

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Inhalte

Editorial
Personalinformationen / Preise
Betriebsrat
Forschungsergebnisse/Research Highlights
Projekteinwerbung
Allgemeines
EDV/IT

Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

seit dem 1. Mai habe ich das Vergnügen als Geschäftsführender Direktor des MBI zu fungieren. Anlässlich des turnusgemäßen Amtswechsels möchte ich Marc Vrakking herzlich für seine engagierte und erfolgreiche Amtsführung in den letzten drei Jahren danken. Das Institut hat sich in diesem Zeitraum deutlich verändert und viele neue Kolleginnen und Kollegen sind zu uns gestoßen.

Vor uns liegen wichtige Aufgaben und Herausforderungen, vor allem die Besetzung der Direktorenstelle im Bereich B. In diesen Tagen wird die Position erneut international und mit größerer thematischer Breite ausgeschrieben. Die gemeinsame Berufungskommission mit der TU Berlin besteht unverändert weiter und wird das Verfahren nach dem Eingang der Bewerbungen im Sommer fortsetzen.

Wachsendes Augenmerk werden auch unsere Gebäude, die technische Infrastruktur und die Erneuerung des wissenschaftlichen Geräteparks erfordern. Nach bald 20 Jahren des Betriebs nimmt der Sanierungsbedarf in den Gebäuden zu und eine weiterhin leistungsfähige und stabile Gebäude- und Labortechnik erfordert zahlreiche technische Erneuerungen. Gegenwärtig werden die Kühltürme der Kälteversorgung erneuert. Um hier künftige Engpässe zu vermeiden und insgesamt eine Energieeinsparung zu erreichen, untersuchen wir auch die Realisierbarkeit eines umweltfreundlichen Kältespeichers. Die Verbesserung der IT-Infrastruktur ist ebenso ein Dauerthema wie die wissenschaftlichen Geräte, die wir für konkurrenzfähige erfolgreiche Forschung brauchen.

Die mit diesen Maßnahmen verbundenen Kosten müssen im wesentlichen aus dem institutionellen Haushalt des MBI gedeckt werden, dessen moderates Wachstum in den letzten Jahren gerade einmal ausreichte, die stets wachsenden Betriebskosten zu decken. An dieser finanziellen Situation wird sich mittelfristig nichts ändern. Um so wichtiger ist es deshalb Finanzquellen im Bereich der Projektförderung noch besser zu erschließen. Neben den direkten Projektmitteln sind hier auch die Infrastrukturpauschalen von Bedeutung, die mit den Drittmitteln gewährt werden. Wir sollten dies als gemeinsame Herausforderung begreifen, die wir nur gemeinsam lösen können. Hierzu sind ein offener Dialog und intensive Zusammenarbeit innerhalb des Hauses nötig, Dinge, die wir noch weiter verbessern können. Ich lade Sie zur Mitgestaltung ein und freue mich auf Ihre Ideen, Vorschläge und gemeinsamen Taten.

Für das Direktorium
Thomas Elsässer

Editorial

Dear Members of the MBI,

Since May 1, it is my pleasure to serve as the Managing Director of MBI. On occasion of this regular change of office, I'd like to very much thank Marc Vrakking for his dedicated and successful service over the last 3 years. The institute has undergone substantial changes in this period and many new colleagues have joined us.

There are significant challenges for the future, in particular the search for and appointment of a new director of Division B. Currently, the position is being advertised in different media, now with a wider scientific scope. The joint search committee with the TU Berlin has remained unchanged and will continue its work with handling the new applications in summer.

Our institute's buildings and technical infrastructure as well as the renewal of the scientific equipment require increasing attention. After running MBI for more than 20 years, there are growing renovation needs for the buildings. In addition, an efficient and stable supply technology requires numerous technical renewals. Presently, the cooling towers of the air conditioning system are being replaced by new technology. We also explore the installation of a new reservoir which would allow for storing a large volume of cooled liquid and, thus, represent an environment-friendly and energy saving cooling agent for air conditioning. Both the improvement of the IT infrastructure and the scientific equipment require continuous efforts to keep MBI research fully competitive.

The costs for all this have to be covered through the institutional budget of MBI. The moderate growth of this budget in recent years has been just sufficient to cover the ever increasing expenses for operating the institute. This unfavorable funding scenario will not change in the coming years. As a consequence, it will be most important to enhance the acquisition of third party funding beyond the present level. In addition to the direct project budgets, the infrastructure overheads coming with them will be increasingly relevant. Such issues pose a big challenge MBI can only address by joining all forces. For this, an open dialogue and close collaboration within the institute are mandatory and need to be improved further. I'd like to invite you jointly shape MBI's future and would be glad to hear about your ideas, proposals and joint activities.

For the Board of Directors
Thomas Elsaesser

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Betriebsrat MBI

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

am 15. April wurde der neue Betriebsrat gewählt. Die Wählerinnen und Wähler hatten die Auswahl (und vielleicht auch die Qual) zwischen 16 Kandidatinnen und Kandidaten zu treffen. Entsprechend der Institutsgröße gehören dem neuen Betriebsrat, dessen Amtsperiode bis zum Frühjahr 2018 dauern wird, 7 Mitglieder an. Wie Sie den Aushängen der Wahlkommission bereits entnehmen konnten, gehören **Marina Friedrich (C2), Sabine Schütz (Vw), Gerd Kommol (B1), Prof. Klaus Reimann (C3), Peter Ivanov (EDV), Dr. Johannes Tümmeler (B1) und Peter Scholze (C1)** dem Gremium an. Die nicht in den BR gewählten Kandidaten sind Ersatzmitglieder und rücken entsprechend ihrer erreichten Stimmenzahl in den Betriebsrat auf, um eine verhindertes Mitglied zu vertreten bzw. ein ausgeschiedenes Mitglied zu ersetzen. Bei der konstituierenden BR-Sitzung am 22. April wurde **Gerd Kommol zum Vorsitzenden** gewählt.

Dem Wähler sei Dank ist die Zusammensetzung des neuen Betriebsrats ziemlich ausgewogen zwischen den unterschiedlichen Beschäftigtengruppen des Instituts, den verschiedenen Bereichen und Abteilungen, hinsichtlich des Geschlechterverhältnisses und nicht zuletzt auch in Hinblick auf den Anteil von „alten Hasen“ und neuen Mitgliedern. Das wird sich ohne Zweifel positiv auf die Tätigkeit in den kommenden vier Jahren auswirken und die Möglichkeit eröffnen, die Interessen der Belegschaft bestmöglich zu vertreten. Wir freuen uns auf eine konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Direktorium.

Die Wahlkommission unter Vorsitz von Denny Sommer hat ganze Arbeit geleistet und dafür gesorgt, dass die Wahl ordnungsgemäß stattfinden konnte. Wahrlich keine einfache Aufgabe! Deshalb sei ihm sowie allen, die ihren Beitrag dafür geleistet haben, herzlich gedankt.

MBI Staff Council

Dear colleagues,

On April 15 the new staff council was elected. The employees could vote for 7 out of 16 candidates (and because of the many qualified candidates it certainly was not an easy choice). How many members can be elected into the staff council depends on the size of the institute. Their term of office will end in spring-time 2018.

As the bulletins already showed the new members of the staff council are **Marina Friedrich (C2), Sabine Schütz (Vw), Gerd Kommol (B1), Prof. Klaus Reimann (C3), Peter Ivanov (EDV), Dr. Johannes Tümmeler (B1) und Peter Scholze (C1)**. Candidates who weren't elected are substitute members according to the votes they received and will represent a member who is prevented from attending or replace a departing member. Gerd Kommol was appointed chairman of the staff council during the constitutive staff council meeting on April 22.

Thanks to the voters the members represent the various occupational groups, the different divisions and departments, the gender ratio at MBI and "old hands" and new members in a balanced way. That will certainly have positive effects on the work on hand during the next 4 years and offers the possibility to represent the employees' interest in an optimal way. We are looking forward to a constructive and reliable cooperation with the directors.

The election committee with its chairman Denny Sommer did an excellent job and made sure that the election was carried out in the proper way. By no means an easy job! We would therefore like thank him and all the others for a job well done.



Unser besonderer Dank gilt den drei ausgeschiedenen Mitgliedern Ralph Ewers, Marion Kurpiers und Gabriele Mügge für ihre verdienstvolle, langjährige Tätigkeit im Betriebsrat. Am 9. April verabschiedete sich Ralph Ewers, langjähriger Vorsitzen-

We would like to express out special thanks to the departing members Ralph Ewers, Marion Krupiers and Gabriele Mügge for their many years of dedicated work in the staff council. Ralph Ewers, our longstanding works council chairman and

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

der und „Urgestein“ nicht nur des Betriebsrates sondern auch des Gesamtbetriebsrats, mit einem Empfang von der Belegschaft. In ihren Ansprachen brachten Direktor Prof. Elsässer und die beiden emeritierten Direktoren Prof. Hertel und Prof. Sandner ihren Dank und ihre Wertschätzung für die Verdienste Ralph Ewers für das Max-Born-Institut zum Ausdruck und wünschten ihm und seiner Familie alles Gute für den wohlverdienten Ruhestand.

Mit freundlichen Grüßen
Ihr Betriebsrat

also member of the joint staff association said goodbye to everyone during his farewell party on April 9.

Prof. Elsässer and the two emeritus professors Hertel and Sandner thanked Ralph Ewers for his excellent work and his achievements and wished him and his family all the best for a well-earned retirement.

