

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

Prof. Dr. Herwig G. Paretzke
Institute of Radiation Protection
HelmholtzZentrum Muenchen
Ingolstaedter Landstr. 1
85764 Neuherberg
paretzke@helmholtz-muenchen.de
and
Technical University Munich
Physics Department
85748 Garching

This year the Meeting of the Division of Radiation and Medical Physics will take place from Monday morning until Thursday evening. The presentations and discussions will concentrate on the usual topics dealing with advances in radiation measurements and uses in research, medical diagnostics and therapy. This time we will also hear from first results regarding the medical use of anti protons in radiation therapy with their star forming disintegrations at their track ends.

Our Division meeting will also participate together with the Division of Chemical and Polymer Physics as well as with the Division of Magnetism in a Plenary Talk by the Swiss Nobel Laureate (1991) Richard Robert Ernst and in two high level symposia/sessions dealing with the exciting novel modalities and frontiers “NMR” and “Magnetism in Medicine”. This will encourage cross fertilization of students and scientists working in neighboring, but different fields of physics to the benefit of advances in their basic research and in numerous applications.

Overview of Symposia and Sessions

(lecture rooms H41; poster H41)

Invited talks of the joint symposium SYMR

See SYMR for the full program of the Symposium.

SYMR 4.1	Tue	9:30–10:00	H1	NMR with a Magnetic Resonance Force Microscope — ●BEAT H. MEIER, KAI EBERHARDT, JOSS ROSMARIE, TOMKA IVAN
SYMR 4.2	Tue	10:00–10:30	H1	Probing Novel Electronic States in Strongly Correlated Electron Materials Using NMR and NQR — ●NICHOLAS CURRO
SYMR 4.3	Tue	10:30–11:00	H1	Interplay of Structure and Dynamics in Macromolecular and Supramolecular Systems as Revealed by NMR Spectroscopy — ●HANS WOLFGANG SPIESS
SYMR 4.4	Tue	11:15–11:45	H1	Big times for small NMR — ●BERNHARD BLÜMICH
SYMR 4.5	Tue	11:45–12:15	H1	Traveling-Wave MRI — ●KLAAS PRÜSSMANN
SYMR 4.6	Tue	12:15–12:45	H1	Life on the Edge: The Origins and Proliferation of Protein Misfolding Diseases — ●CHRISTOPHER M. DOBSON

Invited talks of the joint symposium SYMM

See SYMM for the full program of the Symposium.

SYMM 1.1	Wed	9:30–10:00	H1	Magnetic resonance imaging: an ongoing success story — ●JENS FRAHM
SYMM 1.2	Wed	10:00–10:30	H1	Biomedical nanomagnetism: A spin through new possibilities — ●KANNAN KRISHNAN
SYMM 1.3	Wed	10:30–11:00	H1	Recent SQUID applications in medicine — ●HANS KOCH
SYMM 1.4	Wed	11:00–11:30	H1	Biomedical Magnetic Resonance using Hyperpolarized Gases and Liquids — ●LAURA SCHREIBER
SYMM 1.5	Wed	11:30–12:00	H1	Recent Developments in Healthcare Biomagnetics — ●QUENTIN PANKHURST

SYMM 1.6 Wed 12:00–12:30 H1 **SQUIDs for Noninvasive Magnetogastrography** — •ALAN BRADSHAW,
LEO CHENG, ANDREW PULLAN, WILLIAM RICHARDS

Sessions

ST 1.1–1.4	Mon	10:30–11:50	H41	Advances in Radiation Detectors 1
ST 2.1–2.3	Mon	13:30–14:30	H41	Advances in Radiation Detectors 2
ST 3.1–3.4	Mon	14:30–15:30	H41	Radiation Detectors and Imaging (Poster Session)
ST 4.1–4.3	Mon	16:00–17:00	H41	Radiation Imaging
ST 5.1–5.1	Tue	8:30– 9:15	H1	NMI and MRI: Basic Physics for the Sake of Society
ST 6.1–6.6	Tue	9:30–12:45	H1	SYMR (CPP and ST): Nuclear Magnetic Resonance: From Applications in Condensed Matter Physics to New Frontiers
ST 7.1–7.10	Tue	13:45–16:15	H48	Nuclear Magnetic Resonance: Frontiers and Applications (CPP and ST)
ST 8.1–8.6	Wed	9:30–12:30	H1	Magnetism and Medicine (MA and ST)
ST 9.1–9.4	Wed	14:00–15:20	H41	Ultrasound and MRT
ST 10.1–10.9	Wed	16:00–17:00	H41	Basic and Applied Medical Physics (Poster Session)
ST 11.1–11.3	Thu	9:30–10:30	H41	High-LET Radiation Therapy 1
ST 12.1–12.5	Thu	11:00–12:40	H41	High-LET Radiation Therapy 2
ST 13.1–13.2	Thu	14:00–14:40	H41	Low-LET Radiation Therapy
ST 14.1–14.2	Thu	14:45–15:15	H41	Radiation Physics (Poster Session)
ST 15.1–15.4	Thu	15:45–17:05	H41	Biokinetic Measurements and Models

Annual General Meeting of the Radiation and Medical Physics Division

Monday 17:00–18:00 H41

- Reports
- Results of Elections
- Future Meetings
- Varia

ST 1: Advances in Radiation Detectors 1

Time: Monday 10:30–11:50

Location: H41

ST 1.1 Mon 10:30 H41

Erste Ergebnisse zur polychromatischen, gitterbasierten Phasenkontraströntgenbildgebung mit dem Medipix Detektor —

•THOMAS WEBER, PETER BARTL, JÜRGEN DURST, WILHELM HAAS, THILO MICHEL, ANDRÉ RITTER und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Die Bildgebung mittels eines Talbot - Interferometers zur Gewinnung von Phaseninformationen stellt seit einigen Jahren eine vielversprechende Erweiterung zur Erhöhung des Weichteilkontrastes bestehender, auf Absorption basierender, bildgebender Systeme dar. So kann mit Hilfe zweier Gitter und der Ausnutzung des Talbot - Effektes die von einem Objekt auf das einfallende Wellenfeld aufgeprägte Phaseninformation rekonstruiert und somit auch bei geringem Absorptionskontrast sichtbar gemacht werden.

Zur Verbesserung des Verständnisses und Optimierung dieser Art von Bildgebung bei Verwendung von polychromatischer Strahlung wurde ein Messaufbau realisiert, welcher aus einer Mikrofokusröntgenröhre zur Erzeugung kohärenter Strahlung und einem photonenzählenden, pixelierten Halbleiterdetektor der Medipixfamilie besteht. Hiermit wurden verschiedene, die Bildgebung beeinflussende, Systemparameter systematisch auf ihren Einfluss auf die Genauigkeit der Phasenbestimmung hin untersucht. In diesem Beitrag werden hierzu erste Ergebnisse präsentiert.

ST 1.2 Mon 10:50 H41

Rekonstruktion des Spektrums einfallender Röntgenstrahlung mit dem Medipix2 und einem Germaniumdetektor —•PETER SIEVERS^{1,2}, THILO MICHEL¹, GISELA ANTON¹, OLIVER HUPE² und ULRIKE ANKERHOLD² — ¹ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommelstraße 1, 91058 Erlangen — ²Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

In diesem Vortrag wird das Funktionsprinzip des photonenzählenden hybriden Pixeldetektors Medipix2 vorgestellt. Aufgrund des geringen Pixelpitch von nur 55 μm und der Verwendung von Silizium als Sensor material weicht das Spektrum der deponierten Energien in den Pixeln deutlich vom Energiespektrum der einfallenden Photonen ab. Die detailgetreue Simulation der Energieantwort des Detektors erlaubt dennoch die Berechnung von Energiespektren einfallender Röntgenstrahlung aus den mit dem Detektor gemessenen Spektrum der deponierten Energien. Das hier verwendete Entfaltungsverfahren kann auch bei nicht pixelierten Germaniumdetektoren angewendet werden, um zum Beispiel Streueffekte zu korrigieren. Das Verfahren und beispielhafte Rekonstruktionsergebnisse für beide Detektoren werden vorgestellt.

ST 1.3 Mon 11:10 H41

Ein modifiziertes Spektrumrekonstruktionsverfahren für photonenzählende Pixeldetektoren —

•PATRICK TAKOUKAM

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

Der Medipix2 und Medipix3 sind hybride photonenzählende Halbleiterdetektoren mit 256 x 256 Pixel mit einer Pixelgröße von 55 μm . Aufgrund der kleinen Pixelgröße leiden die Detektoren unter Charge Sharing: Die Ladung eines einfallenden Photons wird auf mehrere benachbarte Pixel verteilt. Dies führt dazu, dass sich das Energiedepositionsspektrum stark vom einfallenden Spektrum unterscheidet. Mit den einstellbaren Energieschwellen der Detektoren erhält man Information über die Energie der einfallenden Strahlung. Anhand dieser kann das einfallende Spektrum rekonstruiert werden.

Um den Einfluss des Charge Sharings zu korrigieren wurde der Medipix3 als Nachfolger des Medipix2 entwickelt. Der Chip hat mehr Funktionalitäten und Betriebsmodi als sein Vorgänger. Vor allem durch seinen Charge-Summing-Modus werden die negativen Auswirkungen des Charge Sharings erfolgreich reduziert. In diesem Vortrag werden simulationsergebnisse der Rekonstruktion einfallender Spektren von Röntgenphotonen mit dem iterativen Spectrum-Stripping Verfahren für den Charge-Summing-Modus des Medipix3 präsentiert. Zudem wird die Rekonstruktion mit dem iterativen Spectrum-Stripping aus Messdaten des Medipix2 vorgestellt.

ST 1.4 Mon 11:30 H41

Quantitative Materialrekonstruktion mit dem Medipix2 Detektor mit CdTe Sensor —

•EWALD GUNI, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und GISELA ANTON — ECAP, Universität Erlangen

Gegenstand aktueller Forschung im Bereich der Röntgendetektoren sind direktkonvertierende, photonenzählende Detektoren. Im Gegensatz zu herkömmlichen Messsystemen, welche die von den Röntgenphotonen im Sensor deponierte Energie integrieren, sind diese in der Lage einzelne Photonen zu zählen. Der Medipix2-Detektor ist ein solcher Detektor. Mit ihm ist es möglich Detektionsort und Energie des absorbierten Photons zu bestimmen, was zusätzliche Informationen liefert. Dieses Detektorkonzept ermöglicht es die Lage und die Quantität von Materialien in Röntgenaufnahmen zu bestimmen. Eine Anwendung ist der Nachweis von Kontrastmitteln in der medizinischen Bildgebung. Dies wurde erfolgreich mit Silizium als Sensormaterial nachgewiesen. Die Absorptionsfähigkeit von Silizium ist jedoch bei den üblichen Röntgenenergien in der medizinischen Bildgebung häufig ungenügend. Deshalb wurden in den letzten Jahren erfolgreich Versuche unternommen Verbundhalbleiter wie CdTe mit höherer Ordnungszahl Z und damit höherem Absorptionskoeffizienten mit dem Medipix2-Chip zu kombinieren. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse und Simulationen zur Materialrekonstruktion mit einem Medipix2-Detektor mit CdTe Sensor gezeigt.

ST 2: Advances in Radiation Detectors 2

Time: Monday 13:30–14:30

Location: H41

ST 2.1 Mon 13:30 H41

Entwicklung eines Detektorsystems zur spektroskopischen Überwachung der Umweltradioaktivität —•MARKUS DAMBACHER¹, ANDREAS ZWERGER¹, ELIAS HAMANN¹, CHRISTIAN DISCH¹, MICHAEL FIEDERLE¹ und ULRICH STÖHLKER² — ¹Freiburger Materialforschungszentrum, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg — ²Bundesamt für Strahlenschutz

Das Bundesamt für Strahlenschutz betreibt ein bundesweites Messnetz zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Dabei wird die natürliche und künstliche Belastung gemessen. Aktuell werden dafür Geiger-Müller-Zähler benutzt, mit denen lediglich die auftretende Strahlendosis gemessen aber keine Aussage über die dabei auftretenden Nuklide gemacht werden kann. Diese müssen genau bekannt sein, um im Falle eines radioaktiven Unfalls Sicherheitsmaßnahmen vornehmen zu können. Hierfür müssen die vorhandenen Systeme durch spektroskopische Systeme ergänzt bzw. ersetzt werden.

