

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Inhalte

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

## Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

In Vorbereitung auf die in einigen Monaten anstehende Evaluierung des Instituts, hat sich das MBI während des letzten Jahres kritisch selbst betrachtet und konnte im Ergebnis eine neue Forschungsvision für die nächsten Jahre entwickeln. Im Vorfeld der Evaluierung scheint es angebracht, auf einige kritische Fragen zurückzublicken, die das Direktorium dem Institut und sich selbst im Editorial der Newsletter Ausgabe November 2016 gestellt hat. Damals wurden 5 Felder identifiziert, in denen es Entwicklungsbedarf gab. Heute, ein paar Jahre später und kurz vor der Evaluierung, sollten wir nachschauen – haben wir uns verbessert?

### Wahrnehmung des MBI in der internationalen Forschungsszene

Im November 2016 gab es am MBI weder ein ERC-Projekt noch wurden andere nationale oder internationale Forschungsprojekte von MBI Forschern koordiniert. Letzteres ist noch immer festzustellen, jedoch was die ERC-Projekte angeht, waren Erik T. J. Nibbering und Benjamin B. Fingerhut sehr erfolgreich im letzten Jahr.

### Drittmittelvolumen

Im November 2016 stellten wir fest, dass sich die Drittmittelnahmen im Vergleich zu den Vorjahren negativ entwickelten. Das Problem wurde an verschiedener Stelle diskutiert und es wurde geplant, mehrere große Forschungsanträge zu stellen. Als Ergebnis konnten die beiden bereits genannten ERC-Projekte, verschiedene neue SAW-Projekte, das NANOMOVIE-Projekt und zahlreiche DFG-Projekte eingeworben werden, die sich positiv auf die Drittmittelnahmen auswirken und auswirken werden.

### Verausgabung der Investmittel

Ende 2016 wurde im Rahmen der Zuteilung von Investitionsmitteln ein neues Instrument eingeführt: jedem Antrag auf eine Investition muss eine Zeitplanung für die Beschaffung beigefügt werden. Dies hatte zum positiven Ergebnis, dass Investi-

## Editorial

Dear Members of the MBI,

with the Institutional evaluation of the MBI coming up in a few months, MBI has taken a critical look at itself within the last year, sharpening and refreshing its research vision for the upcoming years. While preparing for the evaluation, it is useful to look back at a number of critical questions that the Direktorium posed the institute and itself in an editorial in this newsletter in November 2016. In this editorial, we identified 5 areas where we felt MBI had to improve. Now, a few years later, and shortly before the evaluation, let us see – have we improved?

### Visibility in the international research community

In November 2016 MBI did not have any ERC projects, and there were no national or international research projects coordinated by MBI scientists. Regarding the latter point, improvement still is certainly possible and necessary. On the ERC front, however, both Erik T. J. Nibbering and Benjamin P. Fingerhut were successful last year.

### Third-party income

In November 2016 we observed that MBI's third-party income had declined compared to a few years before. Several strategic discussions were held and led to a plan for the submission of numerous research grants. As a result there are now the afore-mentioned ERC projects, several new SAW projects, the NANOMOVIE project and numerous new DFG grants, and the third-party income has received an important impulse.

### Spending of investment funds

At the end of 2016, a new procedure was introduced for the distribution of investment funds, where each investment request needs to be accompanied by a pre-defined timeline. This has led to significant improvements in the timeliness of

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

tionen viel häufiger rechtzeitig verausgabt werden und entsprechend die Beträge, die in das jeweilige Folgejahr transferiert werden müssen, erheblich gesunken sind.

## **Zukünftige Grundfinanzierung des MBI**

Im November 2016 konnten wir bereits absehen, dass der für die Jahre 2017-2020 geplante jährliche (und kleine) Budgetzuwachs niemals ausreichen wird, die steigenden Kosten zu decken. Bislang konnten größere Einschnitte im laufenden Betrieb des MBI durch kostenreduzierende Maßnahmen und neue Drittmittelprojekte vermieden werden. Wir sind jedoch längst nicht in sicherem Fahrwasser. Das Thema der Budgetentwicklung wird uns in absehbarer Zukunft weiter begleiten.

## **Die "kritische Masse" im Forschungsprogramm des MBI**

Im November 2016 stellten wir fest, dass die Forschungskapazitäten am MBI intern besser gebündelt werden müssen. Seitdem konnten wir beobachten, dass die gemeinsamen Forschungsaktivitäten stetig ausgebaut wurden. Beispielsweise haben im letzten Jahr Forscher aus allen drei Bereichen des MBI gemeinsam an einem Experiment zur transienten Absorption im Wasserfenster in einem Flüssigkeitsstrahl gearbeitet. Auch konnten die Spezifikationen von THz Quellen gemeinsam erweitert werden. Diese gemeinsamen Forschungsarbeiten sind erfolgreich und sie werden weiterhin von hoher Bedeutung sein. Die Bündelung der unterschiedlichen Forschungsexperten unserer Wissenschaftler ist es, die uns letztlich von den Universitäten unterscheidet.

Es scheint also, als ob wir in allen Bereichen Fortschritte machen konnten. Gibt dies Anlass zur Selbstzufriedenheit? Nein, auf gar keinen Fall! Können wir uns noch verbessern? Ja, in jedem Fall!

Die Ergebnisse der gemeinsamen Initiativen insbesondere aus dem letzten vorbereitenden Jahr lassen uns hoffen, dass das MBI bei der kommenden Evaluierung glänzen kann. Ein gutes Abschneiden ist heute wichtiger als je zuvor. Wir müssen damit rechnen, dass der Anteil der Grundfinanzierung am notwendigen Gesamtbudget des MBI in den nächsten Jahren weiter sinken wird. Eine erfolgreiche Evaluierung bietet für das MBI die Chance, eine Verbesserung seiner Finanzierung zu fordern oder einmalige zusätzliche Mittel über einen Sonderetatbestand zu beantragen (ähnlich der Evaluierung in 2012, die die Sonderfinanzierung der OPCPA Entwicklungen am MBI zum Ergebnis hatte). Es gibt also viele und gute Gründe, unser Möglichstes daranzusetzen, um bei der nächsten Evaluierung erneut hervorragend abzuschneiden.

Für das Direktorium:  
Marc Vrakking

the investment spending, and consequently, the sums that MBI has carried over into subsequent years have significantly decreased.

## **The prospects of MBI's base funding**

In November 2016, we could foresee that the planned (small) budget increases for the years 2017-2020 would not keep up with rising costs. So far, MBI has managed to avoid major cuts in its operation by several cost saving measures and by the new third-party projects. However, we are not out of the water yet, and budget development will remain a critical issue for the foreseeable future.

## **Critical mass in MBI's research program**

In November 2016, we argued that MBI had to get better at bundling the research potential within the institute. Since then, collaborative research activities within the institute have steadily and markedly continued to increase. For example, within the last year, there have been research activities where scientists from all three divisions have joined forces to develop an experiment pursuing water window transient absorption in a liquid jet, and to extend the specifications of THz sources. These joint research efforts are successful and will continue to be very important. They bundle diverse research expertise and allow MBI to distinguish itself from an university.

So it would appear that progress has been made in all areas of concern. Is it therefore time to get complacent? Absolutely not! Is further improvement possible? Absolutely yes!

It is our sincere hope that as a result of the initiatives in the last few years and – in particular – the preparations within the last year, MBI will be ready to shine in the upcoming evaluation. To do so is more important now than ever. While many things are still uncertain, we have to assume that in the coming years the fraction of the necessary budget that will come in as base funding will continue to decrease. The upcoming evaluation is an opportunity for MBI to argue for an increase of its budget or for the release of large, one-off sums (similar to the budget for OPCPA development that was secured as a result of the 2012 evaluation). There is plenty of reason therefore, to make sure that we show our best possible face in the upcoming evaluation!

For the Board of Directors:  
Marc Vrakking

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts  
(Stand: 11.02.2019 - alphabetische Reihenfolge)

Klaudia Filipek  
stud./wiss. Hilfskraft, C2  
Tel. 1456  
E-Mail: [filipek@mbi-berlin.de](mailto:filipek@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.01.2019



Roman Lysenko  
Gastwissenschaftler, A2  
Tel. 1257  
E-Mail: [lysenko@mbi-berlin.de](mailto:lysenko@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.02.2019

Lutz Mertenskötter  
Masterstudent, T3  
Tel. 1213  
E-Mail: [mertensk@mbi-berlin.de](mailto:mertensk@mbi-berlin.de)  
Beginn: 21.01.2019



Michael Schilling  
Masterstudent, T3  
Tel. 1213  
E-Mail: [schillin@mbi-berlin.de](mailto:schillin@mbi-berlin.de)  
Beginn: 21.01.2019



Ute Schlichting  
Sekretariat A  
Tel. 1201  
E-Mail: [schlicht@mbi-berlin.de](mailto:schlicht@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.01.2019



Dr. Marc-Oliver Winghart  
Wissenschaftler, C1  
Tel. 1496  
E-Mail: [winghart@mbi-berlin.de](mailto:winghart@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.01.2019



Ausgeschiedene:  
(Stand: 11.02.2019 - alphabetische Reihenfolge)

Diana Dahm  
Catrin Damm  
Lisa Glöggler  
Esrom Aschenaki Kifle  
Dr. Lev Plimak  
Dr. Vadim Talalaev  
Silvia Wende  
Dr. Wolfgang Werncke

Bachelorstudentin, B2  
Sekretärin A  
Bachelorstudentin, B2  
Gastwissenschaftler, A3  
Gastwissenschaftler, T1  
Gastwissenschaftler, C2  
Verwaltung  
Gastwissenschaftler, C1

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Preis

### Rüdiger Grunwald zum „SPIE Fellow“ gewählt.

Rüdiger Grunwald wurde im Januar 2019 von der SPIE, der Internationalen Gesellschaft für Optik und Photonik, zum Fellow (Ehrenmitglied) gewählt. Ausgezeichnet wurde Rüdiger Grunwald unter anderem für seine Leistungen auf den Gebieten der ultraschnellen Optik, der nichtlinearen optischen Prozesse sowie der mikrostrukturierten Materialien. Alljährlich wird von der Gesellschaft eine begrenzte Anzahl neue Ehrenmitglieder ernannt. In 2019 erhalten insgesamt 88 Mitglieder den Fellow-Status, darunter auch die drei Physik-Nobelpreisträger des Jahres 2018. Die Ernennung zum Fellow würdigt neben den wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften ebenso das Engagement für die wissenschaftliche Gemeinschaft auf den Gebieten der Optik und Photonik, insbesondere die Aktivitäten im Rahmen der SPIE.

