A complete assessment of the lung dose is performed, whereas thoron gas and <sup>210</sup>Po contribute the least. The effective and organ equivalent doses of the progeny <sup>212</sup>Pb and <sup>212</sup>Bi in the lungs and in other organs were calculated as a function of activity median diameters in the range 1–10,000 nm, applying the human respiratory tract model and the biokinetic models developed by the ICRP. Taking into account the unattached fraction of 0.03 and a size of 1.5 nm for unattached particles and of 300 nm for attached particles in the indoor air, the dose conversion coefficient was estimated to be 3.8 mSv WLM<sup>-1</sup>, about 27.5% of the values of 13.8 mSv WLM<sup>-1</sup> for <sup>222</sup>Rn. This study provides the dose conversion coefficient for thoron decay products. It can be used to assess the inhalation dose for dwellers in areas with a higher thoron concentration.

ST 1.4 Di 10:00 A021

**Comparison of mortality and incidence cancer risk and models of genomic instability: the Techa River cohort** — ●MARKUS EIDEMÜLLER<sup>1</sup>, ZHENIA OSTROUMOVA<sup>2</sup>, LUDMILA KRESTININA<sup>2</sup>, ALEXANDER AKLEYEV<sup>2</sup>, and PETER JACOB<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, 85764 Neuherberg — <sup>2</sup>Urals Research Center for Radiation Medicine, Vorovsky St. 68-a, Chelyabinsk, 454076, Russia

Solid cancer mortality and incidence risk after radiation exposure in the Techa River Cohort in the Southern Urals region of Russia is analyzed. Residents along the Techa River received protracted exposure in the 1950s due to the releases of radioactive materials from the Mayak plutonium complex. The analysis is performed within the framework of the biologically based two-stage clonal expansion (TSCE) model and with excess relative risk models. TSCE models including effects of radiation-induced genomic instability are applied to the data and it is found that the best description of the radiation risk is achieved with the same model of genomic instability both for the mortality and incidence cohort. By a direct comparison of the cancer risk in both cohorts it is shown how the mortality and incidence rates and excess relative risk can be related. The TSCE parameters, that describe effective biological time scales in the process of cancer development, turn out to be similar for the mortality and incidence data sets.

**ST 2: Novel X-Ray Detectors: Medipix-2**

Chair: Gisela Anton

Zeit: Dienstag 14:00–16:30

Raum: A021

**Hauptvortrag**

ST 2.1 Di 14:00 A021

**Neue Möglichkeiten in der Röntgenbildgebung und Dosimetrie mit den photonenzählenden Pixeldetektoren der Medipix-Familie** — ●THILO MICHEL — ECAP, Physikalisches Institut (Universität Erlangen-Nürnberg), Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Photonenzählende Halbleiter-Pixeldetektoren wie die hybrid aufgebauten Detektoren Medipix2, Timepix und Medipix3 eröffnen mit ihren spektroskopischen Fähigkeiten in jedem Pixel neue Möglichkeiten in der Röntgenbildgebung. In diesem Beitrag werden die Detektoren der Medipix-Familie und ihre energieabhängigen bildgebenden Eigenschaften vorgestellt. Es wird erläutert, wie die spektroskopischen Fähigkeiten genutzt werden können, um die spektrale Zusammensetzung einfallender Röntgenstrahlung bei sehr niedrigem oder sehr hohem Fluss zu messen. Mit Kenntnis der Antwortfunktion des Detektors auf monoenergetische Einstrahlung kann eine Überführung

von Transmissionsbildern - aufgenommen in unterschiedlichen Energiefenstern - in Materialdichte-Bilder des Objekts vorgenommen werden. Ergebnisse dieser sogenannten Materialrekonstruktion, gewonnen an einem Kleintier-Computertomographen, werden vorgestellt. Die Möglichkeiten zur Anwendung der Detektoren in der Dosimetrie von Röntgenstrahlung werden erläutert.

ST 2.2 Di 14:30 A021

**Rekonstruktion der einfallenden Spektren radioaktiver Quellen und Röntgenröhren mit dem Medipix2** — ●PATRICK TAKOUKAM TALLA, MARKUS FIRSCHING, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen

Die Messung des Spektrums einer Röntgenröhre oder einer radioaktiven Quelle ist wichtig für eine Vielzahl von Anwendungen. Die Messung solcher Spektren wird mit einem energiesensitiven Detektor durch-

geführt. In unserem Fall haben wir den Medipix2 verwendet. Dieser Detektor ist ein pixelierter Halbleiterdetektor, mit dem einzelne Photonen gezählt werden können. Er ist außerdem in der Lage, einen hohen Photonenfluss zu verarbeiten. Der Medipix2 leidet jedoch aufgrund seiner kleinen Pixelgröße unter Charge Sharing. Dies führt unter anderem dazu, dass sich das gemessene Spektrum vom einfallenden unterscheidet.

Mit den einstellbaren Energieschwellen des Detektors erhält man Informationen über die Energie der einfallenden Strahlung. Anhand dieser kann das einfallende Spektrum rekonstruiert werden. Wir berechnen die Energieantworten des Detektors bei monoenergetischer Einstrahlung mit dem MC-Tool ROSI. Diese Energieantworten werden dann zur Entfaltung verwendet, um das einfallende Energiespektrum zu bestimmen. Im Vortrag werden die Ergebnisse der Rekonstruktion für monoenergetische (radioaktive Quellen) und polychromatische (Röntgenröhre) Spektren vorgestellt.

ST 2.3 Di 14:45 A021

**Clusteranalyse zur Identifikation einzelner Ereignisse in Aufnahmen von photonenzählenden Röntgenpixeldetektoren** —

•JÜRGEN DURST, MICHAEL BÖHNEL, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Moderne Röntgendetektoren wie die Detektoren der Medipixfamilie arbeiten photonenzählend auf einem feinen Pixelraster. Durch ein Röntgenphoton können aufgrund der Reichweite von erzeugten Ladungsträgern und deren Diffusionseffekten benachbarte Pixel ansprechen. Auch ein Ansprechen weiter entfernter Pixel ist aufgrund der Reichweite von Fluoreszenzphotonen und Compton-gestreuten Photonen möglich. Daher kann es vorkommen, dass ein Röntgenphoton Zählereignisse in mehreren Pixeln hervorruft. Die mittlere Anzahl der von einem Photon ausgelösten Zählereignisse nennt man mittlere Multiplizität, welche unter anderem zur Bestimmung der DQE benötigt wird. Aus einer großen Anzahl von Aufnahmen bei hinreichend kurzer Belichtungszeit oder kleinem Röntgenfluss kann mit Hilfe einer Clusteranalyse diese Größe bestimmt werden. Zur Minimierung der insgesamt notwendigen Messzeit sollen solche Aufnahmen gerade so viele Zählereignisse enthalten, dass einzelne Ereignisse noch mit sehr großer Wahrscheinlichkeit korrekt identifiziert werden können. In diesem Vortrag wird der verwendete Clusteranalysealgorithmus vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf die dabei auftretenden statistischen und systematischen Fehler eingegangen. Mit Hilfe dieser Betrachtungen sind Optimierungen bei der Belichtungszeit der einzelnen Aufnahmen möglich.

ST 2.4 Di 15:00 A021

**Untersuchungen zur Dosimetrie mit dem Medipix2-Detektor** —

•MICHAEL BÖHNEL, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommelstraße 1, 91058 Erlangen

Die Detektoren der Medipix-Familie sind photonenzählende, pixelierte Halbleiter-Röntgendektoren, die für die Verwendung in der Bildgebung konzipiert sind. Allerdings besitzen sie Eigenschaften wie eine hohe Linearität und einen großen Dynamikbereich, die eine Verwendung zur Dosimetrie für Photonenenergien im klinischen Diagnostikbereich nahelegen.

