

MBI Interner Newsletter

Inhalte

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Editorial

Personalinformationen / Preise

Betriebsrat / Work Council

Vereinbarkeit Beruf und Familie /Work and Family

Gleichstellung/Equal Opportunity

Projekteinwerbung

Forschungsergebnisse/Research Highlights

EDV/IT

Allgemeines / General

Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

Nach zehn ereignisreichen Monaten als Direktorin des MBI habe ich nun ein wenig mehr von der Bandbreite der Kompetenzen am MBI entdeckt. Ich habe insbesondere die MitarbeiterInnen im neuen Bereich „Präzisionsphysik“ kennengelernt und bin erstaunt über die Vielfalt der Talente, die Thomas Elsaesser um sich versammelt hat. Dies ist sicherlich ein großer Vorteil, um die neuen Forschungsthemen anzugehen und neue ehrgeizige Ziele zu verfolgen, bei denen Kreativität und Originalität die Grundpfeiler sind!

Der Aufbau eines neuen Bereiches ist keine leichte Aufgabe. Es geht zum Beispiel darum, die zeitkritischen Experimente am Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) abzuschließen, eine zufriedenstellende Lösung für alle Gruppenmitglieder dort zu finden, unabhängig davon, ob sie sich auf das Abenteuer in Berlin einlassen werden oder nicht, alle laufenden Drittmittelprojekte zu übertragen, den Umzug der Labore zu organisieren, die neuen Labore und Büros am MBI vorzubereiten, neue Mitarbeiter einzustellen, neue Geräte zu bestellen und viele andere einmalige Aufgaben zu erledigen, bevor die wissenschaftliche Arbeit wirklich beginnen kann. Alle MitarbeiterInnen im Bereich C sowie der anderen Bereichen und Abteilungen sind ausgesprochen hilfreich, um diese Herausforderungen zu bewältigen, wofür ich ihnen allen sehr dankbar bin. Ich habe gar nicht genug Platz, um alle Beiträge und Unterstützungen hier einzeln aufzuzählen. Aber nochmals seien sich alle meines Dankes sicher.

Was haben wir bis jetzt erreicht und was planen wir!

Die ersten MitarbeiterInnen der neuen Gruppe für die „Frequenzkamm-Aktivitäten“ sind der Post-Doc Quentin Bournet, der Doktorand Matei Crudu und die Sommerpraktikantin Alyssa Mayeux, die nach erfolgreichem Abschluss unser Team hoffentlich bereichern wird. Sie führen spannende Experimente zur Erzeugung von Frequenzkämmen auf winzigen photonischen Chips durch, zum Teil im Rahmen des EU-Doktoranden-Netzwerks MicroCombSys. Frequenzkämme auf Chips versprechen miniaturisierte Geräte mit einer Grundfläche von weniger als 1 cm², während moderne Kamm-Synthesizer mehr als 1 m² benötigen. Quentin Bournet beobachtet bereits Fre-

Editorial

Dear Members of the MBI,

After ten eventful months as a Director of the MBI, I have now discovered a little more of the range of skills and expertise at the MBI. In particular, I got to know the members of what is now the Division of Precision Physics, and I am amazed at the diversity of talents that Thomas Elsaesser had gathered around him. This is certainly a strong asset for starting new research topics and developing new ambitions where creativity and originality are the cornerstones!

Setting up a new Division is no easy task in these days. It involves, for example, completing the time-sensitive experiments at the Max Planck Institute of Quantum Optics (MPQ), finding a satisfactory solution for all group members there, whether or not they want to join the new adventure in Berlin, transferring all ongoing third-party funded projects, organising the move of the laboratories, preparing the new laboratories and new offices at the MBI, appointing new members, ordering new equipment and many other one-off tasks that need to be completed before the scientific work can really begin. All the members of the Division C are very helpful in making these challenges feasible and I am very grateful to all of them. Unfortunately, I do not have enough space to list everyone's contributions.

What we have already achieved! What is planned?

First group members on the frequency-comb activities are post-doctoral researcher Quentin Bournet, doctoral student Matei Crudu and summer intern Alyssa Mayeux, who will join us hopefully after her schooling. They are setting up exciting experiments on new ways of generating frequency combs on tiny photonic chips, partly within the EU doctoral network MicroCombSys. Chip-scale frequency combs promise miniaturised devices with a footprint of less than 1 cm², whereas state-of-the-art comb synthesizers occupy more than 1 m². Quentin Bournet is already observing mid-infrared frequency combs from the low-loss SiC platform, with samples fabricated

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

quenzkämme im mittleren Infrarotbereich auf der verlustarmen SiC-Plattform, wobei die Proben an der Stanford University hergestellt wurden! Dies könnte neue Möglichkeiten für den molekularen Fingerabdruck mit unseren Doppelkammtechniken eröffnen. Im September wird Brian Siquin zu ihnen stoßen, um Frequenzkämme mit geringem Phasenrauschen zu entwickeln, die für die Präzisions-Doppelkamm-Spektroskopie im Ultravioletten geeignet sind, finanziert durch das ERC Advanced Grant COMB, während Masterstudentin Marjan Shojaei das Potenzial von Quantumdot-Frequenzkämmen für die digitale Holografie untersuchen wird.

In der Zwischenzeit hat der Doktorand Stephan Amann am MPQ gerade erste Ergebnisse aus dem Experiment erhalten, das er seit 2,5 Jahren aufgebaut hat. Unter Verwendung eines AlGaAs-Kerr-Kamms mit einem Linienabstand von 1 THz hat er ein dreidimensionales Bildgebungsexperiment entwickelt, das gleichzeitig die chemische Beschaffenheit und dreidimensionale Größen-, Form-, Tiefen- und Positionsinformationen von mikro- oder millimetergroßen Partikeln über 100000 räumliche Pixel identifiziert und ein Proof-of-Principle-Experiment für den Nachweis von Mikroplastik, einem Thema von hoher Umweltrelevanz, durchgeführt. Dies ist ein hervorragender Start für das EU-EIC-Transition-Projekt MOLOKAI, das im August am MBI begonnen hat und zu einer Ausgründung führen kann. In einigen Monaten wird Stephan Amann voraussichtlich zum MBI stoßen, zusammen mit dem Postdoktoranden Bingxin Xu, der Frequenzkämme in faserbasierte optische Mikrokovitäten einkoppelt, um die Licht-Materie-Wechselwirkung in einem markierungsfreien Mikroskop zu verbessern, das einzelne Partikel im Nanomaßstab im Rahmen des EU-Quantum-Flagship-Projekts MUQUABIS untersucht, und mit dem Doktorand Jérémie Pilat, der im Rahmen des ERC-Grants COMB einen neuen Ansatz für Doppler-freie Präzisionsspektroskopie mit Frequenzkämmen erforscht.

Da wir viele interessante Bewerbungen von jungen Wissenschaftlern erhalten, wird die Abteilung auf allmählich wachsen und bahnbrechende Forschung und neue Ideen fördern.

Nicht zuletzt wurde der Start in unserem neuen Bereich durch die Bemühungen von Thomas Elsässer erheblich erleichtert, der die Einrichtung bestmöglich vorbereitete und dafür sorgte, dass Laborräume und Stellen für einen schnellen Start zur Verfügung standen. Ich möchte an dieser Stelle nochmals meinen tief empfundenen Dank aussprechen und freue mich auf unsere künftige wissenschaftliche Zusammenarbeit.

Ab 1. September 2024 werde ich für die nächsten drei Jahre die Geschäftsführung des Institutes übernehmen. Die schrittweise Übergabe findet bereits statt. Ich freue mich auf die weiteren Herausforderungen durch die kommenden gemeinsamen Aufgaben, insbesondere auf die in 2026 stattfindende Evaluierung.

Für das Direktorium
Nathalie Picqué

at Stanford University! These could open up new possibilities for molecular fingerprinting with our dual-comb techniques.

In September, Brian Siquin will join them to develop low-phase noise frequency combs suitable for precision dual-comb spectroscopy in the ultraviolet, funded by the ERC Advanced Grant COMB, while Masters student Marjan Shojaei will explore the potential of quantum dot frequency combs for digital holography.

Meanwhile, doctoral student Stephan Amann at the MPQ has just obtained preliminary results from the experiment he has been building for 2.5 years. Using an AlGaAs Kerr comb with a line spacing of 1 THz, he has developed a three-dimensional imaging experiment that simultaneously identifies the chemical nature and three-dimensional size, shape, depth and position information of micro- or millimetre-sized particles over 100,000 spatial pixels and is performing a proof-of-principle experiment for the detection of microplastics, a topic of high environmental relevance. This is an excellent start for the EU EIC Transition project MOLOKAI, which started at MBI in August and may lead to a spin-off company.

In a few months, Stephan Amann is expected to join MBI together with post-doctoral fellow Bingxin Xu, who is coupling frequency combs into fibre-based optical microcavities to enhance light-matter interaction in a label-free microscope that interrogates single nanoscale particles within the EU Quantum Flagship project MUQUABIS, and doctoral student Jérémie Pilat, who is exploring a new approach to Doppler-free precision spectroscopy using frequency combs within the ERC grant COMB.

As we receive many interesting applications from young scientists, the Division C will grow in a peaceful and gradual way, fostering groundbreaking research and the emergence of new ideas.

Last but not least, the launch of our new Division C has been greatly facilitated by the efforts of Thomas Elsaesser, who has anticipated its establishment in the best possible way and ensured that laboratory space and positions would be available for a quick start. I take this opportunity to reiterate my deepest gratitude and look forward to our future scientific collaboration. As of 1 September 2024 I will be taking over the position of managing director of the institute for the next three years. I look forward to the challenges of the upcoming joint tasks, especially the evaluation in 2026.

For the Board of Directors
Nathalie Picqué

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts (Stand: 12.8.2024 - alphabetische Reihenfolge)

Chen, Wenhan	Postdoc	B4	1325	wenhan.chen@mbi-berlin.de	13.05.2024
Crudu, Matei	Doktorand	C2	1442	matei.crudu@mbi-berlin.de	15.05.2024
Golub, John	Gastwissenschaftler	A1		john.golub@mbi-berlin.de	30.05.2024
König, Antonia	Personalsachbearbeiterin	VW	1517	antonia.koenig@mbi-berlin.de	01.07.2024
Metternich, Daniel	Gastwissenschaftler	B2	1389	daniel.metternich@mbi-berlin.de	01.08.2024
Pedro, Neide	Projektmanagerin EU-Projekte	B	1508	neide.pedro@mbi-berlin.de	01.06.2024
Ruberti, Marco	Gastwissenschaftler	A1			01.07.2024
Ruziev, Zukhriddin	Gastwissenschaftler	T1	1278	zukhriddin.ruziev@mbi-berlin.de	01.07.2024
Ryabov, Andrey	Postdoc	A1	1257	andrey.ryabov@mbi-berlin.de	15.06.2024
Vibudh, Vibudh	Masterstudent	A1	1243	vibudh@mbi-berlin.de	01.08.2024

Ausgeschiedene Mitarbeiter (Stand 12.8.2024 - alphabetische Reihenfolge)

Branchi, Federico	Doktorand, A2	30.06.2024
de Laubier, Tifaine	Praktikantin, A1	26.07.2024
Herrmann, Joachim	Gastwissenschaftler, T1	31.05.2024
Jürgens-Goltermann, Peter	Postdoc, A1	30.06.2024
Kalousdian, Thomas Kubail	Doktorand, A3	30.06.2024
Mondal, Tapas	Gastwissenschaftler, A3	29.06.2024
Nonbo, Joseph Christian	Masterstudent, A1	30.06.2024
Nursulton Abdurakhimow	Gastwissenschaftler, A1	14.05.2024
Patra, Manas	Gastwissenschaftler, B2	16.07.2024
Sainudeen, Hiba Perumannil	Gastwissenschaftler, B2	14.07.2024
Tabarie, Rosalie	Praktikantin, A1	01.08.2024
Tsoutsoumanos, Stathis	Gastwissenschaftler, B4	31.05.2024
Volkov, Mikhail	Postdoc, A1	30.06.2024
Zhang, Zhuang-Yan	Doktorand, A1	30.06.2024

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/Master- & Diplomarbeiten

P. Singh

Real-time mapping of electric interactions in polar molecular environment using terahertz spectroscopy

Dissertation - Humboldt-Universität zu Berlin (2024)

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Personal

Pressemitteilung FVB 15.8.24/12:00 h

Martin Böhnke wird Geschäftsführer des Forschungsverbunds Berlin e. V.

