

MBI Interner Newsletter



Merry Christmas!
Frohe Weihnachten!

Inhalte

- Editorial
- Personalinformationen / Preise
- Betriebsrat
- Vereinbarkeit Beruf und Familie
- Projekteinwerbung
- Forschungsergebnisse/Research Highlights
- EDV/IT
- Allgemeines

Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

was lange währt wird endlich gut – dieses Sprichwort gilt manchmal auch für Berufungsverfahren. Ich freue mich sehr, dass Stefan Eisebitt jetzt als neues Mitglied dem MBI-Direktorium angehört, nach einer Vakanz der Direktorenstelle im Bereich B von ungefähr anderthalb Jahren. Er und die ersten seiner Mitarbeiter haben im November die Arbeit am MBI aufgenommen und wir wünschen einen guten und möglichst reibungslosen Start. Mit seiner Berufung wird sich das Forschungsprogramm des Instituts verändern, zeitaufgelöste Experimente aus dem Bereich des Magnetismus und Anwendungen von abbildenden Röntgenmethoden sind nur zwei Themen, die zu neuen Projekten führen werden. Das Direktorium und die Projektleiter werden sich in naher Zukunft mit der erforderlichen Anpassung der MBI-Projektstruktur befassen.

Das zu Ende gehende Jahr 2015 war für das MBI in wissenschaftlicher Hinsicht erneut erfolgreich, zahlreiche Ergebnisse führten zu sehr guten Publikationen, die auf ein großes Interesse im Außenfeld stießen. Die verschiedenen Auszeichnungen und Preise, die im Jahr 2015 an MBI-Wissenschaftler gegangen sind, unterstreichen ebenfalls den internationalen Stellenwert unserer Forschung. Neben Erfolgen waren aber auch Herausforderungen zu meistern, der Laborunfall im Bereich A und seine Konsequenzen für die Arbeitssicherheit wie auch der Ausfall der zentralen Kälteversorgung im Sommer. Die Wartung und Erneuerung der Gebäude und der technischen Infrastruktur wird in den kommenden Jahren einen hohen personellen und finanziellen Aufwand erfordern, der in allen Instituten des Forschungsverbundes nur durch zusätzliche Finanzmittel abgedeckt werden kann. Hierfür entwickelt der Vorstand des Forschungsverbundes ggw. einen gemeinsamen Sondertatbestand.

Last but not least: dies ist die zwanzigste Ausgabe des MBI Newsletter! Dieses Jubiläum möchte ich zum Anlaß nehmen, Alexandra Wettstein für Ihre engagierte Arbeit zu danken, die den Newsletter als Kommunikationsmedium etabliert hat. Ihnen allen wünsche ich eine frohe und friedliche Advents- und Weihnachtszeit.

Für das Direktorium:
Thomas Elsässer

Editorial

Dear Members of the MBI,

Good things come to those who wait – this proverb sometimes even holds for academic appointment procedures. I am very pleased by the fact that Stefan Eisebitt has now joined MBI's Board of Directors, after a period of about one and a half years during which the director position in Division B has been vacant. In November, he and some of his coworkers have started to work at MBI and we wish them a successful and smooth start. With this appointment, the research program of the institute will change, time-resolved experiments in the area of magnetism and x-ray imaging methods are only two topics which will result in new projects. The directors and project leaders will discuss the required changes of the MBI project structure in the near future.

During the ending year 2015, the scientific work at MBI has again been successful, numerous results lead to high-quality publications which received substantial interest in the community. The different awards and prizes MBI scientists have received in 2015 underline the excellent international standing of our research. There have been, however, other challenges, the lab accident and its consequences as well as the failure of the central cooling supply in summer. The maintenance and renewal of the buildings and technical infrastructure will require a strong effort in the coming years, both staff-wise and financially. For all institutes of the Forschungsverbund, extra resources beyond the regular budget will be necessary and the FVB Board of Directors is presently working on a special request to be submitted to the funding bodies.

Last but not least: this is the twentieth issue of the MBI Newsletter! On occasion of this anniversary, I'd like to thank Alexandra Wettstein for her dedicated work that established the Newsletter as a medium of communication within MBI.

I wish you a joyous and peaceful Advent and Christmas season.

For the Board of Directors:
Thomas Elsaesser



MBI Interner Newsletter

6. Jahrgang - Ausgabe 20 - November 2015

**Prof. Dr. Stefan Eisebitt -
Neuer Direktor B am MBI**

Liebe Mitarbeiter im MBI,

ich bin vor kurzem als Direktor am Max-Born-Institut „angekommen“, und nur einige von Ihnen konnte ich bisher näher kennen lernen. Mit vielen von Ihnen - speziell außerhalb des Bereiches B - habe ich bisher noch gar nicht reden können. Ich möchte daher die Gelegenheit nutzen, mich Ihnen über den MBI Newsletter vorzustellen.



**Prof. Dr. Stefan Eisebitt -
New Director B at MBI**

Dear Colleagues at the MBI,

I have “arrived” as a director at the Max-Born-Institut just recently, and only some of you I could get to know in person so far. Many of you - especially outside of Division B - I have not even spoken to. I thus very much welcome the opportunity to introduce myself to you via the MBI newsletter.

Ich habe in Köln Physik studiert, und meine Diplomarbeit mit dem Titel „*Electronic and Geometric Structure of Buried CoSi₂ Layers investigated with Photon-in Photon-out Spectroscopies*“ im Institut für Festkörperforschung (IFF) des Forschungszentrums Jülich angefertigt. Dabei stand die Untersuchung der elektronischen Struktur in Festkörpern mit Hilfe weicher Röntgenstrahlung (im Photonenenergiebereich von 50 eV bis 1000 eV) im Vordergrund. Seither war ich überwiegend in diesem Spektralbereich „unterwegs“ und habe meist Synchrotronstrahlungsquellen für meine Forschung genutzt. In meiner Doktorarbeit mit dem Titel „*Electronic and Structural Properties of Interfaces and Semiconductor Nanostructures*“ habe ich den Zusammenhang zwischen elektronischer und geometrischer Struktur in nanoskaligen Materialien untersucht. Dazu war ich für drei Jahre mit einem DAAD Stipendium an der University of British Columbia in Kanada, um die Arbeit dann 1996 in Köln einzureichen und zu verteidigen. Es schloss sich eine Zeit als Wissenschaftler und Gruppenleiter am IFF im Institut Elektronische Eigenschaften bei Prof. Eberhardt an. Hier begann ich, erste Experimente mit kohärenter Strahlung mit einigen Nanometern Wellenlänge durchzuführen. Die Frage war, ob es möglich ist, durch Beobachtung der Interferenzmuster im gestreuten „Licht“ etwas über die geometrische Struktur einer Probe und deren Dynamik zu lernen. Anders als in der uns vertrauten Lichtoptik, wo mit dem Laser ideal kohärente Lichtquellen für Interferenzexperimente schon seit vielen Jahrhunderten zur Verfügung stehen, war das Ausnutzen der Kohärenzeigenschaften im Röntgenbereich etwas völlig Neues. Diese Arbeiten haben letztendlich zur Entwicklung einer praktikablen Form der Röntgenholografie geführt, die ich zusammen mit meinen Kollegen 2004 etabliert habe. Auf dem Weg dahin habe ich das Jahr 2001 am Stanford Linear Accelerator Center verbracht, wo ich in der Arbeitsgruppe von Joachim Stöhr begann, mich mit magnetischen Systemen auf der Nanoskala zu beschäftigen und diese mit Interferenzmethoden zu untersuchen. Anfang 2002 wechselte ich als Leiter einer der ersten BESSY in-house Forschungsgruppen nach Berlin, Adlershof ist also keine neue

I have studied physics in Cologne and carried out the research for my M.Sc. thesis (*“Electronic and Geometric Structure of Buried CoSi₂ Layers investigated with Photon-in Photon-out Spectroscopies”*) at the Institut für Festkörperforschung (IFF) of the Forschungszentrum Jülich. The investigation of the electronic structure of materials using soft x-rays with photon energies ranging from 50 eV to 1000 eV was the primary focus - and I have done most of my work in that spectral range using synchrotron radiation since then. My Ph.D. thesis had the title *“Electronic and Structural Properties of Interfaces and Semiconductor Nanostructures”* and focused on the interplay of geometric and electronic structure, in particular in nanoscale materials. For this work, I stayed in Canada at the University of British Columbia for three years on a DAAD fellowship. (My thesis advisers were Prof. Tom Tiedje at UBC and Wolfgang Eberhardt at IFF/Cologne University). My next stage in research consisted of several years as postdoc and staff scientist at the Institute for Electronic Properties of the IFF. It was there, where I started to do first experiments with coherent radiation of a few nanometer wavelength. Is it possible to learn something about the structure and dynamics of a system via observation of the interference patterns (“speckle”) in the scattered soft x-ray beam? - this was the main question at the time. In contrast to the visible spectral range, where lasers had since many decades been available as perfectly coherent sources of radiation, the exploitation of coherence properties of x-rays was a novelty. In the end, this work led to a practical way of performing x-ray holography, which my colleagues and I introduced in 2004. On this path, I spend the year 2001 at Stanford Linear Accelerator Center, where the interest in such coherent x-ray methods was large as the free electron laser LCLS was on the horizon. I, in turn, started to apply these methods to nanoscale magnetic systems in the group of Prof. Joachim Stöhr. Early 2002 I made the (climatically tough!) transition from California to Berlin, where I headed one of the first in-house research groups at BESSY. Adlershof is thus not a new environment for me - although it has to be said that it's rate of change and continuous renewal is amazing! Research in

MBI Interner Newsletter

6. Jahrgang - Ausgabe 20 - November 2015

Umgebung für mich. Andererseits ist Adlershof ja andauernd wieder neu - die Entwicklung ist wahrlich rasant! Forschung zu neuartigen, hochauflösenden Abbildungsmethoden in Kombination mit spektroskopischer Information stand nun im Fokus meiner Aktivitäten. In 2008 nahm ich einen Ruf an die Technische Universität Berlin an und habe dort das Fachgebiet „Nanometer-Optik und Röntgenstreuung“ aufgebaut. Hier rückte der Femtomagnetismus, die Beschäftigung mit der ultraschnellen Dynamik magnetischer Systeme, in den Fokus meiner Forschung. In geeigneten Materialien kann man mit Femtosekunden-Lichtpulsen Magnetisierung entweder auslöschen oder auch kontrolliert umkehren. Dies ist für die Datenspeicherung interessant, aber mich interessieren vor allem die dabei ablaufenden elementaren Vorgänge, die derzeit noch in vielen Aspekten ungeklärt sind. Die wichtigsten Werkzeuge für diese Studien sind nun Femtosekunden-Lichtpulse im gesamten Spektralbereich von Infrarot bis Röntgen geworden - flankiert von den Herstellungstechniken für geeignete (nanostrukturierte) Probensysteme. Seit 2012 war ich zusätzlich zu meiner Professur an der TU Berlin auch Inhaber des Lehrstuhles „Coherent Imaging Methods in Materials Science“ an der Universität Lund. Diese Aktivitäten habe ich nun beendet, um mich voll auf die neuen Aufgaben am Max-Born-Institut konzentrieren zu können.

Ein Beispiel aus der Erforschung ultraschneller magnetischer Vorgänge ist in Abb. 1 dargestellt. Zu sehen ist ein ellipsenförmiges Gesichtsfeld mit hell und dunkel erscheinenden Domänen, in denen die Magnetisierung der Probe entweder nach oben (weiß) oder unten (schwarz) zeigt. Dieses Bild wurde mittels Röntgenholografie bei Beleuchtung mit XUV-Pulsen von 20,8 Nanometer Wellenlänge aufgenommen - nur bei genau dieser Wellenlänge lässt sich die Magnetisierung des in der Probe enthaltenen Kobalts durch resonante Streuung sichtbar machen. Im oberen Teil der Ellipse sehen Sie einen grauen, „ausgewaschenen“ Bereich - hier wurde mit einem infraroten Pump-Puls die Magnetisierung der Probe 600 Femtosekunden vor der Aufnahme des Hologramms lokal zerstört. Aufnahmen zu verschiedener Zeit zeigen, dass sich dieser Bereich nach der Anregung in seiner Form und Größe verändert, was uns wichtige Informationen über die ablaufenden Prozesse liefert. Ich bin überzeugt, dass wir solche Fragestellungen - und darüber hinaus die transiente elektronische Struktur in vielen anderen Materialklassen - zukünftig weitaus besser mit speziell dafür entwickelten Instrumenten am Max-Born-Institut werden untersuchen können.

„Jedem Anfang wohnt ein Zauber inne“ heißt es bei Hesse - ich freue mich auf jeden Fall sehr auf die vielen neuen Aufgaben, Möglichkeiten und hoffentlich Erfolgsgeschichten mit Ihnen gemeinsam am Max-Born-Institut!

