

MBI Interner Newsletter

Inhalte

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 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,

In den letzten Jahren habe ich das Editorial des Newsletters genutzt, um ganz unterschiedliche Themen anzusprechen: die finanzielle Entwicklung des Instituts, unseren Umgang mit der COVID-Pandemie, das Aufkommen unseriöser Zeitschriften, die Diskussionskultur am MBI, die Verantwortung der leitenden MBI-WissenschaftlerInnen Drittmittel einzuwerben, unsere Verantwortung als Direktorium, einen Arbeitsplatz zu bieten, der frei von Belästigung und Einschüchterung ist - die Liste könnte noch weitergehen. In all diesen Jahren habe ich jedoch nie, und meine Kollegen auch nicht, über unsere Forschung gesprochen, obwohl dies natürlich unsere wichtigste Aufgabe und Verantwortung ist. Und genau das möchte ich heute tun: Ich möchte ein paar der jüngsten Ergebnisse unserer hervorragenden MBI-WissenschaftlerInnen feiern, die wirklich erstaunlich sind und die - sehr wahrscheinlich - noch vor fünf Jahren niemand hätte erwarten können.

Ich denke, die meisten wissen, dass Ende letzten Jahres der Physik-Nobelpreis 2023 an Anne L'Huillier, Pierre Agostini und Ferenc Krausz für „experimentelle Methoden zur Erzeugung von Attosekunden-Lichtimpulsen für die Untersuchung der Elektronendynamik in Materie“ verliehen wurde. Weniger bekannt ist vielleicht, dass die Anwendungen von Attosekunden-Laserimpulsen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, bisher nur mit großen Einschränkungen verfolgt werden. Die Verwendung ultrakurzer Laserimpulse in Pump-Probe-Experimenten ist seit vielen Jahrzehnten etabliert. Viele Forschungsgruppen, darunter auch Forschungsgruppen am MBI, führen Femtosekunden-Pump-Probe-Spektroskopie-Experimente durch, bei denen ein Femtosekunden-Pumpimpuls verwendet wird, um einen Prozess zu starten, und bei denen mit variabler Zeitverzögerung ein Femtosekunden-Probeimpuls verwendet wird,

Editorial

Dear Members of the MBI,

In the last few years I have used this editorial to talk about a variety of topics: the financial development of the institute, our way of dealing with the COVID pandemic, the rise of predatory journals, the discussion culture at MBI, the responsibility of all MBI senior scientists to seek 3rd party funding, our responsibility as Direktorium to provide a workplace free from harassment and intimidation – the list goes on. In all these years I have never, however, and neither have my colleagues, talked about our research, whereas this is of course our foremost mission and responsibility. So, that is what I would like to do today: I would like to celebrate a few recent accomplishments by some of MBI's excellent scientists, who continue to achieve results that are truly astonishing and that – very likely – nobody could have expected as recent as five years ago.

I think most people will be aware that the end of last year the 2023 Physics Nobel Prize was awarded to Anne L'Huillier, Pierre Agostini and Ferenc Krausz for „experimental methods that generate attosecond pulses of light for the study of electron dynamics in matter“. What is probably less well-known is that, with rare exceptions, the applications of attosecond laser pulses are so far pursued with major limitations. The use of ultrashort laser pulses in pump-probe experiments is well-established for many decades. For example, many research groups, including research groups at MBI, pursue femtosecond pump-probe spectroscopy experiments, where a femtosecond pump pulse is used to start a process of interest, and where at a variable time delay a femtosecond probe pulse used to make observe the time-evolving process. Since both the pump and probe pulses have a pulse duration in the femtosecond domain, this observation can be made with femtosecond time-resolution. Similarly, we would expect attosecond pump-probe

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

um den sich zeitlich entwickelnden Prozess zu beobachten. Da sowohl der Pump- als auch der Probeimpuls eine Impulsdauer im Femtosekundenbereich haben, kann diese Beobachtung mit Femtosekunden-Zeitauflösung gemacht werden. In ähnlicher Weise würden wir erwarten, dass die Attosekunden-Pump-Probe-Spektroskopie aus Experimenten besteht, bei denen ein Attosekunden-Pumpimpuls einen Prozess auslöst, der dann später durch einen Attosekunden-Probeimpuls beobachtet wird. Bislang gibt es jedoch kaum solche Experimente, da sie Attosekunden-Laserimpulse benötigen, die weitaus intensiver sind als die bislang verfügbaren Impulse. Daher beruhen die meisten zeitaufgelösten Attosekunden-Experimente auf der Kombination eines Attosekunden-Pump-/Probeimpulses und eines Femtosekunden-Probe-/Pumpimpulses, wobei der optische Zyklus des letzteren als Taktgeber mit Attosekunden-Zeitauflösung verwendet wird. Das funktioniert, schränkt aber die Anwendungsmöglichkeiten stark ein. Das heißt, bis jetzt.

In den letzten zwei Jahren haben Bernd Schütte und sein Team eine sehr stabile und zuverlässige Methode zur Durchführung von Attosekunden-Pump-/Attosekunden-Probe-Experimenten entwickelt. Diese Methode basiert nicht auf der Verwendung besonderer Lasersysteme, sondern kann mit „handelsüblichen“ Lasern durchgeführt werden. Letzte Woche haben Bernd und sein Team das erste Attosekunden-Pump-Attosekunden-Probe-Transienten-Absorptionsexperiment durchgeführt. Dies ist ein großer Durchbruch, der zweifellos weitreichende Anwendung finden wird und der wahrscheinlich viel Aufmerksamkeit auf sich ziehen wird, wenn die Ergebnisse veröffentlicht werden. Meine Glückwünsche gehen an Bernd Schütte, Mikhail Volkov, Evaldas Svirplys, John Thomas und Eli Sobolev für diese fantastischen Ergebnisse!