With the best regards;
Your staff council



Projekteinwerbung

Bereich A

Projektbezeichnung: Mehrdimensionale Photoelektronen-Spektroskopie von Molekülen in Lösungen

Laufzeit: 01.04.2014 - 31.03.2017

Projektleiter: A. Kornilov

Geldgeber: DFG

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter im Max-Born-Institut
(Stand 20.05.2014)

Gennaro Abbati
Gastwissenschaftler B1
Telefon: 1357
E-Mail: abbati@mbi-berlin.de
Beginn 15.03.2014



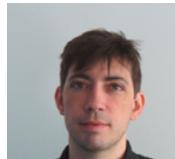
Swen Künzel
Gastwissenschaftler B1
Telefon: 1314
E-Mail: kuenzel@mbi-berlin.de
Beginn 01.04.2014



Lorenz von Grafenstein
Doktorand, C2
Telefon: 1456
E-Mail: grafen@mbi-berlin.de
Beginn 01.05.2014



Antonio Hernandez Salvador
Doktorand, C3
Telefon: 1473
E-Mail: hernand@mbi-berlin.de
Beginn 01.04.2014



Anna Santagostino
Diplomandin, A3
Telefon: 1288
E-Mail: santago@mbi-berlin.de
Beginn 11.03.2014



Robin Fröhlich
Praktikant, C1
Telefon: n.n.
E-Mail: n.n.@mbi-berlin.de
Beginn 01.04.2014

James Elvis Ndea
Praktikant, C2
Telefon: 1444
E-Mail: ndea@mbi-berlin.de
Beginn 01.03.2014



Ausgeschiedene Mitarbeiter
(Stand 20.05.2014)

Prof. Dr. Christos Flytzanis
Andrey Goryaev
Vladimir Panyutin
Rajjumon Puthumpally
Dr. Youjian Song
Dr. Chien-Ming Tu
Christian Neidel
Falk Kibowski
Regina Goleschny
Uwe Radischat

Gastwissenschaftler, C
Gastwissenschaftler, B1
Gastwissenschaftler, A3
Gastwissenschaftler, A1
Gastwissenschaftler, C2
Gastwissenschaftler, C
Doktorand, A2
Diplomand, A2
Technikerin, C1
Techniker, B3

Wir wünschen allen ausgeschiedenen Mitarbeitern alles Gute für ihre private und berufliche Zukunft.

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Forschungsergebnisse

AC/DC für Terahertzwellen - Gleichrichtung im Pikosekundentakt

Unsere Forscher des Projektes 3.2 entdecken einen ultraschnellen Gleichrichter für Terahertz-Strahlung. In den Einheitszellen eines Lithiumniobat-Kristalls werden Wechselströme mit einer 1000-fach höheren Frequenz als in modernen Computersystemen in Gleichstrom verwandelt, wobei gleichzeitig auch eine Serie von Oberwellen der Terahertz-Strahlung entsteht.

Wenn der Rockgitarrist Angus Young der australischen Band AC/DC die Saiten seiner elektrischen Gitarre zupft, entsteht ein stark verzerrter rockiger Klang im Lautsprecher. Ursache für die elektronisch erzeugten Obertöne ist der Gleichrichtereffekt in den Elektronenröhren des Gitarrenverstärkers. Im einfachsten Fall entsteht aus einem Wechselstrom [(A)lternating (C)urrent] ein Gleichstrom [(D)irect (C)urrent], ein Effekt, der in der Telekommunikation bei viel höheren Radio- oder Handyfrequenzen technische Anwendung findet. Physikalisch hochinteressant ist die Frage bis zu welchen Grenzfrequenzen man überhaupt gerichtete Gleichströme in Festkörpermaterialeen erzeugen kann und welche Mechanismen dahinterstecken.

Für die Erzeugung von Gleich- aus Wechselströmen muss das verwendete Material eine Vorzugsrichtung aufweisen. Diese Bedingung erfüllen ferroelektrische Kristalle, in denen die räumliche Trennung von positiven und negativen Ionen mit einer elektrischen Polarisation verbunden ist. Die meisten Ferroelektrika sind elektrische Isolatoren, d.h. bei kleinen von außen angelegten elektrischen Feldern fließt nahezu kein elektrischer Strom durch sie. Dieses Verhalten ändert sich drastisch wenn man für kurze Zeit ein sehr starkes elektrisches Feld im Bereich von mehreren 100.000 Volt pro Zentimeter anlegt. Bei solchen Feldstärken können gebundene Elektronen, sog. Valenzelektronen, mittels eines quantenmechanischen Tunnelprozesses für kurze Zeit frei beweglich gemacht werden und deshalb zu einem Strom durch den Kristall führen.

Die Eigenschaften eines derartigen Stroms wurden erstmals von unseren Forschern untersucht, worüber sie in der aktuellen Ausgabe der *Fachzeitschrift Physical Review Letters* 112,146602 (2014)

http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2014_04_09 berichten. In Form ultrakurzer intensiver Terahertzimpulse (1 Terahertz = 10^{12} Hz, Dauer einer Feldschwingung 1 Pikosekunde = 10^{-12} Sekunden) wurde ein Wechsel-(AC)-Feld an einen dünnen Kristall aus Lithiumniobat (LiNbO_3) angelegt, das einen elektrischen Strom im Material erzeugt. Die Eigenschaften dieses Stroms wurden bestimmt, indem das von ihm abgestrahlte

Research Highlights

AC/DC for terahertz waves - rectification with picosecond clock rates

Our researchers of the project team 3.2 discover an ultrafast rectifier for terahertz radiation. In the unit cells of a lithium niobate crystal alternating currents (AC) with a frequency 1000 times higher than that of modern computer systems are transformed into a direct current (DC), thereby generating simultaneously a series of overtones of the terahertz radiation.

When the guitarist Angus Young of the Australian hard rock band AC/DC touches the strings of his electric guitar, a strongly distorted sound rings out from the loudspeaker. The origin of the electronically generated overtones is the rectifying effect in the electronic tubes of the guitar amplifier. In the simplest case an (A)lternating (C)urrent generates a (D)irect (C)urrent, an effect which finds its application in telecommunications at much higher radio or mobile phone frequencies. From a physics point of view the highly interesting question arises: up to which cut-off frequencies can one generate directed currents (DC) and which microscopic mechanisms underlie them?

For the generation of a direct current out of alternating currents the material used must feature a preferred direction. This condition is fulfilled by ferroelectric crystals, in which the spatial separation of positively and negatively charged ions is connected to a static electric polarization. Most ferroelectrics are electric insulators, i.e., low electric fields cannot cause any detectable electric currents in the material. A drastic change of this behavior is observed if one applies for a short period an extremely high electric field in the range of several 100.000 volts per centimeter. At such field strengths, bound electrons, the so called valence electrons can be freed for a short period by means of the quantum mechanical tunneling process leading in turn to a current through the crystal.

Now, researchers at the Max-Born-Institute in Berlin, Germany investigated the properties of such a current for the first time and report their results in the current issue of the journal *Physical Review Letters* 112,146602 (2014).

http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2014_04_09 Using ultrashort, intense terahertz pulses (1 Terahertz = 10^{12} Hz, period of a field oscillation 1 picosecond = 10^{-12} seconds) they applied an AC field to a thin lithium niobate (LiNbO_3) crystal which causes an electric current in the material. The properties of this current were studied in detail by measuring and analyzing the electric field radiated by the accelerated electrons. Besides an oscillating current with the frequency of the applied

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Feld gemessen und analysiert wurde. Die Forscher sahen neben einem oszillierenden Strom, der die Frequenz des angelegten Terahertz-Feldes (2 THz) und vielfache davon aufwies, auch die Signatur eines gleichgerichteten (DC) Stroms entlang der ferroelektrischen Vorzugsrichtung des LiNbO_3 -Kristalls.

Der gleichgerichtete Strom entlang der ferroelektrischen Achse hat seinen Ursprung im Zusammenspiel von quantenmechanischem Tunneln zwischen dem Valenz- und verschiedenen Leitungsbändern des LiNbO_3 -Kristalls und der Abbremsung der Elektronen durch Reibungsprozesse. Der Tunnelprozess erzeugt frei bewegliche Elektronen, die ohne Reibung im Takt des angelegten Terahertzfeldes räumlich und zeitlich schwingen würden. Durch Reibung wird diese Schwingungsbewegung zerstört, ein als Dekohärenz bezeichneter Prozess. Da die Tunnelbarriere des LiNbO_3 entlang der ferroelektrischen Achse asymmetrisch ist, resultiert Dekohärenz in einem räumlich asymmetrischen Transport, d.h. die Tunnelbarriere lässt mehr Elektronen von rechts nach links als in umgekehrter Richtung durch. Dieser Mechanismus ist innerhalb einer Einheitszelle des Kristalls, d.h. auf einer Sub-Nanometer-Längenskala wirksam und bewirkt die Gleichrichtung des Terahertz-Feldes. Der Effekt lässt sich auch bei noch höheren Frequenzen ausnutzen wodurch sich interessante Anwendungsmöglichkeiten in der Höchstfrequenzelektronik ergeben.

terahertz field (2 THz) and several overtones of the latter, the researchers observed the signature of a directed current (DC) along the c-axis the preferred direction of the ferroelectric LiNbO_3 crystal.

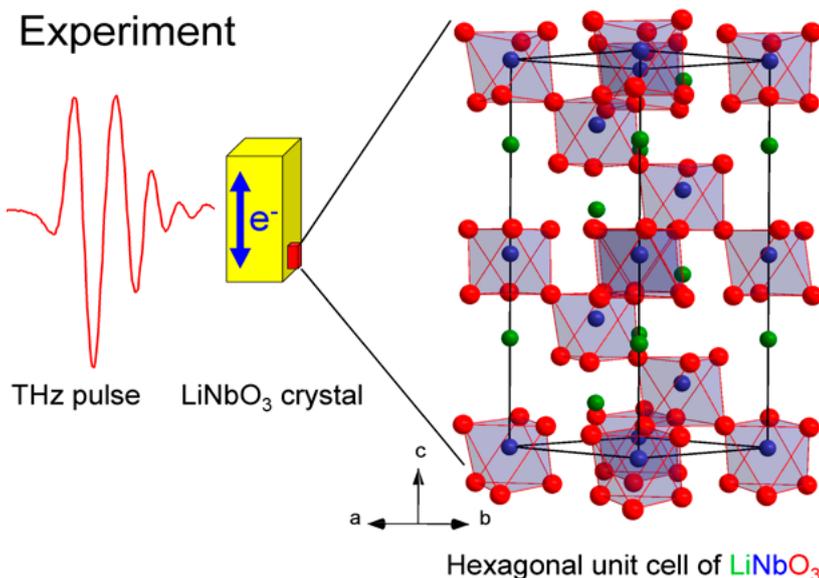
The rectified current along the ferroelectric c-axis has its origin in the interplay of quantum mechanical tunneling of electrons between the valence and several conduction bands of the LiNbO_3 crystal and the deceleration of electrons by friction processes. The tunneling process generates free electrons which in absence of friction would spatially oscillate in time with the applied terahertz field. The friction destroys this oscillatory motion, a mechanism called decoherence. Due to the asymmetry of the tunneling barrier along the ferroelectric c-axis decoherence results in a spatially asymmetric transport, i.e., the tunneling barrier lets pass more electrons from right to left than from left to right. This mechanism is operative within each unit cell of the crystal, i.e., on a sub-nanometer length scale, and causes the rectification of the terahertz field. The effect can be exploited at even higher frequencies, offering novel interesting applications in high frequency electronics.