Der Vortrag zeigt die aktuellen Arbeiten an Detektoren auf Basis von (Cd,Zn)Te, die in einem speziellen Kontaktverfahren, dem Coplanar-

Grid Design, hergestellt wurden. Es werden Ergebnisse von radioaktiven Spektren vorgestellt, die einen Vergleich der am FMF hergestellten Detektoren mit kommerziell erhältlichen zeigen. Die dafür entwickelte Elektronik, der sogenannte GMCA (Gamma ray analysis digital filter and Multi Channel Analyzer), arbeitet mit einer digitalen Signalverarbeitung. Sie besteht aus einer Erkennung der vom Detektor eingehenden Strahlungsereignisse und der Bestimmung der dazugehörigen Pulshöhe, die in direktem Zusammenhang mit der Energie steht.

ST 2.2 Mon 13:50 H41

Real-time X-ray response of AlGaIn/GaN-HEMT devices —•MARKUS HOFSTETTER¹, JOHN HOWGATE², IAN D. SHARP², MARTIN STUTZMANN², HERWIG G. PARETZKE¹, and STEFAN THALHAMMER¹ — ¹Helmholtz Zentrum München, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg, Germany — ²Walter Schottky Institut, Technische Universität München, Am Coulombwall 3, 85748 Garching, Germany

We present the real-time X-ray irradiation response of charge and pH sensitive solution gate AlGaIn/GaN high electron mobility transistors

(HEMTs). At the interface of the two materials a fixed space charge appears due to the difference in polarisation of the materials and a two-dimensional electron gas (2DEG) is produced. The electrical properties and therefore the conductivity of the system highly depend on the chip surface potential. We could demonstrate that the devices are stable and show reproducible behavior under and following X-ray radiation at different energies, including a linear integrated response with dose into the micro-gray range. Titration measurements of devices in solution reveal that the linear pH response and sensitivity are not only retained under X-ray irradiation, but an irradiation response could also be measured. The active areas of the sensors are in the size of about 1 mm², which makes them an ideal candidate for dose determination in radiology applications. The devices are bio-compatible and can be simultaneously operated in aggressive fluids and under hard radiation. The development of this sensor device, which provides the possibility of online radiation dosimetry acquisition during biosensing applications, has a huge potential in radiation biophysics.

ST 2.3 Mon 14:10 H41

Entwicklung einer Low-Level-Radon-Referenzkammer — ●DIANA LINZMAIER^{1,2}, JÖRG LEPEL¹ und ANNETTE RÖTTGER¹ — ¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig — ²Leibniz Universität Hannover, Fakultät für Mathematik und Physik, 30167 Hannover

Um Messgeräte für die Aktivitätskonzentration von Rn-222 in Luft im Bereich deutlich unterhalb von 1000 Bq/m³ rückführbar auf SI-Einheiten zu kalibrieren, wird eine Low-Level-Radon-Referenzkammer aufgebaut. Basis des Referenzvolumens ist hierbei eine Standard-Vakuumkammer mit einem Volumen von 0,5 m³. Für die Darstellung der Einheit bei derart geringen Radon-Aktivitätskonzentrationen wird ein hochsensitives Transfernormal in Form einer großvolumigen Vieldraht-Impuls-Ionisationskammer mit der dazugehörigen Auslese-elektronik entwickelt. Um die Spektrometrie der Alpha-Teilchen zu optimieren, werden zur Zeit verschiedene Geometrien von Ionisationskammern getestet. In der Präsentation wird das Messverfahren zusammen mit ersten Ergebnissen vorgestellt.

ST 3: Radiation Detectors and Imaging (Poster Session)

Time: Monday 14:30–15:30

Location: H41

ST 3.1 Mon 14:30 H41

Prediction and analysis of the time and energy resolution of scintillation-detectors by Monte-Carlo simulations — ●MATTHIAS NAGL¹, ARNOLD KRILLE², ULRICH VETTER¹, REINHARD KRAUSE-REHBERG², and HANS HOFSSÄSS¹ — ¹Georg-August-Universität Göttingen, II. Physikalisches Institut, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen, Germany — ²Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Physik, von-Danckelmann-Platz 3, 06120 Halle, Germany

A Monte-Carlo model for the emergence of scintillation-detector-signals is presented that allows for the prediction of certain scintillator-photomultiplier combinations' time and energy resolutions while relying primarily on their basic data-sheet properties like light yield, decay time, quantum efficiency, and transit time spread. At the same time the model provides a deeper understanding of the performance limiting factors and stimulates the development of improved methods for the analysis of detector output signals. The simulation results are compared to high-speed digitizer measurements of signals from a number of widely used scintillation materials like LYSO, BaF₂, LaBr₃, NaI, and others.

ST 3.2 Mon 14:30 H41

Dynamical behaviour and spectroscopic studies on inorganic scintillators for high current ion beam operation — ●BEATA WALASEK-HOEHNE¹, EIKO GUETLICH^{1,2}, PETER FORCK¹, and WOLFGANG ENSINGER² — ¹GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research, Darmstadt, Germany — ²Technical University Darmstadt, Germany

Scintillation screens are widely used for qualitative transverse beam profile monitoring in accelerator facilities. However, precise measurements might yield ambivalent results, especially for high beam current operation. At GSI, Helmholtz Centre for Heavy Ion Research, the optical properties of different inorganic scintillating screens under irradiation with ion beams are studied. Various ion beams in the energy range from 4.8 to 11.4 MeV/u are applied with currents up to some mA.

Investigations are not only focused on the well-known sensitive scintillators but also on ceramics offering a higher radiation tolerance.

For the data evaluation the image of each ion beam pulse was recorded and individually analysed. The obtained results as light yield, beam width and higher statistical moments are discussed. The light yield and the beam width show a dependence on the used scintillator material and change significantly with the screen temperature, which increases during beam impact. As a comparison to the obtained screen profiles, scraper based method was used. Furthermore the optical spectra in the range of 350-750 nm of the scintillating screens were recorded with an imaging spectrograph. For some materials the spectra of scintillating light differs significantly for light and heavy ion impact.

ST 3.3 Mon 14:30 H41

Medical imaging with laser-driven x-ray sources — ●BERNHARD MÜLLER^{1,2}, CHRISTOPH HOESCHEN¹, FLORIAN GRÜNER², and HELMUT SCHLÄTTL¹ — ¹Helmholtz Zentrum München, German Research Center for Environmental Health, Institute of Radiation Protection, Neuherberg, Germany — ²Ludwig-Maximilian-University, Department for Physics, Garching, Germany

Brilliant X-ray sources offer a variety of new possibilities in medical imaging. The development of laser-driven X-ray undulator sources will provide radiation with properties superior to that of conventional X-ray sources resulting in an optimized relation between image quality and applied dose. In addition to optimized absorption imaging new techniques are possible with these sources. The properties of laser-driven X-ray source with regard to medical imaging have been investigated and the process of image formation has been simulated with Monte-Carlo techniques. The first feasible applications lie in the field mammography and are therefore the main subject of the first investigations. These show the advantages of brilliant x-ray radiation in medical imaging and the application of imaging techniques like energy resolved imaging and coherent scatter imaging.

ST 3.4 Mon 14:30 H41

MAR in CBCT using reconstructed data and mutual information realignment — ●MANUEL MEILINGER^{1,2}, CHRISTIAN SCHMIDGUNST², OIVER SCHÜTZ², and ELMAR LANG¹ — ¹Computational Intelligence and Machine Learning Group, Institut für Biophysik, Universität Regensburg, Regensburg, Deutschland — ²Siemens Healthcare, Erlangen, Deutschland

High-density objects, especially metal implants or particles, generate various artifacts in cone-beam computed tomography (CBCT) images much like in computed tomography images. We present a novel method for metal artifact reduction in CBCT images via virtual replacement of the corrupted information in the 3D volume with objects of identical geometry but convenient attenuation coefficients. An additional correction based on mutual information needs to be applied to the distorted reconstruction and projection in case of CBCT images to compensate for artifacts due to mechanical instabilities of mobile C-arm systems. A reconstruction of the adapted 2D projection images generates a second 3D volume, where the original metal objects are replaced by tissue and the streak-like artifacts are clearly reduced. After that the segmented metal parts of the first 3D volume must be transferred into the metal and artifact free 3D volume of the second reconstruction. The proposed method is applied to clinical images and shows superior performance. The resulting reconstructed images show much reduced streak-like artifacts and related shadows.

ST 4: Radiation Imaging

Time: Monday 16:00–17:00

Location: H41

ST 4.1 Mon 16:00 H41

Charakterisierung und Optimierung von Phasenkontrast-Röntgenbildgebung mittels simulativer Ansätze — ●PETER BARTL, JÜRGEN DURST, WILHELM HAAS, THILO MICHEL, ANDRE RITTER, THOMAS WEBER und GISELA ANTON — Universität Erlangen, ECAP - Novel Detectors/Medical Physics, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen, Germany

Im Beitrag wird ein Simulationsansatz zur Phasenkontrast-Röntgenbildgebung vorgestellt, der ein Talbot-Laue-Interferometers im Röntgenenergiebereich detailliert beschreiben soll. Dazu wird sowohl die Wellen- als auch die Teilchencharakteristik von Photonen berücksichtigt. Der modulare Simulationsaufbau enthält alle physikalischen Einflüsse des Interferometers und zudem eine partiell kohärente Röntgenquelle sowie eine energie- und ortsabhängige Detektorantwort. Die Simulation liefert die drei Messgrößen des Phasenkontrast-Interferometers: Absorption, differentieller Phasenschub und Visibilität. Die Abhängigkeiten der Bildgebungsmethode wurden auf verschiedene System-Einflüsse untersucht, wie zum Beispiel geometrische Gitterparameter, Kohärenz des Wellenfeldes (zeitlich und räumlich) oder unterschiedliche Detektoreigenschaften. Als Demonstrationsobjekt für medizinische Anwendungen wurde das Potenzial der Bildgebungsmethode anhand eines Kopfphantoms exemplarisch simuliert.

ST 4.2 Mon 16:20 H41

Charakterisierung des Rauschens in der Computertomographie unter Verwendung der räumlichen Definition der SNR — ●CLAUDIA BRUNNER^{1,3}, STEFANIE HUROWITZ², SAMIR ABBOUD², CHRISTOPH HOESCHEN³ und IACOVOS KYPRIANOU² — ¹Klinikum rechts der Isar, München, Deutschland — ²US Food and Drug Administration, USA — ³Helmholtz Zentrum München, Deutschland

Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) wird normalerweise unter Verwendung der Modulationsübertragungsfunktion (MTF) und des Rauschleistungsspektrums (NPS) bestimmt, die für analoge Film-Folien-Systeme entwickelt wurden, und auf optisch motivierter Fourieranalyse basieren. Bei der Übertragung auf digitalisierte Systeme mussten einschränkende Annahmen, wie z.B. die Zyklostatizität des Rauschens gemacht werden. Da aber bildgebende Systeme diese

Annahmen nicht erfüllen, wird bei deren Verwendung ein Fehler eingeführt. Die räumliche Definition der SNR erlaubt die Bestimmung der SNR, ohne dass diese Annahmen gemacht werden müssen. Dabei wird das Rauschen mittels der Analyse der Kovarianzmatrix bestimmt und der Kontrast wird mit Hilfe des Hotelling-Betrachters berechnet. Dieses Konzept wurde in dieser Arbeit erstmalig auf die Computertomographie übertragen. Dazu wurden CT-Daten nach diesem Verfahren ebenso wie mit herkömmlichen Methoden ausgewertet und miteinander verglichen. Sowohl beim Kontrast als auch beim Rauschen ergaben sich klare Unterschiede, die dazu führten dass die berechnete SNR deutlich von der verwendeten Methode abhängt.

