

**MASSENSPEKTROMETRIE (MS)**

Prof. Dr. Lutz Schweikhard  
Institut für Physik  
Universität Greifswald  
Domstr. 10a  
17487 Greifswald  
E-Mail: [Lutz.schweikhard@physik.uni-greifswald.de](mailto:Lutz.schweikhard@physik.uni-greifswald.de)  
Web: <http://www6.physik.uni-greifswald.de>

**ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN**  
(Hörsaal H1)**Hinweise****(a) Pleanarvortrag:**

Michael Karas/Frankfurt: MALDI - Mit Laserablation zu einem Durchbruch in der Bioanalytik  
Hörsaal HV am Freitagmorgen

**(b) Symposien:****Quantum Computing with Trapped Electrons**

(zusammen mit dem Fachverband Atomphysik)

Mo 10.40, Hörsaal HV

Leitung: Günter Werth/Mainz und Gerrit Marx/Greifswald

- Towards a quantum computer with trapped electrons, Irene Marzoli
- Decoherence and coherent coupling of electrons in Penning traps, Carsten Henkel et al.
- Coupling trapped ions via transmission lines for quantum computing, Hartmut Häffner et al.
- A planar Penning trap, Fernando Galve et al.
- One and two photon effects in Ising type networks, Igor Jex et al.

**Massenspektrometrie in der Bioanalytik**

Fr 10.30, Hörsaal HV

Leitung: Michael Karas/Frankfurt

- Bildgebende und hoch auflösende Massenspektrometrie in der Bioanalytik, Bernhard Spengler
- Mechanismen und spezielle Anwendungen der MALDI-MS mit gepulsten Infrarotlasern, Klaus Dreisewerd
- Analyse der Protein Phosphorylierung mittels Massenspektrometrie, Wolf Dieter Lehmann
- LTQ Orbitrap - Ein neues Hybrid Massenspektrometer aus Linearer Ionenfalle und Orbitrap, Kerstin Strupat et al.
- Biomoleküle - Laserdesorbiert aus Mikrotröpfchen, Bernd Brutschy

**(c) Satellitentagung:****20 Jahre wissenschaftliche Erkenntnisse nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl**

veranstaltet vom "Gemeinschaftsausschuss Strahlenforschung (GAST)" zusammen

mit den DPG-Fachverbänden "Strahlen- und Medizinphysik" und "Massenspektrometrie"

**in Heidelberg** (Hörsaal A der Universität), 15. - 17. März 2006.

Für weitere Informationen siehe <http://heidelberg06.dpg-tagungen.de>  
und das Tagungsprogramm des FV Strahlen- und Medizinphysik.

**Hauptvorträge**

MS 1.1	Mo	14:00	(H1)	<b>High Precision <math>^{14}\text{C}</math> AMS: There are ways it can work and ways it can go wrong</b> , <u>Marie-Josée Nadeau</u> , Anke Rieck
MS 6.1	Do	10:40	(H1)	<b>Mass measurements around <math>^{147}\text{Tm}</math> at SHIPTRAP</b> , <u>Michael Block</u>
MS 8.1	Do	14:00	(H1)	<b>Grundlagen und ausgewählte Anwendungen der ICP-MS</b> , <u>Jörg Bettmer</u>

**Gruppenbericht**

MS 5.1	Mi	14:00	(H1)	<b>New atomic masses related to fundamental physics measured with SMILETRAP</b> , Szilard Nagy, Tomas Fritioff, Markus Suhonen, Andreas Solders, Ingmar Bergström, Reinhold Schuch
--------	----	-------	------	--

**Fachsitzungen**

MS 1	<b>Beschleuniger-Massenspektrometrie 1 (<math>^{14}\text{C}</math> AMS)</b>	Mo	14:00–15:45	H1	MS 1.1–1.6
MS 2	<b>Beschleuniger-Massenspektrometrie 2</b>	Mo	16:30–18:30	H1	MS 2.1–2.8
MS 3	<b>Laser-Massenspektrometrie</b>	Di	14:00–15:30	H1	MS 3.1–3.6
MS 4	<b>Ionenfallen</b>	Mi	10:40–11:55	H1	MS 4.1–4.5
MS 5	<b>Präzisions-MS kurzlebiger Nuklide 1</b>	Mi	14:00–16:15	H1	MS 5.1–5.8
MS 6	<b>Präzisions-MS kurzlebiger Nuklide 2</b>	Do	10:40–11:40	H1	MS 6.1–6.3
MS 7	<b>Fullerene: Eigenschaften und MS-Kalibration</b>	Do	11:40–12:40	H1	MS 7.1–7.4
MS 8	<b>Methodische Entwicklungen der MS</b>	Do	14:00–15:15	H1	MS 8.1–8.4
MS 9	<b>Posterbeiträge</b>	Do	16:30–18:30	Labsaal	MS 9.1–9.15

**Mitgliederversammlung des Fachverbands Massenspektrometrie**

Di 16:30–17:00 H1

1. Bericht des Fachverbandsleiters
2. Tagungen
3. Wahl des neuen Fachverbandsleiters
4. Verschiedenes

## Fachsitzungen

– Hauptvorträge, Gruppenberichte, Kurzvorträge und Posterbeiträge –

### MS 1 Beschleuniger-Massenspektrometrie 1 ( $^{14}\text{C}$ AMS)

Zeit: Montag 14:00–15:45

Raum: H1

#### Hauptvortrag

MS 1.1 Mo 14:00 H1

**High Precision  $^{14}\text{C}$  AMS: There are ways it can work and ways it can go wrong** — ●MARIE-JOSEE NADEAU and ANKE RIECK — Leibniz-Labor, Max-Eyth Str. 11, 2418 Kiel, Germany

In the recent years, many authors have discuss high precision  $^{14}\text{C}$  AMS. Although it can be achieved in many cases, unexpected system and sample limitations can easily increase the measurement uncertainty. We will discuss several parameters influencing the stability of  $^{14}\text{C}$  AMS measurements from system design and alignment to philosophy of operation. We will also compare the results and behaviour of different system designs and their preferred use.

#### Neue Anwendungsbereiche der $^{14}\text{C}$ -Beschleuniger-Massenspektrometrie

MS 1.2 Mo 14:30 H1

— ●THOMAS UHL, WOLFGANG KRETSCHMER, WOLFGANG LUPPOLD, ANDREAS SCHARF und KARIN KRITZLER — AMS Radiokarbonlabor Erlangen, Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Seit 1995 führt das AMS Radiokarbonlabor Erlanger routinemäßig Altersdatierungen an kohlenstoffhaltigen Proben durch. Eine Beschleuniger-Massenspektrometer (AMS-Anlage) ermöglicht die direkte Bestimmung des Verhältnisses der Kohlenstoffisotope  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$ . In Erlangen können sowohl graphitisierte als auch gasförmige (in Form von  $\text{CO}_2$ ) Kohlenstoffproben gemessen werden. Ein in unserem Labor entwickeltes vollautomatisches Gashandlingssystem ermöglicht es sowohl Mikrogrammproben als auch eine hohe Anzahl an Proben sehr schnell zu messen. Hierdurch können Untersuchungen bei biomedizinischen Fragestellungen und Forschungen in der Umweltanalytik durchgeführt werden. In diesem Rahmen werden Prinzipien und Konzepte zur Erschließung der neuen Anwendungsbereiche erläutert.

MS 1.3 Mo 14:45 H1

**Versuche zur  $^{14}\text{C}$ -AMS-Datierung von Kalkmörtel** — ●ANDREAS SCHARF, TUDOR COLDEA, THOMAS UHL, ALEXANDER OHNEISER, ANDREAS ROTTENBACH, KARIN KRITZLER und WOLFGANG KRETSCHMER — AMS Labor Erlangen, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Kalkmörtel wird hergestellt durch die Vermischung von gebranntem Kalk ( $\text{CaO}$ ) mit Wasser und Sand, wobei sich das  $\text{CaO}$  mit den Kohlendioxid-Molekülen der Luft zu feinen Kalkkristallen verbindet. Die  $^{14}\text{C}$  Datierung von Kalkmörtel ist deshalb prinzipiell möglich. Problematisch sind meist vorhandene Rückstände von ungebranntem Kalkstein oder Karbonate im verwendeten Sand. Heinemeier et al. stellten 1997 eine Methode vor, die diese Fremdkarbonate vom eigentlichen Mörtel weitestgehend abtrennen und so die Datierung ermöglichen soll [1]. Im Rahmen einer Zulassungsarbeit am Erlanger AMS-Labor wird derzeit der Versuch unternommen, diese Methode zu reproduzieren und gegebenenfalls zu verbessern. In diesem Vortrag werden erste Ergebnisse präsentiert.

[1] Jan Heinemeier, Høgne Jungner, Alf Lindroos, Åsa Ringbom, Thorborg von Konow und Niels Rud. "AMS  $^{14}\text{C}$  dating of lime mortar", Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 123(1997): 487-495.

MS 1.4 Mo 15:00 H1

**Das neue  $^{14}\text{C}$  Analysis Labor in Jena** — ●AXEL STEINHOF, ISTVAN HEJJA, HEIKE MACHTS, KATHRIN MECHTOLD und THOMAS WAGNER — Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Postfach 100164, 07701 Jena

Das neue  $^{14}\text{C}$  Analysis Labor in Jena wird beschrieben. In dem Labor werden bislang nur die Proben aufbereitet und als Graphit an anderen AMS-Labor gemessen. Ein neues 3 MV AMS-System des Frima HVEE (Niederlande) wurde installiert und abgenommen. In naher Zukunft soll dann mit diesem System Proben von Max-Planck-Instituten gemessen werden.

MS 1.5 Mo 15:15 H1

**MICADAS: Ein neuartiges AMS system zum Nachweis von  $^{14}\text{C}$**  — ●H.-A. SYNAL<sup>1</sup>, M. STOCKER<sup>2</sup> und M. SUTER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>PSI/ETH c/o ETHZ, 8093 Zürich — <sup>2</sup>IPP, ETHZ, 8093 Zürich

Am PSI ETH Labor für Ionenstrahlphysik haben wir ein neuartiges AMS System aufgebaut. Es ist mit einer Gesamtfläche von nur  $2.5 \times 3 \text{ m}^2$  das weltweit kompakteste AMS Spektrometer, mit dem  $^{14}\text{C}$  Analysen durchgeführt werden können. Die Anlage besteht aus einer vakuumisolierten Hochspannungsplattform, die von einem konventionellen 200 kV Hochspannungsgerät versorgt wird, einer Ionenquelle, deren Gehäuse auf Erdpotential liegt, Massenspektrometer auf Hoch- und Niederenergieseite der Beschleunigerstufe und einem Gasionisationsdetektor zum Teilchen-nachweis. Die Anlage ist betriebsbereit und es können unter Routinebedingungen  $^{14}\text{C}$  Analysen von natürlichen Proben durchzuführen werden. In diesem Beitrag werden die Grundkomponenten der Anlage und ihre Leistungsdaten vorgestellt. Die Resultate der bisher durchgeführten Messung erlauben einen Ausblick auf das Potenzial der Anlage in Bezug auf erreichbare Genauigkeit und Reproduzierbarkeit.

MS 1.6 Mo 15:30 H1

**Ein Gasionenquelle für die Niederenergie-AMS** — ●M. RUFF<sup>1</sup>, H. GÄGGELER<sup>1</sup>, M. SUTER<sup>2</sup>, H.-A. SYNAL<sup>3</sup>, S. SZIDAT<sup>1</sup> und L. WACKER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Bern, CH-3012 Bern — <sup>2</sup>ETH, CH-8093 Zürich — <sup>3</sup>PSI/ETH, CH-8093 Zürich

In der AMS haben Fortschritte bei der Entwicklung von Ionenquellen zu immer neuen Anwendungsmöglichkeiten geführt. Insbesondere bei  $^{14}\text{C}$  Analysen bringt die direkte Zufuhr des gasförmigen Kohlenstoffs den Vorteil, Probenmengen von wenigen  $\mu\text{g}$  handhaben zu können. Zudem wird die Probenvorbereitung stark vereinfacht. An der neuesten AMS Anlage in Zürich ist eine Hybridionenquelle aufgebaut worden, mit der neben festen auch gasförmige Proben gemessen werden können. Im Gasbetrieb wird in einen Helium Trägergasstrom Kohlendioxid eingeleitet. Die Gasmischung strömt in der Quelle über ein Titantarget und wird in einem positiv ionisierten Cäsiumstrom gesputtert, wobei ein negativer Kohlenstoffionenstrom extrahiert wird. Auf diesem Prinzip beruhende Ionenquellen sind kommerziell erhältlich und werden bereits in einigen AMS Anlagen eingesetzt. Die hier verwendete Ionenquelle ist speziell für den Einsatz an kleinen AMS Anlagen optimiert. Bisher konnten bei Massenflüssen um  $1\text{--}2 \mu\text{g C}/\text{min}$  negative Ionenströme bis  $10 \mu\text{A}$  extrahiert werden. Gewöhnliche Effizienzen bewegen sich im Bereich 6-8% extrahierten Kohlenstoffs, was mit Ausbeuten aus festen Targets vergleichbar ist. Die Ionenquelle kann derzeit mit einem Crackersystem für in Ampullen abgeschmolzene Proben verwendet werden. Ziel ist die Entwicklung eines vollautomatischen Systems von der Verbrennung bis zur Messung von kleinen Proben im Bereich von  $1\text{--}50 \mu\text{g C}$ .