Kontakt: R. Grunwald, Tel. 1457

## Prize

### Ruediger Grunwald elected SPIE Fellow

In January 2019, Ruediger Grunwald was elected a Fellow of SPIE - The International Society for Optics and Photonics. Ruediger Grunwald was awarded, among others, for his achievements in ultrafast optics, nonlinear optical processes and microstructured materials. Every year, SPIE promotes a limited number of Members as New Fellows of the Society. In 2019, 88 Members obtain the status of new Fellow Members, among them the three winners of the 2018 Physics Nobel Prize. The award recognizes not only the scientific and technical achievements but also the commitment for the community on the fields of optics and photonics, in particular the activities for the SPIE.

Contact: R. Grunwald, Tel. 1457

### Prof. Dr. Dejan Milošević erhält einen Georg Forster-Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung

Für seine grundlegenden Arbeiten zur Theorie der Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit intensiven Laserfeldern und der Attosekundenphysik erhält Dejan Milošević einen mit 60.000 Euro dotierten Georg Forster-Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung.

Er ist Professor an der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Sarajewo und Mitglied der Akademie der Wissenschaften und Künste des Staates Bosnien und Herzegowina. Seine enge Beziehung zum MBI geht fast 20 Jahre zurück auf einen Aufenthalt als Alexander von Humboldt-Stipendiat. Seither blieb er dem MBI im Rahmen verschiedener Institutspartnerschaften und als häufiger Gast verbunden, was durch viele gemeinsame Projekte und Publikationen dokumentiert ist. Das MBI freut sich auf eine noch engere Zusammenarbeit in der Zukunft.

Kontakt: W. Becker, Tel. 1388, M. Ivanov, Tel. 1210

### Prof. Dr. Dejan B. Milošević receives a Georg Forster Research Award of the Alexander von Humboldt Foundation

Dejan Milošević was awarded a Georg Forster Research Award of the Alexander von Humboldt foundation for his seminal contributions to the theory of intense-laser interaction with atoms and molecules and attoscience.

The prize is endowed with the amount of 60,000 Euro. Dejan Milošević is professor at the Faculty of Science of the University of Sarajevo and member of the Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina. Ever since his first extended stay at the Max Born Institute as an Alexander von Humboldt fellow almost 20 years ago, he has maintained a very close collaboration with the MBI through several institute-linkage programs and frequent visits, which generated many joint projects and publications.

The MBI looks forward to an intensified collaboration with him in the future.

Contact: W. Becker, Tel. 1388, M. Ivanov, Tel. 1210

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Vereinbarkeit Beruf- und Familie



## Reconciliation of work and family life

### Gesundheitsmanagement

Im Zusammenhang mit dem Audit „Beruf und Familie“ spielt u.a. auch die Gesundheit eine große Rolle.

Das WISTA-Gesundheitsmanagement möchte noch konkreter auf die Bedürfnisse der am Standort Adlershof arbeitenden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen eingehen. Hinweise dazu und eine Umfrage, die die Angebote ermitteln möchten und verbessern sollen, finden Sie unter folgendem Link:

<https://www.adlershof.de/news/gesundheit-welchen-bedarf-haben-wir-machen-sie-mit-bei-unserer-befragung/>

Kontakt: M. Rink, Tel. 1551

### Health management

In the context of the audit „reconciliation of work and family life“ health plays a major role.

Therefore, the WISTA-Health Management wants to respond to the needs of all staff members at Adlershof more pointedly and invites you to answer the questions in the online-survey under the following link:

<https://www.adlershof.de/news/gesundheit-welchen-bedarf-haben-wir-machen-sie-mit-bei-unserer-befragung/>

Contact: M. Rink, Tel. 1551

### MBI-Umfrage

Vielen Dank an die Kollegen und Kolleginnen, die sich die Zeit genommen haben, an der MBI-Umfrage teilzunehmen.

Am 10.2.2019 sind 40 Umfragebögen ausgefüllt worden.

Bei ca. 180 Mitarbeitern hätten wir uns eine größere Beteiligungsanzahl gewünscht.

Die Auswertung erfolgt bis spätestens zum 15.3.2019.

Kontakt: M. Rink, Tel. 1551

### MBI Questionnaire

Thank you very much to all of those who took the time to answer the MBI questionnaire.

Up to 10 February 2019, 40 questionnaires were completed.

Though, we would have liked to see a rather larger participation in view of the total number of 180 staff members at MBI.

The evaluation will be made till latest 15 March 2019.

Contact: M. Rink, Tel. 1551

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Projekteinwerbungen

### Bereich A

**Projektbezeichnung:** Aufträge: Berechnung, Experimente und Studien

Berechnung der optischen Parameter von Hohlfaservorrichtungen für maximale spektrale Verbreitung von 200 fs multi-mJ Laserpulsen bei unterschiedlichen Hohlfaserlängen von 4 bis 8 m  
Unterstützung von Testexperimenten mit langen Hohlfaserkompressoren und einem fs Fiberlaser von bis zu 1 kW Durchschnittsleistung in Jena

**Laufzeit:** 01.12.2018 - 31.12.2019

**Projektleiter:** T. Nagy

**Geldgeber:** Laser-Laboratorium Göttingen GmbH

**Projektbezeichnung:** Aufträge: Berechnung, Experimente und Studien

Studie über die Strahlführung eines Hohlfaserkompressors für multi-mJ Laserpulse mit hoher Durchschnittsleistung

**Laufzeit:** 01.12.2018 - 31.12.2020

**Projektleiter:** T. Nagy

**Geldgeber:** Activa Fiber Systems GmbH

**Projektbezeichnung:** DAAD 57381327 China Verlängerung  
Research Stays for University Academics and Scientists, 2018,  
Prof. Weidong Chen

**Laufzeit:** 01.08.2018 - 30.04.2020

**Projektleiter:** V. Petrov

**Geldgeber:** DAAD

### Bereich B

**Projektbezeichnung:** SAW-2019-MBI OptoSPIN

Optical Control of Nanoscale Spin Textures  
Partner MPI-IS und FZJ

**Laufzeit:** 01.02.2019 - 31.01.2022

**Projektleiter:** B. Pfau, S. Eisebitt

**Geldgeber:** Leibniz Gemeinschaft

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Forschungsergebnisse

### Moleküle aus mehreren Blickwinkeln - lasergetriebene Röntgen-Laborquellen liefern neue Einsichten

Die Röntgenspektroskopie bietet einen direkten Einblick in die Natur chemischer Bindungen und den Verlauf chemischer Reaktionen. Momentan werden von wichtigen Forschungslabors intensive Anstrengungen bei der Weiterentwicklung der Röntgenquellen und der Implementierung neuer Messmethoden unternommen. Forscher am MBI haben nun erfolgreich Absorptionsspektroskopie im sog. Wasserfenster demonstriert indem sie eine laserbasierte Strahlungsquelle von ultrakurzen Röntgenimpulsen mit einer neuartigen Technologie zur Erzeugung eines Dünnschicht-Flüssigkeitsstrahls kombinierten. Damit wird erstmals die gleichzeitige Untersuchung von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) in organischen Molekülen in wässriger Lösung ermöglicht.

Die Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS), die unbesetzte Orbitale elementspezifisch untersucht, erlaubt die Bestimmung der elektronischen Struktur von Molekülen. Für die meisten organischen Moleküle ist der weiche Röntgenspektralbereich (100-1000 eV) relevant, da dort K-Kantenübergänge von leichten Elementen (C, N und O) und die L-Kanten von 3D-Metallen zu finden sind. XAS wird typischerweise an Großforschungsanlagen wie Speicherringen oder Freielektronen-Lasern durchgeführt. Laserbasierte Laborquellen wurden bisher nur spärlich zur Untersuchung reiner Materialien, wie z.B. Metalle und organische Schichten, eingesetzt. Bisher waren keine Untersuchungen der Kohlenstoff- oder Stickstoff-K-Kanten von organischen Molekülen in verdünnter wässriger Lösung verfügbar.

Das Forschungsteam am MBI hat nun eine intensive Strahlungsquelle für weiche Femtosekunden-Röntgenimpulse entwickelt, die in einem extrem nichtlinearen Prozess (HHG) die Frequenz eines Laserimpulses vervielfacht. Dabei werden aus langwelligen (1,8  $\mu\text{m}$ ) Treiberimpulsen mit Photonenergien von 0.69 eV, die mit einem verstärkten Ti:Saphir-Lasersystem erzeugt wurden, Frequenzen erzeugt, die über 600 mal höher liegen und sich bis zu 450 eV erstrecken. Sie haben diese Quelle mit dem Dünnschicht-Flüssigkeitsstrahl kombiniert, der auch unter Vakuumbedingungen voll funktionsfähig ist. Stationäre Absorptionsspektren von organischen Molekülen und anorganischen Salzen in einer dünnen ( $\sim 1 \mu\text{m}$ ) Schicht wässriger Lösung können nun im gesamten sogenannten Wasserfensterbereich, d.h. zwischen 200-540 eV, gemessen werden (siehe Abb. 1). Insbesondere ermöglicht diese Technik die gleichzeitige lokale Untersuchung an Kohlenstoff- und Stickstoffatomen innerhalb der Moleküle. Damit demonstriert das Forschungsteam, dass eine gleichzeitige Beobachtung mehrerer Positionen innerhalb molekularer Systeme möglich ist und ein Zugang zu korrelierten Dynamiken während molekularer Rekonfigurationen eröffnet wird.

## Research Highlights

### Looking at molecules from two sides with table-top femtosecond soft-X-rays

X-ray spectroscopy provides direct access into the nature of chemical bonds, from which the outcome of chemical reactions can be understood. For this, intense activities both at x-ray source development and implementation of new measurement methods is pursued by key research labs. Researchers at the MBI have now successfully combined a table-top laser-based extreme high-order harmonic source for short-pulse soft-x-ray absorption spectroscopy in the water window with novel flatjet technology. They are the first to demonstrate the simultaneous probing of carbon and nitrogen atoms in organic molecules in aqueous solution.

X-ray absorption spectroscopy (XAS) monitors unoccupied electronic orbitals with element specificity, from which the electronic structure can be derived. For the majority of organic molecules the soft-X-ray spectral region (100-1000 eV) is relevant, as K-edge transitions of low-Z elements (C, N, and O), and the L-edges of 3d metals are found there. XAS is typically performed at large scale facilities, such as storage rings or free-electron lasers. Table-top laser-based sources have until now only been sparsely used to probe pure materials, e.g., metals and organic films. So far, measurements of the carbon or nitrogen K-edges of organic molecules in dilute aqueous solution have not been reported.

The research team at the MBI has now developed a bright source of femtosecond soft X-ray pulses, making use of the extreme high-order harmonic generation process. Long-wavelength (1.8  $\mu\text{m}$ ) driver pulses generated with an amplified Ti:sapphire laser system were used to generate high-order harmonics well above the conventional spectral range, i.e., now extending up to 450 eV. They have combined this source with liquid flatjet technology fully functioning under vacuum conditions. Steady-state absorption spectra of organic molecules and inorganic salts in a thin ( $\sim 1 \mu\text{m}$ ) sheet of aqueous solution can now be measured, throughout the so-called water window region between 200-540 eV (see Fig. 1). In particular, this technique enables the simultaneous local probing at both carbon and nitrogen sites within the molecules. With this the research team demonstrates the feasibility of following multiple sites within molecular systems, with the potential of probing possible correlations between these sites upon molecular rearrangements.