Originalveröffentlichung / Original article:

C. Somma, K. Reimann, C. Flytzanis, T. Elsaesser, M. Wörner:
High-Field Terahertz Bulk Photovoltaic Effect in Lithium Niobate - Physical Review Letters Vol. 112,146602 (2014)

Contact:

M. Woerner, Tel. 1470
C. Somma, Tel. 1474
T. Elsaesser, Tel. 1400

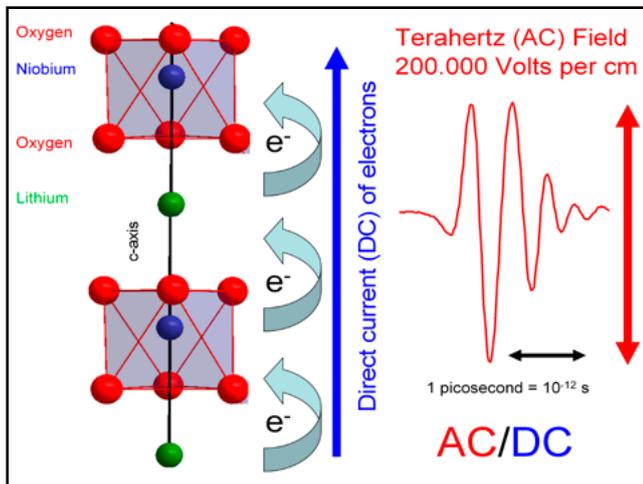


Experiment: Das hohe elektrische Feld eines Terahertz-Impulses beschleunigt die Elektronen in einem Lithiumniobat (LiNbO_3) Kristall. Die hexagonale Einheitszelle enthält Lithium-Atome (grüne Kugeln), Niob-Atome (blaue Kugeln), und Sauerstoffatome (rote Kugeln), welche auf den Ecken eines Oktaeders um die Niob-Atome angeordnet sind. Der Kristall besitzt keine Inversionssymmetrie und daher eine ferroelektrische Polarisation entlang der c-Achse.

Experiment: The high electric field of the intense terahertz pulse accelerates electrons in a lithium niobate LiNbO_3 crystal. The hexagonal unit cell contains lithium atoms (green spheres), niobium atoms (blue spheres), and oxygen atoms (red spheres) the latter being arranged on the corners of a unit cell. The crystal lacks inversion symmetry and, thus, shows a ferroelectric polarization along the c-axis.

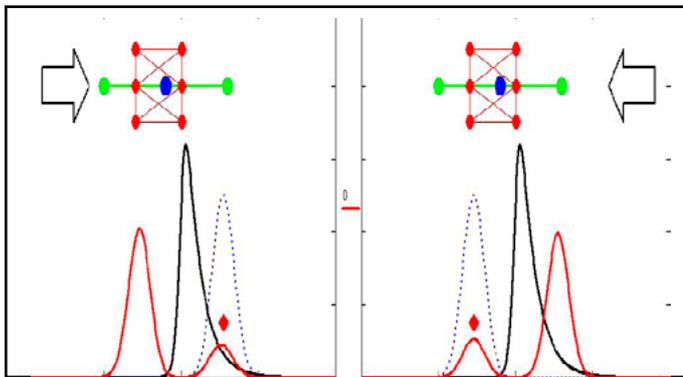
MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014



Beim Transport von Elektronen entlang der c-Achse müssen diese alternierend unterschiedliche Abstände zwischen Lithium und Niob-Atomen überwinden. Die Niob-Atome ihrerseits sind nicht im Zentrum der Sauerstoff-Oktaeder. Beides führt zu asymmetrischen Barrieren (siehe Movie), die die Elektronen nur mittels des quantenmechanischen Tunnelprozesses überwinden können. Sehr hohe elektrische Wechselfelder (AC) treiben die Elektronen durch die Tunnelbarrieren. Die Asymmetrie der Barrieren zusammen mit Dekohärenz führen zu einem räumlich asymmetrischen Transport, d.h. auf einer Sub-Nanometer-Längenskala bewirkt das Terahertz-Feld einen Gleichstrom (DC) im LiNbO₃-Kristall.

During transport along the c-axis, electrons see alternating different distances between lithium and niobium atoms. Moreover, the niobium atoms are not in the center of the oxygen octahedrons. Such geometry leads to asymmetric barriers the electrons have to pass by quantum mechanical tunneling when moving along the c-axis. The electrons are driven through the barriers by the high terahertz AC field. The barrier asymmetry together with decoherence/friction processes result in a spatially asymmetric transport, i.e., the rectification to a DC current.



Movie: click on the left figure *or* on the website:
http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2014_04_09

Asymmetrische Tunnelwahrscheinlichkeit durch eine asymmetrische Barriere bei Anwesenheit von Dekohärenzprozessen: Die Tunnelbarriere (schwarze Kurven) lässt mehr Elektronen von rechts nach links als in umgekehrter Richtung durch. Ein Wellenpaket (rote Kurven) wird größtenteils an der Barriere reflektiert. Nur ein kleiner Teil (durch rote Diamanten gekennzeichnet) kann die Barriere quantenmechanisch durchtunneln. Seine Größe hängt bei Dekohärenz von der Durchquerungsrichtung ab. Die gestrichelte blauen Kurven zeigen zum Vergleich die Bewegung von Wellenpaketen bei Abwesenheit der Tunnelbarrieren.

Asymmetric tunneling probability through an asymmetric barrier under the action of decoherence mechanisms. The barrier (black curve) transmits more electrons shown as red wavepacket from left to right than in the opposite direction. The main part of the wavepacket is reflected from the barrier and a small part marked by the diamond is transmitted. The amplitude of the transmitted part depends on the propagation direction. The blue curves show the wavepacket motions in absence of any barrier.

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Forschungsergebnisse

Beschleunigung von Atomen in einer intensiven stehenden Lichtwelle

Laserinduzierte atomare Starkfeldprozesse werden experimentell fast ausnahmslos mit fortschreitenden (laufenden) elektromagnetischen Laserfeldern untersucht. Zur Erklärung auftretender Phänomene wird das Laserfeld meistens als ein rein klassisches, am Ort des Atoms nur in der Zeit oszillierendes elektrisches Feld betrachtet. In dieser Näherung ist ein Impulsübertrag auf den Schwerpunkt des atomaren Systems, und damit eine Richtungsablenkung, nicht möglich. Wissenschaftler des Projektes 2.2 haben nun erstmals Atome in einer intensiven stehenden Welle aus Licht von extrem kurzer Dauer abgelenkt. Die untersuchten Heliumatome, die die intensive Wechselwirkung mit der stehenden Lichtwelle überleben, werden auf Grund des ortsfesten Intensitätsgefälles äußerst stark in Laserrichtung beschleunigt. Die experimentellen Ergebnisse können theoretisch nur erklärt werden, wenn sowohl das Intensitätsgefälle als auch die erzeugten Magnetfelder mit in die Berechnungen einbezogen werden.

Die grundlegende Idee zur Beugung bzw. Ablenkung von atomaren Teilchen in einer stehenden Lichtwelle wurde bereits im Jahre 1933 von den Physikern Kapitza und Dirac in einer theoretischen Arbeit für Elektronen formuliert. Da Elektronen nur schwach mit einer stehenden Welle wechselwirken, bedurfte es intensiver Laserstrahlung, um den Kapitza-Dirac Effekt vor ungefähr 15 Jahren experimentell zu beobachten. Für die Beugung und Ablenkung von Atomen reichen hingegen bereits geringe Lichtintensitäten aus, da die Stärke des Prozesses durch resonante Erhöhung der Wechselwirkung bzw. der Verwendung ultrakalter langsamer Atome verstärkt wird. Der Prozess ist in der Atom- bzw. Quantenoptik von immenser Bedeutung.

Im Fachjournal Physical Review Letters in der Ausgabe vom 21. März 2014 haben nun S. Eilzer, H. Zimmermann und U. Eichmann eine Arbeit veröffentlicht, in der sie erstmals Atome in einer intensiven stehenden Lichtwelle abgelenkt haben, die mit Hilfe zweier entgegenlaufender kurzer Laserpulse nur für ein Vielfaches des milliardsten Teils einer millionstel Sekunde erzeugt wird, siehe *Abbildung 1*. Damit wurde der Kapitza-Dirac Effekt für Atome nun auch in einem Bereich von Laserintensitäten demonstriert, bei denen Atome sowohl durch die vorherrschende Feldstärke als auch durch das extreme Intensitätsgefälle mit hoher Wahrscheinlichkeit ionisieren, d.h., das ein Elektron aus dem Atomverbund herausgelöst wird. Das dieses nicht notwendigerweise immer passiert und stattdessen das gesamte unbeschädigte Atom beschleunigt wird, liegt an dem erst kürzlich am MBI erforschten Prozess der unterdrückten Tunnelionisation, bei dem das Elektron zwar während des Laserpulses im großen Abstand vom Atomrumpf oszilliert, aber

Research Highlights

„Acceleration of atoms in an intense standing light wave“

Laser induced strong-field phenomena in atoms and molecules on the femtosecond (fs) time scale have been almost exclusively investigated with traveling wave fields. In almost all cases, approximation of the strong electromagnetic field by an electric field purely oscillating in time suffices to describe experimental observations. In this approximation, momentum transfer from the light field to the center of mass of the atom, which results in a deflection, is not possible. Scientists of the project team 2.2 have succeeded in deflecting Helium atoms in an intense standing wave of extremely short duration. Those He atoms that survive the interaction with the intense standing wave are accelerated, as a consequence of the strong stationary intensity gradient. The experimental results can be explained only, if one takes into account the intensity gradient as well as the generated magnetic fields.

