

## Mass Spectrometry Division Fachverband Massenspektrometrie (MS)

Clemens Walther  
Institut für Radioökologie und Strahlenschutz  
Leibniz Universität Hannover  
Herrenhäuser Strasse 2  
30419 Hannover  
walther@irs.uni-hannover.de

### Overview of Invited Talks and Sessions

(Lecture Room F 442; Poster Empore Lichthof)

#### Invited Talks

MS 1.1	Mon	11:00–11:30	F 442	<b>Reducing nuclear physics uncertainties in r-process models using high-precision mass measurements of highly charged, neutron-rich Rb and Sr ions</b> — •VANESSA V. SIMON
MS 2.1	Mon	14:00–14:30	F 442	<b>The application of high-precision atomic masses in neutrino physics</b> — •SZILARD NAGY
MS 3.1	Mon	16:30–17:00	F 442	<b>Erzeugung polyanionischer Cluster in Ionenfallen</b> — •FRANKLIN MARTINEZ, STEFFI BANDELOW, GERRIT MARX, LUTZ SCHWEIKHARD
MS 4.1	Tue	11:00–11:30	F 442	<b>Surface Analysis with ToF-SIMS and Laser-SNMS: Possibilities and Limitations</b> — •HEINRICH F. ARLINGHAUS
MS 5.1	Tue	14:00–14:30	F 442	<b>The ISOLDE Laser Ion Source and Trap (LIST): Towards Pure Ion Beams</b> — •DANIEL FINK, KLAUS BLAUM, RICHARD CATHERAL, VALENTIN FEDOSSEEV, ALEXANDER GOTTBORG, TOBIAS KRON, BRUCE MARSH, SVEN RICHTER, RALF ERIK ROSSEL, SEBASTIAN ROTHE, THIERRY STORA, KLAUS WENDT
MS 6.1	Wed	11:00–11:30	F 442	<b>Recent results in mass measurements of short-lived nuclides at CSRe-Lanzhou</b> — •YUHU ZHANG, HUSHAN XU, YURI LITVINOV
MS 7.1	Wed	14:00–14:30	F 442	<b>Beschleuniger-Massenspektrometrie mit C-14 - eine Erfolgsgeschichte mit vielen Facetten</b> — •BERND KROMER
MS 9.1	Thu	11:00–11:30	F 442	<b>Extending the measuring capabilities of AMS</b> — •ROBIN GOLSER, OLIVER FORSTNER, WALTER KUTSCHERA, MARTIN MARTSCHINI, ALFRED PRILLER, STEPHAN WINKLER

#### Invited talks of the joint symposium SYMS

See SYMS for the full program of the symposium.

SYMS 1.1	Fri	11:00–11:30	E 415	<b>MS for environmental and radiochemical applications</b> — •CLEMENS WALTHER
SYMS 1.2	Fri	11:30–12:00	E 415	<b>Modern nuclear mass models</b> — •STEPHANE GORIELY
SYMS 1.3	Fri	12:00–12:30	E 415	<b>High-accuracy mass measurements for nuclear astrophysics</b> — •SUSANNE KREIM
SYMS 1.4	Fri	12:30–13:00	E 415	<b>Storage ring mass and lifetime measurements</b> — •FRITZ BOSCH
SYMS 2.1	Fri	14:00–14:30	E 415	<b>Search for resonant double-electron capture</b> — •SERGEY ELISEEV, KLAUS BLAUM, MICHAEL BLOCK, CHRISTIAN DROESE, DMITRIY NESTERENKO, YURI NOVIKOV, ENRIQUE MINAYA RAMIREZ, CHRISTIAN ROUX, LUTZ SCHWEIKHARD, KAY ZUBER
SYMS 2.2	Fri	14:30–15:00	E 415	<b>Towards accurate T-3He Q-value</b> — •TOMMI ERONEN, MARTIN HÖCKER, JOCHEN KETTER, SEBASTIAN STREUBEL, ROBERT S. VAN DYCK, KLAUS BLAUM
SYMS 2.3	Fri	15:00–15:30	E 415	<b>The Avogadro constant and a new definition of the kilogram</b> — •PETER BECKER

SYMS 2.4	Fri	15:30–16:00	E 415	<b>Dating human DNA with the <math>^{14}\text{C}</math> bomb peak</b> — •WALTER KUTSCHERA, JAKOB LIEBL, PETER STEIER
SYMS 2.5	Fri	16:00–16:30	E 415	<b>Resonance ionization mass spectrometry</b> — •KLAUS WENDT

## Sessions

MS 1.1–1.5	Mon	11:00–12:30	F 442	<b>Precision Mass Spectrometry and Fundamental Applications I</b>
MS 2.1–2.5	Mon	14:00–15:30	F 442	<b>Precision Mass Spectrometry and Fundamental Applications II</b>
MS 3.1–3.6	Mon	16:30–18:15	F 442	<b>Ion Trap and FT-ICR-MS, Molecules, Clusters and Reactions</b>
MS 4.1–4.3	Tue	11:00–12:00	F 442	<b>Resonance Ionisation MS, ICPMS and others I</b>
MS 5.1–5.5	Tue	14:00–15:30	F 442	<b>Resonance Ionisation MS, ICPMS and others II</b>
MS 6.1–6.4	Wed	11:00–12:15	F 442	<b>Ion Storage Rings and Precision Mass Spectrometry</b>
MS 7.1–7.5	Wed	14:00–15:30	F 442	<b>Accelerator Mass Spectrometry and Applications I</b>
MS 8.1–8.14	Wed	16:00–18:30	Empore Lichthof	<b>Poster</b>
MS 9.1–9.5	Thu	11:00–12:30	F 442	<b>Accelerator Mass Spectrometry and Applications II</b>
MS 10.1–10.7	Thu	14:00–15:45	F 442	<b>Accelerator Mass Spectrometry and Applications III</b>

## Mitgliederversammlung Fachverband Massenspektrometrie

Dienstag 12:00–12:30 F 442

- Begrüßung
- Bericht des MS Vorsitzenden
- Vorschläge für Symposien
- Verschiedenes

## MS 1: Precision Mass Spectrometry and Fundamental Applications I

Time: Monday 11:00–12:30

Location: F 442

## Invited Talk

MS 1.1 Mon 11:00 F 442

**Reducing nuclear physics uncertainties in r-process models using high-precision mass measurements of highly charged, neutron-rich Rb and Sr ions** — ●VANESSA V. SIMON — TRIUMF, 4004 Wesbrook Mall, V6T2A3, Vancouver, Canada

High-precision atomic mass measurements are vital for the description of nuclear structure, investigations of nuclear astrophysical processes, and tests of fundamental symmetries. The neutron-rich  $A \approx 100$  region presents challenges for modeling the astrophysical  $r$ -process because of sudden nuclear shape transitions. We report on high-precision masses of short-lived neutron-rich  $^{94,97,98}\text{Rb}$  and  $^{94,97-99}\text{Sr}$  isotopes using the TITAN Penning-trap mass spectrometer at TRIUMF. The isotopes were charge-bred to  $q = 15+$  and uncertainties of less than 4 keV were achieved. Results deviate by up to  $11\sigma$  compared to earlier measurements and extend the region of nuclear deformation observed in the  $A \approx 100$  region. A parameterized  $r$ -process model network calculation shows that mass uncertainties for the elemental abundances in this region are now negligible.

To increase the overall efficiency and precision of the mass measurement of highly charged ions, the novel trap CPET is introduced for the purpose of cooling highly charged ions sympathetically using either electrons or protons. The status of the setup and commissioning experiments are presented.

MS 1.2 Mon 11:30 F 442

**Extraction of neutron-rich fission products from a nuclear reactor for ground state studies: commissioning of the online-coupling at TRIGA-SPEC** — ●T. BEYER<sup>1,2</sup>, K. BLAUM<sup>1,2</sup>, M. BLOCK<sup>4</sup>, K. EBERHARDT<sup>3,6</sup>, M. EIBACH<sup>2,3</sup>, CH.E. DÜLLMANN<sup>3,4,6</sup>, F. HERFURTH<sup>4</sup>, D. LUNNEY<sup>5</sup>, SZ. NAGY<sup>1,4</sup>, W. NÖRTERSCHÄUSER<sup>3,4</sup>, D. RENISCH<sup>3</sup>, and CH. SMORRA<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — <sup>2</sup>Physikalisches Institut, Universität Heidelberg — <sup>3</sup>Institut für Kernchemie, Universität Mainz — <sup>4</sup>GSF Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt — <sup>5</sup>CSNSM, Université de Paris Sud, Orsay, France — <sup>6</sup>Helmholtz Institut Mainz

The mass spectrometer TRIGA-TRAP and the laser spectroscopy TRIGA-LASER setup, forming the TRIGA-SPEC experiment, are installed at the research reactor TRIGA Mainz in order to perform high-precision measurements of the ground state properties of short-lived neutron-rich radionuclides. Such measurements allow testing the predictive power of nuclear mass models and support astrophysical nucleosynthesis calculations. The extraction of these nuclei for both experiment branches is achieved by using an aerosol-based gas-jet system to transport fission products from an actinide target located inside the reactor to an external high-temperature surface ion source. TRIGA-SPEC will shortly go online, already having recorded a cyclotron resonance of an ion produced in the source. The commissioning of the online-coupling involving a separator magnet, a radiofrequency quadrupole cooler/buncher, and a pulsed drift tube will be presented.

MS 1.3 Mon 11:45 F 442

**Status of THe-Trap** — ●SEBASTIAN STREUBEL<sup>1</sup>, TOMMI ERONEN<sup>1</sup>, MARTIN HÖCKER<sup>1</sup>, JOCHEN KETTER<sup>1</sup>, ROBERT S. VAN DYCK JR.<sup>2</sup>, and KLAUS BLAUM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Department of Physics, University of Washington, Seattle, WA 98195-1560, USA

THe-Trap (short for Tritium-<sup>3</sup>He Trap) is a Penning-trap setup dedicated to measure the  $^3\text{H}$  to  $^3\text{He}$  mass-ratio with a relative uncertainty of better than  $10^{-11}$ . The ratio is of relevance for the Karlsruhe TRITium Neutrino experiment (KATRIN), which aims to measure the electron anti-neutrino mass, by measuring the shape of the  $\beta$ -decay energy spectrum close to its endpoint. An independent measurement of the  $^3\text{H}$  to  $^3\text{He}$  mass-ratio pins down this endpoint, and thus will help to determine the systematics of KATRIN.

The trap setup consists of two Penning-traps: One trap for preci-

sion measurements, the other trap for ion storage. Ideally, the trap content will be periodically switched, which reduces the time between the measurements of the two ions' motional frequencies.

In 2012, a mass ratio measurement of  $^{12}\text{C}^{4+}$  to  $^{14}\text{N}^{5+}$  was performed to characterize systematic effects of the traps. This measurement yielded an accuracy of  $10^{-9}$ . Further investigations revealed that a major reason for the modest accuracy is the large axial amplitude of  $\approx 100 \mu\text{m}$ , compared to a ideal case of  $3 \mu\text{m}$  at 4 K. In addition, relative magnetic fluctuations at a  $3 \times 10^{-10}$  level on a 10 h timescale need to be significantly improved. In this contribution, the aforementioned findings and further systematic studies will be presented.

MS 1.4 Mon 12:00 F 442

**Investigation of the work function fluctuations for high precision experiments** — ●CHRISTIAN SCHMIDT<sup>1</sup>, MARTIN BABUTZKA<sup>2</sup>, MATT BAHR<sup>3</sup>, MARCUS BECK<sup>1</sup>, WERNER HEIL<sup>1</sup>, BENJAMIN MONREAL<sup>3</sup>, ERNST-WILHELM OTTEN<sup>1</sup>, KLAUS SCHLÖSSER<sup>2</sup>, KERSTIN SCHÖNUNG<sup>2</sup>, and ALEXANDER WUNDERLE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Mainz — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle Kernphysik, Karlsruhe — <sup>3</sup>Department of Physics, Santa Barbara, California

High precision experiments at low energies are an important branch for the investigation of atomic properties. Examples are experiments using Penning traps for mass measurements or g-factor measurements, experiments using a gravitational balance to search for short range interactions, and experiments utilizing MAC-E filters.

The knowledge of the electrical potentials and potential differences inside these experiments is a crucial factor to achieve the best results. However, the potentials are directly influenced by the work function of the electrodes, which can show fluctuations of several hundred meV.

For the low energy, precision experiments *a*SPECT and KATRIN we commissioned and studied a scanning Kelvin probe system to investigate the work function fluctuations of different gold surfaces on different substrates. Since the Kelvin probe is a relative method, also photoelectron spectroscopy was performed additionally to obtain information on the absolute work functions. The work functions of the surfaces were also tested on their stability in time, and on a standard vacuum cleaning procedure and a bake out. This talk will present the results of the measurements.

MS 1.5 Mon 12:15 F 442

**The high-precision Penning trap mass spectrometer PENTATRAP** — ●ANDREAS DÖRR<sup>1,2</sup>, HENDRIK BEKKER<sup>1,2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup>, CHRISTINE BÖHM<sup>1,2,3</sup>, JOSÉ CRESPO LÓPEZ-URRUTIA<sup>1</sup>, SERGEY ELISEEV<sup>1</sup>, MIKHAIL GONCHAROV<sup>1,2</sup>, CHRISTIAN HÖKEL-SCHMÖGER<sup>1,2</sup>, YURI NOVIKOV<sup>4</sup>, JULIA REPP<sup>1</sup>, CHRISTIAN ROUX<sup>1</sup>, SVEN STURM<sup>1</sup>, and STEFAN ULMER<sup>1,5</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Fakultät für Physik und Astronomie, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, Germany — <sup>3</sup>Extreme Matter Institute EMMI, Helmholtz Gemeinschaft, Darmstadt, Germany — <sup>4</sup>Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russia — <sup>5</sup>RIKEN Advanced Science Institute, Hirosawa, Wako, Saitama, Japan

Currently, the high-precision Penning trap mass spectrometer PENTATRAP is being built up at the Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany. It aims at mass-ratio measurements of medium- to high-Z elements with uncertainties of a few parts in  $10^{12}$ . Mass-ratios will be determined by the measurement of cyclotron frequency-ratios in the strong magnetic field of the trap. The experiment will host five identical cylindrical Penning traps and will allow for simultaneous cyclotron frequency determinations in all measurement traps. It will feature access to highly charged ions provided by EBITs. Measurements at PENTATRAP will contribute to various fields of physics. For example, input parameters for neutrino mass determinations will be provided with measurements of  $Q$ -values of relevant  $\beta$ -transitions. The current status of the experiment will be outlined in the talk.

