

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Inhalte

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

## Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

unser gemeinsamer Einsatz hat sich gelohnt: der nun vorliegende offizielle Evaluierungsbericht\* bescheinigt dem MBI eine „hervorragende wissenschaftliche Qualität der Arbeiten am Institut“ und gelangt zu der Einschätzung: „Im weltweiten Vergleich zählt das Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie zur Spitzengruppe der Institute seines Fachgebiets.“ Diese Bewertung ist von der Leibniz-Gemeinschaft, vom Bund und der Gemeinschaft der Länder als herausragend gewürdigt worden.

Der Bericht enthält eine Reihe von Empfehlungen, darunter die Aufforderung an die Zuwendungsgeber, die Konkurrenzfähigkeit des MBI durch angemessene Investitionen in neue wissenschaftliche Infrastruktur zu sichern. Diese Empfehlung unterstützt direkt das Bestreben des Direktoriums, im Rahmen der MBI-Programmbudgets für die Jahre 2015 und 2016 erhöhte Investitionsmittel zu erhalten, u.a. auch für die Neubesetzung der Direktorenposition im Bereich B.

Das Evaluierungsergebnis sollte uns anspornen, die Zusammenarbeit im Institut weiter zu verstärken. Innerhalb der MBI-Projekte wie auch in der Kooperation zwischen Experiment und Theorie gibt es Potentiale, die noch besser genutzt werden können. Die regelmäßigen Treffen der Projektleiter sind ein wichtiges Instrument der Planung und Kommunikation, sie ersetzen aber nicht den aktiven Austausch zwischen allen MBI-Angehörigen. Das Wissen, was am Institut von wem wie getan wird, führt zu neuen Ideen und hilft praktische Probleme im Tagesgeschäft wesentlich schneller zu lösen. Auch das Kolloquium und die zahlreichen anderen Veranstaltungen im Haus lassen sich dafür nutzen. Wir freuen uns auf Ihr Engagement und sind jederzeit offen für Anregungen, die das MBI noch besser machen.

Für das Direktorium  
Thomas Elsässer

## Editorial

Dear members of the MBI,

Our joint effort has been successful: the now official evaluation report\* attests the MBI an 'outstanding scientific quality of the work at the institute' and states: The Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI) is a research institute with a global reputation in its field." This assessment has been very highly appreciated by the Leibniz Association, the Federal and the State Funding Bodies.

The report makes a number of recommendations, among them the request that the funding bodies should secure the competitiveness of the institute by appropriate investments into new scientific infrastructure. This recommendation directly supports the goal of the Board of Directors to increase the amount available for investments within the framework of the program budgets 2015 and 2016. This will also be required for the appointment of the new director of Division B.

The evaluation results should motivate us to even enhance the cooperation within the institute. There are many opportunities within the MBI projects and in the collaboration between theory and experiment to be picked up. The regular meetings of the project leaders are an important instrument for strategic planning and communication but they cannot replace the information exchange among all MBI members. Knowing who does what with which method at the MBI can lead to new ideas and helps to solve practical problems of day-to-day business substantially faster. The MBI colloquium and the many other events at the institute should be useful for this as well. We look forward to seeing your commitment and will be always open for ideas that make MBI even better.

For the Board of Directors  
Thomas Elsaesser

\* [http://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/Evaluierung/Senatsstellungennahmen/MBI\\_-\\_Senatsstellungnahme\\_2013-03-21\\_mit\\_Anlagen.pdf](http://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user_upload/downloads/Evaluierung/Senatsstellungennahmen/MBI_-_Senatsstellungnahme_2013-03-21_mit_Anlagen.pdf)

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Personalinformationen

Neue Mitarbeiter im Max-Born-Institut  
(Stand 14.05.2013)

Dr. Alexandria Anderson  
Wissenschaftlerin A3  
Telefon: 1248  
E-Mail: anderson@mbi-berlin.de  
Beginn 01.04.2013



Sven Meise  
Diplomand B2  
Telefon:  
E-mail: meise@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.04.2013



Dr. Judith Durá Diez  
Wissenschaftlerin A2  
Telefon: 1207  
E-Mail: dura@mbi-berlin.de  
Beginn: 08.04.2013



Karl Mildner-Spindler  
Diplomand B2  
Telefon: 1341  
E-mail: mildner@mbi-berlin.de  
Beginn: 15.02.2013



Dr. Grace Gloria Manahan  
Wissenschaftlerin B1  
Telefon: 1318  
E-mail: manahan@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.04.2013



Manuel Reza  
Diplomand A3  
Telefon: 1288  
E-mail: reza@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.03.2013



Antonio Gianfrante  
Gastwissenschaftler C2  
Telefon: 1448  
E-mail: gianfrat@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.05.2013



Paul Weber  
Diplomand A2  
Telefon:  
E-mail: pweber@mbi-berlin.de  
Beginn: 11.03.2013



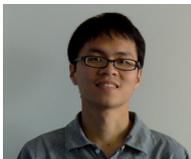
Emilio Pisanty Alatorre  
Gastwissenschaftler A1  
Telefon: 1364  
E-mail: pisanty@mbi-berlin.de  
Beginn: 18.02.2013



Aurélie Dehlinger  
stud.-wiss. Hilfskraft B1  
Telefon:  
E-mail:  
Beginn: 15.03.2013



ShinAn Ku  
Gastwissenschaftler C3  
Telefon: 1473  
E-mail: ku@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.05.2013



Stephan Marschner  
stud.-wiss. Hilfskraft A2  
Telefon: 1214  
E-mail: marsch@mbi-berlin.de  
Beginn: 15.02.2013



Fabrizio Di Trapani  
Diplomand A3  
Telefon: 1264  
E-mail: ditrapan@mbi-berlin.de  
Beginn: 01.03.2013



Wir wünschen allen Mitarbeitern einen erfolgreichen Start im Max-Born-Institut.

Paul Froemel  
Diplomand A2  
Telefon: 1238  
E-mail: froemel@mbi-berlin.de  
Beginn: 04.03.2013



Wir möchten an dieser Stelle nochmals - vor allem für die neuen MitarbeiterInnen - erwähnen, dass die Zugänge neuer Mitarbeiter im Intranet abrufbar sind. Es werden nur MitarbeiterInnen aufgeführt, die mindestens zwei Wochen im MBI beschäftigt sind. Diese Liste wird täglich aktualisiert unter:

<http://intern.mbi-berlin.de/de/organization/staff/new/index.html>

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

Ausgeschiedene Mitarbeiter  
(Stand 14.05.2013)

Dr. Kathrin Maria Lange	Wissenschaftlerin, A2
Dr. Gerd Priebe	Wissenschaftler, B3
Dr. Flavio Zamponi	Wissenschaftler, C3
Dr. Adolfo Esteban-Martin	Gastwissenschaftler A3
Benjamin Freyer	Gastwissenschaftler C3
Georgi M. Marchev	Gastwissenschaftler A3
Vladimir Panyutin	Gastwissenschaftler A3
Rajendra Prasad	Gastwissenschaftler B1
Marina Starikova	Gastwissenschaftlerin A3
Jakov Buller	Gastwissenschaftler B2
Dorit Fischer	Technikerin, C2
Matthias Danzl	stud.-wiss. Hilfskraft EDV

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

## Betriebsrat MBI

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Anfang 2013 wurde in den Gebäuden des Max-Born-Instituts eine moderne Schließanlage mit elektronischen Zylindern installiert und in Betrieb genommen. Damit einher ging die Notwendigkeit, eine Betriebsvereinbarung „Schließanlage“ zusammen mit dem Direktorium auszuhandeln. Da in den Komponenten der neuen Schließanlage Daten elektronisch gespeichert und verarbeitet werden, besteht theoretisch die Möglichkeit, dass die anfallenden Daten zur Arbeits- und Verhaltenskontrolle der MitarbeiterInnen des Instituts genutzt werden könnten. Der Konjunktiv steht nicht von ungefähr an dieser Stelle, denn niemand zieht das ernsthaft in Erwägung.