## MS 2 Beschleuniger-Massenspektrometrie 2

Zeit: Montag 16:30–18:30

Raum: H1

MS 2.1 Mo 16:30 H1

**Terrestrisches Mangan-53 in Gesteinen: eine neue "Quelle" um die kosmische Bestrahlung auf der Erde zu bestimmen** — ●ASTRID MEIER<sup>1</sup>, THOMAS FAESTERMANN<sup>1</sup>, GREGORY F. HERZOG<sup>2</sup>, KLAUS KNIE<sup>1</sup>, GUNTHER KORSCHINEK<sup>1</sup>, JOZEF MASARIK<sup>3</sup>, MIKHAIL POUTIVTSEV<sup>1</sup>, GEORG RUGEL<sup>1</sup>, JÖRG M. SCHÄFER<sup>4</sup> und FERIDE SEREFIDDIN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Fakultät für Physik, Technische Universität München, Garching, D-85748, Germany, — <sup>2</sup>Department of Chemistry, Rutgers University, Piscataway, NJ, — <sup>3</sup>Dept. Nucl. Physics, Komensky University, Bratislava, SK-842 15, Slovak Republic — <sup>4</sup>Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, NY

Es werden die ersten erfolgreichen Messungen von in-situ-produziertem <sup>53</sup>Mn in terrestrischen Proben vorgestellt. Die Proben stammen aus dem Dry Valley in der Antarktis und aus Tibet. Dieses <sup>53</sup>Mn wird fast ausschließlich durch kosmische Strahlung an Eisenatomen erzeugt. Vergleicht man in einem Gestein die Daten von <sup>53</sup>Mn mit ebenfalls kosmogenen <sup>3</sup>He, dann ist es möglich die Produktionsrate von <sup>53</sup>Mn an Eisen zu bestimmen. Diese Untersuchung lässt auch Rückschlüsse zu auf den Zeitrahmen der kosmischen Bestrahlung und deren Abschirmung z.B. durch Eis. Damit können Erosionsoberflächenprozesse auf der Erde ermittelt werden. Durch die Halbwertszeit von 3,7 Ma liefert uns dieses Nuklid Informationen über eine lange Zeitskala.

MS 2.2 Mo 16:45 H1

**Nachweis von extraterrestrischem <sup>53</sup>Mn in hydrogenetischen Mangankrusten aus dem Pazifik mittels AMS am Münchener Tandembeschleuniger** — ●M. POUTIVTSEV<sup>1</sup>, A. ARAZI<sup>1</sup>, T. FAESTERMANN<sup>1</sup>, K. KNIE<sup>1</sup>, G. KORSCHINEK<sup>1</sup>, A. MEIER<sup>1</sup>, G. RUGEL<sup>1</sup>, A. WALLNER<sup>1</sup>, A. MANGINI<sup>2</sup> und J. SCHOLTEN<sup>3</sup> — <sup>1</sup>TUM, Fakultät für Physik, 85747 Garching — <sup>2</sup>Heidelberger Akad. d. Wissenschaften, 69120 Heidelberg — <sup>3</sup>Geol.-Paläontolog. Institut, Univ. Kiel, 24098 Kiel

Das langlebige Radioisotop <sup>53</sup>Mn (T<sub>1/2</sub>=3,7Ma), gemessen in terrestrischen Formationen, hat Anwendungen in vielen wissenschaftlichen Gebieten. Es wird in extraterrestrischem Material, wie kosmischem Staub durch Kernreaktionen mit der kosmischen Strahlung hauptsächlich an Eisen produziert, von der Erde eingefangen und in terrestrischen Formationen eingebaut. Die Bestimmung der <sup>53</sup>Mn-Konzentration in datierbaren Tiefenprofilen kann Aufschluss über den Fluss der kosmischen Strahlung geben. Andererseits kann die Messung auch als neue Datierungsmethode hydrogenetischer Mn-Krusten bis zu einem Zeitraum von 20Ma verwendet werden. Diese bilden sich durch Ausfällung von Mn- und Fe-Oxiden aus dem Meerwasser auf sedimentfreien Oberflächen und haben eine Wachstumsrate von weniger als 5 mm/Ma. Diese Mn-Krusten sind ein bedeutendes Archiv zur Rekonstruktion paläoastronomischer Bedingungen. Der Vorteil gegenüber der <sup>10</sup>Be-Methode (T<sub>1/2</sub>=1,51 Ma) ist die längere Halbwertszeit von <sup>53</sup>Mn sowie der eindeutige Ursprung. Wir präsentieren eine neue Methode und erste Ergebnisse von <sup>53</sup>Mn-Messungen die mit dem hochempfindlichen AMS-Aufbau, dem gasgefüllten Magnetsystem (GAMS), am Münchener Tandembeschleuniger durchgeführt wurden.

MS 2.3 Mo 17:00 H1

**Untersuchung organischer Umweltchemikalien mit Hilfe der AMS** — ●ANDREAS ROTTENBACH<sup>1</sup>, HARTMUT FRANK<sup>2</sup>, WOLFGANG KRETSCHMER<sup>1</sup>, WOLFGANG LUPPOLD<sup>1</sup>, A.A. QADAR<sup>2</sup>, ANDREAS SCHARF<sup>1</sup> und THOMAS UHL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Erlangen-Nürnberg, Physikalisches Institut IV, Erwin-Rommel-Strasse 1, 91052 Erlangen — <sup>2</sup>Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Umweltchemie & Ökotoxikologie, 95440 Bayreuth

Seit Mitte 2005 können an der Erlanger AMS-Anlage (AMS - Accelerator Mass Spectrometry) Altersdatierungen an gasförmigen Proben in Form von CO<sub>2</sub> im Routinebetrieb durchgeführt werden. Durch die Kopplung eines Gaschromatographen mit einem Elementaranalysator (EA) können aus einer Substanz gezielt Fraktionen separiert und direkt im EA zu CO<sub>2</sub> oxidiert werden. Ein Gashandlingssystem leitet dieses Proben-CO<sub>2</sub> in die AMS-Anlage. Innerhalb dieses geschlossenen Systems, beginnend bei der Probenanalyse, werden Kontaminationen durch die Atmosphäre vermieden. Ziel der Anwendung ist es, in Zusammenarbeit mit der Universität Bayreuth die Untersuchung der Quellen toxischer Umweltchemikalien am Beispiel von Mono-, Di- und Trichloressigsäure weiter zu optimieren.

MS 2.4 Mo 17:15 H1

**Discovery of Long-Lived Molecular Hydrogen Anions H<sub>2</sub><sup>-</sup> and D<sub>2</sub><sup>-</sup>** — ●ROBIN GOLSER<sup>1</sup>, HUBERT GNASER<sup>2</sup>, WALTER KUTSCHERA<sup>1</sup>, ALFRED PRILLER<sup>1</sup>, PETER STEIER<sup>1</sup>, and ANTON WALLNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>VERA Laboratorium, Institut für Isotopenforschung und Kernphysik, Universität Wien, Austria — <sup>2</sup>Department of Physics, Universität Kaiserslautern, Germany

The negative hydrogen molecule H<sub>2</sub><sup>-</sup> is the most fundamental molecular anion. Up to now it was considered short lived (of the order of 10<sup>-15</sup>s). Despite the very short lifetime, the H<sub>2</sub><sup>-</sup> anion is believed to be of crucial importance in various hydrogen reactions. It also may have been important for the creation of molecular hydrogen H<sub>2</sub> in the early stages of the Universe.

By sputtering a TiH<sub>2</sub>, or a TiD<sub>2</sub> target with Cs<sup>+</sup> ions we were able to clearly proof the "unexpected" existence of long-lived (of the order of 10<sup>-6</sup>s) hydrogen anions H<sub>2</sub><sup>-</sup> and D<sub>2</sub><sup>-</sup>. These anions were identified unambiguously by accelerator mass spectrometry (AMS) and later also by secondary-ion mass spectrometry (SIMS). SIMS gives minimum abundance ratios: H<sub>2</sub><sup>-</sup>/H<sup>-</sup> = 3.5×10<sup>-6</sup>, D<sub>2</sub><sup>-</sup>/D<sup>-</sup> = 3.0×10<sup>-5</sup>. From their flight times through the system, minimum lifetimes of the order of 10<sup>-6</sup>s can be inferred. This is in accordance with theoretical calculations that predict highly rotationally excited hydrogen anions to have lifetimes in the μs range [1]. A detailed study utilizing an electrostatic ion beam trap at the Weizmann Institute is in progress.

[1] R. Golser, H. Gnaser, W. Kutschera, A. Priller, P. Steier, A. Wallner, M. Cizek, J. Horacek, W. Domcke, Phys. Rev. Lett. 94, 223003 (2005).

MS 2.5 Mo 17:30 H1

**Hochauflösende Gasdetektoren und ihre Anwendung in der AMS** — ●M. SUTER<sup>1</sup>, M. DÖBEL<sup>2</sup>, M. GRAJCAR<sup>1</sup>, A. MÜLLER<sup>1</sup>, M. STOCKER<sup>1</sup>, G. SUN<sup>1</sup>, H.-A. SYNAL<sup>2</sup> und L. WACKER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>IPP, ETHZ, CH-8093 Zürich — <sup>2</sup>PSI/ETH c/o ETHZ, CH-8093 Zürich

In den letzten Jahren sind für die Analyse von Radiokarbon mit Beschleunigermassenspektrometrie Kleinanlagen entwickelt worden, die mit Ionenenergien von weniger als 1 MeV arbeiten. Es hat sich gezeigt, dass diese Anlagen auch für den Nachweis von anderen Radioisotopen eingesetzt werden können. Um störenden Untergrund abtrennen zu können, mussten neue höchstauflösende Detektoren entwickelt werden, die auch bei diesen tiefen Energien eine Identifizierung der Ionen ermöglichen. Es hat sich gezeigt, dass Gasionisationsdetektoren sehr gut für den Nachweis von niederenergetischen Ionen geeignet sind, wenn ultra dünne Siliziumnitridfolien als Eintrittsfenster verwendet werden. Durch verschiedene technische Entwicklungen und eine systematische Optimierung konnte die Auflösung von diesen Detektoren um einen Faktor 2 - 4 gesteigert werden. Die Energieauflösung ist somit vergleichbar oder besser als jene, die man mit Halbleiterdetektoren erreichen kann. Auch die Teilchenidentifikation mit ΔE-E Messung konnte wesentlich verbessert werden. Das Potenzial und die Grenzen der neu entwickelten Gasdetektoren werden vorgestellt und diskutiert.

MS 2.6 Mo 17:45 H1

**Beschleunigermassenspektrometrie mit <sup>10</sup>Be bei niedrigen Energien** — ●ARNOLD MÜLLER<sup>1</sup>, M. SUTER<sup>1</sup>, M. DÖBEL<sup>2</sup>, H.-A. SYNAL<sup>2</sup>, M. GRAJCAR<sup>1</sup> und L. WACKER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>IPP, ETHZ, 8093 Zürich — <sup>2</sup>PSI, ETH, 8093 Zürich

Sowohl in der Klimaforschung als auch für die Rekonstruktion der Sonnenaktivität ist langlebige Radioisotop <sup>10</sup>Be als Tracer und für Datierungsanwendungen interessant. In einer früheren Arbeit wurde gezeigt, dass es möglich ist mit kleinen Maschinen (0.6 MV Terminal Spannung) bei 800 keV ein gemessenes Untergrundverhältnis <sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be von 10<sup>-14</sup> zu erreichen und <sup>10</sup>B um 6 Größenordnungen zu unterdrücken. Für diese Messungen wurden BeF Proben verwendet. Als Detektor wurde eine ΔE-E<sub>R</sub> Gasionisationskammer eingesetzt.

Für <sup>10</sup>Be Messungen bei niedrigen Energien limitiert das elektronische Rausen des Vorverstärkers massgeblich das Auflösungsvermögen des Gasdetektors. Da durch den Einsatz von gekühlten Vorverstärkern das elektronische Rausen um einen Faktor 1.6 reduziert werden konnte, wurde versucht <sup>10</sup>Be bei noch tieferen Energien zu messen. Dabei wurde die Energie bis auf 270 keV (195 kV Terminal Spannung) reduziert. Es stellte sich heraus, dass sogar bei solch tiefen Energien noch eine <sup>10</sup>Be-<sup>10</sup>B Separation möglich ist mit einer Unterdrückung von 4 Größenordnungen

bei einer Transmission von 20%. Dies eröffnet nun die Möglichkeit  $^{10}\text{Be}$  mit kleinsten Maschinen (200 kV Beschleuniger Spannung) zu messen. In diesem Vortrag soll das Potential der Gasdetektoren mit verbesserter Elektronik für  $^{10}\text{Be}$  Messungen an kleinen Maschinen (0.2 - 0.6 MV) diskutiert werden.