## MS 2: Precision Mass Spectrometry and Fundamental Applications II

Time: Monday 14:00–15:30

Location: F 442

## Invited Talk

MS 2.1 Mon 14:00 F 442

**The application of high-precision atomic masses in neutrino physics** — ●SZILARD NAGY — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — ExtreMe Matter Institute EMMI, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

The rest mass and the Majorana or Dirac nature of neutrinos are still open questions in physics. By searching for neutrinoless double-beta decay or neutrinoless double-electron-capture transitions and studying the kinematics of beta-decays the true identity of neutrinos is expected to be uncovered. In these decay processes the mass difference of the mother and daughter atoms plays a key role therefore its accurate and precise knowledge is important. Penning-trap mass spectrometers are the most suitable tools for such measurements. Due to the contribution of Penning traps in the past years the interest in this field has been revived triggering also new theoretical calculations. Our latest results including the masses of several Cd, Pd, Os and W isotopes measured with TRIGA-TRAP will be presented [1,2].

[1] C. Smorra. *et al.*, Phys. Rev. C **85**, 027601 (2012)

[2] C. Smorra. *et al.*, Phys. Rev. C **86**, 044604 (2012)

MS 2.2 Mon 14:30 F 442

**Mass separation with ISOLTRAP's MR-ToF** — ●R. WOLF<sup>1</sup>, D. ATANASOV<sup>2</sup>, D. BECK<sup>3</sup>, K. BLAUM<sup>2</sup>, CH. BÖHM<sup>2</sup>, CH. BORGMANN<sup>2</sup>, M. BREITENFELDT<sup>4</sup>, R. B. ÇAKIRLI<sup>2,5</sup>, N. CHAMEL<sup>6</sup>, S. GEORGE<sup>1</sup>, S. GORIELY<sup>6</sup>, F. HERFURTH<sup>3</sup>, M. KOWALSKA<sup>7</sup>, S. KREIM<sup>2,7</sup>, D. LUNNEY<sup>8</sup>, V. MANEA<sup>8</sup>, E. MINAYA RAMIREZ<sup>3,9</sup>, S. NAIMI<sup>10</sup>, D. NEIDHERR<sup>2,3</sup>, M. ROSENBUSCH<sup>1</sup>, L. SCHWEIKHARD<sup>1</sup>, J. STANJA<sup>11</sup>, F. WIENHOLTZ<sup>1</sup>, and K. ZUBER<sup>11</sup> — <sup>1</sup>Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Institut für Physik, 17487 Greifswald — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — <sup>3</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt — <sup>4</sup>Katholieke Universiteit, 3000 Leuven, Belgium — <sup>5</sup>University of Istanbul, Istanbul, Turkey — <sup>6</sup>Institut d'Astronomie et d'Astrophysique, Université Libre de Bruxelles, 1050 Brussels, Belgium — <sup>7</sup>CERN, CH-1211 Geneva, Switzerland — <sup>8</sup>CSNSM-IN2P3-CNRS, Université Paris-Sud, Orsay, France — <sup>9</sup>Helmholtz-Institut Mainz, 55099 Mainz — <sup>10</sup>RIKEN, Saitama 351-0198, Japan — <sup>11</sup>Technische Universität Dresden, 01069 Dresden

A contaminant-free beam is a crucial condition for mass measurements of short-lived nuclides on an uncertainty level of  $\delta m/m = 10^{-8}$ , as performed with ISOLTRAP at CERN-ISOLDE. The radioactive beam delivered by an ISOL facility contains a mixture of isobars, where far from stability the ions of interest often amount to only a minute fraction, drowned by contamination. ISOLTRAP has been upgraded with a multi-reflection time-of-flight (MR-ToF) mass analyzer and a Bradbury Nielsen gate, primarily intended as an auxiliary device to provide a faster purification of isobaric mixtures. Mass-resolving power of  $10^5$  and a contamination suppression of  $10^4$  have been reached in only a few tens of milliseconds, which decreases the purification period by over an order of magnitude compared to mass-selective buffer-gas centering in a dedicated Penning trap. On the one hand, the system can be used as the only mass separator and selector for very short-lived nuclides, where the buffer-gas filled Penning trap acts only for cooling and bunching. On the other hand, for intermediate half-lives and very high contamination to ion of interest ratios, several Penning-trap capture cycles can be performed to filter the few or even the only one ion of interest, for the actual mass measurement. This improves the ion-of-interest throughput by more than a factor of 10. The application of this method, e.g for the mass measurement of  $^{82}\text{Zn}$  and its astrophysical impact on the neutron-star crust, will be presented.

MS 2.3 Mon 14:45 F 442

**Precision mass measurements of exotic Calcium isotopes using ISOLTRAP's multi-reflection time-of-flight (MR-ToF) mass spectrometer** — ●FRANK WIENHOLTZ<sup>1</sup>, DIETRICH BECK<sup>2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>3</sup>, CHRISTOPHER BORGMANN<sup>3</sup>, MARTIN BREITENFELDT<sup>4</sup>, R. BURCU ÇAKIRLI<sup>3,5</sup>, SEBASTIAN GEORGE<sup>1</sup>, FRANK HERFURTH<sup>2</sup>, JASON D. HOLT<sup>6,7</sup>, MAGDALENA KOWALSKA<sup>8</sup>, SUSANNE KREIM<sup>3,8</sup>, DAVID LUNNEY<sup>9</sup>, VLADIMIR MANEA<sup>9</sup>, JAVIER MENENDEZ<sup>7,6</sup>, DENIS NEIDHERR<sup>2</sup>, MARCO ROSENBUSCH<sup>1</sup>, LUTZ SCHWEIKHARD<sup>1</sup>, ACHIM SCHWENK<sup>7,6</sup>, JOHANNES SIMONIS<sup>6,7</sup>, JULIANE STANJA<sup>10</sup>, ROBERT WOLF<sup>1</sup>, and KAI ZUBER<sup>10</sup> — <sup>1</sup>Ernst-

Moritz-Arndt-Universität, Institut für Physik, 17487 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>3</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany — <sup>4</sup>Katholieke Universiteit, 3000 Leuven, Belgium — <sup>5</sup>University of Istanbul, Istanbul, Turkey — <sup>6</sup>Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, 64289 Darmstadt, Germany — <sup>7</sup>ExtreMe Matter Institute EMMI, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>8</sup>CERN, CH-1211 Geneva, Switzerland — <sup>9</sup>CSNSM-IN2P3-CNRS, Université Paris-Sud, Orsay, France — <sup>10</sup>Institut für Kern- und Teilchenphysik, Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, Germany

State-of-the-art precision measurements on radioactive ions have been performed with the Penning-trap mass spectrometer ISOLTRAP at CERN. Minute production rates often accompanied by huge isobaric background and millisecond half-lives pose enormous challenges on the experimental setup and often require new experimental techniques. The ISOLTRAP setup has recently been enhanced with an electrostatic mirror ion trap acting as a multi-reflection time-of-flight mass separator (MR-ToF MS) for beam purification. It can likewise be used as a spectrometer in combination with a suitable detector increasing the mass-measurement capability of ISOLTRAP considerably. The measurements on the calcium isotopic chain will be presented together with the nuclear structure they reveal. The measurements up to  $^{54}\text{Ca}$  are compared with predictions from models that utilize three-body nuclear forces.

MS 2.4 Mon 15:00 F 442

**Development of the high-capacity, Penning-trap isobar separator: PIPERADE** — ●MICHAEL HECK<sup>1</sup>, PAULINE ASCHER<sup>1</sup>, BERTRAM BLANK<sup>2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1</sup>, PIERRE DUPRÉ<sup>3</sup>, MATHIAS GERBAUX<sup>2</sup>, STEPHANE GRÉVY<sup>2</sup>, HUGO GUÉRIN<sup>2</sup>, and DAVID LUNNEY<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan, Université Bordeaux 1, UMR 5797 CNRS/IN2P3, Chemin du Solarium, BP 120, F-33175 Gradignan Cedex, France — <sup>3</sup>Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse, IN2P3/CNRS-Université de Paris Sud, F-91405, Orsay, France

The set-up of PIPERADE will be used to purify the radioactive ion beam at the future SPIRAL2 facility of GANIL. The mass separation will be performed with a double Penning trap which will be built in a collaboration between the MPIK in Heidelberg, the CENBG in Bordeaux and the CSNSM in Orsay. The main requirements for this system are a high resolving power ( $10^5$ ) for the separation of close masses and a high loading capacity ( $> 10^7$ ) due to the large ratio between the amount of the isobaric contaminants and the ions of interest. First results from simulations and test measurements, performed to find an efficient cleaning method, will be presented. In particular some Coulomb effects have been investigated and new excitation methods have been tested and simulated.

MS 2.5 Mon 15:15 F 442

**Performance Results and Operation Modes of a Mobile High-Resolution MR-TOF Mass Spectrometer for in-situ Analytics** — ●JOHANNES LANG<sup>1</sup>, TIMO DICHEL<sup>1,2</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, WAYNE LIPPERT<sup>1</sup>, WOLFGANG PLASS<sup>1,2</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>1,2</sup>, and MIKHAIL YAVOR<sup>3</sup> — <sup>1</sup>II. Physikalisches Institut, JLU Giessen — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt — <sup>3</sup>RAS St. Petersburg

While conventional mobile MS are restricted to moderate performance, this multiple-reflection time-of-flight mass spectrometer (MR-TOF-MS) allows for the first time a mass resolving power exceeding 100,000 and sub ppm accuracy in a transportable format. Thus it allows to resolve isobars and enables to accurately determine the composition and structure of large biomolecules. The instrument offers further features along with high resolution, such as high resolution tandem MS and isobar separation.

The MR-TOF-MS consists of an atmospheric pressure interface for various atmospheric ion sources, RFQ beam preparation system (mass filter, ion cooler, ion trap), time-of-flight analyzer and detector. The complete instrument is mounted into a single frame with a total volume of only 0.8m<sup>3</sup>. Future versions can be reduced in size even further to fit specialized applications.

A characterization of the system and results with atmospheric ion sources will be demonstrated. Special operation modes will be explained and an overview of life science application will be given, in-

cluding realtime tissue recognition in electrosurgery, identification of mycotoxins and the analysis of soil samples for environmental studies.

### MS 3: Ion Trap and FT-ICR-MS, Molecules, Clusters and Reactions

Time: Monday 16:30–18:15

Location: F 442

#### Invited Talk

MS 3.1 Mon 16:30 F 442

**Erzeugung polyanionischer Cluster in Ionenfallen** — ●FRANKLIN MARTINEZ, STEFFI BANDELOW, GERRIT MARX und LUTZ SCHWEIKHARD — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, 17487 Greifswald, Deutschland

Ionenfallen haben sich als vielfältiges Instrument zur Untersuchung gespeicherter Clusterionen etabliert. Sie ermöglichen zeitlich ausgedehnte Wechselwirkungen der Cluster mit Elektronen, Laserstrahlung, Neutralgas oder anderen Ionen. Insbesondere eignen sie sich zur Erzeugung mehrfach negativ geladener Cluster. Die hierzu erforderliche Elektronenanlagerung erfolgt in Ionenzyklotronresonanz (ICR oder auch Penning)-Fallen durch gemeinsame Speicherung von Cluster-Monoanionen und Elektronen. Allerdings ist die Clustergröße nach oben begrenzt. In Radiofrequenzfallen (auch Paul-Fallen genannt) entfällt diese Limitierung. Zwar ist dann keine gemeinsame Speicherung möglich, jedoch können gespeicherte Cluster-Monoanionen mit einem Elektronenstrahl überlagert werden. Ein wesentlicher Aspekt der Polyanionen ist ihr Auftreten als Funktion der Clustergröße. Die für ihre Anlagerung benötigten Energien der Elektronen hängen außerdem vom Ladungszustand ab. Umgekehrt führen Elektronentunneln durch das Coulombpotential und thermische Anregung zur Elektronenemission. Im Beitrag wird eine Übersicht über die bisher erzielten Ergebnisse gegeben und die Grenzen der Polyanionen-Erzeugung in Ionenfallen werden diskutiert.

MS 3.2 Mon 17:00 F 442

**Erzeugung mehrfach negativ geladener Goldcluster in einer linearen Paulfalle** — ●STEFFI BANDELOW, FRANKLIN MARTINEZ, GERRIT MARX und LUTZ SCHWEIKHARD — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Deutschland

Ein neuer Ansatz für die Produktion mehrfach negativ geladener Cluster wurde entwickelt, dessen Grundlage die Verwendung einer linearen Paulfalle ist. Bisher wurde die Anlagerung von Elektronen an bereits negativ geladene Cluster in einer Penningfalle durch Verwendung eines Elektronenbades, also der gleichzeitigen Speicherung der Reaktionspartner realisiert [1]. Neben allen Vorteilen dieser Methode besitzen Penningfallen ein oberes Massenlimit [2], einen nur begrenzten Zugang zum Fallenzentrum und sind nur schwer zu anderen Einrichtungen zu transportieren.