In diesem Beitrag werden erste experimentelle Verfahren vorgestellt, wie mit dem Medipix2-Detektor aus einem unbekanntem Photonenfeld die nötigen Informationen über das einfallende Spektrum gewonnen werden können und diese dann zur Bestimmung einer Dosisgröße, zum Beispiel des Luftkermas, herangezogen werden.

ST 2.5 Di 15:15 A021

**Simulationen zur Dosisbestimmung mit dem Medipix2** —

•PETER SIEVERS, MICHAEL BÖHNEL, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Beim Medipix2-Detektor handelt es sich um einen pixelierten und photonenzählenden Halbleiterdetektor, der in der Lage ist die Energie der einfallenden Röntgenphotonen zu messen.

Das mit dem Detektor gewonnene Antwortspektrum wird in mehrere Energiebereiche eingeteilt. Die Einträge aus diesen Energiebereichen werden mit einem Algorithmus in eine Dosis umgerechnet. Um die Genauigkeit der rekonstruierten Dosis hinsichtlich der Sensorparameter wie zum Beispiel Sensordicke, Pixelgröße und Anzahl der Pixel zu verbessern, wurden Simulationen mit dem Monte-Carlo-Simulationsprogramm ROSI durchgeführt. Betrachtete Kenngrößen der Optimierung sind das Verhältnis tatsächlicher zu rekonstruierter

Dosis und der statistische Fehler. Ferner wurde sowohl die Anzahl der Energiebereiche als auch deren Breite mit Hilfe eines Algorithmus optimiert.

ST 2.6 Di 15:30 A021

**Erweiterung der adjungierten 3D Simulation von Strompulsen in direktkonvertierenden Röntgendetektoren** —

•BJÖRN KREISLER, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Die Detektoren der Medipixfamilie sind direktkonvertierende Röntgendetektoren und bestehen aus einem ASIC und einer damit verbundenen Sensorschicht. Diese Sensorschicht soll möglichst alle eintreffenden Röntgenphotonen absorbieren und die durch erzeugte Ladungsträger influenzierten Signale werden im ASIC ausgewertet. In diesem Beitrag werden Simulationen von influenzierten Signalen gezeigt, die durch die Drift und Diffusion von Ladungsträgern in der Sensorschicht eines Röntgendetektors entstehen. Die zeitliche Struktur dieser Signale variiert stark mit den Interaktionspunkten der Röntgenstrahlung. Diese Abhängigkeit verändert sich bei unterschiedlichen Elektrodenkonfigurationen und bei der Berücksichtigung von Materialparametern des Sensormaterials. Die Dotierung des Materials hat einen deutlichen Einfluss auf das elektrische Feld im Sensor. Die Implementierung in die adjungierte Simulation wird in diesem Beitrag vorgestellt.

ST 2.7 Di 15:45 A021

**Simulationen zu gitterbasierter Phasenkontrast-Technik in der Röntgenbildgebung** —

•PETER BARTL, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen

Gitterbasierte Talbot-Interferometrie zur Gewinnung von Phaseninformationen eines Röntgenwellenfeldes stellt seit wenigen Jahren eine vielversprechende Alternative zur Absorptionsbildgebung mit Röntgenstrahlung dar. Durch die Ausnutzung des Talbot-Effekts kann die Störung einer Wellenfront untersucht werden. Dies wird durch die Verschiebung zweier Gitterstrukturen gegeneinander in geeignetem Abstand erreicht. Aus einer solchen Abtastung einer periodischen Wellenfront und ihrer Störung kann aus der Messung mehrerer Intensitätsmuster die Phase der Wellenfront rekonstruiert werden.

Zur Erweiterung des Verständnisses dieser Art von Bildgebung wurde ein Simulationsmodell auf der Basis von Wellenfeldpropagation entwickelt. Damit kann der Einfluss von wichtigen Systemgrößen detailliert und effizient untersucht werden. Parameter, die mit der Simulation optimiert werden können, sind unter anderem die Geometrien des gitterbasierten Aufbaus und zudem die Einflüsse der einzelnen Gitter auf die Phasenrekonstruktion. Des Weiteren können Kohärenzeigenschaften und -voraussetzungen, die an das bildgebende System gestellt werden müssen, simuliert bzw. charakterisiert werden. Zu den genannten Einflussgrößen werden erste Ergebnisse präsentiert.

ST 2.8 Di 16:00 A021

**Bildgebung mit dem Medipix-2 mit CdTe Sensor** —

•DOMINIC GREIFFENBERG, SIMON PROCZ, ANDREAS ZWERGER, ALEX FAULER und MICHAEL FIEDERLE — FMF, 79104 Freiburg, Stefan-Meier-Str. 21

Der Medipix-2 ist eine pixelierte Ausleseelektronik, bestehend aus 256 x 256 Pixeln mit einer Pixelgröße von 55 x 55  $\mu\text{m}^2$ , die in der Lage ist einzelne Photonen zu zählen. Das Prinzip des Zählens einzelner Photonen ist bei bildgebenden Verfahren interessant, da hier das Rauschen aufgrund einstellbarer Energieschwellen minimiert werden kann. Das Hybriddesign ermöglicht die Anpassung des Sensormaterials an die gegebenen experimentellen Bedürfnisse. Somit kann abhängig von Energie der einfallenden Photonen das Material gewählt werden. Typische Detektormaterialien sind Si, GaAs oder CdTe. Das vorherrschende Detektormaterial ist Silizium, aufgrund der geringen Ordnungszahl besitzt es jedoch eine relativ geringe Absorptionswahrscheinlichkeit bei hohen Photonenenergien. Im Gegensatz dazu besitzen Materialien wie GaAs oder CdTe eine hohe Absorptionswahrscheinlichkeit für Photonenenergien bis 60 keV beziehungsweise bis 100 keV und sind damit für die Bildgebung in diesem Energiebereich besser geeignet. Im FMF in Freiburg wurden Medipix-2 mit CdTe Sensoren produziert, die bezüglich ihrer bildgebenden Eigenschaften untersucht wurden. Der Medipix-2 hat zwei einstellbare Energieschwellen, die 3-Kanal-Bilder (RGB) ermöglichen, wobei jeder Kanal einem eigenen Energiebereich entspricht. Es werden die Ergebnisse von CdTe-Sensoren mit den Ergebnissen von Si-Sensoren verglichen.

ST 2.9 Di 16:15 A021

**Ergebnisse zum Thema Transmissionsanode** — ●ANJA LOEHR, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Erlangen Centre for Astroparticle Physics (ECAP), Erlangen

Die Modellierung komplexer Röntgenröhrenkonzepte verlangt nach einem zuverlässigen und dennoch einfach zu nutzenden Simulations-

programm. ROSI (ROentgen Simulation) wurde zu diesem Zweck an unserem Institut entwickelt und stellt einen objektorientierten, open source Monte-Carlo Simulationscode dar. Seit der Entwicklung hat sich ROSI in vielen Bereichen bewährt, wie z.B. bei Detektor- und Röntgenröhrencharakterisierungen. Gezeigt werden Untersuchungen zum Thema Transmissionsanoden.