MS 2.7 Mo 18:00 H1

**Verbesserung der Nachweisgrenze bei  $^{41}\text{Ca}$ -Messungen mit Niederenergie-Beschleuniger-Massenspektrometrie** — •T. SCHULZE-KÖNIG<sup>1</sup>, M. SUTER<sup>1</sup>, M. STOCKER<sup>1</sup> und H.-A. SYNAL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>IPP, ETHZ, CH-8093 Zürich — <sup>2</sup>PSI/ETH c/o ETHZ, CH-8093 Zürich

Zur Untersuchung des Knochen-Ca-Metabolismus wird  $^{41}\text{Ca}$  als biomedizinischer Tracer verwendet. Für den Nachweis von  $^{41}\text{Ca}$  mit Beschleunigermassenspektrometrie (AMS) kann sowohl  $\text{CaH}_2$  als auch  $\text{CaF}_2$  als Probenmaterial benutzt werden. Das  $\text{CaF}_2$  ist in der chemischen Probenpräparation und der Handhabung wesentlich einfacher. An der 0.5 MV-AMS-Anlage der ETH/PSI werden  $^{41}\text{Ca}$ -Messungen im Routinebetrieb mit  $\text{CaF}_2$  Proben durchgeführt. Allerdings ist bei diesen Messungen der Untergrund mit ungefähr  $10^{-12}$  fast zwei Größenordnungen höher als der Untergrund, der bei vergleichbaren Messungen mit  $\text{CaH}_2$ -Targetmaterial erreicht werden kann. Eine mögliche Ursache dafür ist das  $^{41}\text{K}$ -Isobar, welches beim Einschuss in den Beschleuniger als  $\text{KF}_3^-$  weniger gut unterdrückt wird als das  $\text{KH}_3^-$ . Darüber hinaus kommen auch stabile Ca-Isotope, welche in den Detektor gestreut werden, oder m/q-Interferenzen in Frage. Eine systematische Analyse des Untergrundes soll Aufschluss über diesen Sachverhalt geben. Die Ergebnisse der Analyse werden vorgestellt.

## MS 3 Laser-Massenspektrometrie

Zeit: Dienstag 14:00–15:30

MS 3.1 Di 14:00 H1

**Adaption einer kommerziellen TOF-SIMS Anlage zur resonanten Laser-Nachionisation gesputterter Neutralteilchen** — •FLORIAN MARTIN ENGELBERGER, NICOLE ERDMANN, JENS VOLKER KRATZ, NORBERT TRAUTMANN und THOMAS JOACHIM WUNDERLICH — Fritz-Straßmannweg 2, D 55099 Mainz

Zur Identifizierung langlebiger radioaktiver Isotope in Umweltproben benötigt man sehr empfindliche Nachweisverfahren. Dies trifft besonders auf die Partikelanalyse zu. Ein für die Spurenanalytik von Aktiniden hochempfindliches Verfahren ist die Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS), die in den Instituten für Kernchemie und Physik der Universität Mainz bisher hauptsächlich zur Bulk-Analyse eingesetzt wurde. Zur Identifizierung von Partikeln, ist die Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gut geeignet. Ein Problem hierbei stellen jedoch isobare Interferenzen dar, wie zum Beispiel  $^{238}\text{Pu}$  /  $^{238}\text{U}$  oder  $^{241}\text{Pu}$  /  $^{241}\text{Am}$ . Zur Lösung dieses Problems wird ein Gerät zur Kopplung von Ionenstrahl-Sputtern mit resonanter Nachionisation der erzeugten Neutralteilchen aufgebaut. Damit soll eine elementselektive Partikelanalyse ohne Isobareninterferenzen ermöglicht werden. Der Apparat besteht aus einem kommerziellen TOF-SIMS Gerät mit einer Gallium-Flüssigmetall-Ionenquelle, die gepulst im kHz-Bereich arbeitet und so eine optimale Kopplung mit einem hochrepetierenden Ti:Sa-Lasersystem ermöglicht. Die Apparatur wird vorgestellt und erste Ergebnisse zur nichtresonanten Ionisation (532 nm) an  $\text{UO}_8$ -Partikeln werden präsentiert.

MS 3.2 Di 14:15 H1

**Bestimmung von Plutonium in Umweltproben mit Resonanzionisations-Massenspektroskopie** — •THOMAS JOACHIM WUNDERLICH, FLORIAN MARTIN ENGELBERGER, NICOLE ERDMANN, JENS VOLKER KRATZ und NORBERT TRAUTMANN — Universität Mainz, Institut für Kernchemie, Fritz-Straßmann-Weg 2, D-55099 Mainz

Plutonium ist in der Umwelt hauptsächlich auf Grund von technischer und militärischer Nutzung vorhanden. Um überprüfen zu können, welche Nutzung seiner Verbreitung vorangegangen ist, muss man das Plutonium aus den unterschiedlichen Matrices chemisch isolieren und auf seinen Gehalt in der Probe sowie seine Isotopenzusammensetzung analysieren. Ein geeignetes Bestimmungsverfahren, welches eine hohe Effizienz, große Elementselektivität und die Möglichkeit zur Bestimmung der Isotopenzusammensetzung liefert, ist die Resonanzionisations-Massenspektroskopie (RIMS). RIMS beruht auf einer dreistufigen, resonanten optischen Anregung von Atomen, wobei im letzten Anregungsschritt ionisiert wird. Das

MS 2.8 Mo 18:15 H1

**AMS  $^{36}\text{Cl}$  measurements at low beam energies** — •V. ALFIMOV<sup>1</sup>, M. SUTER<sup>1</sup>, H.-A. SYNAL<sup>2</sup>, and L. WACKER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ETH, CH-8093 Zürich — <sup>2</sup>PSI/ETH, CH-8093 Zürich

Recent advances of AMS have shown that measurements of long-lived radionuclides  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{41}\text{Ca}$  and  $^{129}\text{I}$  are possible at low energies available at small tandem accelerators (1 MV). Isobars of these radionuclides are suppressed by either the use of negative ions or chemical methods. However, in the case of a long-lived radionuclide  $^{36}\text{Cl}$ , its isobar  $^{36}\text{S}$  cannot be completely removed by available chemical procedures and has to be separated at the final detector. Up to the present day, the  $^{36}\text{Cl}/^{36}\text{S}$  resolution required for natural samples can be achieved only at high energies ( $\geq 40$  MeV) and large tandem accelerators ( $\geq 5$  MV). This situation might be changed, because the higher-order phenomena of stopping and straggling occurring at low energies result in better detector resolution than expected from high energy experiments. These phenomena, together with new ultra-thin  $\text{Si}_3\text{N}_4$  windows, lay the grounds for a new generation of gas ionization detectors, which might provide sufficient resolution for  $^{36}\text{Cl}$  AMS at low energies. In order to test low energy  $^{36}\text{Cl}$  AMS, we have constructed a gas-ionization detector with specially designed anode plates. The  $^{36}\text{Cl}$  measurements were conducted at 10 MeV ion kinetic energy expected to give an improved detector resolution. In this contribution we will present our results on low energy  $^{36}\text{Cl}$  measurements and discuss possibilities and limitations of the method.

Raum: H1

verwendete Laser-Anregungsschema ist hoch elementselektiv. Anschließend erfolgt ein massenspektrometrischer Nachweis der erzeugten Ionen in einem Flugzeitmassenspektrometer. Dadurch ist eine Bestimmung der Isotopenzusammensetzung möglich. Der experimentelle Aufbau wird vorgestellt und jüngste Ergebnisse zur Bestimmung von Plutonium aus verschiedenen Matrices werden präsentiert.

MS 3.3 Di 14:30 H1

**Hochselektive Isotopenanalyse von Uran 236 mittels HR-RIMS** — •SEBASTIAN RAEDER<sup>1</sup>, PHILIPP SCHUMANN<sup>1</sup>, KLAUS WENDT<sup>1</sup>, BRUCE BUSHAW<sup>2</sup> und SERGEI BOULYGA<sup>3</sup> — <sup>1</sup>WA LARISSA, Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, D-55099 Mainz — <sup>2</sup>Chemical Sciences Division, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA 99352, USA — <sup>3</sup>Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie, Johannes Gutenberg-Universität D-55099 Mainz

Das langlebige Spurenisotop  $^{236}\text{U}$  entsteht durch Neutroneneinfang aus  $^{235}\text{U}$ , ist aber in natürlichen Uranvorkommen nur in Konzentrationen von  $< 10^{-10}$  anzutreffen. Ein erhöhtes Vorkommen dieses Isotops weist auf eine Neutronenexposition und damit eine anthropogene Herkunft des uranhaltigen Materials hin. Über die Bestimmung des Isotopenverhältnisses  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$  lassen sich Fragestellungen zu Migration und Speziation von Kernbrennstoff in der Umwelt beantworten. Die hochauflösende Resonanzionisations-Massenspektrometrie (HR-RIMS) stellt ein spezialisiertes Verfahren zur empfindlichen Isotopenanalyse bei geringsten Verhältnissen dar, wobei die notwendige Isobarenunterdrückung und Isotopenselektivität erreicht wird. Das speziell zum  $^{236}\text{U}$ -Nachweis an der Universität Mainz entwickelte System kombiniert die resonante, isotopenselektive optische Anregung und Ionisation der Probenatome mittels schmalbandiger kontinuierlicher Laser mit der Massentrennung in einem Quadrupolmassenspektrometer. Erste analytische Messungen an synthetischen Proben haben die Anwendbarkeit des Verfahrens gezeigt. Dabei wurde eine optische Selektivität von  $< 10^8$  und eine Effizienz von  $< 10^{-7}$  demonstriert.

MS 3.4 Di 14:45 H1

**Online Lasermassenspektrometrie von Einzelpartikeln mit UV- und IR-Laserpulsen** — •THORSTEN SCHRAMM<sup>1</sup>, WERNER BOUSCHEN<sup>1</sup>, ARNE LEISNER<sup>1</sup>, KLAUS-PETER HINZ<sup>1</sup>, KLAUS DREISEWERD<sup>2</sup> und BERNHARD SPENGLER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Universität Gießen — <sup>2</sup>Institut für medizinische Physik und Biophysik, Universität Münster

Das mobile, bipolare online-Lasermassenspektrometer 'LAMPAS 2' erlaubt die chemische und physikalische Charakterisierung individueller

luftgetragener Partikel im Mikro- und Nanometer-Bereich. Die Partikel werden nach Eintritt in das Massenspektrometer mittels eines UV-Laserpulses ( $\lambda = 337 \text{ nm}$ ) verdampft und ionisiert. Die dabei erzeugten positiv und negativ geladenen Ionen werden in einem elektrischen Feld beschleunigt und in zwei Flugzeit-Analysatoren simultan nachgewiesen.

Ein Infrarot-Laser (Er:YSGG,  $\lambda = 2790 \text{ nm}$ ) wurde alternativ zum UV-Laser zur Partikelverdampfung und -ionisation eingesetzt, um so einen tieferen Einblick in fundamentale Prozesse der Laserdesorption und Ionisation zu gewinnen und um aus analytischer Sicht die Vor- und Nachteile der beiden verwendeten Wellenlängen zu beurteilen. Vergleichende Messungen unter Nutzung beider Wellenlängen werden vorgestellt und die Ergebnisse diskutiert.

MS 3.5 Di 15:00 H1

**Schneller simultaner Nachweis von Stickoxiden: Anwendung von Methoden der MS-Grundlagenforschung** — •ULRICH BOESL, ALEXANDER BORNISCHLEGL, RARES VINTAN und MICHAELA ENT-FELLNER — Department Chemie der TU München, Physikalische Chemie

Stickoxide stehen in der Rangliste der Luftschadstoffe mit an oberster Stelle. Hauptquelle sind Verbrennungsmotoren. Um diese zu optimieren, müssen vor allem NO und NO<sub>2</sub> simultan und sehr schnell nachgewiesen werden. Erheblich erschwert wird dies durch die Zusammensetzung von Motor-Emissionen aus vielen chemischen Komponenten mit teils um Größenordnungen höherer Konzentration. Konventionelle Methoden, z.B. IR-Absorption, Chemolumineszenz oder Elektronenionisation, können dies nicht leisten. Selbst die für solche Fälle optimale Resonanz-Ionisation kombiniert mit Flugzeit-MS versagt hier wegen des sehr schnellen Zerfalls von NO<sub>2</sub> bei Wellenlängen, die sowohl von NO wie NO<sub>2</sub> absorbiert werden. Damit ist im Massenspektrum NO<sub>2</sub> nicht von primärem NO zu unterscheiden. Hier wenden wir einen Trick aus der massenspektrometrischen Grundlagenforschung an. Wir nutzen die freiwerdende kinetische

Energie der Fragmente NO und O, um primäres und sekundäres NO unterscheiden zu können. Die vorgestellte Methode kann im Prinzip auch auf andere molekulare Systeme angewendet werden, bei denen schnelle Dissoziation einen eindeutigen Nachweis erschwert oder vereitelt. Ein Beispiel sind Nitroaromaten.