The fundamental process of diffraction or deflection of atomic particles in a standing light wave was formulated for electrons as early as 1933 by the famous physicists Kapitza and Dirac. Electrons interact only weakly with a standing electromagnetic wave. Thus, it required intense lasers to observe the Kapitza-Dirac effect for electrons experimentally only 15 years ago. For the diffraction and deflection of atoms, on the other hand, much lower intensities are required, since resonant enhancement as well as the use of ultracold slow atoms reinforce the interaction strength. The process is of eminent importance in atom and quantum optics.

In the March 21 issue of Physical Review Letters, S. Eilzer, H. Zimmermann, and U. Eichmann published their scientific work on deflection of atoms in an intense standing light wave, which was generated by two counter propagating short laser pulses of 55 fs duration, see *Fig. 1*. Thereby, the atomic Kapitza Dirac effect was demonstrated in a laser intensity regime, in which the field amplitude as well as the field gradient were strong enough, to ionize atoms with a high probability. The phenomenon that ionization does not necessarily occur at these high intensities, and instead, the whole undestroyed atom is accelerated, has its origin in the frustrated tunneling process recently investigated at MBI. Although the electron quivers heavily in the laser field, it does not gain enough drift energy to finally overcome the attractive Coulomb potential of the ionic core. During the interaction with the laser pulse, the electron feels the ponderomotive force, which acts in the standing wave along the laser direction. Since the electron remains bound, the ponderomotive force accelerates the whole atom. In contrast to earlier investigation, where one observed deflection in the intensity gradient of a focused laser field, the intensity gradient

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

letztendlich nicht genügend Energie aus dem Laserfeld aufnimmt, um sich aus den Fängen des attraktiven Atomrumpfes zu befreien. Während dieser Zeit spürt das Elektron die sogenannte ponderomotive Kraft, die durch seine quasi-freie periodische Bewegung im Intensitätsgefälle verursacht wird. Da das Elektron schließlich gebunden bleibt, wird diese Kraft, die entlang der Laserstrahlachse wirkt, auf das gesamte Atom übertragen und führt zu dessen Ablenkung. In Fortsetzung früherer Experimente, die die atomare Beschleunigung in einem starken fokussierten Lichtfeld untersuchten, ist das Intensitätsgefälle in der stehenden Lichtwelle nun über atomare Dimensionen bedeutsam und beeinflusst daher auch die atomare Dynamik, siehe *Abbildung 2*. Die theoretische Beschreibung sowohl der Elektronendynamik als gleichzeitig auch der atomaren Schwerpunktbewegung in einer stehenden Welle stellt eine große Herausforderung an die derzeitige Starkfeldtheorie. In weiteren Experimenten soll gezielt der Einfluss des starken Intensitätsgefälles auf die atomare Dynamik untersucht werden.

Skizziert ist der apparative Aufbau. Ein gebündelter thermischer Strahl von Heliumatomen wird einem stehenden Lichtfeld ausgesetzt, das durch Interferenz zweier gegenläufiger Laserpulse für ungefähr 40fs über einen Raumbereich von $\sim 20 \mu\text{m}$ erzeugt wird. Die Ablenkung des Atomstrahls wird mit einem ortsempfindlichen Detektor gemessen, wobei der Auftreffort eines jeden einzelnen abgelenkten Heliumatoms gemessen wird. Ohne die Kräfte der stehenden Welle bestünde das Detektorsignal nur aus einem kleinen Fleck in der Mitte, erzeugt durch nicht abgelenkte Heliumatome (gestrichelter Kreis). Tatsächlich wird aber eine breite Verteilung gemessen, wie auf dem Detektorbild ersichtlich ist. Wie kann man sich die Kräfte, die auf das Atom wirken, vorstellen? Atome in einem laufenden Lichtfeld, in dem sich die elektromagnetischen Felder periodisch im Ort und in der Zeit auf- und abbauen, erfahren keine beschleunigenden Kräfte. Dieses ähnelt einem schwimmenden Objekt auf einer Wasseroberfläche, das von einer Welle zwar periodisch auf und ab bewegt wird, aber seine horizontale Position im Wesentlichen nicht ändert. Friert man Wellenberge und -täler hingegen kurzfristig ein, so wie auch die elektromagnetischen Felder in der stehenden Welle kurzfristig ortsfest sind, so kann man sich leicht vorstellen, dass das Objekt in Richtung Wellental hinunterrutscht. Beschleunigt wird es in diesem Fall durch die Schwerkraft, die im atomaren Fall durch die ponderomotive Kraft ersetzt wird.

in the standing wave is important on the atomic length scale rather than on the length scale of the focused laser beam and might influence the atomic dynamics profoundly, see *Fig. 2*. Consequently, a thorough theoretical understanding requires to consider the electron dynamics as well as the center of mass motion, which represents a challenge to current strong-field theory. It is planned in further experiments to investigate more closely this new regime of strong field physics.

Originalveröffentlichung / Original article:

S. Eilzer, H. Zimmermann, U. Eichmann:

Strong-Field Kapitza-Dirac Scattering of Neutral Atoms

Phys. Rev. Lett. **112**, 113001 (2014)

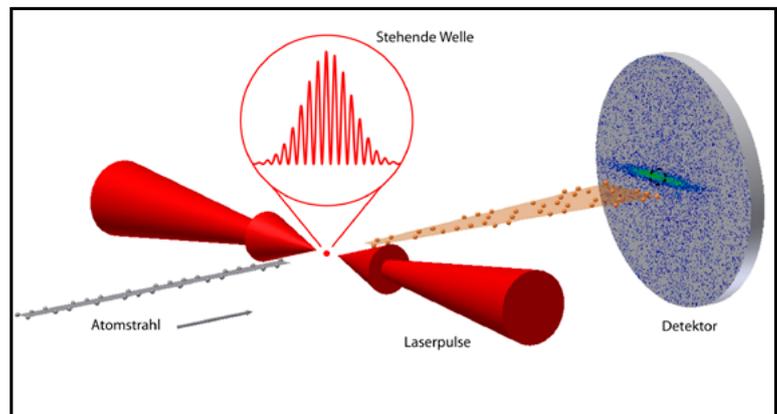
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.113001>

Kontakt/Contact:

S. Eilzer, Tel. 1341

U. Eichmann, 1371

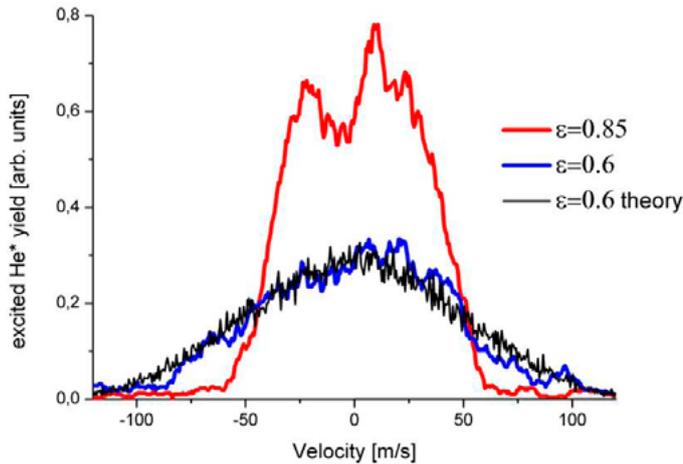
H. Zimmermann, 1341



We show a sketch of the experimental setup. A well collimated beam of Helium atoms is exposed to a standing wave generated by two counterpropagating laser pulses for about 40 fs and with a spatial extension of about $20 \mu\text{m}$. The deflection of the atomic beam is measured with a position dependent detector, whereby each atom hitting the detector is recorded individually. Without the accelerating forces of the standing wave, the detector signal would only be a small spot, as indicated by the dashed circle. In fact, we obtain a broad stripe, as visible on the detector image. How can one think of the acting forces? Atoms in a traveling light field, where the electromagnetic fields are periodically built up in space and time, experience no accelerating forces. This is like a floating object that see-saws on a water wave, but essentially does not move horizontally. However, if one freezes the wave crests and troughs, as it is the case in a standing light wave, where the electromagnetic fields are momentarily fixed in space, it is easy to imagine that our floating object is sliding down the hill. Here, the accelerating force is gravity, in the atomic case, it is the ponderomotive force.

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014



The red and blue curves show velocity distributions, obtained from the measured deflections, for standing waves generated by two elliptically polarized counterpropagating laser pulses with ellipticity $\epsilon=0.85$ and $\epsilon=0.6$, respectively. Investigations on the dependency of the deflection on the laser intensity have revealed for the first case that the maximum deflection is limited by ionization of the atoms above a certain intensity gradient. Due to the different polarization in the second case, atoms can be deflected twice as high without being ionized. This might stem from the dynamical processes that suppress ionization. Although a qualitative understanding of the process has been achieved, as can be seen by the fitted black curve, a quantitative confirmation by quantum mechanical strong-field calculations is still pending.

Die rote und blaue Kurve zeigen Geschwindigkeitsverteilungen, die aus den gemessenen Ablenkungen bestimmt wurden, für stehende Wellen, die aus zwei elliptisch polarisierten gegenläufigen Laserpulsen mit Elliptizität $\epsilon=0.85$ bzw. 0.6 erzeugt wurden. Untersuchungen zur Abhängigkeit von der Laserintensität haben für den ersten Fall ergeben, dass die Ablenkung der Atome dadurch begrenzt wird, dass sie oberhalb eines bestimmten Intensitätsgradienten ionisieren. Aufgrund der geänderten Polarisation können im zweiten Fall hingegen Atome fast doppelt so stark abgelenkt werden, ohne dass sie ionisieren. Dieses liegt offensichtlich daran, dass dynamische Prozesse die Ionisation verhindern. Obwohl ein qualitatives Verständnis erreicht wurde, siehe die an die Daten angepasste schwarze Kurve, steht eine quantitative Bestätigung der Nichtionisation bei gleichzeitiger Beschleunigung im Rahmen einer quantenmechanischen Starkfeldtheorie noch aus.

Forschungsergebnisse

Spielt die Quantenmechanik bei der laserinduzierten Doppelionisation eine Rolle?