Vielmehr soll mit der neuen Betriebsvereinbarung sichergestellt werden, dass die Daten nur in klar definierten Ausnahmefällen, wie zum Beispiel Havarien (wie jüngst geschehen) und kriminellen Akten (Einbruch, Diebstahl) ausgewertet werden dürfen. In solchen Fällen wird der Betriebsrat als Ihre Vertretung über die Auswertung in Kenntnis gesetzt. Zudem haben wir besonderen Wert darauf gelegt, dass der MitarbeiterInnen-Kreis, der notwendigerweise Zugriff auf die sensiblen, personenbezogenen Daten des Schließsystems hat, sehr eng gefasst wurde.

Die Betriebsvereinbarung finden Sie in Kürze auf der Intranetseite des Betriebsrates unter <http://intern.mbi-berlin.de/de/more/betriebsrat/index2.html>

Mit freundlichen Grüßen  
Ihr Betriebsrat

## Herzlichen Glückwunsch zur abgeschlossenen Ausbildung!

Wir gratulieren Dennis Ueberschär, Abteilung C2 und Denny Sommer, Abteilung B1 zu ihrer erfolgreich abgeschlossenen Berufsausbildung. Wir wünschen beiden Absolventen weiterhin viel Erfolg auf dem privaten und beruflichen Werdegang. Beide Absolventen arbeiten am MBI weiter. Herr Überschär in der Abteilung C2 und Herr Sommer in B1.



Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit.

## Staff Council MBI

Dear Colleagues,

At the beginning of 2013 a modern electronic locking system was installed and put into operation in all buildings of the Max-Born-Institute. As the new locking system works electronically and collects and stores sensitive data of each employee the staff council and the managing directors of MBI had to work out a new operating agreement - as there could be a „purely theoretical“ possibility to use the stored data for monitoring working habits and conduct of staff members. We would like to emphasize that we use the conditional tense here as no one has the intention to make use of this data.

In fact, the new operating agreement ensures that this sensitive data is only accessed in terms of investigations in exceptional cases and under clearly defined conditions such as damages which happened recently or criminal acts (theft and/or burglary). In such cases the staff council that is representing your interests will be informed about the investigation results. Furthermore we placed particular emphasis on the fact that only a very limited number of persons can access the locking system's data.

You will shortly find further information on our Intranet pages under:

<http://intern.mbi-berlin.de/de/more/betriebsrat/index2.html>

With kind regards,  
Your Staff Council

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Projekteinwerbung

### Bereich A

**Projektbezeichnung: DAAD PPP Bulgarien**

Projektbezogener Personenaustausch 2013-2014  
ID 54391860

Application of carbon nanotube and graphene saturable  
absorbers

**Laufzeit:** 11.03.2013 - 31.12.2014

**Projektleiter:** V. Petrov

**Geldgeber:** DAAD

**Projektbezeichnung: Photek-MBI Consulting Agreement**

**Laufzeit:** 01.03.2013 - 31.12.2014

**Projektleiter:** M. Vrakking

**Geldgeber:** Photek Ltd.

**Projektbezeichnung: DFG SCHU 645/8-1**

Korrelierte Elektronen- und Kernbewegungen in Molekülen

**Laufzeit:** 01.03.2013 - 28.02.2016

**Projektleiter:** M. Vrakking, C.-P. Schulz

**Geldgeber:** DFG

### Bereich C

**Projektbezeichnung: VDI NANOCHALK 13N12662**

Verbundprojekt: Nanostrukturierte Chalkogenidfasern  
(NANOCHALK)

Teilvorhaben: Optische Charakterisierung

**Laufzeit:** 01.04.2013 - 31.03.2015

**Projektleiter:** G. Steinmeyer

**Geldgeber:** VDI

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Forschungsergebnisse

### Synchrone Bewegung von Elektronen in benachbarten Molekülen - ein ultraschneller Röntgenfilm über Metallkomplexe in einem Kristall

Mittels Femtosekunden-Röntgenbeugung konnten das Projektteam 3.3 und Forscher der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne erstmals eine extrem schnelle, kollektive Verschiebung von Elektronen zwischen ~100 Molekülonen beobachten, nachdem sie ein einzelnes Elektron in einem Kristall aus Übergangsmetallkomplexen angeregt haben.

In der Photochemie und molekularen Photovoltaik sind sogenannte Übergangsmetallkomplexe ein weitverbreitetes System. Es besteht aus einem zentralen Metallion, an das eine Gruppe von meist organischen Liganden gebunden ist. Diese Materialien zeigen eine starke Absorption von sichtbarem oder ultraviolettem Licht - eine attraktive Eigenschaft für Anwendungen als primäre Lichtabsorber in molekularen Solarzellen oder in der molekularen Optoelektronik. Nach der Absorption von Licht beobachtet man eine extrem schnelle Verlagerung der Elektronen von dem Metallion auf die Liganden. Dieser Mechanismus ist wesentlich um eine elektrische Spannung zu erzeugen. Da in allen Anwendungen Festkörpermateriale bevorzugt werden, sind in diesen die Übergangsmetallkomplexe sehr dicht gepackt, was zu einer starken Wechselwirkung untereinander führt. Bislang hatte man überhaupt keine Information über den Einfluß dieser gegenseitigen Wechselwirkung auf die ultraschnelle Elektronenbewegung nach der Lichtabsorption.

Um solch eine ultraschnelle Elektronenbewegung direkt in Raum und Zeit zu verfolgen, benötigt man experimentelle Methoden, die die Position von Elektronen in einem Kristall mit einer Präzision von 0.1 nm ( $0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$ ), etwa der Abstand zwischen benachbarten Atomen, auf einer sub-100 fs Zeitskala ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ) bestimmen können. Eine solche Abbildung ist möglich, wenn man ultrakurze Röntgenblitze an den Elektronen streut, da das Beugungsmuster die Information über die räumliche Anordnung der Elektronen zur Verfügung stellt. Die Bewegung der Elektronen wird mittels eines kurzen, optischen Lichtimpulses ausgelöst, welcher ein einzelnes Elektron an einem individuellen Metallkomplex anregt. In der Ausgabe der Fachzeitschrift [Journal of Chemical Physics 138, 144504 \(2013\) \(free download\)](#) berichten Benjamin Freyer, Flavio Zamponi, Vincent Juve, Johannes Stingl, Michael Wörner, Thomas Elsässer und Majed Chergui über die erste in-situ Röntgenabbildung der Elektronen- und Atom-Bewegungen, die durch solch eine Elektronentransfer-Reaktion ausgelöst wurden. Sie zeigen für das Prototypmaterial  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}(\text{PF}_6^-)_2$  zeitabhängige „Elektronendichte-Landkarten“, welche aus einzelnen Schnappschüssen mittels 100 fs kurzer Röntgenblitze gewon-

## Research Highlights

### Neighbors move electrons jointly – an ultrafast molecular movie on metal complexes in a crystal

Applying femtosecond x-ray methods, researchers at the Max Born Institute in Berlin (Germany) and the Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (Switzerland) observed an extremely fast, collective electron transfer of ~100 molecular ions after excitation of a single electron in a crystal of transition metal complexes.

Photochemistry and molecular photovoltaics make frequent use of so-called transition metal complexes which consist of a central metal ion bonded to a group of surrounding ligands. Such materials display a strong absorption of ultraviolet or visible light, making them attractive as primary light absorbers in molecular solar cells and other devices of molecular optoelectronics. Absorption of light is followed by an extremely fast shift of electrons from the metal ion to the ligands, a mechanism that is essential for generating an electric voltage. All applications rely on solid state materials in which transition metal complexes are densely packed and can interact with each other. So far, the influence of this interaction on the very fast electron motions following the absorption of light has remained unclear.

To observe ultrafast electron motions in space and time, one needs to measure the position of electrons in the material with a precision of the order of 0.1 nm ( $0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$ ), roughly corresponding to the distance between neighboring atoms, and on a sub-100 fs time scale ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ). This is possible by imaging the material with extremely short x-ray pulses which are scattered from the electrons and provide their spatial arrangement. The electron motions are initiated by an ultrashort optical pulse which excites an electron on an individual complex. In the issue of [Journal of Chemical Physics 138, 144504 \(2013\) \(free download\)](#) Benjamin Freyer, Flavio Zamponi, Vincent Juvé, Johannes Stingl, Michael Woerner, Thomas Elsaesser and Majed Chergui report the first in-situ x-ray imaging of electron and atom motions induced by such an electron transfer excitation. For the prototype material  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}(\text{PF}_6^-)_2$ , they show time-dependent ‘electron maps’ derived from x-ray snapshots taken with 100 fs long hard x-ray flashes. Taking x-ray snapshots at various times during and after the optical pulse that triggers the charge transfer, creates a molecular movie of electron and atom motions.