MS 3.6 Di 15:15 H1

**Flugzeitmassenspektrometer mit orthogonaler Ionenextraktion und elektronenstrahlgepumpten VUV-Excimerlampe zur Einphotonenionisation: Technische Ausführungen und erste Messergebnisse** — •M. SARAJI-BOZORGZAD<sup>1</sup>, F. MÜHLBERGER<sup>1</sup>, K. FUHRER<sup>2</sup>, M. GONIN<sup>2</sup>, J. WIESER<sup>3</sup>, A. ULRICH<sup>4</sup> und R. ZIMMERMANN<sup>1,5,6</sup> — <sup>1</sup>GSF-Forschungszentrum, Neuherberg — <sup>2</sup>TOFWERK AG, Thun, CH — <sup>3</sup>Tuilaser, Germering — <sup>4</sup>TU-München, Physik E12, Garching — <sup>5</sup>BIFA, Augsburg — <sup>6</sup>Universität Augsburg

Mit Hilfe der Einphotonenionisationsmassenspektrometrie (Single Photon Ionization Mass Spectrometry) lassen sich komplexe Gasgemische, die oft für die industrielle Fertigung und Qualitätssicherung von Interesse sind, auf ihre organischen Spurenkomponenten untersuchen. Für die hierbei notwendige weiche und teilelektive Ionenerzeugung stellen elektronenstrahlgepumpte VUV-Lampen als Photonenquellen eine sinnvolle Alternative zu Lasern dar. Im zeitlichen Mittel lassen sich mit der Lampe im Vergleich zu einem VUV-Lasersystem mehr Photonen dieses Spektralbereiches erzeugen. Dieser Vorteil lässt sich durch die Verbindung mit einem Flugzeitmassenspektrometer mit orthogonaler Extraktion (O-TOF) in der Massenspektrometrie ausnützen. Durch die Kombination einer kontinuierlich betriebenen Excimer-Lampe und einem kompakten O-TOF können vollständige Massenspektren mit einer Wiederholrate von bis zu 100kHz erzeugt werden. In dem Beitrag wird das System vorgestellt und es werden erste Anwendungen diskutiert. Gefördert durch die Bayerische Forschungsförderung.

## MS 4 Ionenfallen

Zeit: Mittwoch 10:40–11:55

MS 4.1 Mi 10:40 H1

**Untersuchung einer zylindrischen ICR-Zelle mit Elektroden unterschiedlichen Durchmessers** — •KARL PETER WANCZEK und BASEM KANAWATI — Institut für Anorganische und Physikalische Chemie, NW 2, A0090, Universität, 28334 Bremen

Ausgehend von einer zylindrischen Standard-ICR-Zelle mit ebenen Trappingelektroden wurde eine neuartige Fünfspektion-Zelle entwickelt. Zwei zylindrische Trapping-elektroden wurden zusätzlich in Bohrungen der Trappingseitenelektroden eingesetzt. Auf dieser Weise können mit geeigneten Potentialkonfigurationen drei verschiedene Trappingbereiche für Ionen unterschiedlicher Polarität innerhalb des Detektionsbereich ermöglicht werden. Wechselwirkungen zwischen den gespeicherten positiven und negativen Ionen wurden mit laborierten Pulssequenzen untersucht. Dabei wurden die Ionen sowohl in radialer wie auch in axialer Richtung angeregt. Die Trajektorien der Ionen wurden mit SIMION Berechnungen in Detail untersucht. Die Rechnungen zeigten eine nur sehr geringe Wahrscheinlichkeit von Ion-Ion-Stößen.

MS 4.2 Mi 10:55 H1

**Ion-Ion-Stoßexperimente in einer Multisektions-ICR-Zelle neuer Geometrie** — •BASEM KANAWATI und KARL PETER WANCZEK — Institut für Anorganische und Physikalische Chemie, NW 2, A0090, Universität Bremen, 28334 Bremen

In einer offenen, zylindrischen Multisektions-ICR-Zelle innovativer Geometrie wurden in einer Doppelmulden-Potentialkonfiguration positive und negative Ionen gleichzeitig gespeichert und detektiert. Elaborierte dynamische Betriebsmodi wurden entwickelt, um axiale Überlappung der gespeicherten Ionenwolken hervorzurufen. Ionen-Trajektorien wurden mit Hilfe ausführlicher SIMION-Berechnungen untersucht. Dabei wurden auch Anion-Anion-Wechselwirkungen festgestellt. Die neue Geometrie zeigt sehr unterschiedliche dipolare radiale Anregung von positiven und negativen Ionen, die in verschiedenen Stabilitätsregionen innerhalb der ICR-Zelle gespeichert wurden. Ion-Ion-Neutralisationen konnten nicht nachgewiesen werden.

Raum: H1

MS 4.3 Mi 11:10 H1

**Die Elliptische Penningfalle** — •MARTIN BREITENFELDT<sup>1</sup>, ALEXANDER HERLERT<sup>2</sup>, MARTIN KRETZSCHMAR<sup>3</sup>, GERRIT MARX<sup>1</sup> und LUTZ SCHWEIKHARD<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Inst. f. Physik, Universität Greifswald — <sup>2</sup>Phys. Dep., CERN, Genf — <sup>3</sup>Inst. f. Physik, Universität Mainz

Die Penningfalle bietet die Möglichkeit, geladene Teilchen zu fangen und zu speichern. Damit ist es unter anderem möglich, die Teilcheneigenschaften sehr genau zu bestimmen. In diesem Zusammenhang ist die Manipulation der Eigenbewegungen und deren Nachweis von großer Bedeutung. Es ist deshalb von Interesse, die Beeinflussung der Eigenbewegungen durch unterschiedliche Speicherbedingungen zu untersuchen. Die elliptische Penningfalle entsteht durch die Überlagerung konventioneller Felder der Penningfalle (homogenes Magnetfeld und axiales elektrostatisches Quadrupolfeld) mit einem zusätzlichen azimutalen elektrostatischen Quadrupolfeld. In diesem Beitrag wird der Einfluss der veränderten Feldgeometrie auf die Bewegungen der Ionen in der Falle vorgestellt. Die Verschiebung der Eigenfrequenzen kann vorausgesagt werden. Diese Verschiebung, insbesondere der Magnetronfrequenz, als Funktion der Elliptizität konnte sowohl mit Simulationen als auch mit zwei verschiedenen Nachweismethoden experimentell bestätigt werden.

MS 4.4 Mi 11:25 H1

**Der LIST Ionenstrahlkühler und -buncher für Online - Anwendungen** — •FABIO SCHWELLNUS, KLAUS BLAUM, CHRISTOPHER GEPPERT, WILFRIED NÖRTERSCHÄUSER, GERD PASSLER, KATJA WIES und KLAUS WENDT — Institut für Physik, Johannes Gutenberg - Universität Mainz, Staudinger Weg 7, 55099 Mainz

Die LIST (Laser Ion Source Trap) ist eine neuartige Laserionenquelle zur Erzeugung isobarenreiner, gepulster Ionenstrahlen hoher Brillanz. Dazu werden herkömmliche Ionenfallen-Strukturen mit radialen Radiofrequenz-Quadrupolfeldern und überlagerten axialen, teilweise schnell geschalteten Gleichspannungspotentialen eingesetzt. Innerhalb der Fallegeometrie werden durch Einschuss von drei resonant abgestimmten Laserstrahlen selektiv Laserionen erzeugt, durch ein Puffergas gekühlt und als Ionenwolke gespeichert. Ein wohlkontrollierter Ionenpuls kann dann in den angeschlossenen Hochspannungs-Massenseparator zur weiteren Selektion und zum Transfer zu den Folgeexperimenten eingeschossen werden.

Simulationsstudien sowie experimentelle Funktionstests am Mainzer RISIKO Massenseparator zeigen die prinzipielle Einsatzfähigkeit der LIST. Zur Adaption des Prinzips an Online-Anwendung in einem Produktionstarget für seltene kurzlebige Radionuklide, wobei höchste Strahlenbelastungen und andere Beeinträchtigungen auftreten, ist eine Vereinfachung und Optimierung des Fallendesigns und der Ansteuerung notwendig, die in Vorbereitung ist. Der Stand der Entwicklung und der Messungen wird vorgestellt.

MS 4.5 Mi 11:40 H1

**Multi-Reflektions-Flugzeitmassenspektrometrie zur Separation und direkten Massenmessung von sehr kurzlebigen Nukliden** — ●TIMO DICKEL<sup>1</sup>, HANS GEISSEL<sup>1,2</sup>, CHRISTIAN JESCH<sup>1</sup>, MARTIN PETRICK<sup>1</sup>, WOLFGANG R. PLASS<sup>1</sup> und CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Giessen — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt

## MS 5 Präzisions-MS kurzlebiger Nuklide 1

Zeit: Mittwoch 14:00–16:15

### Gruppenbericht

MS 5.1 Mi 14:00 H1

**New atomic masses related to fundamental physics measured with SMILETRAP** — ●SZILARD NAGY<sup>1</sup>, TOMAS FRITIOFF<sup>1</sup>, MARKUS SUHONEN<sup>1</sup>, ANDREAS SOLDERS<sup>1</sup>, INGMAR BERGSTRÖM<sup>2</sup>, and REINHOLD SCHUCH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>AlbaNova University Center, Atomic Physics, S-106 91 Stockholm, Sweden — <sup>2</sup>Manne Siegbahn Laboratory (MSL), Frescativägen 24, S-104 05 Stockholm, Sweden

Some recent improvements of the SMILETRAP Penning trap mass spectrometer together with a number of interesting high precision mass measurements will be presented which are relevant to several of today's fundamental physics problems. The masses of the hydrogen- and lithium-like <sup>40</sup>Ca ions have been determined recently, these values being indispensable when evaluating *g*-factor measurements of the bound electron. The uncertainty in the mass was improved by one order of magnitude compared to available literature values. A new mass value for <sup>7</sup>Li has been obtained with an unprecedented relative uncertainty of  $6.3 \times 10^{-10}$ . A large deviation of 1.1  $\mu$ u (160ppb) compared to the literature value has been observed. The mass difference between <sup>3</sup>He and <sup>3</sup>H is the *Q*-value of the tritium  $\beta$ -decay which is of importance in the search for a finite rest mass of the electron antineutrino. By adding an accurate measurement of the mass of <sup>3</sup>He<sup>1+</sup> to previous mass measurements of <sup>3</sup>H<sup>1+</sup> and <sup>3</sup>He<sup>2+</sup>, we have improved our previous *Q*-value by a factor of 2. The current *Q*-value determined by SMILETRAP mass measurements is the most accurate and more importantly, it is based on the correct atomic mass values.

MS 5.2 Mi 14:30 H1

**High-accuracy mass measurements of short-lived nuclides with ISOLTRAP** — ●K. BLAUM<sup>1,2</sup>, S. BARUAH<sup>3</sup>, P. DELAHAYE<sup>4</sup>, M. DWORSCHAK<sup>5</sup>, S. GEORGE<sup>1,2</sup>, C. GUÉNAUT<sup>6</sup>, U. HAGER<sup>7</sup>, F. HERFURTH<sup>1</sup>, A. HERLERT<sup>4</sup>, A. KELLERBAUER<sup>4</sup>, H.-J. KLUGE<sup>1</sup>, M. MARIE-JEANNE<sup>4</sup>, S. SCHWARZ<sup>8</sup>, L. SCHWEIKHARD<sup>3</sup>, and C. YAZIDJIAN<sup>1,4</sup> — <sup>1</sup>GSI, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>2</sup>Inst. f. Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>3</sup>Inst. f. Physik, Universität Greifswald, 17487 Greifswald, Germany — <sup>4</sup>CERN, Physics Department, 1211 Geneva 23, Switzerland — <sup>5</sup>Physikalisches Institut, Universität Würzburg, 97074 Würzburg Germany — <sup>6</sup>CSNSM-IN2P3-CNRS, 91405 Orsay-Campus, France — <sup>7</sup>University of Jyväskylä, Department of Physics, 40014 Jyväskylä, Finland — <sup>8</sup>NSCL, Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1321, USA

The Penning trap mass spectrometer ISOLTRAP at ISOLDE/CERN is devoted to accurate mass measurements of short-lived nuclides. Recent mass measurements with a relative mass uncertainty in the order of  $10^{-8}$  provide new data for tests of nuclear and astrophysical models. The results for the mass determination of neutron-rich Zn, Sn, and Cd isotopes will be presented. In addition, an overview of new technical developments at ISOLTRAP will be given. Examples are a new ion detector for higher detection efficiency as well as a temperature and pressure regulation for a minimization of magnetic field fluctuations.

Die Flugzeitmethode bietet sich wegen ihrer kurzen Zykluszeiten (ca. 1 ms), dem grossen möglichen Massenbereich und des potentiell hohen Auflösungsvermögens für die direkte Massenmessung sowie für die Separation exotischer Nuklide an.

Für diese Zwecke wurde ein Multi-Reflektions-Flugzeitmassenspektrometer (MR-TOF-MS) entwickelt. Simulationen ergaben ein erwartetes Massenaufhebungsvermögen von ca. 65000. In ersten Messungen wurde ein Auflösungsvermögen von 30000 erreicht.