In der Chemie wurde die oben beschriebene Pump-Probe-Technik Ende des letzten Jahrhunderts durch Ahmed Zewail populär gemacht, der 1999 den Nobelpreis für Chemie für seine Entwicklung im Bereich der „Femtochemie“ erhielt. Femtochemie-Experimente werden heute in Dutzenden von Laboren auf der ganzen Welt durchgeführt, und zwar mit einer Zeitauflösung von bis zu 10-20 Femtosekunden. Letzte Woche gelang es jedoch Arnaud Rouzée, Tamas Nagy, Arnab Sen, José Ricardo Cardoso de Andrade, Rostyslav Danylo und Martin Kretschmar - aufbauend auf Fortschritten bei der Erzeugung von abstimmbaren ultrakurzen Vakuum-Ultraviolet-Laserimpulsen, die Ende letzten Jahres gemacht wurden – Pump-Probe-Experimente zur Photochemie von Methylnitrat und Ethylen mit einer Zeitauflösung von 3 Femtosekunden durchzuführen! Dies war nicht nur eine bemerkenswerte technische Leistung, sondern - was vielleicht noch bemerkenswerter ist - beide Moleküle zeigten eine unerwartete Dynamik auf diesen ultrakurzen Zeitskalen, in denen sich die Kerne in den Molekülen eigentlich kaum bewegen können sollten. Fantastische Ergebnisse und ein großer Durchbruch, der verspricht, dass noch viele weitere bedeutende Ergebnisse folgen werden.

spectroscopy to consist of experiments where an attosecond probe pulse initiates a process that is then later observed by an attosecond probe pulse. However, up to now, such experiments hardly exist, since they attosecond laser pulses that are far more intense than the available ones. Thus most attosecond time-resolved experiments rely on the combination of an attosecond pump/probe pulse and a femtosecond probe/pump pulse, where the optical cycle of the latter is used as a clock with attosecond time-resolution. This works, but greatly limits the applications that can be pursued. That is, until now. In the last two years Bernd Schütte and his team have developed a very stable and reliable method to perform attosecond pump-attosecond probe experiments. This method is not based on the use of very specialized laser systems, but that can be pursued with “off the shelf” laser equipment. Last week Bernd and his team realized the first ever attosecond pump-attosecond probe transient absorption experiment, a major breakthrough that will no doubt have widespread applicability and that is likely to attract a lot of attention when the results are written up. My congratulations go out to Bernd Schütte, Mikhail Volkov, Evaldas Svirplys, John Thomas and Eli Sobolev for these fantastic results!

In chemistry, the pump-probe technique that I described above was made popular at the end of the last century by Ahmed Zewail, who received the Chemistry Nobel Prize in 1999 for his development of the field of “femtochemistry”. Femtochemistry experiments are nowadays performed in dozens of laboratories around the world, and in the very good ones with a time-resolution that can be as good as 10-20 femtoseconds. That is to say, until last week, when – building on a major advance in the generation of tunable ultrashort vacuum-ultraviolet laser pulses that was accomplished at the end of last year – Arnaud Rouzée, Tamas Nagy, Arnab Sen, José Ricardo Cardoso de Andrade, Rostyslav Danylo and Martin Kretschmar managed to implement pump-probe experiments on the photochemistry of methylnitrate and ethylene with a time-resolution of 3 femtoseconds! Not only was this a remarkable technical achievement, but perhaps even more remarkably both molecules displayed unanticipated dynamics on these ultrashort timescales, which after all are timescales where the nuclei in the molecules should hardly be able to move. Fantastic results, and a major breakthrough that promises that many more significant results are yet to come.

Two weeks in MBI’s research, and two results that I would classify as having “breakthrough” character. Indeed, there have been years that have started a lot worse....

I will admit, with the management responsibilities that we have in the Direktorium, there are many days when I come to the institute in the morning or go home at night thinking about issues that have very little to do with research. But let’s remember and let’s celebrate that when it comes down to it, this is what brings us to MBI every day: the opportunity to achieve fantastic scien-

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Zwei Wochen in der MBI-Forschung haben zwei Ergebnisse hervorgebracht, die ich als „bahnbrechend“ einstufen würde. In der Tat gab es Jahre, die schlechter begonnen haben...

Ich gebe zu, dass es bei den Managementaufgaben, die wir im Direktorium haben, viele Tage gibt, an denen ich morgens ins Institut komme oder abends nach Hause gehe und über Dinge nachdenke, die nur wenig mit Forschung zu tun haben. Aber wir sollten uns daran erinnern und wertschätzen, dass es genau das ist, was uns jeden Tag ans MBI bringt: die Möglichkeit, fantastische wissenschaftliche Ergebnisse zu erzielen, indem wir mit sehr talentierten KollegInnenen in sehr gut ausgestatteten Forschungslaboren zusammenarbeiten und so die Möglichkeit haben, Forschungsergebnisse von erstaunlicher Schönheit und Erkenntnis zu erzielen. Für mich im Direktorium ist das ein schöner Gedanke, den ich im Hinterkopf behalte, wenn ich mich der nächsten Managementtherausforderung stelle.

Das Direktorium:
Marc J. Vrakking

tific results by working together with very talented colleagues in very well-equipped research laboratories, thus creating the possibility to achieve research results of astonishing beauty and insight. For me, in the Direktorium, that is a nice thought to keep at the back of my mind when facing the next management challenge.

For the Board of Directors
Marc J. Vrakking

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts (Stand: 8.2.2024 - alphabetische Reihenfolge)

Abdurakhimov, Nursulton	Gastwissenschaftler	A1	1234	Nursulton.Abdurakhimov@mbi-berlin.de	13.11.2023
Carlström, Stefanos	Postdoc	T1	1364	Stefanos.Carlstrom@mbi-berlin.de	01.01.2024
Das, Subhasis	Gastwissenschaftler	A3	/	/	07.02.2024
Gaebel, Simon	Doktorand	B2	1341	Simon.Gaebel@mbi-berlin.de	01.02.2024
Ghosh, Sumit	Postdoc	B4	1325	Sumit.Ghosh@mbi-berlin.de	01.02.2024
Godart, Helena	Studentische Hilfskraft	B1	/	/	01.02.2024
Krishna, Jyoti	Postdoc	B4	1357	Jyoti.Krishna@mbi-berlin.de	01.02.2024
Lin, Zhang-Lang	Gastwissenschaftler	A3	/	Zhang-Lang.Lin@mbi-berlin.de	01.02.2024
Moussa, Mahmoud	Masterstudent	A1	1257	Mahmoud.Moussa@mbi-berlin.de	01.01.2024
Sneftrup, Peter Sørensen	Postdoc	A1	1240	PeterSorensen.Sneftrup@mbi-berlin.de	01.01.2024
Tsoutsoumanos, Stathis	Gastwissenschaftler	B4	/	/	20.11.2023
Wegner, Gino	Postdoc	T3	1213	Gino.Wegner@mbi-berlin.de	01.01.2024
Werner, Leon	Studentische Hilfskraft	B1	1370	Leon.Werner@mbi-berlin.de	15.12.2023
Wu, Ruikai	Masterstudent	B4	1325	Ruikai.Wu@mbi-berlin.de	11.12.2023