To the big surprise of the researchers, the time-dependent ‘electron maps’ reveal a transfer of electronic charge not only from the Fe atoms to the bipyridine units but - so far unknown - an even larger amount of electronic charge from the  $\text{PF}_6^-$  counterions to the bipyridine units. The analysis of the x-ray

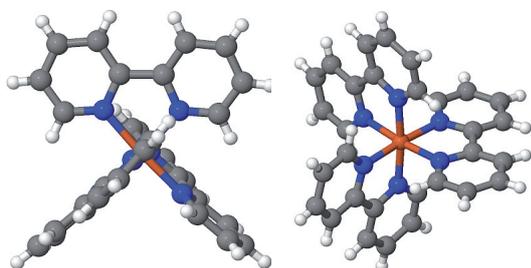
# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

nen wurden. Eine Serie von Schnappschüssen für verschiedene Momente, d.h. vor, während und nach der Elektronentransfer-Reaktion, läßt sich zu einem ultraschnellen Röntgenfilm über Elektronen- und Atom-Bewegungen zusammenfügen.

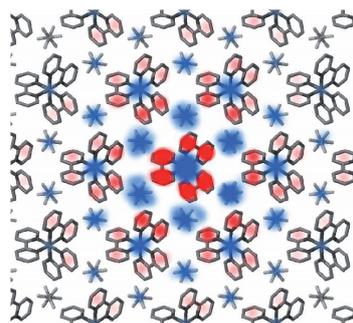
Zur großen Überraschung der Wissenschaftler zeigten die zeitabhängigen „Elektronendichte-Landkarten“ nicht nur eine Verschiebung von Elektronen von den Eisenatomen zu den Bipyridin-Liganden, sondern auch - eine bislang unerwartete - Verlagerung von Elektronen von den  $\text{PF}_6^-$  Anionen zu den Bipyridin-Liganden. Eine genaue Analyse der Röntgenschnappschüsse zeigt, dass der Elektronentransfer auf etwa 30 Metallkomplexen (mit jeweils 2  $\text{PF}_6^-$  Anionen) um den direkt lichtangeregten komplex herum stattfindet. Diese kollektive Antwort der Elektronen wird von den starken Coulomb-Kräften zwischen den unterschiedlichen Ionen hervorgerufen, welche eine Minimierung der gesamten elektrostatischen Energie des Kristalls anstreben. Solch ein Verhalten ist höchst willkommen für das Einsammeln von elektrischer Ladung in opto-elektronischen Bauelementen.

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



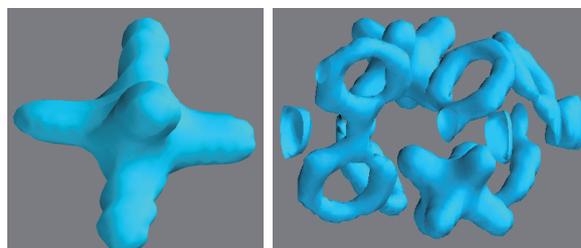
**Bilder und Röntgenfilm:** Oben: Kugel- und Stäbchenmodell des Übergangsmetall-komplexes Eisen(II)-tris-Bipyridin  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$ . Eisenatome (Fe) sind braune, Stickstoff (N) blaue, Kohlenstoff (C) graue und Wasserstoff (H) weiße Kugeln. Die sechs Stickstoffatome befinden sich an den Ecken eines um das Fe-Atom zentrierten Oktaeders. Die Ebenen der 3 Bipyridin Untereinheiten ( $\text{N}_2\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) stehen jeweils senkrecht aufeinander. Links unten: Die Gegenionen in unserem Kristall sind jeweils zwei Hexa-fluoro-phosphat ( $\text{PF}_6^-$ ) Ionen [Phosphor (P), Fluor (F)]. Die sechs F-Atome sind ebenfalls an den Ecken eines Oktaeders um das zentrale P-Atom angeordnet. Wir zeigen hier eine 3-dimensionale Oberfläche konstanter Elektronendichte  $\rho(\mathbf{r},t) = \rho_c = \text{const.}$  Der Wert für  $\rho_c$  wurde so gewählt, dass man höchst empfindlich die Bewegung der Elektronen auf dem  $\text{PF}_6^-$  Anion verfolgen kann. Im Röntgenfilm beobachtet man einen deutlichen Abfluss (d.h. Schrumpfen der Isoelektronendichte-Oberfläche) von Elektronen vom  $\text{PF}_6^-$  Anion nach der Lichtanregung. Rechts unten: Die 3-dimensionale Oberfläche konstanter Elektronendichte innerhalb der Einheitszelle des Kristalls zeigt die relative räumliche Anordnung der Eisenatome (Kugeln), Bipyridin-Liganden (Bretzel-artige Objekte) and  $\text{PF}_6^-$  Anionen (Oktaeder-förmige Sterne).

snapshots shows that the charge transfer affects approximately 30 complexes around the directly photo-excited one. This collective electron response is caused by the electric Coulomb forces between the different ions and minimizes the total electrostatic energy in the crystal. Such behavior is highly favorable for charge collection and injection in optoelectronic devices.



Cartoon of the collective charge transfer in  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}(\text{PF}_6^-)_2$  which affects approximately 30 complexes around the directly photo-excited one. Blue: reduction of electron density, red increase of electron density

Cartoon der kollektiven Ladungsverschiebung in  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}(\text{PF}_6^-)_2$ , welche ungefähr 30 Metallkomplexe (und jeweils 2 Gegenionen) um den direkt lichtangeregten Komplex involviert. Blau: Reduktion der Elektronendichte, rot: erhöhte Elektronendichte



**Figures and movie:** Upper panels: sticks and balls model of the transition metal complex iron(II)-tris-bipyridine  $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$ . Iron-atoms (Fe) are brown, nitrogen (N) blue, carbon grey, and hydrogen (H) white. The six nitrogen atoms are at the corners of an octahedron around the Fe atom. The planes of the 3 bipyridine subunits ( $\text{N}_2\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) are mutually perpendicular. Left lower panel: the counterions in our crystal are two hexa-fluoro-phosphate ( $\text{PF}_6^-$ ) molecular subunits [phosphorus (P), fluorine (F)]. Again, the six F atoms are at the corners of an octahedron around the P atom. We show here a 3-dimensional surface of constant electron density  $\rho(\mathbf{r},t) = \rho_c = \text{const.}$   $\rho_c$  was chosen in such a way that we are most sensitive to the motion of electronic charge located at the  $\text{PF}_6^-$  anion. In the movie we observe upon photo excitation a pronounced reduction of the electron density on that  $\text{PF}_6^-$  anion, i.e. a shrinkage of the iso-electron density surface. Right lower panel: 3-dimensional surface of constant electron density of the unit cell showing the spatial arrangement of Fe atoms (balls), bipyridine subunits (pretzel-like objects), and  $\text{PF}_6^-$  anions (octahedron-like stars).

**Movie:**

[http://www.mbi-berlin.de/de/current/index.html#2013\\_04-15](http://www.mbi-berlin.de/de/current/index.html#2013_04-15)

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Forschungsergebnisse

### Flottiliensegeln bei der Ionen-Licht Wechselwirkung

Segler kennen das Phänomen: starten bei einer Regatta Boote unterschiedlicher Gewichtsklassen, so befinden sich die leichten Jollen schon bald vor den schwereren Kreuzern. Solange jedoch der Wind aus Achtern bläst, sehen sich die Jollen im Windschatten der Armada aus Kreuzersegeln gefangen und können mangels Winddruck nicht entkommen. Als Resultat bleibt das gesamte Feld, nach Größe geordnet, beieinander, wobei die Kreuzer scheinbar die Jollen beherrschen. Die Regatta läuft nicht auseinander, im Gegensatz zu der Situation, die bei einem separaten Start der Bootsklassen leicht eintreten würde.