ST 4.3 Mon 16:40 H41

Detektion kleiner Veränderungen im Schlagvolumen von Mäuseherzen mittels Röntgenabbildung — ●MORITZ GUTHOFF¹, WIM DE BOER¹, UTE SCHEPERS², MIKE SCHMANAU¹ und VALERY ZHUKOV¹ — ¹Institut für Experimentelle Kernphysik, Karlsruher Institut für Technologie — ²Institut für Toxikologie und Genetik, Karlsruher Institut für Technologie

Bei der Entwicklung neuer Medikamente werden häufig Mäuse als Testobjekte eingesetzt. In manchen Fällen muss dabei die Herzfunktion überwacht werden. Eine gängige Methode dabei ist die Verwendung von Herzkathetern. Dieses Verfahren ist jedoch teuer, aufwendig und stellt einen Eingriff in das zu messende System dar. Häufig tragen die Mäuse dabei Verletzungen davon und können im Experiment nicht mehr weiter verwendet werden. In einem neuen Projekt am IEKP soll ein Verfahren entwickelt werden, um das Schlagvolumen mittels Röntgenabbildung zu bestimmen. Da Mäuseherzen mit 400 bis 600 Schlägen pro Minute zu schnell für gängige hochauflösende Röntgenkameras sind, werden kurze Röntgenblitze zur Momentaufnahme verwendet. Ein neu entwickelter Shutter erzeugt Röntgenblitze von 6ms Dauer aus einer kontinuierlich strahlenden Röhre. Die Bildnahme wird von einem EKG getriggert. Eine elektronisch einstellbare Verzögerungseinheit löst dann den Röntgenblitz zur gewünschten Herzphase aus. Aus Bildern mit minimalem und maximalem Herzvolumen kann das Schlagvolumen berechnet werden. Mittels Bildauswertung wird ein zum Schlagvolumen proportionaler Wert ermittelt. Veränderungen nach verabreichen eines Medikaments können somit bestimmt werden.

ST 5: NMI and MRI: Basic Physics for the Sake of Society

Time: Tuesday 8:30–9:15

Location: H1

Plenary Talk

ST 5.1 Tue 8:30 H1

NMR and MRI: Basic Physics for the Sake of Society — ●RICHARD R. ERNST — Laboratorium für Physikalische Chemie, ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Strasse 10, 8093 Zürich, Switzerland

Nuclear Magnetic Resonance (NMR) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) became indispensable tools in physics, chemistry, biology,

and medicine with numerous applications that are highly relevant for enhancing our understanding of nature and for diagnosing diseases. It is narrated how a fundamental physics experiment took all the way into the medical clinical practice and became useful even for exploring psychological phenomena. George E. Pake has once said: "Magnetic resonance imaging is an irrefutable testimonial to the enormous value of basic research."

ST 6: SYMR (CPP and ST): Nuclear Magnetic Resonance: From Applications in Condensed Matter Physics to New Frontiers

Time: Tuesday 9:30–12:45

Location: H1

Invited Talk

ST 6.1 Tue 9:30 H1

NMR with a Magnetic Resonance Force Microscope — ●BEAT H. MEIER, KAI EBERHARDT, JOSS ROSMARIE, and TOMKA IVAN — Physical Chemistry, ETH Zurich

Magnetic Resonance Force Microscopy (MRFM) is a sensitive method to detect magnetic resonance in small volume elements and has the potential to be used for magnetic resonance imaging (MRI) on the nanoscale. As with MRI, MRFM is not limited to the three spatial dimensions. Spectroscopic dimensions can be added, providing detailed chemical and structural information at the atomic level. The talk will introduce the basic principles of imaging with the microscope and discuss the available spectral information, e.g. from dipolar and

quadrupolar interactions and - most demanding but most useful - from chemical shift.

Invited Talk

ST 6.2 Tue 10:00 H1

Probing Novel Electronic States in Strongly Correlated Electron Materials Using NMR and NQR — ●NICHOLAS CURRO — Department of Physics, University of California, Davis CA 95616, USA

In the last two decades several new materials have been discovered which exhibit strong electron-electron interactions that lead to novel ground states such as superconductivity, coexisting antiferromagnetism and superconductivity, and "hidden" order. NMR/NQR are ideal probe of these new states, several of which only emerge

under extreme conditions in high magnetic fields, low temperatures and high pressures. By taking advantage of the hyperfine interaction, NMR/NQR can provide detailed information about order parameters and their dynamics throughout the phase diagram of these systems. Furthermore, NMR provides a local spectroscopy of the response of these systems to impurity doping. Several heavy fermion and iron pnictide materials will be discussed.

Invited Talk ST 6.3 Tue 10:30 H1
Interplay of Structure and Dynamics in Macromolecular and Supramolecular Systems as Revealed by NMR Spectroscopy — ●HANS WOLFGANG SPIESS — Max-Planck-Institute for Polymer Research, Mainz, Germany

Traditionally, the determination of structure and the elucidation of dynamics of matter are considered separately. With the advancement of characterization techniques, however, this separation becomes more and more artificial. For instance, advanced solid state NMR spectroscopy provides information on the geometry and the time scale of molecular motions independently. This site selective and specific information is highly valuable, as in soft matter function of complex synthetic as well as natural systems is often achieved by separating regions of order and disorder. Incompatibility of building blocks, e.g., backbone and side groups in macromolecules, or non-covalent interactions, such as hydrogen bonds, ionic forces or pi-pi interactions lead to self organization, in which the different units are spatially separated and may display different dynamics. Solid state NMR techniques combining fast magic angle spinning (MAS) and double quantum (DQ) NMR spectroscopy provide site-specific information about these aspects and their relation to processing and function of the materials, e.g., proton- and photoconductivity.

15 min. break

Invited Talk ST 6.4 Tue 11:15 H1
Big times for small NMR — ●BERNHARD BLÜMICH — RWTH Aachen University, ITMC, Worringerweg 1, D-52056 Aachen, Germany
 NMR is most widely known for diagnostic imaging in medicine and molecular analysis in chemistry. The measurement procedure requires magnetic fields and radio-frequency waves. The largest component of an NMR machine is the magnet. While the electronics are shrinking noticeably over the years, the magnets become bigger as higher field strength is realized. Small magnets can be built from permanent magnet material at field strengths common four decades ago. Recent advances in magnet design have led to desktop magnets and miniature magnets that surround the sample in the conventional way and in magnets that accommodate the object in the stray field for relaxation analysis, imaging, and high-resolution spectroscopy. Such magnets are inexpensive and portable. Their availability makes a diversity of studies possible, which are out of question for high-field superconducting magnets. These are high-throughput analysis by parallel operation of many spectrometers, in-line monitoring with long-time use of an NMR

machine in one application, NMR analysis at the site of the object, and NMR analysis in dangerous environments. The advances in building small NMR magnets are summarized, and the use of small-scale NMR devices is demonstrated with applications to chemical engineering, medicine, and materials testing.

Invited Talk ST 6.5 Tue 11:45 H1
Traveling-Wave MRI — ●KLAAS PRÜSSMANN — Institute for Biomedical Engineering, ETH and University of Zurich, Switzerland

High-field magnets of sufficient inner diameter permit the formation of axially traveling RF waves at NMR frequencies. Such traveling waves can be exploited to excite and detect NMR across large distances. This principle has been demonstrated in a wide-bore 7T magnet with an inner RF screen of 58 cm in diameter, using a patch antenna for RF transmission and reception. Proton NMR spectra of an ethanol solution have been obtained at antenna distances up to more than 3 m. In high-field MRI of humans the traveling-wave approach has the potential to improve RF uniformity, as illustrated by initial in-vivo results. The presentation will also include brief discussions of the reciprocity and efficiency of traveling-wave probes, wave impedance matching, and propagation-related phase delays. Finally it will address the feasibility of using multiple waveguide modes for establishing spatial diversity of RF fields, which underlies the practically important concepts of RF shimming and parallel MRI.

Invited Talk ST 6.6 Tue 12:15 H1
Life on the Edge: The Origins and Proliferation of Protein Misfolding Diseases — ●CHRISTOPHER M. DOBSON — University of Cambridge, Department of Chemistry, Lensfield Road, Cambridge CB2 1EW, UK

The failure of proteins to fold, or to remain correctly folded, can give rise to serious cellular malfunctions that frequently lead to disease. One particularly important group of such diseases is associated with the aggregation of misfolded proteins into thread-like structures known as amyloid fibrils, and includes disorders ranging from Alzheimer's disease to late-onset diabetes. The manner in which the normal soluble forms of peptides and proteins can convert into these pathogenic amyloid structures is being uncovered by a wide variety of in vitro experimental studies along with theoretical simulations and bioinformatics studies [Dobson and Chiti, *Annu. Rev. Biochem.* 75, 333-366 (2006)]. As with folding, these studies are increasingly being linked to events occurring in vivo using a variety of strategies. Of particular interest are experiments designed to link the principles of misfolding and aggregation to the effects of such processes in model organisms such as *Drosophila* (the fruit fly). This talk will try to draw together some of the ideas that are emerging from recent in our laboratory based on NMR spectroscopy, including evidence for the extremely narrow boundary between normal and aberrant behaviour [Tartaglia et al., *Trends Biochem. Soc.* 32, 204-206 (2007)], and how this concept sheds light on the origin, current proliferation and potential means of prevention of the associated diseases.

ST 7: Nuclear Magnetic Resonance: Frontiers and Applications (CPP and ST)

Time: Tuesday 13:45–16:15

Location: H48

ST 7.1 Tue 13:45 H48
Probing the Assembly and Dynamics of Graphene-Inspired Molecular Wires by Solid-State NMR Spectroscopy — ●MICHAEL RYAN HANSEN, ROBERT GRAF, DANIEL SEBASTIANI, and HANS-WOLFGANG SPIESS — Max Planck Institute for Polymer Research

Molecular wires based on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a promising class of materials for future applications in nano-scale electronic devices. Critical for the performance of such wires are their molecular assembly, which on the NMR length and time scales translates into the local packing arrangement, molecular dynamics, and pitch angle(s) between successive molecules. Here, we show that solid-state NMR in combination with MD and ab-initio calculations can provide unique information with respect to these structural features. To illustrate this we examine two perylene tetracarboxydiimides (PDIs) with different side chains attached and a larger triangular-shaped PAH. Specifically, we measure ¹H chemical shifts using fast MAS and their spatial connectivities through 2D ¹H-¹H DQ-SQ correlation spectra

and probe the molecular dynamics via ¹H-¹³C heteronuclear dipolar couplings. To support the experimental findings we have performed CPMD-NMR calculations to reveal the effects of packing on the ¹H chemical shifts for the PDIs, including an estimate of the line broadening due to local disorder. This provides a series of finger prints for different pitch angles between neighboring molecules, that are closely related to the electronic conduction properties of the supramolecular stacks.

ST 7.2 Tue 14:00 H48
NMR studies of benzene mobility in microporous metal-organic framework MOF-5 — ●STEFAN HERTEL¹, SAEED AMIRJALAYER², MARKUS WEHRING¹, ROCHUS SCHMID², and FRANK STALLMACH¹ — ¹Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Deutschland — ²Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Chemie und Biochemie, Deutschland

Microporous metal-organic frameworks (MOF) are crystalline coordination polymers with regular three dimensional pore networks. These

pore networks enable adsorption and diffusion of guest molecules. Molecular Dynamics (MD) simulations show that benzene has a liquid-like mobility inside the pores of MOF-5. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) methods allow experimental access to guest mobilities inside such pore networks. This report presents the results of pulsed field gradient NMR (PFG NMR) self-diffusion measurements of benzene adsorbed in MOF-5. In these experiments multi-exponential spin echo decays were observed, which are usually caused by different phases of self-diffusion. These different phases of benzene mobility were unexpected for diffusion of molecules inside an isotropic framework and have to originate in the host-guest and guest-guest interaction. By modern diffusion-relaxation correlation spectroscopy (DRCOSY) translational self-diffusion and microscopic relaxation behavior were correlated. Together with magic angle spinning (MAS) NMR spectroscopy these investigations reveal that the faster component of the diffusion coefficients can be assigned to diffusion inside the porous crystal structure of MOF-5.