Ausgeschiedene Mitarbeiter (Stand 8.2.2024 - alphabetische Reihenfolge)

Andreev, Alexander	Gastwissenschaftler	B3	31.12.2023
Essen, van, Pieter	Gastwissenschaftler	A1	10.11.2023
Fetai, Omer	Praktikant	B2	01.12.2023
Granados Buitrago, Camilo Andrés	Gastwissenschaftler	A2	31.12.2023
Herzig, Elisabeth Anne	Gastwissenschaftler	T1	21.12.2023
Iwanaga, Victor Isao	Bachelorstudent	B1	31.12.2023
Kalashnikov, Mikhail	Gastwissenschaftler	B3	31.12.2023
Lu, Yize	Masterstudent	A3	30.11.2023
Ma, Yingcai	Masterstudent	C2	31.12.2023
Martí Farràs, Carles	Studentische Hilfskraft	T3	31.12.2023
Nie, Zhonghui	Gastwissenschaftler	A1	10.11.2023
Ordonez Lasso, Andres Felipe	Postdoc	T2	15.01.2024
Petit, Stéphane	Gastwissenschaftler	A3	17.11.2023
Rottke, Horst	Gastwissenschaftler	B2	31.12.2023
Ruberti, Marco	Postdoc	A1	14.11.2023
Schneider, Niklas	Masterstudent	B2	31.01.2024
Zlotowitz, Julia	Sachgebietsleiter	Vw	31.01.2024

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/Master- & Diplomarbeiten

P. Fuertjes

Compact few-cycle mid-wave and long-wave infrared OPCPA
Dissertation - Humboldt-Universität zu Berlin (2023)

C. Kleine

Ultrafast soft x-ray absorption spectroscopy of molecular
systems in the water window with table-top high-order
harmonic sources
Dissertation - Humboldt-Universität zu Berlin (2023)

S. Vengaladas

Optimized entanglement of two-photon light in photonic
topological insulators
Master - Humboldt-Universität zu Berlin (2023)

S. Yi

Extreme quantum optics: Generation of quantum light in
intense light-matter interaction
Master - Humboldt-Universität zu Berlin (2023)

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Preise

Carl-Ramsauer-Preis für Lisa-Marie Kern

Für ihre herausragende Dissertation erhält Dr. Lisa-Marie Kern den Carl-Ramsauer-Preis 2023 der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (PGzB). Die PGzB vergibt den Preis jährlich an maximal vier Doktorand:innen der Berliner und Brandenburger Universitäten.

Kern hat in ihrer Doktorarbeit am MBI die kontrollierte Manipulation von winzigen Magnetisierungswirbeln, sogenannten Skyrmionen, untersucht.



Solche magnetische Skyrmionen können in dünnen ferromagnetischen Schichten vorkommen und haben das Interesse der Forscher vor allem aus zwei Gründen geweckt: Ihre Dynamik hängt von ihrer nicht-trivialen Topologie ab, und sie könnten in zukünftigen Konzepten zur Datenspeicherung und -verarbeitung als Bits verwendet werden, die „0“ und „1“ codieren. Magnetische Skyrmionen können durch einzelne Impulse von Laserlicht oder elektrischem Strom erzeugt werden. Kern hat einen Ansatz entwickelt, der es erlaubt, mit einer Genauigkeit von 20 Nanometern zu kontrollieren und vorzugeben, wo genau ein Skyrmion durch einen solchen Impuls entsteht. Darüber hinaus entwickelte sie ein „Nanometer-Schienensystem mit Stopps“, das die kontrollierte Bewegung von Skyrmionen entlang dieser Führungsbahn mit Hilfe von Stromimpulsen ermöglicht, die sie zu genau definierten Stopps bringen. Diese Fähigkeiten sind sowohl für grundlegende Studien zur Skyrmion-Dynamik als auch für zukünftige Anwendungen unerlässlich. Tatsächlich konnte sie die allerersten Pump-Probe-Imaging-Experimente zur strom- und laserinduzierten Skyrmion-Nukleation durchführen und dabei im Details sehen, wie ein Skyrmion entsteht und auf ultrakurzen Zeitskalen reagiert.

„In meiner Doktorarbeit am MBI konnte ich Expertise in den Bereichen Lasertechnologie, Röntgenbildgebung und Nanofabrikation kombinieren, um meine Forschung voranzutreiben“, sagt Dr. Kern, „und ich bin wirklich dankbar für die Möglichkeiten, die sich mir als Teil eines großartigen Teams und durch den Zugang zu einzigartigen technischen Ressourcen eröffnet haben.“

Wir gratulieren Dr. Lisa-Marie Kern zum Carl-Ramsauer-Preis 2023!

Kontakt: L.-M. Kern, Tel. 1343

Prize

Carl-Ramsauer Award for Lisa-Marie Kern

For her outstanding PhD thesis, Dr. Lisa-Marie Kern receives the 2023 Carl Ramsauer Award of the Berlin Physical Society. Each year, the Berlin Physical Society bestows the award to a maximum of four PhD students from Berlin and Brandenburg universities.

Kern carried out her PhD research at MBI, studying the controlled manipulation of tiny swirls of magnetization, called skyrmions.

Such magnetic skyrmions can exist in ferromagnetic thin films and they have captured the interest of researchers for two primary reasons: their dynamics depends on their non-trivial topology, and they may be used in future data storage and processing concepts as bits encoding “0” and “1”. Magnetic skyrmions can be generated by single impulses of laser light or electrical current. Kern developed an approach that allows to control and to predefine - with a precision of 20 nanometers - exactly where a skyrmion is formed by such a pulse. Furthermore, she developed a “nanometer rails system with stops” which enables the controlled motion of skyrmions along a guiding path using current pulses, bringing them to well-defined stops. These capabilities are essential for both fundamental studies on skyrmion dynamics as well as to realize applications in future devices. In fact, she could realize the very first pump-probe imaging experiments on the current- and the laser-induced skyrmion nucleation, unveiling intricate details on how a skyrmion comes into existence and responds on ultrashort timescales.

“In my PhD research at MBI, I could combine expertise in laser technology, x-ray imaging and nanofabrication to drive my research forward” says Dr. Kern, “and I am truly grateful for the opportunities that came with being part of a great team and having access to the unique technical resources.”