### ST 3: Radiation Imaging of Small Animals

Chair: Thilo Michel

Zeit: Dienstag 17:00–17:45

Raum: A021

#### Hauptvortrag

ST 3.1 Di 17:00 A021

**Instrumentierungskonzepte zur multimodalen optischen Bildgebung im Kleintier** — ●JÖRG PETER — Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

Zur Visualisierung molekularer Prozesse im Tiermodell haben sich die optischen Verfahren der Biolumineszenz- (BLI) und Fluoreszenzbildgebung (FMI) etabliert. Wir präsentieren zwei unterschiedliche tomographische Instrumentierungsausführungen zur simultanen optischen Bildgebung in Kombination mit CT und SPECT einerseits, und mit PET bzw. MRT andererseits. Die erste Ausführung wurde durch Integration einer lichtsensitiven CCD-Kamera, einer austauschbaren Laserlichtquelle, eines CT-Systems bestehend aus Röntgenstrahlröhre- und -detektor, sowie einer SPECT-Kamera mit austauschbarem Kollimator auf einer gemeinsamen Gantry realisiert. Zusammenschluss optischer Bildgebung mit PET und MRT wurde durch die Entwicklung eines auf Mikrolinsenrastern basierenden optischen Detektors ermöglicht. Der Lichtsensor weist eine effektive Dicke von nur etwa 4 mm auf und ist sowohl PET- als auch MRT-Kompatibel. Mehrere Photosensoren in zylindrischer Anordnung ermöglichen optische Bildgebung über 360°, und nach Einbringung des Detektoraufbaus in ein PET bzw. MRT können optische Photonen simultan zur sekundären Modalität akquiriert werden. Um kombinierte optische-MRT-Bildgebung zu realisieren, wurde eine Hochfrequenzempfangsspule in den Detektoraufbau integriert. Beide Aufbauten erweitern die diagnostische Wertigkeit von BLI und FMI hinsichtlich einer Mehrzahl von pharmakologischen, biomedizinischen und mathematischen Aspekten.

ST 3.2 Di 17:30 A021

**Materialrekonstruktion in Kleintier-CT mit dem Medipix2 Detektor** — ●MARKUS FIRSCHING<sup>1</sup>, ANTHONY BUTLER<sup>2</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup> und GISELA ANTON<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen — <sup>2</sup>University of Canterbury, Christchurch, New Zealand

Eine neue Generation Pixeldetektoren wie der Medipix2 bieten mit ihren energieauflösenden Eigenschaften eine neue Informationsdimension an. Diese kann zu verbesserter Bildqualität oder Dosisreduzierung in der medizinischen Bildgebung beitragen.

In konventioneller Bildgebung mit Röntgenstrahlung (Radiographie und CT) kann nur die Summe der Schwächungswerte der einzelnen Komponenten eines aus verschiedenen Basismaterialien zusammengesetzten Objekts sichtbar gemacht werden. Die Methode der Materialrekonstruktion ermöglicht die quantitative Rekonstruktion der Flächendichten der gewählten Basismaterialien. So kann etwa Kontrastmittel von Knochen oder Kalzifikationen differenziert werden.

Dieser Beitrag entstand in Kollaboration mit der University of Canterbury in Christchurch, Neuseeland. Der mit dem Medipix2 ausgestattete MARS-Scanner an der University of Canterbury wurde verwendet um Aufnahmen einer Maus mit Kontrastmittel bei verschiedenen Energieschwellen des Detektors zu machen. Die Methode der Materialrekonstruktion wurde mit den Basismaterialien Wasser und Jod angewendet. Die resultierenden materialspezifischen Bilder werden vorgestellt.

### ST 4: Biophysical effects of very slow and of fast ions

Chair: Herwig Paretzke

Zeit: Dienstag 17:45–18:15

Raum: A021

ST 4.1 Di 17:45 A021

**Deactivation of bacteria using a low temperature miniature pulsed atmospheric plasma jet** — ●ANTJE LEHMANN<sup>1</sup>, TINA HOFMANN<sup>1</sup>, KATHRIN SCHMIDT<sup>3</sup>, DANIELA WIND<sup>2</sup>, ANDREAS SCHUBERT<sup>3</sup>, STEFAN RUPF<sup>2</sup>, and AXEL SCHINDLER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig — <sup>2</sup>Universitätsklinikum des Saarlandes, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, Homburg/Saar — <sup>3</sup>Fraunhofer Institut Zelltherapie und Immunologie, Leipzig

A cold miniature atmospheric plasma jet based on pulsed 2.45 GHz microwave excitation has been developed. Investigations are performed for developments of potential medical and dentistry applications. The present work focuses on the deactivation of biofilms built up of different bacteria.

Investigations have been performed by localized treatment of various types of bacterial films on Agar in Petri dishes and tooth samples, which have been covered with various types of bacteria. The local plasma jet treatment was reproducibly performed with the help of a computer controlled x,y,z-scanning stage. The plasma jet mean power has been optimized to limit the film temperature in the jet contact area close to human body temperature, measured in-situ by pyrometry. Variations in the processing gas mixtures consisting of helium, oxygen and nitrogen have been performed to optimize the production of reactive species in the jet measured by spatial resolved quadrupole mass spectrometry.

ST 4.2 Di 18:00 A021

**Setup of a measuring station for the analysis of DNA-damage induced in cells by protons** — ●PHILIPP SCHRÖGEL<sup>1</sup>, ANDREAS TEUFEL<sup>1</sup>, CECILIA PIZZOLOTTO<sup>1</sup>, CHRISTIAN VOGEL<sup>1</sup>, WOLFGANG EYRICH<sup>1</sup>, and LUITPOLD DISTEL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, ECAP — <sup>2</sup>Universitätsklinikum Erlangen, Strahlenklinik

The understanding of microbiological effects of densely ionising hadron beams, especially the repair-mechanisms of clustered DNA-damage (bulky lesions), has basic relevance for the conception of future therapy facilities. The vertical beam at the Erlangen Tandem-Van-De-Graaff accelerator allows radiobiological experiments with protons with a maximum energy of 11 MeV. The measuring station has been optimised and extended. A new data acquisition system on basis of the VMEbus has been developed for the readout of the beamprofile- and monitor detector. The class-based modular programming of the readout software and the integration in the data analysis framework ROOT allow a flexible and extendable use. For determining the energy-loss properties of the protons, the energy spectra have been measured with the beam going through different absorberfoils and have been compared with simulation data. First test measurements with the pixelated silicon detector Medipix showed promising data for the energy and spatial distribution of the protons. With the irradiation of primary human fibroblasts in a small angle to the beam, the DNA damage along the tracks of single protons through the nucleus could be visualised. This allows further investigations of the repair-mechanisms.

## ST 5: MAP: Laser-driven Particle acceleration

Chair: Dietrich Habs

Zeit: Mittwoch 9:00–10:00

Raum: A021

ST 5.1 Mi 9:00 A021

**Laser-driven electron acceleration from ultra-thin DLC foils - towards an ultra-compact coherent X-ray source** — ●DANIEL KIEFER<sup>1,2</sup>, ANDREAS HENIG<sup>1,2</sup>, DANIEL JUNG<sup>1,2</sup>, KIRK FLIPPO<sup>3</sup>, CORD GAUTIER<sup>3</sup>, SANDRINE GAILLARD<sup>3</sup>, RANDY JOHNSON<sup>3</sup>, TOM SHIMADA<sup>3</sup>, RAHUL SHAH<sup>3</sup>, JUAN FERNANDEZ<sup>3</sup>, VITALY LIECHTENSTEIN<sup>5</sup>, JÖRG SCHREIBER<sup>1,2,4</sup>, MANUEL HEGELICH<sup>2,3</sup>, and DIETRICH HABS<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching — <sup>2</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, Am Coulombwall 1, D-85748 Garching — <sup>3</sup>Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545, USA — <sup>4</sup>Plasma Physics Group, Blackett Laboratory, Imperial College London, SW7 2BZ, UK — <sup>5</sup>RRC Kurchatov Institute, 123182, Moscow, Russia

We report on the acceleration of electrons from ultra-thin diamond-like carbon (DLC) foils by an ultrahigh-intensity laser pulse. While thick targets show Maxwellian shaped electron spectra, a distinct quasi-monoenergetic characteristic peaked at 31 MeV is observed at a target thickness as thin as 5 nm. At the same time, a substantial drop in laser-accelerated ion energies is observed. The experimental findings give first indication that laser-driven relativistic electron mirrors can be generated from ultra-thin foils, which in future may be used to generate brilliant X-ray beams by the coherent reflection of a second laser.