Die Mehrelektronendynamik in Atomen und Molekülen ist eine der großen Herausforderungen der gegenwärtigen Quantenphysik, die im Hintergrund vieler Probleme steht von chemischen Reaktionen bis zur Supraleitung. Ein klassisches Beispiel, das schon lange untersucht worden ist, ist die sogenannte "nichtsequentielle Doppelionisation" (NSDI) von Atomen durch ein starkes Laserfeld. Dabei soll "nichtsequentiell" heißen, dass die Ionisation nicht Schritt für Schritt erfolgt, d.h. erst die einfache Ionisation des Atoms und später dann die Ionisation des einfach geladenen Ions, sondern unmittelbar in einem Prozess, der sich nicht in Einzelschritte zerlegen lässt. Das ist nur möglich, wenn die beiden Elektronen korreliert sind. Obwohl die Ionisation ein typisch quantenmechanischer Prozess zu sein scheint (der manchen Textbüchern zufolge die Quantennatur des Lichts beweist), haben rein klassische Simulationen mit Erfolg die verfügbaren Daten beschrieben, jedenfalls qualitativ. Wäre dies allgemein in der Mehrelektronendynamik zutreffend, dann hätte es weitreichende Folgen, denn klassische Simulationen sind ungleich einfacher als quantenmechanische. In der Tat sind exakte quantenmechanische Rechnungen für mehr als zwei Teilchen bisher praktisch unmöglich. In einer unlängst publizierten Arbeit zeigen wir Grenzen auf für diesen klassischen Zugang. Wir führen nämlich einen bekannten Effekt - eine qualitative Änderung in der Elektron-Elektron-Impuls-Korrelation bei abnehmender Laserintensität - auf eine quantenmechanische Ursache zurück, nämlich die Interferenz der Beiträge verschiedener Ionisationsszenarien.

Den üblichen Vorstellungen zufolge verläuft die nichtsequentielle Doppelionisation (NSDI) als Dreistufenprozess: zunächst wird ein Elektron durch einen Tunnelprozess frei. Dieses Elektron vollführt dann eine oszillatorische Bewegung im Laserfeld, bei der es wieder mit dem Ion zusammenstoßen kann. Dabei wird das zweite Elektron freigesetzt. Sofern die kinetische Energie des ersten Elektrons dazu ausreicht, kann dies in einem direkten Stoß erfolgen ("recollision impact ionization", RII). Andernfalls befördert das stoßende Elektron zunächst das gebundene in einen angeregten Zustand, aus dem es dann später heraustunnelt ("recollision excitation with subsequent ionization", RESI), vgl. Fig. 1. Die beiden Szenarien führen zu unterschiedlichen Impulsverteilungen der beiden Elektronen. Wenn man nämlich, wie in Fig. 2, die Zahl der Ereignisse gegenüber den longitudinalen (parallel zur Laserpolarisation) Impulskomponenten der beiden Elektronen aufträgt, dann führt der RII Mechanismus zu einer Konzentration im ersten und dritten Quadranten (d.h. die beiden Elektronen neigen dazu, Seite an Seite in derselben Richtung zu laufen), während der RESI Mechanismus keine solche Bevorzugung zur Folge hat (die Elektronen laufen ebenso gern in derselben wie in entge-

Research Highlights

Is there any quantum mechanics in laser-induced double ionization?

The multi-electron dynamics in atoms and molecules is a great challenge in contemporary quantum physics, with implications from chemical reactions to superconductivity. A classical example, much investigated over the last two decades, has been the so-called "nonsequential" double ionization (NSDI) of atoms by an intense laser field, where "nonsequential" means that ionization does not happen one step at a time, viz. ionization of the atom later followed by ionization of the positively charged ion, but rather in one combined process. A precondition for this to happen is electron-electron correlation. Ionization appears as a paradigmatic quantum process (according to some textbooks proving the quantum nature of light). Nevertheless completely classical simulations, as they could have been carried out before the advent of quantum mechanics, have been able to describe, at least qualitatively, all experimental observations of NSDI thus far. If this were true in a broader context, it would have enormous implications, since classical simulations are so much faster and simpler compared with quantum simulations. We have now published a calculation that ascertains that the classical realm has its limits. Namely, we present a calculation of an effect - a qualitative change in the electron-electron momentum correlation with decreasing laser intensity - that is caused by a truly quantum-mechanical phenomenon, interference of the contributions of several different pathways.

Nonsequential double ionization (NSDI) is thought to proceed as a three-step process: first, an electron is liberated by tunneling, which may then be driven by the laser field into a recollision with its parent ion, which frees the second electron. This can happen via two different mechanisms: in a direct electron-electron collision if the energy of the recolliding electron is sufficiently high (so called "recollision impact ionization", RII) or indirectly, if the recolliding electron promotes the still bound electron to an excited state from which the latter tunnels out at a later time (so called "recollision excitation with subsequent ionization", RESI). The RESI mechanism is sketched in Fig. 1. RII and RESI lead to different correlation patterns of the momenta of the two final electrons. In diagrams such as those in Fig. 2, where the distribution of the momenta of the two electrons is plotted (more precisely of their components parallel to the laser polarization), RII tends to occupy the first and the third quadrants (the electrons are emitted side by side) while RESI populates all quadrants about equally (back-to-back emission is about as likely as side-by-side). Now, experimentally it was found that in argon with the laser intensity decreasing below the RII threshold back-to-back emission becomes dominant [Liu et al., Phys. Rev. Lett. 101, 053001 (2008)]. Theoretical investigations of NSDI have essentially followed three different routes: quantum-mechanical model calcula-

gengesetzter Richtung). Experimentell hat sich aber herausgestellt, dass für Argon bei niedrigen Intensitäten Elektronemission in entgegengesetzter Richtung deutlich bevorzugt ist [Liu et al., Phys. Rev. Lett. 101, 053001 (2008)].

Die theoretische Beschreibung der NSDI ist im Wesentlichen drei verschiedenen Modellen gefolgt: quantenmechanische Rechnungen im Rahmen der sogenannten "strong-field approximation," Lösung der vollständig klassischen Zwei-Elektron-Bewegungsgleichungen und semiklassische Modelle, bei denen das erste Elektron quantenmechanisch heraustunnelt, anschließend aber den klassischen Bewegungsgleichungen folgt [einen Review kann man z. B. in Rev. Mod. Phys. 84, 1011 (2012) finden]. Erstaunlicherweise haben das rein klassische und die semiklassischen Modelle bisher recht gut alle verfügbaren Daten beschreiben können.

In einer neueren Arbeit haben wir quantenmechanische Rechnungen vorgelegt, die berücksichtigen, dass das einfach geladene Argonion verschiedene angeregte Zustände wählen kann, die im RESI Mechanismus berücksichtigt werden müssen. Die Beiträge dieser verschiedenen Kanäle in denselben Endzustand müssen in der Ionisationsamplitude kohärent addiert werden. Die resultierende Interferenz führt dazu, dass die Symmetrie zwischen den verschiedenen Quadranten derart gebrochen wird, dass bei niedrigen Intensitäten die Emission in entgegengesetzter Richtung dominiert. Die Ergebnisse stimmen recht gut mit den Daten überein. Da sowohl die Existenz diskreter angeregter Zustände wie auch die Interferenz von deren Beiträgen keine klassischen Entsprechungen haben, scheint dies ein erster klarer Effekt der Quantenmechanik in der NSDI zu sein, der die unvermeidbaren experimentellen Beschränkungen wie focal averaging, Mittelung über unbeobachtete Impulskomponenten usw., überlebt.

tions within the "strong-field approximation," completely classical simulations solving Newton's equations of motion, and semiclassical modeling where the first electron is liberated by tunneling and subsequently both electrons are treated classically [for a review, see, e.g., Rev. Mod. Phys. 84, 1011 (2012)]. Remarkably, the latter two approaches, containing little or no quantum mechanics at all, so far have successfully reproduced the experimental data.

In a recently published paper, quantum-mechanical calculations are presented that take into account that for argon several different excited states of the positive argon ion may play a role in the RESI mechanism. Their contributions must be added coherently. If this is done, then the momentum-momentum correlation changes to predominant back-to-back emission when the laser intensity is reduced below the RII threshold intensity as shown in Fig. 3, in good agreement with the data. Discrete excited states do not exist in a semiclassical or completely classical framework, and interference is outside that scope as well. Hence, we may have finally discovered a genuine quantum effect in nonsequential double ionization.

Reference: "Quantum effects in double ionization of argon below the threshold intensity," XL. Hao, J. Chen, WD. Li, B. Wang, X. Wang, and W. Becker, Phys. Rev. Lett. 112, 073002 (2014)

Originalveröffentlichung / Original article:

XL. Hao, J. Chen, WD. Li, B. Wang, X. Wang, W. Becker, **„Quantum effects in double ionization of argon below the threshold intensity“** Phys. Rev. Lett. 112, 073002 (2014)

Contact: W. Becker, 1372

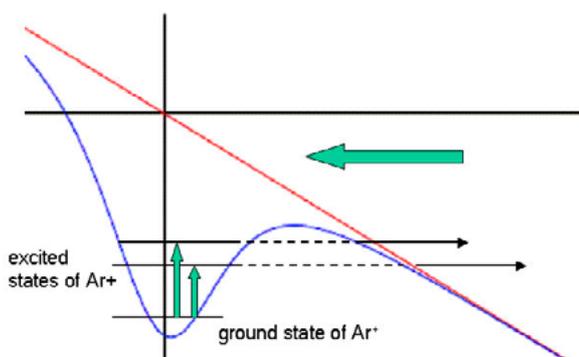


Abb. 1: Illustration des RESI (rescattering excitation with subsequent ionization) Mechanismus. Das Wechselwirkungspotential zwischen dem Elektron und dem Laserfeld ist durch die rote gerade Linie gegeben (zu einer Zeit da das Feld das Elektron nach rechts zieht; eine halbe Periode später ist es umgekehrt, und das Feld zieht nach links). Die blaue Linie gibt das "effektive Potential" wieder. Es ist die Summe des Wechselwirkungspotentials und des Potentials, das das Elektron an das doppelt positive geladene Ion bindet. Das zuerst frei gewordene Elektron, das durch das Feld zu dem einfach geladenen Ion zurück getrieben wird, ist durch den horizontalen grünen Pfeil dargestellt. Es befördert das zweite gebundene Elektron (vertikale grüne Pfeile) in einen angeregten Zustand, aus dem es durch Feldionisation frei wird (horizontale unterbrochene Linien).