We congratulate Dr. Lisa-Marie Kern to the 2023 Carl Ramsauer Award!

Contact: L.-M. Kern, Tel. 1343

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Betriebsrat

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

da wo Menschen zusammenkommen, so wie bei uns am Institut, kommt es neben allem Erfreulichen und Angenehmen, welche solche menschlichen Begegnungen mit sich bringen, leider auch vor, dass es zu Unstimmigkeiten, empfundenen Ungerechtigkeiten und auch Missverständnissen kommt. Im Extremfall können diese sogar in einem ausgewachsenen Konflikt münden. Das sollte im Interesse einer angenehmen und konstruktiven Arbeitsatmosphäre, die für das Institut essentiell ist, möglichst vermieden werden.

Doch was hat der Betriebsrat damit zu tun? Der Betriebsrat kann im Falle solcher Schwierigkeiten ein wichtiger Ansprechpartner neben der Gleichstellungsbeauftragten und selbstverständlich dem Arbeitgeber sein. Laut dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) steht Ihnen ein Beschwerderecht (§85) zu. Das bedeutet, dass Sie sich mit Ihrer Beschwerde direkt an den Betriebsrat wenden können. Der Gegenstand einer Beschwerde kann auch ein Rechtsanspruch sein, wie beispielsweise die beanstandete Ablehnung von Sonderurlaub.

In der Praxis sieht das so aus: Sie wenden sich an ein Betriebsratsmitglied und erörtern im Rahmen eines vertraulichen Gesprächs Ihr Anliegen. Das Betriebsratsmitglied hört Ihnen „aktiv“ zu, d.h. es stellt Rück- und Verständnisfragen, um Ihr Anliegen bestmöglich zu verstehen. Oftmals hilft bereits ein solches erstes Gespräch schon allein durch die Tatsache, dass man sich die Sache „von der Seele reden“ sowie die Sichtweise eines Unbeteiligten in Erfahrung bringen kann. Das muss jedoch nicht immer der Fall sein. Ob und wie es weitergeht, entscheiden allein Sie. Falls Sie es wünschen, wird der Betriebsrat Ihre Beschwerde weiterverfolgen und zum Beispiel das Gespräch mit dem Arbeitgeber suchen oder auch Kontakt zu der anderen Konfliktpartei aufnehmen. Dafür benötigen wir allerdings Ihren ausdrücklichen Auftrag. Zwar nehmen wir - wie jede/jeder andere auch - die allgemeine Stimmungslage am Institut wahr, können jedoch nicht auf den legendären „Flurfunk“ reagieren. Was wir Ihnen auf jeden Fall zusichern, ist Vertraulichkeit. Sie können sich darauf verlassen, dass Ihre Beschwerde nur dann weiterverfolgt wird, wenn Sie das so wünschen. In diesem Sinne scheuen Sie sich nicht, sich an uns zu wenden, falls irgendwann und irgendwo mal „der Schuh drückt“.

Unsere Kontaktdaten finden Sie an den Aushängen in allen drei Gebäuden sowie im Intranet.

Viele Grüße im Namen des Betriebsrates
Peter Scholze

Betriebsrat

Dear colleagues,

Wherever people come together, as is the case here at the Institute, in addition to all the pleasant and enjoyable things that such human encounters entail, unfortunately disagreements, perceived injustices and misunderstandings can occur. In extreme cases, these can even lead to a full-blown conflict. This should be avoided as far as possible in the interests of a pleasant and constructive working atmosphere, which is essential for the institute. But what does the works council have to do with all this? In the event of such difficulties, the works council can be an important point of contact alongside the equal opportunities officers and, of course, the employer. According to the Works Constitution Act (Betriebsverfassungsgesetz), you have the right to file a complaint (§85). This means that you can address your complaint directly to the works council. The subject of a complaint can also be a legal claim, such as e.g. the objectionable refusal of special leave.

In practice, the procedure is: You may approach a member of the works council and discuss your concerns in a confidential meeting. The works council member listens to you „actively“, meaning he or she asks you questions to understand your concerns as well as possible. Such an initial discussion often helps simply by the fact that you can get the matter „off your chest“ and find out the point of view of an impartial party. You alone decide whether and how to proceed. If you wish, the works council will follow up on your complaint and, for example, seek a meeting with the employer or contact the other party of the conflict. For this we need your express instruction to do so. Although we - like everyone else - are aware of the general mood at the institute, we cannot react to the legendary „grapevine“. What we can guarantee you in any case is confidentiality. Your complaint will only be escalated with your permission. With this in mind, please do not hesitate to contact us at any time. You will find our contact details on the notice boards in all three buildings and on the intranet.

Best regards on behalf of the works council
Peter Scholze

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Projekteinwerbungen

Bereich B

Projektbezeichnung: 360 CARLA
360 Photonics Career Launch Programs
Laufzeit: 30 Monate
Projektleiter: D. Stozno
Geldgeber: EU

Projektbezeichnung: RIANA
Research Infrastructure Access in NANoscience &
nanotechnology
Laufzeit: 48 Monate
Projektleiter: D. Stozno
Geldgeber: EU

Forschungsergebnisse

Ultraschnelle Anregungen in korrelierten Systemen

Ein internationales Forscherteam des European XFEL hat gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen des Max-Born-Instituts in Berlin, der Universitäten Berlin und Hamburg, der Universität Tokio, des japanischen National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), der niederländischen Radboud University, des Imperial College London und des Hamburg Center for Ultrafast Imaging neue Ideen für die ultraschnelle multidimensionale Spektroskopie stark korrelierter Festkörper vorgestellt. Diese Arbeit wurde jetzt in Nature Photonics veröffentlicht.

„Stark korrelierte Festkörper sind komplexe und faszinierende Quantensysteme, in denen oft neue elektronische Zustände entstehen, insbesondere wenn sie mit Licht wechselwirken“, sagt Alexander Lichtenstein von der Universität Hamburg und dem European XFEL. Zu den stark korrelierten Materialien gehören unter anderem Hochtemperatur-Supraleiter, bestimmte Arten magnetischer Materialien und untereinander verdrillte Quantenmaterialien. Sie stellen nicht nur eine Herausforderung für unser grundlegendes Verständnis des Mikrokosmos dar, sondern bieten auch Möglichkeiten für viele aufregende Anwendungen, die von der Materialwissenschaft über die Informationsverarbeitung bis hin zur Medizin reichen: Supraleiter werden zum Beispiel in Kernspintomographen eingesetzt.