Prof. Dr. Stefan Eisebitt

novel high resolution imaging approaches in combination with spectroscopic information was now my main focus. In 2008, I accepted a full professorship at the Technische Universität Berlin, where I established the research group “Nanometer Optics and X-ray Scattering”. Here, my center of attention moved to “femtomagnetism”, the study of ultrafast dynamics in magnetic systems. In suitable materials, laser pulses can be used to quench or alternatively to switch magnetization on an ultrafast time scale. While this is of interest for data storage applications, our main concern is to understand the underlying fundamental processes between electrons, spins and phonons, which in many aspects are still unknown. The most important tools for such studies are femtosecond laser pulses over the entire spectral range from the far infrared to x-rays, complemented by sample (nano)fabrication processes. From 2012 on, I held in addition the “Chair of Coherent Imaging Methods in Materials Science“ at Lund University. I have now stopped these activities, allowing me to fully concentrate on my new task here at the Max-Born-Institut.

One example for the femtomagnetism research in my group is shown in Fig. 1. In the elliptical field of view you can see worm-like magnetic domains, where the local magnetization is either pointing up (white) or down (black). This image was obtained via x-ray holography using XUV pulses of 20.8 nm wavelength. At this exact energy, resonant electronic transitions from Cobalt 3p electrons allow us to get sensitive to the magnetization, which then shows up as contrast in the holographic image. Close to the upper apex of the ellipse you can see a grey, “washed out” region. Here, a localized infrared pulse has quenched the magnetization 600 femtosecond before the hologram was recorded. Images as a function of pump-probe delay show the spatio-temporal evolution of this demagnetized region. From such time-resolved magnetization images we obtain important information about the underlying processes. I am convinced, that in the future such studies can be carried out in the laboratories at the *Max-Born-Institut* rather than at a free-electron x-ray laser. In fact, I believe we will be able to perform cutting-edge experiments on the transient electronic structure in a very wide range of materials beyond magnetic systems.

“Each beginning bears a special magic” according to Hermann Hesse - I am certainly excited about the new challenges, possibilities and - hopefully - success stories we can write together at the Max-Born-Institut.

Prof. Dr. Stefan Eisebitt

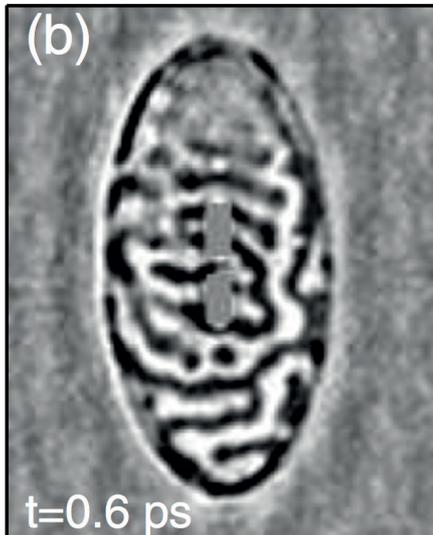


Fig.1. Holographically recorded image of local magnetization showing ferromagnetic domains. The greyscale represents the direction and strength of the magnetization (white= up, black = down) and is obtained via x-ray magnetic circular dichroism when optically exciting Co 3p electrons. The sample consists of sub-nm thick Co/Pt multilayers. The “washed out” grey area in the upper part of the ellipse reflects the demagnetization induced by a preceding infrared laser pulse. The long axis of the ellipse is 2.4 μm long, the domains are about 100 nm wide. The original work can be found in PRL 112, 217203 (2014).

Abb.1. Holografisch aufgezeichnetes Bild von magnetischen Domänen, deren Orientierung (weiß = hoch, schwarz = runter) durch magnetischen Zirkulardichroismus bei Anregung von Co 3p Elektronen sichtbar gemacht wurde. Die ferromagnetische Probe besteht aus sub-nm dünnen Vielschichten aus Co und Pd. Der graue Bereich im oberen Teil der Ellipse zeigt die Demagnetisierung durch einen vorangegangenen Infrarotlaserpuls. Die lange Achse der Ellipse ist 2,4 Mikrometer lang, die wurmförmigen magnetischen Domänen sind etwa 100 nm breit. Das Bild stammt aus der Originalarbeit in PRL 112, 217203 (2014).

Original publication:

Phys. Rev. Lett. 112, 217203 – Published 29 May 2014

Imaging Ultrafast Demagnetization Dynamics after a Spatially Localized Optical Excitation

C. von Korff Schmising, B. Pfau, M. Schneider, C. M. Günther, M. Giovannella, J. Perron, B. Vodungbo, L. Müller, F. Capotondi, E. Pedersoli, N. Mahne, J. Lüning, S. Eisebitt

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.112.217203>

MBI Interner Newsletter

6. Jahrgang - Ausgabe 20 - November 2015

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts
(Stand: 18.11.2015 - alphabetische Reihenfolge)

Dr. Tianli Feng
Gastwissenschaftler C2
Tel. 1444
E-Mail: feng@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2015



Nadezhda Kostyukova
Gastwissenschaftlerin A3
Tel. 1288
E-Mail: kostyuko@mbi-berlin.de
Beginn: 05.10.2015



Friedrich Konrad Freyse
Diplomand A2
Tel. 1243
E-Mail: freyse@mbi-berlin.de
Beginn: 19.10.2015



Dr. Ruijun Lan
Gastwissenschaftler A2
Tel. 1288
E-Mail: lan@mbi-berlin.de
Beginn: 04.09.2015



Josefin Fuchs
Auszubildende Physikalaborantin B1
Tel. 1412
E-Mail: fuchs@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2015



Andres Felipe Ordonez Lasso
Doktorand B2
Tel. 1207
E-Mail: ordonez@mbi-berlin.de
Beginn: 15.09.2015



Dr. Jan Geilhufe
Wissenschaftler B1
Tel. 1314
E-Mail: geilhufe@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Janina Lebendig
Diplomandin B1
Tel. 1347
E-Mail: lebendig@mbi-berlin.de
Beginn: 26.10.2015



Lena Gwiasda
Auszubildende Verwaltung
Tel. 1504
E-Mail: gwiasda@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2015



Nicola Mayer
stud./wiss. Hilfskraft A2
Tel. n.n.
E-Mail: mayer@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Piet Hessing
Doktorand B1
Tel. 1374
E-Mail: hessing@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Mara Oßwald
Doktorandin C1
Tel. 1413
E-Mail: osswald@mbi-berlin.de
Beginn: 15.09.2015



Peter Jürgens
Doktorand A2
Tel. 1238
E-Mail: juergens@mbi-berlin.de
Beginn: 01.10.2015



Max Pietzsch
Auszubildender Physikalaborant C2
Tel. 1412
E-Mail: pietzsch@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2015



Robert Kieschke
stud./wiss. Hilfskraft A1
Tel. n.n.
E-Mail: kieschke@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Nagymilhály Roland Sándor
Gastwissenschaftler B3
Tel. 12881342
E-Mail: sandor@mbi-berlin.de
Beginn: 21.09.2015



MBI Interner Newsletter

6. Jahrgang - Ausgabe 20 - November 2015

Michael Schneider
Doktorand B1
Tel. 1374
E-Mail: mschneid@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Moritz Sommer
Auszubildender Werkstatt
Tel. 1536
E-Mail: msommer@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2015



David Weder
Doktorand B1
Tel. 1374
E-Mail: weder@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2015



Ausgeschiedene:
(Stand 18.11.2015)

Dr. Foudhil Bouakline
Songhee Han
Dr. Sandra Höhm
Dr. Vincent Juvé
Andrey Boyko
Emilio Pisanty Alatorre
Simon Birkholz
Faruk Krecinic
Maria Richter
Iason Katechis
Reinhard Grosser
Kevin Hankel
Adis Kondzic
Enrico Dannenberg
Benjamin Klessen
Karl Mildner-Spindler

Wissenschaftler B2
Wissenschaftlerin A2
Wissenschaftlerin A2
Wissenschaftler C3
Gastwissenschaftler A3
Gastwissenschaftler A1
Doktorand C2
Doktorand A2
Doktorandin B2
Diplomand A2
Techniker A2
Techniker Werkstatt
Techniker B1
stud./wiss. Hilfskraft C3
stud./wiss. Hilfskraft A2
stud./wiss. Hilfskraft B2

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/ Master- & Diplomarbeiten

M. Eckstein

Coherent dynamics in photoactive biomolecules studied by ultrafast time-resolved photoelectron spectroscopy in water jets
Dissertation (2015) Freie Universität Berlin

P. Trabs

Erzeugung und Anwendung kürzester Lichtimpulse im VUV/XU
Dissertation (2015) Freie Universität Berlin

F. Buchner

Time-resolved photoelectron spectroscopy of DNA molecules solution
Dissertation (2015) Freie Universität Berlin

A. Schmidt

Carbon nanostructures for femtosecond mode-locked lasers in the 1.0 to 2.1 micrometer wavelength range
Dissertation (2015) Humboldt-Universität Berlin

F. Abicht

Ultrafast field dynamics in laser ion acceleration
Dissertation (2015) Technische Universität Berlin

M. Patzek

Entwicklung und Anwendung eines Messplatzes zur räumlichen und zeitlichen Strahlformung eines Femtosekunden-Titan-Saphir-Lasers und zur Oberflächen-Materialbearbeitung
Master (2015) Technische Hochschule Wildau (FH)

A. Treffer

Adaptive nicht-kollineare Autokorrelation von nicht-diffraktiven ultrakurzen Laserpulsen mit MEMS-Axicons
Master (2015) Technische Hochschule Wildau (FH)

MBI Interner Newsletter

Preise / Prize

Outstanding Oral Presentation Award ASSL OSA - Lorenz von Grafenstein



This year the international Advanced Solid State Laser Conference (ASSL) was held by the Optical Society of America (OSA) from September 4-9 at the Adlershof Science and Technology Park. 500 participants attended the conference featuring 33 invited lectures and another 80 talks. Furthermore, 140 posters were presented during 3 poster sessions. ASSL chairman Prof. Peter Moulton, who invented the Ti:sapphire laser at MIT Lincoln Lab, USA presented Lorenz von Grafenstein with the Outstanding Oral Presentation award for his presentation **8 mJ, 1kHz, Picosecond Ho:YLF Regenerative Amplifier**.

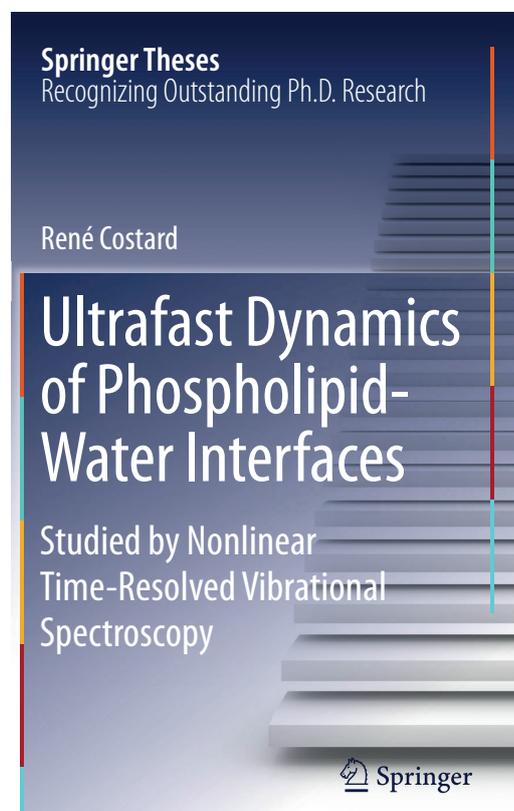
Recognizing Outstanding Ph.D. Research - Springer Theses Rene Costard

Rene Costard has been awarded the Springer Theses prize. This prize recognizes PhD work for its scientific excellence and impact on research.

The prize recognizes innovative research leading to a significant scientific advance in the understanding of ultrafast dynamics at phospholipid-water interfaces as model systems for cell membranes. Pushing the experimental limits of time-resolved two-dimensional infrared spectroscopy to low frequency phosphate vibrations allowed for a precise determination of structural dynamics of phospholipids and their surrounding hydration shell. Key findings are that phospholipid head group geometries fluctuate on an ultrafast 300 fs timescale while phosphate-water hydrogen-bonds with the hydration shell remain intact for more than 10 ps – one order of magnitude longer than water-water hydrogen bonds in the pure liquid. Extensive additional measurements shed light on energy flow in these systems. A prominent example is the transfer of energy from the phospholipids to the rigid hydration layer on a picosecond timescale protecting the lipid from “overheating”. The results are important for the chemistry at the cell membranes and other phosphate-containing molecules such as DNA.

Link Springer Theses: <http://www.springer.com/series/8790>

Link to the book: <http://www.springer.com/gp/book/9783319220659>



MBI Interner Newsletter

Bestenehrung 2015 IHK Ausbildung - Marc Möbis

Zu den 45 besten Berliner Absolventen der diesjährigen Ausbildungsprüfungen gehört **Marc Möbis** aus dem MBI. Er wurde am 16.11. 2015 in einer Feierstunde von IHK-Präsident Dr. Erich Schweitzer mit einer Ehrenurkunde ausgezeichnet. IHK-Präsident Dr. Eric Schweitzer lobte in seiner Rede die einzigartigen Prüfungsleistungen. „Durch diese besonderen Ereignisse in Aus- oder Weiterbildung sind die Absolventen nicht nur die von der Wirtschaft heiß ersehnten Fachkräfte, sondern die idealen Markenbotschafter für die duale Ausbildung. Sie sind ein leuchtendes Beispiel dafür, dass Leistung sich lohnt und eine duale Ausbildung ein gutes Fundament für die berufliche Weiterentwicklung und eine *Karriere mit Lehre* ist.“

Erfreulich zu berichten ist ferner, dass Herr Möbis an der 21. Jahrestagung der Leibniz-Gemeinschaft auch unter den Besten bei der Verleihung des Leibniz-Auszubildenden-Preises ist. Die Verleihung findet Ende November statt. Mehr darüber im nächsten Newsletter.