ST 5.2 Mi 9:30 A021

**Enhanced laser-driven ion acceleration in the relativistic transparency regime** — ●ANDREAS HENIG<sup>1,2</sup>, DANIEL KIEFER<sup>1,2</sup>, DANIEL JUNG<sup>1,2</sup>, KIRK FLIPPO<sup>3</sup>, CORD GAUTIER<sup>3</sup>, SAM LETZRING<sup>3</sup>, RANDY JOHNSON<sup>3</sup>, TOM SHIMADA<sup>3</sup>, LIN YIN<sup>3</sup>, BRIAN ALBRIGHT<sup>3</sup>, JUAN FERNÁNDEZ<sup>3</sup>, SERGEY RYKOVANOV<sup>1,4</sup>, HUI-CHUN WU<sup>1</sup>, KEITH MARKEY<sup>5</sup>, MATT ZEPF<sup>5</sup>, VITALY LIECHTENSTEIN<sup>2,6</sup>, JÖRG SCHREIBER<sup>1,2,7</sup>, MANUEL HEGELICH<sup>2,3</sup>, and DIETRICH HABS<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck Institut für Quantenoptik, Garching, Germany — <sup>2</sup>LMU München, Department für Physik, Garching, Germany — <sup>3</sup>Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545, USA — <sup>4</sup>Moscow Physics Engineering Institute, Kashirskoe sh. 31, Moscow, Russia — <sup>5</sup>Department of Physics and Astronomy, Queen's University Belfast, BT7 1NN, UK — <sup>6</sup>RRC "Kurchatov Institute", 123182, Moscow, Russia — <sup>7</sup>Plasma Physics Group, Blackett Laboratory, Imperial College London, SW7 2BZ, UK

We report on the acceleration of ion beams from ultra-thin diamond-like carbon (DLC) foils of thickness 50, 30 and 10 nm irradiated by ultra-high contrast laser pulses at intensities of  $\sim 7 \times 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>. An unprecedented maximum energy of 185 MeV ( $> 15$  MeV/u) for fully ionized carbon atoms is observed at the optimum thickness of 30 nm. The enhanced acceleration is attributed to self-induced transparency, leading to strong volumetric heating of the classically over-dense electron population in the bulk of the target. Our experimental results are supported by one- and two-dimensional particle-in-cell (PIC) simulations.

## ST 6: Ion Radiation Therapy 1: Radiation fields and effects

Chair: Gerhard Kraft

Zeit: Mittwoch 14:00–15:30

Raum: A021

ST 6.1 Mi 14:00 A021

**Relevance of light and low energy particles in heavy ion therapy** — ●THOMAS FRIEDRICH, ALEXANDER SCHMIDT, THILO ELSÄSSER, and MICHAEL SCHOLZ — GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Biophysics, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

When heavy ions penetrate water or biological tissue lighter fragments are produced. We show that under conditions typical for tumor therapy with carbon ions light particles do contribute to the photon equivalent dose in the order of some percent. Hence an uncertainty in the estimate of their contribution does hardly alter the predicted relative biological effectiveness of the radiation field within the target volume. Likewise it is discussed that in particular very low energetic carbon ions ( $< 500$  keV/amu) could be significantly more effective than estimated by the approach currently implemented in treatment planning. In contrast we demonstrate that their contribution to the photon equivalent dose is negligibly small even under extreme model assumptions. Though a more precise mechanistic understanding of low energetic particles is of general interest, it will have only minor impact on treatment planning systems for carbon ion therapy.

ST 6.2 Mi 14:30 A021

**Multiple scattering in TRiP** — ●GHEORGHE IANCU, MICHAEL KRAEMER, and DIETER SCHARDT — GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung

One of the main goals of any therapy treatment planning is the delivery of a conformal dose distribution in the target tissue while sparing the near seated critical ones. The multiple scattering is one of the important aspects that play a role in the modelling of the beam parameters especially for deep seated tumours. For calculating the multiple scattering the Moliere[3] formula, with Fano improvement for scattering by atomic electrons, is used. This is known to give good agreement within 4% with measured data [Gottschalk]. The nuclear part of scattered angle is calculated using the modified formula of Goldhaber [Goldhaber], [Morrisey] which, for some projectile and target combinations, underestimates the data by a factor of 2 [Heinrich et al, \*]. Recent measurements [Schardt] of angular distribution of incident C ions on water are used to calibrate for the uncertain factor in Morrisey the-

ory. The calculated results are compared with measurements of water phantom experiments performed in therapy conditions.

ST 6.3 Mi 14:50 A021

**Microdosimetry measurements for 300 MeV/u C-12 pencil beams stopping in water** — ●GIOVANNA MARTINO, OKSANA KAVATSYUK, MARCO DURANTE, and DIETER SCHARDT — GSI Biophysik, Darmstadt

Microdosimetry measurements have been carried out at GSI to investigate the radiation field produced by a 300 MeV/u C-12 pencil-like beam stopping in water and to study the dose fall-off as a function of distance from the beam axis. For this purpose, microdosimetric spectra were recorded moving a Tissue-Equivalent-Proportional-Chamber (TEPC) to 50 different positions inside a water phantom. As the lateral spread of heavy ions is very small the main contribution to the lateral dose comes from secondary fragments which are produced in nuclear reactions. The corresponding LET spectra are characterized by peaks around 10 keV/ $\mu$ m in a range extended up to around 50 keV/ $\mu$ m. Absorbed doses were obtained by integration of the microdosimetric spectra. Along lines parallel to the beam axis the dose curves, as a function of depth, show a typical grow-in part due to the build-up of secondary fragments, including neutrons. The dose characteristics along lines perpendicular to the beam axis show a steep exponential fall-off. At larger distances from beam axis the fall-off is slower. Here the main contribution comes from light secondary fragments, such as protons and neutrons, which have much broader angular distributions than the heavier fragments. These results confirm that the lateral dose characteristics of carbon ion beams used in radiotherapy shows an extremely steep decrease with distance from the beam axis.

ST 6.4 Mi 15:10 A021

**Optimierung von Fraktionierungseffekten in der Bestrahlungsplanung** — ●STEFAN SCHELL<sup>1</sup>, JAN J. WILKENS<sup>1</sup> und UWE OELFKE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radiologische Onkologie, Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar — <sup>2</sup>Abteilung Medizinische Physik in der Strahlentherapie, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

Der Erfolg der Strahlentherapie in der Tumorbehandlung beruht darauf, dass durch technische Weiterentwicklungen das Verhältnis der physikalischen Dosen von Normalgewebe zu Tumorgewebe gesenkt werden konnte. Dennoch ist ein Therapieplan immer ein Kompromiss zwischen Schaden in Normalgewebe und Tumor. Daher ist es wichtig Methoden zu entwickeln, die dabei helfen, den biologisch besten Kompromiss zu finden. Die in dieser Arbeit verwendete biologische Therapieplanung benutzt anstelle der physikalischen Dosis ein erweitertes Linear-Quadratisches Modell zur Beschreibung des Gewebeschadens in Abhängigkeit von der Dosis, dem Fraktionierungsschema

und Gewebeparametern (z.B. Radiosensitivität, Reparaturzeitskalen). Dieses Modell wurde in ein voxelbasiertes Planungsprogramm integriert und ermöglicht die Untersuchung von Fraktionierungseffekten an dreidimensionalen Patientenfällen. Zur Visualisierung werden effektive Dosis-Volumen-Histogramme verwendet. Damit können Chancen und Risiken von alternativen Fraktionierungsschemata (z.B. Hypo-, Hyperfraktionierung) betrachtet werden. Es zeigt sich, dass aufgrund von Modell- und Parameterunsicherheiten eine konservative Herangehensweise an alternative Fraktionierungsschemata zu empfehlen ist.

## ST 7: Ion Radiation Therapy 2: Target Motion Management

Chair: Gerhard Kraft

Zeit: Mittwoch 15:30–17:00

Raum: A021

ST 7.1 Mi 15:30 A021

**Motion management in radiation therapy** — ●CHRISTOPH BERT — GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Abteilung Biophysik, Darmstadt, Germany

Radiotherapy of tumors that move during irradiation requires dedicated means to ensure target coverage despite the motion influence. Motion can occur inter-fractionally (e.g. position of the prostate) or intra-fractionally; the most dominant reason for intra-fractional motion is respiration. The standard procedure to reduce the influence of target motion is the use of margins encompassing the clinical target volume (CTV) to form a planning target volume (PTV) that covers all uncertainties. This approach ensures CTV coverage for most treatment modalities but results in therapeutic dose to normal tissue.