ST 7.3 Tue 14:15 H48

Exploring the limits to spatially resolved NMR — ACHIM GÄDKE^{1,2} and ●NIKOLAUS NESTLE^{1,3} — ¹TU Darmstadt, Institute of condensed matter physics, Germany — ²Present address: Victoria University of Wellington, New Zealand — ³Present address: BASF SE, GKC/R, Ludwigshafen, Germany

Recent advances in MRI have demonstrated resolutions down to 1 μm . Magnetic resonance force microscopy has the potential to reach sensitivity for single nuclear spins. Given these numbers, in vivo imaging of single cells or even biomacromolecules may seem possible. However, for in vivo applications, there are fundamental differences in the contrast mechanisms compared to MRI at macroscopic scales as the length scale of molecular self-diffusion exceeds that of the spatial resolution on the NMR time scale. Those effects - which are fundamentally different from the echo attenuation in field gradient NMR - even may lead to general limitations on the spatial resolution achievable in aqueous systems with high water content. In our contribution, we explore those effects on a model system in a high-resolution stray-field imaging setup. In addition to experimental results, simulations based on the Bloch-Torrey equation will be presented.

ST 7.4 Tue 14:30 H48

Polymers under mechanical stress- an NMR investigation — ●UTE BÖHME¹, BO XU², JOHANNES LEISEN², HASKELL W. BECKHAM², and ULRICH SCHELER¹ — ¹Leibniz Institute of Polymer Research Dresden — ²Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia

Low-field NMR using permanent magnets in Halbach arrangements permit NMR investigation without the limits present in high-field NMR. The lower field in conjunction with confined stray field permit the application of NMR, in particular relaxation NMR in a stretching apparatus and a rheometer [1,2]. Crystalline and amorphous fraction of semi-crystalline polymers are distinguished by their transverse relaxation times. Upon mechanical load the relaxation times of the amorphous fraction changes as seen in in-situ measurements on polypropylene rods. During the formation of a neck the crystalline fraction becomes more prominent.

[1] S. Kahle et.al., K GK- Kautschuk Gummi Kunststoffe 61 (2008), 92.

[2] G. Mazzanti et.al., J. Am. Oil Chem. Soc. 85 (2008), 405.

ST 7.5 Tue 14:45 H48

Segmental Order in Polymer Networks — ●JENS-UWE SOMMER — Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Hohe Strasse 6, 01069 Dresden, Germany

Polymer networks are structurally and topologically disordered soft solids. We consider orientation order of chain segments in polymer networks to relate NMR-experiments with molecular models of polymer networks [1,2]. We derive a general relation between segmental order and local forces acting on a chain under external constraints. Using this result, we consider good solvent conditions and we show that the solvent plays a crucial role for the tensor order parameter. In particular, we show that the tensor order parameter decreases due to excluded volume interactions. Using analytical results and scaling arguments we derive a universal behavior for the order parameter with respect to the equilibrium degree of swelling which can be experimentally verified [2]. In the light of these observation we discuss several microscopic models of network swelling. Using the general relation between local forces on chain bonds and the tensor order parameter

we further discuss possible observations on structurally regular networks such as obtained recently in experiments based on force-balance arguments, as well as the role of entanglements.

[1] J.-U. Sommer and K. Saalwächter, European Phys. J. E 18 (2005) 167-182

[2] J.-U. Sommer, Walter Chassé, Juan López Valentín, and Kay Saalwächter, Phys. Rev. E 78, 051803 (2008)

ST 7.6 Tue 15:00 H48

Ultrafast velocity-mapping in microfluidic setups — ●EVA PACIOK, ANDREA AMAR, FEDERICO CASANOVA, and BERNHARD BLÜMICH — ITMC, RWTH Aachen University, Germany

NMR in combination with designated rf coils has proven to be a powerful tool for the investigation of microfluidic setups, e.g. microreactors, micromixers and fluid drops, since it has the potential to reveal both spectroscopic, spatial and velocity information non-invasively. Despite the high spatial resolution NMR offers, the temporal resolution of NMR imaging and velocity mapping experiments in microfluidics has been low so far, because the application of ultrafast NMR velocity mapping methods to microfluidics has failed. These methods are based on multi-echo generation give rise to problems concerning magnetic field inhomogeneities (EPI), rf field inhomogeneities (PGSE-RARE) and velocity/acceleration limitations (EPI and PGSE-RARE).

In this work, we exploit the advantages of the FLIESSEN (Flow Imaging Employing a Single Shot ENcoding) pulse sequence, a new ultrafast RARE-based imaging and velocity mapping method. An adjusted phase encoding strategy and a frequent update of velocity encoding during the multi-echo train makes FLIESSEN highly resilient to field inhomogeneities and velocity/acceleration effects. The performance of this technique is demonstrated on acetone flow in a microstructured phantom. Using FLIESSEN and a surface rf coil, high-fidelity 2D velocity maps were acquired within seconds.

ST 7.7 Tue 15:15 H48

Structural characterization of lyotropic lamellar phases by NMR spectroscopy — BRUNO MEDRONHO^{1,2}, MARIA G. MIGUEL¹, ULF OLSSON², and ●CLAUDIA SCHMIDT³ — ¹Department of Chemistry, University of Coimbra, 3004-535 Coimbra, Portugal — ²Physical Chemistry, Center of Chemistry and Chemical Engineering, Lund University, Box 124, 221 00 Lund, Sweden — ³Department of Chemistry, University of Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, Germany

The lyotropic lamellar L_α phase is usually considered to consist of stacks of extended parallel layers. However, the application of shear may lead to defect structures consisting of close-packed multilamellar vesicles, also known as onions. Furthermore, it has been suggested that an intermediate structure of multilamellar cylinders occurs during the transformation from layers to vesicles. In this contribution we will give an overview on what kind of structural information can be obtained by deuterium NMR spectroscopy applied in situ under shear. It will be shown how different structures can be distinguished, how onions can be formed and destroyed by the application of shear and how the onion size can be measured on the basis of an NMR line shape analysis.

ST 7.8 Tue 15:30 H48

Complete NMR spectral assignment in gibbsite by first-principle calculations — ●ANASTASIA VYALIKH and ULRICH SCHELER — IPF Dresden, Hohe Str. 6, D-01069 Dresden, Germany

The structure of the mineral gibbsite is often considered as a representative of many alumino-silicate clay minerals, and therefore we use it in the present study as a model compound to establish the suitability of the computational method. Here we apply a gradient-corrected DFT method with a plane-wave basis set to assign the crystallographically distinct Al sites in gibbsite and to relate them to the hydroxide network. The experimental observation is based on high-resolution solid-state ²⁷Al NMR and ¹H CRAMPS (combined rotation and multiple spectroscopy) data. On the basis of DFT calculations, the ¹H CRAMPS signals have been attributed to six symmetry independent hydrogen atoms and ascribed to two distinct types associated with intralayer and interlayer hydrogen bonds. The ²⁷Al NMR spectrum shows signals for octahedral aluminium only, however with two distinguished signals. The correlation between experimental and theoretical NMR parameters demonstrates that the character of the hydrogen bonds formed by the hydroxide ions is responsible for the structural differentiation of Al sites. That is, the Al-I site (CQ=4.2 MHz) is surrounded by the OH-groups participating in 4 intralayer and 2 interlayer hydrogen bonds, while the Al-II site (CQ=2.4 MHz) is coordinated by

the hydroxides, 2 of which point towards the intralayer cavities and 4 OH-bonds are aligned towards the interlayer gallery.

ST 7.9 Tue 15:45 H48

Heparin-polynitroxide derivatives: biocompatible polarizing agents for dynamic nuclear polarization (DNP) — ●BJÖRN C. DOLLMANN¹, ANDREI L. KLESCHYOV², VASILY SEN³, VALERY GOLUBEV³, LAURA SCHREIBER⁴, KERSTIN MÜNNEMANN¹, and DARIUSH HINDERBERGER¹ — ¹Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz, Germany — ²Second Department of Medicine, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany — ³Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia — ⁴Johannes Gutenberg University Medical Center, Mainz, Germany

A versatile and biocompatible class of spin-labeled macromolecules was investigated by electron spin echo-detected (ESE) electron paramagnetic resonance (EPR), continuous-wave (CW) EPR, double electron-electron resonance (DEER) and dynamic nuclear polarization (DNP). These heparin macromolecules could be utilized for *in vivo* magnetic resonance imaging (MRI DNP enhanced) and EPR imaging (EPRI). The distance distributions of the spin labels were measured and compared with the crystallographic structure of heparin. All presented heparin-polynitroxides show reasonably high ¹H DNP enhancement factors up to $E = -108$. The heparin-polynitroxides intrinsically feature high dipolar electron spin-electron spin coupling frequencies ν_{dd} . Together with the finding that the best ¹H-signal enhancements are found in the low concentration region, this proves the influence of the anisotropic electron spin distribution on DNP in liquids at room tem-

perature.

ST 7.10 Tue 16:00 H48

Structure of Phage SPP1 Head-to-Tail Connector Reveals Gating Mechanism for DNA Ejection: an EM and NMR study — MATTHIEU GALLOPIN¹, SOPHIE LHULLIER², BERNARD GILQUIN¹, SANDRINE BRASILÈS², ELENA ORLOVA³, JOËL COUPRIE¹, PAULO TAVARES², and ●SOPHIE ZINN-JUSTIN¹ — ¹Laboratoire de Biologie Structurale et Radiobiologie, iBiTec-S, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, France — ²Unité de Virologie Moléculaire et Structurale, UMR CNRS 2472, UMR INRA 1157 and IFR 115, Gif-sur-Yvette, France — ³Department of Crystallography, Birkbeck College, University of London, London, UK

Understanding the principles that govern macromolecular assembly is a current challenge for biochemists, molecular biologists, and structural biologists. Assembly of bacterial virus (bacteriophages) particles is a highly suitable system to investigate the molecular mechanisms that support efficient formation of a complex macromolecular machine and its function. A large number of phages and eukaryotic viruses use a portal system to control genome entry and exit from their capsids. The portal and head completion proteins form the viral head-to-tail connector. The pseudo-atomic structure of the complete closed connector of tailed bacteriophage SPP1 was determined (Lhuillier et al., PNAS 2009). Opening of the connector and DNA ejection from virions was reproduced *in vitro* by adding the host purified receptor YueB. These achievements recommend SPP1 as an excellent system to investigate the structural organization and dynamics of the viral DNA gatekeeper.

ST 8: Magnetism and Medicine (MA and ST)

Time: Wednesday 9:30–12:30

Location: H1

Invited Talk

ST 8.1 Wed 9:30 H1

Magnetic resonance imaging: an ongoing success story — ●JENS FRAHM — Biomedizinische NMR Forschungs GmbH, Am Fassberg 11, 37070 Goettingen, Germany

The fascinating development of magnetic resonance imaging (MRI) started more than 35 years ago when Paul Lauterbur published a seminal paper on an imaging method based on nuclear magnetic resonance (NMR). Since then, MRI evolved from a toy for physicists to one of the most important tools in diagnostic imaging, with almost 100 million examinations per year worldwide. In addition, noninvasive MRI studies of experimental animals (e.g., genetically modified mice) play a unique role in translational biomedical research linking advances in molecular biology to studies of human patients. The main driving force behind the large range of diverse MRI methods and applications is the quest for image quality, specificity, and speed. This presentation will illustrate some of these developments by focusing on selected examples. Specific topics include the MRI access to human brain function and the underlying axonal connectivity and fiber architecture. The talk will further address recent progress in real-time MRI yielding movies with up to 40 frames per second. Such techniques exploit non-Cartesian radial encoding schemes and iterative image reconstructions using regularized nonlinear inversion.

Invited Talk

ST 8.2 Wed 10:00 H1

Biomedical nanomagnetism: A spin through new possibilities — ●KANNAN KRISHNAN — University of Washington, Seattle, USA

Two of the principal challenges in biomedicine are the detection of disease at the earliest possible time prior to its ability to cause damage (diagnostics and imaging) and delivering treatment at the right place, at the right time whilst minimizing unnecessary exposure (targeted therapy with a triggered release). In this context, we have been developing theranostic magnetic nanoparticles (TMN) with tailored properties for high moment or high frequency applications, optimized for localized heating, MRI contrast enhancement and triggered drug release, and individually conjugated for specific functionality. Advantages of these TMNs include (a) the flexibility and precision with which the physical properties of the nanoparticle core – size, size distribution, MRI relaxivity, magnetic relaxation dynamics and pH-sensitivity – can be tailored and optimized. (b) their functionality as ultrasmall and ultrasensitive MRI contrast agents with competitive performance suggesting lower dose and increased penetration. (c) the optimized properties

of these TMNs to generate heat locally and the therapeutic potential that this feature implies. (d) their biocompatibility and very low cytotoxicity and (e) their potential for the development of a magnetic particle imaging microscope – an inexpensive, quantitative nanoimaging platform for meaningful dosimetry. Details of our current work in these areas, including translational application, primarily focused on detection and treatment of cancer, will be discussed.