Zum 15. August 2024 wird der Jurist Martin Böhnke zum Geschäftsführer des Forschungsverbunds Berlin e. V. bestellt. Er hatte das Amt im April 2024 bereits kommissarisch übernommen.



Mit dem Weggang der vorhergehenden Geschäftsführerin Dr. Nicole Münnich im März 2024 wurde eine Findungskommission damit beauftragt, den Posten neu zu besetzen. Der bereits seit zwei Jahren als Justiziar in der Gemeinsamen Verwaltung des Forschungsverbunds tätige Martin Böhnke sprang kurzfristig ein und bewarb sich später auch darum, das Amt dauerhaft zu übernehmen. Die Findungskommission, bestehend aus Mitgliedern des Kuratoriums des FVB, entschied sich schließlich für den erfahrenen Wissenschaftsmanager.

Martin Böhnke ist bei Hannover aufgewachsen und war vor seinem Wechsel nach Berlin Hauptberuflicher Vizepräsident an der HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzwinden/Göttingen. Zuvor war er Kanzler an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart. Nach dem Studium der Rechtswissenschaften und dem Referendariat hat er unterschiedliche Positionen an der Leibniz Universität Hannover bekleidet; u. a. war er dort als Fakultätsgeschäftsführer tätig.

Seiner neuen Aufgabe sieht er mit Freude entgegen. *„Nachdem ich in den unterschiedlichsten Hochschulformen mit einem noch bunteren Strauß an Fächern arbeiten durfte, war ich neugierig auf die Strukturen einer außeruniversitären Forschungseinrichtung. Der Forschungsverbund ist eine herausfordernde Idee, die Raum für herausragende Spitzenforschung in einem zunehmend komplexen, regulierten Umfeld schafft. Ich freue mich sehr auf die Gelegenheit, diese Idee weiterhin mit Leben zu füllen und bin dankbar für das Vertrauen, das mir entgegengebracht wird.“*

Prof. Dr. Stefan Eisebitt, Vorstandssprecher und Direktor am Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, ist sehr zufrieden mit der Wahl des neuen Geschäftsführers: „Mit Martin Böhnke haben wir nicht nur eine sehr kompetente und besonnene Führungspersönlichkeit an der Spitze

Personal

Press release FVB 15.8.24/12:00 h

Martin Böhnke takes over as Managing Director of the Forschungsverbund Berlin e. V.

Lawyer Martin Böhnke has been appointed Managing Director of the Forschungsverbund Berlin e. V. with effect from August 15, 2024. He had already taken over the position on an interim basis in April 2024.

Following the departure of the previous Managing Director Dr. Nicole Münnich in March 2024, a search committee was tasked with filling the position. Martin Böhnke, who had already been working as a Legal Advisor in the joint administration of the Forschungsverbund for two years, stepped in at short notice. He later applied to take over the position permanently. The search committee, consisting of members of the FVB Board of Trustees, eventually decided in favor of the experienced science manager.

Martin Böhnke grew up near Hanover and was Vice President at the HAWK University of Applied Sciences and Arts Hildesheim/Holzwinden/Göttingen before moving to Berlin. He previously worked as Chancellor at the Stuttgart State Academy of Art and Design (ABK Stuttgart). After studying law and completing his legal clerkship, he took on various positions at Leibniz University Hannover, including that of a Faculty Managing Director.

Martin Böhnke is looking forward to his new role. *„After working in a wide variety of university forms with an even more diverse range of disciplines, I was curious about the structure of a non-university research institution. The Forschungsverbund is a challenging idea that creates space for outstanding high-level research in an increasingly complex, regulated environment. I am very excited about the opportunity of bringing this idea to life and I am grateful for the trust that has been placed in me.“*

Prof. Dr. Stefan Eisebitt, Spokesman of the Executive Board and Director of the Max Born Institute for Nonlinear Optics and Short Pulse Spectroscopy, is very pleased with the choice of the new Managing Director. „With Martin Böhnke, we not only have a very competent and level-headed leader at the head of

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

unserer Verwaltung, sondern auch jemanden, der die Strukturen, Möglichkeiten und Herausforderungen des Forschungsverbunds aus einer Innenperspektive kennt. Für den gesamten Vorstand kann ich sagen, dass wir uns auf die Zusammenarbeit sehr freuen!“

Der Forschungsverbund Berlin e. V. besteht aus sieben Leibniz-Instituten der Natur-, Ingenieur-, Lebens- und Umweltwissenschaften sowie einer Gemeinsamen Verwaltung. Der gemeinnützige Verein verbindet effiziente Spitzenforschung mit effizientem Wissenschaftsmanagement. Als Geschäftsführer folgt Martin Böhnke Dr. Nicole Münnich nach, die das Amt im Dezember 2021 übernahm. Sie wiederum war Nachfolgerin von Dr. Manuela Urban und Dr. Falk Fabich.

Kontakt: S. Eisebitt, Tel. 1301

our administration, but also someone who knows the structures, opportunities and challenges of the Forschungsverbund from an inside perspective. On behalf of the entire Executive Board, I can say that we are really looking forward to working together with him!“

The Forschungsverbund Berlin e. V. comprises seven Leibniz Institutes in the natural sciences, engineering, life sciences and environmental sciences as well as a joint administration. The association combines excellent research with efficient science management. Martin Böhnke succeeds Dr. Nicole Münnich as Managing Director, who took over the position in December 2021. She succeeded Dr. Manuela Urban and Dr. Falk Fabich.

Contact: S. Eisebitt, Tel. 1301

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Gleichstellung

Der diesjährige Girls' Day am MBI:

Molekularfilme, Detektivarbeit und Computersimulationen von quantenphysikalischen Effekten

Da Rollenbilder die Berufswahl vieler jungen Frauen immer noch stark beeinflussen, werden Mädchen am Girls' Day zu einem bundesweiten Orientierungstag zum Kennenlernen von Berufen und den zugehörigen Ausbildungs- und Studienfächern eingeladen. An diesem Tag lernen Mädchen Berufe oder Studienfächer kennen, in denen der Frauenanteil unter 40 Prozent liegt, z. B. in den Bereichen IT, Handwerk, Naturwissenschaften und Technik, oder sie lernen Frauen in Führungspositionen in Wirtschaft und Politik kennen.

Dank des engagierten Girls' Day Teams am MBI konnten auch in diesem Jahr wieder 18 Mädchen im Alter zwischen 12 bis 17 Jahren an drei verschiedenen Stationen einen abwechslungsreichen Einblick in unsere Forschung und unseren Arbeitsalltag gewinnen.

In einem unserer Labore lernten sie wichtige laser-basierte Messmethoden zur zeitlichen Auflösung von ultraschnellen Prozessen im Nanokosmos kennen. Mit dem Wassertropfen-Experiment konnten sie selbst testen, wie kurze Laserpulse die Bewegung fallender Tropfen „einfrieren“ können, und wie moduliertes Licht Musik erzeugen kann.

Bei den Chromatographie-Experimenten, die die Schülerinnen im Chemielabor selbst durchführten, leisteten sie echte Detektivarbeit: Sie machten die chemischen Bestandteile verschiedener Proben sichtbar und lernten so dieses wichtige chemische Verfahren aus erster Hand kennen.

Zusätzlich zu den Experimenten im Labor simulierten die Mädchen auch den Tunneleffekt am Computer und erfuhren dabei so einiges über Quantenphysik.

Zum Abschluss erhielten unsere Besucherinnen eine spektakuläre Demonstration der Bedeutung von flüssigem Stickstoff als wichtiges Werkzeug für die Forschung an unserem Institut, aber auch außerhalb der Forschung, für die Herstellung von köstlichem Schokoladeneis und Fruchtsorbet.



Equal Opportunity

This year's Girls' Day at the MBI:

Molecular Films, Detective Work and Computer Simulations of Quantum Physics Effects

As role models still strongly influence the career choices of many young women, girls are invited to a nationwide orientation day on Girls' Day to learn about professions and the associated training and study subjects. On this day, girls get to know professions or fields of study in which the proportion of women is below 40 percent, e.g. in the fields of IT, crafts, natural sciences and technology, or they get to know women in leadership positions in business and politics.

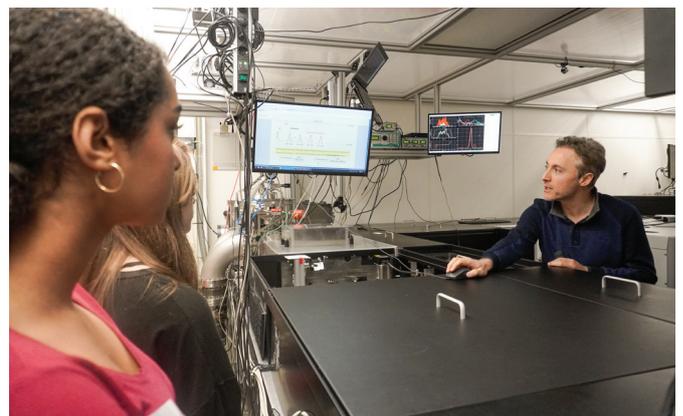
Thanks to the dedicated Girls' Day Team at the MBI, 18 girls aged between 12 and 17 were once again able to gain a varied insight into our research and day-to-day work at three different stations this year.

In one of our laboratories, they learned about important laser-based measurement methods for the temporal resolution of ultrafast processes in the nanocosmos. With the water drop experiment, they tested for themselves how short laser pulses can „freeze“ the motion of falling drops and how modulated light can create music.

During the chromatography experiments, which the pupils carried out themselves in the chemistry laboratory, they did some real detective work: they made the chemical components of various samples visible and thus got to know this important chemical process at first hand.

In addition to the lab experiments, the girls also simulated the tunnel effect on the computer and learned quite a bit about quantum physics.

Finally, our visitors were given a spectacular demonstration of the importance of liquid nitrogen as an important tool for research at our institute, but also outside of research, for the production of delicious chocolate ice cream and fruit sorbet.



MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Ich möchte mich ganz herzlich beim diesjährigen Girls' Day Team für die eifrige Unterstützung bedanken! Dank eures großen Engagements konnten die Schülerinnen wieder einmal einen tollen Einblick in unsere Forschung erlangen, wurden bestens gepflegt und betreut, und konnten so einen aufregenden Tag am MBI verbringen. Auch die Stickstoff-Show, das selbstgemachte Eis und die personalisierten Schlüsselanhänger aus unserer Werkstatt waren wieder echte Highlights für die Mädchen. Die zahlreichen positiven Rückmeldungen der Schülerinnen zeigen, wie spannend und interessant sie ihren Besuch am MBI fanden.