With the opportunities given by improved imaging techniques such as time-resolved computed tomography (CT) or (cone-beam) CT in treatment position as well as motion mitigation techniques such as gating or tracking the dosimetric influence of target motion could be reduced. Especially for conformal techniques such as intensity modulated radiotherapy (IMRT) or particle therapy only advanced motion mitigation techniques and/or adaptive therapy concepts lead to preservation of the target conformation established for stationary targets in treatments of moving targets.

In the scope of the talk an introduction to motion management will be given with an emphasis on application in scanned particle beam therapy.

ST 7.2 Mi 15:45 A021

**Compensation of dose changes due to intrafractional tumor motion** — ●ROBERT LÜCHTENBORG<sup>1</sup>, NAMI SAITO<sup>1</sup>, NAVED CHAUDHRI<sup>1</sup>, MARCO DURANTE<sup>1</sup>, EIKE RIETZEL<sup>1,2</sup>, and CHRISTOPH BERT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI Biophysik, Darmstadt — <sup>2</sup>Siemens Healthcare Sector, Workflow & Solutions, Particle Therapy, Erlangen

Treating tumors that are subject to intrafractional motion with scanned ion beams leads to deterioration of the deposited dose pattern. Thus techniques to mitigate motion effects are currently investigated. The most favorable among them in terms of target conformity and sparing of organs at risk is tracking, i.e. individually adapting Bragg peak positions to the changing tumor position.

While the main part of dose delivered by an ion pencil beam is deposited at the Bragg peak position some dose is delivered in the plateau before the Bragg peak. These dose contributions can be considered in treatment planning for stationary tumors but are subject to unpredictable changes in case of intrafractional tumor motion.

When tracking is used motion induced changes in dose deposition to the plateau region have to be considered. That means not only the position but also the particle number of each ion beamlet has to be adapted. Because the adaptation values depend on the a priori not exactly known trajectory (e.g. breathing period of patient changes) they have to be determined during treatment delivery.

Functionality to compensate for motion induced dose changes has been implemented to the beam tracking system at GSI and first experimental results will be presented.

ST 7.3 Mi 16:00 A021

**Volume rendering in treatment planning for moving targets** — ●ALEXANDER GEMMEL<sup>1,2</sup>, JOHN A WOLFGANG<sup>2</sup>, and GEORGE TY CHEN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>GSI-Biophysics, Darmstadt, Germany — <sup>2</sup>Massachusetts General Hospital, Boston, USA

Advances in computer technologies have facilitated the development of tools for 3-dimensional visualization of CT-data sets with volume rendering. The company Fovia has introduced a high definition volume rendering engine (HDVR<sup>TM</sup> by Fovia Inc., Palo Alto, USA) that is capable of representing large CT data sets with high user interactivity even on standard PCs. Fovia provides a software development kit (SDK) that offers control of all the features of the rendering engine. We extended the SDK by functionalities specific to the task of treatment planning for moving tumors. This included navigation of the patient's anatomy in beam's eye view, fast point-and-click measurement of lung tumor trajectories as well as estimation of range perturbations due to motion by calculation of (differential) water equivalent path lengths for protons and carbon ions on 4D-CT data sets. We present patient examples to demonstrate the advantages and disadvantages of volume rendered images as compared to standard 2-dimensional axial plane images. Furthermore, we show an example of a range perturbation analysis. We conclude that volume rendering is a powerful technique for the representation and analysis of large time resolved data sets in treatment planning.

Coffee Break

ST 7.4 Mi 16:45 A021

**Ion-optically driven depth compensation for ion beam tracking** — ●NAVED CHAUDHRI<sup>1</sup>, NAMI SAITO<sup>1</sup>, CHRISTOPH BERT<sup>1</sup>, BERNHARD FRANZAK<sup>1</sup>, MARCO DURANTE<sup>1</sup>, EIKE RIETZEL<sup>2</sup>, and DIETER SCHARDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI, Abt. Biophysik, Darmstadt — <sup>2</sup>Siemens Healthcare, Particle Therapy, Erlangen

The beam delivery system for scanned carbon ion beam radiotherapy at GSI has been extended in research mode to irradiate moving targets. For beam tracking, the ion beam is adapted laterally as well as in range corresponding to the target's three dimensional (3D) motion. A beam tracking system with a motorized double wedge system for fast and accurate range adaptation has been developed.

In addition to the current range adaptation system a much faster method for online energy modulation is being investigated where a fine focused ion beam is dynamically positioned, controlled by fast dipole magnets, on a small static wedge shaped absorber within the beam line.

Experiments were performed at the therapy beam line to study the beam shift from central axis by the first dipole magnet up to the maximum limit where the beam can be deflected back to central axis by the second dipole magnet. Beam profiles were measured at different locations of the beam delivery system. The particle transmission was measured as well at the target position. Experiments were supported by Monte Carlo simulations for energy variation studies and for assessing the influence on beam profiles using MOCADI code.

## ST 8: Poster-Session FV Radiation and Medical Physics

Chair: Herwig Paretzke

Zeit: Mittwoch 17:00–17:30

Raum: Dekanatsgang

ST 8.1 Mi 17:00 Dekanatsgang

**Development of the hybrid photodetector camera for MAGIC-II** — ●REIKO ORITO for the MAGIC-Collaboration — Max Planck Institute for Physics, Munich, Germany

The MAGIC-II is an arrays of two 17m diameter imaging atmospheric Cherenkov telescopes operating in La Palma, Canary islands. For upgrade of the MAGIC-II camera, we are developing the new camera consisting of the hybrid photodetector (HPD) Hamamatsu R9792U-40 with GaAsP photocathode. The prototype HPD cluster with seven HPDs has been developed and now under the test. In this talk, the development and performance of the prototype HPD cluster will be reported.

ST 8.2 Mi 17:00 Dekanatsgang

**Untersuchung zur in-vivo Dosimetrie harter Photonenstrahlung auf der Basis der Paarbildung** — ●THOMAS KORMOLL<sup>1</sup>, DANIELA KUNATH<sup>2</sup> und WOLFGANG ENGHARDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>OncoRay - Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, TU Dresden, Fetscherstrasse 74, 01307 Dresden — <sup>2</sup>Institut für Strahlungsphysik, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Postfach 510119, 01314 Dresden

Erfahrungen während der perkutanen Bestrahlung mit Kohlenstoff-Ionen an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt haben gezeigt, dass eine in-vivo Dosiskontrolle zum Erfolg der Therapie beitragen kann. Es wurde untersucht, ob eine ähnliche Therapie-Überwachung, basierend auf der Positronen-Emissions-Tomografie (PET), für die Bestrahlung mit hochenergetischen Photonen ebenfalls möglich ist. Anhand von Simulationen wurde gezeigt, dass die Verteilung der Annihilationspunkte der während der Bestrahlung durch Paarbildung entstehenden Positronen eng mit der Dosisverteilung korreliert ist. Weiterhin wurden Design-Parameter für ein PET-Detektor-System festgelegt, das die Annihilationsstrahlung registrieren kann. Ein Test-Detektor aus verschiedenen Szintillationskristallen und Avalanche-Photodioden (APD) samt speziell für hohe Zählraten angepasster digitaler Signalverarbeitung wurde gefertigt. Erste Phantom-Messungen am klinischen Linearbeschleuniger zeigen einen hohen Untergrund nicht nur aus Streustrahlung, sondern auch von hochenergetischen Photonen, die aus dem Strahlerkopf in die Detektoren gestreut werden.