Betriebsrat

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

am Dienstag, dem **1. Dezember 2015 um 10:00 Uhr** findet die jährliche, gemeinsame Betriebs- und Institutsversammlung des MBI im Max-Born-Saal statt. Auch wenn es zu dem Zeitpunkt, da Sie diesen Newsletter lesen, nicht mehr lange bis zu der Betriebsversammlung sein wird, lassen Sie uns bitte Ihre Fragen, Anregungen und Themenwünsche wissen, damit wir ganz gezielt auf Ihre Anliegen eingehen können. Unsere Kontaktdaten finden Sie auf der Intranet-Site:

<http://intern.mbi-berlin.de/de/more/betriebsrat/index.html>

Das diesjährige MBI-Sommerfest fand am 27. August bei bestem Spätsommerwetter statt. Dieser Tag liegt zwar schon etwas zurück, dennoch möchten wir es als Betriebsrat nicht versäumen, allen herzlich zu danken, die in jeglicher Weise einen Beitrag zu dieser wiederum sehr gelungenen Veranstaltung geleistet haben. Vielen Dank!

Viele Grüße
Ihr Betriebsrat

Works Council

Dear colleagues,

The regular MBI Works Assembly Meeting as well as the Institute's Meeting are taking place on **Tuesday, 1 December 2015 at 10:00 a.m.** at the Max Born Lecture Hall. Even though the issue date of this newsletter is very close to the Assembly please approach us with your ideas and wishes and let us know what topics should be addressed so that we can respond specifically to your needs and requirements in a reliable and target-oriented way. You find our contact data on the intranet site:

<http://intern.mbi-berlin.de/de/more/betriebsrat/index.html>

This year's MBI summer barbecue took place during magnificent late summer weather on 27 August. Although this event was some time ago the works council would like to take the opportunity to thank everybody who contributed in any way to make the party an all-around good event. Thank you!

Kind regards
Your Works Council

MBI Interner Newsletter

Vereinbarkeit Beruf und Familie

Audit „berufundfamilie“

Am 31.8.2015 wurde das Max-Born-Institut im Rahmen des Audits „berufundfamilie“ zertifiziert. Auf einer außerordentlichen Institutsversammlung am 12. Oktober wurden die wesentlichen Schritte auf dem Weg zur Zertifizierung vorgestellt sowie über die ersten anstehenden Maßnahmen berichtet. Mit dem Audit werden die folgenden übergeordneten Ziele verfolgt:

- Etablierung und breite Durchsetzung einer familienbewussten Institutskultur,
- Ausbau der Unterstützungsangebote für Beschäftigte mit familiären Anliegen,
- Ausbau der gesundheitlichen Prävention der Beschäftigten und Sensibilisierung für einen gesundheitsbewussten Umgang mit Stress und bei hoher Arbeitsbelastung,
- Anerkennung von Pflege- und Kinderbetreuungsaufgaben als gleichwertige Anliegen,
- Stärkung der Identifikation und Zufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit den Arbeitsbedingungen am Institut,
- Stärkung der Attraktivität als Arbeitgeber für hochqualifizierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Fachkräfte aus der Region wie auch international.

Verbunden mit der Zertifizierung ist eine Zielvereinbarung, die *22 Ziele und 56 Maßnahmen* umfasst, und deren Umsetzung wir uns in den nächsten drei Jahren Schritt für Schritt stellen müssen. Eines der Ziele besteht in der Einrichtung einer festen Sprechstunde der Direktoren zum Thema „**Vereinbarkeit von Beruf und Familie**“. Die ersten Termine in 2016 sind:

Prof. Stefan Eisebitt: Do, 21. Jan. 2016: 14:00-16:00 Uhr
Prof. Thomas Elsässer: Fr, 04. Mrz. 2016: 14.00-16:00 Uhr
Prof. Marc Vrakking: Die, 26. Jan. 2016: 14.00-16:00 Uhr

Im MBI-Intranet wird in Kürze eine Seite eingerichtet, auf der alle Informationen zum Thema Vereinbarkeit von Beruf und Familie, Gesundheitsschutz, etc. gebündelt werden. Sobald die Seite frei geschaltet ist, werden wir Sie informieren.

Auch im Internen Newsletter wird es zukünftig feste Rubriken zu den Themen Vereinbarkeit sowie zum „gesundheitsbewussten Arbeitsalltag“ geben, wo über den Umsetzungsstand und aktuelle Entwicklungen berichtet wird.

Alexander Grimm

Reconciliation of work and family life

„berufundfamilie“ audit

On August 31 the Max Born Institute was certified by the audit „berufundfamilie“. At the institute's meeting on October 12 the relevant steps towards the successful certification were explained and initial measures presented.

The audit's purpose is to:

- establish and implement a family-friendly culture throughout the institute,
- enhance the support of employees regarding family responsibilities,
- promote healthcare and raise awareness of health issues (stress, high workload),
- consider nursing and child care as equivalent,
- strengthen the employees identification and satisfaction with their working conditions at the institute,
- increase attractiveness as an employer of highly qualified applicants

The certification is based on a target agreement including 22 goals and 56 measures which have to be implemented step by step during the next 3 years. As a first measure, the directors offer regular office hours where questions concerning the **reconciliation of work and family life** can be discussed.

Initial dates are in 2016:

Prof. Stefan Eisebitt: Thur, Jan. 21, 2016: 2:00-4:00 p.m.
Prof. Thomas Elsässer: Fri, Mar. 04, 2016: 2:00-4:00 p.m.
Prof. Marc Vrakking: Tue, Jan. 26, 2016: 2:00-4:00 p.m.

A page will shortly be set up on the MBI intranet where you will find all the relevant information on reconciliation of work and family life, health care etc. We will inform you as soon as the service is online. Furthermore, our internal newsletter will provide an own section about reconciliation topics, news about current developments and updates on implementing measures.

Alexander Grimm

MBI Interner Newsletter

Projekteinwerbungen

Bereich A

Projektbezeichnung: DFG IV 152/6-1

Erzeugung und Charakterisierung Chiraler Attosekundenpulse im Rahmen des SPP „Quantum Dynamics in Tailored Intense Fields“ (QUTIF) zusammen mit Dr. Zhavarankau

Laufzeit: 30.09.2015 - 29.09.2018

Projektleiter: M. Ivanov

Geldgeber: DFG

Projektbezeichnung: DFG IV 152/7-1

Theoretische und experimentelle Untersuchung von Kramers-Henneberger Zuständen in Alkali und Edelgas Atomen im Rahmen des SPP „Quantum Dynamics in Tailored Intense Fields“ (QUTIF) zusammen mit Prof. Kovacev

Laufzeit: 30.09.2015 - 29.09.2018

Projektleiter: M. Ivanov

Geldgeber: DFG

Projektbezeichnung: DFG ZH 475/2-1

Erzeugung und Charakterisierung Chiraler Attosekundenpulse im Rahmen SPP „Quantum Dynamics in Tailored Intense Fields“ (QUTIF) zusammen mit Prof. Ivanov

Laufzeit: 30.09.2015 - 29.09.2018

Projektleiter: M. Zhavoronkov

Geldgeber: DFG

Projektbezeichnung: DFG RO 4577/4-1

Laserinduzierte Elektronenbeugung von stark ausgerichteten und orientierten Molekülen durch maßgeschneiderte elektrische und Laser-Felder im Rahmen SPP „Quantum Dynamics in Tailored Intense Fields“ (QUTIF) zusammen mit Prof. Küpper

Laufzeit: 30.09.2015 - 29.09.2018

Projektleiter: A. Rouzée

Geldgeber: DFG

Projektbezeichnung: EU IRA ILAT 1 LASERLAB EUROPE H2020 654148

Innovative Laser Technologies

Laufzeit: 01.12.2015 - 30.11.2019

Projektleiter: F. Furch

Geldgeber: EU

Bereich B

Projektbezeichnung: EU LASERLAB EUROPE H2020 654148

The Integrated Initiative of European Laser Research Infrastructures

Laufzeit: 01.12.2015 - 30.11.2019

Projektleiter: M. Vrakking/D. Stozno

Geldgeber: EU

Projektbezeichnung: EU IRA ILAT 2 LASERLAB EUROPE H2020 654148

Innovative Laser Technologies

Laufzeit: 01.12.2015 - 30.11.2019

Projektleiter: M. Kalashnikov

Geldgeber: EU

Projektbezeichnung: EU IRA LEPP LASERLAB EUROPE H2020 654148

Laser-driven High Energy Photon and Particle Sources towards Industrial and Societal Applications

Laufzeit: 01.12.2015 - 30.11.2019

Projektleiter: H. Stiel/M. Schnürer

Geldgeber: EU

Projektbezeichnung: DFG SM 292/5-1

Das Proben von molekularer Chiralität und chiraler Dynamik mittels Erzeugung von höheren Harmonischen im Rahmen des SPP „Quantum Dynamics in Tailored Intense Fields“ (QUTIF)

Laufzeit: 30.09.2015 - 29.09.2018

Projektleiter: O. Smirnova

Geldgeber: DFG

Bereich C

Projektbezeichnung: Purchase Order No. 290100828
Time resolved and camera measurements

Laufzeit: 20.02.2015 - 27.03.2015

Projektleiter: J.W. Tomm

Geldgeber: JS DU

Projektbezeichnung: Purchase Order No. 4500013097
Measurements with Raman-Spectrometer and Report

Laufzeit: 27.08.2015 - 31.12.2015

Projektleiter: J.W. Tomm

Geldgeber: II-VI Laser Enterprise GmbH

MBI Interner Newsletter

Forschungsergebnisse

Hitze macht schlapp: Licht verlangsamt die Schwingungen eines Elektronenplasmas

Die Schwingungsfrequenz eines optisch aufgeheizten Elektronenplasmas hängt empfindlich von der Plasmatemperatur ab. Ultraschnelles Aufheizen und Abkühlen eines Plasmas im Halbleiter Zinkoxid (ZnO) führt zu deutlichen Änderungen der Plasmafrequenz. Dieses Phänomen birgt ein vielversprechendes Potential für ultraschnelle Schalter in der Optoelektronik.

Ein Plasma ist ein spezieller Zustand der Materie, in dem eine große Anzahl von Elektronen eine negativ geladene Wolke bildet, die sich gegenüber dem positiv geladenen Hintergrund der Ionen verschieben kann. Plasmen tauchen in einer Vielzahl von Systemen auf, dazu gehören heiße Sterne, die Ionosphäre und andere ionisierte Gase, sowie Festkörpermateriale. Die elektrischen Kräfte zwischen Elektronen und Ionen ermöglichen zeitlich periodische Bewegungen der Elektronenwolke gegenüber dem Ionenhintergrund, die sogenannten Plasmaschwingungen oder auch Plasmonen. Das Interesse an Plasmonen in Metallen und Halbleitern ist in letzter Zeit stark gewachsen. Deren herausragende optische Eigenschaften besitzen ein vielversprechendes Potential für Anwendungen in der Hochgeschwindigkeits-Optoelektronik und der optischen Mikroskopie mit Subwellenlängen-Auflösung.

Eine grundlegende und interessante Frage ist die folgende: Kann man Plasmaschwingungen mit Licht manipulieren, etwa ihre Frequenz ändern? Damit könnte man auf sehr kurzen Zeitskalen die elektrischen und optischen Eigenschaften schalten, ein ideales Instrument für die moderne Optoelektronik. In der jüngsten Ausgabe der Fachzeitschrift *Physical Review Letters* [115, 147401 (2015)], hat das Projektteam 3.2 und der Humboldt Universität zu Berlin ein neues Konzept demonstriert, das ein ultraschnelles Schalten der Plasmonen im Halbleiter ZnO erlaubt (Movie). In ihren Experimenten untersuchten die Wissenschaftler Plasmaschwingungen in einer 100 Nanometer dicken, kristallinen ZnO Schicht, die eine hohe Dichte von ungefähr 10^{20} freien Elektronen pro Kubikzentimeter enthält. Ein Infrarot-Lichtimpuls von 150 fs Dauer ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) regte die Plasmaschwingungen an. Deren Frequenz wurde über die Infrarotabsorption des Plasmas mittels eines schwächeren Abtastimpulses zeitaufgelöst gemessen. Aus der Verschiebung der Absorptionslinie wurde die momentane Frequenz der Plasmaschwingungen bestimmt (Abb. 1). Die Experimente zeigen eine deutliche Rotverschiebung, d.h. Verringerung der Plasmafrequenz. Die Erniedrigung um 20% hält jedoch nur 400 fs an, danach kehrt das System zur ursprünglichen Plasmafrequenz zurück. Im gesamten Zeitraum des Experimentes bleibt die Elektronendichte unverändert.