Fig. 1: A sketch of the RESI (rescattering excitation with subsequent ionization) mechanism. The oblique red straight line represents the interaction potential of the electron-field interaction at a time when the electron is pulled to the right (half a period later the electron is pulled into the opposite direction). The blue line represents the "effective binding potential." It is the sum of the former and the potential that binds the second electron to the doubly positively charged ion. The recolliding first electron, which is represented by the horizontal green arrow, may excite the second electron from its ground state to one of several excited states (vertical green arrows). From these states, the electron is eventually freed by field ionization (along the horizontal dashed line).

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Fig. 2: Beispiele der Elektron-Elektron-Impulsverteilungen, die man bei verschiedenen Szenarien der Doppelionisation erwartet. Die beiden Achsen entsprechen den Impulskomponenten der beiden Elektronen parallel zum Laserfeld und die Dichte gibt die Zahl der Ereignisse mit diesen Impulsen wieder.

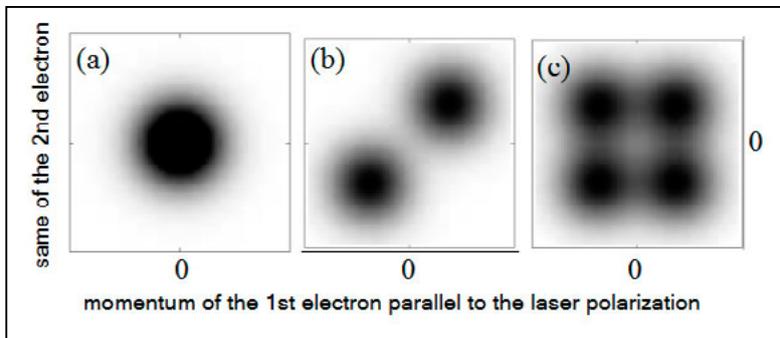


Fig. 2: Schematical sketch of the electron-electron momentum distributions expected from different scenarios. The abscissa and the ordinate specify the components of the electron momentum parallel to the laser polarization, and the density represents the number of events for given momenta. The remaining

Die übrigen Impulskomponenten sind nicht gemessen oder aufsummiert. Wenn die beiden Elektronen unkorreliert sind, erwartet man eine Verteilung wie in (a). Die Bilder in (b) und (c) sind nur möglich, wenn eine Korrelation vorliegt. Bild (b) entspricht dem RII Mechanismus: die beiden Elektronen gehen "Seite an Seite" in dieselbe Richtung. Die Abstände der Zentren der beiden Verteilungen vom Ursprung sind dem Impuls proportional, den die beiden Elektronen nach ihrer inelastischen Kollision durch Beschleunigung im Feld erlangen; die Durchmesser entsprechen der Energie, die das erste Elektron in die Kollision einbringt. Bild (c) illustriert eine mögliche Verteilung aus dem RESI Mechanismus. Hier kann das zweite, in einem angeregten Zustand befindliche Elektron einen halben Laserzyklus später frei werden (oder nach einem ungeraden Vielfachen von halben Zyklen), sodass die beiden Elektronen in umgekehrter Richtung davonlaufen.

components are not detected or summed over. Panel (a) shows the distribution expected when the two electrons are uncorrelated. Panels (b) and (c) clearly betray some correlation. Panel (b) indicates side-by-side emission, as generated by the RII mechanism. The distances of the two blobs to the origin are related to the momentum imparted by the laser field to each electron after the recollision while the diameter of a blob derives from the energy of the recolliding electron. Panel (c) shows a possible distribution in the RESI case: the second electron may depart a half cycle (or an integer number of half cycles) after the first so that the two electrons move away in opposite directions.

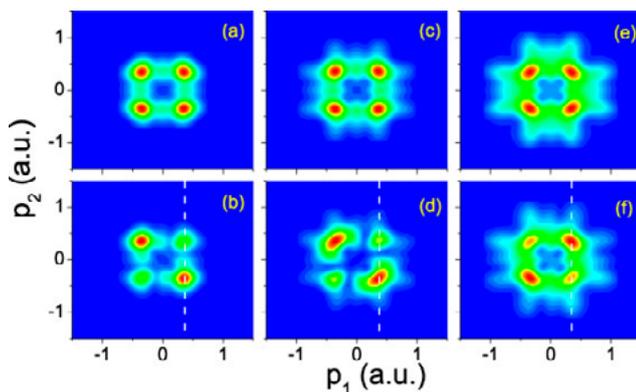


Fig. 3: False-color plots of the calculated distribution of the longitudinal (parallel to the laser polarization) electron momenta in nonsequential double ionization of argon at 800 nm and different laser intensities: (a) and (b) $4 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$; (c) and (d) $7 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$; (e) and (f) $9 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$. In the panels of the upper row, the contributions of the various excited states of the Ar^+ ion (two of them are represented in Fig. 2) are added incoherently, in the lower row they are added coherently with the calculated phases. Comparison of the first and the second row illustrates the dramatic effect of quantum-mechanical interference.

Fig. 3: Verteilung der longitudinalen Elektronenimpulse (parallel zur Laserpolarisation) bei der nichtsequentiellen Doppelionisation von Argon durch ein 800 nm Laserfeld bei verschiedenen Intensitäten: (a) und (b) $4 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ (c) und (d) $7 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ (e) und (f) $9 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$. In der oberen Reihe sind die Beiträge der verschiedenen Kanäle (vgl. die angeregten Zustände in Fig. 1) inkohärent und in der unteren kohärent addiert unter Berücksichtigung der entsprechenden Phasen. Der Vergleich macht den dramatischen Effekt der quantenmechanischen Interferenz deutlich.

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Allgemein



laser optics

International Trade Fair and Congress
for Optical Technologies and Microsystems

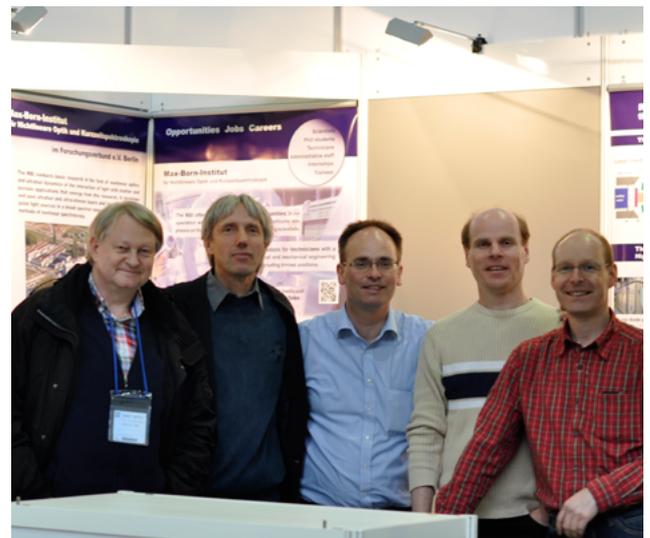
www.laser-optics-berlin.de

Auch an der *laser optics* im März 2014 war das Max-Born-Institut sowohl mit Kongressteilnehmern aus allen Bereichen als auch mit einem 12 m² Ausstellungsstand vertreten. Zum diesjährigen Ausstellungsteam gehörten R. Grunwald, U. Griebner, I. Will, R. Jung, J. Tümmeler, M. Dörfer und A. Wettstein.

Mit engagiertem Einsatz sowie durchdachter Organisation - und damit ohne Hektik und Stress aller Beteiligten, klappte der Auf- und Abbau reibungslos. Mit viel Sorgfalt fürs Detail wurde unser Stand mit unseren Exponaten, Postern und einem neuen Institutsflyer bestückt. Am Schluss durften die Blumen für das Auge nicht fehlen.

Der Stand des MBI war zu einem Großteil der Zeit gut frequentiert und geriet diesmal auch stärker in den Fokus der Medien. Neben einigen hochrangigen Gästen aus der Berliner Politik und der Messeleitung besuchten uns zahlreiche Vertreter von Firmen und Instituten, ebenso Teilnehmer der gleichzeitig stattfindenden Tagungen und Workshops, Projektpartner sowie Studenten.

Die Studenten stammten wie schon auf der letzten LOB nicht nur von den Hochschulen und Universitäten aus der Region, sondern kamen auch aus anderen Bundesländern und aus dem Ausland. Einige von ihnen bekundeten ihr Interesse an einer Bewerbung für Master- und Doktorandenstellen am MBI. Es kam zu vielen netten Update-Meetings mit ehemaligen Kollegen und Studenten des Max-Born-Institutes. Darüber hinaus wurden im Rahmen der LOB wichtige Vorgespräche zu möglichen zukünftigen Kooperationsaktivitäten, so etwa mit verantwortlichen Vertretern der Firma Berliner Glas, organisiert.



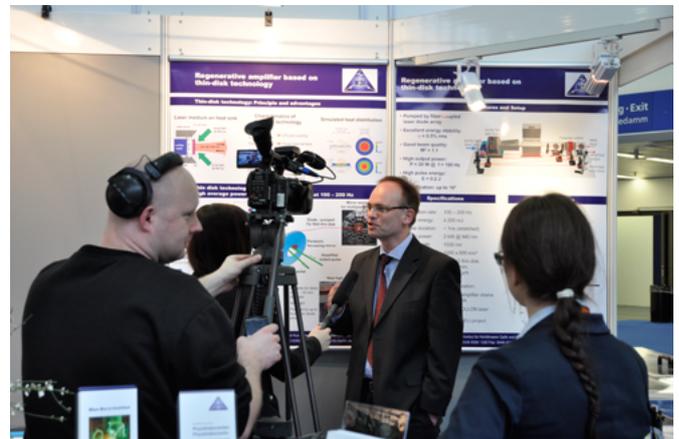
Anlässlich des Eröffnungsrundgangs besuchte uns die Delegation mit Guido Beermann, Staatssekretär für Wirtschaft, Technologie und Forschung sowie Ingrid Maaß, COO, Messe Berlin.

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014



Welcome reception party on the occasion of laser optics: Thomas Elsaesser: Ceremonial Lecture „Mapping Atoms on the Fly - Lasers in structure research“



... zum Kongress- und Messegeschäft gehören auch die zahlreichen Interviews mit Videodreh für die vielseitige Nutzung auf digitalen Plattformen, die Ingo Will ad hoc mehrsprachig souverän abgearbeitet hat.