ST 8.3 Mi 17:00 Dekanatsgang

**Entwicklung eines hochpräzisen Dosimetriesystems zur Messung der Oberflächendosisverteilung von Augenapplikatoren** — ●MARION EICHMANN<sup>1</sup>, MARKUS BAMBYNEK<sup>2</sup>, DIRK FLÜHS<sup>3</sup> und BERNHARD SPAAN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Experimentelle Physik 5, TU Dortmund — <sup>2</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig — <sup>3</sup>Klinische Strahlenphysik, Universitätsklinikum Essen

Zur Brachytherapie von Augentumoren werden Augenapplikatoren eingesetzt. Bei diesen handelt es sich um Kalotten aus Edelstahl, 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. Für eine wirksame und schonende Behandlung ist eine genaue Kenntnis der 3D-Dosisverteilung notwendig, um einerseits die für die Behandlung nötige Dosis im Tumor zu applizieren und andererseits die Dosis in Risikoorganen, wie dem Sehnerv, zu minimieren. Mit Hilfe der auf diesem Poster präsentierten Messap-

paratur kann die aufwendige 3D-Dosismessung des Applikators durch einen effizienteren, indirekten Weg ersetzt werden. Dieser stützt sich auf eine präzise Bestimmung der 2D-Dosisverteilung der Applikator-Oberfläche und dessen Einbindung in einen Algorithmus, der daraus die 3D-Dosisverteilung erstellt.

Es wird die Entwicklung der Messapparatur vorgestellt. Durch eine Kombination der Ergebnisse aus der Dosismessung mit einem Szintillationsdetektor und der Messung des Oberflächenprofils kann die Oberflächendosisverteilung bestimmt werden. Es werden erste Messungen präsentiert und der Einfluss auf die Therapieplanung diskutiert.

ST 8.4 Mi 17:00 Dekanatsgang

**Vergleich einiger Gammadetektoren in Hinblick auf Energieauflösung und Verhalten unter Umwelteinflüssen** — ●ELIAS HAMANN, MARKUS DAMBACHER, ANDREAS ZWINGER und MICHAEL FIEDLERLE — Freiburger Materialforschungszentrum, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) unterhält unter anderem ein Netzwerk von ca. zweitausend Strahlungsdetektoren, die in einem mittleren Abstand von 15 km in Deutschland verteilt angebracht sind. Sie dienen der Überwachung der lokal vorherrschenden Radioaktivität (ODL-Netzwerk). Um optimal auf Variationen in der Dosisleistung reagieren zu können ist es nicht nur nötig, diese zu messen, sondern auch die strahlenden Isotope zu kennen und zwischen ihnen unterscheiden zu können um natürliche von künstlicher Radioaktivität trennen zu können. Da die in Frage kommenden radioaktiven Elemente in einem sehr breiten Energiespektrum strahlen (wenige keV bis hin zu einigen MeV) und um eine gute Funktion auch bei klimatischen Änderungen (z.B. Temperatur) aufrecht zu erhalten sind spezielle Anforderungen an die Detektorsysteme zu stellen.

In einer Kollaboration des BfS mit dem Freiburger Materialforschungszentrum (FMF) werden in diesem Kontext einige kommerziell erhältliche Detektoren des BfS miteinander verglichen: ein Lanthanbromid (LaBr) Szintillator, ein Kadmium-Zink-Tellurid Coplanar Grid (CZT-CPG) Halbleiterdetektor und Cäsiumiodid (CsI) Szintillator. Außerdem werden Ergebnisse eines eigens vom FMF entwickelten Detektorsystems auf Basis der Coplanar Grid Technik vorgestellt.

ST 8.5 Mi 17:00 Dekanatsgang

**Ultrasound Frequency Doubling for MRI Detection** — ●CHRISTIAN HÖHL, NOURI ELMILADI, and KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen und Kernphysik (HISKP), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany

In combination with MRI, ultrasound (US) at Larmor frequency is of interest. But damping of high frequency US (18 MHz) in tissue is significant and prevents its penetration beyond some surface depth. In addition, the high frequency amplifier produces electromagnetic crosstalk at US frequency which influences MRI electronics.

The nonlinear answer of tissue to compressional waves at moderate US amplitudes, exploit already in modern US diagnostics, offers a possibility to solve both challenges. Generating low frequency US waves avoids resonant coupling to the MRI device and allows reasonable penetration depth in tissue. Focusing these waves increases the US amplitude locally and produces high frequency US components which can be utilized for MRI experiments.

A sample application for resonant US in MRI in combination with asymmetric magnetic nanoparticles is going to be presented.

## ST 9: Magnetic Resonance and PET Imaging

Chair: Franz Pfeiffer

Zeit: Donnerstag 9:00–10:15

Raum: A021

ST 9.1 Do 9:00 A021

**Enhanced MRI Contrast Agents with Resonant Ultrasound** — ●NOURI ELMILADI, CHRISTIAN HÖHL, and KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn, 53115 Bonn

We have developed a method involving the application of ultrasound (US) in magnetic resonance imaging (MRI) in the presence of antibody coated magnetic nanoparticles to generate contrast. Similar magnetic nanoparticles are already used as contrast agents. It is interesting to control their effect by additional parameters, which can be switched



on and off externally, and depend on the properties of the surrounding tissue. In performing proton nuclear magnetic resonance spectroscopy, US is applied to an aqueous sample containing magnetic nanoparticles coated with antibodies from one side only. Therefore, while the asymmetric magnetic nanoparticles in the sample are subjected to an US wave, a torque is initiated along the vibrational motion and will cause the particles to tilt periodically. The asymmetric magnetic nanoparticles will act as an US driven radio frequency antenna, leading to an increase in the spectral density function at the US frequency. If the US frequency matches the Larmor frequency, protons in the near field region of the particle are stimulated to lose energy, and the  $T_1$  of the aqueous solution decreases. A significant increase of the longitudinal proton relaxation rate is experimentally observed when using a colloidal aqueous solution of asymmetric magnetic nanoparticles.

ST 9.2 Do 9:15 A021

**„Tumorsuche“ an Phantomen im MRT-Bild mittels Ultraschall** — ●JESSICA MENDE, MARCUS RADICKE, OLE OEHMS und KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn, Nussallee 14-16, 53115 Bonn, Germany

Wir untersuchen die Kontrasterzeugung im MRT-Bild mittels des Schallstrahlungsdrucks von Ultraschall. Dieser Kontrast kann die viskoelastischen Eigenschaften wie Elastizitäts- und Schubmodul in einem Phantom graukodiert sichtbar machen. Während einer Standard-Spin-Echo Sequenz mit zwei bewegungssensitiven Gradienten wird ein Ultraschallpuls mit ca. 20 ms Länge bei einer Frequenz von 2,5 MHz eingestrahlt. Zur Untersuchung wurden Phantome aus Agar-Agar mit Kieselerde in verschiedenen Konzentrationen hergestellt. Agar-Agar ist eine gelartige Substanz, Kieselerde dient als Absorber der Ultraschallwelle. Dies soll viskoelastische Eigenschaften von menschliches Gewebe nachahmen. In die Phantome wurden Tumore aus Öl-in-Gelatine-Mischungen eingebaut, die im Protonendichtekontrast abgebildet werden. In MRT-Differenzbildern mit und ohne Ultraschall können diese Tumore mit dem Ultraschall aufgrund von unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften „ertastet“ werden.