Aus diesem Grund ist das Verständnis der Hierarchie und des Zusammenspiels der verschiedenen elektronischen Zustände, die in stark korrelierten Materialien auftreten, so bedeutend. Gleichzeitig stellt dies eine Herausforderung für unsere experimentellen und theoretischen Werkzeuge dar, da Umwandlungen zwischen diesen Zuständen häufig mit Phasenübergängen verbunden sind. Phasenübergänge sind Umwandlungen, die sich nicht stufenlos von einem Stadium ins nächste entwickeln, sondern plötzlich und schnell auftreten können, insbesondere wenn das Material mit Licht wechselwirkt.

Wie sehen die Wege des Ladungs- und Energieflusses während eines solchen Übergangs aus? Wie schnell erfolgt er? Kann man ihn mit Licht steuern, um den Prozess zu gestalten? Und kann Licht das Material in einen Zustand bringen, in dem es sich unter den üblichen Umständen nicht befinden würde? Solche Fragen können mit leistungsstarken und empfindlichen Geräten wie dem Röntgenlaser am European XFEL in Schenefeld bei Hamburg und modernen optischen Werkzeugen der Attosekundenforschung untersucht werden (1 Attosekunde sind 10^{-18} Sekunden oder der milliardste Teil einer milliardsten Sekunde. In einer Attosekunde legt Licht beispielsweise weniger als ein Millionstel eines Millimeters zurück).

In ihrer Arbeit stellt das internationale Team nun einen völlig neuen Ansatz vor, der es ermöglicht, die ultraschnelle La-

Research Highlights

Ultrafast excitations in correlated systems

An international team of researchers from the European XFEL together with colleagues from the Max Born Institute in Berlin, Universities of Berlin and Hamburg, The University of Tokyo, the Japanese National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), the Dutch Radboud University, Imperial College London, and Hamburg Center for Ultrafast Imaging, have presented new ideas for ultrafast multi-dimensional spectroscopy of strongly correlated solids. This work has now been published in Nature Photonics.

„Strongly correlated solids are complex and fascinating quantum systems in which new electronic states often emerge, especially when they interact with light,“ says Alexander Lichtenstein from Hamburg University and Eu-XFEL. Strongly correlated materials, which include high-temperature superconductors, certain types of magnetic materials, and twisted quantum materials among others, both challenge our fundamental understanding of the microcosm and offer opportunities for many exciting applications ranging from materials science to information processing to medicine: for example, superconductors are used by MRI scanners.

This is why understanding the hierarchy and the interplay of the diverse electronic states arising in strongly correlated materials is very important. At the same time, it challenges our experimental and theoretical tools, because transformations between these states are often associated with phase transitions. Phase transitions are transformations that do not develop smoothly from one stage to the next but may occur suddenly and quickly, in particular when the material is interacting with light.

What are the pathways of charge and energy flow during such a transition? How quickly does it occur? Can light be used to control it and to sculpt the electron correlations? Can the light bring the material into a state that the material wouldn't find itself in under the usual circumstances? These are the types of questions that can be addressed with powerful and sensitive devices like X-ray lasers such as the European XFEL in Schenefeld near Hamburg, and with the modern optical tools of attosecond science (1 attosecond = 10^{-18} second or the billionth part of a billionth second. In one attosecond, light travels less than a millionth of a millimeter).

In their work, the international team now presents a completely new approach that makes it possible to monitor and decipher the ultrafast charge motion triggered by short laser pulse illuminating a strongly correlated system. They have developed a variant of ultrafast multi-dimensional spectroscopy, taking advantage of the attosecond control of how multiple colors of light add to form an ultrashort laser pulse. The sub-cycle temporal

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

dungsbewegungen zu beobachten und zu entschlüsseln, die durch kurze Laserpulse in einem stark korrelierten System ausgelöst werden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben eine neue Form der ultraschnellen mehrdimensionalen Spektroskopie entwickelt, die sich die Attosekunden-Kontrolle darüber zunutze macht, wie sich mehrere Farben des Lichts zu einem ultrakurzen Laserpuls addieren. Die Spektroskopie mit einer zeitlichen Auflösung im Subzyklusbereich zeigt das komplexe Wechselspiel zwischen den verschiedenen elektronischen Konfigurationen, und dass ein Phasenübergang von einem metallischen in einen isolierenden Zustand in weniger als einer Femtosekunde stattfinden kann – also in weniger als einer Billionstel Sekunde.

„Unsere Ergebnisse eröffnen einen Weg, ultraschnelle Prozesse in stark korrelierten Materialien zu untersuchen und gezielt zu beeinflussen“, sagt Olga Smirnova vom Max-Born-Institut und der TU Berlin, Preisträgerin des Mildred-Dresselhaus-Preises des Hamburger Zentrums für ultraschnelle Bildgebung. „Wir haben damit ein Schlüsselwerkzeug für den Zugang zu neuen ultraschnellen Phänomenen in korrelierten Festkörpern entwickelt, das über bisherige Methoden hinausgeht,“ so Smirnova weiter.

Kontakt: O. Smirnova, Tel 1340, M. Ivanov, Tel. 1210

resolution offered by this spectroscopy shows the complex interplay between the different electronic configurations and demonstrates that a phase transition from a metallic state to an insulating state can take place within less than a femtosecond - i.e. in less than one quadrillionth of a second.

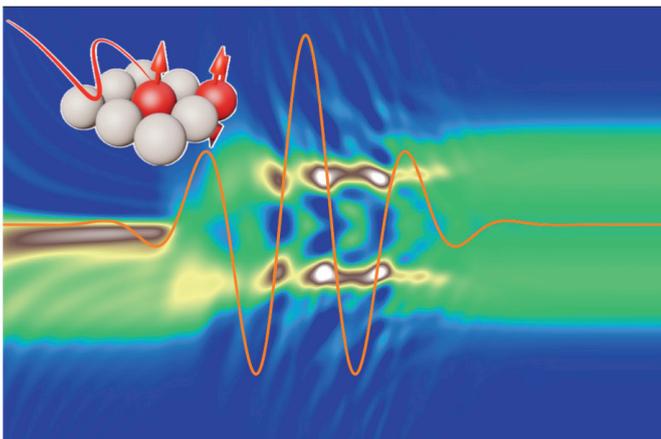
„Our results open up a way of investigating and specifically influencing ultrafast processes in strongly correlated materials that goes beyond previous methods,“ says Olga Smirnova from the Max Born institute and Berlin TU, awardee of the Mildred Dresselhaus prize of the Hamburg Centre for Ultrafast Imaging, „we have thus developed a key tool for accessing new ultrafast phenomena in correlated solids.“

Original publication:

Sub-cycle multidimensional spectroscopy of strongly correlated materials

V. Valmispild, E. Gorelov, M. Eckstein, A. Lichtenstein, H. Aoki, M. Katsnelson, M. Ivanov, O. Smirnova
Nature Photonics (2024)

<https://www.nature.com/articles/s41566-023-01371-1>



Der Metall-Isolator Phasenübergang, der in einem stark korrelierten System durch einen Impuls von wenigen Femtosekunden (orange farbene Kurve) ausgelöst wird und zu einer dramatischen Änderung der Zustandsdichte führt, erfolgt innerhalb von weniger als 1 Femtosekunde.