Research Highlights

Hot means slow: Electron plasma oscillations tuned down with light

Oscillations of an optically heated electron plasma depend sensitively on the plasma temperature. Ultrafast heating and cooling of a plasma in the semiconductor zinc oxide (ZnO) leads to pronounced shifts of plasma frequency, holding a strong potential for novel switching applications in optoelectronics.

A plasma is a special state of matter in which a large number of electrons form a negatively charged cloud of particles which is separated from a positively charged background of ions. Plasma exists in many systems including hot stars, the ionosphere and other ionized gases, as well as solid state materials. The electric forces between electrons and ions allow for generating periodic spatial motions of the electron cloud relative to the ions, so called plasma oscillations or plasmons. Recently, plasmons in metals and semiconductors have received strong interest. They display peculiar optical properties and hold strong potential for applications in high-speed optoelectronics and optical microscopy with sub-wavelength spatial resolution.

A basic and interesting question is: Can one manipulate plasma oscillations with light and, in particular, modify their frequency? This would allow for switching the electric and optical properties for a short period of time, changes most helpful for novel optoelectronic devices. In the current issue of *Physical Review Letters* [115, 147401 (2015)], a joint research team from the MBI and Humboldt University in Berlin demonstrates a novel concept for ultrafast plasmon switching in the semiconductor ZnO (Movie). In their experiments, the researchers investigated plasma oscillations in a 100 nanometer thick crystalline ZnO layer containing a high density of approximately 10^{20} free electrons per cubic centimeter. Plasma oscillations are excited by an infrared pulse of 150 fs duration ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) and the frequency shift of the infrared plasmon absorption band is measured with a second delayed and much weaker probe pulse. The shift of the absorption band allows for extracting the momentary plasma frequency as a function of time (Fig. 1). The experiments give direct evidence of a transient shift of plasma oscillations to lower frequency. The strong frequency reduction by 20% lasts for only 400 fs after which the original plasma frequency is restored. Over the period of the experiment, the electron density remains unchanged.

The physical origin of the frequency reduction lies in the transient heating of the electron plasma by the infrared excitation pulse. The electrons reach a peak temperature of $\approx 3300 \text{ K}$ and populate a very wide range of the conduction band of ZnO (Fig. 2). In this range, the average electron mass is higher than in the initial state and, thus, the plasma frequency is reduced.

MBI Interner Newsletter

Die physikalische Ursache der Rotverschiebung liegt in dem vorübergehenden Aufheizen des Elektronenplasmas durch den infraroten Anregungsimpuls. Die Elektronen erreichen eine Spitzentemperatur von ca. ≈ 3300 K und bevölkern dabei einen weiten Bereich des Leitungsbandes von ZnO (Abb. 2). In diesem Bereich ist die mittlere Elektronenmasse deutlich höher als im Ausgangszustand was zu einer Erniedrigung der Plasmafrequenz führt. Die heißen Elektronen verlieren den Löwenanteil ihrer Energie an das Kristallgitter innerhalb der ersten 400 fs mit der Folge, dass sowohl die mittlere Masse als auch die Plasmafrequenz zu ihren ursprünglichen Werten zurückkehren. Alle experimentellen Beobachtungen sind in exzellenter Übereinstimmung mit theoretischen Modellrechnungen.

The hot electrons transfer most of their thermal excess energy to the crystal lattice within some 400 fs. As a result, both the average electron mass and the plasma frequency return to their original values. All experimental observations are in excellent agreement with theoretical calculations.

Original publication:

Physical Review Letters 115, 147401

Ultrafast Nonlinear Response of Bulk Plasmons in Highly Doped ZnO Layers
Tobias Tyborski, Sascha Kalusniak, Sergey Sadofev, Fritz Henneberger, Michael Woerner, Thomas Elsaesser

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.147401>

Contact: M. Wörner Tel. 1470, T. Elsaesser, Tel. 1400

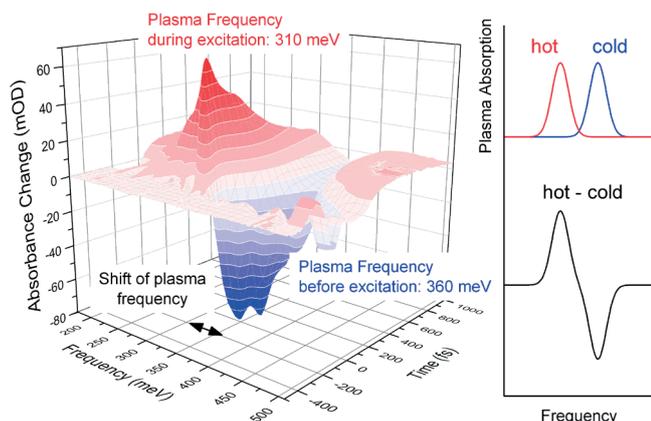


Fig. 1: Experimentally observed time-dependent shift of the plasma frequency in a thin ZnO layer. Left: 3D-plot of the absorption change as a function of the probe frequency and time delay between pump and probe pulses. Right: concept of a transient difference spectrum. The cold plasma (blue) shows an absorption peak at the plasma frequency of the cold electron gas. The pump pulse heats the plasma resulting in a red-shift of the plasmon resonance (red). In the time-resolved experiments we measured the so called difference spectrum, i.e., the absorption of the hot plasma minus that of the cold plasma (black).

Abb. 1: Experimentell beobachtete zeitabhängige Verschiebung der Plasmafrequenz in einer dünnen ZnO-Schicht. Links: 3D-Graphik der Absorptionsänderung als Funktion der Abtastfrequenz und der Verzögerungszeit zwischen Anreg- und Abtast-Lichtimpulsen. Rechts: Konzept eines transienten Differenzspektrums. Das kalte Plasma (blau) zeigt eine Absorptionslinie bei der Plasmafrequenz des kalten Elektronengases. Der Anreg-Lichtimpuls heizt das Plasma, was zu einer Rotverschiebung der Plasmonresonanz (rot) führt. In den zeitaufgelösten Experimenten wird das sogenannte Differenzspektrum gemessen, d.h., die Absorptionslinie des heißen Plasmas minus der des kalten Plasmas (schwarz).

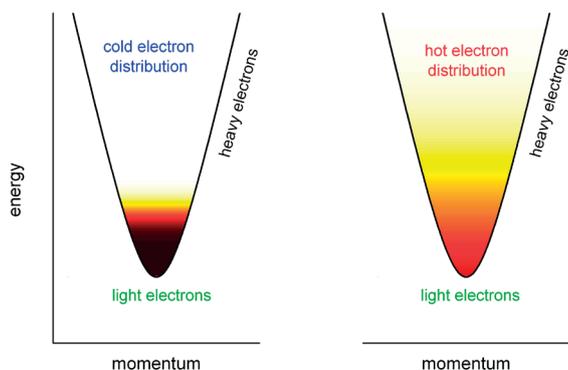
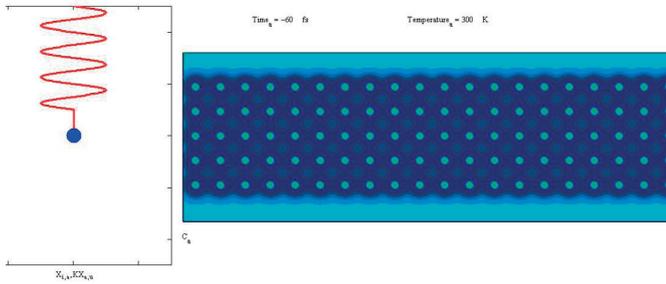


Fig. 2: The conduction band of ZnO shows a non-parabolic band structure, i.e., the electron energy as a function of the electron momentum follows a hyperbola rather than a parabola. As a result electrons at the conduction band minimum are quite light (low energy, small mass) compared to the much heavier electrons (large mass) at high energies. A cold plasma (left) contains essentially light electrons whereas a hot plasma (right) contains many heavy electrons at high energies.

Abb. 2: Das Leitungsband von ZnO zeigt eine sog. nicht-parabolische Bandstruktur, d.h., die Elektronenenergie als Funktion des Elektronenimpulses folgt eher einer Hyperbel als einer Parabel. Als Konsequenz sind die Elektronen am Minimum des Leitungsbandes leichter (kleine Energie, kleine Masse) als die Elektronen bei hohen Teilchenenergien (große Masse). Ein kaltes Plasma (links) enthält im Wesentlichen leichte Elektronen, während ein heißes Plasma (rechts) viele schwere Elektronen bei hohen Energien besitzt.

MBI Interner Newsletter



http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2015_09_28

Animation: Right: plasma oscillations in a thin ZnO layer. Negatively charged electrons (blue clouds) oscillate collectively versus the positively charged ions (red dots). Left: Such a plasma oscillation resembles strongly a classical pendulum, i.e., a massive ball hanging on a elastic spring. (i) For negative times $t < 0$ (time counter upper left), the oscillation frequency is quite high due to the small mass of the electrons. (ii) During the period $0 < t < 100$ fs the pump pulse heats the electron plasma (lighters below, temperature display upper right) resulting in an elevated mass of the electrons in ZnO (right) or increased mass in the pendulum (left). (iii) For $t > 100$ fs the probe pulse measures the plasma oscillation frequency again, now showing a distinctly slower motion.

Animation: Rechts: Plasmaschwingungen in einer dünnen ZnO-Schicht. Negativ geladene Elektronen (blaue Wolken) schwingen gegenüber positiv geladenen Ionen (rote Kugeln). Links: Solch eine Plasmaoszillation ähnelt stark einem klassischen Pendel, hier eine massive Kugel an einer elastischen Feder. (i) Zu negativen Zeiten $t < 0$ ist die Oszillationsfrequenz sehr hoch aufgrund der kleinen Masse der Elektronen. (ii) Während der Zeitspanne $0 < t < 100$ fs (Zeitanzeige oben links) heizt der Anrege-Lichtimpuls das Elektronenplasma auf (Feuerzeuge darunter, Temperaturanzeige oben rechts). Als Folge erhält man eine größere Masse der Elektronen oder des Gewichts im Pendel. (iii) Für $t > 100$ fs misst der Abtast-Lichtimpuls erneut die Schwingungsfrequenz, die jetzt einen deutlich niedrigeren Wert besitzt.

MBI Interner Newsletter

Forschungsergebnisse

Ultradünne Wasserfilme zum Fließen gebracht - Ein Flachstrahl für Röntgenspektroskopie

Ein wichtiger Fortschritt für die Spektroskopie flüssiger Proben mit weicher Röntgenstrahlung durch ein neues Flachstrahlssystem ebnet den Weg für neuartige stationäre und zeitaufgelöste Experimente.

Element-spezifische Röntgenmethoden nehmen eine Schlüsselrolle ein bei der Untersuchung der atomaren Struktur und Zusammensetzung funktionaler Materialien. Mit Hilfe der Röntgenspektroskopie können Oxidationszustände, Abstände, Koordinationszahlen und die Art der nächsten Nachbarn des ausgewählten Elementes bestimmt werden. Mit einer großen Vielfalt spektroskopischer Methoden mit Röntgenstrahlung wurden bisher zahlreiche gasförmige, flüssige und feste Proben oder molekulare Systeme an Grenzflächen untersucht. Dabei wurden stationäre und zeitabhängige Materialeigenschaften vorwiegend an Synchrotronstrahlungsquellen und neuerdings an Röntgen-Freie-Elektronen-Lasern bestimmt.

Die Untersuchung flüssiger Proben mit Absorptionsspektroskopie im weichen Röntgenbereich (im Energiebereich von ca. 0.2 bis 1.5 keV) stellt eine besondere Herausforderung dar. Zum einen müssen die Experimente unter Ultrahochvakuum-Bedingungen durchgeführt werden, in einer Umgebung also, die scheinbar unvereinbar mit dem hohen Dampfdruck von Wasser ist. Außerdem erfordert die Messung der Transmission aufgrund der großen Absorptionsquerschnitte im weichen Röntgenbereich schwierig zu realisierende Probendicken im Bereich von einem Mikrometer und darunter ($1 \text{ Mikrometer} = 10^{-6} \text{ m} = \text{Ein millionstel Meter}$). Im Gegensatz dazu sind Messungen des Absorptionsspektrums basierend auf dem Nachweis sekundärer Zerfallssignale, wie zum Beispiel der Röntgenfluoreszenz, auf vergleichsweise hoch konzentrierte Proben beschränkt.

Eine Lösung für diese Probleme stellt die Verwendung von Zellen mit dünnen Membran-basierten Fenstern für Transmissionsmessungen dar. Damit kann die Dicke des Flüssigkeitsfilms zwar kontrolliert werden, allerdings können damit keine strahlungsempfindlichen molekularen Proben untersucht werden, da die Probe im Röntgenstrahl oder in einem sichtbaren Laserstrahl in Laser-Anrege und Röntgen-Abfrage Messungen zerstört wird. Dieser Strahlenschaden wird vermieden, indem die Probe in einem Flüssigkeitsstrahl kontinuierlich ersetzt wird. Mit solchen Flüssigkeitsstrahlen jedoch, wobei die Flüssigkeit durch eine Düse in die Hochvakuumkammer gepresst wird, ist es schwierig oder gar unmöglich, Probendicken im Bereich von einem Mikrometer oder darunter zu realisieren.