This investigation represents a major step towards the systematic investigation of ultrafast rearrangements of solution phase molecular systems with femtosecond soft X-ray spectroscopy. New insights into ultrafast charge transport processes and photo-induced reactions in chemistry and biology are envisaged to become accessible.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

Die Ergebnisse stellen einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur systematischen Untersuchung ultraschneller Dynamik molekularer Systeme in Lösung mit der Femtosekunden-Weichen-Röntgenspektroskopie-Spektroskopie dar. Neue Erkenntnisse über ultraschnelle Ladungstransportprozesse und photoinduzierter Umordnungen in Chemie und Biologie rücken in greifbare Nähe.

## Originalpublikation:

Carlo Kleine, Maria Ekimova, Gildas Goldsztejn, Sebastian Raabe, Christian Strüber, Jan Ludwig, Suresh Yarlagadda, Stefan Eisebitt, Marc J. J. Vrakking, Thomas Elsaesser, Erik T. J. Nibbering, and Arnaud Rouzée  
„Soft X-ray Absorption Spectroscopy of Aqueous Solutions Using a Table-Top Femtosecond Soft X-ray Source“  
Journal of Physical Chemistry Letters, 14 December 2018 (online)  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcllett.8b03420>

Contact: A. Rouzée, Tel. 1240, E. T. J. Nibbering, Tel. 1477

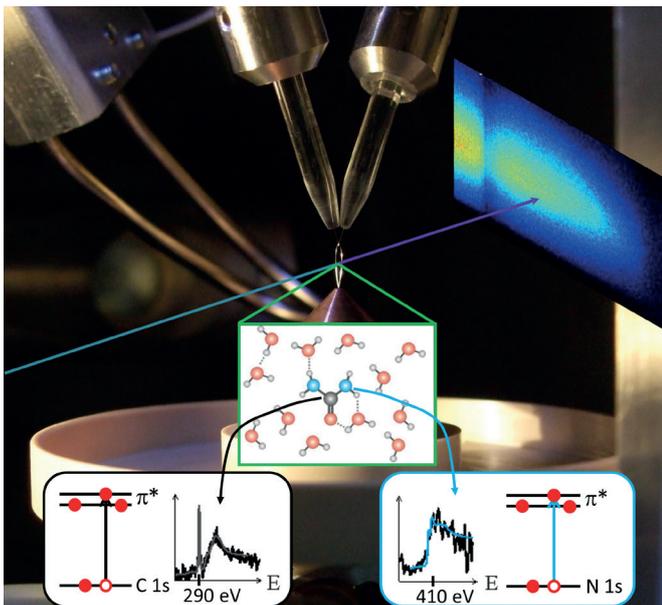


Abb. 1: Dünnschicht-Flüssigkeitsstrahl (in Wasser gelöster Harnstoff) beleuchtet mit ultrakurzen Röntgenimpulsen. Die Grafiken unten zeigen die statischen Absorptionsspektren des Kohlenstoffatoms (C, schwarz) und der Stickstoffatome (N, blau) im Harnstoffmolekül. Das transmittierte Röntgenlicht wird spektral aufgespalten und detektiert.

Fig. 1: Liquid flatjet (solvated urea) illuminated by a broadband soft X-ray pulse obtained by high-order harmonic generation. The insets show the steady-state absorption of Urea at the C and N K-edges extracted from the measurements.

## Forschungsergebnisse

### Ein Jet von Atomen - Erste Linse für extrem ultraviolettes Licht entwickelt

Wissenschaftler vom Max-Born-Institut (MBI) haben die erste refraktive Linse entwickelt, die extrem ultraviolette Strahlen fokussiert. Anstelle von Glaslinsen, die im extrem ultravioletten Bereich undurchsichtig sind, haben sie eine Linse genutzt, die aus einem Jet von Atomen besteht. Hierdurch bieten sich zukünftig neue Möglichkeiten, um beispielsweise biologische Strukturen auf kürzesten Zeitskalen abzubilden und somit besser zu verstehen. Die Ergebnisse sind jetzt in „Nature“ veröffentlicht worden.

Ein Baumstamm, der teilweise unter Wasser liegt, scheint gebogen zu sein. Schon lange weiß man, dass dies die Brechung verursacht, das heißt der Lichtstrahl wird auf seinem Weg von einem Medium (Wasser) zu einem anderen (Luft) gebrochen. Auch bei Linsen, die in unserem Leben unentbehrlich sind, ist Brechung das grundlegende physikalische Prinzip. Sie sind Teil unseres Auges, sie dienen als Brillen, Kontaktlinsen sowie als Objektive von Kameras, und sie werden zum Kontrollieren von Laserstrahlen benutzt.

Mit der Entdeckung neuer Bereiche des elektromagnetischen Spektrums wie der ultravioletten (UV) Strahlung und Röntgenstrahlung wurden refraktive Linsen entwickelt, die an diese spektralen Bereiche genau angepasst sind. Elektromagnetische Strahlung im extrem ultravioletten (XUV) Bereich ist jedoch speziell. Sie umfasst den Wellenlängenbereich zwischen der UV- und Röntgenstrahlung - aber im Gegensatz zu diesen beiden Strahlungsbereichen kann sie sich nur im Vakuum oder in stark verdünnten Gasen bewegen. Heutzutage wird XUV-Strahlung bei der Lithographie für Halbleiter genutzt wie auch in der Grundlagenforschung, um die Struktur und die Dynamik von Materie zu verstehen und zu kontrollieren. Sie ermöglicht Lichtpulse im Attosekundenbereich - dies sind die kürzesten Lichtpulse, die Menschen erzeugen können (eine Attosekunde ist ein Milliardstel einer Milliardstel Sekunde). Aber trotz der großen Zahl an XUV-Quellen und -Anwendungen gab es bislang keine XUV-Linsen. Der Grund hierfür ist, dass die XUV-Strahlung stark von festem oder flüssigem Material absorbiert wird und sie sich somit nicht durch konventionelle Linsen bewegen kann.

Um die XUV-Strahlung zu fokussieren, hat das Wissenschaftlerteam am MBI einen neuen Ansatz gewählt: Sie ersetzen eine Glaslinse mit einem Jet von Atomen aus dem Edelgas Helium (siehe Abb. 1). Diese Linse profitiert von der hohen Durchlässigkeit des Heliums im XUV-Spektralbereich. Zur gleichen Zeit kann sie präzise kontrolliert werden, da die Dichte des Gases im Jet geändert werden kann. Dies ist wichtig, um die Brennweite einzustellen und die Größe der fokussierten XUV-Strahlung zu minimieren.

## Research Highlights

### Atomic jet - the first lens for extreme-ultraviolet light developed

Scientists from the Max Born Institute (MBI) have developed the first refractive lens that focuses extreme ultraviolet beams. Instead of using a glass lens, which is non-transparent in the extreme-ultraviolet region, the researchers have demonstrated a lens that is formed by a jet of atoms. The results, which provide novel opportunities for the imaging of biological samples on the shortest timescales, were published in Nature.

A tree trunk partly submerged in water appears to be bent. Since hundreds of years people know that this is caused by refraction, i.e. the light changes its direction when traveling from one medium (water) to another (air) at an angle. Refraction is also the underlying physical principle behind lenses which play an indispensable role in everyday life: They are a part of the human eye, they are used as glasses, contact lenses, as camera objectives and for controlling laser beams.

Following the discovery of new regions of the electromagnetic spectrum such as ultraviolet (UV) and X-ray radiation, refractive lenses were developed that are specifically adapted to these spectral regions. Electromagnetic radiation in the extreme-ultraviolet (XUV) region is, however, somewhat special. It occupies the wavelength range between the UV and X-ray domains, but unlike the two latter types of radiation, it can only travel in vacuum or strongly rarefied gases. Nowadays XUV beams are widely used in semiconductor lithography as well as in fundamental research to understand and control the structure and dynamics of matter. They enable the generation of the shortest human made light pulses with attosecond durations (an attosecond is one billionth of a billionth of a second). However, in spite of the large number of XUV sources and applications, no XUV lenses have existed up to now. The reason is that XUV radiation is strongly absorbed by any solid or liquid material and simply cannot pass through conventional lenses.

In order to focus XUV beams, a team of MBI researchers have taken a different approach: They replaced a glass lens with that formed by a jet of atoms of a noble gas, helium (see Fig. 1). This lens benefits from the high transmission of helium in the XUV spectral range and at the same time can be precisely controlled by changing the density of the gas in the jet. This is important in order to tune the focal length and minimize the spot sizes of the focused XUV beams.

In comparison to curved mirrors that are often used to focus XUV radiation, these gaseous refractive lenses have a number of advantages: A „new“ lens is constantly generated through the flow of atoms in the jet, meaning that problems with damages are avoided. Furthermore, a gas lens results in virtually no loss of XUV radiation compared to a typical mirror. „This is a

Verglichen mit gekrümmten Spiegeln, die häufig zum Fokussieren von XUV-Strahlung genutzt werden, haben diese gasförmigen refraktiven Linsen einige Vorteile: Eine neue Linse wird beständig durch den Fluss an Atomen im Jet gebildet, so dass Beschädigungen kein Problem darstellen. Weiterhin geht - anders als bei einem typischen Spiegel - durch die Gaslinse kaum XUV-Strahlung verloren. „Dies ist die wichtigste Verbesserung, weil die Erzeugung von XUV-Strahlen komplex und oft sehr teuer ist“, erklärt Dr. Bernd Schütte, Wissenschaftler am MBI und Mitautor der Publikation.

In ihrer Arbeit haben die Wissenschaftler weiterhin gezeigt, dass ein Jet von Atomen als ein Prisma dienen kann, das die XUV-Strahlung in seine Spektralkomponenten zerlegt (siehe Abb. 2). Dies ist vergleichbar mit einem Regenbogen, bei dem Wassertropfen das Sonnenlicht in seine Spektralfarben brechen - nur sind die „Farben“ der XUV-Strahlung für das menschliche Auge nicht sichtbar.

Die Entwicklung von Linsen und Prismen im gasförmigen Zustand ermöglicht den Transfer optischer Techniken, die auf Brechung beruhen, auf den XUV-Bereich. Diese Techniken haben im sichtbaren sowie Infrarot-Bereich des elektromagnetischen Spektrums ein breites Einsatzgebiet. Gaslinsen könnten beispielsweise dazu dienen, ein XUV-Mikroskop zu entwickeln oder XUV-Strahlen auf einen Punkt in Nanometergröße zu fokussieren. Dies könnte zukünftig dabei helfen, strukturelle Veränderungen von Biomolekülen auf kürzesten Zeitskalen zu beobachten.

major improvement, because the generation of XUV beams is complex and often very expensive.“ Dr. Bernd Schütte, MBI scientist and corresponding author of the publication, explains. In the work the researchers have further demonstrated that an atomic jet can act as a prism breaking the XUV radiation into its constituent spectral components (see Fig. 2). This can be compared to the observation of a rainbow, resulting from the breaking of the Sun light into its spectral colors by water droplets, except that the „colors“ of the XUV light are not visible to a human eye.