Mit einiger Vorsicht kann dieses Szenario auf Experimente mit dem MBI Höchstfeldlaser übertragen werden. Ionen unterschiedlicher Masse, Kohlenstoffionen und Protonen, die sich ursprünglich in einer nanometerdünnen Plastikfolie befinden, spielen die Rollen von Kreuzern und Jollen. Die Aufgabe des vorantreibenden Windes übernimmt der intensive Laserpuls, der nicht nur die Folie sofort in ein Plasma verwandelt, sondern auch die freigesetzten Elektronen (die Segel) durch den Lichtdruck vorwärts treibt – ganz analog zur Wirkung des Winddruckes auf die Spinnaker der Boote. Die Elektronen sind durch elektrostatische Kräfte an die Ionen gebunden, genau wie die Spinnaker durch Schoten am Boot gehalten werden – die Regatta kann beginnen.

Um die Physik unseres Experimentes genauer zu verstehen [1], wollen wir jedoch die Analogie der Bootsregatta verlassen und die Elektronen- und Ionendynamik bei der Laser-Teilchen-Beschleunigung genauer betrachten. Tatsächlich existiert ein Ionenbeschleunigungsmechanismus, der „Lichtsegeln“ (light-sail) oder auch Lichtdruckbeschleunigung genannt wird. Bei ihm werden Elektronen an der Vorderseite des Laserpulses durch ponderomotorische Kräfte vorwärts getrieben, wobei sie die Ionen nach sich ziehen. Die Bestätigung dieses Phänomens erfolgte erst kürzlich, wobei das MBI zu den ersten Labors gehörte, das auf Grund der exzellenten Pulsqualität (Kontrast) seines Höchstfeldlasers dazu in der Lage war. Darüber hinaus muss bei der Realisierung des Lichtsegelmechanismus sowohl die Dicke als auch die Dichte der bestrahlten dünnen Folie an Laserintensität und Pulsdauer angepasst werden. In Übereinstimmung mit der Theorie haben wir die optimalen Parameter bei einer Laserpulsdauer von 35 fs und einer Intensität von  $5 \cdot 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup> gefunden, wenn eine 25 nm dünne CH-folie bestrahlt wurde.

Der enorme Lichtdruck eines sehr intensiven Laserpulses treibt alle Elektronen wie ein einzelnes großes Segel vor sich

## Research Highlights

### Ions sailing in light winds

Sailors know it: when a boat race consists of vessels of different displacement the lighter dinghies may soon get in front of the heavy cruisers. Then, however, as long as the wind blows from behind they find themselves stuck in lee of the armada of large cruiser sails, lacking the wind pressure to ultimately escape. As a result the whole bulk of boats – while ordered in size – may stay together with the cruisers seemingly controlling the dinghies. Thus, the field is not dispersed as it would easily occur if the boat classes start separately.

The situation may – with some caution - be translated into experiments with MBI's High Field Laser. Cruisers and dinghies translate into ions of different weight, carbon ions and protons, initially assembled in a nano-meter thin plastic foil. The driving wind is the intense laser pulse, instantly turning the foil into a plasma and pushing the electrons (the "sails") forward through the so called light pressure, quite analogous to the wind pressure acting on spinnaker sails. The electrons are still tied to the ions by electrostatic forces, as much as the spinnakers are tied to their boats by ropes, and, hence, the race may begin.

In order to fully understand the physics of our experiment [1] we leave the analogy with sail boats and take a closer look into the electron and ion dynamics of laser particle acceleration. There exists, indeed, an ion acceleration mechanism called the "light sail" where electrons from a laser-induced plasma are pushed forward in front of the laser pulse through ponderomotive forces, pulling ions behind them. It has been found only recently, with MBI being among the first laboratories to demonstrate it, owing to the excellent pulse quality (contrast) of our high-field lasers. Furthermore, for the light sail phenomenon to occur in a thin foil its thickness and density must be matched with the laser intensity and pulse duration. In accordance with theory we found the optimum pulse parameters at 35 fs duration and  $5 \cdot 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup> intensity when irradiating a 25 nm thin CH-foil

The enormous light pressure of a very intense laser pulse pushes all electrons as a single, huge sail, with the various ion species following due to the balance between their inertia and the electrostatic forces. Initially, the difference in inertia cause a fast separation between protons and carbon ions behind the electron sail, but soon the whole assembly moves without further dispersion due to a balance of mutual electrostatic repulsion and attraction. This situation is of utmost practical importance because protons alone – the interesting species for many applications - would not do so. As a result, one usually finds a wide distribution of proton energies after laser

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

her, wobei die unterschiedlichen Ionensorten entsprechend dem individuellen Gleichgewicht aus Massenträgheit und elektrostatischer Kraft folgen. Zunächst verursacht die unterschiedliche Trägheit eine schnelle räumliche Trennung von Protonen und Kohlenstoffionen hinter dem Elektronensegel. Sobald sich die elektrostatischen Kräfte, Abstoßung und Anziehung, im Gleichgewicht befinden, bewegt sich anschließend das gesamte Ensemble ohne weitere Dispersion. Dieses Szenario hat große Bedeutung, da laserbeschleunigte Protonen, interessant für viele Anwendungen, sich alleine nicht so verhalten würden. Viel mehr findet man üblicherweise nach der Beschleunigung eine breite Verteilung von Protonenenergien, die weit weniger attraktiv für Anwendungen ist als ein „quasi-monochromatischer“ Protonenstrahl.

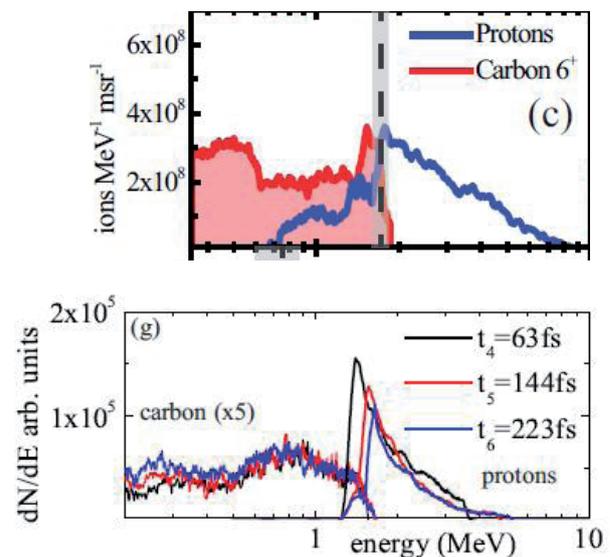
Demgegenüber beobachteten wir in dem hier vorgestellten Experiment eine Ionenseparation mit einer stabilen Grenzfläche, die bis zum Ende der Lichtdruckbeschleunigung und der anschließenden ballistischen Propagation bestehen bleibt. Daraus resultiert eine quasi-monochromatische und gleiche Geschwindigkeitsverteilung der beiden Ionenarten, die in einer ausgeprägten und schmalen Verteilung der kinetischen Energie der Protonen und Kohlenstoff-Ionen resultiert, wie man es in der Abbildung erkennen kann. Diese Erkenntnis ist wichtig, da der Lichtsegelmechanismus zunehmend dominant für noch stärkere Laser wird, die, angeführt vom internationalen ELI Projekt, in verschiedenen Laboratorien aufgebaut werden. Die Attraktivität der Lichtdruckbeschleunigung ergibt sich aus einem interessanten Phänomen in der relativistischen Teilchendynamik: Die Umwandlung der Photonenenergie in die kinetische Energie eines Objektes kann nahe 100% werden, der höchst mögliche anders nicht erreichbare Wert. Das inspiriert nicht nur fiktive Szenarien, sondern es sagt neue praktische Anwendungen für die Teilchenbeschleunigung mit starken Lasern voraus.

[1] S. Steinke et al., Phys. Rev. ST Accel. Beams 16, 011303 (2013)

Contact: M. Schnürer, Tel, 1315

acceleration, much less attractive for applications than a “quasi monochromatic” beam.