Der hier vorgestellte Ansatz der Erzeugung mehrfach negativ geladener Cluster beruht auf der Verwendung einer linearen Paulfalle, welche mit rechteckigen Führungsfeldern betrieben wird [3,4]. Da eine gleichzeitige Speicherung von Elektronen und Clustern in diesem Fallentyp nicht möglich ist, wird ein niederenergetischer Elektronenstrahl durch die Falle geleitet. Im Beitrag werden vorläufige Daten zu der Erzeugung mehrfach negativ geladener Cluster präsentiert.

[1] F. Martinez et al., Int. J. Mass Spectrom. 313 (2012) 30-35. [2] L. Schweikhard et al., Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes 141 (1995) 77-90. [3] J.A. Richards et al., Int. J. Mass Spectrom. Ion Phys. 12 (1973) 317. [4] S. Bandelow et al., Int. J. Mass Spectrom., eingereicht (2012).

MS 3.3 Mon 17:15 F 442

**Laser-induced delayed electron emission of metal cluster anions** — ●CHRISTIAN BREITENFELDT<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>2</sup>, SEBASTIAN GEORGE<sup>1,2</sup>, MICHAEL LANGE<sup>2</sup>, SEBASTIAN MENK<sup>2</sup>, BIRGIT SCHABINGER<sup>1</sup>, LUTZ SCHWEIKHARD<sup>1</sup> und ANDREAS WOLF<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Univ., 17487 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK), 69117 Heidelberg, Germany

The Cryogenic Trap for Fast ion beams (CTF) is an electrostatic ion beam trap for the investigation of charged particles in the gas phase located at the MPIK in Heidelberg. It is suited to study thermionic and laser-induced electron emission of anions with complex multi-body structure such as clusters and molecules. In recent measurements the cooling behavior of small copper and cobalt cluster anions was inves-

tigated at different ambient temperatures down to 15 K. For probing the internal energy as a function of time after their creation the clusters have been irradiated with a nanosecond laser pulse at 1064 nm, and the delayed electron emission has been recorded. Due to radiative cooling the internal energy changes depending on storage time. By the dependence of the electron emission rate on total energy, these cooling processes become observable in the time-dependent structure of the delayed emission.

MS 3.4 Mon 17:30 F 442

**Novel setup for the characterization of metal clusters with organic adsorbates by mass spectrometry** — ●DANIEL NEUWIRTH, BRADLEY VISSER, KATHRIN LANGE, JAN ECKHARD, MARTIN TSCHURL, ULRICH BOESL, and ULRICH HEIZ — Technische Universität München, Lichtenbergstraße 4, 85748 Garching

Clusters of metal atoms often show a size dependent behavior, obviously different from the bulk metal. The experimental setup consists of a laser evaporation cluster source equipped with two pulsed nozzles. One is used to inject helium in order to cool the clusters and a second one for the injection of organic molecules into the cluster source. The produced metal clusters with organic adsorbates are then characterized in the gas phase by time of flight mass spectrometry. First results measured with the described setup are presented.

MS 3.5 Mon 17:45 F 442

**Destruction and creation of interstellar hydrocarbon chain anions** — ●ERIC ENDRES, THORSTEN BEST, DANIEL HAUSER, OLGA LAKHMANSKAYA, and ROLAND WESTER — Universität Innsbruck, Institut für Ionenphysik und Angewandte Physik, Österreich

In the interstellar medium (ISM), ion-molecule reactions are believed to play a key role in the formation of complex molecules. The detection of the first interstellar anion [1] has raised new interest in the quantitative composition of the ISM and the underlying reaction network. To date, six anions have been detected, three of which are unsaturated hydrocarbon chains, namely  $C_4H^-$ ,  $C_6H^-$  and  $C_8H^-$ .

Characteristics of these carbon chain anions have been investigated via photodetachment measurements [2] and via reactions with atomic partners H, N and O at room temperature [3]. Reactions with molecular hydrogen are assumed to take place slowly [3]. However, because of the abundance of  $H_2$  in the ISM, a precise knowledge of the reaction rates are still important.

A cryogenic 22-pol radio frequency ion trap is the ideal tool to observe rare reactions. Furthermore, measurements over a large temperature scale are possible. This allows us to simulate the conditions of the ISM and analyse possible reactions. Temperature dependent measurements of the reaction rates of hydrocarbon chain anions with  $H_2$  will be presented. Furthermore, the status of the investigation concerning possible chain elongation of the anions will be reported.

[1] McCarthy et al. Ap.J. 652:L141 (2006); [2] Best et al. Ap.J. 742:63 (2011); [3] Eichelberger et al. Ap.J. 667:1283 (2007)

MS 3.6 Mon 18:00 F 442

**The low-temperature nuclear spin (ortho/para) equilibrium of  $H_3^+$  in collisions with  $H_2$**  — ●FLORIAN GRUSSIE<sup>1</sup>, MAX BERG<sup>1</sup>, KYLE CRABTREE<sup>2</sup>, SABRINA GÄRTNER<sup>3</sup>, BEN MCCALL<sup>2</sup>, STEFAN SCHLEMMER<sup>3</sup>, ANDREAS WOLF<sup>1</sup>, and HOLGER KRECKEL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — <sup>2</sup>Department of Chemistry, University of Illinois at Urbana-Champaign. Urbana, IL 61801, USA — <sup>3</sup>I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Zùlpicher Str. 77, 50937 Köln

The triatomic molecular hydrogen ion  $H_3^+$  is the cornerstone of interstellar chemistry and the simplest polyatomic molecule. As a highly reactive proton donor,  $H_3^+$  initiates the formation of larger interstellar molecules like water and hydrocarbons. Recent observations of  $H_2$  and  $H_3^+$  in the diffuse interstellar medium revealed a difference in the nuclear spin excitation temperatures of the two species. In order to probe the nuclear spin exchange in the  $H_3^+/H_2$  reaction system,

we have performed measurements of the steady-state ortho/para ratio of  $H_3^+$  in collisions with thermal  $H_2$  in a temperature-variable cryogenic radiofrequency ion trap at the Max Planck Institute for Nuclear Physics [1]. The populations of the lowest rotational states of  $H_3^+$  were probed by a laser-induced chemical reaction with argon. The product

$ArH^+$  of this chemical reaction can be detected with very high sensitivity. Here we present results for temperatures from 45-100 K and discuss the implications for the diffuse interstellar medium.

[1] F. Grussie et al. 2012, ApJ, 759, 21

## MS 4: Resonance Ionisation MS, ICPMS and others I

Time: Tuesday 11:00–12:00

Location: F 442

**Invited Talk** MS 4.1 Tue 11:00 F 442  
**Surface Analysis with ToF-SIMS and Laser-SNMS: Possibilities and Limitations** — ●HEINRICH F. ARLINGHAUS — Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Physikalisches Institut, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster, Germany

Time-of-flight secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS) and laser-postionization secondary neutral mass spectrometry (Laser-SNMS) have been applied to detect and image specific compounds, intrinsic elements, and molecules with sub-micron resolution in different types of samples, as well as to obtain 3D molecular images from frozen biological samples.

In the presentation, the possibilities and limitations of ToF-SIMS and Laser-SNMS for detecting and imaging elements and molecules in biological samples will be discussed. Specifically, the possibilities for enhancing the detection sensitivity by using polyatomic and cluster primary ions and different laser post-ionization schemes were investigated. The data show that cluster-ion bombardment is very useful for enhancing molecular yield and for detecting large molecules in biological samples, while Laser-SNMS results in much higher detection sensitivity for elements and specific molecules and is particularly well suited for imaging ultra-trace element concentrations. Imaging experiments clearly show that both ToF-SIMS and Laser-SNMS are well suited for imaging elements and molecules in complex samples and are both very valuable techniques for advancing applications in various research fields such as life, materials, and earth sciences.

MS 4.2 Tue 11:30 F 442

**Untersuchung des Lösungsverhaltens von neuen Brennstoffmatrices für Generation IV Reaktoren** — ●MEIJIE CHENG, MICHAEL STEPPERT und CLEMENS WALTHER — Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover

Auch wenn in Deutschland der Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen wurde, gibt es weltweit Bestrebungen neue Kernreaktoren der Generation IV Reaktoren zu entwickeln. Das neue Reaktorkonzept soll eine erhöhte Sicherheit aufweisen, den Brennstoff nachhaltiger ausnutzen und den Brennstoffkreislauf schließen. Eine Option für die dabei benötigten neuartigen Brennstoffe bietet der Einsatz von Mo-Oxiden

als inerter Matrix, in die der Kernbrennstoff eingebettet wird. Für die nach dem Einsatz im Kernkraftwerk benötigten Wiederaufarbeitungsschritte ist es wichtig, die Lösungsspezies der Molybdänoxid-Matrix zu charakterisieren und quantifizieren. Darüber hinaus soll der Einfluss des Brennstoffes in der Brennstoffmatrix auf die Speziesverteilung verstanden werden. Als Methode zum direkten Nachweis aller in Lösung vorkommender Spezies wurde die nano-Elektrospray-Ionisations Massenspektrometrie eingesetzt. Mit ESI-MS lassen sich die relativen Anteile geladener Spezies in Lösung abbilden. Lösungen von  $MoO_3$  wurden im prozessrelevanten stark sauren Bereich bei verschiedenen Säurestärken untersucht. Mit abnehmender Säurekonzentration steigt die Tendenz zur Bildung von polymeren Molybdänspezies. Der Einfluss der Zugabe von Zirconium als Analogon für Plutonium in Brennstoff typischen Verhältnissen auf die Speziesbildung wird untersucht.

MS 4.3 Tue 11:45 F 442

**Untersuchung von Uran- und Europium-Acetatkomplexen mittels nano-ESI TOF Massenspektrometrie** — ●MAREIKE DANIEL, MICHAEL STEPPERT und CLEMENS WALTHER — Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover

Die Löslichkeit und Mobilität von Uran in der Natur hängt unter anderem von den Verbindungen ab, die es mit in Böden vorkommendem organischem Material eingeht. Diese im Pflanzenmetabolismus gebildeten organischen Verbindungen weisen mitunter hohe Bindungsstärken zum Uran auf und können sowohl die Löslichkeit und Mobilität von Uran, wie auch seine Aufnahme in Pflanzen begünstigen. Um das Verhalten von Actiniden in der Biosphäre abzuschätzen ist eine umfassende Charakterisierung und Quantifizierung aller zwischen dem Metall und den organischen Liganden gebildeten Spezies unter umweltrelevanten Bedingungen unerlässlich. Dazu lässt sich die genaue Zusammensetzung der gebildeten Komplexverbindungen in wässriger Lösung mittels nano-Electrospray-Ionisations Flugzeit Massenspektrometrie (nano-ESI TOF MS) analysieren. Mit der nano-ESI TOF MS werden die bei der Komplexbildung von U(VI)- und Eu(III)-Ionen mit Acetatliganden bei verschiedenen Säurestärken gebildeten Verbindungen untersucht. Sie ist ein erster Schritt, die Mechanismen, die zu einer Mobilisierung in Böden und einer nachfolgenden Aufnahme in Pflanzen führen, aufzuklären.

## MS 5: Resonance Ionisation MS, ICPMS and others II

Time: Tuesday 14:00–15:30

Location: F 442

**Invited Talk** MS 5.1 Tue 14:00 F 442  
**The ISOLDE Laser Ion Source and Trap (LIST): Towards Pure Ion Beams** — ●DANIEL FINK<sup>1,2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>2,3</sup>, RICHARD CATHERAL<sup>1</sup>, VALENTIN FEDOSSEEV<sup>1</sup>, ALEXANDER GOTTBERG<sup>1</sup>, TOBIAS KRON<sup>4</sup>, BRUCE MARSH<sup>1</sup>, SVEN RICHTER<sup>4</sup>, RALF ERIK ROSSEL<sup>1</sup>, SEBASTIAN ROTHE<sup>1</sup>, THIERRY STORA<sup>1</sup>, and KLAUS WENDT<sup>4</sup> — <sup>1</sup>CERN, Geneva, Switzerland — <sup>2</sup>University of Heidelberg — <sup>3</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — <sup>4</sup>University of Mainz

The on-line isotope mass separator ISOLDE at CERN is a facility dedicated to the production of a large variety of radioactive ion beams. A high ionization efficiency combined with ultimate isotope selectivity is of utmost importance for all on-line experiments on exotic, short-lived radionuclides with the lowest production rates. The ionization technique that most closely meets this requirement is the element selective Resonance Ionization Laser Ion Source (RILIS). Unfortunately, even when the RILIS is used, many rare isotope beams produced at ISOLDE remain contaminated with surface ionized isobars. In order to suppress the surface ions, a radio-frequency quadrupole device known

as the Laser Ion Source and Trap (LIST) has been developed at the University of Mainz and at CERN. After the first successful on-line test in 2011, the LIST was further improved in terms of efficiency, selectivity, and reliability through several off-line tests at Mainz University and at ISOLDE/CERN. In September 2012, the first on-line physics experiments to use the LIST took place at ISOLDE.

A summary of the LIST technology and the results of the on-line characterization and experiments are given.