Neben direkten Massenmessungen ist eine mögliche Anwendungen des MR-TOF-MS die Isobarenseparation von exotischen Nukliden an SHIP-TRAP oder dem FRS Ion-Catcher. Trotz intensiver Isobarenkontamination sollen hier hochpräzise Penningfallen-Experimente ermöglicht werden. Zu diesem Zweck werden die zeitlich gemäß ihrer Masse getrennten Ionen durch einem gepulstes Gate selektiert. Daraufhin wird in einem dynamischen Energiebuncher die Energiebreite der Ionen reduziert, so dass sie Fallen-Experimenten zur Verfügung gestellt werden können.

Im Vortrag werden Simulationen und erste Resultate für das MR-TOF-MS präsentiert.

Raum: H1

MS 5.3 Mi 14:45 H1

**Die Ramsey-Methode in der Präzisionsmassenspektrometrie mit Penning-Fallen** — ●SEBASTIAN GEORGE<sup>1,2</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup>, FRANK HERFURTH<sup>2</sup>, ALEXANDER HERLERT<sup>3</sup>, MARTIN KRETZSCHMAR<sup>1</sup>, STEFAN SCHWARZ<sup>1</sup>, LUTZ SCHWEIKHARD<sup>5</sup> und CHABOUH YAZIDJIAN<sup>2,3</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>2</sup>GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>3</sup>Physics Department, CERN, 1211 Geneva 23, Switzerland — <sup>4</sup>NSCL, Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1321, USA — <sup>5</sup>Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, 17487 Greifswald, Germany

Die Masse und die damit direkt verbundenen atomaren und nuklearen Bindungsenergien gehören zu den fundamentalen Eigenschaften eines Atoms bzw. Atomkerns. Mit Experimenten wie dem Penningfallen-Massenspektrometer ISOLTRAP an ISOLDE/CERN werden radioaktive Isotope mit Lebensdauern bis unter 1 s und relativen Messgenauigkeiten bis kleiner als  $10^{-8}$  vermessen. Analog zur Magnetresonanzmethode wird die Breite der gemessenen Resonanzkurve verringert, wenn die Ionenanregung in der Penningfalle mit zeitlich getrennten hochfrequenten Feldern anstelle einer kontinuierlichen Anregung erfolgt. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die Unsicherheit bei der Bestimmung der Resonanzfrequenz mittels der Ramsey-Methode um etwa einen Faktor vier reduziert werden kann. Sowohl die theoretische Beschreibung der Bahnbeziehung der gespeicherten Ionen als auch die experimentellen Ergebnisse werden präsentiert.

MS 5.4 Mi 15:00 H1

**Optimization of the cyclotron frequency determination for high-accuracy mass measurements on short-lived radionuclides** — ●MICHAEL DWORSCHAK<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>2,3</sup>, SEBASTIAN GEORGE<sup>2,3</sup>, ALEXANDER HERLERT<sup>4</sup>, and CHABOUH YAZIDJIAN<sup>2,4</sup> — <sup>1</sup>Bayerische Julius-Maximilians-Universität, 97070 Würzburg, Germany — <sup>2</sup>GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>3</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>4</sup>Physics Department, CERN, 1211 Geneva 23, Switzerland

The mass is a fundamental property of a nuclide. Its measurement contributes to a variety of fundamental studies including tests of the Standard Model and the weak interaction. The limits of mass measurements of exotic nuclei have been extended considerably by improving and developing the Penning trap mass spectrometer ISOLTRAP at the ISOLDE facility at CERN. The mass resolving power of ISOLTRAP reaches  $10^7$  and the uncertainty of the resulting mass values has been pushed down to  $8 \cdot 10^{-9}$ . The mass is determined by measuring the cyclotron frequency of the stored ion. To reduce the measurement uncertainty a number of improvements in ion detection and data taking have been developed. One of them is analyzing the weights of the individual frequency points of the resonance curve from which the cyclotron frequency is determined. By measuring only selected frequency points the uncertainty could be reduced by a factor of two. In addition, it was essential to implement a temperature stabilization system at the level of a few mK for the trap setup, in order to minimize magnetic field fluctuations.

MS 5.5 Mi 15:15 H1

**Development of a valve at cryogenic temperatures for Penningtrap experiments** — ●DENNIS NEIDHERR<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup>, RAFAEL FERRER<sup>1</sup>, FRANK HERFURTH<sup>2</sup>, CHRISTINE WEBER<sup>1,2</sup>, and THE HITRAP COLLABORATION<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>2</sup>GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany

The HITRAP facility will be the first setup that provides ions up to  $U^{92+}$  [1] at cryogenic temperatures. For this purpose the ions will be decelerated in several steps and at the end cooled down to a temperature of about 4 K in a separate Penning trap via resistive cooling. The vacuum in this cooler trap needs to be below  $10^{-13}$  mbar to be able to store  $U^{92+}$  for at least 10 s. In order to separate the trap volume from the adjacent beam lines, valves have to be installed. Such a valve will be opened only to allow the passage of an ion bunch. Promising concepts are based on piezo driven motors or magnetically actuated ball valves [2]. These concepts and first results of prototype testing will be presented.

[1] F. Herfurth et al., AIP conference proceedings 793 (2005) 278 - 290

[2] P. Yesley, The Road to Antihydrogen, PhD thesis, Cambridge, October 2001

MS 5.6 Mi 15:30 H1

**Non-destructive detection of image currents for high-accuracy mass measurements of short-lived nuclides** — ●JENS KETELAER<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup>, MICHAEL BLOCK<sup>2</sup>, RAFAEL FERRER<sup>1</sup>, STEFAN STAHL<sup>3</sup>, CHRISTINE WEBER<sup>1,2</sup>, and THE SHIPTRAP COLLABORATION<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>2</sup>GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>3</sup>Stahl-Electronics, 67582 Mettenheim, Germany

To perform high-accuracy mass measurements on some rarely produced nuclides heavier than uranium, ions of the species will be stored in a Penning trap. While moving in the trap, the ions induce an image current e.g. in the segmented ring electrode. The frequency is directly related to the charge-to-mass ratio of the nuclide of interest.

For SHIPTRAP, a new cryogenic Penning trap setup has been built [1]. This consists of a cylindrical purification trap, a hyperbolically shaped measurement trap - both at 77 K - and a superconducting coil at 4 K.

The coil and parasitary capacitances form a resonance circuit, which has to match the frequency of the ion motion. This technique is needed to determine the weak image current induced by a singly charged ion.

First tests of the characteristics of the superconducting coil and the attached electronics will be done in an off-line setup, providing similar conditions as far as temperature and pressure are concerned. The current status will be presented.

[1] C. Weber et al., Eur. Phys. J. A 25, S01, 65 (2005)

MS 5.7 Mi 15:45 H1

**Technical developments for a non-destructive ion detection** — ●RAFAEL FERRER<sup>1</sup>, KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup>, MICHAEL BLOCK<sup>2</sup>, JENS KETELÄR<sup>1</sup>, H.-JÜRGEN KLUGE<sup>2</sup>, STEFAN STAHL<sup>3</sup>, CHRISTINE WEBER<sup>1,2</sup>, and THE SHIPTRAP COLLABORATION<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institute of Physics, Johannes Gutenberg-University, D-55099 Mainz — <sup>2</sup>GSI, D-64291 Darmstadt — <sup>3</sup>Stahl-Electronics, D-67582 Mettenheim

Accurate Penning trap mass spectrometry on radionuclides was up to now only achieved with the destructive time-of-flight ion-cyclotron-resonance (ICR) method. This detection scheme is not applicable for exotic, transuranium nuclides with extremely low production rates, as investigated with the SHIPTRAP setup behind SHIP at GSI. A sensitive and non-destructive method, like the narrow-band Fourier Transform-ICR technique, is then ideally suited for the identification and characterization of these species. Therefore a cryogenic Penning trap setup has been built. It consists of a cylindrical trap for isobaric cleaning under presence of a helium buffer gas at a pressure of  $10^{-4}$  mbar and a hyperbolic trap for the mass determination. In the SHIPTRAP setup both traps are placed 20 cm apart from each other. In order to guarantee the required vacuum conditions of better than  $10^{-9}$  mbar for a coherent ion motion while transient recording, they have to be separated by a pumping barrier. An overview of the current status of the setup, as well as the results of differential pumping tests at temperatures of 300 K and 80 K will be presented.

MS 5.8 Mi 16:00 H1

**MATS - Measurements with an Advanced Trapping System at the future GSI facility FAIR** — ●FRANK HERFURTH<sup>1</sup> and KLAUS BLAUM<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>GSI Darmstadt, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt, — <sup>2</sup>Institut für Physik, Johannes

The mass and its inherent connection with the nuclear binding energy is one of the fundamental properties of a nuclide. Thus, precise mass values are important for a variety of applications, ranging from nuclear-structure studies like the investigation of shell closures and the onset of deformation, the verification of nuclear mass models and mass formulas, to tests of the weak interaction and of the Standard Model. The required relative accuracy ranges from  $10^{-5}$  to below  $10^{-8}$  for radionuclides, which most often have half-lives well below 1 s. Substantial progress in Penning trap mass spectrometry has made this method a prime choice for precision measurements on rare isotopes. The technique is well suited to provide high accuracy and sensitivity even for short-lived nuclides. Furthermore, ion traps offer advantages when used for precision decay studies. With MATS at FAIR we aim for applying both techniques to short-lived radionuclides: High-precision mass measurements and in-trap conversion electron and alpha spectroscopy. The experimental setup of MATS is a unique combination of an electron beam ion trap for charge breeding, ion traps for beam preparation, and a high precision Penning trap system for mass measurements and decay studies. MATS will be setup in the low energy branch of the super FRS, that makes thermalized products of fragmentation reactions available with high purity.

## MS 6 Präzisions-MS kurzlebiger Nuklide 2

Zeit: Donnerstag 10:40–11:40

Raum: H1

### Hauptvortrag

MS 6.1 Do 10:40 H1

**Mass measurements around  $^{147}\text{Tm}$  at SHIPTRAP** — ●MICHAEL BLOCK — GSI, Planckstrasse 1, 64291 Darmstadt

The determination of masses of rare radionuclides gives access to nuclear binding energies and is a useful tool supporting the understanding of the fundamental interactions in nuclei. At accelerator facilities worldwide measurements close to the limits of stability are pursued. Penning trap mass spectrometers have proven to be powerful tools for that purpose offering an unmatched precision combined with a high resolving power to identify isomeric states even with low excitation energies.

The Penning trap mass spectrometer SHIPTRAP at GSI was set up for precision mass measurements of heavy radionuclides produced in fusion reactions and separated by the velocity filter SHIP. This production scheme offers the unique possibility to access the region of elements heavier than uranium where only few masses have been experimentally determined up to now. The main challenge in this region is given by the low production rate of the interesting nuclides.

In first experiments the region of proton-rich rare earth nuclides near the proton drip-line was investigated. The nuclides were produced in the reaction  $^{92}\text{Mo}(^{58}\text{Ni}, \text{xpyn})$  at SHIP with primary beam energies between 4.36 to 4.6 MeV/u. In two runs the mass of 17 nuclides was measured including the ground state proton emitter  $^{147}\text{Tm}$  with a half-life of 580 ms and its daughter  $^{146}\text{Er}$ . Since the production rate of  $^{147}\text{Tm}$  is only about a factor of ten higher than for nobelium, a mass measurement of nobelium is in reach.

MS 6.2 Do 11:10 H1

**Extraction efficiency and the extraction times of the SHIPTRAP gas stopping cell** — ●SERGEY ELISEEV — GSI, Planckstrasse 1, 64291, Darmstadt

The SHIPTRAP stopping cell is a part of the SHIPTRAP mass spectrometer. Its good performance is critical for the overall efficiency of the spectrometer. For the investigation of the extraction efficiency and the extraction times of the SHIPTRAP stopping cell as well as for study of chemical processes taking place in the gas cell  $^{219}\text{Rn}$  recoil ions from

the  $\alpha$ -decay of a calibrated point-like  $^{223}\text{Ra}$  ion source were used. The extraction times were measured to be shorter than 10 ms at a helium gas pressure of 40 mbar. Thus, nuclides with half-lives as short as a few milliseconds are accessible for the various experiments planned at SHIPTRAP. Extraction efficiency of up to 30% at 50 mbar of helium gas pressure in the gas cell was obtained. The estimated total efficiency of the gas cell is about 10%, determined by the product of calculated stopping and measured extraction efficiency. Factors limiting the efficiency are quantitatively understood. Under proper conditions, ion-molecule reactions in the gas cell do not seem to limit the efficiency of the gas cell significantly.