The development of the gas-phase lenses and prisms in the XUV region makes it possible to transfer optical techniques that are based on refraction and that are widely used in the visible and infrared part of the electromagnetic spectrum, to the XUV domain. Gas lenses could e.g. be exploited to develop an XUV microscope or to focus XUV beams to nanometer spot sizes. This may be applied in the future, for instance, to observe structural changes of biomolecules on the shortest timescales

#### Originalpublikation:

Lorenz Drescher, Oleg Kornilov, Tobias Witting, Geert Reitsma, Nils Monserud, Arnaud Rouzée, Jochen Mikosch, Marc Vrakking, Bernd Schütte  
„Extreme-ultraviolet refractive optics“  
Nature, 28. November 2018 (online), doi.org/10.1038/s41586-018-0737-2

Contact: B. Schütte, Tel. 1295, M.J. Vrakking, Tel. 1200

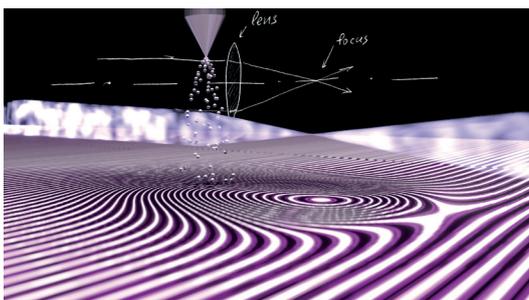


Abb. 1: Fokussierung eines XUV-Lichtstrahls durch einen Jet aus Atomen, der als Linse dient (Credit: Oleg Kornilov, Lorenz Drescher)

Fig. 1: Focusing of an XUV beam by a jet of atoms that is used as a lens. (Credit: Oleg Kornilov, Lorenz Drescher)

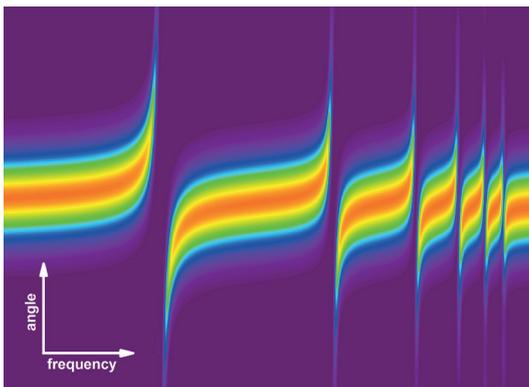


Abb. 2: Unsichtbarer Regenbogen, der durch einen Jet von Helium-Atomen entsteht. Licht mit Farben nahe zu Heliumresonanzen werden entweder nach oben oder unten abgelenkt. (Abb. MBI)

Fig. 2: Invisible rainbow that is generated by a jet of helium atoms. Light with "colors" close to resonances of helium are either deflected upwards or downwards. (Fig. MBI)

## Forschungsergebnisse

### Neue dynamische Sonden für Ionen in Wechselwirkung mit Biomolekülen

Ionenpaare aus negativ geladenen Phosphatgruppen und positiven Magnesiumionen sind ein wichtiges Strukturelement von DNA und RNA in wässriger Umgebung. Schwingungen der Phosphatgruppen wurden jetzt als selektive Sonden solcher Kontakt-Ionenpaare etabliert und geben Einblick in Wechselwirkungen und Strukturen auf der ultraschnellen Zeitskala molekularer Dynamik.

DNA und RNA sind geladene Polymere, die genetische Informationen in einer Doppelhelixstruktur kodieren und eine Schlüsselrolle bei der Biosynthese von Proteinen spielen. Ihre negativen Ladungen sind im molekularen Rückgrat angeordnet, das aus ionischen Phosphatgruppen ( $\text{PO}_2^-$ ) und Zuckerringstrukturen besteht (Abb. 1). Eine Stabilisierung der makromolekularen DNA- und RNA-Strukturen erfordert die Kompensation der stark abstoßenden elektrischen Kräfte zwischen den Phosphatgruppen (gleicher Ladung) durch Ionen entgegengesetzter, d.h. positiver Ladung. Hierbei sind Magnesiumionen  $\text{Mg}^{2+}$  besonders wichtig, da sie über die Stabilisierung der Strukturen hinaus auch externe Bindungspartner erkennen und als katalytische Zentren dienen. Veränderungen der makromolekularen Struktur sind bei Faltungsprozessen mit einer Umordnung der positiven Ionen und der umgebenden Wasserhülle verbunden.

Positive Ionen in der Umgebung von DNA und RNA existieren in unterschiedlichen Geometrien: in sog. Kontakt-Ionenpaaren ist ein positives Ion in direkter räumlicher Nachbarschaft eines Sauerstoffatoms der Phosphatgruppe angeordnet (Abb. 2, oben). Hingegen besteht die sog. äußere Ionenatmosphäre aus positiven Ionen, die durch mindestens eine Schicht von Wassermolekülen von den Phosphatgruppen getrennt sind. Die funktionellen Eigenschaften der verschiedenen Geometrien und ihre Wechselwirkungen sind bisher nur teilweise verstanden. Eine tiefere Einsicht auf molekularem Niveau erfordert hochempfindliche Sonden, welche die verschiedenen Geometrien unterscheiden ohne sie zu verändern und ihre Dynamik auf der ultrakurzen Zeitskala molekularer Bewegungen verfolgen können.

In einer kürzlich erschienenen Publikation zeigen Wissenschaftler des MBI, dass Schwingungsanregungen der Phosphatgruppen empfindliche nichtinvasive Sonden darstellen, mit denen sich Ionengeometrien in einer Wasserumgebung unterscheiden lassen. In den Experimenten wurde Dimethylphosphat ( $\text{DMP}, (\text{CH}_3\text{O})_2\text{PO}_2^-$ ), ein etabliertes Modellsystem für das DNA- und RNA-Rückgrat, in Wasser mit einem Überschuß von  $\text{Mg}^{2+}$  Ionen präpariert und mittels nichtlinearer Schwingungsspektroskopie im Femtosekundenzeitbereich untersucht ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ). Die Experimente beruhen auf zweidimensiona-

## Research Highlights

### New dynamic probes for ions interacting with biomolecules

Pairs of negatively charged phosphate groups and positive magnesium ions represent a key structural feature of DNA and RNA embedded in water. Vibrations of phosphate groups have now been established as selective probes of such contact pairs and allow for a mapping of interactions and structure on the ultrafast time scales of molecular dynamics.

DNA and RNA are charged polymers that encode genetic information in a double helix structure and act as key player in the biosynthesis of proteins. Their negative charges are located in the molecular backbone, which consists of ionic phosphate ( $\text{PO}_2^-$ ) and of sugar groups (Figure 1). Stabilization of the macromolecular structures of DNA and RNA requires a compensation of strong repulsive electric forces between the equally charged phosphate groups by ions of opposite, i.e., positive charge. In this context, magnesium  $\text{Mg}^{2+}$  ions are particularly relevant as they not only stabilize the structure but also mediate the recognition of external binding partners and act as catalytic centers. Moreover, changes of macromolecular structure via dynamic folding processes are connected with a rearrangement of positive ions embedded in the surrounding water shell.

Positive ions are arranged in different geometries around DNA and RNA: in so-called site-bound or contact-pair geometries, a positive ion is located in direct contact with an oxygen atom of a phosphate group. In contrast, the so-called outer ion atmosphere consists of positive ions separated by at least one layer of water molecules from the phosphate groups. The functional role of the different geometries and the underlying interactions are far from being understood. A deeper insight at the molecular level requires highly sensitive probes which allow for discerning the different ion geometries without disturbing them, and for mapping their dynamics on the ultrafast time scale of molecular motions.

In a recent publication, researchers from the Max-Born-Institute demonstrate that vibrations of phosphate groups represent sensitive and noninvasive probes of ion geometries in a water environment. Dimethylphosphate ( $\text{DMP}, (\text{CH}_3\text{O})_2\text{PO}_2^-$ ) an established model system for the DNA and RNA backbone, was prepared in liquid water with an excess of  $\text{Mg}^{2+}$  ions (Figure 2, top) and studied by nonlinear vibrational spectroscopy in the femtosecond time domain ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ). The experiments make use of two-dimensional infrared (2D-IR) spectroscopy, a most sophisticated method for analyzing the ionic interactions and structures on the intrinsic time scale of fluctuating molecular motions.

The experiments map  $\text{Mg}^{2+}$  ions in direct contact with a  $\text{PO}_2^-$  group via a distinct feature in the 2D-IR spectrum (Figure 2,

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

ler Infrarot (2D-IR) Spektroskopie, eine ausgereifte und sehr aussagekräftige Methode um ionische Wechselwirkungen und Geometrien zu studieren.

In den Experimenten werden  $Mg^{2+}$  Ionen in direktem Kontakt mit einer  $PO_2^-$  Gruppe erstmals durch eine neue separate Bande im 2D-IR Spektrum nachgewiesen (Abb. 2, unten). Die Kopplung an das  $Mg^{2+}$  Ion verschiebt die asymmetrische  $PO_2^-$  Streckerschwingung zu einer höheren Frequenz als in Abwesenheit von Magnesiumionen. Die Linienform und die zeitliche Entwicklung der neuen Bande machen Fluktuationen der Ionenpaar-Geometrie und der umgebenden Wasserhülle auf der Zeitskala einiger hundert Femtosekunden sichtbar, während die Paargeometrie selbst für viel längere Zeit erhalten bleibt ( $\sim 10^{-6}$  s). Eine genaue theoretische Analyse zeigt, dass die subtile Balance zwischen anziehenden elektrischen (Coulomb) Kräften und abstoßenden Kräften, die von der quantenmechanischen Austauschwechselwirkung herrühren, die Frequenzposition der Phosphatschwingung bestimmen.

Mit der Charakterisierung der kurzreichweitigen Phosphat-Ionen-Wechselwirkung in Lösung durch 2D-IR Spektroskopie steht ein neuartiges analytisches Werkzeug zur Verfügung, das statische Techniken der Strukturaufklärung erweitert. Eine Anwendung dieses neuen Konzepts auf DNA und RNA und ihre ionische Umgebung erscheint vielversprechend und wird zur Aufklärung der Mechanismen beitragen, die Biomoleküle im Gleichgewicht stabilisieren und Faltungsprozesse treiben.

bottom). The interaction with the  $Mg^{2+}$  ion shifts the asymmetric  $PO_2^-$  stretching vibration to a frequency which is higher than in absence of  $Mg^{2+}$  ions. The lineshape and the time evolution of this new feature reveal fluctuations of the contact ion pair geometry and the embedding water shell on a time scale of hundreds of femtoseconds while the contact pair itself exists for much longer times ( $\sim 10^{-6}$  s). An in-depth theoretical analysis shows that the subtle balance of attractive electrostatic (Coulomb) forces and repulsive forces due to the quantum-mechanical exchange interaction govern the frequency position of the phosphate vibration.