Für die zirka 3000 Besucher und 400 Kongressteilnehmer bietet die Kombination von Messe, hochkarätig besetzten Kongressen und Fachforen die besten Voraussetzungen für die Pflege persönlicher Netzwerke und einen intensiven Technologietransfer. In drei Messehallen präsentierten rund 150 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus elf Ländern ihre innovativen Produkte und Services.

Mehr über die Exponate:

Flexibler prismatischer Spiegel für Ultrakurzpuls-Laseranwendungen

Eine neuartige piezomechanische Komponente zur adaptiven Formung von Laserstrahlung wurde präsentiert. Es handelte sich um ein mikro-elektro-mechanisches System (MEMS) in Form eines prismatischen Fresnel-Spiegels, der aus zwei gegeneinander bewegten ebenen Teilsiegeln besteht und die Strahlung in eine oder mehrere Linien geringer Diffraction transformiert (Patent angemeldet). Wegen der rein reflektiven Arbeitsweise ist die Dispersion minimal, was die Übertragung ultrakurzer Impulse begünstigt. Ein weiterer Vorteil ist die hohe erreichbare Schaltgeschwindigkeit (kHz-Bereich).

Flexible prismatic mirror for ultrashort-pulse laser applications

A novel piezo-mechanic component for adaptive laser beam shaping was presented. The component consists of a micro-electro-optical system (MEMS) composed of two synchronously tilted plane partial mirrors and acts as an adaptive prismatic Fresnel mirror (patent filed). The device transforms the beam profile into one or multiple lines of low diffraction. Because of the purely reflective operation, dispersion is minimal so that the transfer of ultrashort pulses is favored. Another advantage is the high possible switching frequency (up to kHz range).

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Motivation:

Ultrakurze Pulse sind von wachsender Bedeutung für Mikro-materialbearbeitung, Biomedizin, ultraschnelle Metrologie, Mikroskopie, nichtlineare Spektroskopie oder Plasmaphysik. Die flexible Formung von Licht in Raum und Zeit erlaubt eine Optimierung der jeweils benötigten Wechselwirkungszonen.

Anwendungsbeispiele:

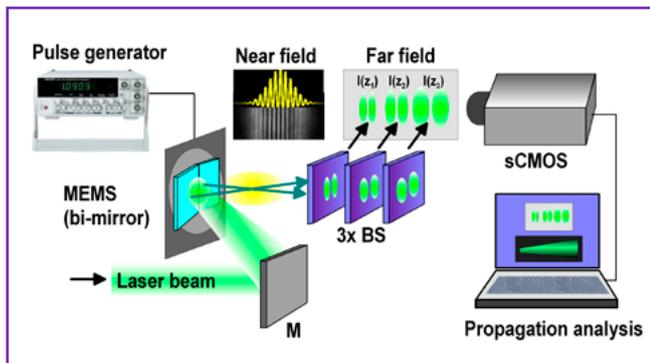
- Mehrkanal-Nanostrukturierung
- Adaptive Autokorrelation

Motivation:

Ultrashort pulses are of increasing importance for micromachining, biomedicine, ultrafast metrology, microscopy, nonlinear spectroscopy or plasma physics. The flexible shaping of light in space and time enables to optimize the required interaction zones.

Application examples:

- Multichannel nanostructuring
- Adaptive autocorrelation of ultrashort pulses



Prinzipaufbau des Demonstrators:

Im Demonstrator wird der Strahl einer Laserdiode (532 nm) von einem Fresnel-Spiegel in Paare aus Teilstrahlen umgeformt, die sich im Nahfeld überlagern und im Fernfeld auseinanderlaufen. Zur tomografischen Analyse des Fernfeldes wird das Strahlenpaar von 3 Strahlteilern (BS) auf einen Schirm gelenkt und mit einer Kamera (sCMOS-Kamera, hier: WebCam) in Echtzeit detektiert. Aus den Intensitätsprofilen kann die Bewegung des MEMS mit bis zu kHz-Auflösung rekonstruiert werden.



Basic configuration of the demonstrator:

In the demonstration setup, the beam of a laser diode (532 nm) is transformed into pairs of partial beams by a flexible Fresnel (double) mirror. These sub-beams are superimposed in the near field and diverge in far field. For a tomographic analysis of the far field, the beam pair is tripled by beam splitters and a mirror, directed onto a screen and simultaneously detected in real-time by a fast camera (lab: sCMOS, here: WebCam). From multiple intensity profiles, the movement of the MEMS can be reconstructed at kHz time resolution.

Kontakt/Contact:

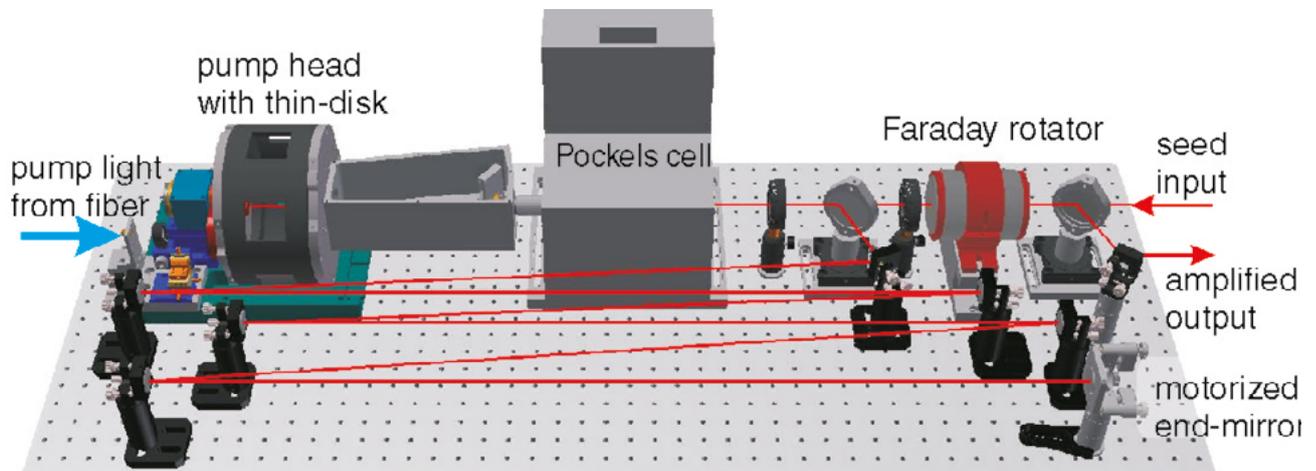
Ruediger Grunwald, Tel. 1457

Literatur/References: J. Brunne, M. Wapler, R. Grunwald, and U. Wallrabe, A tunable piezoelectric Fresnel mirror for high-speed lineshaping, J. Micromech. Microeng. 23, 115002 (2013).

Projektförderung/Project funding: R&D were performed within the framework of a joint DFG project by IMTEK (WA 1657/3-1) and MBI (GR 1782/14-1).

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014



Regenerativer Scheibenlaser-Verstärker für hohe Impulsenergie

Scheibenlaser kommen seit Jahren wegen der besonders günstigen thermischen Eigenschaften einer dünnen Yb:YAG-Scheibe zum Einsatz. Indem diese biegsame Scheibe auf eine formstabile Wärmesenke gebondet wird, erhält man eine Anordnung, die sich besonders für Laser hoher mittlerer Leistung mit guter Strahlqualität eignet.

Wir stellen einen regenerativen Scheibenverstärker vor, der für hohe Impulsenergie optimiert ist. Der Verstärker arbeitet bei 1030 nm Wellenlänge. Er erzeugt Impulse von 200 mJ Energie bei 1 ns Pulsdauer und 250 Hz Repetitionsrate, wobei eine Energiestabilität von besser als 0.3% (rms) erreicht wird.

Der optische Aufbau des Laserverstärkers nimmt eine Fläche von 1200 mm x 600 mm ein. Die Yb:YAG-Scheibe befindet sich in einem kommerziell erhältlichen Laserkopf. Sie wird durch ein fasergekoppeltes Halbleiterdiodenarray gepumpt.

Speist man in den Scheibenlaserverstärker Impulse aus einem Yb:KGW-Oszillator ein, so können die verstärkten Impulse auf weniger als 2 ps Länge komprimiert werden. Diese Impulse eignen sich nach Konversion in die 2. Harmonische optimal zum Pumpen von OPCPA-Systemen, welche eine Schlüsseltechnologie zur Erzeugung extrem kurzer sub-10fs Impulse hoher Energie darstellen.

Kontakt: Ingo Will, Tel. 1320

Thin-disk regenerative amplifier for high pulse energies

Thin-disk lasers have found an increasing number of applications due to the favourable thermal properties of thin, bendable Yb:YAG disks bonded to a rigid heat sink. This basic setup is particularly well suited for lasers that maintain good beam quality at high average power.

We present a thin-disk regenerative amplifier that has been optimized for high pulse energy. The amplifier operates at a 1030 nm wavelength. It generates output pulses of 200 mJ energy and a 1 ns duration with up to 250 Hz repetition rate. The energy stability of the output pulses is better than 0.3% rms.

The optical setup of the amplifier fits onto a breadboard of 1200 mm x 600 mm size. Its Yb:YAG thin-disk is located in a commercially available laser head and pumped by a fibre-coupled diode array.

When seeding the amplifier with a chirped pulse from an Yb:KGW oscillator, the bandwidth of the amplified pulses exceeds 1.6 nm. These pulses can be compressed to <2 ps duration. After converting these pulses to the second harmonics, they are well suited for pumping high-power OPCPA systems which are a key technology for producing high power laser pulses of sub-10 fs duration.

Contact: Ingo Will, Tel. 1320

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014



Girlsday im MBI am 27.3.2014

Zum nunmehr 9. Mal lud das MBI 20 Mädchen der Klassen 7-13 zum Girls' Day ein. Und wie in jedem Jahr, waren die Plätze schon zwei Tage nach Bekanntgabe auf der Internet-Plattform ausgebucht.



In diesem Jahr gab es bewährte, aber auch neue Ideen zur Programmgestaltung, so dass wir den Schülerinnen sehr interessante Arbeitsbereiche präsentieren konnten. Beginnend mit der Vorstellung des HFL-Labors, gab es Einblicke in der theoretischen und experimentellen Physik.