Invited Talk

ST 8.3 Wed 10:30 H1

Recent SQUID applications in medicine — ●HANS KOCH — Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Berlin

An overview will be presented on more recent applications of SQUID sensor systems in medicine, namely in the fields of magnetoencephalography, magnetic nanoparticle probes, and low field magnetic resonance. As a particular aspect the merits of these applications will be highlighted with respect to the grand competition of magnetic resonance imaging.

Invited Talk

ST 8.4 Wed 11:00 H1

Biomedical Magnetic Resonance using Hyperpolarized Gases and Liquids — ●LAURA SCHREIBER — Section of Medical Physics, University Medical Center, Mainz, Germany

Biomedical magnetic resonance imaging (MRI) is an inherently insensitive methodology since it requires mmol amounts of the detected nuclei. Therefore, MRI of respiratory gases (O₂, CO₂, N₂) is not feasible *in-vivo*. Sophisticated hyperpolarization techniques, i.e. optical pumping of nuclear states, increase the nuclear polarization of the noble gases ³He and ¹²⁹Xe by five orders of magnitude and thus permit a direct imaging of the inhaled gases as they distribute within the lung of a human subject. Therefore, assessment of human lung ventilation becomes feasible. Moreover, techniques have been developed to measure functional lung parameters like intrapulmonary oxygen concentration or the integrity of the alveoli using hyperpolarized gases.

Hyperpolarization of liquids has also become feasible recently using Dynamic Nuclear Polarization (DNP) or Parahydrogen Induced Polarization (PHIP) techniques. This is of particular interest for low sensitivity nuclei like ¹³C where measurement times are long. Now metabolic studies with DNP- or PHIP-hyperpolarized ¹³C-labeled substances have become feasible with measurement times on the order of seconds, thus permitting non-invasive assessment of reaction kinetics *in-vivo*.

Invited Talk ST 8.5 Wed 11:30 H1
Recent Developments in Healthcare Biomagnetics —
 ●QUENTIN PANKHURST — Director, Davy-Faraday Research Laboratory, The Royal Institution of Great Britain, 21 Albemarle Street, London W1S 4BS

Healthcare biomagnetics - the sensing, moving and heating of magnetic nanoparticles in vitro or in the human body - is a rapidly changing field that is attracting a great deal of interest worldwide. It offers the potential to develop safe and convenient alternatives for a diverse range of therapeutic and diagnostic healthcare applications, using injectable materials of proven safety and reliability. In doing so, it makes use of the three fundamental action-at-a-distance properties of magnetic materials - their ability to act as remote sensors, mechanical actuators, and heat sources. The versatility of the field is leading to the emergence of multi-modal applications, combining two or more of the sensing-moving-heating properties in the same product. Similarly, certain applications are now entering or are close to beginning Phase I/II clinical trials, or in the case of in vitro products, are already entering the marketplace. In this lecture some recent developments in the field will be described and discussed.

Invited Talk ST 8.6 Wed 12:00 H1

SQUIDS for Noninvasive Magnetogastrography — ●ALAN BRADSHAW^{1,2}, LEO CHENG³, ANDREW PULLAN³, and WILLIAM RICHARDS⁴ — ¹Vanderbilt University, Nashville, TN — ²Lipscomb University, Nashville, TN — ³Auckland University, Auckland, NZ — ⁴University of South Alabama, Mobile, AL

The magnetogastrogram (MGG) and magnetoenterogram (MENG) have been studied over the past 20 years to assess digestive and motility issues in the stomach and small bowel. While the electrogastrogram (EGG) is capable of measuring frequency dynamics of the stomach's electrical activity, spatiotemporal analyses afforded by multichannel magnetogastrography may prove critical to the assessment of stomach disorders such as gastroparesis. Our recent results from MGG measurements and modeling suggest differences in gastric slow wave propagation between normal controls and diabetic gastroparetics. The electroenterogram (EENG) is not readily recordable in most subjects because of the intervening fat layers, but the MENG is less susceptible to volume conduction effects because of the relative similarity of the magnetic susceptibility of tissue and air. Mesenteric ischemia is a potentially deadly disease characterized by dysrhythmias of the intestinal electrical activity. These dysrhythmias can be detected in the MENG, and our recent studies are investigating the threshold at which effects can be discerned.

ST 9: Ultrasound and MRT

Time: Wednesday 14:00–15:20

Location: H41

ST 9.1 Wed 14:00 H41
Ultraschallinduzierte Kontraste in der Magnetresonanztomographie — ●PETER WOLF, CHRISTIAN HÖHL, FAHIME JAHANBAKSH, FELIX REPP und KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn

Magnetische Nanopartikel (NMPs) sind in der NMR Relaxationszentren und werden deshalb in der Magnetresonanztomographie (MRT) als Kontrastmittel eingesetzt. Sie bestehen aus einem oder mehreren magnetischen Kernen und einer nichtmagnetischen Hülle die nahezu beliebig chemisch funktionalisiert und mit Makromolekülen beschichtet werden kann. In MMR-Experimenten konnte gezeigt werden, dass durch resonanten Ultraschall (US) mit NMR Lamorfrequenz zwischen einseitig beschichteten und nicht beschichteten NMPs unterschieden werden kann. Dies birgt interessant Eigenschaften für ortsaufgelöste Messungen an einem MRT. Allerdings ist resonanter Ultraschall dort schwerlich anwendbar, da elektromagnetische Übersprecher der US-Apparatur mit Lamorfrequenz den MRT-Empfangskreis empfindlich stören. Außerdem beträgt bei üblichen Lamorfrequenzen die Eindringtiefe in Gewebe nur Zentimeter. Deshalb schlagen wir das Konzept der Frequenzverdopplung vor. Der Energietransfer ins Gewebe erfolgt mit einem Ultraschallemitter mit einer niedrigen Grundfrequenz. Im Fokus eines Ultraschallemiters erzeugt man aufgrund von Nichtlinearitäten des Gewebes höhere Harmonische der Schallwelle. Erste Messungen und Experimente werden vorgestellt.

ST 9.2 Wed 14:20 H41
Ultraschall (US) als MR-Kontrastgeber (ARC-MRI) für elastische Eigenschaften — ●DENIZ ULUCAY¹, ANNA-LISA KOFAHL¹, JESSICA MENDE¹, MARCUS RADICKE¹, JUDITH SCHINDLER¹, BERND HABENSTEIN¹, PETER TRAUTNER², BERND WEBER², CHRISTOPH BOURAUDEL³ und KARL MAIER¹ — ¹HISKP, Universität Bonn — ²Life&Brain GmbH, Bonn — ³Poliklinik für Kieferorthopädie, Bonn

Während einer bewegungssensitiven Spin-Echo-Sequenz eingestrahelter US kann zur Sichtbarmachung von elastischen Eigenschaften genutzt werden. Dazu wurde eine Spin-Echo-Sequenz durch 2 zusätzliche, symmetrisch um den 180°-Puls angeordnete Gradienten erweitert. Der US wird während des 2. Gradienten eingestrahlt und führt zu einer von der Verschiebung proportionalen Phasenänderung. Die vom US erzeugte Schallstrahlungskraft wird in homogenem Gewebe/Material exponentiell abgeschwächt, entsprechend der US-Absorption. Eine sich im Strahlverlauf befindende Verhärtung kann durch gleiche Kraft nur weniger bewegt werden, daher kommt es zu einem Dip im exponentiellen Verlauf. US wird mittels eines MR-tauglichen US-Emitters in ein Brust-Phantom eingekoppelt, dessen elastische Eigenschaften denen menschlichen Gewebes entsprechen. In dieses Phantom sind Läsionen eingelassen, welche 3x härter als das umgebende Material sind. Die Verhärtung ist im Phasenbild sichtbar und im exponentiellen Verlauf zeigt sich der erwartete Dip. Aus der Simulation des Schallstrah-

lungskrafteinflusses mit Finiten Elementen lässt sich quantitativ der Härteunterschied bestimmen.

ST 9.3 Wed 14:40 H41
Ultraschall induzierte Relaxation in MRT — ●FAHIMEH JAHANBAKSH, CHRISTIAN HÖHL, FELIX REPP, PETER WOLF und KARL MAIER — Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Rheinische Friedrichs-Wilhelm Universität, Bonn

Der Einsatz von Kontrastmittel erlaubt der Magnetresonanztomographie (MRT) bestimmte Stoffwechselprozesse abzubilden. Voraussetzung dafür ist stets, dass die Stoffwechselprozesse zu einer lokalen Anreicherung des Kontrastmittels führen. Eine wichtige Klasse von Kontrastmitteln sind magnetische Nanopartikel (MNP), deren Oberfläche praktische beliebig funktionalisiert werden kann.

Die Reaktion von Makromolekülen mit der Oberfläche der MNPs kann unabhängig von deren lokaler Anreicherung in H-NMR Experimenten beobachtet werden, wenn die Probe während der Messung resonantem Ultraschall ausgesetzt ist. Dieser Effekt wurde in Wasser entdeckt, die Anwendbarkeit der Methode in Gewebephantomen wird diskutiert. Dabei wird auch der Einfluss auf die Querrelaxationszeit T_2 betrachtet.

ST 9.4 Wed 15:00 H41
Schallstrahlungskraft in Magnetresonanzaufnahmen: Detektion von Mikrokalk — ●JUDITH SCHINDLER¹, ANNA-LISA KOFAHL¹, JESSICA MENDE¹, MARCUS RADICKE¹, DENIZ ULUCAY¹, BERND HABENSTEIN¹, JÜRGEN FINSTERBUSCH², MICHAEL DEIMLING³ und KARL MAIER¹ — ¹HISKP, Uni Bonn — ²Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf — ³Siemens Healthcare, Erlangen

Die Kontrasterzeugung durch die Schallstrahlungskraft in Magnetresonanzaufnahmen ist eine neuartige und nicht invasive Methode die elastischen Eigenschaften von Gewebe darzustellen. Eine Anwendungsmöglichkeit ist die Detektion von Mikrokalk. Es wurde ein für das Problem optimierter MR-kompatibler piezoelektrischer Emittor mit einer Resonanzfrequenz von 2,5 MHz benutzt, um ein Brustphantom der Schallstrahlungskraft auszusetzen. Die so erzeugte Bewegung in Richtung der Schallausbreitung wurde in Phasenbildern einer bewegungssensitiven Spin-Echo Sequenz an einem 1,5 T Tomographen und mit einer 4-kanaligen Brustspule sichtbar gemacht. Um Mikrokalk zu simulieren, wurden Eierschalenstücke (von 0,8 x 0,8 mm bis 1,5 x 1,5 mm) in das gelartige Phantom eingefügt. Das Phantom wurde durch das Verschieben des Ultraschalls abgerastert. Bei ausgeschaltetem Ultraschall war die Eierschale nicht sichtbar. Bei eingeschaltetem Ultraschall wird die Eierschale aufgrund des großen Unterschieds in der Schallkennimpedanz zwischen umgebendem Gewebe und Eierschale innerhalb des Schallstrahls sichtbar. Aus Vergleichen mit einer Simulation und durch Variation der Richtung der Bewegungsempfindlichkeit wird auch eine quantitative Charakterisierung möglich.