Persönlich und auch im Namen der Schülerinnen, die sich jedes Jahr zahlreich und mit großem Interesse zum Girls' Day am MBI anmelden, würde ich mich sehr freuen, wenn die Tradition der Teilnahme am Girls' Day auch in den kommenden Jahren am MBI fortgesetzt werden könnte. Vor allem werden dafür neue engagierte Mitglieder für das Girls' Day Team gesucht, die die Aufgaben derjenigen übernehmen, die das MBI verlassen.

Der nächste Girls' Day findet aufgrund der Osterferien bereits am 3. April 2025 statt!



I would like to thank this year's Girls' Day Team for their eager support! Thanks to your great commitment, the schoolgirls were once again able to gain a great insight into our research, were well catered for and guided, and were able to spend an exciting day at the MBI. The nitrogen show, the homemade ice cream and the personalized key chains from our workshop were also real highlights for the girls. The big bunch of positive feedback from the students show how exciting and interesting they thought of their visit to the MBI.

Personally, and also on behalf of the schoolgirls who register in large numbers and with great interest for Girls' Day at the MBI every year, I would be delighted if the tradition of participation in Girls' Day could be continued at the MBI in the coming years. In particular, we are looking for new committed members for the Girls' Day Team to take over the tasks of those who are leaving the MBI.

The next Girls' Day will take place on April 3, 2025 due to the Easter vacations!

Maria Richter, Tel. 1293



MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Projekteinwerbungen

Bereich B

Projektbezeichnung: Spez-FX: Spezialfilter für die Nutzung weicher Röntgenstrahlung

Laufzeit: 36 Monate

Projektleiter: D. Engel

Geldgeber: Senatsverwaltung WG u. P

Bereich A und T

Projektbezeichnung: HU 1593/16-1

Erzeugung hoher Harmonischer durch die initiale Verschiebung und Geschwindigkeit photoionisierter Elektronen

Laufzeit: 36 Monate

Projektleiter: A. Husakou

Geldgeber: DFG

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Forschungsergebnisse

Magnetismus mit polarisiertem Licht steuern

Mit intensiven Laserpulsen kann die Magnetisierung eines Materials auf extrem kurzen Zeitskalen manipuliert oder sogar in ihrer Richtung umgeschaltet werden. Normalerweise werden solche Effekte thermisch induziert, indem die absorbierte Laserenergie das Material sehr schnell aufheizt, was zu einer ultraschnellen Störung der magnetischen Ordnung führt. Wissenschaftler am MBI haben nun in Zusammenarbeit mit einem internationalen Team eine effektive nichtthermische Methode zur Erzeugung großer Magnetisierungsänderungen nachgewiesen. Durch Anregung einer ferrimagnetischen Eisen-Gadolinium-Legierung mit zirkular polarisierten Pulsen extrem ultravioletter (XUV) Strahlung konnten sie einen besonders starken Einfluss auf die Magnetisierung in Abhängigkeit vom Drehsinn des einfallenden XUV-Lichtpulses (links- oder rechtszirkuläre Polarisation) erzielen. Der zugrundeliegende Mechanismus basiert auf dem inversen Faraday-Effekt, welcher nicht aus der Absorption des Lichts hervorgeht, sondern aus einer effizienten Wechselwirkung zwischen der Polarisation des Lichts und den magnetischen Momenten im Material. Die Studie wurde jetzt in der Zeitschrift *Communications Physics* veröffentlicht.

Wenn ein intensiver Laserpuls auf ein magnetisiertes Medium trifft, kann sein Einfluss auf die Magnetisierung in der Regel auf die Menge an Energie zurückgeführt werden, die durch Absorption des Pulses in das Material eingebracht wird. Mikroskopisch gesehen entspricht dies der optischen Anregung von Elektronen, die in kürzester Zeit in ein Ungleichgewicht gebracht werden und beginnen, aneinander sowie an anderen Quasiteilchen zu streuen, wodurch sich ihr Spin- und Bahnmoment und somit auch die makroskopische Magnetisierung ändert. Während solche Mechanismen zu einer Vielzahl faszinierender Phänomene wie der ultraschnellen Entmagnetisierung und der laserinduzierten Umschaltung der Magnetisierung führen, gehen sie mit einer erheblichen Wärmebelastung des Materials einher, was die technologische Anwendbarkeit gerade dort einschränkt, wo schnelle Wiederholraten erforderlich sind, z. B. für Lese-/Schreibvorgänge in künftigen Datenspeichertechnologien.

Ein internationales Forscherteam unter der Leitung von Wissenschaftlern des MBI hat nun eine völlig andere, nichtthermische Methode zur Beeinflussung des Magnetismus durch Licht untersucht. Ihr Ansatz basiert auf einem optomagnetischen Phänomen, das nicht auf einer durch Absorption des Lichts induzierten Erhitzung des Elektronensystems beruht, sondern auf einer direkten, kohärenten Wechselwirkung zwischen der Polarisation des Lichts und den elektronischen Spins. Der zugrundeliegende Mechanismus ist der inverse Faraday-Effekt (IFE), der zur Entstehung magnetischer Momente in einem durch zirkular polarisierte Strahlung angeregten Medium führt, wobei die Richtung der Magnetisierung vom Drehsinn der zirkulären Polarisation, d.h. ihrer Helizität, abhängt. Da jedoch

Research Highlights

Controlling magnetism with polarized light

Intense laser pulses can be used to manipulate or even switch the magnetization orientation of a material on extremely short time scales. Typically, such effects are thermally induced, as the absorbed laser energy heats up the material very rapidly, causing an ultrafast perturbation of the magnetic order. Scientists from MBI, in collaboration with an international team of researchers, have now demonstrated an effective non-thermal approach of generating large magnetization changes. By exposing a ferrimagnetic iron-gadolinium alloy to circularly polarized pulses of extreme ultraviolet (XUV) radiation, they could reveal a particularly strong magnetic response depending on the handedness of the incoming XUV light burst (left- or right-circular polarization). The underlying mechanism is based on the inverse Faraday effect, which does not rely on the absorption of the light, but provides an efficient interaction between its polarization and the magnetic moments in the material. The study has now been published in *Communications Physics*.

When an intense laser pulse hits a magnetized medium, its impact on the magnetization can usually be attributed to the amount of energy introduced into the material when it is absorbed. Microscopically, this corresponds to an optical excitation of electrons, which are rapidly brought into non-equilibrium and start to scatter with each other and other quasiparticles, changing the electron spin and orbital moments and therefore the long-range magnetization. Although such mechanisms give rise to a variety of fascinating phenomena, including ultrafast demagnetization and laser-induced magnetization switching, they come at the price of a substantial heat load on the material, limiting technological applicability where fast repetition rates are required, e.g., for read/write-operations in future data storage technologies.

An international team of researchers, led by scientists from MBI, has now studied an entirely different, non-thermal pathway of manipulating magnetism by light. Their approach is based on an opto-magnetic phenomenon that does not rely on electronic heating induced by the absorption of the light, but rather on a direct, coherent interaction between the light's polarization and the electronic spins. The underlying mechanism is the inverse Faraday effect (IFE), which leads to the generation of magnetic moments in a medium optically excited by circularly polarized radiation, with the direction of the magnetization depending on the left- or right-handedness of the circular polarization, i.e., its helicity. However, as the metallic and highly absorptive properties of most ferro- and antiferromagnetic materials typically suppress the aforementioned non-thermal effects, a special technique had to be developed to generate a sizeable opto-magnetic response: Using circularly polarized femtosecond pulses of extreme ultraviolet (XUV) radiation, generated at the free-electron laser FERMI, the scientists could

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

die metallischen und somit stark absorbierenden Eigenschaften der meisten ferro- und antiferromagnetischen Materialien die Beobachtung der genannten nichtthermischen Mechanismen normalerweise unmöglich machen, musste eine spezielle Technik entwickelt werden, um dennoch starke optomagnetische Effekte zu erzielen: Mittels zirkular polarisierter Femtosekundenpulse extrem ultravioletter (XUV) Strahlung, erzeugt am Freie-Elektronen-Laser FERMI, konnten die Wissenschaftler die Entstehung einer besonders großen IFE-induzierten Magnetisierung in einer metallischen, ferrimagnetischen Eisen-Gadolinium (FeGd)-Legierung nachweisen. Möglich wird dies durch die hohe Photonenenergie der XUV-Strahlung, die eine resonante Anregung stark gebundener, kernnaher Elektronen erlaubt, welche aufgrund ihrer intrinsischen Eigenschaften (insbesondere einer starken Spin-Bahn-Kopplung) die Erzeugung großer optomagnetischer Effekte begünstigen.

Mit diesem Ansatz konnten die Wissenschaftler zeigen, dass die IFE-induzierte Magnetisierung für verschiedene XUV-Photonenenergien im Bereich der atomaren Fe $M_{3,2}$ -Resonanz bis zu 20-30 % der Grundzustandsmagnetisierung der Legierung erreichen kann, gemessen anhand der Differenz zwischen der ultraschnellen Entmagnetisierung, die für entgegengesetzte Helizitäten der zirkular polarisierten XUV-Pulse angeregt wird (Abb. 1). Untermuert von Ab-Initio-Theorie und Spindynamiksimulationen konnte außerdem gezeigt werden, dass die beobachteten Effekte qualitativ mit dem zu erwartenden IFE-Spektrum übereinstimmen (Abb. 2), und nicht durch einen rein thermisch von der Helizität abhängigen Mechanismus, wie z.B. den bekannten zirkularen magnetischen Röntgendifferenz (XMCD), erklärt werden können. Da diese Erkenntnisse eine effiziente Methode zur nichtthermischen Erzeugung einer großen Magnetisierung auf ultraschnellen Zeitskalen aufzeigen, sind sie von hoher Relevanz in den Gebieten des ultraschnellen Magnetismus und der Spintronik, sowie für kohärente Magnetisierungskontrolle und nichtlineare Wechselwirkungen von Materie mit Röntgenstrahlen.

demonstrate the generation of a particularly strong IFE-induced magnetization in a metallic, ferrimagnetic iron-gadolinium (FeGd) alloy. This is possible because of the high photon energy of the XUV radiation, allowing resonant excitation of tightly bound core-level electrons, which due to their intrinsic properties (in particular, a strong spin-orbit coupling) facilitate the generation of large opto-magnetic effects.

With this approach, the scientists could show that, for different XUV photon energies around the Fe $M_{3,2}$ core-level resonance, the IFE-induced magnetization can reach up to 20-30% of the ground-state magnetization of the alloy, measured by the difference between the ultrafast demagnetization induced for opposite helicities of the circularly polarized XUV pulses (Fig. 1). Supported by ab initio theory and spin dynamics simulations, it could also be demonstrated that the observed effects are in line with the expected IFE response (Fig. 2) and cannot be explained by a purely thermal helicity-dependent mechanism, such as the well-established x-ray magnetic circular dichroism (XMCD). Providing an efficient method for the non-thermal generation of large magnetization on ultrafast time scales, these findings are expected to be of high relevance for the fields of ultrafast magnetism and spintronics, as well as coherent magnetization control and the science of nonlinear x-ray matter interactions.

