

MBI Interner Newsletter

Inhalte

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

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,

es ist Herbst geworden und mit dem bundesweiten Anstieg der COVID-19 Fallzahlen steht uns ein diesbezüglich voraussichtlich langer Winter bevor. Der gegenwärtige bundesweite „Lockdown light“ ist vermutlich nicht die letzte Maßnahme, die in den kommenden Monaten der Begrenzung der Fallzahlen dienen soll. Es ist daher wichtig, dass auch das Szenario eines zukünftig erneut stärker eingeschränkten Betriebs am MBI in allen Abteilungen durchdacht wird und Vorbereitungen getroffen werden, um für einen solchen Fall gewappnet zu sein.

Bisher hat es nach unserer Kenntnis kein Infektionsgeschehen am MBI gegeben, und wir werden weiterhin daran arbeiten, dass die Regelungen am MBI dem Virus bei uns im Hause möglichst keine Chance lassen. Es gelten im Hause die vielfach kommunizierten Hygiene- und Abstandsregeln, insbesondere müssen Sie eine Mund-Nasen-Bedeckung tragen, wenn sie sich durch das Gebäude bewegen oder einen Mindestabstand von 1,5 m zu Anderen nicht einhalten können. Weiterhin ist die Kernarbeitszeit ausgesetzt und wir ermöglichen mobiles Arbeiten in großem Umfang. Und nach wie vor gilt die Aussage von Marc Vrakking aus seinem Corona Update vom 29.10.20: Sobald es einen Infektionsfall in Ihrem Umfeld gibt und Sie den Verdacht haben, dass Sie infiziert sein könnten, warten Sie bitte nicht ab, bis Sie vom Gesundheitsamt weitere Anweisungen erhalten, sondern informieren Sie bitte so früh wie möglich einen der Direktoren. Wir werden Sie dabei unterstützen, Ihre Arbeit von zuhause zu erledigen solange das Risiko einer Infektion weiterer Personen besteht.

In diesem Zusammenhang möchte ich berichten, dass das MBI sich Leitaussagen zur familien- und lebensphasenbewussten Führung gegeben hat. Auf der Grundlage eines Workshops

Editorial

Dear Members of the MBI,

autumn is here and in the light of the German-wide increase of COVID-19 cases a long “Corona winter” seems to be ahead of us. Most likely, the current “lockdown light” in Germany is not the last measure supposed to bring down the number of infections in the months to come. Consequently, it is important that in all MBI departments the scenario of restricted on-site operation is considered again – please do make preparations such that we are prepared to react fast if need be.

So far, we are not aware of any COVID-19 infection having being spread at MBI and we will continue to optimize our rules trying to keep it that way. Within our buildings, the well-known social distancing and hygiene rules are in place. In particular, you have to wear a mouth-nose mask when moving through our buildings or when you cannot keep a distance of 1.5 m to others. Our rules on core working hours are still suspended and we enable mobile working to a large extent. I would also like to remind you of Marc Vrakking’s Corona Update message from 29.10.20: If you suspect that you may have come into contact with the virus, then please don’t wait for instructions of the health authority, but inform one of the directors as soon as possible. You will get MBI’s full cooperation to organize that you work from home during the period where you might pose a risk to your colleagues.

In this context I would like to report that MBI has converged on guidelines regarding management when it comes to employees’ needs with respect to family or their current situation in life. These guidelines were developed in a workshop with a larger group of MBI employees; Alexander Grimm does report on the process and its results in this newsletter. The issue is how individual requests of employees can be reconciled with the

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

mit einem größeren Kreis von MBI Mitarbeiter*innen wurden diese Aussagen erarbeitet; Alexander Grimm erläutert den Prozess und die Ergebnisse in diesem Newsletter. Hier geht es um das gemeinsame Verständnis, wie individuelle Anliegen von Mitarbeiter*innen mit den Belangen des Instituts vereinbart werden können, speziell wenn es um Themen wie die Betreuung von Kindern oder die Pflege von Angehörigen geht – Themen, die unter Bedingungen der COVID-19 Pandemie natürlich auch kurzfristig neue Facetten bekommen können, wenn z.B. Familienmitglieder in Quarantäne sind oder der Betrieb von Kitas und Schulen eingeschränkt wird.

In den letzten Tagen haben wir in den Medien von diversen Erfolgen bei der Entwicklung von Impfstoffen gegen Coronaviren gehört. Das macht Hoffnung, dass der vor uns liegende „Corona-Winter“ vielleicht der letzte ist – und zeigt eindrucksvoll, dass Forschung und eine leistungsfähige Wissenschaftslandschaft für unsere Gesellschaft wesentlich sind, um neue Herausforderungen meistern zu können.

Für das Direktorium:
Stefan Eisebitt

successful operation of the institute when it comes to issues regarding e.g. childcare or nursing care in the family. While the guidelines are general, they also relate to the COVID-19 pandemic in that the individual situation can change quickly these days, e.g. when family members are in quarantine or the operation of kindergarden and school is being restricted.

In the last days we have heard of successes regarding the development of vaccines against Corona viruses in the media. This raises the hope that the Corona winter to come may be the last one we have to go through. It also demonstrates that research and a strong science landscape is crucial to tackle new challenges in our society.