MS 5.2 Tue 14:30 F 442

**Vergleich von Rydbergionisation von Yb in Hoch- und Niederspannungsmassenseparatoren** — ●FABIAN SCHNEIDER<sup>1</sup>, CHARLOTTE ANDERSSON<sup>2</sup>, DAG HANSTORP<sup>2</sup>, TOBIAS KRON<sup>1</sup>, NILS ODEBO LÄNK<sup>2</sup>, JOHANNA OLSSON<sup>2</sup>, SVEN RICHTER<sup>1</sup>, JOHANNES ROSSNAGEL<sup>1</sup> und KLAUS WENDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Universität Mainz — <sup>2</sup>Department of Physics, University of Gothenburg

Die Resonanzionisationsspektroskopie bietet eine sehr effiziente Methode zur Erzeugung von elementreinen Ionenstrahlen. Die Entwicklung von Anregungsschemata für On-Line-Ionenquellen, die üblicherweise

eine Beschleunigung der Ionen auf 30...60 kV aufweisen, wird dabei häufig an kompakten und betriebsgünstigen Apparaturen mit niedriger Beschleunigungsspannung durchgeführt. Dies beeinflusst die resonante Anregung im Allgemeinen nicht wesentlich.

Unterscheide in den Anregungsspektren der Ionisation von Ytterbium über Rydbergzustände bei Verwendung einer Ionenquelle mit Nieder- und Hochspannungsbeschleunigung wurden untersucht. Aufgrund identischer Ionisationsöfen sind diese nur durch den unterschiedlich starken Eingriff des Extraktionsfeldes in den Ofen zu erklären.

MS 5.3 Tue 14:45 F 442

**Charakterisierung der Ionenoptik eines Massenseparators als Vorstufe zur automatischen Optimierung** — ●SVEN RICHTER<sup>1</sup>, ROBERT BRYLKA<sup>2</sup>, FABIAN SCHNEIDER<sup>1</sup> und KLAUS WENDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Mainz — <sup>2</sup>Hochschule Rhein Main

Massenseparatoren mit Beschleunigungsspannungen von 30 bis 60 kV finden Anwendung in der Grundlagenforschung, z.B. an Einrichtungen zur Erzeugung von radioaktiven Ionenstrahlen. Hohe Transmission, optimales Strahlenprofil und daraus resultierend eine gute Massenauflösung mit hinreichender Unterdrückung von Nachbarmassen stehen bei nahezu allen Anwendungen im Vordergrund. Verluste durch suboptimale Justage der Ionenoptikkomponenten müssen detektiert und vermieden werden. Entsprechende systematische Untersuchungen wurden für den Massenseparator RISIKO an der Universität Mainz durchgeführt. Dieser ist teilweise eine Kopie des on-line Massentrenners ISOLDE am CERN und dient der Entwicklung von Resonanzionisations-Laserionenquellen RILIS. Über LabView-Ansteuerungen wurden korrelierte Abhängigkeiten der Strahlparameter von den Settings der Extraktionselektrode, Einzellinse und der Ablenkplatten untereinander wie auch die jeweilige Transmission durch den Separatormagneten analysiert. Aus den Ergebnissen können optimierte Betriebsparameter hinsichtlich Transmission und Strahlprofil ermittelt und eine automatische Regelung der Parameter abgeleitet werden.

MS 5.4 Tue 15:00 F 442

**Charakterisierung eines niederenergetischen Quadrupol-Massenspektrometers für die Resonanzionisations-Spektroskopie** — ●MICHAEL FRANZMANN, THOMAS FISCHBACH, AMIN HAKIMI, JOHANNES ROSSNAGEL, NICOLAS TOLAZZI und KLAUS WENDT — Universität Mainz

Der grundlegende Neuaufbau eines niederenergetischen Quadrupol-

Massenspektrometers für die resonante Lasermassenspektrometrie machte eine komplette Charakterisierung der Messapparatur erforderlich. Sie wird zum einen für spektroskopische Messungen zur Entwicklung von optischen mehrstufigen Anregungsschemata für verschiedenste Elemente eingesetzt, wodurch eine gezielte Vorbereitung von Messungen an On-line-Ionenquellen ermöglicht wird. Zum anderen dient die Apparatur der analytischen Untersuchung von Umweltproben, um z.B. kleinste Spuren von Plutonium zu quantifizieren.

Die Charakterisierung dieses Massenspektrometers erfordert genaue Analysen der Gesamteffizienz für verschiedene Elemente, wie z.B. Uran, Neptunium und Plutonium. Des Weiteren wurde eine Bestimmung der Nachbarmassenunterdrückung und der daraus resultierenden Selektivität durchgeführt. Parallel zur Charakterisierung wurde die Ionenquelle unter Verwendung verschiedener Reduktionsfolien oder Vorbehandlung des Graphitrohrofens getestet.

MS 5.5 Tue 15:15 F 442

**Status und Entwicklungen von On-Line Ionenquellen am Forschungsreaktor TRIGA Mainz** — ●FABIAN SCHNEIDER<sup>1,2</sup>, BENJAMIN BOTERMANN<sup>1,3,5</sup>, CHRISTOPH E. DÜLLMANN<sup>1,3,4</sup>, KLAUS EBERHARDT<sup>1</sup>, CHRISTOPHER GEPPERT<sup>1,3,5</sup>, WILFRIED NÖRTERSÄUSER<sup>1,3,5</sup>, DENNIS RENISCH<sup>1</sup> und KLAUS WENDT<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernchemie, Uni Mainz — <sup>2</sup>Institut für Physik, Uni Mainz — <sup>3</sup>GSI Helmholtzzentrum — <sup>4</sup>Helmholtz-Institut Mainz — <sup>5</sup>Institut für Kernphysik, TU Darmstadt

Im Rahmen des TRIGA-SPEC Experiments sollen Grundzustandseigenschaften von Spaltprodukten untersucht werden, welche durch neutroneninduzierte Spaltung von <sup>235</sup>U oder <sup>249</sup>Cf am Forschungsreaktor TRIGA Mainz erzeugt werden. Die frei werdenden Spaltprodukte werden in einem mit Aerosolpartikeln versetzten Gas gestoppt und abtransportiert. Über ein Skimmersystem lassen sich die Aerosolpartikel vom Trägergas trennen und in eine Ionenquelle überführen. In dieser werden Temperaturen von über 2000 °C erreicht, wodurch das Aerosol und die Spaltprodukte ionisiert werden. Bei ersten Testmessungen konnten so Ausbeuten der Oberflächenionisation von bis zu 70 Ionen/s für <sup>91</sup>Rb erreicht werden.

Parallel zum On-Line-Betrieb steht ein Off-Line-Teststand zur Verfügung. Dort wird eine modifizierte Ionenquelle getestet, bei der zusätzlich zwischen geheizter Kathode und der Skimmeranode eine Gasentladung gezündet wird. Durch die Plasmaionisation können so auch Ionenstrahlen von Elementen mit größerem Ionisationspotential präpariert werden.

## MS 6: Ion Storage Rings and Precision Mass Spectrometry

Time: Wednesday 11:00–12:15

Location: F 442

**Invited Talk** MS 6.1 Wed 11:00 F 442

**Recent results in mass measurements of short-lived nuclides at CSRe-Lanzhou** — ●YUHU ZHANG<sup>1</sup>, HUSHAN XU<sup>1</sup>, and YURI LITVINOV<sup>2,1</sup> — <sup>1</sup>IMP, Lanzhou, China — <sup>2</sup>GSI, Germany

Nuclear mass is the fundamental property of a nucleus. The complex interplay of strong, weak and electromagnetic interactions in the nucleus contributes to the difference between its mass and the sum of the masses of its constituent nucleons. Precise and systematic measurements of nuclear masses not only provide information on nuclear structure, but also find their important applications in nuclear astrophysics. Recent commissioning of the Cooler Storage Ring at the Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL-CSR) has allowed us for direct mass measurements at the Institute of Modern Physics in Lanzhou (IMP), Chinese Academy of Sciences. In the past few years, a series of mass measurement experiments have been carried out using the CSRe-based isochronous mass spectrometry. Masses of short-lived neutron-deficient nuclides have been measured via fragmentation of the energetic beams of <sup>78</sup>Kr, <sup>58</sup>Ni. The implications of these results with respect to nuclear structures and nucleosynthesis in the *rp*-process of x-ray bursts are discussed.

MS 6.2 Wed 11:30 F 442

**Online mass measurements with a Multiple-Reflection Time-of-Flight Mass Spectrometer (MR-TOF-MS) at the FRS Ion Catcher** — ●JENS EBERT<sup>1</sup>, TIMO DICKEL<sup>1,2</sup>, WOLFGANG R. PLASS<sup>1,2</sup>, SAMUEL AYET<sup>2</sup>, PETER DENDOOVEN<sup>3</sup>, ALFREDO ESTRADA<sup>2</sup>, FABIO FARINON<sup>2</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, FLORIAN GREINER<sup>1</sup>, EMMA HAETTNER<sup>1,2</sup>, CHRISTIAN JESCH<sup>1</sup>, NASSER KALANTAR-

NAYESTANAKI<sup>3</sup>, RONJA KNOEBEL<sup>1,2</sup>, JAN KURCEWICZ<sup>2</sup>, JOHANNES LANG<sup>1</sup>, IAIN MOORE<sup>4</sup>, IVAN MUKHA<sup>2</sup>, CHIARA NOCIFORO<sup>2</sup>, MARTIN PETRICK<sup>1</sup>, MAREK PEUTZNER<sup>2</sup>, STEPHANE PIETRI<sup>2</sup>, ANDREJ PROCHAZKA<sup>2</sup>, SIVAJI PURUSHOTHAMAN<sup>2</sup>, MORITZ P. REITER<sup>1</sup>, ANN-KATHRIN RINK<sup>1</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>1,2</sup>, MAYA TAKECHI<sup>2</sup>, HELMUT WEICK<sup>2</sup>, JOHN WINFIELD<sup>2</sup>, MARCEL DIWISCH<sup>1</sup>, and MIKHAIL I. YAVOR<sup>5</sup> — <sup>1</sup>JLU Giessen — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt — <sup>3</sup>KVI, University of Groningen, Netherlands — <sup>4</sup>University of Jyväskylä, Finland — <sup>5</sup>Russian Academy of Sci., St. Petersburg

At the Low-Energy-Branch (LEB) of the Super-FRS at FAIR experiments with-slowed down exotic nuclei will be performed. The FRS Ion Catcher experiment at the FRS serves a test facility for the LEB. The relativistic ions are thermalized in a novel cryogenic stopping cell, extracted and transported to a MR-TOF-MS for high precision mass measurements or decay-spectroscopy. In summer 2012 direct mass measurements of U projectile fragments have been performed for the first time with a MR-TOF-MS, among them <sup>213</sup>Rn with a half-life of only 19.5 ns.

MS 6.3 Wed 11:45 F 442

**Simulations of a Dual TOF Detector System for Isochronous Mass Spectrometry in the Collector Ring at FAIR** — ●MARCEL DIWISCH<sup>1</sup>, NATALIA KUZMINCHUK-FEUERSTEIN<sup>1</sup>, TIMO DICKEL<sup>1,2</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, RONJA KNÖBEL<sup>1,2</sup>, WOLFGANG PLASS<sup>1,2</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>1,2</sup>, and HELMUT WEICK<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt

Direct mass measurements of short-lived exotic nuclei yield key infor-

mation for modern nuclear physics. Experimentally determined mass values of exotic nuclei have a big impact on numerous applications in fundamental and applied science. With the Superconducting-Fragment Separator (Super-FRS) at the new FAIR facility a whole new range of exotic nuclei far away from stability will be accessible. Higher beam intensities and larger phase space volumes impose new challenges for the detection systems. To measure masses of short-lived exotic nuclei one can use the Isochronous Mass Spectrometry (IMS) which presently is successfully performed at the FRS-ESR facility. For IMS in the future Collector Ring, (CR) a first version of a new dual Time-Of-Flight (TOF) detector system, which fulfills the requirements of the new beam parameters has been designed. Simulation results for the new TOF detector in the CR will be shown.

MS 6.4 Wed 12:00 F 442

**Exploring the nuclear structure above fermium with SHIP-TRAP** — ●E. MINAYA RAMIREZ<sup>1,2</sup>, D. ACKERMANN<sup>2</sup>, K. BLAUM<sup>3,4</sup>, M. BLOCK<sup>2</sup>, C. DROESE<sup>5</sup>, CH. E. DÜLLMANN<sup>1,2,6</sup>, M. EIBACH<sup>6</sup>, S. ELISEEV<sup>3</sup>, E. HAETNER<sup>2,7</sup>, F. HERFURTH<sup>2</sup>, F.P. HESSBERGER<sup>2</sup>, S. HOFMANN<sup>2</sup>, G. MARX<sup>5</sup>, D. NESTERENKO<sup>8</sup>, YU. NOVIKOV<sup>8</sup>, W.R. PLASS<sup>2,7</sup>, D. RODRÍGUEZ<sup>9</sup>, C. SCHEIDENBERGER<sup>2,7</sup>, L. SCHWEIKHARD<sup>5</sup>, P.G. THIROLF<sup>10</sup>, and C. WEBER<sup>10</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz-

Institut Mainz — <sup>2</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — <sup>3</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — <sup>4</sup>Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg — <sup>5</sup>Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald — <sup>6</sup>Johannes Gutenberg-Universität Mainz — <sup>7</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen — <sup>8</sup>PNPI RAS Gatchina, St. Petersburg — <sup>9</sup>Universidad de Granada — <sup>10</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München

Penning-trap mass spectrometry of radionuclides provides direct mass measurements with an accuracy of a few keV. The mass gives access to the nuclear binding energy, a crucial parameter to investigate the nuclear shell structure. Furthermore, the combination of  $\alpha$ -decay spectroscopy and directly measured masses above fermium ( $Z = 100$ ) allows determining the masses of higher- $Z$  nuclides to guide the exploration of the island of stability of superheavy elements. Recently, the masses of the nuclides <sup>252–255</sup>No and <sup>255,256</sup>Lr have been measured with high accuracy using the Penning trap mass spectrometer SHIPTRAP at GSI Darmstadt. The accurate experimental binding energies allow mapping of the shell effects at  $N = 152$ . In order to measure the masses of nuclides with production cross sections even lower than <sup>256</sup>Lr, new developments are envisaged to improve the efficiency of the SHIP-TRAP setup. Future measurements and recent developments will be presented.