Metal-Insulator phase transition triggered in strongly correlated system by a few-femtosecond pulse (orange curve) and resulting in a dramatic change of density of states, occurs within less than 1 femtosecond.

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Forschungsergebnisse

Ein neues Kapitel für Attosekunden-Pump Attosekunden-Probe Spektroskopie

Ein Team von Wissenschaftlern des MBI hat zum ersten Mal Attosekunden-Pump Attosekunden-Probe Spektroskopie (APAPS) bei einer Wiederholrate von 1 Kilohertz demonstriert. Dies wurde durch die Entwicklung einer kompakten intensiven Attosekundenquelle ermöglicht, die darauf basiert, Attosekunden-Pulse außerhalb des Fokus der Treiberpulse zu erzeugen. Der Ansatz ermöglicht neue Pfade für die Untersuchung extrem schneller Elektronendynamiken auf einer Attosekunden-Zeitskala.

Die erstmalige Erzeugung von Attosekunden-Pulsen (1 Attosekunde entspricht 10^{-18} Sekunden) zu Beginn dieses Jahrhunderts hat es ermöglicht, nicht für möglich gehaltene Einblicke in die Welt der Elektronen zu erlangen. Für ihre Pionierleistungen, die zur ersten Erzeugung und Messung von Attosekunden-Pulsen im Jahr 2001 geführt haben, erhielten Anne L'Huillier, Pierre Agostini und Ferenc Krausz im vergangenen Jahr den Nobelpreis für Physik. Attosekunden-Techniken, die aktuell angewandt werden, haben jedoch einen entscheidenden Nachteil: Um einen Film in einem Pump-Probe Experiment aufnehmen zu können, muss ein Attosekunden-Puls mit einem Femtosekunden-Puls (1 Femtosekunde entspricht 10^{-15} Sekunden) kombiniert werden, dessen optische Zyklen als Uhr mit einer Attosekunden-Auflösung dienen. Dies stellt eine Limitierung für die Untersuchung von Elektronendynamiken auf Attosekunden-Zeitskalen dar.

Schon seit der ersten Erzeugung von Attosekunden-Pulsen hatten viele Wissenschaftler den Traum, Experimente durchzuführen, in denen ein erster Attosekunden-Pump-Puls Elektronendynamiken in einem Atom, Molekül oder Festkörper auslöst, und in denen ein zweiter Attosekunden-Probe-Puls das System bei verschiedenen Zeitverzögerungen abfragt. Dieses Ziel hat sich als sehr herausfordernd herausgestellt, da hierfür intensive Attosekunden-Pulse benötigt werden. Der zugrundeliegende Prozess der Höheren Harmonischen Erzeugung ist jedoch sehr ineffizient. Daher wurden bisher nur wenige Demonstrationsexperimente durchgeführt, die von großen Aufbauten und spezialisierten Lasersystemen bei niedrigen Wiederholungsrate (10-120 Hertz) Gebrauch gemacht haben.

Ein Team aus Wissenschaftlern vom MBI hat nun einen alternativen Ansatz gefunden, der es ihnen erlaubt, APAPS in einem deutlich kompakteren Aufbau durchzuführen. Zu diesem Zweck haben sie einen schlüsselfertigen Laser genutzt, der bei einer Wiederholungsrate von 1 Kilohertz betrieben wird. Dies hat zu einem deutlich stabileren Betrieb geführt, welches eine Schlüsselanforderung für die Umsetzung von APAPS ist. Wie in Graph 1 gezeigt wird, haben die Forscher einen Infrarot-

Research Highlights

A new chapter for all-attosecond spectroscopy

A team of researchers from the MBI has for the first time demonstrated attosecond-pump attosecond-probe spectroscopy (APAPS) at a repetition rate of 1 kilohertz. This became possible by the development of a compact intense attosecond source using an out-of-focus generation geometry. The approach opens new avenues for the investigation of extremely fast electron dynamics in the attosecond regime.

The first generation of attosecond pulses (1 attosecond corresponds to 10^{-18} seconds) at the turn of this century has enabled unprecedented insights into the world of electrons. For their pioneering work first leading to the demonstration of attosecond pulses in 2001, Anne L'Huillier, Pierre Agostini and Ferenc Krausz were awarded with the Nobel Prize in Physics 2023. Current attosecond techniques, however, come with an important drawback: To be able to record a movie in a pump-probe experiment, an attosecond pulse typically has to be combined with a femtosecond pulse (1 femtosecond corresponds to 10^{-15} seconds) whose optical cycles (a few femtoseconds long) is used as a clock with attosecond resolution. This constitutes a limitation for the investigation of electron dynamics on attosecond timescales.

Ever since the first demonstration of attosecond pulses, it has been the dream of many scientists to perform experiments in which a first attosecond pump pulse initiates electron dynamics in an atom, a molecule, or a solid-state sample, and where a second attosecond probe pulse interrogates the system at different time delays. This goal turned out to be very challenging, because it requires intense attosecond pulses. The underlying process of high-harmonic generation (HHG) is very inefficient though. As a result, only a very few proof-of-principle demonstrations of attosecond-pump attosecond-probe spectroscopy (APAPS) have been reported, which made use of large setups and specialized laser systems operating at low repetition rates (10-120 Hertz).