Research Highlights

How to Flow Ultrathin Water Layers - A Liquid Flatjet for X-Ray Spectroscopy

A major advance in solution phase soft-x-ray spectroscopy has been achieved utilizing a new liquid flatjet system, paving the way for novel steady-state and time-resolved experiments.

Element-specific x-ray methods play a key role in determining the atomic structure and composition of matter and functional materials. X-ray spectroscopy is sensitive to the oxidation state, the distances, coordination number and species of the atoms immediately surrounding the selected element. A large variety of x-ray spectroscopic techniques have been applied to gas-phase, bulk liquid or solid-state samples, or have been used to probe molecular systems at interfaces. X-ray spectroscopy is predominantly done at large-scale synchrotron facilities, or in more recent years with x-ray free electron lasers, probing steady-state and time-resolved material properties.

Solution phase soft-x-ray absorption spectroscopy (XAS, energy range approximately from 0.2 - 1.5 keV) is not an easy method: experiments need to be done under vacuum conditions, an environment obviously incompatible with the high vapor pressure of water. Furthermore, if measured in transmission, absorption cross sections demand sample thicknesses in the micrometer and submicrometer range ($1 \text{ micrometer} = 10^{-6} \text{ m} = \text{one millionth of a meter}$). Alternatively, if secondary signals such as x-ray fluorescence are measured, the experiment is limited to comparably large solute concentrations. Using sample cells with thin membrane windows enables control of appropriate sample thicknesses, but sample degradation upon x-ray illumination (or upon pump laser illumination in time-resolved experiments) makes this approach disadvantageous for photolabile molecular systems. Sample refreshment is possible with a liquid jet, generated by pumping a solution through a nozzle with a small orifice, into the vacuum chamber. Single liquid jets have, however, difficulties to implement the required (sub)micron thicknesses.

A collaboration between scientists from the Max Born Institute for Nonlinear Optics and Short Pulse Spectroscopy (MBI), the Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) and the Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization (MPIDS) have now demonstrated the successful implementation of a liquid flatjet with a thickness in the μm range, allowing for XAS transmission measurements in the soft-x-ray regime. Here a phenomenon well known in the field of fluid dynamics has been applied: by obliquely colliding two identical laminar jets, the liquid expands radially, generating a sheet in the form of a leaf, bounded by a thicker rim, orthogonal to the plane of the impinging jets.

MBI Interner Newsletter

In einer Zusammenarbeit haben nun Wissenschaftler des Max-Born-Instituts für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI), des Helmholtz-Zentrums Berlin (HZB) und des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation (MPIDS) die erfolgreiche Umsetzung eines neuartigen Flachstrahlensystems für Transmissionsmessungen flüssiger Proben im weichen Röntgenbereich gezeigt. Dabei wurde ein wohlbekanntes Phänomen aus der Fluidodynamik ausgenutzt: Wenn sich zwei identische laminare Flüssigkeitsstrahlen unter einem wohldefinierten Winkel treffen, breitet sich die Flüssigkeit radial aus, was zur Ausbildung eines dünnen blattförmigen Flüssigkeitsfilm senkrecht zur Ebene der beiden Strahlen führt. Dieser Film wird durch eine ebenfalls aus der Flüssigkeit gebildeten Randlippe stabilisiert.

Die Innovation besteht hier darin, dass ein über Stunden stabiler Flachstrahl im Vakuum (bei Drücken kleiner als 10^{-3} m bar) mit einer Dicke im Bereich von einem bis zwei Mikrometer realisiert und angewendet wurde. Erstmals konnten damit Absorptionsspektren flüssiger Proben in Transmission mit Photonenenergien im Weichröntgenbereich und völlig ohne Membran-basierte Fenster gemessen werden. Die röntgenspektroskopischen Messungen wurden an der Synchrotronstrahlungsquelle für weiche Röntgenstrahlung BESSYII des Helmholtz-Zentrums Berlin durchgeführt. Dieser technologische Durchbruch eröffnet völlig neue Möglichkeiten für die stationäre und zeitaufgelöste Spektroskopie flüssiger Proben mit weicher Röntgenstrahlung.

The novel aspect here is that a liquid water flatjet has been demonstrated with thicknesses in the few micrometer range, stable for tens to hundreds of minutes, fully operational under vacuum conditions ($<10^{-3}$ m bar). For the first time, soft x-ray absorption spectra of a liquid sample could be measured in transmission without any membrane. The x-ray measurements were performed at the soft x-ray synchrotron facility BESSYII of the Helmholtz-Zentrum Berlin. This technological breakthrough opens up new frontiers in steady-state and time-resolved soft-x-ray spectroscopy of solution phase systems.

Originalpublikation:

Structural Dynamics 2, 054301 (2015)

A liquid flatjet system for solution phase soft-x-ray spectroscopy
Maria Ekimova, Wilson Quevedo, Manfred Faubel, Philippe Wernet, Erik T.J. Nibbering

Contact: M. Ekimova, Tel. 1454 Erik T.J. Nibbering, Tel. 1477

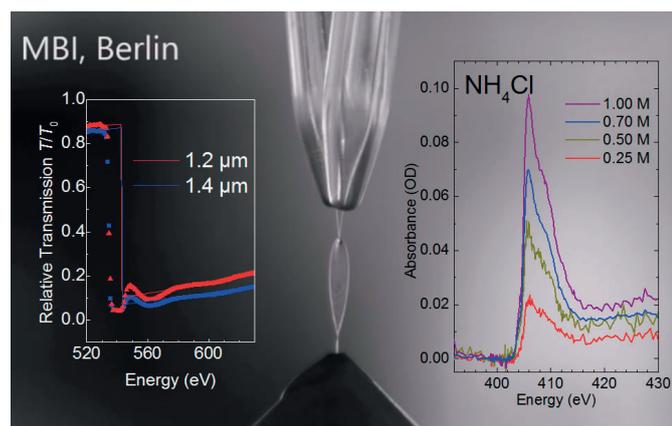


Abb.: Flachstrahlensystem für Flüssigkeiten mit den beiden Düsen, den beiden kollidierenden laminaren Flüssigkeitsstrahlen und dem 1 mm breiten und 5 mm langen blattförmigen Wasserfilm mit einer Dicke von 1 - 2 Mikrometern. Die Dicke des Films wurde aus Transmissionsmessungen an der Sauerstoff K Absorptions-kante bestimmt (links). Das Flachstrahlensystem ermöglicht Absorptionsmessungen im weichen Röntgenbereich in Transmission, wie beispielhaft mit der Messung des Absorptionsspektrums an der Stickstoff K Absorptionskante von Ammoniumchlorid gezeigt werden konnte (rechts).

Fig.: Liquid flatjet system, showing the two nozzles from which two impinging single jets form a 1 mm wide and 5 mm long liquid water sheet with a thickness of 1 - 2 μm as determined by measuring the transmission at the oxygen K absorption edge (left), with which XAS measurements in transmission can be made on aqueous solutions, as exemplified with the nitrogen K absorption edge spectrum of ammoniumchloride (right).

MBI Interner Newsletter

Forschungsergebnisse

Energieaustausch in hochionisierten Nanopartikeln

Angeregte Atome zerfallen oft durch die Aussendung von Strahlung, ein Prozess, der als Fluoreszenz bekannt ist. Ein anderes Szenario kann auftreten, wenn ein angeregtes Atom von anderen angeregten Atomen, Ionen und Elektronen umgeben ist. Solch eine Situation wird erreicht, wenn ein intensiver Laserpuls mit einem Nanoskalen-Objekt wechselwirkt. In diesem Fall kann ein angeregtes Atom zerfallen, indem es die Überschussenergie auf ein anderes Partikel in der Umgebung überträgt. Wissenschaftler des Max-Born-Instituts in Berlin, der Universität Rostock sowie der Universität Heidelberg haben nun Beweise für solch einen Energieaustausch gefunden, der zwischen Elektronen stattfindet, die in einem Nanocluster gefangen sind. Sie haben einen bislang unentdeckten Peak im Elektronenspektrum beobachtet, der nach der Ionisation eines Nanoclusters durch einen nahinfraroten (NIR) Laserpuls auftritt. Die Forscher führen dieses Signal auf die Relaxation eines Elektrons aus einem Rydberg-Zustand und dem gleichzeitigen Übertragen der Überschussenergie auf ein zweites Elektron, das dem Cluster entfliehen kann, zurück. Die erzielten Ergebnisse, die jetzt in Nature Communications veröffentlicht wurden, sind von universeller Natur. Es wird erwartet, dass sie eine wichtige Rolle in anderen Nanosystemen wie z.B. Biomolekülen spielen.

Interatomarer Coulombzerfall (bekannt als ICD) beschreibt die Relaxation eines angeregten Atoms durch das Übertragen der Überschussenergie auf ein benachbartes Atom, das ionisiert wird. Dieser Effekt hat in den vergangenen Jahren beachtliche Aufmerksamkeit erregt, da er eine Quelle von Strahlenschäden in biologischen Systemen darstellen könnte. Gleichzeitig wurde vorgeschlagen, ICD für neuartige Krebs-Therapien einzusetzen. Bislang wurde ICD beobachtet, nachdem Cluster mit hochenergetischen Photonen im extrem-ultravioletten (XUV) oder Röntgen-Bereich ionisiert oder angeregt wurden. Im Gegensatz dazu war nicht erwartet worden, dass ICD durch niedrigenergetische Photonen im NIR-Bereich ausgelöst werden könnte.

Die Ionisation eines Clusters mit einem intensiven NIR-Laserpuls leitet hochkomplexe Dynamiken ein. Ein sogenanntes Nanoplasma formiert sich, das aus einer großen Zahl an Elektronen und Ionen besteht, die miteinander wechselwirken. Es wurde beobachtet, dass die Rekombination von Elektronen und Ionen zur Erzeugung von Rydberg-Atomen und -Ionen führt, die durch Fluoreszenz zerfallen können. In einem stark ionisierten Cluster können Rydberg-Atome jedoch auch durch korrelierten elektronischen Zerfall (im Englischen ‚correlated electronic decay‘ (CED)) relaxieren, ähnlich

Research Highlights

Energy exchange in highly ionized nanoparticles

Excited atoms often decay via the emission of radiation, a process that is known as fluorescence. A different scenario can emerge when an excited atom is surrounded by other excited atoms, ions and electrons. Such a situation is achieved when an intense laser pulse interacts with a nanoscale object. In this case, an excited atom can decay by transferring its excess energy to another particle in the environment. Researchers from the Max-Born-Institut in Berlin, the University of Rostock, and the University of Heidelberg found evidence for such an energy exchange involving electrons that are trapped within a nanocluster. They observed a so far unidentified peak in the electron spectrum following the ionization of a nanocluster by a near-infrared (NIR) laser pulse. The researchers attributed this signal to the relaxation of one electron from an excited Rydberg atom and the simultaneous transfer of the excess energy to a second electron that can escape from the cluster. The obtained results, which were published in Nature Communications, are of universal nature and expected to play an important role in other nanoscale systems including biomolecules.

Interatomic Coulombic decay (ICD) describes the relaxation of an excited atom by transferring its excess energy to a neighboring atom that gets ionized. This effect has received significant attention in recent years, as it may be a source of radiation damage in biological systems. At the same time, it was proposed to exploit ICD for novel cancer therapies. So far, ICD has been observed following the ionization or excitation of clusters by high-energy photons in the extreme-ultraviolet (XUV) and X-ray range. In contrast, it had not been expected that ICD could be induced by low-energy photons in the NIR regime.

The ionization of a cluster by an intense NIR laser pulse triggers highly complex dynamics. A so called nanoplasma is formed that consists of a large number of ions and electrons interacting with each other. Recombination of electrons and ions has been found to result in the generation of Rydberg atoms and ions, which can decay via fluorescence. However, in a strongly ionized cluster, Rydberg atoms may also relax via correlated electronic decay (CED) processes similar to ICD, i.e. without the emission of radiation. In CED, one electron can relax from a Rydberg state to the ground state and transfer its excess energy to a second electron, which is either located in the same atom, in the nanoplasma, or which is in a Rydberg state of a nearby atom (see Figure 1). Using this additional energy, the second electron can escape from the cluster. „Even though CED may be expected in nanoplasmas, the effect had neither been observed in experiments nor had it been predicted by

MBI Interner Newsletter

dem ICD, d.h. ohne die Aussendung von Strahlung. CED bedeutet, dass ein Elektron von einem Rydberg-Zustand in den Grundzustand relaxieren und die Überschussenergie auf ein zweites Elektron übertragen kann, welches sich entweder im selben Atom, im Nanoplasma oder in einem Rydberg-Zustand eines nahegelegenen Atoms befindet (siehe Abb. 1). Mithilfe dieser zusätzlichen Energie kann das zweite Elektron dem Cluster entfliehen. „Auch wenn man CED in Nanoplasmen grundsätzlich erwarten kann, so war der Effekt weder experimentell beobachtet noch durch theoretische Modelle vorhergesagt worden“, erklärt Dr. Bernd Schütte vom Max-Born-Institut. „Die große Herausforderung im Experiment bestand darin, geeignete Bedingungen zu finden, die es erlauben, korrelierten elektronischen Zerfall direkt beobachten zu können.“

Erst kürzlich wurden die Forscher für ihre Suche belohnt und haben einen Beweis für CED im Elektronenspektrum von Argon-Clustern gefunden, die von intensiven NIR-Laserpulsen ionisiert wurden. Ihre Ergebnisse wurden jetzt in Nature Communications veröffentlicht. Das Auftauchen eines Peaks im Energiespektrum von emittierten Elektronen in der Nähe des atomaren Ionisationspotentials (Abb. 2) konnte als Charakteristikum eines elektronischen Zerfall-Prozesses identifiziert werden, der gebundene atomare Zustände einschließt. Überraschenderweise fanden die Wissenschaftler heraus, dass der Energieaustausch zwischen Elektronen fast 100 Pikosekunden, nachdem der Cluster ionisiert wird, stattfindet. Dies ist viel langsamer als für typische ICD-Prozesse, die auf Zeitskalen von 100 Femtosekunden ablaufen.