MS 6.3 Do 11:25 H1

**Systematic investigations at SHIPTRAP** — ●ANA MARTIN and SHIPTRAP COLLABORATION — Planck 1, 64291 Darmstadt

Systematic investigations at SHIPTRAP - A. Martín for the SHIPTRAP collaboration GSI, Planckstrasse 1, D-64291 Darmstadt, Germany. The ion-trap experiment SHIPTRAP at GSI Darmstadt was set up and commissioned to perform various precision experiments on heavy ele-

ments produced in fusion-evaporation reactions at SHIP. In the first stage SHIPTRAP focuses on high-precision mass measurements of exotic heavy nuclei with a Penning trap spectrometer. The results provide information for nuclear structure studies or to test astrophysical theories. Systematic investigations have been performed to determine the uncertainties of a mass measurement due to magnetic field fluctuations. These fluctuations were determined to be around  $10\text{E-}9$  per hour. The studies carried out at SHIPTRAP indicate that the magnetic field fluctuations are mainly given by the temperature variation, so a temperature stabilization system is being planned. In addition, magnetic field fluctuations due to changes of the helium pressure in the dewar of the superconducting coil are expected. To avoid problems with this remaining factor, a stabilization system for the pressure of the superconducting magnet is being developed too. Similar systems are already successfully used at SMILETRAP [1] and ISOLTRAP.

[1] SMILETRAP - A Penning trap facility for precision mass measurements using highly charged ions, I. Bergström, C. Calberg, T. Fritioff, G. Douyset, J. Schönfelder and R. Schuch NIM A487, 618-651 (2002)

## MS 7 Fullerene: Eigenschaften und MS-Kalibration

Zeit: Donnerstag 11:40–12:40

Raum: H1

MS 7.1 Do 11:40 H1

**Absolute Mass Measurements at SHIPTRAP by use of a Carbon-Cluster Ion Source** — ●ANKUR CHAUDHURI<sup>1,2</sup> and THE SHIPTRAP COLLABORATION<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, D-17487, Germany — <sup>2</sup>GSI, Planckstrasse 1, Darmstadt, D-64291, Germany

A carbon-cluster ion source has been installed and tested at SHIPTRAP, a Penning trap mass spectrometer for precision mass measurements of very heavy elements at GSI [1]. The cluster ions are produced by means of laser induced desorption, fragmentation and ionization of Sigradur<sup>®</sup>. A precision mass measurement is carried out by measuring the ion cyclotron frequency  $\omega_c = qB/m$ , where  $q/m$  is the charge to mass ratio of the ion and  $B$  is the magnetic field. The unknown mass of the ion of interest is obtained from the comparison of its cyclotron frequency  $\omega_c$  with that of a well known reference ion. Carbon clusters are the mass reference of choice since the unified atomic mass unit is defined as  $1/12$  of the mass of the  $^{12}\text{C}$  atom. Thus the masses of carbon clusters  $^{12}\text{C}_n$ ,  $n=1,2,3,\dots$  are exact multiples of the unified atomic mass unit (the atomic binding energies can be neglected) and their use as reference ions has allowed first on-line absolute mass measurements at SHIPTRAP. In addition, cross reference mass measurements between carbon clusters of different size have been performed recently to investigate the accuracy of SHIPTRAP following an approach described in [2].

References

1. M. Block et al., Eur. Phys. J. A 25, S 01, 49-50 (2005)
2. A. Kellerbauer et al., Eur. Phys. J. D 22, 53-64 (2003)

MS 7.2 Do 11:55 H1

**Kohlenstoffcluster als Referenzmassen für die Flugzeitmassenspektrometrie** — ●ZHENG WANG<sup>1</sup>, WOLFGANG PLASS<sup>1</sup>, CHRISTOPH SCHEIDENBERGER<sup>2</sup>, TIMO DICKEL<sup>1</sup>, SERGEY ELISEEV<sup>1,2</sup>, HANS GEISEL<sup>1,2</sup> und MARTIN PETRICK<sup>1</sup> — <sup>1</sup>II. Physikalisches Institut, JLU Gießen, 35392 Gießen — <sup>2</sup>GSI, 64291 Darmstadt

Die Verwendung von Kohlenstoffclustern als absolute Massenreferenz ist ein wichtiger Beitrag zur Präzisionsmassenmessung. Für die Flugzeitmassenspektrometrie an exotischen Nukliden wurde daher eine neue Laserablationsionenquelle zur Erzeugung von Kohlenstoffclusterionen entwickelt.

In der Quelle wird eine Probe aus Fulleren ( $\text{C}_{60}$ ) bzw. SIGRADUR (glasartiger Kohlenstoff) mit einem frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser beschossen. Dabei lösen sich Kohlenstoffcluster von der Probenoberfläche und werden teilweise ionisiert und fragmentiert. Die Clusterbruchteile überdecken einen breiten Massenbereich von  $12u$  bis zu  $720u$ .

Die Cluster-Quelle wurde in Betrieb genommen, in ihren Eigenschaften charakterisiert und zur Untersuchung eines Flugzeitmassenspektrometers eingesetzt. Die Kurz- und Langzeitstabilität der Quelle, ihre Fokussierungseigenschaft und die Abhängigkeit der Massenverteilung von

dem Probenmaterial ( $\text{C}_{60}$ , SIGRADUR) wurden untersucht. Zur Ionenkühlung und Modifikation der Zeitstruktur der Ionenpakete, die durch die Laserpulse gebildet werden, wurde ein gasgefüllter RF-Quadrupol eingesetzt. Mit Hilfe der Clusterionen wurden systematische Fehler des Flugzeitmassenspektrometers, seine Massengenauigkeit und sein Massenaufklärungsvermögen untersucht.

MS 7.3 Do 12:10 H1

**Erzeugung von positiven und negativen Fullerenionen durch Laserablation einer MALDI-Matrix (DHB)** — ●JOCHEN MAUL und GERHARD HUBER — Institut für Physik, Staudingerweg 7, Johannes Gutenberg-Universität, D-55099 Mainz

In der MALDI-TOF-Massenspektrometrie werden organische Analytmoleküle in eine organische Matrix eingebettet, mit gepulstem Laserlicht im Bereich der Matrix-Absorptionsbande bestrahlt, daraufhin zerstörungsfrei desorbiert und massenspektrometrisch nachgewiesen. Die Matrix selbst fragmentiert während des Desorptionsprozesses allerdings weitgehend.

Wir verwenden eine MALDI-Matrix (2,5-Dihydroxybenzoesäure, DHB), um bei gepulster Laserbestrahlung mit erhöhter Fluenz gezielt Fullerenionen zu erzeugen. Dabei werden sowohl Anionen als auch Kationen in einen weiten Massenbereich zwischen 500 und 3000 u beobachtet. Anhand der Massenverteilung positiv geladener Fullerene konnte ihr Bildungsmechanismus in der Gasphase analysiert werden. Die erhaltenen Fulleren-Spektren, sowie die statistische Analyse der Massenverteilungen, werden vorgestellt.

MS 7.4 Do 12:25 H1

**Neues von ClusterTrap: Untersuchung von Clusterionen in der Penningfalle** — ●FRANKLIN MARTINEZ<sup>1</sup>, NOELLE WALSH<sup>1</sup>, ALEXANDER HERLERT<sup>2</sup>, GERRIT MARX<sup>1</sup> und LUTZ SCHWEIKHARD<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, 17487 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>CERN, Physics Department, 1211 Geneva 23, Switzerland

Es werden Ergebnisse zu Untersuchungen an Clusterionen in verschiedenen Ladungszuständen vorgestellt. Insbesondere wurden über Elektronenanlagerung durch gleichzeitiges Speichern von einfach negativ geladenen Ionen und niederenergetischen Elektronen in einer Penningfalle bereits früher Dianionen von Gold- und Silberclustern [1], sowie kürzlich von Fullerenen ( $\text{C}_n^-$ ,  $n \geq 70$ ) [2] erzeugt. Das Verfahren soll nun auf die Dianionen-Produktion von Aluminiumclustern übertragen werden. Es ist geplant, positiv und negativ geladene Aluminiumcluster und Fullerene durch Stossprozesse und mit Photonen zu aktivieren und die Zerfallskanäle zu untersuchen. Dabei ist die Konkurrenz zwischen Dissoziation und Elektronenemission bei den anionischen Clustern von besonderem Interesse.

[1] A. Herlert, et. al., Int. J. Mass Spectrom. 229 (2003) 19.

[2] A. Lassesson, et. al., Eur. Phys. J. D 34 (2005) 73.

## MS 8 Methodische Entwicklungen der MS

Zeit: Donnerstag 14:00–15:15

Raum: H1

**Hauptvortrag**

MS 8.1 Do 14:00 H1

**Grundlagen und ausgewählte Anwendungen der ICP-MS** — ●JÖRG BETTMER — Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Duesbergweg 10-14, D-55099 Mainz

Die induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) hat sich in den letzten Jahren zur wichtigsten Methode entwickelt, die in Forschung und Entwicklung, aber auch in der Industrie zur Spuren- und Ultrapurenanalyse der Elemente angewandt wird. Diese Entwicklung basiert auf den hervorragenden Eigenschaften des ICP-MS: Hohe Element- bzw. Isotopenselektivität, niedrige Nachweisgrenzen sowie die Möglichkeit zur Simultanbestimmung zahlreicher Elemente. In diesem Beitrag werden die Grundlagen der ICP-MS bezüglich des Aufbaus, der analytischen Kenndaten, aber auch die Limitierungen dieser Technik behandelt. Hierin wird ein Schwerpunkt auf die sog. spektralen Interferenzen gelegt. Die Entstehung und mögliche Beseitigung dieser Störungen wird im Hinblick auf eine richtige Elementanalyse anhand verschiedener Beispiele diskutiert. Einen sehr aktuellen Anwendungsbereich findet die ICP-MS auf dem Gebiet der Elementspeziation. Die Elementspeziation umfasst die analytische Aktivität, verschiedene chemische Verbindungen eines Elementes zu identifizieren und/oder zu quantifizieren. Aus diesem weiten Anwendungsfeld werden ausgewählte Applikationen vorgestellt, die insbesondere an der Schnittstelle Element-/Bioanalytik stehen.

MS 8.2 Do 14:30 H1

**Mass spectrometric analysis of biomolecules laser desorbed from liquid micro droplets.** — ●N. MORGNER, H.-D. BARTH, and B. BRUTSCHY — Inst f Phys and Theo Chemistry, University Frankfurt/M, Marie-Curiestr. 11, 60439 Frankfurt

We recently introduced a new MS method, (LILBID : laser induced liquid beam/bead ion desorption)[1], where solvated biomolecules are desorbed/ablated from a liquid droplet ( $\phi = 50 \mu\text{m}$ ) into vacuum by resonant excitation of vibrations in the solvent by a pulsed IR laser. LILBID is a highly sensitive and soft detection method and tolerant to salt, detergents and various buffers, which may be one of the key advantages over the well established ESI-MS. It allows to detect preformed specific non covalently bonded biocomplexes in solution, such as ligands binding specifically to DNA-duplexes. It is applicable to a wide range of biomolecules from peptides and aminoacids over RNA and DNA to large membrane proteins such as cytochrome-c-oxydase. We will present results on the temperature dependent formation of DNA duplexes of different length/different melting points. To better characterize the mechanism of ion formation in LILBID, we report the dependence of ion-yield and charge state distribution on ion-strength, dielectric constant, pH-value and various buffers of the solution and the intensity and wavelength of the ablation IR laser. First results of the static binding behaviour of caged versus uncaged aptamers to thrombin was investigated for preparation of a kinetic study of quadruplex formation of the aptamer.

[1] N. Morgner, H.-D. Barth, B. Brutschy; accepted for publication in Australian Journal of Chemistry, Vol 59, No 1 (2006)

MS 8.3 Do 14:45 H1

**Einfluss der Molekülstruktur auf den Fragmentierungsprozess bei der Laser-SNMS-Analyse** — ●STEFFEN DAMBACH, SEBASTIAN GALLA und HEINRICH F. ARLINGHAUS — Physikalisches Institut, Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Strasse 10, 48149 Münster

Die massenspektrometrische Analyse von Neutralteilchen, die durch Primärionenbeschuss einer Festkörperoberfläche generiert wurden, in Verbindung mit einer gepulsten Laser-Nachionisierung (Laser-SNMS) ist ein bewährtes Verfahren zur Oberflächencharakterisierung. Nicht-resonante Ionisierungsschemata ermöglichen es, auf nicht-selektivem Wege alle desorbierten Teilchen mit dem gleichen Laser-Setup in einem Analysezyklus zu ionisieren. Werden für den Ionisationsprozess mehrere Photonen benötigt (MPI) führt dies bei der Analyse molekularer Proben-systeme häufig zu unkontrollierter Photofragmentierung, was eine Interpretation der Signale erschwert. Diese Probleme werden reduziert bei der Nachionisierung durch einen Einphotonenprozess (SPI). Um den Ionierungs- und Fragmentierungsprozess desorbierter Moleküle charakterisieren zu können, wurden an Modellsystemen Laser-SNMS-Analysen mit zwei verschiedenen Excimer-Lasersystemen bei Wellenlängen von 157 nm und 193 nm durchgeführt, was Photonenergien von 7,9 eV bzw. 6,4 eV entspricht. Hierfür wurden verschiedenen Carbonsäuren, die als selbst-ordnende Schichten auf Silberoberflächen präpariert wurden, ausgewählt. Dabei zeigt eine Nachionisierung bei 157 nm insgesamt deutlich höhere Ausbeuten im Vergleich zur Laser-SNMS Analyse mit 193 nm.