Original publication:

Ultrafast opto-magnetic effects in the extreme ultraviolet spectral range

M. Hennecke, C. von Korff Schmising, K. Yao, E. Jal, B. Vodungbo, V. Chardonnet, K. Légaré, F. Capotondi, D. Naumenko, E. Pedersoli, I. Lopez-Quintas, I. P. Nikolov, L. Raimondi, G. De Ninno, L. Salemi, S. Ruta, R. Chantrell, T. Ostler, B. Pfau, D. Engel, P. M. Oppeneer, S. Eisebitt, I. Radu
Communications Physics 7, 191 (2024)

<https://www.nature.com/articles/s42005-024-01686-7>

Contact: M. Hennecke, Tel. 1360

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

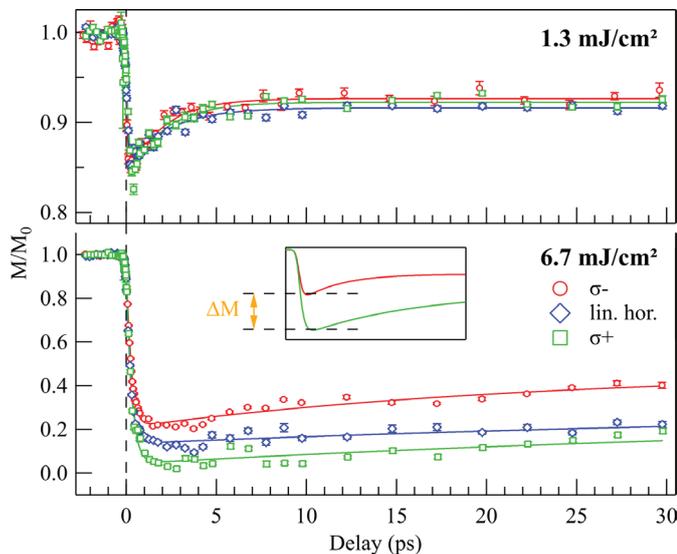


Abb. 1: Magnetisierungsdynamik nach Anregung mit Femtosekunden-XUV-Pulsen, eingestellt auf die Fe $M_{3,2}$ -Resonanz (54,1 eV) mit variabler Polarisation (zirkulare Polarisation mit unterschiedlichen Helizitäten σ_{\pm} und linear horizontale Polarisation) und zwei Anregungsfluenzen. Der helizitätsabhängige Effekt ΔM entspricht der IFE-induzierten Differenz der Entmagnetisierungsamplituden für σ_{\pm} -Anregung.

Fig. 1: Magnetization dynamics induced by femtosecond XUV pulses tuned to the Fe $M_{3,2}$ resonance (54.1 eV) of FeGd with variable polarization (circular polarization with opposite helicities σ_{\pm} and linear horizontal polarization) for two different excitation fluences. The helicity-dependent effect ΔM corresponds to the IFE-induced difference of the demagnetization amplitudes for σ_{\pm} -excitation.

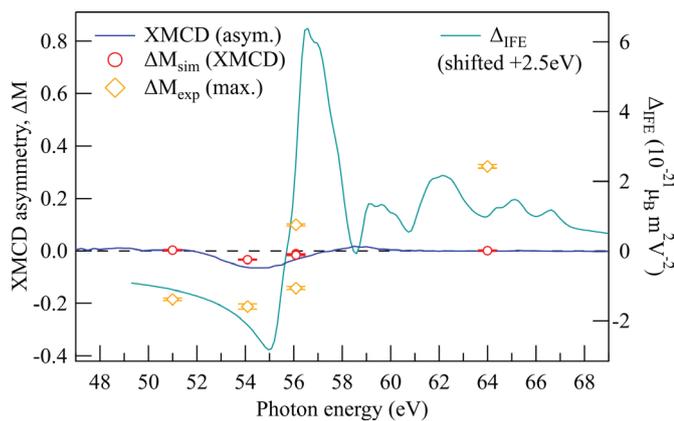


Fig. 2: Comparison of the largest experimentally observed helicity-dependent effects ΔM_{exp} (yellow diamonds, left scale) to the calculated IFE response Δ_{IFE} (turquoise line, right scale) as a function of XUV photon energy. ΔM_{sim} (red diamonds, left scale) shows the expected influence of the XMCD (blue line) on the magnetization dynamics, which is too small to explain the observed effects.

Abb. 2: Vergleich der größten experimentell beobachteten helizitätsabhängigen Effekte ΔM_{exp} (gelbe Rauten, linke Skala) mit dem berechnetem IFE-Spektrum Δ_{IFE} (türkise Linie, rechte Skala) als Funktion der XUV-Photonenenergie. ΔM_{sim} (rote Rauten, linke Skala) zeigt den erwarteten Einfluss des XMCD (blaue Linie) auf die Magnetisierungsdynamik, der zu gering ist, um die beobachteten Effekte zu erklären.

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Forschungsergebnisse

Grundlegende räumliche Grenzen der volloptischen Magnetisierungsumschaltung

Die Magnetisierung kann mit einem einzigen Laserpuls geschaltet werden. Es ist jedoch nicht bekannt, ob der zugrundeliegende mikroskopische Prozess auf die Nanometer-Längenskala skalierbar ist, eine Voraussetzung, um diese Technologie für künftige Datenspeicherungsanwendungen wettbewerbsfähig zu machen. Forscher am MBI haben in Zusammenarbeit mit Kollegen des Instituto de Ciencia de Materiales in Madrid, Spanien, und der Freie-Elektronen-Laseranlage FERMI in Triest, Italien, eine grundlegende räumliche Grenze für die lichtgetriebene Magnetisierungsumkehr ermittelt.

Moderne magnetische Festplatten können mehr als ein Terabit an Daten pro Quadratzoll speichern, was bedeutet, dass die kleinste Informationseinheit auf einer Fläche von weniger als 25 Nanometern x 25 Nanometern kodiert werden kann. Um das volle Potenzial des laserbasierten, rein optischen Schaltens (AOS) auszuschöpfen, insbesondere im Hinblick auf schnellere Schreib-/Löschzyklen und eine verbesserte Energieeffizienz, müssen wir daher verstehen, ob ein magnetisches Bit im Nanomaßstab noch rein optisch umkehrbar ist.

Damit AOS stattfinden kann, muss die Magnetisierung des magnetischen Materials gegen Null reduziert werden, was man durch Aufheizen auf sehr hohe Temperaturen erreichen kann. Erst dann kann sich die Magnetisierung umkehren. Der Clou bei AOS ist, dass es ausreicht, die Elektronen des Materials zu erhitzen, während das Atomgitter kalt bleibt. Dies ist genau das, was ein optischer Laserpuls tut; er wechselwirkt nur mit den Elektronen und ermöglicht es, sehr hohe (Elektronen-) Temperaturen mit sehr niedrigen Leistungsniveaus zu erreichen. Da jedoch heiße Elektronen durch Streuung an den kalten Atomen sehr schnell abkühlen, muss die Magnetisierung innerhalb dieser charakteristischen Zeitskala reduziert werden, d. h. AOS beruht auf einem Gleichgewicht zwischen der zeitlichen Entwicklung der (Elektronen-)Temperatur und dem Verlust der Magnetisierung. Es ist leicht zu erkennen, dass sich dieses Gleichgewicht ändert, wenn die Anregung auf die Nanoskala beschränkt ist: Jetzt können die Elektronen nicht nur Energie an die Atome verlieren, sondern auch durch Diffusionsprozesse aus den nanometerkleinen heißen Bereichen. Auf der Nanoskala laufen all diese Prozesse auf vergleichbaren ultraschnellen Zeitskalen ab, so dass die Elektronen zu schnell abkühlen können, die Magnetisierung nicht ausreichend verringert wird und AOS zusammenbricht.

Einem internationalen Forscherteam ist es erstmals gelungen, die Frage „Wie klein funktioniert AOS?“ zu beantworten, indem es Experimente basierend auf zeitaufgelöster Gitterspektroskopie mit atomistischen Spindynamikberechnungen kombiniert hat. Sie erzeugten ein extrem kurzlebiges Muster aus dunklen und hellen Streifen von Laserlicht durch Interferenz an der Probenoberfläche des prototypischen magnetischen Materials

Research Highlights

Fundamental spatial limits of all-optical magnetization switching

Magnetization can be switched with a single laser pulse. However, it is not known whether the underlying microscopic process is scalable to the nanometer length scale, a prerequisite for making this technology competitive for future data storage applications. Researchers at the MBI, in collaboration with colleagues at the Instituto de Ciencia de Materiales in Madrid, Spain, and the free-electron laser facility FERMI in Trieste, Italy, have determined a fundamental spatial limit for light-driven magnetization reversal.

Modern magnetic hard drives can store more than one terabit of data per square inch, which means that the smallest unit of information can be encoded on an area smaller than 25 nanometers x 25 nanometers. Therefore, to realize the full potential of laser-based, all-optical switching (AOS), particularly in terms of faster write/erase cycles and improved power efficiency, we need to understand whether a nanoscale magnetic bit can still be all-optically reversed.

For AOS to take place, the magnetic material has to be heated up to very high temperatures in order for its magnetization to be reduced close to zero. Only then, its magnetization can reverse. The twist in AOS is that it is sufficient to heat the electrons of the material while leaving the lattice of atoms cold. This is exactly what an optical laser pulse does; it interacts only with the electrons, allowing to reach much higher (electron) temperatures with very low power levels. However, since hot electrons cool very rapidly by scattering with the cold atoms, the magnetization must be reduced within this characteristic time scale, i.e. AOS relies on a careful balance between the evolution of the (electron) temperature and the loss of magnetization. It is easy to see that this balance is changed when the excitation is confined to the nanoscale: now electrons can not only lose energy to atoms but also by diffusing out of the nanometer-small hot regions. On the nanoscale all these processes happen on comparable ultrafast time scales, such that the electrons may cool too quickly, the magnetization is not sufficiently decreased, and AOS breaks down.

An international team of researchers has for the first time successfully addressed the question of “how small does AOS work” by combining soft X-ray transient grating spectroscopy with atomistic spin dynamics calculations. They produced an extremely short-lived pattern of dark and bright stripes of laser light by interference at the sample surface of the prototypical magnetic material GdFe. The novelty of the experiment is based on the use of laser light in the soft X-ray spectral range, so that the distance between dark and bright areas could be reduced to just 8.7 nanometers. This leads to a lateral modulation the (electron) temperatures and to a corresponding localized loss of magnetization. Subsequently, the ultrafast spatial evolution

GdFe. Die Neuartigkeit des Experiments beruht auf der Verwendung von Laserlicht im weichen Röntgenspektralbereich, so dass der Abstand zwischen dunklen und hellen Bereichen auf nur 8.7 Nanometer verringert werden konnte. Die führte zu einer lateralen Modulation der (Elektronen-)Temperaturen und zu einem entsprechenden lokalisierten Verlust der Magnetisierung. Die ultraschnelle räumliche Entwicklung des Magnetisierungsgitters konnte durch Beugung eines dritten weichen Röntgenpulses mit einer Wellenlänge von 8.3 Nanometer untersucht werden. Bei dieser speziellen Wellenlänge ermöglicht eine elektronische Resonanz an den Gadoliniumatomen, dass der weiche Röntgenpuls das Vorhandensein der Magnetisierung „fühlt“ und somit die Änderung der Magnetisierung mit einer zeitlichen Auflösung von Femtosekunden und einer räumlichen Auflösung im Sub-Nanometerbereich nachgewiesen werden kann.