A team of researchers from the MBI has now demonstrated a different approach, allowing them to perform APAPS experiments using a much more compact setup. For this purpose, they used a turn-key driving laser at a kilohertz repetition rate. This resulted in a substantially more stable operation, which is a key requirement for the successful implementation of APAPS. As shown in Fig. 1, the scientists used infrared laser pulses for the generation of attosecond pulses in a gas jet. In contrast to how attosecond pulses are usually generated, however, they came up with the idea to place the gas jet not near the driving

Laser für die Erzeugung von Attosekunden-Pulsen in einem Gasstrahl genutzt. Im Gegensatz dazu, wie Attosekunden-Pulse üblicherweise erzeugt werden, hatten sie jedoch die Idee, den Gasstrahl nicht in der Nähe des Laserfokus zu platzieren, sondern in einigem Abstand davon. Als Ergebnis konnten Attosekunden-Pulse mit einer recht hohen Pulsenergie und einer kleinen virtuellen Quellengröße erzeugt werden. Dies hat es den Wissenschaftlern erlaubt, die Attosekunden-Pulse zu einer hohen Intensität zu fokussieren.

Die Forscher haben sich die stabilen und intensiven Attosekunden-Pulse zunutze gemacht, um ein APAPS Experiment durchzuführen. In diesem wurden Argon Atome von einem ersten Attosekunden-Puls ionisiert, was zur Erzeugung einfach geladener Ar^+ Ionen geführt hat. Diese wiederum wurden von einem zweiten Attosekunden-Puls bei unterschiedlichen Zeitverzögerungen abgefragt, was zur Erzeugung von doppelt geladenen Ar^{2+} Ionen geführt hat. Die Ergebnisse sind in Graphik 2 gezeigt, wobei der Anstieg der beobachteten Ar^{2+} Ionen auf einer extrem schnellen Zeitskala erfolgt. Dies zeigt, dass die Pump- und Probe-Pulse tatsächlich eine Dauer im Attosekunden-Bereich haben, wie im Einsatz von Graphik 2 zu sehen ist.

Die moderaten Pulsenergien der Infrarot-Treiberpulse, die in dieser Studie verwendet wurden, ebnet den Weg, APAPS Experimente in der Zukunft bei noch deutlich höheren Wiederholungsraten bis zum Megahertz Bereich durchzuführen. Die dafür notwendigen Lasersysteme sind entweder schon verfügbar oder in der Entwicklung. Infolge dessen könnte das neuartige Konzept Einblicke in die Welt der Elektronen auf extrem kurzen Zeitskalen ermöglichen, die mit derzeitigen Attosekunden-Techniken nicht zugänglich sind.

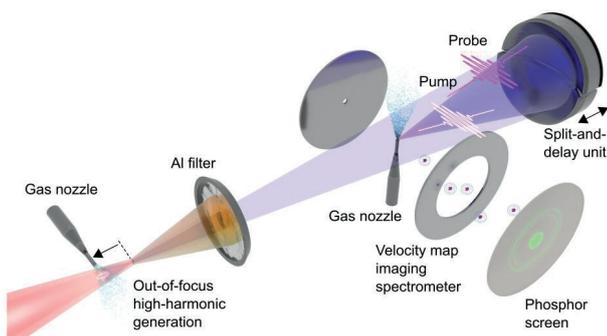


Fig. 1: Experimental setup for attosecond-pump attosecond-probe spectroscopy. NIR pulses are focused behind a pulsed gas jet, where attosecond pulses are generated. At some distance from the gas jet, spherical half-mirrors are used to spectrally select and focus the attosecond pump and the probe pulses. The generated ions are recorded using a velocity-map imaging spectrometer.

Graphik 1: Experimenteller Aufbau für Attosekunden-Pump Attosekunden-Probe Spektroskopie. Dazu werden Infrarot-Pulse hinter einen gepulsten Gasstrahl fokussiert, in dem Attosekunden-Pulse erzeugt werden. In einigem Abstand dazu werden Spiegel genutzt, um verschiedene Frequenzbereiche der Attosekunden-Pulse auszuwählen und diese zu fokussieren. Die erzeugten Ionen werden mithilfe eines speziellen Spektrometers detektiert.

laser focus, but at some distance away from it. As a result, attosecond pulses with a relatively high pulse energy and a small virtual source size were generated, which after refocusing enabled the researchers to obtain high-intensity attosecond pulses.

The researchers made use of these stable and intense attosecond source by performing an APAPS experiment, in which argon atoms were ionized by an attosecond pump pulse, resulting in the generation of singly-charged Ar^+ ions. The formation of these ions was probed by an attosecond probe pulse, leading to further ionization and the formation of doubly-charged Ar^{2+} ions. The results are shown in Fig. 2, where an increase of the Ar^{2+} ion yield on a very fast timescale is observed. This shows that the involved pump and probe pulses indeed have attosecond pulse durations, which can also be seen in the inset of Fig. 2.

The modest infrared driving pulse energies used in this study open the way for performing APAPS experiments at even higher repetition rates up to the megahertz level. The required laser systems to drive these experiments are already available or under development. As a result, the novel concept may enable unprecedented insights into the world of electrons on extremely short timescales, which are not accessible by current attosecond techniques.

Original publication:

Compact realization of all-attosecond pump-probe spectroscopy
Martin Kretschmar, Evaldas Svirplys, Mikhail Volkov, Tobias Witting, Tamás Nagy, Marc J. J. Vrakking, Bernd Schütte

Science Advances 21 Feb 2024 Vol 10, Issue 8

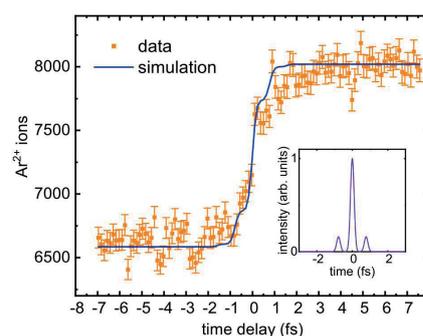


Fig. 2: Two-color APAPS. The generation of Ar^+ as initiated by a broadband attosecond pump pulse with a photon energy around 20 eV, is probed by a second pulse with a central photon energy of 33.5 eV. This is above the second ionization potential of Ar, thereby

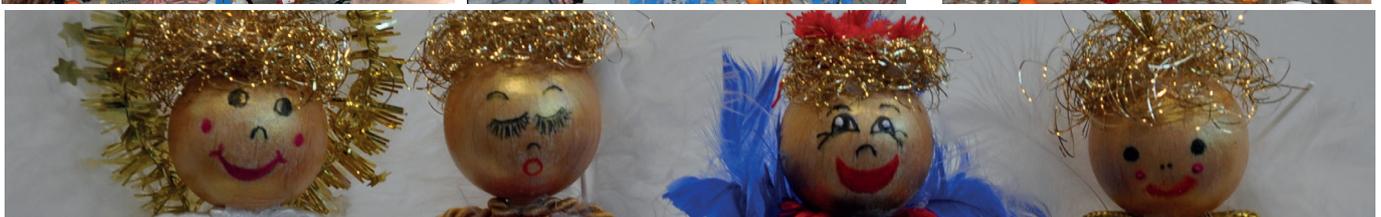
producing Ar^{2+} . The increase of the Ar^{2+} ion yield around zero delay is explained by the more efficient generation of Ar^{2+} when the probe pulse follows the pump pulse. The inset shows a fit of the attosecond pulse structure.