The ability of 2D-IR spectroscopy to characterize the short-ranged phosphate-ion interaction in solution provides a novel analytical tool that complements currently available structural techniques. An extension of this new approach to DNA and RNA and their ionic environment is most promising and expected to provide new insight in the forces stabilizing equilibrium structures and driving folding processes.

#### Originalpublikation:

Jakob Schauss, Fabian Dahms, Benjamin P. Fingerhut, Thomas Elsaesser:  
Phosphate-magnesium ion interactions in water probed by ultrafast two-dimensional infrared spectroscopy  
J. Phys. Chem. Lett. 10, 238-243 (2019)  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jpcllett.8b03568>

Contact: B. Fingerhut, Tel. 1404, T. Elsaesser, Tel. 1400

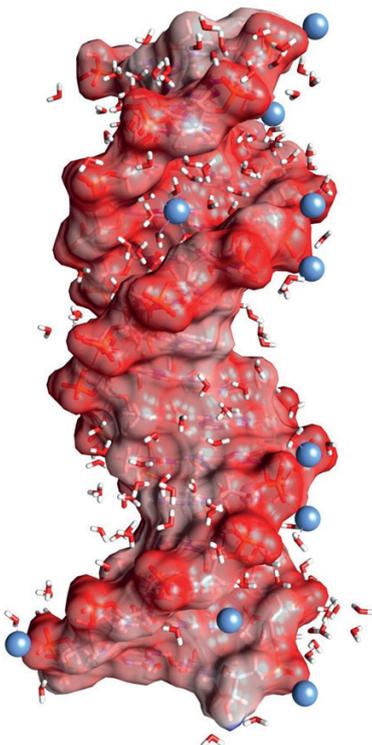


Fig. 1: DNA double helix embedded in water (angled small molecules, not to scale). The dark red spheres on the helix surface represent oxygen atoms of the negatively charged  $PO_2^-$  units, the blue spheres positively charged ions in the environment.

Abb. 1: DNA Doppelhelix in einer Wasserhülle (gewinkelte kleine Moleküle, nicht maßstäblich). Die kugelförmigen roten Strukturen auf der Helixoberfläche stellen die Sauerstoffatome der negativ geladenen ( $PO_2^-$ ) Gruppen dar, die blauen Kugeln positiv geladene Ionen in der Umgebung.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

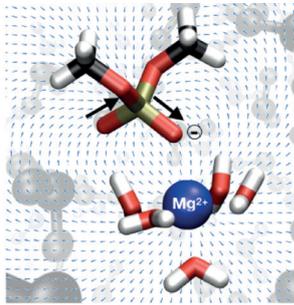


Abb. 2: Oben: Molekulare Struktur eines Kontakt-Ionenpaares aus Dimethylphosphat (DMP) und einem Magnesiumion  $Mg^{2+}$  in Wasser. Die Pfeile markieren die Auslenkungen der Sauerstoffatome bei der asymmetrischen  $PO_2^-$  Streckschwingung. Unten: Zweidimensionale Infrarot- (2D-IR) Spektren der asymmetrischen  $PO_2^-$  Streckschwingung, gemessen bei einer Wartezeit  $T=500$  fs nach der Schwingungsanregung. Das Messsignal ist als Funktion der infraroten Anregungs- und Detektionsfrequenzen gezeigt. Es besteht aus einem Beitrag P1 der DMP Moleküle ohne Magnesiumion in der Nachbarschaft und der Komponente P2 der Kontakt-Ionenpaare. Letztere ist aufgrund der Wechselwirkung zwischen  $PO_2^-$  und  $Mg^{2+}$  zu höheren Frequenzen verschoben.

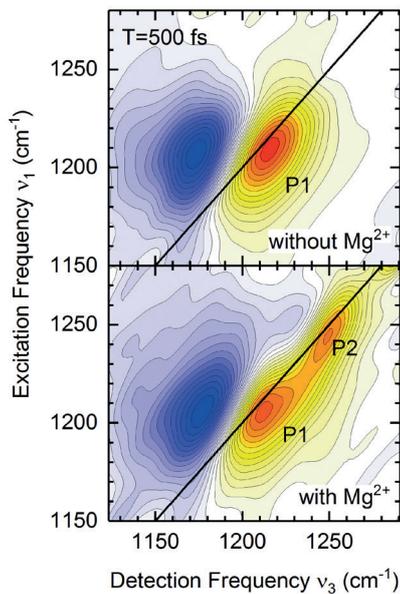


Fig. 2: Top: Molecular structure of a contact ion pair consisting of dimethylphosphate (DMP) and a magnesium ion  $Mg^{2+}$  embedded in water. The arrows mark the elongations of the phosphorus-oxygen bonds in the asymmetric  $PO_2^-$  stretching vibration. Bottom: Two-dimensional infrared (2D-IR) spectra of the asymmetric  $PO_2^-$  stretching vibration measured at a waiting time  $T=500$  fs after vibrational excitation. The vibrational response is shown as a function of the infrared excitation and the detection frequencies and consists of a component P1 from DMP molecules without a magnesium ion in the neighborhood and the contribution P2 from contact ion pairs. The latter is shifted to higher frequencies due to the interaction between  $PO_2^-$  and  $Mg^{2+}$ .

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Forschungsergebnisse

### 5000 mal schneller als ein Computer - ein atomarer Gleichrichter für Licht erzeugt einen gerichteten elektrischen Strom

Wenn Licht in einem Halbleiterkristall ohne Inversionssymmetrie absorbiert wird, können elektrische Ströme erzeugt werden. Wissenschaftler am MBI haben jetzt gerichtete Ströme bei Terahertzfrequenzen (THz) erzeugt, die bei weitem die Taktraten moderner Höchsthochfrequenzelektronik schlagen. Die Forscher zeigen, dass eine elektronische Ladungsübertragung zwischen benachbarten Atomen im Kristallgitter den zugrunde liegenden physikalischen Mechanismus darstellt.

Solarzellen konvertieren die Energie von Licht in einen gerichteten elektrischen Strom, welcher dann die Energieversorgung von elektrischen Verbrauchern gewährleistet. Physikalische Schlüsselprozesse sind hierbei die Ladungstrennung während der Lichtabsorption und der anschließende Transport von elektrischer Ladung zu den Kontakten der Solarzelle. Die elektrischen Ströme werden von negativen (Elektronen) und positiven Ladungsträgern (Löchern) getragen, die sogenannte Intradbandbewegungen in den verschiedenen elektronischen Bändern des Halbleiters ausführen. Aus physikalischer Sicht sind folgende Fragen wesentlich: Welches ist die kleinste Einheit in einem Kristall, die solch einen lichtinduzierten gerichteten Strom erzeugen kann? Was sind die höchstmöglichen Frequenzen für solche elektrischen Ströme? Welche Mechanismen auf der atomaren Längenskala sind für solch einen Ladungstransport verantwortlich?

Die kleinste Einheit in einem Kristall ist die sogenannte Einheitszelle, eine wohldefinierte Anordnung von Atomen, die durch die chemischen Bindungen bestimmt wird. Die Einheitszelle des prototypischen Halbleiters GaAs wird in Abb. 1(a) gezeigt und stellt ein Kristallgitter aus Gallium- und Arsen-Atomen ohne Inversionszentrum dar. Der elektronische Grundzustand des Kristalls ist durch ein vollständig gefülltes Valenzband gekennzeichnet, dessen elektronische Ladungsdichte auf der Bindung zwischen Ga- und As-Atomen konzentriert ist [Abb. 1(b)]. Bei Absorption von infrarotem oder sichtbarem Licht wird ein Elektron aus dem Valenzband in das energetisch nächstgelegene Leitungsband gehoben. In diesem neuen Zustand ist die elektronische Ladung in Richtung des Ga-Atoms verschoben [Abb. 1(c)]. Dieser Ladungstransfer entspricht einem lokalen elektrischen Strom, welcher Interbandstrom oder auch Verschiebestrom (engl. shift current) genannt wird und sich fundamental von Elektronenbewegungen innerhalb der Bänder unterscheidet. Bis vor kurzem gab es eine kontroverse Debatte unter Theoretikern, ob der experimentell beobachtete, lichtinduzierte Strom auf Intradbandbewegungen (wie in der Solarzelle) oder Interbandbewegungen fußt.

Wissenschaftler am MBI untersuchten experimentell die lichtinduzierten elektrischen Ströme im Halbleiter Galliumarsenid

## Research Highlights

### 5000 times faster than a computer - interatomic light rectifier generates directed electric currents

The absorption of light in semiconductor crystals without inversion symmetry can generate electric currents. Researchers at the MBI have now generated directed currents at terahertz (THz) frequencies, much higher than the clock rates of current electronics. They show that electronic charge transfer between neighboring atoms in the crystal lattice represents the underlying mechanism.

Solar cells convert the energy of light into an electric direct current (DC) which is fed into an electric supply grid. Key steps are the separation of charges after light absorption and their transport to the contacts of the device. The electric currents are carried by negative (electrons) and positive charge carriers (holes) performing so called intraband motions in various electronic bands of the semiconductor. From a physics point of view, the following questions are essential: what is the smallest unit in a crystal which can provide a photo-induced direct current (DC)? Up to which maximum frequency can one generate such currents? Which mechanisms at the atomic scale are responsible for such charge transport?

The smallest unit of a crystal is the so-called unit cell, a well-defined arrangement of atoms determined by chemical bonds. The unit cell of the prototype semiconductor GaAs is shown in Figure 1(a) and represents an arrangement of Ga and As atoms without a center of inversion. In the ground state of the crystal represented by the electronic valence band, the valence electrons are concentrated on the bonds between the Ga and the As atoms [Figure 1(b)]. Upon absorption of near-infrared or visible light, an electron is promoted from the valence band to the next higher band, the conduction band. In the new state, the electron charge is shifted towards the Ga atoms [Figure 1 (b)]. This charge transfer corresponds to a local electric current, the interband or shift current, which is fundamentally different from the electron motions in intraband currents. Until recently, there has been a controversial debate among theoreticians whether the experimentally observed photo-induced currents are due to intraband or interband motions.