ST 10: Basic and Applied Medical Physics (Poster Session)

Time: Wednesday 16:00–17:00

Location: H41

ST 10.1 Wed 16:00 H41

MRI Thermometry Based on Encapsulated Hyperpolarized Xenon — ●FRANZ SCHILLING^{1,2,3,5}, LEIF SCHRÖDER^{1,2,4}, KANNA PALANNIAPPAN¹, SINA ZAPP³, DAVID E. WEMMER^{1,2}, and ALEXANDER PINES^{1,2} — ¹University of California, QB3, Berkeley — ²Lawrence Berkeley National Laboratory — ³University of Würzburg, Department of Experimental Physics 5 — ⁴Leibniz Institute for Molecular Pharmacology (FMP), Berlin — ⁵Technical University Munich, Department of Chemistry

Noninvasive, accurate and spatially resolved temperature measurement in the human body is a desired technology for many biomedical applications, including hyperthermic treatment of cancer and detection of vulnerable atherosclerotic plaques. A new MRI thermometry approach using encapsulated hyperpolarized xenon is demonstrated in this work. It is based on the temperature dependent chemical shift of hyperpolarized xenon in a cryptophane-A cage. This shift is linear and was determined to be 0.29 ppm/K with respect to the peak of free xenon in dissolved in water. This value is 30 times higher than the shift of the proton resonance frequency that is currently used for MRI thermometry. Direct MR temperature imaging with caged xenon was shown with a chemical shift imaging (CSI) sequence for the spin 1/2 nucleus ¹²⁹Xe and homogeneous temperature maps of a phantom could be collected with an accuracy of 0.1 K at a sensor concentration of 150 μM. Another setup allowed visualization of a temperature gradient with a span of only 2 K. MRI thermometry based on hyperpolarized encapsulated xenon improves the accuracy of available MRI thermometry methods.

ST 10.2 Wed 16:00 H41

NMR Spectroscopy and Imaging of blood-dissolved hyperpolarized ¹²⁹Xe — ●NADIA AMOR¹, KATHRIN HAMILTON², MARKUS KÜPPERS¹, ULRICH STEINSEIFER², THOMAS SCHMITZ-RODE², STEPHAN APPELT³, and BERNHARD BLÜMICH¹ — ¹ITMC of RWTH Aachen University, Germany — ²AME of RWTH Aachen University, Germany — ³Research Center Jülich, Germany

Hyperpolarization (HP) of noble gases, e.g. ³He and ¹²⁹Xe, as a means of increasing the signal by several orders of magnitude has been widely employed in NMR over the last decades [1]. The advantages of ¹²⁹Xe are its solubility and the sensitive chemical shifts. Dissolved HP ¹²⁹Xe has been of growing importance, especially since the introduction of the so-called "xenonizer" setups [2]. They consist of hollow fiber membranes in oxygenators allowing for efficient and continuous dissolution into carrier agents without formation of foams or bubbling, and have been proven to be feasible for HP ¹²⁹Xe MRI [3].

The xenon dissolution process has been analyzed for various solvents including porcine blood in home-built xenonizer setups featuring different fibers. The deoxygenating effect of the xenonization on blood with defined oxygen levels could be monitored online spectroscopically. The results presented offer a more comprehensive understanding of the xenonizer and yield valuable information about xenon-blood interactions.

[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 10.3 Wed 16:00 H41

Optimized setup for parahydrogen induced polarization by application of hollow fiber membranes — MEIKE ROTH¹, PETRA KINDERVATER¹, JOACHIM BARGON², HANS W. SPIESS¹, and ●KERSTIN MÜNNEMANN¹ — ¹Max-Planck-Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, D-55128 Mainz, Germany — ²Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Bonn, Wegelerstrasse 12, D-53115 Bonn, Germany

Enhancing the sensitivity of nuclear magnetic resonance measurements via Parahydrogen Induced Polarization (PHIP) is of high interest for spectroscopic investigations. In order to achieve the highest possible sensitivity gain it is of great importance to optimize the reaction and measurement conditions of the parahydrogenation technique. We optimized the conversion rate and established optimal NMR measurement conditions by utilizing hollow fiber membranes for continuous parahydrogen delivery while performing PASADENA experiments. This new way of dissolving parahydrogen more efficiently into water without the

occurrence of foam and bubbles offers the opportunity to implement continuous flow measurements under pressure, leading to higher conversion rates and higher polarization levels. Furthermore, this careful control of the parahydrogenation reaction generates a constant hyperpolarization of ¹H and ¹³C over a certain time (several minutes) which enables us to perform 2D NMR experiments with very high sensitivity.

ST 10.4 Wed 16:00 H41

¹³C DNP of biomolecules dissolved in water — ●BJÖRN C. DOLLMANN¹, KONSTANTIN GRUSS¹, LASSE JAGSCHIES¹, LAURA M. SCHREIBER², HANS W. SPIESS¹, DARIUSH HINDERBERGER¹, and KERSTIN MÜNNEMANN¹ — ¹Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz, Germany — ²Section of Medical Physics, Mainz University Medical Center, Mainz, Germany

Nuclear magnetic resonance (NMR) and related techniques have become indispensable tools with innumerable applications in physics, chemistry, biology and medicine. One of the main obstacles in NMR is its notorious lack of sensitivity, which is due to the low equilibrium polarization of nuclear spins at ambient temperature. This disadvantage becomes obvious if low γ nuclei are employed for NMR spectroscopy and MR imaging or when small sample volumes should be investigated. However, this obstacle could be overcome by in vitro hyperpolarization of molecules via dynamic nuclear polarization (DNP). One major issue of this approach is the limited lifetime of the hyperpolarized state, which restricts the application and detection of the hyperpolarized molecules to roughly three times T_1 . Therefore a lot of effort is put into the hyperpolarization of biomolecules with long spin lattice relaxation times. In this work, we present direct Overhauser-type DNP enhancement of ¹³C in solution at ambient temperatures. For a 5 μl sample of 10 M ¹³C-enriched urea with 40 mM TEMPOL dissolved in water we measured a ¹³C signal enhancement of -335 in a commercial X-band electromagnet.

ST 10.5 Wed 16:00 H41

Einfluss von resonantem US auf H-NMR bei Verwendung magnetischer Nanopartikel — ●FELIX REPP, NOURI EL-MILADI, CHRISTIAN HÖHL, FAHIMEH JAHANBAKHS, PETER WOLF und KARL MAIER — Helmholtz- Institut für Strahlen und Kernphysik (HISKP), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Magnetische Nanopartikel (MNP) bestehen aus ferromagnetischen Partikeln die in eine Polymermatrix eingebettet sind. Sie sind mit einer Vielzahl von chemisch funktionellen Beschichtungen kommerziell erhältlich. Da MNP das kernmagnetische Relaxationsverhalten abhängig von ihrer Konzentration beeinflussen, werden sie z.B. bei Magnetresonanztomographien als Kontrastmittel eingesetzt.

In NMR-Experimenten haben wir gezeigt, dass resonanter Ultraschall (US) das Relaxationsverhalten zusätzlich verändert, sofern die MNP durch eine einseitige Reaktion mit einem Makromolekül in asymmetrischer Form vorliegen. Dieser neue Kopplungsmechanismus zwischen US und dem Kernspinsystem des Lösungsmittels wird diskutiert. Die Verwendung von US lässt Rückschlüsse auf Reaktion und Einbindung der MNP zu und schafft somit neue Anwendungsmöglichkeiten für MNP.

ST 10.6 Wed 16:00 H41

Measurement technique for tracer kinetic studies with stable isotopes of cerium using thermal ionization mass spectrometry — ●TERESA KEISER, VERA HÖLLRIEGL, AUGUSTO GIUSSANI, and UWE OEH — Helmholtz Zentrum München - German Research Center for Environmental Health, Institute of Radiation Protection, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg, Germany

The double tracer technique, introduced in the 60s, is a potent method to investigate the biokinetics of elements in humans and was modified and applied over the last years to various elements of interest for radiation protection in order to validate and improve the available biokinetic models of ICRP. One project currently running at Helmholtz Zentrum München aims at studying the biokinetics of cerium in humans using stable tracers. For this purpose a methodology needs to be developed which enables to measure simultaneously different stable cerium isotopes in human body fluids such as blood and urine. The measurement protocol was developed using cerium standard solutions and different combinations of filament materials measured with TIMS.

Best results were achieved adopting the double filament configuration and using tantalum filaments. Under these experimental conditions the measured standard ratios agree within 1% with the IUPAC values. For measuring biological samples with TIMS a chemical treatment is necessary. A chemical method for eliminating all elements except cerium was established. The methodology was applied to biological samples collected during tracerkinetic studies in humans and preliminary results of urine excretion and plasma clearance of cerium will be presented.

ST 10.7 Wed 16:00 H41

Monitoring von Wundheilungsprozessen mit Millimeterwellensensorik — ●HELMUT ESSEN¹, DIRK NÜSSLER¹, RALF BRAUNS¹, CHRISTIAN KREBS¹ und THORSTEN BUZUG² — ¹Fraunhofer FHR, Neuenahrer Str. 20, 53343 Wachtberg — ²Universität Lübeck, Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck

Das Monitoring von Wundheilungsprozessen ist aufwändig, wenn sich die Wunde z. B. innerhalb eines Gipsverbandes befindet. Eine regelmäßige Entfernung und Erneuerung des Verbandes ist vielfach notwendig. Mit dem hier vorgestellten Gerätedemonstrator sollen durch Verbände, auch Gipsverbände hindurch Wundheilprozesse beurteilt werden. Grundlage des Verfahrens ist das Vermögen elektromagnetischer Wellen viele Materialien zu durchdringen, jedoch mit dem Körpergewebe so zu interagieren, dass zwar Charakteristika der oberen Hautschichten sehr sensitiv bestimmt werden können, jedoch ein Eindringen in tiefere Schichten nicht möglich ist. Hinzu kommt, dass eine gute Bündelung der Millimeterwellenstrahlung z.B. über dielektrische Messspitzen möglich ist. In Verbindung mit einem X-Y-Scanner ist eine Bildgewinnung eines definierten Bereiches, innerhalb eines Verbandes möglich. Anwendung von Methoden der Bildverbesserung auf die gewonnenen Rohdaten erlauben eine gute Beurteilung des Vernarbungsprozesses.

ST 10.8 Wed 16:00 H41

AreSca: Ein Messsystem zur Klassifizierung und Untersuchung humaner Blutzellen — ●DENNY RAGUSCH, ANDREAS KUMMROW und JÖRG NEUKAMMER — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Abbestr. 2-12, 10587 Berlin

Ein Messsystem (AreSca: angular-resolved light-scattering) zur winkelaufgelösten Beobachtung der Streulichtintensität von humanen Blutzellen wird vorgestellt. Die Streulichtverteilungen werden mit geeigneten

ten CCD-Kamerasystemen in Vorwärts- und Seitwärts-Richtung winkelaufgelöst detektiert. Ein in der Arbeitsgruppe aufgebautes Laser-Durchflusszytometer [1] wurde dazu mit CCD-Kamerasystemen und einem neu entwickelten Datenerfassungssystem erweitert. Die Erweiterung ermöglicht eine synchrone Detektion der winkelaufgelösten Streulichtintensität (bei 488 nm) und der integralen Streulichtintensitäten (bei 413 nm und 640 nm). Mit dieser Methode wird eine verbesserte Differenzierung/Klassifizierung verschiedener Zellpopulationen auf physikalischem Wege (mit Hilfe der Lichtstreuung) und die Ableitung der optischen Eigenschaften, der Form und der Größe humaner Blutzellen ermöglicht. Der Versuchsaufbau sowie die ersten Messungen werden vorgestellt.

[1] V. Ost, J. Neukammer, and H. Rinneberg, *Cytometry* 32, 191-197, 1998

ST 10.9 Wed 16:00 H41

Microfabricated flow cytometers for high throughput analysis of blood cells — ●DENNY RAGUSCH¹, MARCIN FRANKOWSKI¹, ANDREAS KUMMROW¹, NICOLE BOCK¹, JÖRG NEUKAMMER¹, ANDREJ TUCHSCHEERER², and MARTIN SCHMIDT² — ¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin — ²Technische Universität Berlin, Fachgebiet Mikro- und Feingeräte, Berlin

Microfluidic structures are of particular relevance as a part of simple and robust analytical systems for point-of-care in-vitro diagnostics. In flow cytometric analysis blood cells must be counted at relatively high throughput to assure sufficient statistics. Such systems require implementation of hydrodynamic focusing. Presented disposable measurement platforms allow for analysis and classification of human blood cells detecting scattered light, fluorescence and impedance changes. To overcome limitations of widely used photolithographic manufacturing methods, our approach utilizes mould inserts for hot embossing fabricated by ultra-precision milling [1]. The complex 3D polycarbonate structures featuring two-stage cascade hydrodynamic focusing enables measurements with count rates up to 5 kHz. Differentiation of CD14+ and CD3+/CD4+ cells clearly demonstrate the potential of using such microsystems. Optical excitation and detection was performed either by optical fibres or using external optics. Achieved pulse height distributions are comparable to those of conventional instruments. Measurements of fluorescence signals from calibration particles yield coefficients of variation of less than 2% for optimised settings.