Graphik 2: Zwei-Farben APAPS. Die Erzeugung von Ar^+ , die von einem breitbandigen Attosekunden-Pump-Puls mit einer Photonenergie um die 20 eV initiiert wird, wird von einem zweiten Puls mit einer Photonenergie um die 33,5 eV geprobt. Diese liegt über dem zweiten Ionisationspotenzial von Argon, sodass Ar^{2+} entsteht. Die größere Anzahl von Ar^{2+} Ionen bei positiven Zeitverzögerungen wird dadurch erklärt, dass deren Erzeugung effizienter ist, wenn der Probe-Puls auf den Pump-Puls folgt. Der Einsatz zeigt die Attosekunden-Puls-Struktur, die durch einen Fit erhalten wurde.

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Weihnachtsfeier 2023



MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Allgemein

Royal Society of Chemistry Book Presentation: „Structural Dynamics with X-Ray and Electron Scattering“

The Royal Society of Chemistry has published the book „Structural Dynamics with X-ray and Electron Scattering“ with a number of significant contributions from MBI researchers. Edited by MBI scientists Kasra Amini, Arnaud Rouzée and Marc Vrakking, the book contains 16 chapters written by leading experts in X-ray and electron scattering, gas phase and condensed matter physics, ultrafast diffraction imaging, microscopy and spectroscopy.

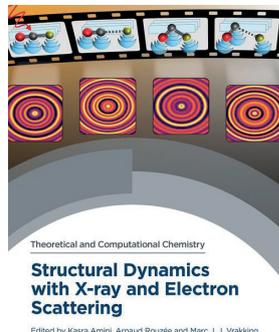
Notable contributions from MBI colleagues Bastian Pfau and Stefan Eisebitt from MBI Division B of “Transient Electronic Structure and Nanophysics” provide valuable insights into X-ray resonance scattering and holography of magnetisation dynamics. Meanwhile, MBI researchers from Division C of “Precision Physics”, Christoph Hauf, Michael Woerner and Thomas Elsaesser, provide extensive details on femtosecond X-ray diffraction with laser-driven hard X-ray sources in the

Link to the book: <https://books.rsc.org/books/edited-volume/2143/Structural-Dynamics-with-X-ray-and-Electron>

The MBI hosts a team from Ukraine to explore novel ultrafast relaxation dynamics of molecules in solution

The ongoing war in Ukraine is severely hampering experimental research at their national facilities. It is therefore all the more important to help Ukrainian scientists continue their research in these difficult times. Fortunately, European and national German funding offers a variety of possibilities in this context. One of these is Laserlab-Europe - the integrated initiative of the European Laser Research Infrastructures, which provides transnational access to the best laser research facilities in Europe, including those at the Max Born Institute.

Recently, a team of scientists from the Center for Collective Use of the Femtosecond Laser Complex at the National Academy of Sciences of Ukraine, led Natalia Kachalova, successfully applied for such an access grant through Laserlab-Europe. The research collaboration between Kachalova's group and scientists at the MBI started in 2022 when Alina Khodko, a member of the Ukrainian team, joined MBI on a temporary contract to investigate ultrafast relaxation dynamics in aqueous solutions using the method of time-resolved photoelectron spectroscopy (TRPES). Thanks to the access grant, this collaboration has now been expanded, with several members of the Ukrainian team traveling from Kyiv to join the experiments on the ultrafast relaxation of Metanil Yellow - an aminoazobenzene derivative, which serves as a testbed for developing the TRPES protocols in solution. Previous results suggest that the molecule under-



Volume 25

Hardback ISBN: 978-1-83767-114-4
PDF ISBN: 978-1-83767-156-4
EPUB ISBN: 978-1-83767-158-8



study of nuclear motions and transient charge densities. Written for both the novice and the experienced researcher, the book is divided into two parts. Part I contains three introductory chapters on ultrafast molecular spectroscopy in the gas phase, ultrafast spectroscopy in solids, and the theory of time-dependent scattering. Part II, with 13 chapters, covers the state of the art in X-ray and electron scattering.

Contact: K. Amini, Tel. 1245, A. Rouzée, Tel. 1240, M. Vrakking, Tel. 1200

goes rapid relaxation to the ground state, but that the pathways may be different for different hydration arrangements. The current campaign aims elucidating the influence of hydration. The cooperation with the MBI and the Laserlab-Europe grant are vital opportunities for the continuation of the scientific activities by the Ukrainian physicists, who are very grateful to the MBI for the opportunity to continue their research.



Left to right:
Dr. Valeriy Voitsekhovich,
Dr. Oleg Kornilov,
Prof. Igor Dmitruk
Copyright: MBI/M. Myronets



Left to right:
Dr. Natalia Kachalova
Dr. Alina Khodko
Copyrights: MBI/M. Myronets

Contact: A. Khodko, Tel. 1251, O. Kornilov, Tel. 1246

MBI Interner Newsletter

14. Jahrgang - Ausgabe 53 - Februar 2024

Termine - Save the date

Donnerstag, 25. April 2024

Girl's Day

Samstag, 22. Juni 2024

Lange Nacht der Wissenschaften

Long Night Science

Donnerstag, 5. September 2024

12. Staffelauf - 16:30 Uhr (ACHTUNG: vorläufiger Termin noch nicht bestätigt)

Open

MBI Symposium

Donnerstag/Freitag 19. September/20. September 24

Wissenschaftlicher Beirat/Scientific Advisory Board

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

Kein Herauskopieren, kein Vervielfältigungs- und Verbreitungsrecht der Bilder und Texte oder anderweitige Nutzung aus unserem MBI Internen Newsletter.

Copying, reproduction and distribution of any pictures or any other material of this Internal MBI Newsletter is prohibited.