Durch die Kombination der experimentellen Ergebnisse mit modernsten Simulationen konnten die Forscher den nanoskaligen und ultraschnellen Energietransport bestimmen. Es stellte sich heraus, dass die Mindestgröße für AOS in GdFe-Legierungen, die durch eine periodische Anregung im Nanomaßstab hervorgerufen wird, bei etwa 25 Nanometer liegt. Diese Grenze ist auf die ultraschnelle laterale Elektronendiffusion zurückzuführen, die die beleuchteten Bereiche auf diesen winzigen Längenskalen schnell abkühlt und letztlich AOS verhindert. Die schnellere Abkühlung durch die Elektronendiffusion kann bis zu einem gewissen Grad durch eine Erhöhung der Anregungsleistung kompensiert werden, aber dieser Ansatz ist letztlich durch die strukturelle Schädigung durch den intensiven Laserstrahl begrenzt. Die Forscher gehen davon aus, dass die 25-Nanometer-Grenze für alle metallischen magnetischen Materialien gültig ist.

of the magnetization grating was probed by diffracting a third soft X-ray pulse with a wavelength of 8.3 nm. At this particular wavelength, an electronic resonance at the gadolinium atoms allows the soft X-ray pulse to “feel” the presence of magnetization and thus the change of the magnetization can be detected with femtosecond temporal and sub-nanometer spatial resolution. Combining the experimental results with state-of-the-art simulations, the researchers could determine the nanoscale and ultrafast energy transport. It turns out that the minimum size for AOS in GdFe alloys, induced by a nanoscale periodic excitation, is around 25 nm. This limit is due to ultrafast lateral electron diffusion, which rapidly cools the illuminated regions on these tiny length scales and ultimately prevents AOS. The faster cooling due to electron diffusion can be compensated to some extent by increasing the excitation power, but this approach is ultimately limited by the structural damage caused by the intense laser beam. The researchers expect that the 25 nm boundary is rather universal for all metallic magnetic materials.

Contact: C. Korff-Schmising, Tel. 1372, S. Eisebitt, Tel. 1300

Original publication:

Exploring the Fundamental Spatial Limits of Magnetic All-Optical Switching

Felix Steinbach, Unai Atxitia, Kelvin Yao, Martin Borchert, Dieter Engel, Filippo Bencivenga, Laura Foglia, Riccardo Mincigrucci, Emanuele Pedersoli, Dario De Angelis, Matteo Pancaldi, Danny Fainozzi, Jacopo Stefano Pelli Cresi, Ettore Paltanin, Flavio Capotondi, Claudio Masciovecchio, Stefan Eisebitt, und Clemens von Korff Schmising

Nano Lett. 2024, 24, 23, 6865–6871

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.4c00129#>

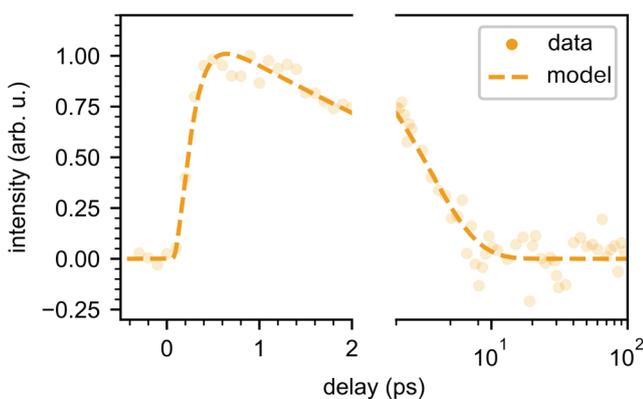


Abb. 1: Gemessene Beugungsintensität des transienten magnetischen Gitters mit einer Periode von 17 Nanometern. Die gebeugte Intensität nimmt ab, wenn das Gitter aufgrund der lateralen ultraschnellen Energiediffusion ausgewaschen wird. Das Modell beschreibt unsere Daten sehr gut.

Fig. 1: Measured diffracted intensity off the transient magnetic grating with a period of 17 nanometers. The diffracted intensity decays as the grating washes out because of lateral ultrafast energy diffusion. The model describes our data very well.

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

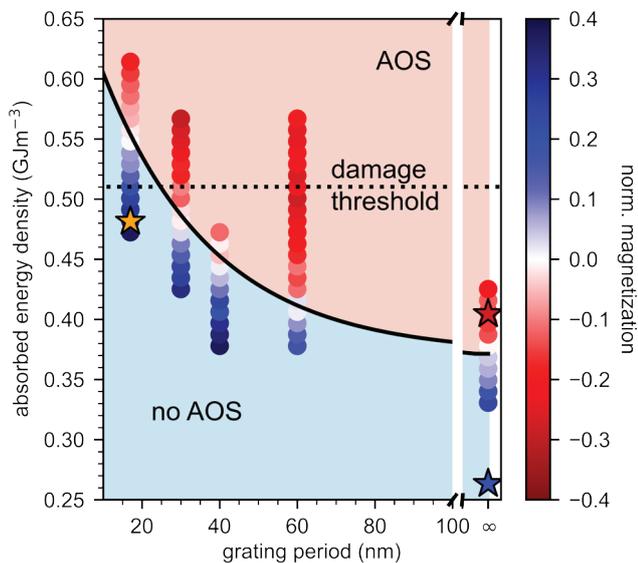
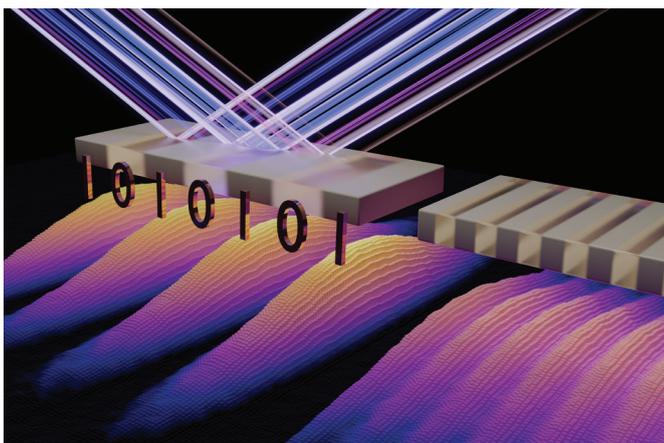


Abb. 2: Das Phasendiagramm für AOS als Funktion der absorbierten Energiedichte und der Anregungsdauer, was darauf hindeutet, dass die Mindestgröße für AOS in GdFe-Legierungen, die durch eine periodische Anregung im Nanobereich induziert wird, etwa 25 Nanometer beträgt.

Fig 2: The phase diagram for AOS as a function of absorbed energy density and excitation period, suggesting that the minimum size for AOS in GdFe alloys, induced by a nanoscale periodic excitation, is around 25 nm.



Zwei weiche Röntgenpulse interferieren auf der Oberfläche einer ferrimagnetischen GdFe-Legierung, was zu einer lateralen Modulation der Elektronentemperaturen, einer Verringerung der lokalen Magnetisierung und zu einem rein optischen Schalten der Magnetisierung führt. Auf der rechten Seite wird die Gitterperiode auf weniger als 25 Nanometer reduziert. Daher wäscht das Temperaturprofil sich aus, bevor die Magnetisierung ausreichend reduziert ist, und das optische Schalten bricht zusammen. Bildnachweis: Moritz Eisebitt

Two soft X-ray pulses interfere on the surface of a ferrimagnetic GdFe alloy, leading to a lateral modulation of the electron temperatures, a reduction of the local magnetization and all-optical switching of the magnetization. On the right hand side, the period of grating is reduced to below 25 nm. As a result, the temperature profile is washed out before the magnetization is sufficiently reduced and all-optical switching breaks down. Picture credits: Moritz Eisebitt

Forschungsergebnisse

Gemischte Quantenzustände in der Photobiologie – neue Einsichten der Stark-Spektroskopie mit ultrakurzen Terahertz-Impulsen

Das Protein Bakteriorhodopsin ist eine Protonenpumpe, in der ein Protonentransport durch die Zellmembran durch die licht-induzierte Isomerisation des Farbstoffs Retinal ausgelöst wird. Die hierfür relevanten Quantenzustände wurden jetzt durch Messung ihrer elektrischen Dipolmomente charakterisiert. Mit der neuen Methode der Stark-Spektroskopie im Terahertz-Frequenzbereich lässt sich eine Mischung elektronisch angeregter Zustände mit direktem Einfluss auf Pfad und Dynamik der Photoreaktion nachweisen.

Die protonierte Schiff'sche Base des Retinals, des Chromophors von Bakteriorhodopsin (Abb. 1a), erfährt nach der Absorption von Licht eine ultraschnelle Änderung ihrer molekularen Struktur. Nach Photoanregung bewegt sich das Molekül aus dem anfänglich besetzten Bereich der Potentialfläche des elektronisch angeregten Zustandes entlang einer Reaktionskoordinate zum Kreuzungspunkt zwischen angeregtem und Grundzustand, wo eine trans-cis Isomerisation der Molekülstruktur stattfindet (Abb. 1b). Dieser Prozess erfolgt innerhalb von ca. 500 fs = 5×10^{-13} s nach der Anregung.

Der Charakter der Potentialfläche des angeregten Zustandes ist – trotz seiner Schlüsselrolle für das Reaktionsgeschehen – nur in Ansätzen verstanden. Theoretische Modelle betrachten entweder allein den ersten angeregten Zustand S_1 des Moleküls oder aber einen gemischten Quantenzustand mit Beiträgen von S_1 und dem zweiten angeregten Zustand S_2 . Eine Klärung des Zustandscharakters erfordert einen neuen experimentellen Zugang. Eine vielversprechende Sonde ist das elektrische Dipolmoment von Retinal, das im Grundzustand S_0 , dem ersten angeregten Zustand S_1 und dem zweiten angeregten Zustand S_2 stark unterschiedliche Werte annimmt. Deshalb sollte eine Messung der Dipoländerung bei Photoanregung direkten Aufschluss über die Natur des angeregten Zustandes geben.

Ein Forschungsteam des MBI, der Humboldt-Universität und der Ludwig Maximilians Universität in München hat jetzt die Dipoländerungen des Retinals in Bakteriorhodopsin mit der neuen Methode der Terahertz (THz) Stark-Spektroskopie gemessen (1 THz = 10^{12} Hz = 10^{12} Schwingungen pro Sekunde). Wie in der Zeitschrift The Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS, vol. 121, (26) e2319676121 (2024)) berichtet, führt die Photoanregung zu einer moderaten Dipoländerung von 5 Debye (1.67×10^{-29} CoulombMeter), die viel kleiner ist als für einen reinen S_1 -Zustand vorhergesagt. Die experimentellen Daten und ihre theoretische Analyse ergeben, dass eine Beimischung des S_2 -Zustandes und die Mittelung der molekularen Dynamik über die ersten 120 fs die gemis-

Research Highlights

Quantum state mixing in photobiology – new insight from ultrafast terahertz Stark spectroscopy

The membrane protein bacteriorhodopsin is a proton pump, in which proton transport is initiated by the light-induced isomerization of the chromophore retinal. The molecular quantum states involved in this ultrafast reaction have now been characterized by measuring their electric dipole moment. The novel method of terahertz Stark spectroscopy reveals a mixing of electronically excited states with a direct impact on pathway and dynamics of the photoreaction.