MS 8.4 Do 15:00 H1

**Einfluss der chemischen Umgebung auf die ioneninduzierte Emission atomarer Bor- und Gadolinium-Neutralteilchen** — ●GUIDO VERING, JAN MÜNCHEN, CHRISTINA CRONE und HEINRICH F. ARLINGHAUS — Physikalisches Institut, Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Strasse 10, 48149 Münster

Beim Beschuss von Festkörperoberflächen mit Ionen im keV-Bereich liegt nur ein Teil der emittierten Sekundärteilchen ionisiert vor. Ein großer Teil ist jedoch neutral und kann nur durch Nachionisierung der massenspektrometrischen Untersuchung zugänglich gemacht werden. Ein besonders sensitives Verfahren stellt die resonante Multiphotonen Nachionisierung dar, bei der die Ionisation durch die Anregung elementspezifischer Eigenzustände erfolgt (resonante Laser-SNMS). Für verschiedene Elemente wurden bei Änderungen der chemischen Umgebung an der Festkörperoberfläche große Unterschiede in den mit resonanter Laser-SNMS nachweisbaren atomaren Neutralteilchenausbeuten beobachtet, die nicht allein durch Änderungen in der Stöchiometrie oder der Zerstäubungsausbeute zu erklären sind. Vielmehr scheint die Zusammensetzung des Neutralteilchenflusses aus zerstäubten Atomen, Clustern und Molekülen stark von der chemischen Situation der Festkörperoberfläche und den Beschussparametern abzuhängen. Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wurde das Emissionsverhalten von Bor- und Gadoliniumatomen aus unterschiedlichen chemischen Matrices betrachtet. Insbesondere wurde der Einfluss von Sauerstoff an der Oberfläche auf die Anzahl der nachweisbaren neutralen Atome untersucht, wobei Unterschiede von bis zu zwei Dekaden beobachtet wurden.

## MS 9 Posterbeiträge

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

MS 9.1 Do 16:30 Labsaal

**Zeitaufgelöste Lasermassenspektrometrie: Simultaner Spurennachweis von NO und NO<sub>2</sub> in Emissionen von Verbrennungsmotoren** — ●MICHAELA ENTFELLNER, ALEXANDER BORN-SCHLEGL, RARES VINTAN und ULRICH BOESL — TU München; Department Chemie; Physikalisches Chemie 1; Lichtenbergstraße 4; 85474 Garching

Hiermit wird eine neue Methode vorgestellt, mit der simultan NO- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Gasgemischen mit komplexer Zusammensetzung bestimmt werden können. Diese Methode, deren Vorteil auf ihrer Schnelligkeit und hohen Flexibilität beruht, basiert auf Resonanter Multiphotonen-Ionisation (REMPI), auf dem Nachweis durch Flugzeit-Massenspektrometrie und auf der Auswertung der kinetischen Energie, die bei der Dissoziation von NO<sub>2</sub> freigesetzt wird. Zusätzlich lässt sich bei Verwendung dieser Messmethode NO/NO<sub>2</sub> in Verbindung mit ande-

ren Gasarten, wie z. B. NH<sub>3</sub> simultan nachweisen. Gerade NH<sub>3</sub> ist besonders relevant bei Abgasuntersuchungen von Automotoren, da es durch Umsetzung von NO<sub>x</sub> im Katalysator entsteht. Die spektroskopischen Anregungsschemata, die diesem neuen Nachweisverfahren zugrunde liegen, werden eingehend diskutiert. Desweiteren wurde diese Methode an einem industriellen Motorprüfstand getestet und lieferte Ergebnisse, die hervorragend mit den Werten der konventionellen NO<sub>x</sub>-Analytik, die auf Chemolumineszenz-Detektion (CLD) basiert, übereinstimmen.

MS 9.2 Do 16:30 Labsaal

**Enantioselektive Lasermassenspektrometrie (CD-LAMS)** — ●ALEXANDER BORN-SCHLEGL und ULRICH BOESL — Department Chemie der Technischen Universität München, Physikalisches Chemie 1, 85474 Garching

Enantiomere spielen in der Natur eine sehr bedeutende Rolle. Da sie sich aber weder in der Masse noch in der chemischen Zusammensetzung unterscheiden, ist eine lasermassenspektrometrische Differenzierung mit normalem Licht nicht möglich. Verwendet man aber zirkular-polarisiertes Licht, so zeigen sich bei chiralen Molekülen Unterschiede in den Absorptionsquerschnitten für links- und rechtszirkular-polarisiertes Licht. Damit wird eine enantioselektive Lasermassenspektrometrie (CD-LAMS) möglich. Da hierfür die Ionisation aber ebenfalls durch Laserlicht durchgeführt wird, muss auf gepulste Laserquellen zurückgegriffen werden. Da gepulste Laser immer bestimmten Puls-zu-Puls-Schwankungen unterworfen sind - die durch nichtlineare Effekte wie Frequenzverdopplung etc. noch verstärkt werden - und die zu messenden Effekte außerdem sehr klein sind, bereitet eine solche Messung technische Probleme. Die Ausnutzung einiger intrinsischer Eigenschaften von Flugzeitmassenspektrometern (TOF) ermöglicht es diesen Problemen teilweise zu begegnen. In dieser Arbeit werden die untersuchten apparativen Methoden vorgestellt.

MS 9.3 Do 16:30 Labsaal

**Qualitativer und Quantitativer Spurennachweis von Ammoniak: Lasermassenspektrometrie am Wasserstoffmotor** — ●ION RAREŞ VINTAN und ULRICH BOESL — Department Chemie der TU München, Physikalische Chemie 1

In einem Wasserstoffmotor entsteht Wasser als Haupt-Verbrennungsprodukt. Kohlenwasserstoffe, Schwefeloxide und Kohlenmonoxid spielen keine Rolle, sowie in konventionellen Verbrennungsmotoren. Leider werden aber auch Stickoxide gebildet, die zum Einsatz eines Katalysators selbst bei Wasserstoffmotoren zwingen. Diese Katalysatoren können eine Quelle für Ammoniak sein. Eine dynamische hochselektive Analyse von Ammoniak ist daher Voraussetzung für dessen Minimierung. Hier hat sich gegenüber anderen analytischen Versuchen Lasermassenspektrometrie (LAMS) bewährt. LAMS ist eine Kombination von zwei analytischen Methoden: Hochauflösender UV-Spektroskopie und Flugzeit-Massenspektrometrie. Ein großer Vorteil der LAMS ist seine große Schnelligkeit, mit der es auf Veränderungen von Motorbetriebszuständen reagieren kann. Die  $\text{NH}_3$  Konzentration wurde nach dem Hauptkatalysator bei verschiedener Drehzahl und Last gemessen. Sie hängt schwach von der Drehzahl und stark von der Last ab. Auffällig ist, dass die Entstehung von  $\text{NH}_3$  bevorzugt bei Lambda Werten nahe 1 stattfindet. Generell kann eine  $\text{NH}_3$  Entstehung immer beobachtet werden, wenn sich die Motorbetriebszustände plötzlich ändern.

MS 9.4 Do 16:30 Labsaal

**Anionen Massenspektrometrie und Laserspektroskopie von Nitrobenzol** — ●MARTIN TSCHURL, CHRISTOPH UEBERFLUSS und ULRICH BOESL — Department Chemie der TU München, Physikalische Chemie 1

Nitrobenzol und dessen Derivate stellen wegen ihrer hohen Neigung zur Fragmentation noch immer ein Problem in der Massenspektrometrie dar. Mit Hilfe der Anionen-Massenspektrometrie ist es aber möglich, die Muttermasse im Spektrum fragmentfrei darzustellen. Es wird weiters gezeigt, dass ab einer gewissen Energie der an das neutrale Molekül anlagernden Elektronen  $\text{NO}_2$ -Fragmente auftreten. Die von uns verwendete Methode (Photoelektronenattachment) ermöglicht hierbei eine Variation der Elektronenenergie in sehr kleinen Schritten und auch die Bildung von langsamen Elektronen ohne Elektronenmonochromator.

In einem zweiten Experiment wird dann das Nitrobenzolanion mittels Photodetachment-Photoelektronenspektroskopie (PD-PES) untersucht. Es zeigte sich, dass das PD-PES-Spektrum von Desfrancois et al. [1] gut reproduziert werden und darüber hinaus neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Durch die Wahl unterschiedlicher Detachmentwellenlängen konnten Informationen sowohl über das neutrale Molekül als auch über das Anion erhalten werden.

[1] C. Desfrancois, V. Periquet, S.A. Lyapustina, D.W. Robinson, K.H. Bowen, H. Nonaka, R.N. Compton, J. Chem. Phys. 111 (1999) 4569.

MS 9.5 Do 16:30 Labsaal

**Ultraspurenachweis von  $^{26}\text{Al}$  mit resonanter Laserionisations-Massen-Spektrometrie (RIMS)** — ●CHRISTOPH MATTOLAT<sup>1</sup>, HIDEKI TOMITA<sup>2</sup>, KLAUS WENDT<sup>1</sup>, THOMAS KESSLER<sup>3</sup>, KENICHI WATANABE<sup>2</sup> und TETSUO IGUCHI<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, D-55099 Mainz — <sup>2</sup>Dept. of Quantum Eng., Nagoya University, Nagoya, 464-8603, Japan — <sup>3</sup>Department of Physics, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland

In Fusionsreaktoren entsteht bei Neutronenenergien  $> 13$  MeV das seltene Spurenisotop  $^{26}\text{Al}$  über die Reaktion  $^{27}\text{Al}(n, 2n)^{26}\text{Al}$ . Die Bestim-

mung des Neutronenflusses über den  $^{26}\text{Al}$ -Nachweis lässt Rückschlüsse auf die Temperatur des Plasmas im Fusionsreaktor zu. Zu dieser integralen Neutronendosimetrie müssen Isotopenverhältnisse  $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$  von  $\sim 10^{-9}$  bestimmt werden, was aktuell nur durch Beschleuniger-Massenspektrometrie bei hohem experimentellen Aufwand erreicht wird. Ein alternatives kompaktes Messverfahren stellt die hochauflösende Resonanzionisations-Massenspektrometrie mit kontinuierlichen Lasern dar. Dabei muss zur Isotopenselektion die Isotopieverschiebung von nur 379,9 MHz im ersten optischen Anregungsschritt aufgelöst werden. Zum Einsatz soll hier ein hochrepetierend gepumptes, gepulstes Ti:Sa Lasersystem kommen, wobei die spektrale Breite mittels Injection Seeding durch einen kontinuierlichen Diodenlaser entsprechend reduziert werden. Der Status des Projekts wird vorgestellt.

MS 9.6 Do 16:30 Labsaal

**Laser Desorption and Resonance Enhanced Photoionization of Uranium for the Determination of Isotopic Ratios of Solid Samples at Trace Levels** — ●I. STRACHNOV<sup>1</sup>, J. MAUL<sup>1</sup>, K. EBERHARDT<sup>2</sup>, G. HUBER<sup>1</sup>, S. KARPUK<sup>1</sup>, G. PASSLER<sup>1</sup>, N. TRAUTMANN<sup>2</sup>, and K. WENDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, D-55099 Mainz; — <sup>2</sup>Institut für Kernchemie, Johannes Gutenberg-Universität, D-55099 Mainz;

At present time moderately enriched uranium is used in nuclear power plants but highly enriched material is needed for nuclear weapons. The determination of uranium isotopic composition is important task that helps to obtain the information concerning the sources, history, nature and intensity of migration processes of uranium in environment.

We present a highly sensitive and selective method with spatial resolution for determination of uranium isotopic compositions. It is based on combination of laser desorption of a sample (337 nm or 1064 nm, pulsed lasers) with resonant photoionization of atoms by dye lasers. Selectively produced ions are analysed by a TOF MS (BRUKER).

Isotopic ratios of depleted as well as natural and moderately enriched uranium samples can be measured for concentrations down to several femto-grams.

1. J.Maul, T.Berg, K.Eberhardt, I.Hoog, G.Huber, S.Karpuk, G.Passler, I.Strachnov, N.Trautmann, K.Wendt A laser desorption/resonance enhanced photoionisation TOF-system for the spatially resolved trace analysis of elements, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 226 (2004) 644-650

MS 9.7 Do 16:30 Labsaal

**Flugzeitmassenspektrometer mit elektronenstrahlangeregter VUV-Lichtquelle für die Einphotonenionisation gekoppelt mit einem Gaschromatographen** — ●F. MÜHLBERGER<sup>1</sup>, M. SARAJI-BOZORGZAD<sup>1</sup>, W. WELTHAGEN<sup>1</sup>, K. FUHRER<sup>2</sup>, M. GONIN<sup>2</sup>, J. WIESER<sup>3</sup>, A. ULRICH<sup>4</sup> und R. ZIMMERMANN<sup>1,5,6</sup> — <sup>1</sup>GSF-Forschungszentrum, Neuherberg — <sup>2</sup>TOFWERK AG, Thun, CH — <sup>3</sup>Tuulaser, Germering — <sup>4</sup>TU-München, Physik E12, Garching — <sup>5</sup>BIFA, Augsburg — <sup>6</sup>Universität Augsburg

Die Verbindung eines Gaschromatographen (GC) mit einem Flugzeitmassenspektrometer (TOF-MS) mit weicher Ionisation erlaubt eine zweidimensionale Analyse von komplexen Proben. Voraussetzung für solch eine Kopplung ist, dass das TOF-MS mit ausreichend hoher Geschwindigkeit den GC-Gasstrom analysiert und dass die Ionisation nahezu fragmentfrei geschieht. Eine kontinuierlich betriebene elektronenstrahlangeregte Lichtquelle zur Erzeugung von VUV-Photonen für die Einphotonenionisation und ein TOF-MS mit orthogonaler Ionenextraktion (O-TOF) können diese Anforderungen erfüllen.