## MS 7: Accelerator Mass Spectrometry and Applications I

Time: Wednesday 14:00–15:30

Location: F 442

### Invited Talk

MS 7.1 Wed 14:00 F 442

**Beschleuniger-Massenspektrometrie mit C-14 - eine Erfolgsgeschichte mit vielen Facetten** — ●BERND KROMER — Klaus-Tschira-Labor für physikalische Altersbestimmung, Curt-Engelhorn-Zentrum für Archäometrie, Mannheim

Die Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) an seltenen Isotopen (z.B. C-14, Be-10, Al-26, Cl-36, J-129, Aktiniden) hat seit 30 Jahren zu vielen neuen Anwendungsfeldern geführt. Auf C-14 entfällt wegen seiner universellen Verbreitung und seiner günstigen Halbwertszeit der Hauptteil der Analysen. Die physikalische und technische Weiterentwicklung der Spektrometer, insbesondere im Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich, hat zu hochkompakten und hochgenauen Anlagen speziell für C-14 geführt, und mit den aktuellen Fortschritten in der Ionenquelle sind Probenmengen bis hinunter zu 10 Mikrogramm möglich.

Der Vortrag beschreibt den aktuellen Stand der Messtechnik, und präsentiert Beispiele aus der weiten Spanne der Anwendungen in den Bereichen Datierung, Rekonstruktion der Sonnenaktivität, Verifikation des Kyoto Protokolls, Biomedizin und der Umweltforschung.

MS 7.2 Wed 14:30 F 442

**myCADAS - Radiocarbon MS** — ●MARTIN SEILER, SASCHA MAXEINER und HANS-ARNO SYNAL — ETH Zürich, Zürich, Schweiz

Die Verwendung von Helium als Strippergas ermöglicht die massenspektrometrische Auftrennung von Kohlenstoffisotopen bei Energien von etwa 45 keV. Die myCADAS Anlage an der ETH Zürich wurde gebaut, um das Massenspektrometer rund um den beschleunigerlosen Stripperprozess zu optimieren. Das Konzept der neuen Anlage wird kurz vorgestellt und erste Messungen präsentiert. Eine der Herausforderungen besteht darin, die Akzeptanz auf den grossen Phasenraum der niederenergetischen Ionen anzupassen. Weiterhin ist es wichtig die Vakuumbedingungen in den ablenkenden Magneten und Elektrostaten des Spektrometers zu optimieren, weil Kollisionen der Ionen mit Gasteilchen im Ablenkmagnet beim ersten Testaufbau bereits als eine Hauptquelle für Untergrund identifiziert wurden. Ein weiterer entscheidender Punkt ist der Nachweis der einzelnen Ionen. Auf die Eigenschaften der verwendeten Electron Multiplier wird im Hinblick auf die Anwendung im myCADAS eingegangen.

MS 7.3 Wed 14:45 F 442

**Ortsaufgelöste online-<sup>14</sup>C-Analysen von Karbonaten mittels Laserablation-AMS** — ●CAROLINE MÜNSTERER<sup>1,2</sup>, BODO HATTENDORF<sup>1</sup>, LUKAS WACKER<sup>2</sup>, JOACHIM KOCH<sup>1</sup>, MARCUS CHRISTL<sup>2</sup>, ROLF DIETIKER<sup>1</sup>, HANS-ARNO SYNAL<sup>2</sup> und DETLEF GÜNTHER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Laboratory of Inorganic Chemistry, D-CHAB, ETHZ, Wolfgang-Pauli-Str. 10, 8093 Zurich, Switzerland — <sup>2</sup>Laboratory of Ion Beam Physics, ETHZ, Schafmattstr. 20, HPK, 8093 Zurich, Swit-

zerland

<sup>14</sup>C ist für die Untersuchung von Speleothemen und Korallen von großer Bedeutung. Ortsaufgelöste Messungen mittels AMS nach Graphitisierung des CO<sub>2</sub> sind jedoch mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden und in der erreichbaren räumlichen Auflösung begrenzt. Durch Laserabtrag kann die zeitaufwendige Probenahme für ortsaufgelöste Analyse von Karbonaten deutlich verkürzt, respektive umgangen werden. Das durch den Laserabtrag entstehende CO<sub>2</sub> kann direkt in die Gas-Ionenquelle eines AMS eingeleitet werden. Für die Kopplung wurde ein Laserablationssystem entwickelt, dessen Probenzelle eine kurze Auswaschzeit mit geringen Ablagerungen vereint. Dies ermöglicht kurze Messzeiten und verringert Verschleppung von Probenmaterial. Desweiteren können große Proben in der Zelle platziert werden und mittels Schrittmotoren mit hoher örtlicher Auflösung relativ zu dem Laserstrahl bewegt werden. Ein ArF-Excimer Laser wird zur Probe geführt und fokussiert, wobei simultane Beobachtung der Probe möglich ist. Erste Ergebnisse zur CO<sub>2</sub>-Produktionsrate von Karbonaten während LA, sowie erste <sup>14</sup>C Messungen mittels AMS werden gezeigt.

MS 7.4 Wed 15:00 F 442

**Compound specific radiocarbon dating for environmental pollutants** — ●MATTHIAS SCHINDLER, WOLFGANG KRETSCHMER, ANDREAS SCHARF, KARIN KRITZLER, and ALEXANDER STUHL — Universität Erlangen-Nürnberg, Physikalisches Institut Abt. IV, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen

The talk will give a review about the procedures for measuring individual substances in complex matrices. Special focus will be on the usage of HPLC in separating those mixtures. There will be explicit examples for the measurements of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and for carbonyls.

MS 7.5 Wed 15:15 F 442

**Some pitfalls in chemical sample preparation for accelerator mass spectrometry** — ●SILKE MERCHEL — HZDR, Dresden, Germany

Sophisticated sample preparation including the determination of stable nuclides are an essential prerequisite for high-accuracy accelerator mass spectrometry (AMS) data. Improvements in the low-level regime already paid back [1], however, some pitfalls still exist or are (re-) appearing due to recent developments: 1.) As most samples prepared for <sup>10</sup>Be-AMS need the addition of <sup>9</sup>Be in the form of a liquid solution of known <sup>9</sup>Be-concentration and commercial solutions contain too much <sup>10</sup>Be, solutions from minerals originating from deep mines have been established. Special attention has recently been paid to the preparation of such a <sup>9</sup>Be-carrier by the determination of the <sup>9</sup>Be-value by an interlaboratory comparison. It could be shown that deviations between different labs exist, thus, it is strongly advised to have such solutions

analysed at more than a single lab to prevent incorrect  $^{10}\text{Be}$ -results. 2.) In our approach to analyse as many radionuclides as possible in a single meteorite sample, small changes in the established chemical separation [2] have been tested. Though, the secondary formation of partially insoluble compounds of Mg and Al by the pressure digestion is

strongly influenced, thus, yielding to too low  $^{27}\text{Al}$ -results in the taken aliquot and overall incorrect  $^{26}\text{Al}$ -results. **Ackn.:** DREAMS-team and colleagues performing  $^9\text{Be}$ - and  $^{27}\text{Al}$ -measurements (BAM, GFZ, HZDR, CEREGE, TUBAF, U Cologne, VKTA). **Ref.:** [1] *NIMB* 266 (2008) 4921. [2] *Radiochim. Acta* 84 (1999) 215.

## MS 8: Poster

Time: Wednesday 16:00–18:30

Location: Empore Lichthof

MS 8.1 Wed 16:00 Empore Lichthof  
**Nuclear structure studies of neutron-rich heavy nuclei by mass measurements of francium and radium isotopes** — ●M. ROSENBUSCH<sup>1</sup>, D. ATANASOV<sup>2</sup>, D. BECK<sup>3</sup>, K. BLAUM<sup>2</sup>, CH. BÖHM<sup>2</sup>, CH. BORGMANN<sup>2</sup>, M. BREITENFELDT<sup>4</sup>, R. B. ÇAKIRLI<sup>2,5</sup>, T. E. COCOLIOS<sup>6</sup>, S. ELISEEV<sup>2</sup>, S. GEORGE<sup>1</sup>, F. HERFURTH<sup>3</sup>, A. HERLERT<sup>7</sup>, M. KOWALSKA<sup>8</sup>, S. KREIM<sup>2,8</sup>, Y. LITVINOV<sup>3</sup>, D. LUNNEY<sup>9</sup>, V. MANEA<sup>9</sup>, E. MINAYA RAMIREZ<sup>3,10</sup>, S. NAIMI<sup>11</sup>, D. NEIDHERR<sup>2,3</sup>, S. SCHWARZ<sup>12</sup>, L. SCHWEIKHARD<sup>1</sup>, J. STANJA<sup>13</sup>, F. WIENHOLTZ<sup>1</sup>, R. WOLF<sup>1</sup>, and K. ZUBER<sup>13</sup> — <sup>1</sup>Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Institut für Physik, 17487 Greifswald — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — <sup>3</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt — <sup>4</sup>Katholieke Universiteit, 3000 Leuven, Belgium — <sup>5</sup>University of Istanbul, 334452 Istanbul, Turkey — <sup>6</sup>University of Manchester, M13 9PL Manchester, United Kingdom — <sup>7</sup>FAIR GmbH, 64291 Darmstadt — <sup>8</sup>CERN, CH-1211 Geneva, Switzerland — <sup>9</sup>CSNSM-IN2P3-CNRS, Université Paris-Sud, 91406 Orsay, France — <sup>10</sup>Helmholtz-Institut Mainz, 55099 Mainz — <sup>11</sup>RIKEN, Saitama 351-0198, Japan — <sup>12</sup>NSCL, Michigan State University, 48824-1321 East Lansing, USA — <sup>13</sup>Technische Universität Dresden, 01069 Dresden

The mass is a unique property of an atomic nucleus reflecting its binding energy and thus the sum of all interactions at work. Precise measurements of nuclear masses especially of short-lived exotic nuclides provide important input for nuclear structure, nuclear astrophysics, tests of the Standard Model, and weak interaction studies. The Penning-trap mass spectrometer ISOLTRAP at the on-line isotope separator ISOLDE/CERN has been set up for precision mass measurements and continuously improved for accessing more exotic nuclides. The mass uncertainty is typically  $\delta m/m = 10^{-8}$  and the accessible half-life has been reduced to about 50 ms. In this contribution, the results of a measurement campaign of neutron-rich francium and radium isotopes will be presented, i.e. the masses of the isotopic chain of  $^{224-233}\text{Fr}$  and  $^{233,234}\text{Ra}$ , one of the most neutron-rich ensemble obtainable at ISOL facilities. The mass  $^{234}\text{Ra}$  denotes the heaviest mass ever measured with ISOLTRAP. Experimental data in the neutron-rich, heavy mass region is of great interest for studies of structural evolution far from stability, especially because the knowledge from nuclear mass models is scarce. The impact of the new data on the physics in this mass region as well as recent technical developments of ISOLTRAP will be discussed.

MS 8.2 Wed 16:00 Empore Lichthof  
**The Preparation Penning Trap for the project TRAPSEN-SOR** — ●JUAN MANUEL CORNEJO, JUAN PABLO FERNÁNDEZ, ANTONIO LORENZO, and DANIEL RODRÍGUEZ — Universidad de Granada 18071, Granada, Spain

Penning traps allow performing mass measurements with very high accuracy and very high sensitivity [1]. However the techniques in use, i.e. the time-of-flight and the induced-image-current technique cannot provide still mass measurements on some specific nuclei like for instance superheavy elements: produced in fusion evaporation reactions at accelerators nor even the level of accuracy required on medium and heavy mass isotopes to contribute to neutrino mass spectrometry. In order to overcome this problem, a new device called Quantum Sensor is under development at the University of Granada (Spain) [2]. Masses will be determined using a laser-cooled ion as sensor instead of electronic detection. In this contribution, the device will be presented showing the status of the project addressing specially the preparation Penning trap built up to delivered cooled samples for the proposed mass measurements

[1] K. Blaum, *Phys. Rep.* 425, 1-78 (2006)

[2] D. Rodríguez, *Appl. Phys. B: Lasers O.* 107, 1031-1042 (2012)

MS 8.3 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Störungstheoretische Betrachtung zylindersymmetrischer magnetischer und elektrischer Feldfehler einer Penningfalle** — ●JOCHEN KETTER, TOMMI ERONEN, MARTIN HÖCKER, SEBASTIAN STREUBEL und KLAUS BLAUM — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Eine ideale Penningfalle besteht aus einem homogenen Magnetfeld und einem elektrostatischen Quadrupolpotential. Zylindersymmetrische Abweichungen davon werden durch die Koeffizienten  $B_n$  beziehungsweise  $C_n$  beschrieben. Während in der idealen Penningfalle die drei charakteristischen Eigenfrequenzen des gespeicherten Teilchens bis auf die relativistische Massenzunahme unabhängig von den Bewegungsamplituden sind, wird diese für Präzisionsmessungen extrem nützliche Eigenschaft von der Inhomogenität des Magnetfeldes und der Anharmonizität des elektrostatischen Potentials außer Kraft gesetzt. Die bislang umfassendste theoretische Behandlung der anharmonischen Frequenzverschiebungen durch  $B_2, B_4$  sowie  $C_4, C_6, C_8$  erfolgte von Thompson und Rainville [1] am MIT-ICR-Massenspektrometer. Ausgehend von einem ähnlichen Ansatz, der auf der Betrachtung säkularer Störungsterme beruht, leiten wir in erster Ordnung des Störungsparameters  $B_n$  oder  $C_n$  eine geschlossene Formel für dessen Einfluss auf die Bewegungsfrequenzen in Abhängigkeit der Bewegungsamplituden her. Dieses Verständnis spielt eine wichtige Rolle bei der Abschätzung von Systematiken am Penningfallenexperiment THE-Trap [2].