Unterstützung für diese Erklärung wurde durch das Modellieren der komplexen Dynamiken, die sich im Cluster abspielen, durch die Gruppe von Prof. Thomas Fennel von der Universität Rostock erreicht. „Der knifflige Aspekt des Experiments ist, dass der geladene und expandierende Cluster die Elektronen, die durch CED emittiert werden, stört. Elektronen, die in frühen Expansionsphasen ausgesendet wurden, werden ihre spezifischen Charakteristika, die von den gebundenen Zuständen herrühren, verloren haben“, erklärt Fennel. Der ICD-Experte Dr. Alexander Kuleff von der Universität Heidelberg fügt hinzu: „Unsere Rechnungen zeigen, dass ICD zwischen niedrig angeregten Argon-Atomen auf einer Zeitskala von 200 Femtosekunden stattfindet. Allerdings verlangsamt sich der Prozess deutlich, wenn höhere Rydberg-Zustände involviert sind. Dies ist in guter Übereinstimmung mit dem Experiment, welches nahelegt, dass die beobachteten Elektronen tatsächlich von höheren Rydberg-Orbitalen emittiert werden.“

Obwohl die ersten Experimente an Clustern mit intensiven NIR-Laserpulsen bereits in den 1990er Jahren durchgeführt wurden, hat es eine lange Zeit gebraucht, um korrelierten

theoretical models“, explains Dr. Bernd Schütte from the Max-Born-Institut. „The major challenge in the experiment was to find suitable conditions that allow a direct observation of correlated electronic decay.“

Just recently, the researchers were rewarded for their search and found evidence of CED in the electron spectrum from argon clusters ionized by an intense NIR laser pulse. Their results have now been published in Nature Communications. The emergence of a peak in the energy spectrum of emitted electrons that is close in energy to the atomic ionization potential (see Figure 2) was found to be the signature of an electronic decay process involving bound atomic states. Surprisingly, the scientists found that the energy exchange between electrons takes place almost 100 picoseconds after the cluster is ionized. This is much slower than for typical ICD processes that proceed on 100 femtoseconds timescales.

Support for this explanation was obtained by modeling the complex dynamics taking place in the expanding clusters by the group of Prof. Thomas Fennel from the University of Rostock. „The tricky aspect of the experiment is that the charged and expanding cluster disturbs the electrons emitted via CED. Electrons that have been emitted in early expansion stages will have lost their specific bound-state signatures“, explains Fennel. The ICD expert Dr. Alexander Kuleff from the University of Heidelberg adds: „Our calculations show that ICD between lowly excited argon atoms takes place on a timescale of 200 femtoseconds, but the process significantly slows down, when higher Rydberg states are involved. This is in good agreement with the experiment, which suggests that the observed electrons are emitted from higher Rydberg orbitals.“

Although the first experiments on clusters with intense NIR laser pulses were already performed in the 1990s, it took a long time to observe correlated electronic decay in expanding nanoplasmas for the first time. One reason why this effect could not be revealed in previous experiments is that it can only be directly observed in a very small range of laser intensities and cluster sizes. However, after having understood the involved dynamics, the researchers could show that CED has a universal nature. The process was observed in all the investigated clusters, which include atomic krypton and xenon clusters as well as molecular oxygen clusters: „CED takes place as soon as a nanoplasma is born within the cluster and excited states are populated by recombination“, explains Dr. Arnaud Rouzée from the Max-Born-Institut, adding „CED is therefore expected to be important also for experiments, in which intense XUV and X-ray laser pulses interact with nanoscale objects, including biomolecules.“ Further experiments are under way in order to elucidate the overall significance of correlated electronic decay in highly excited complex systems.

MBI Interner Newsletter

elektronischen Zerfall in expandierenden Nanoplasmen zum ersten Mal zu beobachten. Ein Grund, warum dieser Effekt nicht bereits in vorherigen Experimenten enthüllt werden konnte, ist, dass er nur in einem sehr kleinen Bereich von Laser-Intensitäten und Cluster-Größen direkt beobachtet werden kann. Nachdem die Forscher die involvierten Dynamiken verstanden hatten, konnten sie jedoch zeigen, dass CED von universaler Bedeutung ist. Der Prozess wurde in allen untersuchten Clustern beobachtet, einschließlich atomaren Krypton- und Xenon-Clustern sowie molekularen Sauerstoff-Clustern. „CED findet statt, sobald ein Nanoplasma im Cluster erzeugt wird und angeregte atomare Zustände durch Rekombination bevölkert werden“, erklärt Dr. Arnaud Rouzée vom Max-Born-Institut. Er fügt hinzu: „Man kann daher erwarten, dass CED auch wichtig für Experimente ist, in denen intensive XUV- und Röntgen-Laserpulse mit Nanoskalen-Objekten wechselwirken, einschließlich Biomolekülen.“ Weitere Experimente sind in Vorbereitung, um die allgemeine Bedeutung von korreliertem elektronischen Zerfall in hoch angeregten komplexen Systemen aufzuklären.

Originalpublikation: Nature Communications 6

"Observation of correlated electronic decay in expanding clusters triggered by near-infrared fields"

Bernd Schütte, Mathias Arbeiter, Thomas Fennel, Ghazal Jabbari, Alexander I. Kuleff, Marc J. J. Vrakking and Arnaud Rouzée, "Observation of correlated electronic decay in expanding clusters triggered by near-infrared fields", Nature Communications 6, 8596 (2015)

Contact: B. Schütte, Marc J. J. Vrakking, Tel. 1200, A.Rouzée, Tel. 1240

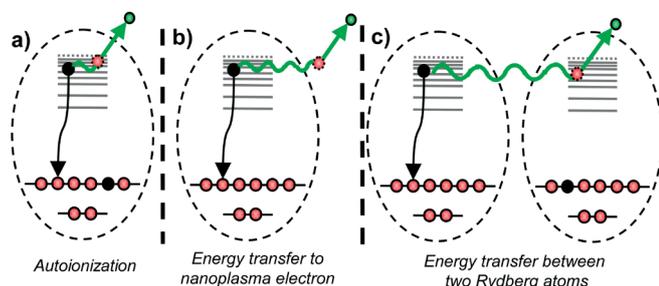


Abb. 1: (a) Korrelierter elektronischer Zerfall in Clustern: Ein Elektron in einem Rydberg-Zustand kann in den Grundzustand relaxieren und dabei die Überschussenergie (a) auf ein zweites Elektron in einem Rydberg-Zustand desselben Atoms übertragen, (b) auf ein quasifreies Elektron in der Umgebung, oder (c) auf ein Elektron, das einen Rydberg-Zustand in einem zweiten Atom besetzt.

Fig. 1: Correlated electronic decay in clusters: An electron in a Rydberg state can relax to the ground state and transfer its excess energy (a) to a second electron that occupies a Rydberg state in the same atom, (b) to a quasifree electron in the environment, or (c) to an electron that occupies a Rydberg state in a second atom.

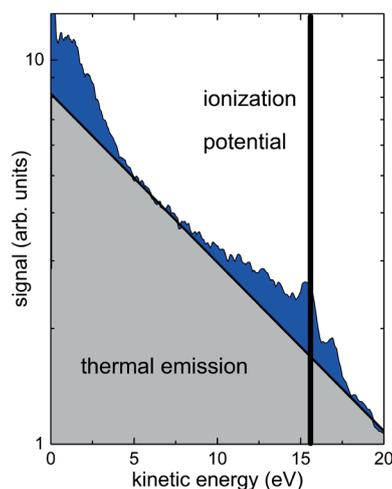


Abb. 2: Gemessenes Elektronenspektrum nach der Ionisation von Argon-Clustern durch intensive NIR-Pulse. Die graue Fläche stellt thermische Emission von Elektronen dar. Zusätzlich taucht eine Peak-Struktur (blaue Fläche) mit einem markanten Peak in der Nähe des Ionisationspotentials von atomarem Argon (15,76 eV) auf. Diese Struktur kann durch korrelierten elektronischen Zerfall erklärt werden.

Fig. 2: Electron spectrum measured after the ionization of argon clusters by intense NIR pulses. The gray area represents thermal electron emission. In addition, a peak structure (blue area) with a prominent peak close to the ionization potential of atomic argon (15.76 eV) appears. This structure can be explained by correlated electronic decay.

MBI Interner Newsletter

Forschungsergebnisse

Dem Geheimnis der organischen Materie im Weltall auf der Spur

Seit mehreren Jahren gibt es starke Indizien dafür, dass sich bereits in der Frühzeit des Universums gewaltige Mengen komplexer organischer Verbindungen in den interstellaren Wolken gebildet haben. Darauf deuten etwa 400 diffuse Absorptionsbanden (DIBs) hin, die Astronomen im Licht aus solchen Wolken nachweisen konnten. Allerdings ist die genaue Zuordnung der DIBs zu konkreten Verbindungen bislang kaum möglich. Dass es sich tatsächlich um die vermuteten Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK/PAH) handeln könnte, wird jetzt von neuen Experimenten, die am Max-Born-Institut (MBI) in Berlin gemeinsam mit internationalen Partnern durchgeführt wurden, unterstützt. Die Ergebnisse wurden in *Nature Communications* veröffentlicht.

Mit Hilfe von ultraschnellen UV-Lasern konnten die Wissenschaftler die Dynamik der hoch angeregten Molekülzustände entschlüsseln. Unter den Kohlenwasserstoffen, die mögliche Auslöser der Träger der Absorptionsbanden sind, galten die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe als besonders vielversprechend. Die Anwesenheit von PAK/PAH-Molekülen wurde zuvor in vielen astronomischen Objekten abgeleitet, beispielsweise in interstellare Materiewolken unserer Milchstraße, aber sogar in zehn Milliarden Jahre alter Materie aus der Frühzeit des Universums. Unter Astronomen gab es allerdings auch Zweifel an den Hypothesen, da die Lebensdauer der ungewöhnlichen Molekülzustände nicht bekannt war. Dafür gelang jetzt den MBI-Forschern in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität Lyon, unterstützt von theoretischen Berechnungen von Wissenschaftlern an den Universitäten Leiden, Heidelberg und Hyderabad, der Nachweis, dass die Lebensdauer der elektronischen Zustände von kleinen bis mittelgroßen PAHs mit den Linienbreiten übereinstimmen, die in den diffusen Absorptionsbanden beobachtet werden.

In den Experimenten wurde eine Reihe von kleinen bis mittelgroßen PAH-Molekülen (Naphthalin, Anthracen, Pyren und Tetracen, die jeweils mehrere kondensierte aromatische Ringe enthalten) mit einem ultrakurzen extrem-ultravioletten Laserpuls (XUV) ionisiert. Die Absorption eines XUV-Photons führte nicht nur zur Entfernung eines der Elektronen, sondern darüber hinaus zur elektronischen Anregung des dadurch entstandenen positiv geladenen Molekül-Ions. Die Lebensdauer dieser angeregten kationischen elektronischen Zustände wurde mit Hilfe eines zeitverzögerten Infrarot-Laserimpulses gemessen.

Sobald ein Elektron aus dem Molekül entfernt worden ist, ist die elektronische Anregung am höchsten, so dass nur ein oder wenige Infrarot-Photonen benötigt werden, um ein zweites Elektron zu entfernen. Bereits kurze Zeit später „entspannt“ sich das Ion, es werden nun mehr IR-Photonen benötigt, um ein

Research Highlights

A new approach towards solving mysteries of the interstellar medium

It is one of the most intriguing questions in astrochemistry: the mystery of the diffuse interstellar bands (DIBs), a collection of about 400 absorption bands that show up in spectra of light that reaches the earth after having traversed the interstellar medium. Despite intense research efforts over the last few decades, an assignment of the DIBs has remained elusive, although indications exist that they may arise from the presence of large hydrocarbon molecules in interstellar space. Recent experiments at the Max Born Institute lend novel credibility to this hypothesis.