The protonated retinal Schiff base, the chromophore of bacteriorhodopsin (Fig. 1a), undergoes an ultrafast change of its molecular structure upon absorption of light. Photoexcitation promotes the chromophore to a particular range of its excited-state potential energy surface, from which the excited molecule evolves along a reaction coordinate to the intersection point of the excited and ground-state potential surfaces (Fig. 1b). After this early propagation in the excited state, isomerization occurs upon passing this crossing point within some 500 fs = 5×10^{-13} s after excitation.

So far, the character of the excited-state potential governing reaction dynamics has remained controversial. Theoretical models have invoked either the first excited state S_1 only or a mixed quantum state with a contribution from the second excited state S_2 . This issue calls for new experimental insight in the excited-state character. A promising quantity to probe is the electric dipole moment of retinal, which is markedly different in the ground state S_0 and the first and second excited states S_1 and S_2 . Thus, a measurement of dipole change upon photoexcitation should allow for clarifying the character of the excited state relevant for the early dynamics of bacteriorhodopsin.

Applying the novel method of terahertz (THz) Stark spectroscopy, researchers from the MBI and Humboldt Universität in Berlin and the Ludwig Maximilians Universität in Munich have now determined the retinal electric dipole changes in bacteriorhodopsin (1 THz = 10^{12} Hz = 10^{12} oscillations per second). As they report in the Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS, vol. 121, (26) e2319676121 (2024)), photoexcitation results in a moderate change of the retinal dipole by some 5 Debye (1.67×10^{-29} CoulombMeter), much smaller than predicted for a neat S_1 character of the excited state. In contrast, their data and theoretical analysis show that admixture of the S_2 state and temporal averaging over the first 120 fs of the ultrafast excited state dynamics account for the measured dipole change. Such results support a picture of pronounced quantum state mixing in the early electronic and nuclear dynamics of bacteriorhodopsin.

sene begrenzte Dipoländerung erklären. Die Resultate zeigen damit eine ausgeprägte Mischung von Quantenzuständen, die für die Dynamik und Ausbeute der Isomerisationsreaktion des Retinals von entscheidender Bedeutung ist.

In der THz Stark-Spektroskopie (Abb. 1c) stellt ein ultrakurzer THz-Anregeimpuls (Dauer ca. $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$, Abb. 1d) ein starkes elektrisches Feld bereit, in dem optische Übergänge des Retinals vom Grundzustand in den angeregten Zustand in ihrer Frequenz verschoben werden, d.h. eine sog. Stark-Verschiebung hervorgerufen wird (Abb. 2a). Diese Frequenzverschiebung ist proportional zu der Dipoländerung $\Delta\mu$ zwischen Grund- und angeregtem Zustand. Die entsprechende Änderung des Absorptionsspektrums wird mit einem Femtosekunden-Abtastimpuls gemessen, dessen Dauer kurz ist im Vergleich zum THz-Impuls. Hierdurch kann der Einfluss des momentanen THz-Feldes erfasst werden. In einer Probe, die eine Vielzahl von Retinal-Dipolen mit ungeordneter räumlicher Ausrichtung enthält, beobachtet man eine Verbreiterung des Absorptionsspektrums, aus der sich direkt die Dipoländerung ableiten lässt (Abb. 2b). Die Verbreiterung folgt zeitlich der Intensität des ultrakurzen THz-Impulses. Auf dieser Zeitskala sind Bewegungen der Proteinumgebung des Chromophors quasi eingefroren und haben keinen Einfluss auf die Bestimmung der Dipoländerung. Die THz-Stark-Spektroskopie ermöglicht so genaue Messungen von Dipolmomenten in chemisch und biologisch relevanten molekularen Systemen.

THz Stark spectroscopy employs a pump-probe approach (Fig. 1c), in which a THz pump pulse of a 1-ps duration ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$, Fig. 1d) provides a strong external electric field, which induces a spectral (Stark) shift of the optical transitions from the retinal ground to excited state (Fig. 2a). This shift is proportional to the dipole difference $\Delta\mu$ between ground and excited state. The resulting absorption change of the sample is measured by a femtosecond probe pulse, which is short compared to the THz pulse and, thus, probes the momentary impact of the THz field. For a sample with a random spatial orientation of retinal chromophores, one observes a spectral broadening of the electronic absorption band, from which the dipole change $\Delta\mu$ is derived (Fig. 2b). In time, the broadening follows the intensity of the ultrashort THz pulse. On this ultrashort time scale, the protein environment of the chromophore is practically frozen, with a negligible impact of protein dynamics on the experimental observables. In this way, THz Stark spectroscopy allows for the accurate measurement of dipole moments in molecular systems relevant for chemistry and biology.

Original publication:

Ultrafast terahertz Stark spectroscopy reveals the excited-state dipole moments of retinal in bacteriorhodopsin

J. Zhang, P. Singh, D. Engel, B. P. Fingerhut, M. Broser, P. Hegemann, T. Elsaesser

Proc. Nat. Acad. Sci. USA 121, (26) e2319676121 (2024).

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2319676121>

Kontakt: T. Elsaesser, Tel. 1403, J. Zhang, Tel. 1474

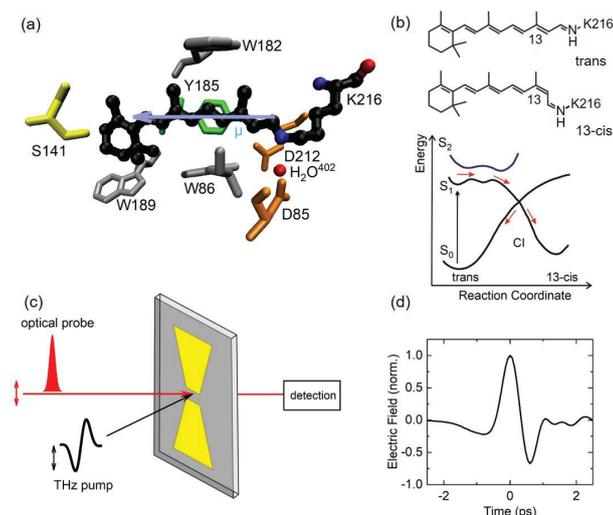


Abb 1. (a) Molekulare Struktur der protonierten Schiffischen Base des Retinals in Bakteriorhodopsin (schwarze Struktur) und der Bindungstasche im Protein, die aus Aminosäuren und eingebetteten Wassermolekülen besteht. Der blaue Pfeil symbolisiert das elektrische Dipolmoment des Retinals. (b) Molekülstruktur der trans- und 13-cis Isomere der protonierten Schiffischen Base und Schema der molekularen Potentialflächen entlang der Reaktionskoordinate der Isomerisation (S_0 : Grundzustand; S_1 , S_2 : erster und zweiter elektronisch angeregter Zustand). Die Mischung des S_1 - und S_2 -Zustandes führt zu den flachen Potentialminima im angeregten Zustand, die starken Einfluss auf die Reaktionsdynamik haben. (c) Schema des THz Stark-Experiments mit einem intensiven THz Pumpimpuls und einem optischen Abtastimpuls. Das auf die Probe einwirkende elektrische THz-Feld wird mittels einer metallischen Antennenstruktur erhöht (gelbe Struktur auf der grauen Probenschicht) und erreicht einen Wert von einigen Megavolt/cm. Die durch das THz-Feld induzierte Absorptionsänderung wird mit einem Abtastimpuls gemessen, der durch den Spalt der Antenne propagiert. (d) Zeitabhängiges elektrisches Feld des THz-Impulses ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$).

Figure 1. (a) Molecular structure of the protonated retinal Schiff base in bacteriorhodopsin (black molecular structure) and its binding pocket in the protein, consisting of amino acids and an embedded water molecule. The blue arrow indicates the electric dipole moment of retinal. (b) Molecular structure of the trans and 13-cis isomers of the protonated retinal Schiff base and schematic of the electronic potential energy surfaces of the ground state S_0 and the excited states S_1 and S_2 along the reaction coordinate for isomerization. The mixing of the S_1 and S_2 states leads to the shallow potential minima in the excited states with a strong impact on the initial photoinduced dynamics. The isomerization reaction occurs upon crossing the conical intersection (CI) of the excited- and ground-state potentials. (c) Schematic of the THz Stark experiment with a strong THz pump pulse and optical probe pulse. The THz field acting on the sample is enhanced with the help of a metallic antenna structure (yellow structure on top of the grey sample layer) and reaches a value of several megavolts/cm. The THz-induced absorption change of the sample is measured with the probe pulse transmitted through the antenna gap. (d) Time-dependent electric field of the THz pulse ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$).

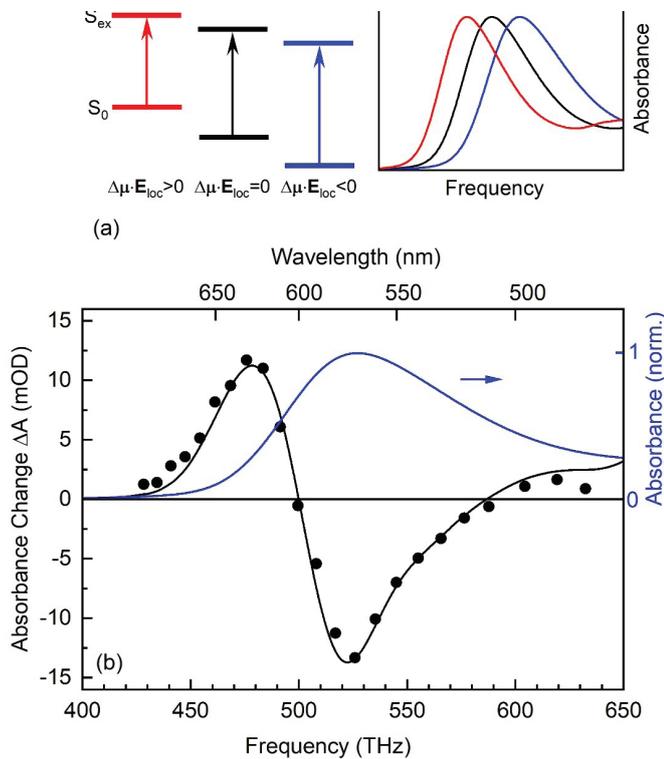


Abb 2. (a) Schema des THz Starkeffekts. Das lokale THz-Feld E_{loc} in der Probe induziert eine Energieverschiebung des elektronischen Grundzustandes S_0 und des angeregten Zustandes S_{ex} . Dies verschiebt die Frequenz des optischen Übergangs von S_0 nach S_{ex} (vertikale Pfeile). Vorzeichen und Betrag der Frequenzverschiebung sind durch die räumliche Projektion der molekularen Dipolmoments μ_0 und μ_{ex} im S_0 - und S_{ex} -Zustand auf das elektrische Feld E_{loc} bestimmt. Die Frequenzverschiebung ist proportional zum Produkt der projizierten Dipoldifferenz $\Delta\mu = \mu_{ex} - \mu_0$ und des lokalen Feldes E_{loc} . Für räumlich ungeordnete Retinal-Dipole in der Probe mittelt das Experiment über alle Dipolrichtungen, was zu einer THz-induzierten Verbreiterung des Absorptionsspektrums führt. (b) Absorptionsänderung (Symbole) am Maximum des THz-Feldes (Zeitpunkt $t=0$ in Abb. 1d) als Funktion der Frequenz des Abtastimpulses und stationäres Absorptionsspektrum A_0 des Retinals ohne THz-Feld (blaue Linie). Der THz-Impuls erzeugt eine spektrale Verbreiterung mit einer Absorptionsabnahme im Zentrum von A_0 und Absorptionszunahmen in den Flanken. Die schwarze Linie zeigt das Ergebnis einer numerischen Datenanalyse, die eine spektrale Verbreiterung von ± 12 THz und eine Dipoländerung $\Delta\mu = 5$ Debye zwischen S_0 und S_{ex} ergibt.