[1] S. Rainville, Thesis (Ph. D.)–MIT, Dept. of Physics, 2003.

[2] C. Diehl *et al.*, *Hyperfine Interactions* (2011) 199:291–300

MS 8.4 Wed 16:00 Empore Lichthof  
**Status of the low-energy electron cooler for the Cryogenic Storage Ring in Heidelberg** — ●STEPHEN VOGEL<sup>1</sup>, CLAUDE KRANTZ<sup>1</sup>, ANDREY SHORNIKOV<sup>2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1</sup>, and ANDREAS WOLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max Planck Institute for Nuclear Physics, Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>CERN, Genève, Switzerland

The Cryogenic Storage Ring (CSR) is under construction at the Max Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg. It will feature a low-energy electron cooler, which will allow cooling of beams with a charge-to-mass ratio  $q/m$  of 1 to 1/160 e/amu. This corresponds to a cooling energy range of 1 to 163 eV. The two different operation modes of CSR, cryogenic at 10 K and room temperature, impose high requirements on the design of the cooler. The electron source is a GaAs photocathode which has been used at the Test Storage Ring (TSR). The electron cooler will improve the storage time and emittance of beams significantly. In addition electron-ion collisions with electron energies up to 1 keV (lab frame) will be possible to perform electron-ion collision experiments with a wide range of atomic and molecular species. The design and status of the CSR electron cooler will be presented.

MS 8.5 Wed 16:00 Empore Lichthof  
**Direct mass measurements of neutron-deficient  $^{152}\text{Sm}$  projectile fragments at FRS-ESR facility** — ●X.L. YAN<sup>1,2,3,4</sup>, YU.A. LITVINOV<sup>3,1</sup>, K. BLAUM<sup>4</sup>, F. BOSCH<sup>3</sup>, C. BRANDAU<sup>3</sup>, L. CHEN<sup>5</sup>, H. GEISSEL<sup>3,5</sup>, R. KNÖBEL<sup>3,5</sup>, C. KOZHUHAROV<sup>3</sup>, J. KURCEWICZ<sup>3</sup>, S.A. LITVINOV<sup>3,5</sup>, G. MÜNZENBERG<sup>3</sup>, C. NOCIFORO<sup>3</sup>, F. NOLDEN<sup>3</sup>, W.R. PLASS<sup>3,5</sup>, M.S. SANJARI<sup>3,6</sup>, C. SCHEIDENBERGER<sup>3,5</sup>, M. STECK<sup>3</sup>, B. SUN<sup>7</sup>, X.L. TU<sup>1</sup>, H. WEICK<sup>3</sup>, N. WINCKLER<sup>3,4</sup>, M. WINKLER<sup>3</sup>, H.S. XU<sup>1</sup>, Y.H. ZHANG<sup>1</sup>, and X.H. ZHOU<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, China — <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, China — <sup>3</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Germany — <sup>4</sup>Max Planck Institute for Nuclear Physics, Germany — <sup>5</sup>Justus-Liebig Universität Gießen, Germany — <sup>6</sup>Goethe-Universität Frankfurt, Germany — <sup>7</sup>Beihang University, China

Direct mass measurement was performed on neutron-deficient  $^{152}\text{Sm}$  projectile fragments at the FRS-ESR facility at GSI, employing the time-resolved Schottky Mass Spectrometry method. Exotic nuclei were produced via fragmentation of relativistic  $^{152}\text{Sm}$  projectiles in a thick

beryllium target. The reaction products were separated in-flight with the fragment separator FRS, and injected into the storage-cooler ring ESR. 311 different nuclides were identified by means of their revolution frequency spectra. Masses for 14 nuclides ( $^{116,118}\text{Ba}$ ,  $^{122,123}\text{La}$ ,  $^{124,125}\text{Ce}$ ,  $^{123,127}\text{Pr}$ ,  $^{129}\text{Nd}$ ,  $^{130,132}\text{Pm}$ ,  $^{134}\text{Sm}$ ,  $^{137}\text{Eu}$ ,  $^{138}\text{Gd}$ ) have been determined for the first time. The new masses allow us to uncover a part of the previously unknown mass surface and will be used to constrain nuclear mass models. The data analysis is in progress.

MS 8.6 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Detector Systems for Beam Diagnostics and Neutral Molecular Fragment Imaging at the Cryogenic Storage Ring** — ●ARNO BECKER<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1</sup>, MANFRED GRIESER<sup>1</sup>, ROBERT VON HAHN<sup>1</sup>, CLAUDE KRANTZ<sup>1</sup>, OLDŘICH NOVOTNÝ<sup>2</sup>, KAIJA SPRUCK<sup>3</sup>, XAVIER URBAIN<sup>4</sup>, STEPHEN VOGEL<sup>1</sup>, and ANDREAS WOLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — <sup>2</sup>Columbia Astrophysics Laboratory, New York, USA — <sup>3</sup>Institut für Atom- und Molekülphysik, Giessen — <sup>4</sup>Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

The electrostatic Cryogenic Storage Ring (CSR), currently under construction at the Max Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg, will enable long time storage of slow molecular ions with energies up to 300 keV and low blackbody radiation corresponding to the  $\sim 10$  K temperature of the storage ring enclosure. Under these conditions polyatomic ions up to high masses can be prepared in or near the rovibrational ground state. Their fragmentation can be studied by fast-beam coincidence fragment momentum imaging.

For direct beam diagnostics as well as for imaging of neutral fragments from dissociative recombination reactions MCP-based detector systems with phosphor screens are being developed. The requirements of the CSR regarding the huge temperature range from operation at  $\sim 10$  K to bakeout at  $\sim 520$  K as well as an extremely high vacuum of better than  $10^{-13}$  mbar place strong demands on the design. The technical details for the installation of these cryogenic detection systems in the CSR will be presented.

MS 8.7 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Untersuchung einer Magnetronsputterquelle zur Erzeugung von atomaren Metallclustern** — ●STEFAN KNAUER, GERRIT MARX, ROBERT WOLF und LUTZ SCHWEIKHARD — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald

Eine wesentliche Grundlage für die Untersuchungen an atomaren Clustern ist deren größen- und ladungselektive Erzeugung mit Hilfe von Ionenfallen. In Greifswald wurde dazu eine Paulfallen-Flugzeitmassenspektrometer-Apparatur zur Charakterisierung einer Magnetronsputterquelle [1] aufgebaut und in Betrieb genommen. In der linearen Paulfalle werden atomare Cluster gespeichert und nach ihrem Masse-zu-Ladungsverhältnis selektiert. Für einen einfachen Betrieb bei variablen Frequenzen im Bereich 10-300 kHz wird die Paulfalle mit einem Rechtecksignal-Führungsfeld betrieben. Mit dem beschriebenen Aufbau wurde die Größenverteilung von Clustern aus einer Magnetronsputterquelle untersucht. In ersten Experimenten wurden Silbercluster ( $\text{Ag}_2$  ( $m=216$  u) bis  $\text{Ag}_{1000}$  ( $m=108000$ u)) akkumuliert, mittels Puffergas gekühlt und massenselektiert. Das Clusterpaket wurde anschließend mittels Flugzeitmassenspektroskopie untersucht. In einem nächsten Schritt soll die Magnetronsputterquelle Metallcluster für Laserwechselwirkungsexperimente bereitstellen. Die Charakterisierung der Magnetronquelle wird vorgestellt.

[1] H. Haberland *et al.* Z. Phys. D, 20 (1991) 413.

MS 8.8 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Untersuchung von massenselektierten Clusteranionen mittels Laseranregung und Photoelektronenspektroskopie** — ●MADLEN MÜLLER<sup>1</sup>, GERRIT MARX<sup>1</sup>, PATRICE OELSSNER<sup>2</sup>, JOSEF TIGGESBÄUMKER<sup>2</sup>, ROBERT WOLF<sup>1</sup>, KARL-HEINZ MEIWES-BROER<sup>2</sup> und LUTZ SCHWEIKHARD<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland — <sup>2</sup>Universität Rostock, Deutschland

Die Clusterphysik ist als Bindeglied zwischen der Molekül- und Festkörperphysik ein bedeutendes Forschungsgebiet. Einblicke in die elektronische Struktur der Cluster eröffnen Photonenwechselwirkungsexperimente. Im SFB652 (TP A3) sollen mehrfach negativ geladene Metallcluster [1] als Modellsysteme für elektronische Korrelationsphänomene mittels Photoelektronenspektroskopie untersucht werden. Die Flugzeit der Photoelektronen bietet Aufschluss über die Elektronenaffinität der Cluster [2]. Weiterhin kann die Coulomb-Barriere von mehrfach negativ geladenen Clustern durch Variation der Photonenenergie abgetastet werden. Die Selektion und Akkumulation einer bestimmten Clustergröße

wird mit Hilfe einer Paulfalle realisiert. Vorgestellt werden Testmessungen an Fullerenmonoanionen mit Nanosekunden-Laserpulsen im UV-Bereich. Bei den geplanten Messungen an mehrfach negativ geladenen Systemen werden Metallcluster in einer Hochfrequenzfalle auf die höheren Ladungszustände gebracht werden [3].

[1] A. Herlert *et al.*, New J. Phys. **14**, 055015 (2012)

[2] L.-S. Wang *et al.*, J. Phys. Chem. A **104**, 1978 (2000)

[3] siehe Vortrag S. Bandelow (MS)

MS 8.9 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Commissioning of Traptor, PIPE** — ●KAROLIN MERTENS<sup>1</sup>, RICARDA LAARSCH<sup>1</sup>, ALEXANDER GUDA<sup>2</sup>, STEPHAN KLUMPP<sup>1</sup>, and MICHAEL MARTINS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg — <sup>2</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

The radio frequency ion trap Traptor for PIPE (Photo-Ion-Spectrometer at PETRA III) is designed to store metal clusters (and molecules) from one atom up to a number of atoms in the cluster (or molecule) with a total weight of the system of 30.000amu in maximum. Usually the production of system with such many constituents is quite difficult and the yield is very low. Thus, one of the major goals of Traptor is to improve the density of these dilute targets with higher masses to be able to perform absorption spectroscopy measurements. As PIPE is build up at the soft x-ray beamline P04 at PETRA III, DESY, photons between 250eV and 3000eV can be used for inner shell excitations e.g. of many of the transition metals. Further, using a gas mixture, not only He as buffer gas, one is able to prepare chemical reactants with the trapped clusters to examine them using either mass spectroscopy with an installed Wiley-McLaren time-of-flight ion spectrometer (iTOF) and/or absorption spectroscopy using the synchrotron radiation for fragment excitation or structural determination. Design and commissioning results of the iTOF and the operation of the trap will be shown.

MS 8.10 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Kontrolle der Linienbreite in hochrepetierenden Ti:Sa-Laserresonatoren mittels Zwei-Etalon-Design** — ●TOBIAS KRON<sup>1</sup>, RALF ERIK ROSSEL<sup>1</sup>, VOLKER SONNENSCHNEIN<sup>2</sup>, SEBASTIAN ROTHE<sup>3</sup>, KLAUS WENDT<sup>1</sup> und SEBASTIAN RAEDER<sup>4</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Universität Mainz, Deutschland — <sup>2</sup>Institute of Physics, University of Jyväskylä, Finnland — <sup>3</sup>CERN, Genf, Schweiz — <sup>4</sup>TRIUMF, Vancouver, Kanada

Mit der Resonanzionisationspektroskopie lassen sich optische Dipolübergänge im gesamten Energiebereich der atomaren Elektronenhülle sehr präzise vermessen. Dabei werden grundlegende Parameter des jeweiligen Atoms zugänglich, wie etwa das Ionisationspotenzial, die Lage und Sequenz von angeregten Zuständen, sowie bei ausreichender Auflösung auch die jeweilige Hyperfeinstruktur oder Verschiebungen aufgrund externer Felder oder der Isotopie.

Limitierende Faktoren werden durch Verbreiterungen aufgrund der experimentellen Bedingungen und der Linienbreite der zur Anregung verwendeten abstimmbaren Laser vorgegeben. Die Laserlinienbreite von hochrepetierenden Titan:Saphir-Lasersystemen, welche weltweit neben Farbstofflasersystemen zum Standard an on-line-Laserionenquellen zur selektiven Erzeugung von Radionukliden zählen, kann deutlich verkleinert werden. Eine Reduktion in den Bereich von einigen hundert MHz ist hier mit Hilfe einer Kombination von resonatorinternen Etalons möglich. Diskutiert werden dazu der theoretische Hintergrund, die Realisierung, sowie die Modifikationen des bisher eingesetzten Resonatordesigns.

MS 8.11 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Commissioning and Characterization of an Atmospheric Pressure Interface and Ion Trap System for a Mobile High-Resolution MR-TOF Mass Spectrometer** — ●WAYNE LIPPERT<sup>1</sup>, TIMO DICKE<sup>1,2</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, JOHANNES LANG<sup>1</sup>, WOLFGANG PLASS<sup>1,2</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>1,2</sup>, and MIKHAIL YAVOR<sup>3</sup> — <sup>1</sup>II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt — <sup>3</sup>RAS, St. Petersburg

A mobile multiple-reflection time-of-flight mass spectrometer (MR-TOF-MS) combines the advantages of high mass resolving power and high mass accuracy with the possibility of in-situ mass measurement applications in the field. For example, it is an excellent tool for real-time tissue recognition in electrosurgery and identification of mycotoxins. Such a mobile MR-TOF-MS has been developed and a mass resolving power in excess of 100.000 has been demonstrated.