ST 9.3 Do 9:30 A021

**Schallabsorption und viskoelastische Parameter als Kontrast in der MRT** — ●MARCUS RADICKE, OLE OEHMS, JESSICA MENDE, BERND HABENSTEIN und KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn

Mittels eines Ultraschallpulses wird in einer Probe eine statische Auslenkung während dieser Pulsdauer erzeugt. Das Prinzip dahinter beruht auf dem Schallstrahlungsdruck. Die lokale Auslenkung der Probe wird mit einer speziellen MRT-Sequenz gemessen und farbkodiert dargestellt. Sie ist abhängig von der Schallamplitude, der Schallfrequenz, der viskoelastischen Eigenschaften der Probe und der Schallabsorption innerhalb der Probe. Da die Schallamplitude sowie die Schallfrequenz frei wählbar sind und die Schallamplitude nicht linear mit dem zurückgelegten Schallweg abfällt, können somit Rückschlüsse auf die viskoelastischen Eigenschaften und die Schallabsorption separat erhalten werden. Wir benutzen eine Spin-Echo-Sequenz mit zwei zusätzlichen, äquivalenten, 20ms langen und 20mT/m starken Gradienten, sowie eine Ultraschalleistung von unter 5W/cm<sup>2</sup> bei einer Pulslänge von 20ms. Als Proben werden Phantome aus Gel und Agar-Agar benutzt, die menschlichem Gewebe bzw. menschlichen Organen

mit künstlichen Tumoren nachempfunden sind.

ST 9.4 Do 9:45 A021

**4D in-beam PET data reconstruction for moving phantoms irradiated with a tracked carbon ion beam** — ●KRISTIN LAUBE<sup>1</sup>, CHRISTOPH BERT<sup>2</sup>, NAVED CHAUDHRI<sup>2</sup>, FINE FIEDLER<sup>1</sup>, KATIA PARODI<sup>3</sup>, EIKE RIETZEL<sup>4</sup>, NAMI SAITO<sup>2</sup>, and WOLFGANG ENGHARDT<sup>1,5</sup> — <sup>1</sup>FZD, Dresden, Germany — <sup>2</sup>GSi, Darmstadt, Germany — <sup>3</sup>HIT, Heidelberg, Germany — <sup>4</sup>Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany — <sup>5</sup>Oncoray, Dresden, Germany

In-beam PET has become a quality assurance tool providing valuable clinical feedback for static tumor entities and shall be extended to monitor the treatment of intra-fractional moving tumors like in the lung or liver which are subjected to respiratory motion. The potential of 4D in-beam PET for the detection of possible malfunction of the motion compensated beam delivery has been investigated by means of systematic phantom experiments at the clinical in-beam PET installation at GSI Darmstadt. The new system for tracking moving targets with the scanned ion beam at GSI Darmstadt was used to adapt the Bragg peak positions laterally and in depth. The pencil beam has been rescanned on a horizontal line in a phantom placed at the central plane of the double head PET scanner with an energy corresponding to 60 mm penetration depth while the target was performing a one dimensional periodic motion perpendicular to the beam direction. 4D PET data were compared with an appropriate 3D PET measurement which followed immediately after the dynamic acquisition. It is shown for different irradiation scenarios that in-beam PET is capable for detecting treatment errors for moving target irradiation.

ST 9.5 Do 10:00 A021

**PET imaging for in-vivo verification of ion beam therapy** — ●KATIA PARODI — Heidelberg Ion Beam Therapy Center, Heidelberg — Previously at Massachusetts General Hospital, Boston, USA, and Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Dresden

The usage of ion beams in external radiotherapy is rapidly increasing worldwide. The main rationale is their favorable depth-dose distribution with a sharp maximum at the end of range, the "Bragg-peak". Full clinical exploitation of this advantage demands millimeter accuracy in the localization of the beam stopping point and lateral field position in human tissue. Positron-emission-tomography (PET) currently offers the only feasible technique for in-vivo verification of the actual beam delivery and, in particular, of the beam range in the patient. The method exploits the detection of the transient  $\beta^+$ -activation induced by ion irradiation, which is correlated but not proportional to the dose delivery. Treatment verification can be achieved by comparing the measured activity distribution with a calculated one, as originally proposed and implemented for carbon ion therapy at GSI Darmstadt.

After a review of the main principles and experiences, this talk will address the first quantitative study on PET/CT (Computed-Tomography) imaging for in-vivo verification of proton therapy, describing all steps from the calculation modeling to the pre-clinical phantom experiments followed by the first clinical trial at the Francis H. Burr Proton Therapy Center at Massachusetts General Hospital, Boston. Merits and issues of the method will be discussed, including an overview of ongoing research aimed at improved clinical performances.

## ST 10: Plenary

Zeit: Donnerstag 11:00–11:45

Raum: Audimax

### Plenarvortrag

ST 10.1 Do 11:00 Audimax

**Kinderleukämie und Kernkraftwerke?** — ●HERWIG PARETZKE — Institut für Strahlenschutz, Helmholtz Zentrum München, Neuherberg  
Seit über zwanzig Jahren sind zu diesem Thema der örtlichen und zeitlichen Nicht-Homogenitäten in Inzidenzmustern seltener Krankheiten weltweit von Zeit zu Zeit erregte öffentliche Diskussionen, epidemiologische Besonderheiten, wissenschaftliche Untersuchungen, Arbeiten spezieller Kommissionen und politische Reaktionen zu beobachten. Anlässlich der Veröffentlichung der SSK-Bewertung der Mainzer KiKK-Studie am 26.2.09 werden in diesem Vortrag aus physikalischer Sicht die wichtigsten Fakten bezüglich der natürlichen, zivilisatori-

schen und technischen Strahlenexpositionen um deutsche Kernkraftwerke dargelegt und deren mögliche gesundheitlichen Wirkungen auf spezielle Mitglieder der Bevölkerung diskutiert. Dabei wird auch auf publizierte Beobachtungen von allgemeinen Leukämie-Clustern in Europa und Vorschläge zu deren Erklärung, auf zeitliche Verläufe der Inzidenzraten vor und nach In-Betriebnahme von verdächtigten technischen Einrichtungen, und um mögliche Artefakts von epidemiologischen Studiendesigns eingegangen. Es wird ein Kriterienkatalog - basierend auf guter naturwissenschaftlicher Forschungspraxis - vorgeschlagen, der zukünftig bei Bearbeitung derartiger Fragestellungen berücksichtigt werden sollte.

**ST 11: Novel X-Ray Tomographic Imaging**

Chair: Christoph Hoeschen

Zeit: Donnerstag 14:00–15:50

Raum: A021

ST 11.1 Do 14:00 A021

**Entwicklung eines Micro-CT Scanners für die dosisoptimierte in vivo Untersuchung von Modellorganismen** — ●MATTHIAS KLAFTEN<sup>1</sup>, OLEG TISCHENKO<sup>1</sup>, THOMAS FÖRSTER<sup>1</sup>, MARTIN HRABE DE ANGELIS<sup>2</sup> und CHRISTOPH HOESCHEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg — <sup>2</sup>Helmholtz Zentrum München, Institut für Experimentelle Genetik, Neuherberg

Mit fortschreitender Miniaturisierung von CT-Systemen für den in vivo Einsatz hin zu Ortsauflösungen von unter 0,05 mm steigt die Strahlenexposition der zu untersuchenden Labortiere. Dies stellt eine hohe Belastung für den Organismus dieser Tiere dar und disqualifiziert sie in den meisten Fällen für nachfolgende Untersuchungen und Behandlungen, da strahlungsbedingte Effekte auf den Phänotyp nicht ausgeschlossen werden können. Eine Optimierung der Dosiseffizienz von Micro-CT Scannern ist daher sowohl unter Tierschutzaspekten als auch aus experimenteller Sicht entscheidend für die Erforschung menschlicher Erkrankungen anhand von Modellorganismen. Wir entwickeln ein Verfahren, das seine höchste Dosiseffizienz in einem Verbund aus einer neuartigen miniaturisierten CT-Geometrie und einem neuen Rekonstruktionsverfahren erreicht. Der Ansatz und erste Ergebnisse werden präsentiert. Die neue Geometrie erlaubt dabei variable Ortsauflösung innerhalb eines Scans ohne Umbau des Systems, sowie die Messung exakt paralleler Strahlen durch das Objekt, so dass die geometrischen Vorteile eines CT Scanners der ersten Generation mit der einfachen Handhabung moderner CTs gekoppelt werden kann.