Fig. 2. (a) Schematic of the THz Stark effect. The local THz field E_{loc} in the sample induces an energy shift of the electronic ground state S_0 and the excited state S_{ex} . As a result, the frequency of the optical transition from S_0 to S_{ex} (vertical arrows) is changed. Sign and amount of the frequency shift depend on the projection of the molecular dipole moments μ_0 and μ_{ex} in the S_0 and S_{ex} states on the direction of E_{loc} . The frequency shift is proportional to the product of the projected dipole difference $\Delta\mu = \mu_{ex} - \mu_0$ and the local field E_{loc} . For the sample with retinal dipoles randomly oriented in space, the experiment averages over all dipole directions, resulting in a THz-induced broadening of the absorption spectrum. (b) Absorption change (symbols) induced at the maximum of the THz electric field (time $t=0$ in Fig. 1d) as a function of optical frequency, and absorption spectrum A_0 in absence of the THz pulse (blue line). The THz pulse induces a transient spectral broadening with an absorption decrease in the center of A_0 and an absorption increase in its wings. The black solid line originates from a numerical analysis of the data, giving a spectral broadening by ± 12 THz and a dipole change $\Delta\mu = 5$ Debye between S_0 and S_{ex} .

Forschungsergebnisse

Forschende entschlüsseln Beitrag der Elektronen zur molekularen Chiralität

Ein neuer experimenteller Ansatz liefert die lang erwarteten Werkzeuge, um die Rolle der Elektronen bei der molekularen chiralen Reaktivität zu verstehen und die physikalischen und chemischen Eigenschaften zu kontrollieren, die aus solchen chiralen Wechselwirkungen resultieren. Die in der Fachzeitschrift „Nature“ veröffentlichte Studie wurde von der Universität Hamburg und DESY in Zusammenarbeit mit dem Centre Laser Intense et Applications (CELIA) und Laboratoire de Chimie et Physique Quantiques (LCPQ) in Frankreich und dem Max-Born-Institut in Berlin durchgeführt.

Die Chiralität von Molekülen ist in der Natur allgegenwärtig: Zwei Moleküle, die spiegelbildlich zueinander angeordnet sind, sich aber nicht überlagern können, bilden ein Paar von Enantiomeren, von denen jedes chiral ist. So wie wir beim Händeschütteln zwischen unserer chiralen linken und rechten Hand wählen, führt die Wahl eines der Enantiomere für die Wechselwirkung mit einer anderen chiralen Einheit zu einem anderen Ergebnis. Da das Leben homochiral ist, also gleich aufgebaut und konfiguriert, gibt es für jede Klasse unserer eigenen Biomoleküle (Aminosäuren und Zucker) nur eine dominante enantiomere Form. Dies macht die Chiralität zu einer Schlüsseleigenschaft für diverse Anwendungen, einschließlich der Entwicklung von Medikamenten.

Die statischen und dynamischen Eigenschaften chiraler Moleküle können mithilfe von Licht beeinflusst werden. Dabei wurde bisher aber nur die lichtaktivierte Strukturdynamik zur Beeinflussung des chiralen Verhaltens von Molekülen in Betracht gezogen. Eine grundlegende Frage bleibt damit unbeantwortet: Wie beeinflusst die Elektronendynamik die Chiralität von Molekülen?

Mit ultrakurzen ultravioletten Lichtimpulsen lösten die Forschenden ultraschnelle Elektronenbewegung in neutralen chiralen Molekülen aus. Sie entdeckten, dass die ausgelöste kohärente Elektronenbewegung die chirale Antwort des Moleküls modulieren und sogar eine Vorzeichenumkehr bewirken kann, und zwar auf einer Zeitskala von weniger als 10 Femtosekunden. Durch Manipulierung der lichtinduzierten Anregung konnten wir das rechte Enantiomer dazu bringen, sich periodisch wie das linke zu verhalten und umgekehrt, ohne seine Struktur zu verändern“, sagt Erstautor Vincent Wanie, Wissenschaftler in der Attosekundengruppe am Center for Free-Electron Laser Science. Beobachtet wurde dies durch die zeitliche Messung der Emissionsrichtung von Photoelektronen, die bei der Ionisation chiraler Moleküle mit ebenfalls chiraalem, zirkular polarisiertem Licht entstehen - eine Technik, die als Photoelectron Circular Dichroism (PECD) bezeichnet wird.

„Wichtig ist, dass wir durch numerische Berechnungen, welche die experimentellen Arbeiten ergänzen, auch herausge-

Research Highlights

Scientists decipher the contribution of electrons to molecular chirality

A new experimental approach provides the long-awaited tools to understand the role of electrons in the molecular chiral reactivity and offers a way to control physical and chemical properties that result from chiral interactions. The study, published in the journal “Nature”, was led by Universität Hamburg and DESY as part of a collaboration with the Centre Laser Intense et Applications (CELIA) and the Laboratoire de Chimie et Physique Quantiques (LCPQ) in France and the Max Born Institute (MBI) in Berlin.

Molecular chirality is of paramount importance in nature: Two molecules that are mirror images of each other and that cannot be superimposed form a pair of enantiomers, each of which is said to be chiral. Like choosing between our chiral left or right hand for a handshake, choosing one of the enantiomers to interact with another chiral entity will result in a different outcome. Because life is homochiral, i.e. structured and configured in the same way, there is only one dominant enantiomeric form for each class of our own biomolecules (amino acids and sugars), making chirality a key property for drug design, among several other applications.

The static and dynamic properties of chiral molecules can be shaped by using light. So far, only the light-activated structural dynamics have been considered to affect the chiral response of molecules. This leaves a fundamental question unanswered: What is the impact of electron dynamics on molecular chirality? Using ultrashort ultraviolet light pulses, the team initiated ultrafast electron migration in neutral chiral molecules. They discovered that the activated coherent electronic motion can modulate the molecular chiral response and even induce a sign reversal, on a timescale below 10 femtoseconds. “By engineering the light-induced excitation, we can make the right enantiomer act periodically like the left one and vice versa, without changing its structure”, says first author Vincent Wanie, a Scientist in the Attosecond Science group at the Center for Free-Electron Laser Science. This was observed by measuring in time the emission direction of photoelectrons produced when ionizing chiral molecules with circularly polarized light, which is also chiral, a technique called photoelectron circular dichroism (PECD).

“Importantly, through numerical calculations complementing the experimental work, we also discovered that the photoinduced electron motion in the chiral molecules generates transient chiral electronic currents,” says Francesca Calegari, Head of the Attosecond Science group, Professor at Universität Hamburg and DESY and Spokesperson of the Cluster of Excellence “CUI: Advanced Imaging of Matter”. This concept was conceived in collaboration with the awardee of the Mildred Dresselhaus prize of the Cluster of Excellence, Prof. Olga Smirnova

funden haben, dass die photoinduzierte Elektronenbewegung in den chiralen Molekülen transiente chirale Elektronenströme erzeugt“, sagt Francesca Calegari, Leiterin der Arbeitsgruppe Attosekundenforschung, Professorin an der Universität Hamburg und bei DESY und Sprecherin des Exzellenzclusters „CUI: Advanced Imaging of Matter“. Dieses Konzept wurde in Zusammenarbeit mit der Preisträgerin des Mildred-Dresselhaus-Preises des Exzellenzclusters, Prof. Olga Smirnova vom Max-Born-Institut und der Technischen Universität Berlin, entwickelt. Die im Experiment erzeugten chiralen Ströme eröffnen wichtige Perspektiven für die photochemische Kontrolle, zum Beispiel um die Fragmentierungsrichtung chiraler Moleküle während der Photolyse zu bestimmen und damit einen neuen Ansatz für die ladungsgesteuerte Chemie zu ermöglichen.



Ein ultrakurzer UV-Lichtpuls regt zwei chirale Moleküle an, die sich spiegelbildlich zueinander verhalten und als Enantiomere bezeichnet werden. Die lichtinduzierte Elektronenbewegung erzeugt einen chiralen Elektronenstrom, dessen Drehrichtung entgegengesetzt ist und von der chiralen Struktur des jeweiligen Moleküls abhängt. Das enantiosensitive Phänomen eröffnet neue Perspektiven für die photochemische Kontrolle. Bild: Ella Maru Studio, Inc.

An ultrashort UV light pulse excites two chiral molecules that are mirror images of each other, called enantiomers. The light-induced electron motion generates a chiral electronic current whose rotation direction is opposite and depends on the chiral structure of each molecule; an enantio-sensitive phenomenon which is opening new perspectives for photochemical control. Image credit: Ella Maru Studio, Inc.

Original publication:

Capturing electron-driven chiral dynamics in UV-excited molecules
Vincent Wanie, Etienne Bloch, Erik P. Månsson, Lorenzo Colaizzi, Sergey Ryabchuk, Krishna Saraswathula, Andres F. Ordonez, David Ayuso, Olga Smirnova, Andrea Trabattoni, Valérie Blanchet, Nadia Ben Amor, Marie-Catherine Heitz, Yann Mairesse, Bernard Pons, Francesca Calegari
Nature **630**, 109-115 (2024)

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07415-y>

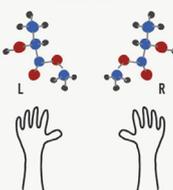
Infographic explaining the scientists' experiment

from the Max-Born Institute and Technical University Berlin. The chiral currents generated in the experiment open up important perspectives for photochemical control, for example, to dictate the fragmentation direction of chiral molecules during photolysis, thus enabling a new protocol for charge-directed chemistry.

Contact: O. Smirnova, Tel. 1340

Capturing electron-driven chiral dynamics in UV-excited molecules

Enantiomers



What is a chiral molecule?

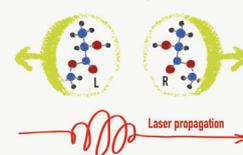
Two molecules that are mirror images of each other and cannot be superimposed form a pair of enantiomers, each of which is said to be chiral. Like choosing between our (chiral) left and right hand for a handshake, choosing one of the enantiomers to interact with another chiral entity will result in a different outcome. Life is homochiral (preferential occurrence of one enantiomer) and chirality is a key property for drug design, among several other applications.

Probing chirality: The "handshake"

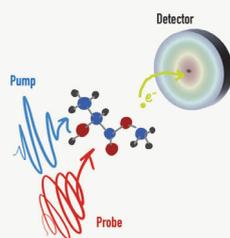
Chiral discrimination (left enantiomer, L, versus right enantiomer, R) can be achieved via the interaction of a chiral molecule with circularly polarized light, which is also chiral, in a virtual "handshake".

Ionizing chiral molecules with circularly polarized light leads to a forwards-backwards asymmetry in the direction of the photoelectron emission (Photoelectron Circular Dichroism).

Photoelectron circular dichroism (PECD)



In PECD, if the left enantiomer (L) primarily emits backwards, the right enantiomer (R) primarily emits forward compared to the laser propagation axis.