The attractiveness of the light sail is based on an interesting phenomenon in relativistic particle dynamics: The conversion of photon energy to kinetic energy of an object can be close to one, the highest possible value not achievable by other means. This drives not only science fiction, it predicts new practical applications for particle acceleration with powerful lasers.



Experimental result (upper part - label (c)) and numerical simulation (lower part – label (g)) of proton and carbon ion energy distribution when a laser pulse with an intensity of about  $5 \times 10^{19} \text{ W/cm}^2$ , a duration of 35 fs and a temporal contrast of more than  $10^{11}$  accelerates a 25 nm thin CH foil.

Experimentelles Resultat (Abbildung oben - Label (c)) und numerische Simulation (Abbildung unten-Label (g)) der Energieverteilung von Protonen und Kohlenstoffionen, wenn ein Laserpuls mit einer Intensität von  $5 \times 10^{19} \text{ W/cm}^2$ , einer Pulsdauer von 35 fs und einem zeitlichen Kontrast von über  $10^{11}$  eine 25 nm dünne CH Folie beschleunigt.

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Forschungsergebnisse

### Wasserstoffatome unter der Lupe

Direkte Beobachtung von Knotenstrukturen in elektronischen Zuständen des Wasserstoffatoms

Um die mikroskopischen Eigenschaften von Materie und ihre Wechselwirkungen mit der Umgebungswelt beschreiben zu können, werden in der Quantenmechanik Wellenfunktionen genutzt, deren Struktur- und Zeitabhängigkeit von der Schrödingergleichung beschrieben werden. In Atomen lassen sich mithilfe von elektronischen Wellenfunktionen u.a. Ladungsverteilungen beschreiben, deren Größenordnung weit von unserem alltäglichen Erfahrungshorizont entfernt ist. Die experimentelle Beobachtung der Ladungsverteilung wird dadurch erschwert, dass der Vorgang der Messung selbst Auswirkungen auf die Wellenfunktion hat und jede Messung selektiv nur eine Manifestation der möglichen Zustände erfasst. Physiker behelfen sich daher mit Berechnungen von Ladungsverteilungen, die mit Lehrbuchwissen möglich sind. Besser gesagt, bis heute war dies so. Unter der Federführung von Wissenschaftlern des MBI gelang es nun einem internationalen Forscherteam ein Mikroskop zu entwickeln, das die Vergrößerung der Wellenfunktion angeregter Wasserstoffatome um einen Faktor von mehr als zwanzigtausend erlaubt. Damit können die Knotenstrukturen der elektronischen Zustände des Wasserstoffatoms auf einem zweidimensionalen Detektor sichtbar gemacht werden. Die Ergebnisse der Arbeit stellen die Verwirklichung einer drei Jahrzehnte alten Idee dar und wurden in *Physical Review Letters* (PRL 110, 213001 (2013)) veröffentlicht.

Die Entwicklung der Quantenmechanik in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts hatte erheblichen Einfluss auf das naturwissenschaftliche Verständnis der Welt. Die Quantenmechanik erweiterte das auf der klassischen Newtonschen Mechanik aufbauende Weltbild um eine Beschreibung der Mikrowelt, deren Eigenschaften sich mit klassischen Ansätzen nicht erklären ließen. Diese Eigenschaften umfassen z.B. die Teilchen-Welle-Dualität, die Interferenz und Verschränkung von Teilcheneigenschaften, die Heisenbergsche Unschärferelation und das Paulische Ausschlußprinzip. Von zentraler Bedeutung in der Quantenmechanik ist das Konzept der Wellenfunktion, die eine mathematische Lösung der zeitabhängigen Schrödingergleichung erlaubt. Gemäß der Kopenhagener Interpretation beschreibt die Wellenfunktion die Wahrscheinlichkeit von Messergebnissen, die aus einem quantenmechanischen System hervorgehen wie z.B. die Energie eines Systems oder die Position und der Impuls seiner Bestandteile. Die Wellenfunktion erlaubt damit die Beschreibung nicht-klassischer Phänomene auf der Mikroskala, die durch Messungen auf der Makroskala beobachtet werden. Die Messung entspricht dem Betrachten eines oder mehrerer

## Research Highlights

### Hydrogen atoms under the magnifying glass:

Direct Observation of the Nodal Structures of Electronic States of the Hydrogen Atom

To describe the microscopic properties of matter and its interaction with the external world, quantum mechanics uses wave functions, whose structure and time dependence is governed by the Schrödinger equation. In atoms, electronic wave functions describe - among other things - charge distributions existing on length-scales that are many orders of magnitude removed from our daily experience. In physics laboratories, experimental observations of charge distributions are usually precluded by the fact that the process of taking a measurement changes a wave function and selects one of its many possible realizations. For this reason, physicists usually know the shape of charge distributions through calculations that are shown in textbooks. That is to say, until now. An international team coordinated by researchers from the Max-Born Institute has succeeded in building a microscope that allows magnifying the wave function of excited electronic states of the hydrogen atom by a factor of more than twenty-thousand, leading to a situation where the nodal structure of these electronic states can be visualized on a two-dimensional detector. The results were published in *Physical Review Letters* (<http://physics.aps.org/articles/v6/58>) and provide the realization of an idea proposed approximately three decades ago.

The development of quantum mechanics in the early part of the last century has had a profound influence on the way that scientists understand the world. Quantum mechanics extended the existing worldview based on classical, Newtonian mechanics by providing an alternative description of the micro-scale world, containing numerous elements that cannot be classically intuited, such as wave-particle duality, the importance of interference and entanglement, the Heisenberg uncertainty principle and the Pauli exclusion principle. Central to quantum mechanics is the concept of a wave function that satisfies the time-dependent Schrödinger equation. According to the Copenhagen interpretation, the wave function describes the probability of observing the outcome of measurements that are performed on a quantum mechanical system, such as measurements of the energy of the system or the position or momenta of its constituents. This allows reconciling the occurrence of non-classical phenomena on the micro-scale with manifestations and observations made on the macro-scale, which correspond to viewing one or more of countless realizations allowed for by the wave function.

Despite the overwhelming impact on modern electronics and photonics, grasping quantum mechanics and the many possibilities that it describes continues to be intellectually challenging, and has over the years motivated numerous

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

der unzähligen möglichen Manifestationen der Wellenfunktion. Trotz ihres enormen Einflusses auf die moderne Elektronik und Photonik, bieten die Quantenmechanik und die sich daraus eröffnenden Möglichkeiten noch immer große intellektuelle Herausforderungen. Immer wieder wurden neue Experimente angeregt, um die faszinierenden Vorhersagen der Theorie zu veranschaulichen. So erhielten beispielweise Haroche und Wineland den Nobelpreis 2012 für ihre Arbeiten zur Messung und Steuerung einzelner Quantensysteme in störungsfreien Quantenexperimenten, die den Weg für genauere optische Uhren und möglicherweise sogar für die zukünftige Realisierung eines Quantencomputers ebneten. Unter Verwendung kurzer Laserimpulse können in Experimenten kohärente Überlagerungen von stationären quantenmechanischen Zuständen (Wellen) der Elektronen, die sich auf periodischen Umlaufbahnen um Atomkerne bewegen, beobachtet werden. Die Wellenfunktion jedes dieser elektronischen stationären Zustände ist eine stehende Welle, die ein Knotenmuster aufweist in dem sich die Quantenzahlen der jeweiligen Zustände widerspiegeln. Zur Beobachtung solcher Knotenmuster wurden Raster-Tunnel-Verfahren auf Oberflächen angewandt. Außerdem ermöglichen jüngst durchgeführte Laserionisierungsexperimente die Herstellung von Licht im extremen UV-Bereich, welches die initiale Wellenfunktion eines Atoms oder Moleküls im Ruhezustand kodiert.