To enable the coupling of various types of ion sources to the mass spectrometer, an atmospheric pressure interface (API) has been de-

signed and commissioned. The API is connected to an RFQ ion trap system consisting of a mass filter, ion cooler and ion trap. The ion trap system ensures the highly efficient transport of the ions from the ion source to the mass analyzer and provides cooled ions for the bunched extraction into the mass analyzer. A characterization and first measurement results of the MR-TOF-MS utilizing the new ion trap system in combination with the API will be presented.

MS 8.12 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Experimental setup of a time-of-flight mass spectrometer for reaction product detection in heterogeneous catalysis** —

•ANDREAS WINBAUER, MARTIN TSCHURL, JOSEF KIERMAIER, ULRICH BOESL, and ULRICH HEIZ — Chemistry Department, Technical University of Munich, Germany

Mass spectrometry is a very powerful analytical tool for the study of heterogeneous catalysis. It is often used to study reaction processes by analyzing the reaction products, both in a qualitative and in a quantitative way. Typically, mass spectrometers work by using electron impact ionization, where discrimination between isomers is difficult to achieve. Fragmentation patterns of the isomers must differ to a large extent to be distinguishable. A powerful and soft method for selective ionization is REMPI (Resonant Enhanced Multiphoton Ionization). In this technique a laser of specific wavelength is employed to ionize a single isomer through resonant intermediate states. Other isomers are not ionized as they are non resonant at the energy used. A new experimental setup was built for the study of catalytic reactions on metal clusters supported on single crystal surfaces under UHV conditions. Custom ion optics were designed to incorporate the crystal support and enable future desorption-ionization studies and enantioselective laser mass spectrometry. In this work we present our experimental setup, in which we combine time of flight mass spectrometry and resonance enhanced multiphoton ionization for investigation of products formed via surface reactions. It will thus be possible to examine the selectivity of catalytic reactions on size selected clusters.

MS 8.13 Wed 16:00 Empore Lichthof

**Simulation, Design and Measurements of an RF Carpet for the Cryogenic Stopping Cell for the the SuperFRS** —

•SAMUEL AYET SAN ANDRÉS<sup>1</sup>, TIMO DICKEL<sup>1,2</sup>, PETER DENDOOVEN<sup>3</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, WOLFGANG R. PLASS<sup>1,2</sup>, SIVAJI PURUSHOTHAMAN<sup>1</sup>, PASCAL REITER<sup>2</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>1,2</sup>, FRANS SCHREUDER<sup>3</sup>, and DANIEL SCHÄFER<sup>2</sup> —

<sup>1</sup>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH — <sup>2</sup>Justus-Liebig-Universität Giessen — <sup>3</sup>Kernfysisch Versneller Instituut (KVI)

In order to provide radioactive ions almost at rest from a high energy beam to different precision experiments, the ions need to be stopped and thermalized. This can be achieved using a cryogenic gas-filled stopping cell where the ions are slowed down to almost at rest and extracted. A RFQ beam line can be used to transmit the extracted ions to a multiple-reflection time-of-flight mass spectrometer.

To extract the stopped ions from the stopping cell we generate with the RF Carpet RF fields to repel the ions and don't let them impinge on the RF Carpet and DC fields in order to focus the ions towards the extraction hole. Also the gas flow through the exit hole will pull the ions along the extraction hole. Simulations were made to determine the operation frequency of the system needed to extract the ions of the desired mass. The electronics of the RF Carpet were designed for the desired operation frequency, trying to dissipate as less heat as possible. In this poster, simulations of ion motion in the stopping cell, the electronic design of the RF Carpet and firsts measurements will be presented.

MS 8.14 Wed 16:00 Empore Lichthof

**First operation of the Bern AMS MICADAS** — •SÖNKE SZIDAT<sup>1</sup>, GARY SALAZAR<sup>1</sup>, EDITH VOGEL<sup>1</sup>, MICHAEL BATTAGLIA<sup>1</sup>, LUKAS WACKER<sup>2</sup>, and HANS-ARNO SYNAL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Bern, Departement für Chemie und Biochemie & Oeschger-Zentrum für Klima- und Klimafolgenforschung, Bern, Schweiz — <sup>2</sup>ETH Zürich, Labor für Ionenstrahlphysik, Zürich, Schweiz

The University of Bern has a long history of experience in precise 14C measurements based on the conventional counting laboratory founded more than 50 years ago. Due to the demanding preparation and measurement procedures, the throughput and required carbon mass of this technique both are the limiting factors. Therefore, the University of Bern decided to update the facility aiming at a new 14C laboratory equipped with an accelerator mass spectrometer (AMS) MICADAS. The focus of this laboratory is twofold. On the one hand, the access to routine 14C analysis for climate research and other disciplines will be improved on site. On the other hand, new hyphenated analytical systems shall be developed for online separation and 14C detection of specific fractions or individual compounds. The MICADAS became operational in November 2012. In this work, instruments, laboratory equipment, measures of quality assurance and first results will be presented.

## MS 9: Accelerator Mass Spectrometry and Applications II

Time: Thursday 11:00–12:30

Location: F 442

### Invited Talk

MS 9.1 Thu 11:00 F 442

**Extending the measuring capabilities of AMS** — •ROBIN GOLSER, OLIVER FORSTNER, WALTER KUTSCHERA, MARTIN MARTSCHINI, ALFRED PRILLER, and STEPHAN WINKLER — Universität Wien, Fakultät für Physik, Isotopenforschung, Währinger Str. 17, 1090 Wien

Accelerator Mass Spectrometry (AMS) is the most sensitive method to measure long-lived isotopic species. Although a certain level of maturity and routine has been reached since the beginnings in the 1980ies the strive for smaller sample size, for better sensitivity, for higher accuracy, for more isotopes in a larger mass range continues to be strong. I will focus on the technical side of four recent methodological developments to extend the limits of AMS pursued at the Vienna Environmental Research Accelerator (VERA): microgram samples for C-14 analysis, e.g. in [1], one liter ocean water samples for U-236 analysis, e.g. in [2], searching for super heavy nuclides around A=300, e.g. in [3], and separating isobars by laser interaction, e.g. in [4].

[1] O. Bergmann et al. *Neuron* 74 (2012) 634.

[2] S. Winkler et al., *EPSL* 359-360 (2012) 124.

[3] F. Dellinger et al., *Phys. Rev. C* 83 (2011) 015801.

[4] M. Martschini et al., *Int. J. Mass Spectr.* 315 (2012) 55.

MS 9.2 Thu 11:30 F 442

**Aktuelle Entwicklungen von CologneAMS** — •STEFAN HEINZE<sup>1</sup>, CLAUD FEUERSTEIN<sup>1</sup>, ALFRED DEWALD<sup>1</sup>, TIBOR DUNAI<sup>2</sup>, STEVE BINNIE<sup>2</sup>, HENDRIK WIESEL<sup>2</sup> und JANET RETHEMEYER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernphysik, Universität zu Köln — <sup>2</sup>Institut für Geologie und Mi-

neralogie, Universität zu Köln

CologneAMS, das Zentrum für Beschleunigermassenspektrometrie an der Universität zu Köln, ist seit Oktober 2011 in Betrieb. Das System wurde unter Berücksichtigung der Möglichkeit, auch schwere Isotope wie Uran und Plutonium messen zu können, konstruiert. Bisher wurden hauptsächlich die kosmogenen Standardisotope <sup>14</sup>C und <sup>10</sup>Be gemessen. Diese Liste wurde um die Isotope <sup>26</sup>Al sowie <sup>239,240,242</sup>Pu erweitert. Wir präsentieren Messergebnisse aller im Routinebetrieb gemessenen Isotope. Ausserdem diskutieren wir den aktuellen Entwicklungsstand sowie die Möglichkeiten unseres neuen Time-Of-Flight-Systems.

MS 9.3 Thu 11:45 F 442

**Expanding the actinide capabilities of the compact (0.5 MV)**

**ETH-Zurich AMS system Tandy** — •MARCUS CHRISTL<sup>1</sup>, JOHANNES LACHNER<sup>1</sup>, XIONGXIN DAI<sup>2</sup>, XIAOLIN HOU<sup>3</sup>, and HANS-ARNO SYNAL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Laboratory of Ion Beam Physics, ETH-Zurich, Switzerland — <sup>2</sup>Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River Laboratories, Canada — <sup>3</sup>Center for Nuclear Technologies, Technical University of Denmark

The installation of a second high energy magnet and the utilization of He as a stripper gas significantly improved the performance of the compact AMS system Tandy not only for the actinides. Meanwhile, U-236 and Pu-isotopes are routinely measured at very high sensitivities and at low background levels. Currently, we are expanding our capabilities to more non-traditional AMS nuclides. We intend to further improve the sensitivity of actinide measurements by optimizing chemical preparation methods and by developing robust and rapid detection

methods for Np-, Am-, Cm-, and Cf-isotopes at ultra-trace levels. In this presentation, first, an overview over the existing AMS setup and the performance parameters for U- and Pu-isotopes will be given. Second, first sensitivity tests for Np, Am, and Cm will be presented. The first results show that detection limits in the attogram ( $10^{-18}$  g) range are achievable for these nuclides. However, a different and, more important, a temporally variable ionization yield for different actinide elements (e.g. Am vs. Cm) in the ion source is observed. This might hamper the application of, for example, a Am-spike to determine the amount of other actinides like Np or Cm in the same sample.

MS 9.4 Thu 12:00 F 442

**Ion source memory in  $^{36}\text{Cl}$  accelerator mass spectrometry** — ●STEFAN PAVETICH<sup>1</sup>, SHAVKAT AKHMADALIEV<sup>1</sup>, MAURICE ARNOLD<sup>2</sup>, GEORGES AUMAÎTRE<sup>2</sup>, DIDIER BOURLÈS<sup>2</sup>, JOSEF BUCHRIEGLER<sup>3</sup>, ROBIN GOLSER<sup>3</sup>, KARIM KEDDADOUCHÉ<sup>3</sup>, MARTIN MARTSCHINI<sup>2</sup>, SILKE MERCHEL<sup>1</sup>, GEORG RUGEL<sup>1</sup>, and PETER STEIER<sup>3</sup> — <sup>1</sup>HZDR, Dresden, Germany — <sup>2</sup>ASTER, Aix-en-Provence, France — <sup>3</sup>VERA, Vienna, Austria

Since the DREAMS (Dresden Accelerator Mass Spectrometry) facility went operational in 2011, constant effort was put into enabling routine measurements of long-lived radionuclides as  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  and  $^{41}\text{Ca}$ . For precise AMS-measurements of the volatile element Cl the key issue is the minimization of the long term memory effect [1]. For this purpose one of the two original HVE sources was mechanically modified, allowing the usage of bigger cathodes with individual target apertures. Additionally a more open geometry was used to improve the vacuum level. To evaluate this improvement in comparison to other up-to-date ion sources, a small interlaboratory comparison had been initiated. The long-term memory effect in the Cs sputter ion sources of the AMS facilities VERA, ASTER and DREAMS had been investigated by running samples of natural  $^{35}\text{Cl}/^{37}\text{Cl}$ -ratio and samples containing highly

enriched  $^{35}\text{Cl}$  ( $^{35}\text{Cl}/^{37}\text{Cl} > 500$ ). Primary goals of the research are the time constants of the recovery from the contaminated sample ratio to the initial ratio of the sample and the level of the long-term memory effect in the sources.

[1] R. Finkel et al., NIMB 294 (2013) 121.

MS 9.5 Thu 12:15 F 442

**Messung von Plutoniumisotopenverhältnissen von CologneAMS; Entwicklung und erste Ergebnisse** — ●CLAUS FEUERSTEIN<sup>1</sup>, STEFAN HEINZE<sup>1</sup>, ALFRED DEWALD<sup>1</sup>, TIBOR DUNAI<sup>2</sup>, HENDRIK WIESEL<sup>2</sup>, KEITH FIFIELD<sup>3</sup> und GREGOR ZITZER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>CologneAMS/Institute of Nuclear Physics, University of Cologne, Germany — <sup>2</sup>Institute of Geology and Mineralogie, University of Cologne, Germany — <sup>3</sup>Department of Nuclear Physics, Research School of Physics and Engineering, Australian National University, Canberra, Australia

CologneAMS, das Zentrum für Beschleunigermassenspektrometrie (AMS) an der Universität zu Köln, ist seit Oktober 2011 in Betrieb; bisher wurden hauptsächlich die kosmogenen Standardisotope  $^{14}\text{C}$  und  $^{10}\text{Be}$  gemessen. Das System wurde unter Berücksichtigung der Möglichkeit, auch schwere Ionen wie Uran und Plutonium messen zu können, konstruiert. Der Hochenergiemagnet hat ein Massen-Energie-Produkt von 351 AMU MeV und erlaubt so die Detektion von  $^{244}\text{Pu}^{5+}$  bis zur maximalen Terminalspeisung von 6 MV.

Unser Ziel ist es nun die Plutoniumisotope  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  und  $^{244}\text{Pu}$  routinemäßig messen zu können. In diesem Report werden wir die Messmethode vorstellen und die Ergebnisse erster Messungen der Isotope  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  und  $^{242}\text{Pu}$  - vor allem im Hinblick auf Qualität und Reproduzierbarkeit - präsentieren. Um sowohl die Probenaufbereitung als auch die Messung zu überprüfen, wurde das entsprechende Probenmaterial ebenfalls in ANU, Canberra aufbereitet und analysiert. Die Ergebnisse beider Labore werden verglichen.