[1] A. Kummrow et al, *Lab Chip* 9 (2009) 972-981

ST 11: High-LET Radiation Therapy 1

Time: Thursday 9:30–10:30

Location: H41

ST 11.1 Thu 9:30 H41

4D Bestrahlungsplanung für bewegte Organe in der Radiotherapie mit einem gescannten Ionenstrahl — ●DANIEL RICHTER¹, JAN TRAUTMANN¹, ANDREAS SCHWARZKOPF¹, ALEXANDER GEMMEL³, MICHAEL KRÄMER¹, OLIVER JÄKEL², MARCO DURANTE¹ und CHRISTOPH BERT¹ — ¹GSI, Darmstadt, Deutschland — ²HIT, Heidelberg, Deutschland — ³Siemens Healthcare, Particle Therapy, Erlangen, Deutschland

Die Bestrahlung von bewegten Tumoren mit einem gescannten Ionenstrahl erfordert eine dedizierte Bestrahlungsplanung, um Bewegungseinflüsse bestmöglich zu kompensieren und eine homogene Dosisverteilung im Zielvolumen zu erreichen, sowie gesundes Gewebe optimal zu schonen. Die Bestrahlungsplanungssoftware TRiP98 wurde 1997-2008 in klinischer Routine für über 400 Patienten, überwiegend mit Schädelbasistumoren, erfolgreich eingesetzt. Zur Erweiterung der Bestrahlungsplanung auf bewegte Tumoren sind neue Konzepte und Implementierungen in TRiP98 notwendig. Insbesondere wird bei der Dosisberechnung sowie der Dosisoptimierung die zeitliche Struktur der Bestrahlung berücksichtigt, da diese sich direkt auf die zu erwartende Dosisverteilung auswirkt. Des Weiteren müssen für die Behandlungstechniken Gating, Rescanning und insbesondere Beam Tracking Bestrahlungsparameter optimiert werden, die über die konventionelle 3D Planung hinausgehen. In dem Vortrag werden die notwendigen Konzepte einer 4D Bestrahlungsplanung für die Therapie von bewegten Tumoren mit einem gescannten Kohlenstoffstrahl, sowie die Ergebnisse einer klinischen Bestrahlungsplanungsstudie vorgestellt.

ST 11.2 Thu 9:50 H41

Motion monitoring for particle therapy of intrafractional

moving targets — ●PETER STEIDL¹, JOSEF BÜRKELBACH², GABRIELE SROKA-PEREZ², THOMAS HABERER³, MARCO DURANTE¹, and CHRISTOPH BERT¹ — ¹GSI, Darmstadt, Deutschland — ²Universitätsklinikum Heidelberg, Deutschland — ³Heidelberger Ionentherapiezentrum (HIT), Deutschland

For radiotherapy of organs influenced by respiratory motion using a scanned particle beam rescanning, gating, and beam tracking have been proposed. For gating and especially for beam tracking a high tumor conformity of the applied dose distribution can be achieved. One requirement to reach this goal is precise and high-frequency motion monitoring. Precise data can be determined by x-ray fluoroscopy which results into radiation dose and should thus be minimized. High-frequency data can be acquired by external surrogates that e.g. measure the expansion of the chest. Precise data with a high sampling rate can be generated by combining surrogate and x-ray data in a correlation model.

We performed measurements to study the correlation of internal target motion and external motion surrogates. MV-x-ray-fluoroscopy images (SIEMENS ARTISTE) were taken temporally correlated to two external signals (GateRT and ANZAI belt). We successfully checked functionality and accuracy of the system in initial phantom measurements using a sliding table. We currently start collection of clinical data. The contribution will present data from the accuracy study as well as the correlation analysis for the first patients.

ST 11.3 Thu 10:10 H41

Optimisation of the ion optical range adaptation method for tracking of the moving tumours with scanned ion beams — ●ANNA CONSTANTINESCU^{1,2}, NAMI SAITO¹, NAVED CHAUDHRI¹,

MARCO DURANTE^{1,2}, and CHRISTOPH BERT¹ — ¹GSI, Darmstadt, Deutschland — ²Technische Universität Darmstadt, Deutschland

Currently an ion optical solution for beam tracking of moving targets with scanned ion beams is being investigated at GSI for the treatment of moving tumours, such as lung cancer. Beam tracking compensates target motion by adapting the lateral beam position as well as the beam range according to the motion parameters. Tracking of the lateral position is achieved via scanning magnets. For range adaptation the proposed ion optical solution uses an energy degrader with variable thickness inserted into the therapy beam line downstream of the

synchrotron. By deflecting the particle beam via dipole magnets to different positions on the degrader, the range of the Bragg peak can be adjusted in real-time. Hence density changes due to organ motion can be compensated for each target spot during beam scanning.

In order to reach a beam quality suitable for therapy with this method, systematic studies on the ion optical parameters have to be carried out. Different degrader designs (ramp or discrete step shaped), different materials (e.g. PMMA, graphite), as well as optimised degrader positions have been examined. The results of simulated beam profiles will be presented.

ST 12: High-LET Radiation Therapy 2

Time: Thursday 11:00–12:40

Location: H41

ST 12.1 Thu 11:00 H41

Three Dimensional Biological Dose Distribution of Antiprotons — ●SARA TEGAMI¹, REBECCA BOLL¹, STEFAN SELLNER¹, CARSTEN P. WELSCH^{1,2}, and MICHAEL H. HOLZSCHEITER^{1,3} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Deutschland — ²Cockcroft Institute and University of Liverpool, UK — ³University of New Mexico, Albuquerque, USA

The goal of external beam cancer therapy is to destroy the tumour while sparing the healthy tissue around it. In hadron therapy, the dose profile of heavy charged particles satisfies this request, because most of the energy is deposited at the end of the particle path, in the Bragg peak. Antiprotons are even more promising, thanks to the extra energy released by annihilation when captured in a normal atom at the end of range.

The aim of the AD-4/ACE experiment at CERN is to determine the increase in biological dose near the Bragg peak due to densely ionizing particles emanating from the annihilation of antiprotons. Initial experiments showed the damage to cells inflicted at the end of the beam for identical damage at the skin level to be four times higher for antiprotons than for protons. The radiation field in a spread-out Bragg peak produced with antiprotons is highly mixed and for proper dose planning knowledge of linear energy transfer (LET) and relative biological efficiency (RBE) at any point in the target is needed.

We are studying a number of detection methods for their response to mixed radiation fields with the goal to obtain a direct measurement of the 3D LET distribution and will report on first results.

ST 12.2 Thu 11:20 H41

Real Time Imaging of Stopping Distributions in Biological Targets for Antiprotons — ●STEFAN SELLNER¹, REBECCA BOLL¹, SARA TEGAMI¹, CARSTEN P. WELSCH^{1,2}, and MICHAEL H. HOLZSCHEITER^{1,3} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Deutschland — ²Cockcroft Institute and University of Liverpool, UK — ³University of New Mexico, Albuquerque, USA

Antiprotons are interesting particles that have special properties when used in possible cancer particle therapy. They behave almost the same as protons in the entrance channel but deposit additional annihilation energy when they come to rest in the Bragg peak region. Thus, the number of antiprotons can be reduced while still delivering the same target dose to the tumor. Healthy tissue in the entrance channel is finally less harmed compared to protons which is a ultimate goal for good cancer treatment.

Additionally, annihilation energy partially goes into the creation of new particles, especially pions. They exit the body mostly non-interacting and can be detected with an external detector, enabling a real time supervision of the irradiation process. This is currently not possible in any particle treatment method.

In our contribution we will present model calculations for a low-cost real time detector setup and compare these to results from the recent experiment carried out with the Antiproton Cell Experiment (ACE) Collaboration at the Antiproton Decelerator (AD) at CERN as well as develop improved set-ups for future experiments.

ST 12.3 Thu 11:40 H41

Beam Monitor for Hadron Therapy using a Crystalline Pixel Detector — ●REBECCA BOLL¹, STEFAN SELLNER¹, SARA TEGAMI¹, CARSTEN P. WELSCH^{1,2}, and MICHAEL H. HOLZSCHEITER^{1,3} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Deutschland — ²Cockcroft Institute and University of Liverpool, UK — ³University

of New Mexico, Albuquerque, USA

The unique dose deposition properties of hadron beams allow delivery of high dose to deep seated tumors while sparing surrounding normal tissue. Spot scanning techniques can achieve very high precision in targeting complex geometric shapes. In order to be able to distribute the dose exactly as planned, exact information about the incoming particle beam during the course of treatment is mandatory. Therefore a high resolution and high-speed beam monitor is needed.

Silicon pixel detectors are very promising candidates for this task. They have a high spatial resolution and can be built very thin, in order to not disturb the beam. In the AD-4/ACE experiment at CERN, we test a new crystalline silicon pixel detector called MIMOTERA, applying a pulsed antiproton beam (3×10^7 particles per 500 ns every 90 seconds). We will show results of first measurements, examining sensitivity, temporal and spatial resolution, and linearity of the detector response with beam intensity. Next steps will include investigations of the detector response to beam energy and linear energy transfer for antiprotons, protons, and carbon ions.

ST 12.4 Thu 12:00 H41

Modellierung des Sauerstoffeffekts für die Bestrahlungsplanung in Hoch-LET-Strahlentherapie — ●TATIANA DORSCH and JAN WILKENS — Klinik für Strahlentherapie, Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar, München, Germany

Die schlechte Behandlungsprognose für Patienten mit hypoxischen, d.h. sauerstoffarmen, Tumoren hängt in der Regel mit der verminderten Empfindlichkeit der hypoxischen Zellen gegenüber ionisierender Strahlung zusammen. Dieser Sauerstoffeffekt wird quantitativ durch den Sauerstoffverstärkungsfaktor (OER) ausgedrückt, der das Verhältnis zwischen den Strahlendosen beschreibt, die benötigt werden, um das gleiche Maß an Tumorkontrolle unter hypoxischen und normoxischen Bedingungen zu erreichen. Da der OER mit zunehmendem linearem Energietransfer (LET) abnimmt, könnte das einen klinischen Vorteil von Hoch-LET-Strahlentherapie darstellen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, unterstützt von Literaturdaten zum Zellüberleben, einen einfachen voxelbasierten Algorithmus zu entwickeln, der die Reaktion von Tumorregionen mit unterschiedlichen Hypoxiegraden in Abhängigkeit vom LET, der lokalen Dosis, dem Sauerstoffpartialdruck und dem Gewebetyp beschreibt und zukünftig in die Therapieplanung integriert werden könnte. Unsere Rechnungen verwenden sowohl das Linear-Quadratische als auch das Alper-Howard-Flanders Modell und ermöglichen eine Diskussion der Dosisabhängigkeit des Sauerstoffverstärkungsfaktors und der klinischen Konsequenzen für verschiedene Fraktionierungsschemata. Gefördert durch das DFG Exzellenzcluster: Munich-Centre for Advanced Photonics.

ST 12.5 Thu 12:20 H41

Distribution of DNA lesions in amorphous track structure — ●THOMAS FRIEDRICH¹, THILO ELSÄSSER¹, MARCO DURANTE^{1,2}, and MICHAEL SCHOLZ¹ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt — ²Technische Universität Darmstadt, Institut für Festkörperphysik, Hochschulstraße 6-8, 64289 Darmstadt

There is evidence that the effect of radiation to cells is mediated predominantly by lesion induction to the DNA. Whereas for radiation qualities with low linear energy transfer (LET) the dose and therefore the induced lesions can be assumed to be distributed homogeneously over the cell nuclei, in the case of ion irradiation the dose is deposited within a narrow peaked track structure profile around the

ion trajectory. In the latest version of the Local Effect Model (LEM), spatial distributions of DNA lesions simulated within an amorphous track structure form the starting point to quantify the enhanced effec-

tiveness of high LET radiation qualities compared to photon radiation. We discuss the implementation into the local effect model and present comparisons of model calculations with experimental data.