Vor ungefähr 30 Jahren haben russische Theoretiker eine alternative experimentelle Methode vorgestellt um die Eigenschaften von Wellenfunktionen zu messen. Sie schlugen vor, Experimente zur Erforschung der Laserionisierung von atomarem Wasserstoff in einem statischen elektrischen Feld durchzuführen. Sie sagten voraus, dass die Projektion von Elektronen auf einem zweidimensionalen Detektor (der senkrecht zum statisch elektrischen Feld platziert ist) die Messung von Interferenzmustern erlaubt, welche unmittelbar die Knotenstruktur der elektronischen Wellenfunktion widerspiegelt. Diese Tatsache liegt in der besonderen Eigenschaft des Wasserstoffs begründet, welches als einziges in der Natur vorkommendes Atom nur ein Elektron enthält. Aufgrund dieser Besonderheit lassen sich die Wellenfunktionen des Wasserstoffs als Produkt von genau zwei Wellenfunktionen darstellen, welche beschreiben, wie sich die Wellenfunktion als eine Funktion zweier sog. „parabolischer Koordinaten“ verändert. Wesentlich ist, dass die Form der beiden parabelförmigen Wellenfunktionen unabhängig von der Stärke des statischen elektrischen Feldes gleichbleibend ist und somit auf der gesamten Reise des Elektrons vom Ionisierungsort zum zweidimensionalen Detektor (in unserem Experiment etwa ein halber Meter!!) erhalten bleibt.

Die schlüssige Idee in die experimentelle Realität umzusetzen war indessen alles andere als einfach. Da Wasserstoffatome nicht chemisch stabil sind, mussten sie zunächst per Laserdissoziation eines geeigneten Vorläufermoleküls

experiments illustrating the intriguing predictions contained in the theory. For example, the 2012 Nobel Prize in Physics was awarded to Haroche and Wineland for their work on the measurement and control of individual quantum systems in quantum non-demolition experiments, paving the way to more accurate optical clocks and, potentially, the future realization of quantum computers. Using short laser pulses, experiments have been performed illustrating how coherent superpositions of quantum mechanical stationary states describe electrons that move on periodic orbits around nuclei. The wave function of each of these electronic stationary states is a standing wave, with a nodal pattern that reflects the quantum numbers of the state. The observation of such nodal patterns has included the use of scanning tunneling methods on surfaces and recent laser ionization experiments, where electrons were pulled out of and driven back towards their parent atoms and molecules by using an intense laser field, leading to the production of light in the extreme ultra-violet wavelength region that encoded the initial wave function of the atom or molecule at rest.

About thirty years ago, Russian theoreticians proposed an alternative experimental method for measuring properties of wave functions. They suggested that experiments ought to be performed studying laser ionization of atomic hydrogen in a static electric field. They predicted that projecting the electrons onto a two-dimensional detector placed perpendicularly to the static electric field would allow the experimental measurement of interference patterns directly reflecting the nodal structure of the electronic wave function. The fact that this is so, is due to the special status of hydrogen as nature's only single-electron atom. Due to this circumstance, the hydrogen wave functions can be written as the product of two wave functions that describe how the wave function changes as a function of two, so-called "parabolic coordinates", which are linear combinations of the distance of the electron from the  $H^+$  nucleus "r", and the displacement of the electron along the electric field axis "z". Importantly, the shape of the two parabolic wave functions is independent of the strength of the static electric field, and therefore stays the same as the electron travels (over a distance of about half a meter, in our experimental realization!!) from the place where the ionization takes place to the two-dimensional detector.

To turn this appealing idea into experimental reality was by no means simple. Since hydrogen atoms do not exist as a chemically stable species, they first had to be produced by laser dissociation of a suitable precursor molecule (hydrogen di-sulfide). Next, the hydrogen atoms had to be optically excited to the electronic states of interest, requiring another two, precisely tunable laser sources. Finally, once this optical excitation had launched the electrons, a delicate electrostatic lens was needed to magnify the physical dimensions of the wave function to millimeter-scale dimensions where they could be observed with the naked eye on a two-dimensional image intensifier and recorded with a camera system. The main result

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

(Wasserstoffdisulfid) hergestellt werden. Dann mussten die Wasserstoffatome in entsprechende elektronische Zustände angeregt werden, was wiederum zwei weitere, genau abzustimmende Laserquellen erforderte. Waren die Elektronen dann angeregt, musste schließlich eine äußerst empfindliche elektrostatische Linse zum Einsatz kommen, um die physikalischen Dimensionen des Atoms in den Bereich einer Millimeterskala zu vergrößern, auf der sie dann mit bloßem Auge auf einem zweidimensionalen Bildwandler beobachtet und mit einem Kamerasystem aufgenommen werden konnten. Die wichtigsten Ergebnisse sind in der Abbildung unten dargestellt. Die Abbildung zeigt die rohen Kameradaten von vier Messungen, bei denen das Wasserstoffatom auf Zustände mit 0, 1, 2, und 3 Knoten in der Wellenfunktion für die parabolische Koordinate  $\xi = r+z$  angeregt wurde. Wie die experimentell ermittelten Projektionen auf dem zweidimensionalen Detektor zeigen, können die Knoten leicht über die Messungen erfasst werden. Der experimentelle Aufbau dient hier als Mikroskop, das es uns bei einer Vergrößerung um einen Faktor von etwa zwanzigtausend ermöglicht, sehr tief in ein Wasserstoffatom hinein zu schauen.

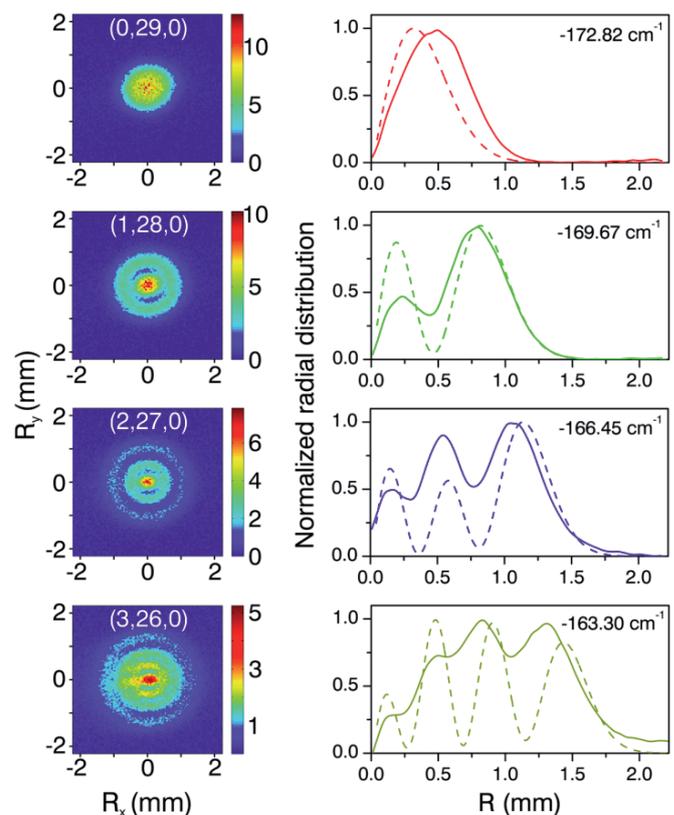
Über den reinen Nachweis einer mehr als 30 Jahre alten theoretischen Überlegung hinaus, werden in unserem Experiment wunderschön die Feinheiten der Quantenmechanik demonstriert. Außerdem sollten unsere Ergebnisse als ein fruchtbares Spielfeld für weitere Forschungen dienen, bei denen man beispielsweise Wasserstoffatome gleichzeitig sowohl elektrischen wie magnetischen Feldern aussetzt. Das einfachste Atom in der Natur hat immer noch eine Menge spannender Physik zu bieten.

## Figure:

Left: Two-dimensional projection of electrons resulting from excitation of hydrogen atoms to four electronic states labeled with a set of quantum numbers  $(n_1, n_2, m)$  and having (from top to bottom) 0, 1, 2 and 3 nodes in the wave function for the  $\xi = r+z$  parabolic coordinate;

Right: Comparison of the experimentally measured radial distributions (solid lines) with results from quantum mechanical calculations (dashed lines), illustrating that the experiment has measured the nodal structure of the quantum mechanical wave function.

is shown in the figure below. This figure shows raw camera data for four measurements, where the hydrogen atoms were excited to states with 0, 1, 2 and 3 nodes in the wave function for the  $\xi = r+z$  parabolic coordinate. As the experimentally measured projections on the two-dimensional detector show, the nodes can be easily recognized in the measurement. As this point, the experimental arrangement served as a microscope, allowing us to look deep inside the hydrogen atom, with a magnification of approximately a factor twenty-thousand. Besides validating an idea that was theoretically proposed more than 30 years ago, our experiment provides a beautiful demonstration of the intricacies of quantum mechanics, as well as a fruitful playground for further research, where fundamental implications of quantum mechanics can be further explored, including for example situations where the hydrogen atoms are exposed at the same time to both electric and magnetic fields. The simplest atom in nature still has a lot of exciting physics to offer!