Among the hydrocarbons that are possible carriers of the DIBs, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are considered to be particularly promising. The presence of PAH molecules was previously inferred in many astronomical objects, as well as in the interstellar medium of the Milky Way. However, within the astronomical community, the linewidths of the DIBs, which are indicative of the lifetimes of the excited states that are involved in the absorption process, are often considered as an argument that speaks against the PAHs. The new experiment was performed in collaboration with scientists from the university of Lyon and aided by theoretical input from scientists at the universities of Heidelberg, Hyderabad and Leiden. It has been shown that the lifetimes of excited states of small to medium-size PAHs are consistent with the linewidths that are observed for the DIBs.

In the experiments, a series of small to medium-size PAH molecules (naphthalene, anthracene, pyrene and tetracene, containing 2-4 benzene-like aromatic rings), were ionized by an ultrashort extreme-ultraviolet (XUV) laser pulse. As a result of electron correlation, the absorption of an XUV photon not only led to removal of one of the electrons, but furthermore to electronic excitation of the molecular ion left behind. The lifetimes of these excited cationic electronic states were monitored by probing the ions with a moderately strong, time-delayed infrared (IR) laser pulse. When the ions are formed, the electronic excitation is at its highest, and only one or a few IR photons are needed to remove a second electron. However, a little later, when the ion relaxes and energy is transferred from the electronic to the vibrational degrees of freedom, more IR photons are needed to remove the second electron. In other words, monitoring the formation of doubly-charged ions as a function of the time delay between the XUV and IR laser pulses allowed extraction of the lifetimes of the states formed by the XUV ionization process. As it turned out, and as was further supported by high-level calculations, these lifetimes of a few 10s of femtoseconds are well within the range of what is required for potential carriers of the DIBs.

Beyond the implications for the DIBs, the new experiments have implications for the further development of attosecond science.

MBI Interner Newsletter

zweites Elektron herauszuschlagen. Mit anderen Worten, die Überwachung der Bildung von zweifach geladenen Ionen als Funktion der Verzögerungszeit zwischen den Laserimpulsen XUV und IR erlaubt die Messung der Lebensdauer der verschiedenen Zustände. Durch die Messungen, die durch theoretische High-Level-Berechnungen gestützt wurden, konnte gezeigt werden, dass die Lebenszeit der organischen PAH-Ionen im Bereich von einigen 10 Femtosekunden damit übereinstimmt, was auch in den diffusen Absorptionsbanden (DIBs) aus dem Weltall gemessen wird.

Die Experimente haben Auswirkungen auf die weitere Entwicklung der Attosekunden-Physik. Denn in der Chemie ist eine genaue Kenntnis der Ladungswanderung von großem Interesse, d.h. ultraschnelle Bewegungen eines Elektrons oder eines Loch durch eine Molekülstruktur. Sie erfolgen in der unvorstellbar kurzen Zeit von Attosekunden (ein Milliardstel einer Milliardstel Sekunde) bis zu wenigen Femtosekunden (10^{-15} Sekunden). Durch die kontrollierte Ladungswanderung könnten völlig neue Möglichkeiten zur Steuerung von chemischen Reaktionen entstehen, ein Ziel, das so alt ist wie die chemische Forschung selbst. Erste Hinweise darauf, dass Ladungswanderung in einer Zeitskala von Attosekunden bis zu wenigen Femtosekunden kontrolliert werden können, legten Forscher der Universität Mailand im vergangenen Jahr vor.

One of the most sought-after goals in attosecond science at the moment, is the observation of charge migration, i.e. ultrafast (attosecond to few-femtosecond) motion of an electron or hole through a molecular structure. It has been proposed that charge migration may provide new opportunities for control of chemical reactivity, a goal that is as old as the chemical research itself. First indications that attosecond to few-femtosecond time-scale dynamics can be observed in polyatomic molecules were obtained by researchers at the university of Milano last year. The PAH molecules that were investigated in the experiments at MBI represent the largest molecular species yet to which ultrafast XUV-IR pump-probe spectroscopy has been applied. Besides the insights into ultrafast electronic relaxation obtained from the current work, the theoretical work performed in order to interpret the experiments suggests that PAH molecules are also ideal candidates for observing attosecond to few-femtosecond timescale charge migration. Such experiments will therefore be attempted next.

Contact: Marc J.J. Vrakking, Tel. 1200

Original publication: Nature Communications 6
„XUV excitation followed by ultrafast non-adiabatic relaxation in PAH molecules as a femto-astrochemistry experiment“

A. Marciniak, V. Despré, T. Barillot, A. Rouzée, M.C.E. Galbraith, J. Klei, C.-H. Yang, C.T.L. Smeenk, V. Loriot, S. Nagaprasad Reddy, A.G.G.M. Tielens, S. Mahapatra, A. I. Kuleff, M.J.J. Vrakking & F. Lépine

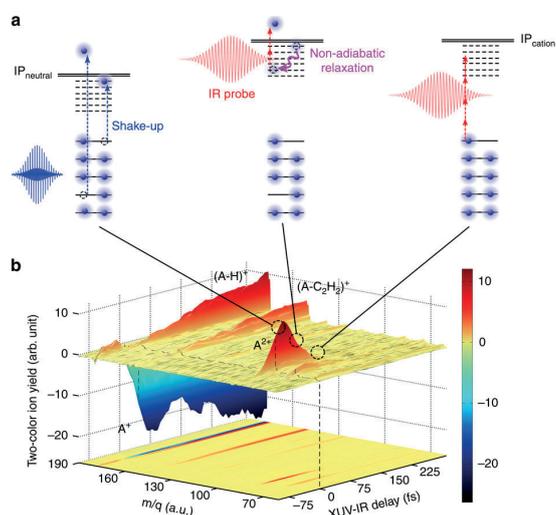


Abb.: Schematische Darstellung des Experiments. (a) Schematische Darstellung der XUV-induzierte Dynamik in PAH-Molekülen. Die angeregten Zustände zeigen sich in der Valenzschale des Kations durch eine von zwei Möglichkeiten: die Bildung einer Einzelllochkonfiguration oder die Bildung einer Zwei-Loch-Einzelpartikel-Konfiguration, die mit steigenden Energien erfolgt (links). IP steht dabei für das Ionisationspotential. Das Kation kann durch den IR-Prüflaser ionisiert werden, vorausgesetzt, dass die nicht-adiabatische Entspannung noch nicht eingetreten ist (Mitte). Nach der Entspannung ist es nicht mehr möglich, das Kation mit dem IR-Prüflaser zu ionisieren (rechts). (b) An Anthracen gemessene zweifarbige XUV-IR-Ionensignale als Funktion des detektierten Masse-zu-Ladung-Verhältnisses und der XUV-IR Verzögerung. Die Nur-XUV- und die IR-Signale wurden subtrahiert. Die XUV-Pump- und die IR-Prüflaser-Impulse überlappen sich bei einer Verzögerung von null (schwarz gestrichelte Linie). Eine Rotfärbung entspricht einem Signalanstieg, während blaue Farbe Schwund anzeigt. Für positive XUV-IR-Verzögerungen wurde eine sehr schnelle Dynamik für zweifach geladene Anthracen-Ionen (A^{2+} , $m/q=89$) beobachtet. Wie im Text erläutert, gibt die Messung eine nicht-adiabatische Entspannung im Anthracen-Kation (A^+) wieder. Die im ersten Fragment ($A-C_2H_2^+$) beobachtete Dynamik wird in diesem Artikel nicht diskutiert.

Abb.: Schematische Darstellung des Experiments: (a) Schematische Darstellung der XUV-induzierte Dynamik in PAH-Molekülen. Die angeregten Zustände zeigen sich in der Valenzschale des Kations durch eine von zwei Möglichkeiten: die Bildung einer Einzelllochkonfiguration oder die Bildung einer Zwei-Loch-Einzelpartikel-Konfiguration, die mit steigenden Energien erfolgt (links). IP steht dabei für das Ionisationspotential. Das Kation kann durch den IR-Prüflaser ionisiert werden, vorausgesetzt, dass die nicht-adiabatische Entspannung noch nicht eingetreten ist (Mitte). Nach der Entspannung ist es nicht mehr möglich, das Kation mit dem IR-Prüflaser zu ionisieren (rechts).

(b) An Anthracen gemessene zweifarbige XUV-IR-Ionensignale als Funktion des detektierten Masse-zu-Ladung-Verhältnisses und der XUV-IR Verzögerung. Die Nur-XUV- und die IR-Signale wurden subtrahiert. Die XUV-Pump- und die IR-Prüflaser-Impulse überlappen sich bei einer Verzögerung von null (schwarz gestrichelte Linie). Eine Rotfärbung entspricht einem Signalanstieg, während blaue Farbe Schwund anzeigt. Für positive XUV-IR-Verzögerungen wurde eine sehr schnelle Dynamik für zweifach geladene Anthracen-Ionen (A^{2+} , $m/q=89$) beobachtet. Wie im Text erläutert, gibt die Messung eine nicht-adiabatische Entspannung im Anthracen-Kation (A^+) wieder. Die im ersten Fragment ($A-C_2H_2^+$) beobachtete Dynamik wird in diesem Artikel nicht diskutiert.

MBI Interner Newsletter

Forschungsergebnisse

Die anregende Geschichte von Heliumatomen in starken Laserfeldern

Erstaunlicherweise führt die Wechselwirkung hochintensiver Laserstrahlung mit Atomen nicht notwendigerweise zur Ionisation, sondern kann die Atome auch in angeregten Zuständen zurücklassen. Eine neue Untersuchung von H. Zimmermann et al. bestätigt experimentell die Vorhersagen eines intuitiven Modells, welches anschaulich darlegt, auf welche Weise Atome in intensiven Laserfeldern angeregt werden.

Wenn Atome der hochintensiven Strahlung moderner Kurzpuls-Laser ausgesetzt werden, erscheint es zweckmäßig, das Licht eher als eine klassische, elektromagnetische Welle zu betrachten, als einen Strom von Lichtteilchen, sogenannten Photonen. Das revolutionäre Konzept des Photons wurde von Einstein vorgeschlagen, um die Wechselwirkung von Licht mit Materie bei geringen Intensitäten zu erklären. Im Photonenbild absorbiert ein Atom ein einzelnes Photon mit geeigneter Energie, um entweder angeregt, siehe Abbildung 1a), oder ionisiert zu werden (der wohlbekannte Photoeffekt). Die enorme Anzahl an Photonen, die in den kurzen Pulsen moderner Lasersysteme komprimiert sind, entsprechen enormen elektrischen Feldstärken von bis zu 1 Milliarde (1.000.000.000) Volt pro cm, im Vergleich zu Feldstärken im Bereich von einem Volt pro cm, die in Lichtquellen zu Einsteins Zeiten verfügbar waren. Diese hohen Feldstärken beeinflussen ein Atom in so hohem Maße, dass Ionisation nahe liegt.

Dass in Laserfeldern so hoher Intensität trotzdem eine Anregung von Atomen beobachtet und mit dem klassischen Wellenbild erklärt werden kann, wurde von H. Zimmermann et al. in einer Veröffentlichung in der Fachzeitschrift Physical Review Letters gezeigt. Im Experiment wurden Heliumatome der intensiven Strahlung von Laserpulsen mit einer Pulsdauer von 40 Femtosekunden ausgesetzt und anschließend analysiert, welche Zustände im Atom angeregt wurden, siehe Abbildung 2. Zur Veranschaulichung: Die Laserpulsdauer verhält sich zu einer Sekunde, wie die Dauer eines Arbeitstages zum Alter des Universums. Obwohl das Elektron im Atom während des Laserpulses kräftig durchgeschüttelt wird, wird das Atom nicht ionisiert, sondern angeregt. Als wichtigstes Ergebnis der Untersuchung finden die Autoren eine sehr gute Übereinstimmung ihrer experimentellen Ergebnisse mit denen des Modells der sogenannten „frustrierten Tunnelionisation“ (FTI), welches zuvor von T. Nubbemeyer et al. am MBI entwickelt wurde. Das FTI-Modell basiert auf dem Bild des Starkfeldtunnels, das vor etwa 50 Jahren vom russischen Physiker L. Keldysh vorgestellt wurde. Danach kann das Elektron jedes Mal dann dem bindenden Potential des Atomrumpfes entkommen, wenn das Laserfeld dieses so

Research Highlights

The exciting story of He atoms in strong laser fields

Astonishingly, the interaction of atoms with intense laser radiation does not necessarily lead to ionization but also to bound excited states. As investigated in a recent publication, H. Zimmermann and coworkers have experimentally confirmed predictions of a model that provides an intuitive understanding of why and how strong-field excitation happens.

When exposing atoms to modern high intensity laser radiation it seems as if it is more appropriate to consider light as a classical electromagnetic wave rather than as a stream of particles called photons. The photon picture was revolutionarily put forward by Einstein to explain light-matter interaction at low light levels, where an atom picks a single photon of appropriate energy to get either excited or ionized (the famous photo effect), see Figure 1a. The enormous number of photons compressed in a short laser pulse translates into an enormous electric field strength of the electromagnetic wave of almost 1 billion V/cm compared to 1 V/cm for light sources available back in Einstein's time. These field strengths perturb the atom profoundly enforcing most likely ionization.