Gefördert durch die Bayerische Forschungsförderung.

MS 9.8 Do 16:30 Labsaal

**Zum Einsatz von Fluoreszenzfallen zur Untersuchung des MALDI-Prozesses** — ●THORSTEN JASKOLLA und MICHAEL KARAS — Institut für Pharmazeutische Chemie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, Marie-Curie-Str. 9-11, 60439 Frankfurt

Trotz vielfacher Anstrengungen ist es bisher nicht gelungen, ein allgemein akzeptiertes Modell für den Desorptions- und Ionisationsprozess bei MALDI aufzustellen. Die bei der Ionisation auftretenden Prozesse des energy poolings wurden durch den Einsatz von Laserfarbstoffen, die im Matrixkristall als Fluoreszenzfallen wirken, untersucht. Dabei wurde eine deutlich abnehmende Matrixionisation festgestellt [1]. Dieser Ansatz wurde genutzt, um zu untersuchen, ob das trapping Einfluss auf die Analytisation nimmt. Bei der Dotierung der Matrix-Analyt-Kristalle mit verschiedenen Laserfarbstoffen traten zu unserer Überraschung deutliche

Effekte schon bei extrem geringen Farbstoffkonzentrationen auf. Bereits bei molaren Matrix-Farbstoff-Verhältnissen von  $M : F = 10E11 - 10E10$  wurde eine Abnahme der Matrixionen ( $MH^+$  und  $M^{*+}$ ) beobachtet. Starke Effekte auf die Analytioneubildung treten bei höheren, aber immer noch extrem niedrigen Dotierungen ( $M : F = 10E8$ ) auf. Hier kommt es zur deutlichen Intensitätserhöhung für kleine Verbindungen (Zucker, Lipide, Peptide) und zur Signalabschwächung von großen Peptiden und Proteinen. Daraus lässt sich schliessen, dass die Trappingprozesse zu einer Aufheizung der Matrix mit effektiverer Verdampfung und Ionisation kleiner Analyten führen, dies jedoch auch eine Absenkung der Effektivität des MALDI-Cluster-Ablationsprozesses bewirkt. I. P. Setz und R. Knochenmuss (2005) *J. Phys. Chem. A* 109:4030-4037

MS 9.9 Do 16:30 Labsaal

**Great Fervor of Biomolecular Stereospecific Research - with Extremely Diluted Solution in nM** — •VICTOR WEI-KEH WU — Institute of Atomic and Molecular Sciences, Academia Sinica, P.O.Box 23-166, 10617 Taipei, Taiwan — Department of Chemical Engineering, National Kaohsiung University of Applied Sciences, 80782 Kaohsiung, Taiwan — Victor Basic Research Laboratory e. V., Gadderbaumerstr. 22, 33602 Bielefeld, Germany, Email: victorbres3tw@yahoo.com.tw, <http://www.che.kuas.edu.tw>

Manipulation of a chem. reaction along a certain route, via certain barrier(s), turning into product(s), is the pursuit of alchemy of the mankind for long years. Development of understanding chem. reactions, containing only several atoms originated in ca. 1930 with the exchange reaction betw. a H atom and a  $H_2$  molecule by M. Polanyi in Berlin. The gold rush of bio-related researches started in ca. 1990. FT-ICR mass spectrometer has been a wonderful machine, not only to do biomolecular sequencing, but also reaction kinetics. The resolution can be achieved down to ca. 10 pM. Nanodiamond (ND) has been found to be a very efficient substrate for protein in extremely diluted solution lower than 10 nM, and don't influence the mass spectrometric resolution<sup>1</sup>. To investigate the interfacial and stereospecific reaction of protein, e.g. lysozyme on the surface of nanosilica or ND, fluorescence method becomes ca.  $(5-10) \times 10^3$  times as efficient as the usual UV. The adsorption or equilibrium constants<sup>(2, 3)</sup> have been measured for  $5 \times 10^7$  and  $2 \times 10^8$  [M]<sup>(-1)</sup>, respectively. **Ref.** 1. X.-L. Kong, et al. *Anal. Chem.* **77**, 259, (2005). 2. V. W.-K. Wu, et al., *Verh. DPG.*, MO (2006). 3. V. W.-K. Wu, *J. KUAS*, **35**, (2006).

MS 9.10 Do 16:30 Labsaal

**Mass Gate for Reactive Cluster-Surface Studies** — •WOLFGANG CHRISTEN, MUHAMMAD BULAT, ULF BERGMANN, and KLAUS RADEMAN — Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Chemie, Brook-Taylor-Str. 2, 12489 Berlin

We present a detailed description (simulation, set-up, performance) of a pulsed mass gate for studies of reactive cluster-surface collisions under ultrahigh vacuum conditions. The design is based on the ion deflection by a grid of fine parallel wires with alternate wires connected to opposite potentials of equal amplitude<sup>1</sup>. This set-up provides a significant improvement compared to our previous design of a pulsed ion mirror<sup>2</sup>.

[1] Austin M. Cravath, *Phys. Rev.* **33**, 605, 1929.

[2] Wolfgang Christen, Uzi Even: *J. Phys. Chem. A* **102**, 9420, 1998.

MS 9.11 Do 16:30 Labsaal

**Size effects and reactive behaviour of small mass-selected silver clusters in the presence of NO and CO** — •DENISIA M. POPOLAN<sup>1</sup>, SANDRA M. LANG<sup>2,1</sup>, JAN HAGEN<sup>2</sup>, LIANA D. SOCACIU-SIEBERT<sup>2</sup>, LUDGER WÖSTE<sup>2</sup>, and THORSTEN M. BERNHARDT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Abteilung Oberflächenchemie und Katalyse, Universität Ulm, 89069 Ulm — <sup>2</sup>Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin

Although a large number of experiments were performed in the past, the catalytic reaction mechanisms at atomic level remain largely elusive. In this context, the investigation of small charged clusters in the gas phase might help to decipher the details of the catalytic reaction mechanisms. Nitric oxide plays an important role in many biological and chemical processes, it is however also liberated as toxic gas during combustion processes and responsible for the ozone production in urbanities due to their high reactive behavior in atmospheric environment. Silver particles have been proposed as catalyst for the reduction of NO to  $N_2$  by carbon monoxide. In this contribution the reactivity of small silver cluster anions in the presence of NO and a mixture of NO with CO will be presented. The experimental procedure consists in storing the mass-selected cluster ions in an rf-octopole ion trap filled with buffer gas and

small partial pressures of reactant gases. Product ion concentrations as a function of storage time enable the determination of reaction kinetics on free clusters. The decisive role of charge transfer in the NO bond breakage, NO oxidation, and the formation of free  $NO_2^-$  and  $N_2O_4^-$  ions, as well as  $N_xO_{(y>x)}$  ligands on the  $Ag_n^-$  clusters will be demonstrated.

MS 9.12 Do 16:30 Labsaal

**Laser induced desorption of organometallic molecules from metallic and insulating surfaces monitored via time-of-flight mass spectrometry** — •MIHAI VAIDA<sup>1,2</sup>, TOBIAS GLEITSMANN<sup>1,2</sup>, LUDGER WÖSTE<sup>1</sup>, and THORSTEN M. BERNHARDT<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin — <sup>2</sup>Abteilung Oberflächenchemie und Katalyse, Universität Ulm, 89069 Ulm

Time-of-flight mass spectrometry is employed to monitor the laser induced desorption of organic molecules and organometallic complexes from solid surfaces in a UHV setup. The molecules, in particular cyclopentadienyl manganese tricarbonyl (cymantrene)  $CpMn(CO)_3$ , are deposited by means of a pulsed valve either to a metallic Mo(100) surface or to an insulating surface that consists of Mo(100) covered by a few monolayers of magnesium oxide. Surface characterization prior to the laser desorption experiments is performed by thermal desorption spectroscopy (TDS), Auger electron spectroscopy (AES), and low energy electron diffraction (LEED). First results on photo-dissociation of  $CpMn(CO)_3$  molecules and fragment desorption will be presented in conjunction with a comparison between the light induced dissociation of free and supported  $CpMn(CO)_3$  molecules.

MS 9.13 Do 16:30 Labsaal

**Mass measurements of rare-earth radionuclides at SHIPTRAP** — •CHRISTIAN RAUTH<sup>1</sup>, MICHAEL BLOCK<sup>1</sup>, ANKUR CHAUDHURI<sup>1,2</sup>, SERGEY ELISEEV<sup>1,3</sup>, FRANK HERFURTH<sup>1</sup>, HANS-JÜRGEN KLUGE<sup>1</sup>, ANA MARTIN<sup>1</sup>, GLEB VOROBEV<sup>1,3</sup>, and THE SHIPTRAP COLLABORATION<sup>1</sup> — <sup>1</sup>GSI, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt, Germany — <sup>2</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, 17489 Greifswald, Germany — <sup>3</sup>St. Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina 188300, Russia

The SHIPTRAP experiment at GSI Darmstadt was set up to study different properties of heavy elements produced in fusion-evaporation reactions at SHIP. The physics program ranges from laser spectroscopy to in-trap decay spectroscopy. First experiments focus on precision mass measurements with a Penning trap mass spectrometer. The accurate knowledge of mass values of exotic nuclei is an important basis for different fields in nuclear physics, such as test of nuclear models, investigations on shell structure effects and the determination of the proton dripline.

During on-line runs in autumn 2005 a primary beam of  $^{58}Ni$  with a beam energy of 4.35 MeV/u and a intensity of up to 4  $\mu A$  was used to produce radionuclides around  $^{147}Ho$  in the reaction  $^{92}Mo(^{58}Ni, xpxn)$ . The masses of eight isotopes were measured, four of them for the first time. From the mass values the proton separation energy can be determined for investigations of the proton dripline, while the two neutron separation energy along an isotopic chain allows for studies of the  $N=82$  shell closure.

The talk will give an overview of the SHIPTRAP set-up and the present status. The second part will focus on the on-line measurements, their analysis procedure and the final results.

MS 9.14 Do 16:30 Labsaal

**Cooling and electron impact neutralization of small ionic clusters** — •MARKUS ERITT<sup>1,2</sup>, ADI DINER<sup>1</sup>, YONI TOKER<sup>1</sup>, OFER AVIV<sup>1</sup>, ODED HEBER<sup>1</sup>, MICHAEL RAPPAPORT<sup>1</sup>, and DANIEL ZAJFMAN<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>Department of Particle Physics, Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel — <sup>2</sup>Institut f. Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universitaet, D-17489 Greifswald, Germany — <sup>3</sup>Max-Planck Institut f. Kernphysik, D-69117 Heidelberg, Germany

Electrostatic ion beam traps allow to store and observe ionic atomic clusters over period of times which are longer than their natural internal cooling times. Contrary to Paul- or Penning traps it is possible to detect neutral fragments and reaction products likewise in storage rings. Using an electrostatic ion beam trap, we have performed experiments where the electron impact neutralization cross section of small (1 to 10 atoms) negatively charged aluminum and silver clusters is measured. Additionally, we have measured the cooling times of these species, and found signatures of thermionic, evaporative and radiative cooling for several species.

MS 9.15 Do 16:30 Labsaal

**Aufbau einer linearen Paulfalle zur Akkumulation und Kühlung von Ionen** — •MARTIN ARNDT, FRANKLIN MARTINEZ, GERRIT MARX und LUTZ SCHWEIKHARD — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Die Ionenfallenapparatur ClusterTrap [1] dient der Untersuchung von Clusterionen. Diese werden in gepulst oder kontinuierlich betriebenen Quellen erzeugt und in eine Penningfalle transferiert. Für eine Messung werden Clusterionen periodisch in die Falle geladen, manipuliert und

schließlich wird der Fallinhalt durch Flugzeitmassenspektrometrie analysiert. Eine Messung läuft also in einem gepulsten Modus ab. Um die Transfereffizienz der Ionen von der Quelle in die Falle zu erhöhen, wurde eine lineare Paulfalle zur Akkumulation, Selektion und Kühlung von Ionen aus einer Ionenquelle aufgebaut und getestet. Die Eigenschaften dieser linearen Falle werden anhand erster Messungen an Restgas- und Fullerenionen demonstriert.

[1] L. Schweikhard, K. Hansen, A. Herlert, G. Marx, M. Vogel, Eur. Phys. J. D 24 (2003) 137-143.