Contact: M. Vrakking, tel. 1200 / A. Stodolna (AMOLF)

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Allgemein

### BMBF Projekt IMOTHEB

Hochleistungslaserdioden stellen das Bindeglied zwischen elektrischer Energie aus der Steckdose und photonischer Energie dar. Daher sind sie in fast allen modernen Lasersystemen enthalten. Obwohl sie schon heute mit Wirkungsgraden von über 70 % die effizientesten menschengemachten Lichtquellen überhaupt sind, gibt es noch Probleme bei der Anwendung. Das betrifft insbesondere noch nicht völlig befriedigende Strahlqualität, welche durch den Parameter „Brillanz“ quantifiziert wird.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt *Integrierte mikrooptische und mikrothermische Elemente für Diodenlaser hoher Brillanz (IMOTHEB)*, (Laufzeit 1.10.12-30.9.15) hat es sich zur Aufgabe gesetzt, hier deutliche Verbesserungen zu erreichen. Dazu soll eine neue Chipgeneration entworfen, optimiert und auch praktisch eingesetzt werden. Partner in diesem Projekt sind das MBI, die DILAS Diodenlaser und OSRAM Opto Semiconductors, wobei OSRAM auch die Koordination übernimmt.

Bei den neuartigen Bauelementen handelt es sich um Hochleistungslaserdioden-Chips mit monolithisch integrierten mikrothermischen und mikrooptischen Elementen. Diese Chips sind von außen kaum von konventionellen Chips zu unterscheiden. Daher könnten sie genauso wie die bisherigen eingesetzt werden, würden dabei aber eine substanziiell verbesserte Strahlqualität aufweisen. Die Industriepartner realisieren diese Innovation mit Blick auf verbesserte Einkoppeleffizienz in Fasern sowie Kostenreduzierungen bei der Produktion.

Am MBI werden im Projekt 3.2 „Festkörper und Nanostrukturen“ die von den Industriepartnern entwickelten neuen Bau-elemente analysiert. Das MBI-Teilvorhaben heißt daher „Charakterisierung“. Es ist die detaillierte Untersuchung der Oberflächeneigenschaften, der Verspannung, thermischer Eigenschaften, einschließlich thermischer Kinetik, der Nahfeldkinetik (Filamentierung) sowie von Degradationseigenschaften bei ultrahohen Leistungen geplant. Dabei werden spektroskopische Methoden eingesetzt. Zusätzlich soll auch noch eine neue Methodik entwickelt werden, die es vermag, die schnelle thermische Kinetik der Bauelemente bis in den Pikosekundenbereich zu messen. Gemeinsam mit der Analyse der Filamentierung versprechen wir uns hiervon neue Erkenntnisse, die letztendlich dazu führen sollen, die Filamentierung bei Breitstreifenemittern zu reduzieren. Reduzierte Filamentierung lässt erhöhte Einkoppeleffizienz in Fasern sowie verbesserte Zuverlässigkeit der Bauelemente erwarten. Ziel ist in allen Fällen ein wissenschaftlicher Zugang zu den praktischen Fragestellungen. Das bedeutet in erster Linie, dass es um die Aufklärung von Wirkmechanismen geht.

## General

### BMBF Project IMOTHEB

High-power diode lasers provide the link between electrical energy from the power outlet and photon energy. Therefore they are involved in almost all modern laser systems. With overall efficiencies exceeding 70 percent, they represent the most efficient man-made light sources at all. Their beam properties, being described by the parameter 'brightness', however, are still insufficient for a number of applications.

This problem is tackled by the project *Integrated micro-optical and micro-thermal elements for high-brightness diode lasers (IMOTHEB)*. During the period 1.10.12-30.9.15 it will be funded by the German Bundesministerium für Bildung und Forschung. Within the project, a novel generation of laser chips will be designed, optimized, and applied. The project partners are MBI, DILAS Diodenlaser, and OSRAM Opto Semiconductors. OSRAM serves also as the project coordinator.

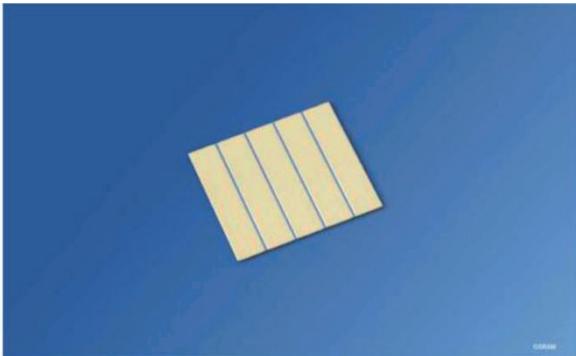
The novel devices will be based on chips with monolithically integrated micro-optical and micro-thermal elements. At a first glance one will not be able to distinguish them from conventional ones. Therefore they can be applied in a way as currently done, but are expected to exhibit substantially improved beam properties. The industrial partners undertake this development in view of improved coupling-efficiencies into fibers and for cost-reduction in production.

A group of the MBI Project 3.2 'Solids and Nanostructure' will analyze these novel structures. Therefore the MBI part of IMOTHEB got the name 'Characterization'. Surface properties, stresses and strains, thermal properties including thermal kinetics, nearfield dynamics (filamentation) as well as degradation properties at ultrahigh emission powers will be addressed in detail. Main tools will be spectroscopic methods. Moreover, a novel methodology will be developed, which will monitor fast thermal kinetics with resolutions in the ps-timerange. In concert with analysis of the filamentation novel insights are expected, which eventually will lead to measures that allow for a reduction of the filamentation in broad-area devices. Reduced filamentation promises increased coupling efficiencies into fibers and improved device reliability. Thus knowledge-based solutions are expected to contribute to practice. Our work will mainly be devoted to the identification of details of mechanisms that affect the device properties.

Contact: J.W. Tomm, Tel. 1453

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

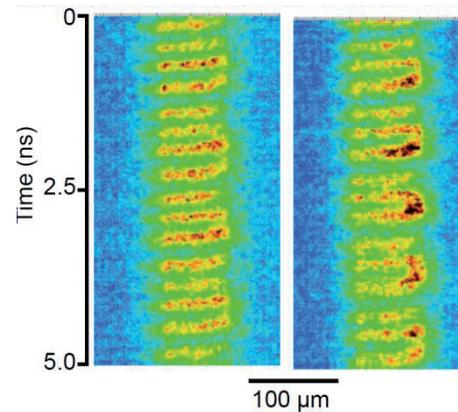


**Bild 1:**

Hochleistungsdiodenlaser: Minibarren mit einer Breite von wenigen Millimetern erreichen Ausgangsleistungen von über 100 Watt.  
(Quelle: OSRAM Opto Semiconductors GmbH)

**Figure 1:**

High-power diode laser: Minibars with a width of several mm reach output powers exceeding the 100 W level.  
(Source: OSRAM Opto Semiconductors GmbH)



**Bild 2:**

Kinetik der Emission (Filamentierung) eines 100 µm breiten Emittersstreifens eines Hochleistungsdiodenlasers zu Beginn (links) und am Ende (rechts) eines 900 ns langen Einzelpulses

**Figure 2:**

Emission dynamics (filamentation) of a 100 µm wide emitter stripe of a high-power diode laser at the beginning and end of a single pulse of 900 ns duration; see left and right, respectively.

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013



## im MBI am 25. April 2013

### Bewährtes und Neues wurden ein Erfolg

Zum nunmehr 8. Mal lud das MBI 20 Schülerinnen der Oberstufe zum Girls' Day ein. Und wie in jedem Jahr, waren die Plätze begehrt. Nicht immer stand das naturwissenschaftliche Interesse bei der Auswahl im Vordergrund, aber unser Programm klang für manche Schülerin einfach spannend.