Researchers at the MBI have investigated optically induced shift currents in the semiconductor gallium arsenide (GaAs) for the first time on ultrafast time scales down to 50 femtoseconds ( $1 \text{ fs} = 10^{-15}$  seconds). They report their results in the current issue of the journal *Physical Review Letters* 121, 266602 (2018). Using ultrashort, intense light pulses from the near infrared ( $\lambda = 900 \text{ nm}$ ) to the visible ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ , orange color), they generated shift currents in GaAs which oscillate and, thus, emit terahertz radiation with a bandwidth up to 20 THz (Figure 2). The properties of these currents and the underlying electron motions are fully reflected in the emitted THz waves

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

(GaAs) zum ersten Mal auf ultraschnellen Zeitskalen bis hinab zu 50 Femtosekunden ( $1 \text{ fs} = 10^{-15}$  Sekunden). Sie berichten über ihre Ergebnisse in der Fachzeitschrift *Physical Review Letters* 121, 266602 (2018). Mit Hilfe von ultrakurzen, intensiven Lichtimpulsen vom infraroten ( $\lambda = 900 \text{ nm}$ ) bis in den sichtbaren Spektralbereich ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ , oranges Licht) erzeugten sie Verschiebestrome in GaAs, die sehr schnell oszillieren und damit THz-Strahlung mit einer Bandbreite bis zu 20 THz erzeugen (Abb. 2). Die Eigenschaften dieser Ströme und die zugrunde liegenden Elektronbewegungen konnten im Detail über abgestrahlte THz-Wellen bestimmt werden, deren Amplitude und Phase direkt experimentell gemessen wurden. Die THz-Strahlung zeigt ultrakurze Stromstöße des gleichgerichteten Lichtes bei Frequenzen, die 5000 mal höher sind als die Taktraten moderner Computersysteme.

Die experimentell beobachteten Eigenschaften der Verschiebestrome sind nicht mit dem physikalischen Bild von Intradbandbewegungen von Elektronen oder Löchern vereinbar. Ganz im Gegenteil, Modellrechnungen basierend auf einer Interbandbewegung von Elektronen in einer Pseudopotential-Bandstruktur reproduzieren die experimentellen Ergebnisse und zeigen, dass ein interatomarer Übertrag von elektronischer Ladung in der Größenordnung einer chemischen Bindungslänge den Schlüsselmechanismus darstellt. Dieser Prozess findet in jeder Einheitszelle des Kristalls statt, d.h. auf einer Subnanometer-Längenskala, und erlaubt die Gleichrichtung von Licht. Dieser Effekt kann auch bei noch höheren Frequenzen ausgenutzt werden und eröffnet neue interessante Anwendungen in der Höchstfrequenzelektronik.

which are detected in amplitude and phase. The THz radiation shows that the ultrashort current bursts of rectified light contain frequencies which are 5000 times higher than the highest clock rate of modern computer technology.

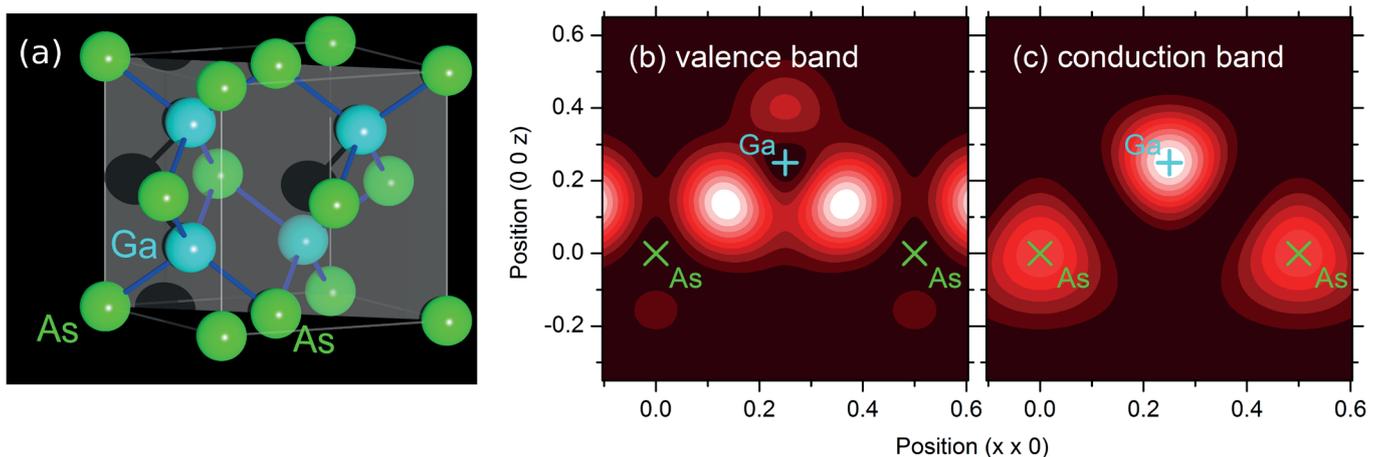
The properties of the observed shift currents definitely exclude an intraband motion of electrons or holes. In contrast, model calculations based on the interband transfer of electrons in a pseudo-potential band structure reproduce the experimental results and show that a real-space transfer of electrons over the distance on the order of a bond length represents the key mechanism. This process is operative within each unit cell of the crystal, i.e., on a sub-nanometer length scale, and causes the rectification of the optical field. The effect can be exploited at even higher frequencies, offering novel interesting applications in high frequency electronics.

#### Originalpublikation:

A. Ghalgaoui, K. Reimann, M. Woerner, T. Elsaesser, C. Flytzanis, K. Biermann, Resonant second-order nonlinear terahertz response of gallium arsenide *Phys. Rev. Lett.* 121, 266602 (2018)

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.121.266602>

Contact: M. Wörner, Tel. 1470, A. Ghalgaoui, Tel. 1474, K. Reimann, Tel. 1476, T. Elsaesser, Tel. 1400

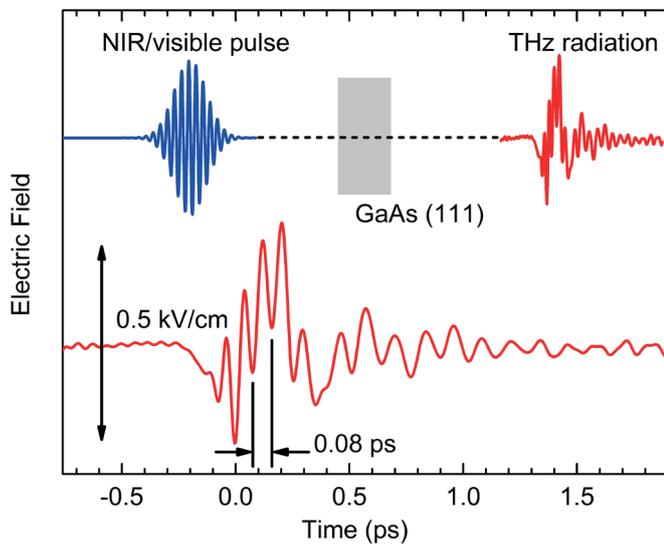


**Abb.1 :** (a) Einheitszelle des Halbleiters Galliumarsenid (GaAs). Chemische Bindungen (blau) binden jedes Galliumatom an vier benachbarte Arsenatome (und umgekehrt). Valenzelektronendichte auf der grauen Ebene in (a) im (b) Grundzustand (Elektronen im Valenzband) und im (c) angeregten Zustand (Elektronen im Leitungsband). Zusätzlich zu den hier gezeigten Valenzelektronen gibt es noch stark gebundene Elektronen nahe der Atomkerne.

**Fig.1 :** (a) Unit cell of the semiconductor gallium arsenide (GaAs). Chemical bonds (blue) connect every Ga atom to four neighboring As atoms and vice versa. Valence electron density in the grey plane of (a) in the (b) ground state (the electrons are in the valence band) and in the (c) excited state (electrons are in the conduction band). Apart from the valence electrons shown, there are tightly bound electrons near the nuclei.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019



**Abb. 2:** Oben wird das Prinzip der Messungen erklärt. Ein kurzer Pulse im nahen Infrarot oder im Sichtbaren wird auf eine dünne GaAs-Schicht gesandt. Das elektrische Feld der hierdurch erzeugten THz-Strahlung wird als Funktion der Zeit ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$ ) gemessen. Unten wird ein Beispiel für eine solche Messung gezeigt. Sie enthält Oszillationen mit einer Periode von 0.08 ps, was einer Frequenz von 12000 GHz=12 THz entspricht.

**Fig. 2:** The experimental concept is shown in the top. A short pulse in the near-infrared or visible spectral range is sent onto a thin GaAs layer. The electric field of the emitted THz radiation is measured as a function of time ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$ ). An example of such a THz waveform is shown below. It contains oscillations with a period of 0.08 ps corresponding to a frequency of 12000 GHz=12 THz.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Forschungsergebnisse

### Wie Moleküle im Laserfeld wippen

Wenn Moleküle mit dem oszillierenden Feld eines Lasers wechselwirken, wird ein unmittelbarer, zeitabhängiger Dipol induziert. Dieses sehr universelle physikalische Prinzip liegt vielfältigen Phänomenen zu Grunde. Hierzu zählen sowohl optische Pinzetten, für die Arthur Ashkin den Physiknobelpreis 2018 erhalten hat, als auch die räumliche Ausrichtung von Molekülen mit Hilfe eines Laserfeldes. Jetzt berichten Wissenschaftler vom MBI im *The Journal of Physical Chemistry Letters* von einem Experiment, das die getriebene Dipol-Antwort im Detail untersucht. Dabei werden verschiedene elektronische Zustände in einem Methylodid-Molekül aufgelöst.

Bei der Arbeit handelt es sich um die erste Studie eines mehrtomigen Moleküls mittels transientser Absorptionsspektroskopie auf Attosekunden-Zeitskalen (ATAS). In einem ATAS-Experiment wird die Absorption von Photonen im extremen ultravioletten (XUV) Spektralbereich, die Bestandteil eines isolierten Attosekundenpulses oder Pulszuges sind, in der gleichzeitigen Anwesenheit eines intensiven infraroten Laserfeldes untersucht. Dabei wird die Verzögerung zwischen Attosekundenpuls und Infrarotfeld systematisch variiert. Indem ein solches Experiment mit Molekülen durchgeführt wurde, konnten die Forscher vom MBI ein System untersuchen, in dem Übergänge von den Atomkernen in die Valenzschale und Übergänge von den Atomkernen in die Rydbergschale spektral unmittelbar benachbart sind. „Zunächst waren wir überrascht festzustellen, dass das Infrarotfeld des Lasers vor allem auf die schwachen Kern-Rydberg-Übergänge einen Einfluss hat, während die starken Kern-Valenzübergänge, die die Absorption im XU Methylodid-Moleküls bestimmen, auf das Feld wenig ansprechen“, sagt Lorenz Drescher. Die nun veröffentlichte Arbeit ist Teil der Forschungen im Rahmen seiner Doktorarbeit.