ST 11.2 Do 14:20 A021

**Tomographic reconstruction with a priori geometrical information** — ●MATTIA FREDRIGO, ANDREAS WENGER, and CHRISTOPH HOESCHEN — Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg

Computed tomography (CT) is critically important in medical diagnostics, but it is also the main source of human exposure to ionizing radiation. To reduce this risk factor, contemporary CT research strives to improve the trade-off between radiation dose and image quality, for instance by developing sensitive detectors (less radiation power), efficient irradiation geometries (less scattering and exposure) or optimized reconstruction algorithms (denoising, anti-aliasing, etc.). Examples of reconstruction strategies are direct algebraic inversion (ART), filtered Fourier back-projection (FBP) or orthogonal polynomial expansion on the disk (OPED).

A new reconstruction algorithm for CT is proposed, integrating a priori geometrical information in order to reconstruct images from an under-sampled Radon data set, thereby directly reducing the required radiation exposure for a given image resolution. The integrated geometrical information could be partial and provided by a less invasive but possibly otherwise limited diagnostic tool, like magnetic resonance imaging. The proposed algorithm extends the algebraic inversion strategy (where  $x$  is the reconstructed image,  $b$  is the Radon spectrum and  $A$  is the projection matrix) by means of a penalization term, consisting of a gaussian smoothing kernel  $S$  truncated at some given edges (the a priori geometrical information):

where  $\beta$  is a penalization parameter and  $I$  is the identity matrix. The numerical inversion is performed iteratively by the method of the conjugate gradient. An homogeneous and isotropic smoothing kernel penalization allows undersampling by imposing soft continuity conditions, generally blurring the image. By truncating the kernel on a given subset of known edges, these can remain sharp during the reconstruction. The available Radon data set information can therefore be more efficiently used to reconstruct the unknown areas. In algebraic terms, the global minimum of the penalized inversion is closer to the original image. We developed and implemented such an algorithm and investigated reconstructions from limited number of projections e.g. of the Shepp-Logan-phantom. Method and results will be shown.

ST 11.3 Do 14:40 A021

**Innovative, unabhängige Verfahren zur Evaluierung der Qualität** — ●ALEXANDER SCHEGERER<sup>1</sup>, CLAUDIA BRUNNER<sup>1</sup>, HELMUT SCHLATTL<sup>1</sup>, BERNHARD RENGER<sup>2</sup> und CHRISTOPH HOESCHEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg — <sup>2</sup>Klinikum rechts der Isar, Lehrstuhl für Röntgendiagnostik,

81675 München

Zielsetzung: Die maximal erreichbare Qualität von CT-Aufnahmen wird bei gegebener Dosis durch das Rauschleistungsspektrum (NPS) und die Modulationsübertragungsfunktion (MTF) bestimmt. Insbesondere bei der Evaluierung der MTF kommen bisher noch größtenteils visuelle, subjektive Methoden zum Einsatz. Desweiteren ist aufgrund herstellerepezifischer Konstanzprüfungen ein Vergleich der Bildqualität zwischen verschiedenen CT-Geräten erschwert. Wir entwickeln eines neutrales Verfahren, das der Bewertung der Bildqualität von CT-Aufnahmen dienen soll.

Material+Methodik: Im Gegensatz zur Projektionsradiographie werden die Bildgüteparameter MTF und NPS in CT-Systemen nicht ausschließlich von der Strahlungsdetektion am CT-Detektor beeinflusst. Die Bildgüte erfährt weitere Modifikationen durch die spezielle geometrische Anordnung von Quelle-Patient-Detektor und vom verwendeten Bildrekonstruktionsalgorithmus. Mit Hilfe von einfachen Prüfgeräten werden NPS und MTF bei verschiedenen Stufen der Bilderzeugungskette untersucht. Eine Analyse der Quantenausbeute des Detektors (DQE) kann nur über eine Untersuchung des inhärenten Bow-Tie-Filters erfolgen. Monte-Carlo Simulationen helfen, den Einfluß von Streuung auf die Bildgüte abzuschätzen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen: Mittels unseres Verfahrens können nicht nur die Einflüsse von Detektor, Filter, geometrischer Anordnung und Rekonstruktionsverfahren auf die Bildgüte eines CT-Systems quantitativ bestimmt werden. Unser neutrales Verfahren bietet darüber hinaus auch die Möglichkeit dafür, diese Abhängigkeiten unter CT-Systemen unterschiedlicher Gerätetypen und -hersteller zu vergleichen.

ST 11.4 Do 15:00 A021

**MTF Messungen im CT mit Hilfe eines Drahtes** — ●CLAUDIA BRUNNER<sup>1</sup>, ALEXANDER SCHEGERER<sup>1</sup>, BERNHARD RENGER<sup>2</sup> und CHRISTOPH HOESCHEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg — <sup>2</sup>Klinikum rechts der Isar, Lehrstuhl für Röntgendiagnostik, 81675 München

Die Bildqualität von Computertomographieaufnahmen wird anhand der Modulationstransfer-funktion (MTF) und des Rauschleistungsspektrums (NPS) bestimmt. Je nach verwendetem Algorithmus oder Rekonstruktionskernel ergeben sich dabei allerdings verschiedene Werte für die gleiche Messung. Auch der Vergleich mit neuartigen CT-Methoden ist auf diese Weise nur bedingt möglich. Um dieses Problem zu umgehen, wurden die Rohdaten der CT-Aufnahmen zur Bestimmung der Systemqualität verwendet. Zur Messung der MTF wurde ein 0.08 mm dünner Wolframdraht senkrecht durch die Gantry gespannt. Im Sinogramm ergibt sich eine Sinusfunktion, deren Amplitude umso höher ist, je weiter der Draht vom Isozentrum entfernt war. Durch Umsortierung dieses Sinogramms wird eine gerade Linie erzeugt, aus der sich die MTF berechnen lässt. Es werden Korrekturen angewandt, um sowohl den Abstand des Drahtes vom Isozentrum als auch eine nicht exakt senkrechte Ausrichtung zur Gantry zu berücksichtigen. Das Verfahren hat den Vorteil, dass es unabhängig von der Zeilenanzahl des CT-Systems ist, da nur das Sinogramm verwendet wird. Außerdem erhält man bei der Messung auch rekonstruierte Bilder des Drahtes, die zur Bestimmung der MTF im Bild verwendet werden können. Ein Vergleich mit der MTF der Rohdaten erlaubt Rückschlüsse auf die Rekonstruktion. Das Verfahren wird erläutert und erste Messergebnisse gezeigt.

**Hauptvortrag**

ST 11.5 Do 15:20 A021

**PHASENKONTRAST MIT RÖNTGENSTRAHLEN FÜR BESSERE BILDER IN DER MEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK** — ●FRANZ PFEIFFER — Department Physik, Technische Universität München, Deutschland

Seit ihrer Entdeckung vor mehr als hundert Jahren, findet die Bildgebung mittels Röntgenstrahlen eine breite Anwendung in Forschung, Industrie, und Medizin. Die physikalische Grundlage der Kontrastentstehung beruht auf der Abschwächung von Röntgenstrahlung in dichteren Materialien, wie zum Beispiel, den Knochen im menschlichen Körper. Dieser Mechanismus liefert sehr guten Kontrast zwischen Knochen- und Weichteilstrukturen, ist jedoch kaum zur Differenzierung von, zum Beispiel, gesundem und erkranktem Tumorgewebe in Weichteilen ver-

wendbar.

Dieser Vortrag beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung von modernen Röntgenbildgebungsverfahren, die anstatt der Absorption explizit den Wellencharakter der Röntgenstrahlung ausnutzen, um eine bessere Sensitivität oder örtliche Auflösung zu erzielen.

Präsentiert werden vor allem unsere jüngsten Ergebnisse im Bezug auf die Entwicklung und Anwendung von Phasenkontrast- und Dunkelfeldbildgebung mit Röntgenstrahlen, die eine deutliche Steigerung des Kontrastes in zukünftigen klinischen Anwendungen erhoffen lassen.