Dass es in einem Physikinstitut auch spannende Möglichkeiten für Ingenieurinnen gibt, erlebten die Schülerinnen bei dem Besuch der IT-unterstützten Kälteanlage, aber auch der Bereitstellung von WLAN, das einige Schülerinnen auch gleich über ihr Smartphone nutzten.



Für alle eine schöne Erinnerung war die Erstellung eines Armbandes in der Werkstatt.

Auch in der Mittagspause, in der sich auf gesunde Weise für den zweiten Teil des Tages gestärkt wurde, gab es viele Fragen und einige Schülerinnen führten kleinere Interviews durch.



Nicht jedes Mädchen, das bei uns war, wird sich einen Beruf in den Naturwissenschaften aussuchen. Aber die ersten Anfragen nach einem Praktikumsplatz wurden unmittelbar nach dem Girlsday schon gestellt, das doch zeigt, dass dieser Tag für die Schülerinnen interessant und spannend war.

Das Feedback war absolut positiv und einige wollen auch nächstes Jahr wieder kommen und baten darum, dass sich das MBI im kommenden Jahr wieder daran beteiligt.

Weitere Informationen kann man finden unter: http://intern.mbi-berlin.de/de/gender_equality/index.html

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Beteiligten für Gestaltung und bei der Institutsleitung für die Unterstützung bedanken, die diesen Girls' Day wieder zu einem erfolgreichen Tag werden ließ.

Margret Rink, stellv. Gleichstellungsbeauftragte MBI

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

EDV/IT

Hilfe und Unterstützung bei Fragen zur EDV/IT

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

wir möchten nochmals auf die verschiedenen Möglichkeiten unseres IT Supportes hinweisen. Wir bitten Sie, die u.g. Kommunikationswege zu nutzen, da persönliche Telefonanrufe oder Mails bei Ausfall von diesen persönlich angesprochen IT-Mitarbeiter nicht bearbeitet werden können.

- **Unsere lokalen Administratoren in den Abteilungen**

Die Verantwortlichen sind Ihre ersten Ansprechpartner bei Problemen und Anfragen sowie Beschaffungen von IT-Equipment.

Sie finden Ihre Ansprechpartner unter:

http://intern/de/edv/structure/local_support.html

- **Zentrale Hotline**

Rufnummer **1555**
Montag - Freitag 08:00 - 15:00 Uhr

- **Rufbereitschaft** (Außerhalb der Hotline-Zeiten)

Rufnummer **1559**
Montag - Freitag 16:00 - 22:00 Uhr
Feiertagen, Wochenenden 10:00 - 22:00 Uhr

Die Rufbereitschaft ist keine erweiterte Hotline. Dazu bitte die „Hinweise zur Rufbereitschaft“ lesen.

<http://intern/de/edv/help/oncall/index.html><http://intern/de/edv/help/oncall/index.html>

- **IT-Ticketsystem per Emailanfrage**

Diese Mail wird als Ticket im IT-Ticketsystem aufgenommen und von den Mitarbeitern der zentralen IT bearbeitet oder reicht diese ggf. zur weiteren Bearbeitung an den lokalen Administrator weiter.

support@mbi-berlin.de jederzeit

- **EDV-Webseiten im Intranet**

Weiterhin möchten wir auch nochmal auf die z.T. schon überarbeiteten EDV-Webseiten im Intranet hinweisen, auf denen Sie Informationen zur Nutzung von WLAN, zur Beschaffung von PCs und Monitoren, weitere Hinweise zur Nutzung der Rufbereitschaft, etc. finden können.

<http://intern/de/edv/overview/index.html>

Vielen Dank im Namen des IT-Teams.
M. Rink

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

EDV/IT

Assistance and Support IT

Dear Colleagues,

we would like again to draw your attention on the various MBI's IT assistance and support possibilities. In case of IT queries, technical soft- and hardware problems as well as IT procurement, we kindly ask you to use the support channels and instruments listed below. This with regard to the fact, that the IT staff members are not supposed to answer personal quick calls or e-mails addressed other than support@mbi-berlin.de. Adhering the following procedure resp. choosing one of the ways mentioned hereafter ensure smooth organizational workflows which will benefit all of us.

- **Local administrator experts within the departments**

The local administrator experts are your first point of contact for technical problems, queries and procurements of IT matters.

They are listed under the following link:

http://intern/de/edv/structure/local_support.html

- **Central Service Hotline**

please dial **1555**
Monday - Friday 08:00 a.m. - 03:00 p.m.

- **On-Call-Duty-Service** (Outside of the Central Service Hotline hours)

please dial **1559**
Monday - Friday 04:00 p.m. - 10:00 p.m.
public holiday, weekend 10:00 a.m. - 10:00 p.m.

Consider that the *On-Call-Duty-Service* is not an expanded *Service Hotline*. Please read carefully the On-Call-Service Information under the following link.

<http://intern/de/edv/help/oncall/index.html>
<http://intern/de/edv/help/oncall/index.html>

- **IT-ticket-system via E-mail request**

Your E-mail will be recorded in the IT-system databank and answered either directly by the IT staff or forwarded to the local administrator experts for further actions.

support@mbi-berlin.de 7-day /24-hour service

- **IT websites on the Intranet**

Finally we would like to emphasize again on our partially revised IT websites on the Intranet. You will find more detailed information about W-Lan, procurement of PCs and monitors, further indications about the rules of the On-Call-Duty-Service, etc. under:

<http://intern/de/edv/overview/index.html>

Thank you very much on behalf of the IT Team MBI
M. Rink

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Termine - Save the date 2014

Beiratstermin MBI

Montag, 22. September 2014

Strom- und Kälteabschaltung

Pfingstmontag, 9. Juni 2014 von ca. 7:00 bis 14:00 Uhr

Grund: Umstellung der Hochspannungsversorgung (30kV/110kV) im ENB/BTB Stromnetz (Energieversorger) in Berlin-Adlershof

Wir bitten alle Mitarbeiter am **Freitag, den 6. Juni** alle „Stromverbraucher“ vom Stromnetz zu trennen; d.h. in allen Laboren, Büros, Küchen, etc. die 230V/380V Stecker zu ziehen oder die Hauptschalter an den Geräten bzw. Verbrauchern auszuschalten.

ACHTUNG: kein Standby-Betrieb! Anschluss diverser Kühlschränke (Chemielabore), etc. durch die Betriebstechnik an die SV-NOT-Stromversorgung.

Die EDV-Anlagen des MBI werden am **Sonntag, den 8. Juni** beginnend **ab 12:00h** heruntergefahren. Die EDV bleibt bis **ca. 16:00h** bis zum **Montag, den 9. Juni** vollständig abgeschaltet bleiben.

Was wird wann ab- und wieder zugeschaltet am Montag, dem 9. Juni (unter der Prämisse, dass alles planmäßig läuft):

1. Abschaltung der Kaltwasser und Kühlwasserversorgung sowie Lüftungsanlagen des MBI ab **7:00h**
2. Die Abschaltung der Hochspannungsversorgung und des Niederspannung-Stromversorgungsnetz (230V/380V) und der Trafo-NS-Hauptschalter von **8:00 Uhr – bis zirka 8:15/8:30** durch ENB/BTB und die MBI-Betriebstechnik
3. Ab zirka 8:30, **jedoch erst nach Bestätigung der Stabilität durch ENB/BTB:**
 - 3.1. Zuschaltung MBI-NS-Netz
 - 3.2. Zuschaltung zentrale Kälteversorgung
 - 3.3. Gebäudeweise Zuschaltung der zentralen Kälte- und Lüftungsanlagen
 - 3.4. Zuschaltung aller Strom-Unterverteilungen in den Gebäuden (außer diverse Labore auf Wunsch !) bis gegen 13:00 Uhr
 - 3.5. Kontrolle aller Versorgungssysteme bis gegen 14:00 Uhr
4. Hochfahren der EDV im Gefolge von Strom- und Kälteversorgung ab ca. **9:00h**. Wiederherstellung der EDV-Funktionen im Verlaufe des Tages. Wenn alles planmässig läuft, sind die EDV-Dienste nach **4 bis 6 Stunden** wieder vollständig in Funktion

MBI Interner Newsletter

5. Jahrgang - Ausgabe 14 - Mai 2014

Planned shut down of electricity and cooling-systems

Whit Monday, 9 June 2014 from around 7:00 a.m. till 2:00 p.m.

Objectives: Switching to the high voltage supply system (30kV/110kV) within the ENB/BTB public electricity network (electricity grid operator) in Berlin-Adlershof

For this reason we kindly ask you to disconnect all „electricity consumers“ resp. devices from the power supply on **Friday, 6 June 2014**. More precisely, please switch off the supply or the main switch and pull all the mains plugs (230V/380V) of the devices and appliances in the labs, offices, kitchens, etc. **Attention: no standby mode!** There will be some power back-up supply (SV-NOT-Stromversorgung) of various cooling appliances such as refrigerators in the chemistry labs by the facility management.

The complete MBI IT-network and computers will be shut down and unplugged from the mains on **Sunday, 8 June 2014** beginning at **12:00 a.m.**. The whole IT systems remain off completely from around **4. p.m. until Monday, 9 June**.

What will be exactly switched on/off on Monday, 9 June 2014 (in assumption that everything is going according to plan)

1. Shut down of the cold and cooling water supply as well as ventilation systems of the MBI at around **7:00 a.m.**
2. Shut down of the high voltage supply and the low voltage power supply network (230V/380V) as well as the transformer main power from **8:00 a.m. till around 8:15/8:30 a.m.** by ENB/BTB and the MBI facility management
3. At around **8:30 a.m.**, **but only after stability proof of ENB/BTB:**
 - 3.1. Reconnection of the MBI low voltage power supply network
 - 3.2. Reconnection of the central cooling systems
 - 3.3. Reconnection of the cooling and ventilation systems in all houses step by step.
 - 3.4. Reconnection of the power subdistribution in all houses (some labs according to their needs) until 1:00 p.m.
 - 3.5. Final control of all supply systems until 2:00 p.m.
4. Restarting of the whole IT systems as a result of the successful reconnecting of all electricity and cooling systems as outlined under point 3. Start of the IT recovery at around **9:00 a.m.** and normalizing of the systems, functions and services step by step during the day. The full functional ability of all IT systems takes around **4 until 6 hours** (in assumption that everything is going according to plan