Begleitende numerische Simulationen zeigten, dass die Rydbergzustände die laser-induzierte Absorption aufgrund ihrer hohen Polarisierbarkeit dominieren. Interessant ist auch, dass die nun vorgestellte Studie einen Ausblick in die Zukunft bietet. „Wenn man mit dem XUV-Spektrum verschiedene Absorptionskanten abdeckt, kann unsere Methode Moleküldynamik aus der Perspektive verschiedener Beobachteratome innerhalb eines Moleküls abbilden“, erklärt Jochen Mikosch. „Mit der Etablierung von Attosekunden-XUV-Quellen im spektralen Wasserfenster wird ATAS von licht-induzierten Wechselwirkungen in Molekülen vermutlich ein Werkzeug werden, um ultraschnelle Phänomene in organischen Molekülen zu untersuchen“, ergänzt er. In diesem Wellenlängenbereich gibt es Übergänge von Kernzuständen in Stickstoff-, Kohlenstoff- und Sauerstoffatomen. Das MBI ist weltweit führend bei der Entwicklung solcher Lichtquellen, die es den Forschern ermöglichen werden, die elementaren Bestandteile des Lebens zu untersuchen.

## Research Highlights

### How Molecules teeter in a laser field

When molecules interact with the oscillating field of a laser, an instantaneous, time-dependent dipole is induced. This very general effect underlies diverse physical phenomena such as optical tweezers, for which Arthur Ashkin received the Nobel Prize in Physics in 2018, as well as the spatial alignment of molecules by a laser field. Now scientists from the MBI report on an experiment in the *Journal of Physical Chemistry Letters*, where the dependence of the driven-dipole response on the bound state of an electron in an methyl iodine molecule is revealed.

The reported work represents the first attosecond transient absorption spectroscopy (ATAS) experiment on a polyatomic molecule. In an ATAS experiment, the absorption of photons in the extreme ultraviolet (XUV) spectral range (provided in the form of an isolated attosecond pulse or an attosecond pulse train) is studied in the presence of an intense infrared laser field, whose relative phase with respect to the XUV radiation is controlled. By performing such an experiment on molecules, the MBI researchers could access a spectral regime, where transitions from the atomic cores to the valence shell can be compared with transitions from the cores to the Rydberg shell. „Initially somewhat surprising, we found that the infrared field affects the weak core-to-Rydberg transitions much more strongly than the core-to-valence transitions, which dominate the XUV absorption,“ says Lorenz Drescher. The published paper is part of his PhD work at MBI.

Accompanying theory simulations revealed that the Rydberg states dominate the laser-dressed XUV absorption due to their high polarizability. Importantly, the reported experiment offers a glimpse into the future. „By tuning the XUV spectrum to different absorption edges, our technique can map the molecular dynamics from the local perspective of different intra-molecular reporter atoms,“ explains Jochen Mikosch. „With the advent of attosecond XUV light sources in the water window, ATAS of light-induced couplings in molecules is anticipated to become a tool to study ultrafast phenomena in organic molecules,“ he adds. In this wavelength regime, transitions from core-orbitals in nitrogen, carbon and oxygen atoms are located. MBI is at the forefront of developing such light sources, which will allow the researchers to study the building blocks of life.

#### Original publication:

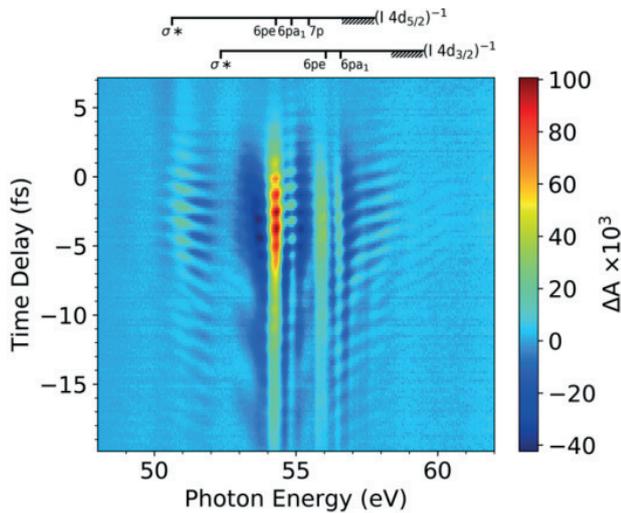
Lorenz Drescher, Geert Reitsma, Tobias Witting, Serguei Patchkovskii, Jochen Mikosch, Marc J. J. Vrakking  
State-Resolved Probing of Attosecond Timescale Molecular Dipoles  
*J. Phys. Chem. Lett.* 10 (2), 265-269 (2019)

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcllett.8b02878>

Contact: J. Mikosch, Tel. 1295

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019



**Abb. 1:** Experimentell gemessene transiente Veränderung der Absorption im XUV in der Spektralregion, in der die Übergänge vom 4d-Kern in Iod in die Valenzschale ( $\sigma^*$ ) und in die Rydbergschale in CH<sub>3</sub>I Molekülen liegen. Wohlausgeprägte Oszillationen, mit der doppelten Laserfrequenz und damit kürzer als ein optischer Zyklus, sind beobachtbar in der Spektralregion der Kern-zu-Rydberg-Übergänge, während die Kern-zu-Valenz-Übergänge nur schwach vom Feld beeinflusst werden. Der beobachtete Effekt kann auf die höhere Polarisierbarkeit der Rydbergzustände zurückgeführt werden, welcher die Laser-Materiewechselwirkung begünstigt.

**Fig. 1:** Measured transient change of the XUV absorbance in the 4d-core-to-valence ( $\sigma^*$ ) and 4d-core-to-Rydberg spectral region in CH<sub>3</sub>I molecules. Pronounced sub-cycle oscillations at twice the NIR laser frequency are observed in the region of the core-to-Rydberg transitions, while the core-to-valence transitions are only weakly affected by the field. The observed effect is traced back to the higher polarizability of the Rydberg states, which makes them more susceptible to the interaction with the laser field

## Forschungsergebnisse

### Aspirin dynamisch - Molekülschwingungen verschieben Elektronen über große Distanzen

Aspirin ist nicht nur ein wichtiges Medikament, sondern auch ein interessantes physikalisches Modellsystem, in dem Molekülschwingungen und Elektronen in besonderer Weise gekoppelt sind. Röntgenexperimente im Ultrakurzzeitbereich haben jetzt erstmals Elektronenbewegungen in Echtzeit sichtbar gemacht. Dabei zeigt sich, dass kleinste atomare Auslenkungen Elektronen über große Distanzen innerhalb der Aspirinmoleküle verschieben.

Aspirin-tabletten (Abb. 1a) bestehen aus vielen kleinen Kristalliten, in denen Moleküle der Acetyl-Salicylsäure regelmäßig angeordnet sind (Abb. 1b). Diese Moleküle sind - durch vergleichsweise schwache Wechselwirkungen - aneinander gekoppelt und erzeugen elektrische Felder, die Kräfte auf die Elektronen jedes Moleküls ausüben. Versetzt man die Moleküle in Schwingung, sollten sich die Verteilung der Elektronen im Raum und damit die chemischen Eigenschaften verändern. Obwohl dieses Szenario Gegenstand theoretischer Arbeiten war, fehlten bis heute ein experimenteller Nachweis und ein Verständnis der molekularen Dynamik.

Wissenschaftlern des Max-Born-Instituts in Berlin ist es nun durch ein Röntgenexperiment im Ultrakurzzeitbereich erstmals gelungen, einen direkten Einblick in die Elektronenbewegung während einer gekoppelten Schwingung der Aspirinmoleküle zu erhalten. Wie sie in der neuesten Ausgabe der Zeitschrift *Structural Dynamics* [6,014503 (2019)] berichten, regt ein ultrakurzer optischer Pumpimpuls die Aspirinmoleküle zu Schwingungen mit einer Periode von ungefähr einer 1 Pikosekunde (ps, 1 Millionstel einer Millionstel Sekunde) an. Ein zeitlich verzögerter harter Röntgenimpuls wird an der angeregten Pulverprobe gebeugt um die momentane räumliche Anordnung der Elektronen in Form eines Röntgenbeugungsmusters zu erfassen.

Die beigefügte Animation (Abb. 1c) zeigt die mit der Schwingungsanregung verbundene Rotationsbewegung der Methylgruppe ( $\text{CH}_3$ ) eines Aspirinmoleküls. Die Auslenkung der Atome ist dabei künstlich vergrößert um sie besser sichtbar zu machen. Die Methylrotation führt zu einer Verschiebung von Elektronen, die als gelbe Wolke (sog. Isooberfläche konstanter Ladungsdichte) gezeigt sind, über das gesamte Aspirinmolekül. Diese periodische Elektronenbewegung erfolgt im Takt der Schwingung. Dabei legen die Elektronen Distanzen zurück, die ca. 10000 Mal größer sind als die Atomauslenkungen der Methylrotation. Die Methylrotation besitzt damit einen hybriden Charakter, der Atom- und Elektronenbewegungen auf völlig unterschiedlichen Längenskalen umfasst. Ursächlich hierfür sind die elektrische Wechselwirkung zwischen den Molekülen und die dynamische Minimierung der elektrostatischen Energie des Kristalls.

## Research Highlights

### Dynamic aspirin - molecular vibrations drive electrons over large distances

Aspirin is not only an important drug but also an interesting physics model system in which molecular vibrations and electrons are coupled in a particular way. For the first time, x-ray experiments in the ultrashort time domain make electron motions visible in real time. They demonstrate that very small atomic displacements shift electrons over much larger distances within the aspirin molecules.

Aspirin pills (Figure 1a) consist of many small crystallites in which molecules of acetylsalicylic acid form a regular spatial arrangement (Figure 1b). The molecules couple to each other via comparably weak interactions and generate electric fields which exert a force on the electrons of every molecule. Upon excitation of molecular vibrations, the distribution of electrons in space and, thus, the chemical properties should change. While this scenario has been a subject of theoretical work, there has been no experimental demonstration and understanding of the molecular dynamics so far.

Scientists of the Max Born Institute in Berlin, Germany, have now gained the first and direct insight in electrons motions during a coupled vibration of the aspirin molecules. In a recent issue of the journal *Structural Dynamics* [6,014503 (2019)], they report results of an x-ray experiment in the ultrashort time domain. An ultrashort optical pump pulse induces vibrations of the aspirin molecules with a vibrational period of approximately 1 picosecond (ps, a millionth of a millionth of a second). An ultrashort hard x-ray pulse, which is delayed relative to the pump pulse, is diffracted from the excited powder of crystallites to map the momentary spatial arrangement of electrons via an x-ray diffraction pattern.

The animation in Figure 1c shows the rotational motion of the methyl ( $\text{CH}_3$ ) group of an aspirin molecule which arises upon vibrational excitation. In the animation, the atomic displacements are artificially enlarged to make them visible. The methyl rotation is connected with a spatial shift of electrons over the entire aspirin molecule (yellow clouds, so-called isosurface of constant electron density). The periodic electron motions occur in time with the vibrational motions of the atoms and the distances traveled by the electrons are typically 10000 times larger than the atom displacements in the methyl rotation. This behavior demonstrates the hybrid character of the methyl rotation which is comprised of both atomic and electron motions on totally different length scales. The hybrid character originates from the electric interaction between the aspirin molecules and the dynamic minimization of electrostatic energy in the crystallite.