## MS 10: Accelerator Mass Spectrometry and Applications III

Time: Thursday 14:00–15:45

Location: F 442

MS 10.1 Thu 14:00 F 442

**Bestimmung des Pu-Isotopenverhältnis in Proben aus Fukushima mittels AMS und RIMS** — ●STEPHANIE SCHNEIDER<sup>1</sup>, MARCUS CHRISTL<sup>3</sup>, ROLF MICHEL<sup>1</sup>, GEORG STEINHAUSER<sup>2</sup> und CLEMENS WALTHER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover — <sup>2</sup>Technische Universität Wien, Stadion Allee 2, Österreich Wien 1020 — <sup>3</sup>Laboratory of Ion Beam Physics, HPK G23, Schafmattstraße 20, ETH-Zürich, CH-8093 Zürich, Schweiz

Im März 2011 wurde durch einen Tsunami das Kernkraftwerk Fukushima Daiichi in Japan stark beschädigt. Es wurden erhebliche Mengen an radioaktiven Nukliden in die Atmosphäre freigesetzt und in einigen Reaktorblöcken kam es zur Kernschmelze. Um zu überprüfen, ob auch Kernbrennstoff freigesetzt wurde, wurden die Pu-Isotopenverhältnisse einiger Bodenproben aus der Region um das Kernkraftwerk untersucht. Die Bestimmung des Isotopenverhältnisses in den Proben ermöglicht Rückschlüsse auf den Ursprung der Kontamination. Mittels AMS und RIMS wurde speziell das Verhältnis  $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$  der Proben bestimmt. Beide Verfahren haben den Vorteil, dass sie geringste Mengen nachweisen können und über eine gute Sensitivität verfügen. Nach chemischem Aufschluss der Proben wurden Extraktionsmethoden angewendet, um bei der AMS interferierende Nuklide (z.B.  $^{238}\text{U}$  für  $^{239}\text{Pu}$ ) abzutrennen. Die Ergebnisse legen nahe, dass es sich nicht um Reaktorplutonium handelt.

MS 10.2 Thu 14:15 F 442

**The first transect of U-236 in the North Atlantic Ocean** — ●NÚRIA CASACUBERTA<sup>1</sup>, MARCUS CHRISTL<sup>1</sup>, JOHANNES LACHNER<sup>1</sup>, MICHIEL RUTGERS VAN DER LOEFF<sup>2</sup>, VIENA PUIGCORBÉ<sup>3</sup>, PERE MASQUÉ<sup>3</sup>, and HANS-ARNO SYNAL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Laboratory of Ion Beam Physics, ETH Zurich, Switzerland — <sup>2</sup>AWI-Geochemistry, Bremerhaven, Germany — <sup>3</sup>ICTA & Departament de Física, UAB, Barcelona, Spain

New developments in accelerator mass spectrometry (AMS) allow determining very low-levels of anthropogenic  $^{236}\text{U}$  in Ocean waters. As a result, the potential of using the  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratio as a new conservative and transient tracer in oceanography is now being tested. In

this study  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratios and  $^{236}\text{U}$  concentrations were determined in 90 3L seawater samples, collected from 9 depth profiles during the Dutch GEOTRACES cruise GA02 in 2010 along the Northwest Atlantic Ocean (from equator to  $64^\circ\text{N}$ ). The  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratios ranged from  $(44 \pm 15) \cdot 10^{-12}$  to  $(1477 \pm 91) \cdot 10^{-12}$ . Higher values correspond to North Atlantic water masses (i.e. Labrador Sea Water (LSW) and North East Atlantic Deep Water (NEADW)), which have higher input from global fallout and possibly an additional contribution from the European nuclear reprocessing plants. In contrast, lower  $^{236}\text{U}$  values are representative of southern water masses such as Antarctic Bottom Water (AABW) and Antarctic Intermediate Water (AAIW). To explore the potential of this new tracer in oceanography it is compared to other transient tracers (e.g. CFCs) used so far to quantify oceanic processes such as water mass mixing and deep water formation rates.

MS 10.3 Thu 14:30 F 442

**Untersuchung des I-129 in Umweltproben mittels Beschleunigermassenspektrometrie** — ●ABDELOUAHED DARAOUI<sup>1</sup>, MAREIKE SCHWINGER<sup>1</sup>, BEATE RIEBE<sup>1</sup>, CLEMENS WALTHER<sup>1</sup>, CHRISTOF VOCKENHUBER<sup>2</sup> und HANS-ARNO SYNAL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Leibniz Universität Hannover, Deutschland — <sup>2</sup>Ion Beam Physics, ETH Zürich, Schweiz

Iod ist ein essentielles Spurenelement für Menschen. In zu großen Mengen oder als radioaktives Isotop kann es allerdings toxisch wirken. Infolge der militärischen und zivilen Nutzung radioaktiver Stoffe, besonders aber durch die Wiederaufarbeitungsanlagen, wurde die Menge des anthropogen erzeugten  $^{129}\text{I}$  in der Umwelt dramatisch erhöht. Als Folge davon sind  $^{127}\text{I}$  und  $^{129}\text{I}$  in allen Umweltkompartimenten im massiven Ungleichgewicht. Iod aus dem Niederschlag wird in Böden akkumuliert, mit dem Oberflächenwasser transportiert, es infiltriert das Grundwasser und macht seinen Weg durch die Biosphäre. Dabei sind die ökologischen Wege des  $^{129}\text{I}$  immer noch nur unvollständig bekannt. Ziel dieser Arbeit ist eine bundesweite Bilanzierung der vorhandenen Iod-Inventare in der Pedosphäre. Des Weiteren ist eine Erfassung der atmosphärischen Einträge von  $^{129}\text{I}$  und  $^{127}\text{I}$  vorgesehen. Es sollen Depositionsraten und der Transport mit dem Oberflächenwasser untersucht werden. Mit Hilfe von AMS für  $^{129}\text{I}$  und ICP-MS für  $^{129}\text{I}$  werden verschiedene Umweltproben (Aerosol, Niederschlag,

Oberflächenwasser, Schnee, Boden) untersucht. Hier werden aktuelle Ergebnisse des Projekts zu  $^{129}\text{I}$ -, und  $^{127}\text{I}$ -Gehalten sowie zu  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ -Isotopenverhältnissen präsentiert.

MS 10.4 Thu 14:45 F 442

**Datierung des Zerfalls der Eismasse des letzteiszeitlichen Maximums in den Alpen mit kosmogenem  $^{10}\text{Be}$**  — ●CHRISTIAN WIRSIG<sup>1</sup>, SUSAN IVY-OCHS<sup>1</sup>, NAKI AKCAR<sup>2</sup>, JERZY ZASADNI<sup>3</sup>, MARCUS CHRISTL<sup>1</sup>, PETER KUBIK<sup>1</sup>, HANS-ARNO SYNAL<sup>1</sup> und CHRISTIAN SCHLÜCHTER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Labor für Ionenstrahlphysik, ETH Zürich, Schweiz — <sup>2</sup>Institut für Geologie, Universität Bern, Schweiz — <sup>3</sup>Faculty of Geology, AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland

Kosmogene Nuklide bilden sich in situ in Gestein, das kosmischer Strahlung ausgesetzt ist. AMS Messungen von  $^{10}\text{Be}$  ermöglichen so die Datierung der Freilegung von Oberflächen, etwa seit dem Rückzug einer Eismasse, die das Gestein zuvor abgedeckt hatte.

Während der letzten Eiszeit vor ca. 30 \* 19 ka durchzog ein gewaltiges Eisstromnetz die Hochalpen, das die heutigen kilometertiefen U-Täler auffüllte und durch glaziale Erosionsprozesse prägte. Gletscher breiteten sich bis weit ins Alpenvorland aus.  $^{14}\text{C}$  und  $^{10}\text{Be}$  Datierungen belegen den vollständigen Rückzug dieser Piedmontgletscher vor 19 ka in guter Übereinstimmung mit dem Ende der globalen Eiszeit, dokumentiert in polaren Eis- und marinen Sedimentbohrkernen. Geschah der Zerfall der Eismasse in den Hochalpen simultan? Mit dieser Frage befassen wir uns anhand von  $^{10}\text{Be}$  Oberflächenalter von Proben aus ausgewählten Studiengebieten der Österreicher und Schweizer Alpen.

MS 10.5 Thu 15:00 F 442

**Absorbermethode zur  $^{10}\text{Be}$ - und  $^{26}\text{Al}$ -Detektion** — ●JOHANNES LACHNER, MARCUS CHRISTL, ARNOLD MÜLLER, MARTIN SUTER und HANS-ARNO SYNAL — Labor für Ionenstrahlphysik, ETH Zürich

Hohe Ladungsausbeuten mit He als Strippergas verbessern die Effizienz des Strahltransports von der Ionenquelle zum Detektionssystem bei niedrigen Terminalspannungen. Insbesondere die Ladungszustände  $2^+$  von Aluminium und Beryllium zeigen hohe Ausbeuten, jedoch treten in beiden Fällen Untergrundnuklide auf. Damit ergeben sich weitere Optimierungsmöglichkeiten der Effizienz von Niederenergie-AMS Anlagen beim Setup der Detektionssysteme.

Im Fall von  $^{26}\text{Al}^{2+}$  stammt der Untergrund von der m/q Interferenz  $^{13}\text{C}^{1+}$ , im Fall von  $^{10}\text{Be}$  vom Isobar  $^{10}\text{B}$ . Erste Ergebnisse eines Absorberaufbaus werden präsentiert, in dem  $^{10}\text{B}$  und  $^{13}\text{C}$  in Folien und Gas direkt vor der Gasionisationskammer gestoppt werden. Mit dem Programm SRIM wurden Simulationen der Energieverluste der beteiligten Nuklide vorgenommen und bestätigen die im Experiment beobachtete Performance.

MS 10.6 Thu 15:15 F 442

**Search for supernova produced  $^{60}\text{Fe}$  in Earth's microfossil record** — ●PETER LUDWIG<sup>1</sup>, SHAWN BISHOP<sup>1</sup>, RAMON EGLI<sup>2</sup>, VA-

LENTYNA CHERNENKO<sup>1</sup>, THOMAS FAESTERMANN<sup>1</sup>, LETICIA FIMIANI<sup>1</sup>, JOSE GOMEZ<sup>1</sup>, KARIN HAIN<sup>1</sup>, and GUNTHER KORSCHINEK<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physik Department, Technische Universität München, Garching — <sup>2</sup>Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Vienna

The detection of supernova debris on Earth can be achieved by use of accelerator mass spectrometry (AMS) to search for radionuclides like  $^{60}\text{Fe}$ . This long-lived isotope ( $T_{1/2} = 2.6$  Myr) is produced in massive stars and is expected to be present in the debris of type II supernovae. The discovery of  $^{60}\text{Fe}$  in a ferromanganese crust from the Pacific ocean (Knie et al., 2004) was interpreted as the input of a supernova explosion about 2.2 Myr ago. Currently, several projects are aiming for the confirmation of the signature of  $^{60}\text{Fe}$  in terrestrial and lunar samples. In this talk, the search for this  $^{60}\text{Fe}$  signature in Earth's microfossil record will be presented. The sample material for this study is marine sediment from the eastern equatorial Pacific. A specific kind of secondary (formed in situ) magnetite mineral contained in the sample material are magnetofossils, which are the remains of magnetotactic bacteria, which are the target for extraction. The chemical extraction technique used to produce AMS samples has been characterized using newly developed magnetic analysis methods and has been shown to be extremely selective towards secondary magnetite. The AMS samples produced in this way are uniquely suited for the search for supernova  $^{60}\text{Fe}$ . Preliminary AMS results will be presented.

MS 10.7 Thu 15:30 F 442

**Indications of supernova debris deposition on the Moon: Live  $^{60}\text{Fe}$  and  $^{53}\text{Mn}$  in Lunar samples** — ●LETICIA FIMIANI<sup>1</sup>, THOMAS FAESTERMANN<sup>1</sup>, JOSÉ MANUEL GÓMEZ GUZMÁN<sup>1</sup>, KARIN HAIN<sup>1</sup>, GREGORY HERZOG<sup>2</sup>, GUNTHER KORSCHINEK<sup>1</sup>, BRET LIGON<sup>2</sup>, PETER LUDWIG<sup>1</sup>, JISUN PARK<sup>2</sup>, and GEORG RUGEL<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Physik Department E12, Technische Universität München, Garching, Germany — <sup>2</sup>Department of Chemistry and Chemical Biology, Rutgers University, Piscataway, NJ, USA — <sup>3</sup>Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Germany

The enhanced deposition of  $^{60}\text{Fe}$  in a deep ocean ferro-manganese crust about  $(2.1 \pm 0.4)$  Myr ago (Knie *et al.*, PRL 93, 171103 (2004), Fitoussi *et al.*, PRL 101, 121101 (2008)) indicates that one or more supernova (SN) explosions occurred in the vicinity of the Solar System. Because of its lacking atmosphere and negligible sedimentation rate, the Lunar surface is an excellent quantitative reservoir for SN debris. We searched for live  $^{60}\text{Fe}$  and  $^{53}\text{Mn}$  in samples from 3 Apollo missions.  $^{53}\text{Mn}$  is, similar as  $^{26}\text{Al}$  and  $^{60}\text{Fe}$ , a tool to trace nucleosynthesis activities. It is formed primarily during the explosive silicon-burning of the inner shells of SNe via  $^{53}\text{Fe}$  which  $\beta$ -decays to  $^{53}\text{Mn}$  with an 8.51 min half-life. The measurements were performed at the Maier-Leibnitz-Laboratorium in Munich. With the Gas-filled Analyzing Magnet System (GAMS) we are able to measure concentrations of  $^{60}\text{Fe}/\text{Fe}$  down to a level of  $10^{-16}$ . Samples where we found an enhanced  $^{60}\text{Fe}$  concentration showed also an enhancement of  $^{53}\text{Mn}$ . If confirmed, this could be the first detection of live  $^{53}\text{Mn}$  originating from nucleosynthesis.