The experiment

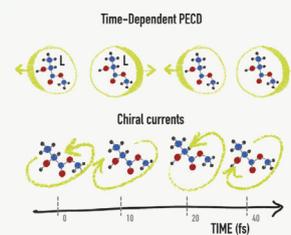
Electron dynamics in the chiral molecule methyl lactate was initiated with ultrashort ultraviolet (UV) laser pulses. The UV pulses, lasting only 2 fs ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$), were combined with time-delayed and circularly polarized infrared pulses in a conventional pump-probe scheme.

The angular distribution of the photoemitted electrons was measured with a Velocity Map Imaging spectrometer (VMIs) as a function of the delay between the two pulses.

Transient chiral response and chiral currents

The UV-activated coherent electronic motion can modulate the molecular chiral response and even induce a sign reversal, on a timescale below 10 fs.

By engineering the light-induced excitation of the chiral system, one can make the right enantiomer act periodically like the left one and vice versa, but without changing its structure.



Additionally, transient chiral electronic currents are generated, which also periodically reverse their direction.

The generated chiral currents open up important perspectives for photochemical control, e.g. to dictate the fragmentation direction during photolysis, thus enabling a new protocol for charge-directed chemistry.

Original publication:
Wanie V. et al., "Capturing electron-driven chiral dynamics in UV-excited molecules" *Nature* (2024), DOI: 10.1038/s41586-024-07415-y



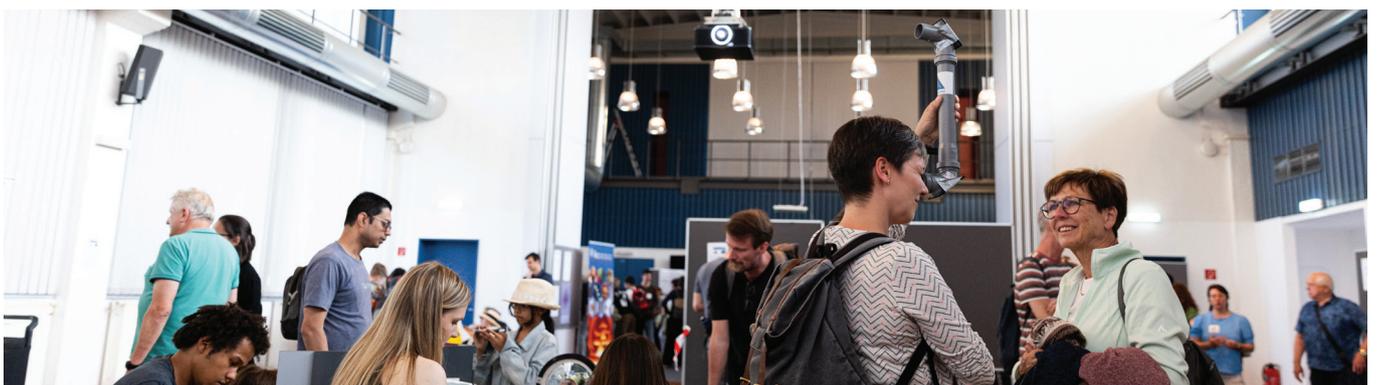
MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024



Am 21. Juni 2024 konnte das MBI wieder zahlreiche interessierte Besucher*innen zur Langen Nacht der Wissenschaften empfangen. Erstmals haben wir die Veranstaltung zusammen mit unserem Nachbarinstitut, dem IKZ Institut für Kristallzuchtung organisiert und durchgeführt.

On June 21, 2024, MBI once again welcomed numerous interested visitors to the Long Night of Science. For the first time, we organized and held the event together with our neighboring institute, the IKZ Institute for Crystal Growth.



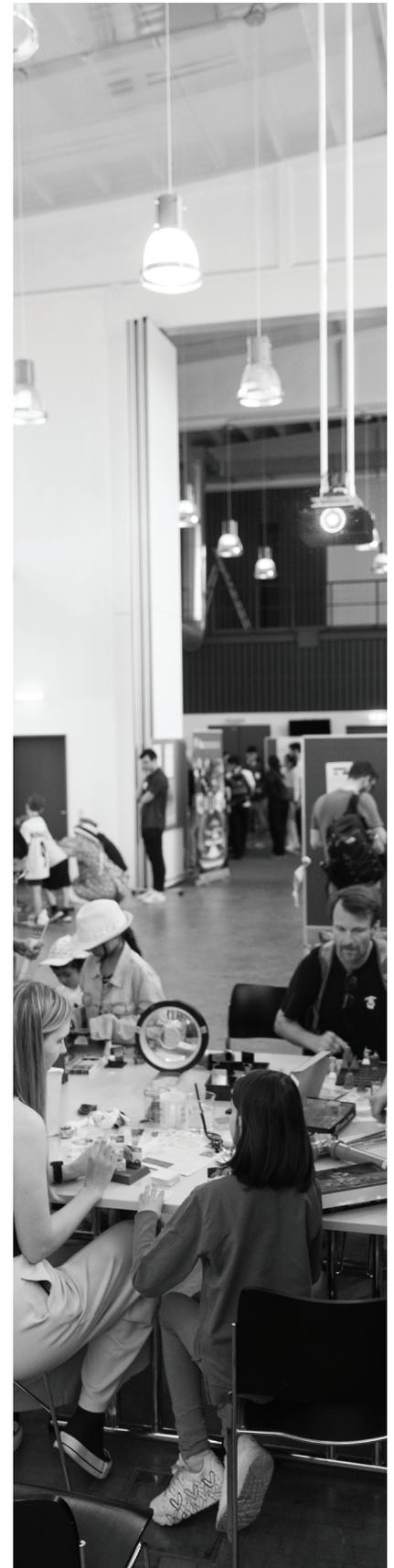
MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Neben den bekannten und beliebten Angeboten für Kinder und Junggebliebene am „Spieletisch“, wo verschiedene optische Tricks und Täuschungen präsentiert und erklärt wurden, gab es im Max-Born-Saal auch viele weitere Programmpunkte aus dem MBI wie auch zur Kristallzüchtung zu bestaunen. Für großes Interesse sorgten an beiden Instituten die Laborführungen. Am MBI präsentierte Konstanze Korell das Plasmamagnetismus-Labor, das von Daniel Schicks Junior-Gruppe betrieben wird. Erstmals konnten sich die Besucher*innen (wie die vielen Helfer*innen aus MBI und IKZ) auf dem Parkplatz an einem Imbissstand mit Essen und Trinken versorgen, oder sich bei Tischtennis und Kicker ein wenig von den wissenschaftlichen Eindrücken „erholen“.

In addition to the well-known and popular activities for children and the young at heart at the "games table", where various optical tricks and illusions were presented and explained, there were also many other program items from MBI and IKZ in the Max Born Hall. The laboratory tours at both institutes were met with great interest. At MBI, Konstanze Korell presented the plasma magnetism lab, which is operated by Daniel Schick's junior group.

For the first time, the visitors (like the many volunteers from MBI and IKZ) were able to get food and drink at a snack stand in the parking lot, or "recover" a little from the scientific impressions with table tennis and table football.



MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Zusammen konnten wir über 1000 Gäste begrüßen, deutlich mehr als in den vergangenen Jahren. Aufgrund des tollen Erfolgs haben wir schon während der Langen Nacht mit dem IKZ vereinbart, auch zukünftig wieder gemeinsam und in einem zweijährigen Rhythmus die Veranstaltung zu organisieren.

Allen Freiwilligen möchten wir herzlich danken, dass sie sich die Zeit genommen haben, das MBI bei der Veranstaltung zu unterstützen.

Together, we were able to welcome over 1000 guests, significantly more than in previous years. Due to the great success, we agreed with the IKZ during the Long Night that we would organize the event together again every two years in the future.

We would like to thank all the volunteers for taking the time to support MBI at the event.



Kontakt: A. Grimm, Tel. 1500

Contact: A. Grimm, Tel. 1500



Fotos: A. Wettstein/Berit Kraushaar (Bildrechte s/letzte Seite)

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024



Lindau Nobel Laureate Meeting 2024

The 73rd Lindau Nobel Laureate Meeting (Physics) took place from 30 June to 5 July 2024. It welcomed 37 Nobel Laureates and one Field Medalist in Lindau, who met close to 650 Young Scientists from all over the world. Since 1951, the Lindau Nobel Laureate Meetings support the exchange between different generations, scientific disciplines and cultures.

Two junior scientists, Quentin Bournet and Debkumar Rana, from the Division of Precision Physics have participated in the meeting. They had an exciting week with inspiring talks and discussions with the laureates and stimulating exchanges and networking with young scientists.

<https://www.lindau-nobel.org/meetings/>



Nele Stetzuhn from Division B gave a presentation on the topic "Ultrafast, ultrathin, ultratunable: Spintronics in 2D materials," where she explained her research approach. Using ultrafast laser pulses, she investigates the magnetic properties of two-dimensional materials which offer an interesting new platform for spin physics due to their strong tunability by, e.g., external fields and strain. This could potentially lead to alternative possibilities for information storage and transport.

She was selected to participate in the Lindau Nobel Laureate Meeting by a committee of distinguished researchers from numerous applications.

Photo: private:
Lindau Nobel Laureate Meeting: Patrick Kunkel; Christian Flemming

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

STADTRADELN 2024
URKUNDE

Das Team
Max-Born-Institut

hat mit **8 Teilnehmenden**
vom 30. Mai bis 19. Juni 2024 an
STADTRADELN BERLIN teilgenommen.
Gemeinsam ist das Team insgesamt

2.263,6 km
für ein gutes Klima geradelt und hat damit

375,8 kg
CO₂ vermieden.

Berlin, Juli 2024

**DANKE
FÜR DEINEN
EINSATZ!**

STADTRADELN KLIMA BÜNDNIS Fahrrad Berlin BERLIN

STADTRADELN 2024

Das MBI hat seinen Beitrag auch dieses Jahr geleistet. Vielen Dank an alle, die kräftig in die Pedalen getreten haben - ohne E-Bike Unterstützung!

In Berlin wurden insgesamt 6.826.342 km geradelt von 32.408 Teilnehmern.

Weltweit wurden 182.096.743 km geradelt von 938.801 Teilnehmern.

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 55 - August 2024

Termine - Save the date

Donnerstag, 5. September 2024

12. Staffelauf - 16:30 Uhr

Donnerstag/Freitag 19./20. September 2024

Wissenschaftlicher Beirat/Scientific Advisory Board

Montag, 30. September 2024

MBI Symposium: Talks

Donnerstag/Freitag 17./18. Oktober 2024

Retreat

Donnerstag, 7. November 2024

Marthe-Vogt-Preisverleihung

von 18 bis 20 Uhr in der Geschäftsstelle der
Leibniz-Gemeinschaft

Marthe Vogt Award ceremony

from 6 to 8 p.m. at the Leibniz Headquarters

01.11.2024 bis 10.11.2024

Berlin Science Week

02.11.2024

Soapbox

„Science for All: Diverse Voices on the Box“ auf dem CAMPUS im Museum für Naturkunde Berlin

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfX47QQMsp63bk6wuw6I2OlnrVjHTTbFGC6KaHiSdc6r_SKIQ/viewform?usp=sf_link

Kein Herauskopieren, kein Vervielfältigungs- und Verbreitungsrecht der Bilder und Texte oder anderweitige Nutzung aus unserem MBI Internen Newsletter sowie Überlassen der Datei Interner Newsletter an Nicht-MBI-Mitarbeiter.

Copying, reproduction and distribution of any pictures or any other material of this Internal MBI Newsletter is prohibited as well as transfer of Internal Newsletter file to non-MBI employees