These new results underline the central role of hybrid modes for the stabilization of the crystal structure, in agreement with theoretical calculations. In the case of aspirin, this property

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

Die Ergebnisse unterstreichen die zentrale Rolle von Hybridmoden für die Stabilisierung der Kristallstruktur, in Einklang mit theoretischen Analysen. Im Fall des Aspirins führt dies zum Vorherrschen der sog. Form 1 der Kristallite gegenüber anderen molekularen Anordnungen. Die starke räumliche Modulation der Elektronenverteilung durch Schwingungen ist für zahlreiche Kristalle bedeutend, in denen elektrische Kopplungen auftreten. Schwingungsanregungen in ferroelektrischen Materialien sollten ein ultraschnelles Umschalten der elektrischen Polarisation und damit neue Höchsfrequenzbauelemente ermöglichen.

Kontakt: C.Hauf, Tel. 1473, M.Woerner, Tel. 1470,  
T. Elsässer, Tel. 1400

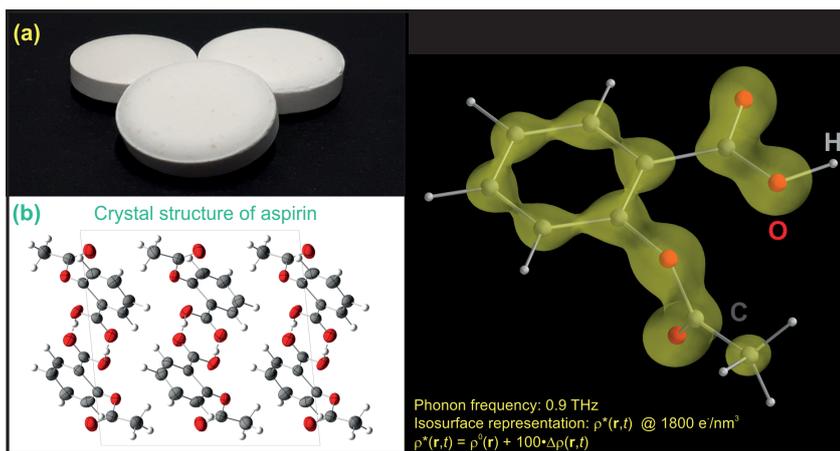
favors the so-called form 1 of the crystal structure compared to other molecular arrangements. The strong modulation of the electron distribution by vibrations is relevant for numerous crystal structures in which electric interactions prevail. Vibrational excitations of ferroelectric materials should allow for an ultrafast switching of the macroscopic electric polarization and, thus, lead to new electronic devices for extremely high frequencies.

#### Originalpublikation:

C. Hauf, Hernandez Salvador, A.-A., M. Holtz, M. Woerner, T. Elsaesser  
Phonon driven charge dynamics in polycrystalline acetylsalicylic acid mapped by ultrafast x-ray diffraction  
Struct. Dyn. 6,014503 (2019)/ 1-7 /

#### Chosen as featured article by the Editors

<https://aca.scitation.org/doi/10.1063/1.5079229>



Animation:

[http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2019\\_01\\_30](http://www.mbi-berlin.de/en/current/index.html#2019_01_30)

Abb.: (a) Aspirin-Tabletten (b) Kristallstruktur des Aspirin als regelmäßige periodische räumliche Anordnung von Aspirinmolekülen. (c) Die Animation illustriert die Umverteilung der Elektronendichte im Aspirinmolekül im Verlauf der Rotation der Methylgruppe mit einer Periode von ungefähr 1 ps, in Form einer Isooberflächendarstellung. Das Aspirinmolekül wird durch ein Kugel-Stab Modell dargestellt, und alle Punkte im Raum, an denen die Elektronendichte einen bestimmten Wert [1800 Elektronenladungen pro Kubiknanometer (e/nm<sup>3</sup>)] annimmt, liegen auf der grünen Oberfläche. Verändert sich die Elektronendichte wird dies durch eine Veränderung der Form der Isooberfläche angezeigt. So zeigt ein Schrumpfen der Isooberfläche um ein Atom herum an, dass dieses Elektronen abgibt, umgekehrt repräsentiert ein Aufblähen der Isooberfläche eine Aufnahme von Elektronen. Diese Art der Darstellung zeigt im Falle von Aspirin eine kontinuierliche periodische Verlagerung von Ladung innerhalb des Aspirinmoleküls, vor allem zwischen den Atomen des C6-Rings (links im Bild) und der COOH Carboxy-Gruppe (rechts im Bild), im Verlauf der Rotation der Methylgruppe.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

Es war eine schöne Weihnachtsfeier....

.....danke an alle die am Gelingen der Weihnachtsfeier mitgewirkt haben.

A wonderful Christmas party....

.....thank you very much for all colleagues who contributed to the success of our Christmas party.



# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Gleichstellung

### Girls' Day 2019

Der Girlsday 2019 naht mit schnellen Schritten. Das Programm ist veröffentlicht, und die ersten 10/20 Plätzen sind bereits belegt.

Aktuelle Informationen finden Sie unter folgendem Link:

[http://intern.mbi-berlin.de/de/gender\\_equality/ge\\_girlsday/ge\\_girlsday.html](http://intern.mbi-berlin.de/de/gender_equality/ge_girlsday/ge_girlsday.html)

Kontakt: M. Rink, Tel. 1551, A. Lübcke, Tel. 1247

### MINT-Woche

Im Rahmen der MINT-Woche, die von der Technischen Universität Berlin organisiert wurde, besuchten am 18. Januar mehrere Studentinnen der FU und TU das MBI. Andrea Lübcke stellte das Institut und die Forschungsaktivitäten im Rahmen eines kurzen Vortrags vor. Anschließend hatten die Studentinnen die Gelegenheit, drei Labore zu besichtigen und sich über die einzelnen Forschungsaktivitäten genauer zu informieren. Zum Abschluß haben wir eine Diskussionsrunde organisiert, in der Doktorand\*innen und eine Ingenieurin die Fragen der Studentinnen zum Arbeiten am MBI, aber auch generelle Fragen zum Studium/Auslandsaufenthalt etc. beantworteten und Rat und Tipps gaben.

Die Rückmeldungen der Studentinnen waren durchweg positiv.

Herzlichen Dank an alle Beteiligten; insbesondere Bastian Pfau, Michael Wörner, Oleg Kornilov, Kathinka Gerlinger, Melanie Krause und Thomas Kalousdian.

Kontakt: A. Lübcke, Tel. 1247

## Equal Opportunity

### Girls' Day 2019

The Girlsday 2019 is approaching in quick steps. The programme is now online and 10 of 20 places are already reserved.

More information is available on our website:

[http://intern.mbi-berlin.de/de/gender\\_equality/ge\\_girlsday/ge\\_girlsday.html](http://intern.mbi-berlin.de/de/gender_equality/ge_girlsday/ge_girlsday.html)

Contact: M. Rink, Tel. 1551, A. Lübcke, Tel. 1247

### MINT-Week

In the frame of the MINT-Week, which has been organized by the Technical University Berlin, several female students of the Freie University and Technical University visited the MBI on January, 18<sup>th</sup>. Andrea Lübcke introduced the institute and its research activities with a short talk. Afterwards, the students had the opportunity to visit three labs and to get better informed about the individual research. Finally, we have organized a round table discussion with PhD students and engineers who answered student's questions about working at MBI, but also general questions on studying and going abroad.

The feedback of the students was positive without exception.

Many thanks to everyone who helped making this day a success for the students, in particular to Bastian Pfau, Michael Wörner, Oleg Kornilov, Kathinka Gerlinger, Melanie Krause and Thomas Kalousdian.

Contact: A. Lübcke, Tel. 1247



B. Pfau erklärt wie mit hohen Harmonischen Magnetisierungsdynamik untersucht wird.  
B. Pfau explains how high harmonics help to investigate magnetization dynamics.

Die MINT-Woche richtet sich an weibliche Studierende der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) und möchte Einblicke in Berufsfelder und Promotionsmöglichkeiten außerhalb der Universitäten geben.

The MINT-Week addresses female students of the STEM fields (science, technology, engineering and mathematics) and wants to provide insides into professional activities and opportunities outside universities.

# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Salon Sophie Charlotte - „Maß und Messen“

„Maß und Messen“ lautete der Titel des „Salon Sophie Charlotte“ im Gebäude der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) am 19. Januar 2019 stattfand. Mehr als 80 Beiträge begeisterten die Besucher über das vielseitige und spannende Thema des Abends. Auch das MBI war mit zwei Beiträgen zugegen. Thomas Elsässer hielt einen Vortrag über „Die Messung der Zeit - eine physikalische Herausforderung“. Uwe Griebner zusammen mit Lorenz von Grafenstein veranschaulichten mit einem experimentellen Aufbau „die Vermessung ultrakurzer Lichtblitze“.

Jedes Jahr im Januar seit 2006 lädt die BBAW von 18 bis 24 Uhr zu einer spannenden Wissenschaftsnacht ins Akademiegebäude am Gendarmenmarkt ein.

Ausführliche Informationen für zukünftige Programme finden Sie unter dem folgenden Link: <http://www.bbaw.de/>



## Salon Sophie Charlotte - „Measure and Measuring“

„Measure and Measuring“ was the title of the „Salon Sophie Charlotte“ in the facilities of the Berlin-Brandenburg Academy of Science and Humanities (BBAW) on 19 of January 2019. More than 80 exciting and practical presentations delighted the audience till midnight. The MBI was present with two contributions. Thomas Elsaesser hold a lecture on the theme „The measurement of time - a physical challenge“. Uwe Griebner together with Lorenz von Grafenstein demonstrated in a experimental set-up „The measurement of ultrashort light pulses“.

Each year, since 2006 in the month of January the BBAW invites to a fascinating science night from 6 p.m. to midnight at the premises of the Academy at the Gendarmenmarkt.

Further information about events you will find on the following link: <http://www.bbaw.de/>



# MBI Interner Newsletter

10. Jahrgang - Ausgabe 33 - Februar 2019

## Termine - Save the date

### Donnerstag, 28. März 2019

Girls' Day

### Donnerstag & Freitag, 16. und 17. Mai 2019

Evaluierung / Evaluation

*Please keep in mind the e-mail from Alexander Grimm sent on October 16, 2018 (15:53) to all staff members*

### Donnerstag, 13. Juni 2019

Sommerfest/Summerparty and Science Day of the Forschungsverbund 2019 in der Kulturbrauerei

### Samstag, 15. Juni 2019

Lange Nacht der Wissenschaften/Long Night of Science

### Donnerstag & Freitag, 26. und 27. September

Beirat / SAB

Kein Herauskopieren, Vervielfältigungs- und Verbreitungsrecht der Bilder oder auch anderweitige Nutzung aus unseren MBI Internen Newsletter

No right of copy, reproduction and distribution of all pictures or any other use at all in our Internal MBI Newsletter..