ST 13: Low-LET Radiation Therapy

Time: Thursday 14:00–14:40

Location: H41

ST 13.1 Thu 14:00 H41
Monte-Carlo Simulation medizinischer Elektronenbestrahlung — ●BJÖRN KREISLER¹, INA MÜNSTER¹, SEBASTIAN SCHEMM¹, JÜRGEN DURST¹, THILO MICHEL¹, GISELA ANTON¹, GABRIELE SUFT² und TORSTEN MÜLLER² — ¹ECAP, Medical Physics Group, Universität Erlangen — ²Siemens AG, Healthcare Sector, Kempten

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. Der Einfluss verschiedener strahlformender Elemente im Bestrahlungskopf auf die Strahlparameter wird untersucht und exemplarisch vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf der Verbesserung des Elektronenapplikators.

ST 13.2 Thu 14:20 H41
Monte Carlo Simulation medizinischer Bestrahlung mit hochenergetischen Photonen — ●SEBASTIAN SCHEMM¹, BJÖRN KREISLER¹, INA MÜNSTER¹, JÜRGEN DURST¹, THILO MICHEL¹, GI-

SELA ANTON¹, GABRIELE SUFT² und TORSTEN MÜLLER² — ¹ECAP, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1 — ²Siemens AG, Healthcare Sector, Roentgenstr. 19-21, 95478 Kempten

Für die erfolgreiche Durchführung einer Photonenbestrahlung ist eine genaue Kontrolle der Strahlparameter erforderlich. Insbesondere wird für eine exakte Bestrahlungsplanung ein möglichst flaches Dosisprofil im zu bestrahlenden Gewebe benötigt. Das umliegende, gesunde Gewebe soll dabei so wenig Dosis wie möglich aufnehmen, was eine scharfe Begrenzung des Bestrahlungsfeldes nach den gewünschten Vorgaben notwendig macht. Dies erfordert ein genaues Verständnis der physikalischen Vorgänge bei der Photonenenerzeugung und entlang des Strahlverlaufs. Eine elegante Möglichkeit bietet hierbei eine Monte Carlo Simulation des Problems. Vorgestellt wird die Simulation des Bestrahlungskopfes eines medizinischen Linearbeschleunigers mithilfe des Monte Carlo Simulationstools Geant4. Ein großes Problem bei der Simulation der Photonenbestrahlung ist die geringe Ausbeute der für die Bestrahlung relevanten Teilchen im Verhältnis zur Zahl der Startelektronen vor dem Target. In diesem Vortrag werden Konzepte zur Beschleunigung der Simulation vorgestellt.

ST 14: Radiation Physics (Poster Session)

Time: Thursday 14:45–15:15

Location: H41

ST 14.1 Thu 14:45 H41
Messungen von W-Werten für Protonen, ⁴He- und ¹²C-Ionen in Luft, Stickstoff und Argon — ●JEANNINE BECK und ULRICH GIESEN — Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Bei der Strahlentherapie von Tumoren wird in der täglichen Praxis die Strahlendosis weitgehend mit Hilfe von luftgefüllten Ionisationskammern bestimmt. Für die Dosisermittlung werden dabei die W-Werte als Basisgrößen benötigt. Als W-Wert bezeichnet man die mittlere Energie zur Erzeugung eines Ladungsträgerpaares durch geladene Teilchen. Die vorhandenen experimentellen Daten für W-Werte, vor allem für Protonen in Luft, differieren um bis zu $\pm 4\%$.

An der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt wurde eine Messapparatur aufgebaut, um W-Werte für Protonen, Helium- und Kohlenstoff-Ionen mit relativen Standardunsicherheiten von ca. 1% zu bestimmen. Messungen im Energiebereich von 0,5 MeV/u bis 4,5 MeV/u für Protonen und ⁴He-Ionen sollen in der PTB durchgeführt werden. Weiterhin sind Messungen mit Kohlenstoff-Ionen bis 11 MeV/u an der GSI in Darmstadt geplant. Es werden der Messaufbau sowie erste Ergebnisse dargestellt.

ST 14.2 Thu 14:45 H41
Dependence of RBE on tissue type and effect level — ●THOMAS FRIEDRICH¹, THILO ELSÄSSER¹, MARCO DURANTE^{1,2}, and MICHAEL SCHOLZ¹ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt — ²Technische Universität Darmstadt, Institut für Festkörperphysik, Hochschulstraße 6-8, 64289 Darmstadt

The relative biological effectiveness (RBE) is frequently applied to characterize the enhanced effect of ions compared to that of photons. Experiments and biophysical models suggest that RBE depends on both the induced effect level, and the radioresistance of a cell as e.g. parameterized by the ratio of the parameters α and β of the linear quadratic model. First, starting from in-vitro cell survival assays we show that there is a linear dependence of RBE on the β/α -ratio for different cell lines. This empirical finding is also confirmed by simulations within the framework of the Local Effect Model. Second, the strength of the established correlation decreases and finally vanishes with increasing dose. We discuss implications and arising questions with respect to therapy and radiobiology.

ST 15: Biokinetic Measurements and Models

Time: Thursday 15:45–17:05

Location: H41

ST 15.1 Thu 15:45 H41
Positronen Emissions-Tomographie als studentischer Praktikumsversuch — ●FLORIAN SCHNEIDER¹, ALEXANDER MANN¹, IGOR KONOROV¹, STEPHAN PAUL¹, SYBILLE ZIEGLER² und GASPAR DELSO² — ¹Technische Universität München, Physik Department E18, 85748 Garching — ²Nuklearmedizinische Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, 81675 München

Für die studentische Ausbildung wurde ein Versuch zur Positronen-Emissions-Tomographie (PET) aufgebaut. Die Studenten bekommen einen Einblick in die physikalischen Grundlagen, die Detektorkonzepte, Elektronik, Signal- und Datenverarbeitung eines PET-Systems. Schließlich wird eine Bildrekonstruktion verschiedener Aktivitätsver-

teilungen durchgeführt und die grundlegenden Rekonstruktionsalgorithmen werden vorgestellt. Die benutzten radioaktiven Quellen sind Na-22 und F-18. Das Detektorsystem ist ein früherer Kleintier-PET Prototyp mit LSO (Lutetiumoxyorthosilicat) als Szintillator und einer Einzelkanalauslese von 96 APDs (Avalanche Photodioden). Die Datennahme wurde mit einem aktuellen Sampling ADC System neu aufgebaut. Zur Datenverarbeitung wird ROOT benutzt und die Bildrekonstruktion wird mit Hilfe von STIR realisiert. Die Steuerung des Scannersystems übernimmt ein Standard-PC mit Linux. Der Aufbau, Leistungsdaten und Ergebnisse des PET-Systems sowie die Lernziele werden präsentiert.

ST 15.2 Thu 16:05 H41

Ein vielseitiges Datenerfassungssystem für die Positronen Emissions Tomographie — ●ALEXANDER MANN¹, IGOR KONOROV¹, FLORIAN SCHNEIDER¹, STEPHAN PAUL¹ und SIBYLLE ZIEGLER² — ¹Physik-Department E18, Technische Universität München — ²Nuklearmedizinische Klinik und Poliklinik, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München

Ausgehend von Entwicklungen in der Hochenergiephysik, ist ein vielseitig einsetzbares Datenerfassungssystem, unter anderem für Anwendungen in der Positronen Emissions Tomographie, entstanden. Die analogen Signale von Avalanche Photodioden oder Silicon Photomultipliern werden dabei von schnellen Analog/Digital Wandlern digitalisiert und in FPGAs weiterverarbeitet um Zeit- und Energieinformationen zu ermitteln. Die Ereignisse können daraufhin als List-Mode Daten gespeichert und am Rechner weiterverarbeitet werden. Die implementierten Verarbeitungsalgorithmen in den FPGAs erlauben dabei auch den Einsatz in multimodalen PET/MR Systemen.

Diese Arbeit wird unterstützt vom Maier-Leibnitz-Labor, Garching, dem Cluster of Excellence "Origin and Structure of the Universe" und FutureDAQ (EU I3HP, RII3-CT-2004-506078).

ST 15.3 Thu 16:25 H41

Kompartimentmodel der Biokinetik von Radiojod — ●TILMAN JANZEN¹, AUGUSTO GIUSSANI¹, CHRISTINA CANZI², PAOLO GERUNDINI² und UWE OEH¹ — ¹Institut für Strahlenschutz, Helmholtz Zentrum München — ²Fondazione IRCCS Ospedale Maggiore Policlinico, Mangiagalli e Regina Elena di Milano, Milano

Während der Radiojodtherapie des autonomen Adenoms ist eine dosimetrische Studie nötig, um den Zusammenhang von Strahlendosis und Behandlungseffizienz beurteilen zu können. Genaue Kenntnis der Biokinetik von Jod ist dabei sehr wichtig für die Dosisberechnung und kann nur durch die patientenspezifische Dosimetrie erlangt werden. Das Ziel dieser Studie ist die Erstellung eines Kompartimentmodells zur Beschreibung der biokinetischen Parameter. Damit soll die klinische Dosimetrie vereinfacht und die Therapie optimiert werden. Bei Patienten mit Schilddrüsenüberfunktion aufgrund eines autonomen Adenoms wurde während der dosimetrischen Studie mit ¹²³I und während der

Therapie mit ¹³¹I die Aufnahme des Radiojods in die Schilddrüse sowie Blut- und Urinproben während mehrerer Tage gemessen. Diese Daten wurden mit einem Population-Kinetik-Ansatz analysiert. Als Ergebnis wurde ein Kompartimentmodell mit eigenen Strukturen für das kranke und das gesunde Schilddrüsengewebe erstellt. Die Parameter, die die Kinetik des anorganischen Jods beschreiben sind innerhalb der Population gleich, während die Parameter für das organisch gebundene Jod große individuelle Unterschiede aufweisen. Zusammen mit dem Modell wird ein vereinfachtes Schema für die dosimetrischen Messungen vor der Therapie vorgeschlagen.

ST 15.4 Thu 16:45 H41

Kompartimentmodell für ¹⁸F-Cholin — ●TILMAN JANZEN¹, FEDERICO TAVOLA², AUGUSTO GIUSSANI¹, MARIE-CLAIRE CANTONE², HELENA UUSIJÄRVI³, SÖREN MATSSON³ und CHRISTOPH HOESCHEN¹ — ¹Institut für Strahlenschutz, Helmholtz Zentrum München — ²Universita degli Studi di Milano — ³Medical Radiation Physics, Malmö University Hospital

Um die Effizienz und Sicherheit von dreidimensionalen, funktionellen Bildgebungsverfahren zu optimieren, soll die zeitlichen Variation von Aufnahme und Ausscheidung des Radiopharmazeutikums im Tumor sowie im gesunden Gewebe mit Hilfe von Kompartimentmodellen untersucht werden. Die nuklearmedizinische, diagnostische Anwendung, die in dieser Studie untersucht wurde, ist die Verabreichung von ¹⁸F-Cholin für die Suche nach Rezidiven oder Metastasen bei Prostatakrebspatienten. PET- und CT-Bilder wurden bis zu vier Stunden nach Injektion von ¹⁸F-Cholin aufgenommen. Zusätzlich wurden Blut und Urinproben gesammelt und in einem Gammacounter gemessen. Die Radioaktivitätskonzentrationen in verschiedenen Organen sowie die Blut- und Urindaten wurden benutzt, um ein Kompartimentmodell der Biokinetik des Radiopharmazeutikums aufzusetzen. Es besteht aus einem zentralen Kompartiment (Blut) das in Austausch mit den anderen Organen steht. Die Struktur beschreibt die Leber, die Nieren, die Milz, das Blut und die Blase als separate Einheiten. Zusammen mit dem Modell werden die individuellen biokinetischen Parameter sowie die der Population vorgestellt. Ein überarbeiteter Zeitplan für die Messung von Patienten wird vorgeschlagen.