The fact that excitation can still be observed in such strong laser fields and conveniently explained in the wave picture has been demonstrated in the recent publication in Physical Review Letters by H. Zimmermann and coworkers. They exposed He atoms to an intense laser pulse with a duration of 40 femtoseconds and measured the final excited state distribution. (To visualize the time scale: the ratio of the laser pulse duration to one second is the same as the ratio of the duration of a work day to the age of the universe). Although the electron is heavily shaken during the laser pulse, the He atom manages to prevent ionization and gets excited. Most importantly, the authors favorably compare their results with the so-called “frustrated tunneling ionization” (FTI) model, established earlier by Nubbemeyer et al. from MBI, see Figure 2. The FTI model is based on the strong-field tunneling picture put forward by Russian physicist L. Keldysh fifty years ago. Tunneling of the electron occurs instantaneously whenever the strong laser field makes the otherwise insurmountable binding potential penetrable and, according to Keldysh's theory, the electron disappears into thin air. The tunneling process itself, however, does not inevitably lead to the liberation of the electron. Tunneling ionization can be frustrated so that the electron remains bound in an excited state if one considers the subsequent dynamics of the electron in the combined laser and Coulomb field of the ionic core properly. At certain circumstances the electrons do not gain enough “escape” energy neither from the laser nor through collisions after the

MBI Interner Newsletter

stark deformiert, dass eine Barriere, durch die das Elektron quantenmechanisch hindurch tunneln kann, entsteht. Nach Keldysh's Theorie entfernt sich das Elektron nach dem Tunneln aus dem Atomverbund. Der Tunnelprozess muss jedoch nicht zwangsweise dazu führen, dass das Elektron dem Atom entkommt. Die Tunnelionisation kann unterdrückt („frustriert“) sein, wenn man die Bewegung des Elektrons im kombinierten, elektrischen Feld des Lasers und des zurückbleibenden Atomkerns genau verfolgt. Unter gewissen Umständen erhält das Elektron nicht genügend Energie, sei es aus dem Laserfeld oder durch Kollisionen nach dem Tunneln mit dem ionischen Rumpf, um dem anziehenden Potential des ionischen Rumpfes zu entkommen (siehe Abbildung 1b).

Durch die experimentelle Bestätigung durch Zimmermann et al. wird die Bedeutung des FTI-Modells für das Verständnis der Anregung von Atomen durch intensive Laserfelder untermauert. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der fundamentale Prozess der Anregung von Atomen bei höchsten Laserintensitäten als ein Prozess verstanden werden kann, der quantenmechanisches Tunneln und die klassische Bewegung des Elektrons sowohl im elektromagnetischen Laserfeld als auch im Coulombfeld des ionischen Rumpfes miteinander vereint.

tunneling process to leave the attractive potential of the ionic core, see Figure 1b).

With the experimental investigation, Zimmermann et al. corroborate the frustrated tunneling model as an intuitive way to comprehend excitation of atoms in the strong field tunneling regime. The results clearly elucidate the fundamental process of atomic excitation at highest laser intensities as a process, which combines the quantum mechanical process of tunneling with the classical description of an electron in an electromagnetic wave plus a Coulomb field.

Original publication:

H. Zimmermann, J. Buller, S. Eilzer, and U. Eichmann
Strong-Field Excitation of Helium: Bound State Distribution and Spin Effects
Phys. Rev. Lett. 114, 123003 (2015)

Contact: U. Eichmann, Tel. 1371

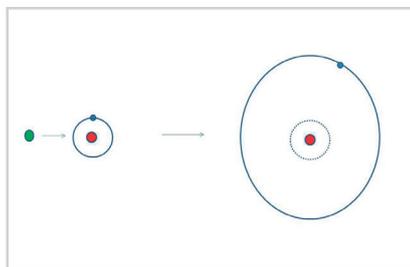


Figure 1a): Einstein's view of excitation at low light levels: A photon (green dot) hits an atom in its ground state and instantaneously promotes the electron to a higher orbit only, if the photon energy matches the transition energy.

Abbildung 1a): Anregung von Atomen bei niedrigen Lichtintensitäten nach Einstein: Ein Photon (grüner Punkt) trifft auf ein Atom in seinem Grundzustand und hebt dadurch das Elektron instantan auf einen höheren Orbit, aber nur, wenn die Energie des Photons der für den Übergang benötigten Energie genau entspricht.

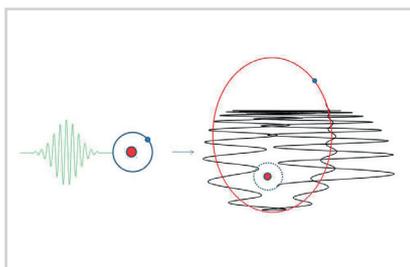


Figure 1b): The strong laser pulse interacts with a ground state electron heavily influencing its trajectory and its final relaxation in a higher orbit, although the photon energy does not match the transition frequency.

Abbildung 1b): Ein mit dem Atom im Grundzustand wechselwirkender starker Laserpuls beeinflusst die Bahn des Elektrons so massiv, dass es, nachdem der Laserpuls vorüber ist, auf einen höheren Orbit relaxiert. Dabei muss die Energie eines einzelnen Photons nicht notwendigerweise der Energie des Übergangs entsprechen.

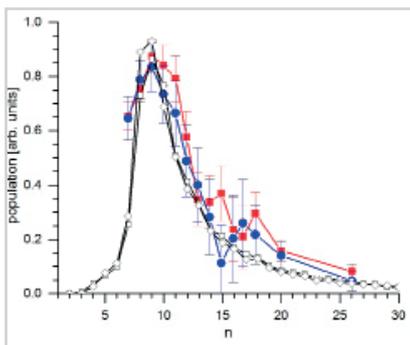


Figure 2: Comparison of the distribution of principal quantum number n : Measured n -distributions for a laser intensity of $1.8 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (blue dots) and $2.9 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (red squares). Calculated n -distribution according to the semiclassical FTI model at field strengths of 10^{15} W/cm^2 (open squares) and $1.4 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (open diamonds)

Abbildung 2) Vergleich der Verteilung der Hauptquantenzahl n nach Anregung von He in starken Laserfeldern: Experimentell bestimmte Verteilung für Intensitäten von $1,8 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (blaue Punkte) und $2,9 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (rote Quadrate). Berechnete Verteilung mit Hilfe des FTI-Modells für 10^{15} W/cm^2 (offene Quadrate) und für $1,4 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ (offene Rauten)

MBI Interner Newsletter

Allgemein / General

The Annual Symposium 2015



In Vorfeld des Scientific Advisory Board (SAB) Meetings fand am 2. und 3. September 2015 das jährliche MBI Symposium, das sich vornehmlich an Studenten, Doktoranden und Wissenschaftler des Instituts wendet, in einem Hörsaal des Erwin-Schrödinger-Zentrums statt. Neben Übersichtsvorträgen der einzelnen Forschungsprojekte richtete sich das Hauptaugenmerk der Veranstaltung auf die Präsentation der jeweiligen Projekt-Highlights, die im Wesentlichen von Doktoranden bzw. jungen graduierten Mitarbeitern übernommen wurde. In durchweg spannenden und interessanten Vorträgen wurden herausragende Forschungsergebnisse vorgestellt, die eindrucksvoll die erfolgreiche Forschungstätigkeit des MBIs dokumentieren. Wie schon im Vorjahr wurden auch in diesem Jahr zwei Preise ausgelobt. Der Preis für die *aktivste Diskussionstätigkeit* während des Symposiums ging nach einstimmiger Entscheidung der Jury, bestehend aus dem Direktorium und den drei Organisatoren des Symposiums, an **Arnaud Rouzee**. Der Preis für die beste Präsentation eines Forschungs-Highlights wurde **Lorenz von Grafenstein** zugesprochen, der mit seinem Vortrag „Dynamics of high energy few-kHz Ho-doped amplifiers@ 2 μm “ die Jury zu einem einstimmigen Votum überzeugte. Begleitet wurde das Symposium von Postersitzungen, in denen die Forschungsprojekte ihre neuesten Ergebnisse und zukünftigen Pläne zur Diskussion stellten und sich damit optimal auf die zwei Wochen später stattfindende Posterpräsentation während des SAB Meetings vorbereiteten.

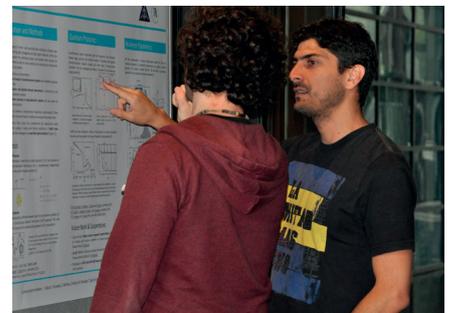
Prior to the Scientific Advisory Board (SAB) meeting the Annual MBI Symposium, which mainly addresses students, PhD students and scientists of our institute, took place on September 2 and 3, 2015 in the Erwin-Schrödinger-Zentrum. Besides overview talks of the scientific projects the main focus of the symposium was on the presentation of the scientific highlights of the projects introduced mainly by doctoral students or young postdoctoral scientists. In consistently interesting and exciting talks the young researchers presented outstanding scientific results spotlighting the successful research work performed at MBI. As in last year's symposium two prizes were promised. The prize jury consisting of the directors and the organizing committee of the symposium awarded the prize for the *most active participation in the discussions* during the symposium without a dissentient vote to **Arnaud Rouzee**. The prize for the *best highlight presentation* went to **Lorenz Graf von Grafenstein**, whose outstanding presentation, entitled „Dynamics of high energy few-kHz Ho-doped amplifiers@ 2 μm “, fully convinced the jury. The symposium was accompanied by poster sessions, in which the projects put up their new results and future plans for discussion to be optimal prepared for the poster presentation at the SAB meeting two weeks later.

MBI Interner Newsletter



Gegenstand des Vortrages waren die nichtlineare Dynamik von regenerativen Verstärkern im Wellenlängenbereich um $2\ \mu\text{m}$. Solche Laser sind ein wichtiger Baustein für OPCPA Systeme welche few-cycle Pulse im mittleren Infrarot emittieren. Im anvisierten Parameterbereich (wenige kHz, $<300\ \text{ps}$, $>10\ \text{mJ}$) zeigen diese jedoch ein stark chaotisches Verhalten. Mit einem Simulationsmodell wurde das System mit hoher Genauigkeit beschrieben, womit durch Parametervariation stabile Arbeitspunkte ermittelt werden konnten. Diese wurden im Experiment bestätigt und so konnten die bisher weltweit höchsten Pulsenergien aus regenerativen Verstärkern in diesem Wellenlängenbereich demonstriert werden.

The talk treated the nonlinear dynamics of high-energy regenerative amplifiers in the wavelength range around $2\ \mu\text{m}$. Such Lasers are a key component for OPCPA systems emitting few-cycle pulses in the mid infrared. They show a strongly chaotic behavior when operated at the envisioned parameter set (few kHz, $<300\ \text{ps}$, $>10\ \text{mJ}$). A simulation model was developed describing the system with high accuracy. It enables to identify stable operating points by parameter variation. These points were confirmed experimentally and, in that way, the world's highest pulse energies from regenerative amplifiers in this wavelength range have been demonstrated.



MBI Interner Newsletter

Gleichstellung

In diesem Jahr war die Arbeit der Gleichstellungsbeauftragten vor allem geprägt durch die Vorbereitungen des Auditierungsverfahrens – siehe auch

<http://www.beruf-und-familie.de/?c=21#elema575>

In diesem Zusammenhang werden auch die Webseiten zu den Themen der "Gleichstellung"

http://intern.mbi-berlin.de/de/gender_equality/index.html

schrittweise aktualisiert und ergänzt.

Durch den Rücktritt von Frau Claudia Reschke von ihrem Amt als Gleichstellungsbeauftragte wird die Wahl für die Gleichstellungsbeauftragte und deren Stellvertreterin vorgezogen. Diese Wahl findet am 16.12.2015 statt. Kandidatinnen sind genauso noch willkommen wie auch eine rege Wahlbeteiligung.

Gleichstellungsbeauftragte MBI

Equal Opportunities

This year's commitment of the equal opportunity commissioner was dominated by the preparation of the gender audit procedures. More about this on the following website:

<http://www.beruf-und-familie.de/?c=21#elema575>

In this context the websites regarding equal opportunities will be updated, too. More about this on the following website:

http://intern.mbi-berlin.de/de/gender_equality/index.html

As Ms. Reschke stepped back from her office as an equal opportunity commissioner earlier elections will be conducted for both positions: Equal opportunity commissioner and her deputy. The election takes place on 16 December 2015. Candidates are still welcome. We are looking forward to an high election turnout.

Equal opportunities office MBI

Termine - Save the date

Dienstag, 1. Dezember 2015

Gemeinsame Betriebs- und Institutsversammlung/
MBI Works Assembly and the Institute's Meeting

Freitag 4. Dezember 2015

Gemeinsame Weihnachtsfeier /Joint Christmas Party

Dienstag, 19. Januar 2016

MBI-Tag / MBI-Day

Vereinbarkeit Beruf und Familie: Sprechstunde

Prof. Stefan Eisebitt: Do, 21. Jan. 2016: 14:00-16:00 Uhr

Prof. Thomas Elsässer: Fr, 04. Mrz. 2016: 14.00-16:00 Uhr

Prof. Marc Vrakking: Die, 26. Jan. 2016: 14.00-16:00 Uhr