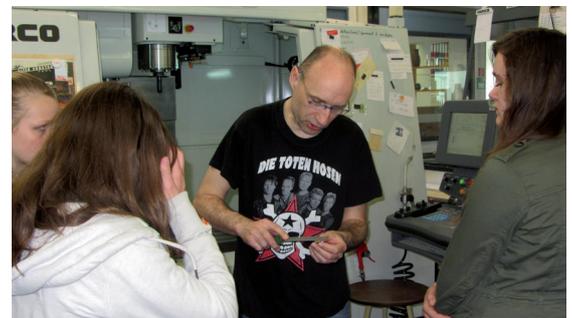
*„Für mich ist der Girls' Day sehr interessant, da man sich Berufe anschauen kann, die man sonst nie so sehen würde. Und man darf sich alles anschauen oder selber mal probieren. Wenn man Fragen hat, werden die auch beantwortet. Also alles andere als Pflicht.“*

*„Da meine Eltern im Theater arbeiten, habe ich nicht wirklich die Chance, ... mich für Chemie oder Physik zu interessieren. Deswegen finde ich es hier im MBI sehr interessant.“*

*„... ich finde gut, dass man Einblicke in Berufe bekommt, die man evt. machen würde. Außerdem kann man sich viele Ideen für später holen. ... Danke!“*

In diesem Jahr gab es viele gute Ideen zur Programmgestaltung, so dass wir den Schülerinnen mutig neue Arbeitsbereiche präsentierten. Dass es in einem Physikinstitut auch spannende Möglichkeiten für Ingenieurinnen gibt, erlebten die Schülerinnen bei der Konstruktion des Werkstückes (ein Armband) am Rechner, das sie dann in der Werkstatt selbst herstellten.

Die Begeisterung darüber ebte selbst in der Mittagspause nicht ab, ebenso wie für die theoretische Physik – wer hätte von den Schülerinnen gedacht, dass Quantenmechanik so interessant sein kann! (und so ganz nebenbei lernten auch wir nichtwissenschaftlichen Begleiter etwas darüber). Die beiden Kolleginnen waren jedenfalls gefragte Gesprächspartner.



### Was bringt die Mädchen so zum Lachen?

Maria Richter erklärt in spannender Weise, wie Objekte einfach auf die andere Seite des Hügels gelangen, indem sie ihn einfach „durchtunneln“. Das wurde gleich mit allen möglichen Parametern rege ausprobiert.

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013



*„Also theoretische Physik ist jetzt nicht so mein Ding. Doch ich experimentiere sehr gern und bin in den Fächern auch ganz gut (naja). Aber mein Lehrer hat mich animiert, dass ich öfters Sachen (physikalische) nachschlage oder durchlese.“*

Interessante Laborführungen durch unsere Doktorandinnen und Doktoranden rundeten das anspruchsvolle Programm ab und ließen auch Fragen nach dem Berufsweg eines Physikers aufkommen.

Und dass Mädchen durchaus technisch begabt sind, zeigen folgende Antworten:

*„Ich habe meiner Oma (die im Rollstuhl sitzt) schon mal versucht, eine Regen- und Sonnenschirmvorrichtung zu bauen. Nach einiger Zeit hat es geklappt.“  
„Also teilweise mache ich das selber (am Fahrrad): Reifen flicken, Bremse festziehen, Kette drauf machen ...“*

Nicht jedes Mädchen, das bei uns war, wird sich einen Beruf in den Naturwissenschaften aussuchen, wenn es aber nach einem solchen Tag auf die Frage: Physik oder Technik studieren? antwortet:

*„Nicht unbedingt. Aber es ist sehr spannend, sich das anzuschauen ... Vielleicht überlege ich es mir noch mal, da mich das hier sehr beeindruckt.“*

haben wir hier im Institut das Ziel des Girls' Day erreicht und sehen vielleicht eine der Schülerinnen als Praktikantin oder, was noch besser wäre, als auszubildende Physiklaborantin oder Feinwerkmechanikerin wieder.

Wir möchten uns 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.

Claudia Reschke, Margret Rink  
Gleichstellungsbeauftragte MBI



PS: „Hier wurden die Rollen einfach schnell getauscht.“

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## Mini-Vernissage im Bereich C

Seit längerer Zeit erfreuen sich die Kollegen an der kleinen, aber immer sehr feinen Fotoausstellung im Kaffeeraum in Haus C, die von Dr. Hans-Joachim Kühn (Berliner Glas) regelmäßig gestaltet wird. Dr. Kühn leistet in der Berliner Fotografischen Gesellschaft umfangreiche ehrenamtliche Arbeit und hat bereits mehrere Preise für seine Arbeiten gewonnen. Die Themen seiner bisherigen Ausstellungen waren der Landschaft im Kleinen und Großen, der Faszination der Technik, Strukturen, Pflanzen und Tieren, Orten und Jahreszeiten gewidmet. Aus Anlaß der 20. Ausstellung wurde am 21. Februar 2013 eine Mini-Vernissage veranstaltet, auf der uns Dr. Kühn die Ergebnisse seiner neuesten Experimente mit Lichtmalerei vorstellte, für die er kürzlich mit Preisen ausgezeichnet wurde.. Als Dank für seine Bemühungen überreichten wir ihm einen Blumenstrauß und einen schönen Bildband mit Fotografien von Ansel Adams und Malerei von Georgia O' Keefe.



## 20. Photo-Ausstellung von Dr. Hans-Joachim Kühn

For some time now, the colleagues have enjoyed the little but always excellent photo exhibition within the coffee room in house C which is periodically updated by Dr. Hans-Joachim Kühn (Berliner Glas). On voluntary basis, Dr. Kühn is extensively engaged in the Berlin Chapter of the German Photographic Society and won already several awards for his works. The themes of his previous exhibitions were dedicated to the landscape in the small and in the large, to the fascination of techniques, structures, plants and animals, places and seasons. On occasion of the 20<sup>th</sup> exhibition, a little vernissage was organized at which Dr. Kühn presented the results of his very recent experiments with light-painting. To acknowledge his efforts we presented to him a bouquet of flowers and a nice illustrated book with photos by Ansel Adams and Georgia O' Keefe.

Kontakt: R.Grunwald, Tel. 1457



Weitere Bilder, Impressionen und Werdegang finden Sie unter:

<http://www.kuehn-hjp.de/>



## Reisekostenabrechnung

Bei Hotelkosten im Ausland können ab sofort auch die angefallenen Frühstückskosten erstattet werden, wenn eine Arbeitgeberveranlassung vorliegt; d.h. die Rechnungsadresse muss wie im Inland auf den Forschungsverbund ausgestellt sein. Die korrekte Rechnungsanschrift für das Max-Born-Institut lautet:

**FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V.**  
Gemeinsame Verwaltung / MBI  
Rudower Chaussee 17- 12489 Berlin-Adlershof

Bei nicht korrekter Rechnungsanschrift sind die Frühstückskosten in dieser Form nicht erstattbar.

Die Frühstückskosten müssen auf der Rechnung extra ausgewiesen sein.

Weitere Auskünfte können Sie im jeweiligen Sekretariat erhalten oder direkt bei der Reisekostenstelle im Forschungsverbund.

## Refund of travelling expenses

Please note that as of now costs for breakfast will be refunded in full when travelling abroad if the employer authorized the journey. The invoice must be issued to the Forschungsverbund as is already the case when travelling within Germany. The correct billing address for the "Max-Born-Institut" is:

**FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V.**  
Gemeinsame Verwaltung / MBI  
Rudower Chaussee 17 - 12489 Berlin-Adlershof

Please also note that the correct billing address is mandatory for reimbursement and the breakfast costs have to be explicitly itemized on the invoice.

For further information please contact the divisions' secretariats or the travel expense office at the Forschungsverbund.

# MBI Interner Newsletter

4. Jahrgang - Ausgabe 10 - Mai 2013

## TERMINE / SAVE THE DATE

### Lange Nacht der Wissenschaften 2013

Die nächste Wissenschaftsnacht findet am Samstag, dem 8. Juni 2013, statt.

**NEU:** Veranstaltungszeit von 16.00 bis 0.00 Uhr



### Beiratssitzung im MBI

am Dienstag, dem 24. September 2013