For the Board of Directors:
Stefan Eisebitt

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts
(Stand: 11.11.2020 - alphabetische Reihenfolge)

Dr. Bränzel, Julia
wissenschaftliche Mitarbeiterin B2
Tel. 1357
E-Mail: braenzel@mbi-berlin.de
Beginn: 15.08.2020

Cardoso de Andrade, José Ricardo
wissenschaftlicher Mitarbeiter A3
Tel: 1271
E-Mail: cardoso@mbi-berlin.de
Beginn: 01.10.2020

Prof. Dr. Haacke, Stefan
Gastwissenschaftler A2
Tel: 1245
E-Mail: haacke@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2020

Herzog, André
Leiter Betriebstechnik, Bt
Tel: 1520
E-Mail: herzog@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2020

Holemans, Nele
Sachbearbeiterin EU-Büro B
Tel: 1508
E-Mail: holemans@mbi-berlin.de
Beginn: 01.10.2020

Jotshi, Mehul
studentische Hilfskraft A2
Tel. n.n.
E-Mail: jotshi@mbi-berlin.de
Beginn: 26.08.2020

Löhr, Alexander Gabriel
studentische Hilfskraft T1
Tel: n.n.
E-Mail: loehr@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2020

Rammelt, Laura
Doktorandin A1
Tel: 1243
E-Mail: rammelt@mbi-berlin.de
Beginn: 15.09.2020



Dr. Richter, Martin
Gastwissenschaftler T4
Tel: /n.n.
E-Mail: richter@mbi-berlin.de
Beginn: 30.09.2020

Saboohi, Faranak
studentische Hilfskraft A1
Tel: 1243
E-Mail: saboohi@mbi-berlin.de
Beginn: 01.09.2020



Dr. Scheid, Philippe
wissenschaftlicher Mitarbeiter T5
Tel: /n.n.
E-Mail: scheid@mbi-berlin.de
Beginn: 10.10.2020



Dr. Sidiropoulos, Themistoklis
wissenschaftlicher Mitarbeiter B1
Tel: 1360
E-Mail: sidiropo@mbi-berlin.de
Beginn: 01.10.2020



Smaliukas, Povlia
studentische Hilfskraft A3
Tel: 1257
E-Mail: smaliuka@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2020



Smith, Ryan
Gastwissenschaftler C2
Tel: 1403
E-Mail: rsmith@mbi-berlin.de
Beginn: 01.11.2020



Zhang, Zhuang-Yan
Doktorandin A1
Tel: 1234
E-Mail: z Zhang@mbi-berlin.de
Beginn: 01.10.2020

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Ausgeschiedene:
(Stand: 11.11.2020 - alphabetische Reihenfolge)

Amouzou, Eyram
Barbera, Luca Julius
Dacasa, Hugo
Fürstenberg, Denny
Ghosh, Sanat
Dr. Hauf, Christoph
Heinze, Ulrich
Dr. Ke, Da
Kück, Malin
Li, Lingqi
Mahler, Felix
Murillo, Marta Luisa
Pattanayak, Adhip
Prof. Dr. Bandrauk, André
Prof. Dr. Martinez Mesa, Aliezer
Tschammer, Rudi
Dr. Willems, Felix
Yang, Xin
Dr. Yarlagadda, Suresh
Dr. Zhao, Yongguang
Zieglarski, Marc
Zimmermann, Julian

Leiharbeiter EDV
studentische Hilfskraft B2
Gastwissenschaftler A2
Leiharbeiter Vw
Gastwissenschaftler A2
wissen. Mitarbeiter C3
Techniker B3
Gastwissenschaftler A3
Masterstudentin T3
Gastwissenschaftlerin C2
Doktorand C2
Gastwissenschaftler A2
Gastwissenschaftler A1
Gastwissenschaftler T1
Gastwissenschaftler T1
Bachelorstudent A1
wissen. Mitarbeiter B1
Gastwissenschaftler A2
wissen. Mitarbeiter A1
Gastwissenschaftler A3
Techniker B1
Doktorand A1

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/
Master- & Diplomarbeiten

L. Drescher

Transient dipole-interactions on sub-cycle timescales
Dissertation (2020) Freie Universität Berlin

N. Raabe

Fundamental carrier-envelope phase noise limitations during
pulse formation and detection
Dissertation (2020) Freie Universität Berlin

L.-M. Koll

Two-dimensional time-resolved nonlinear THz spectroscopy
Master (2020) Humboldt-Universität zu Berlin

M. Runge

Imaging of Electric-Field Enhancement in Resonant Terahertz
Antennas
Master (2020) Humboldt-Universität zu Berlin

F. Schell

Sub-femtosecond processes in molecules studied by
coincidence spectroscopy
Dissertation (2020) Freie Universität Berlin

F. Steinbach

All-optical switching with structured illumination
Master (2020) Technische Universität Berlin

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Preis



Prize

Best Poster Award Metanano 2020 Online

Daniel Reiche erhielt den Preis für das beste Poster auf der Metanano 2020 Konferenz, die vom 14. bis 18. September 2020 online stattfand.

Thema der präsentierten Forschung war die Dynamik von offenen Quantensystemen sowohl im Gleichgewicht als auch im Nichtgleichgewicht. Der Fokus lag dabei auf der quantenoptischen Dispersionswechselwirkung zwischen einem mikroskopischen Teilchen und einer komplexen elektromagnetischen Umgebung.

Es wurde erörtert, dass Langzeitkorrelationen in dem System essenziell zum Verständnis der Dynamik des Teilchens beitragen können. Weit verbreitete Annahmen der Kavitäts-Quantenelektrodynamik, wie zum Beispiel Markovianität, können hier ungeeignet sein und müssten in bestimmten Fällen, wie zum Beispiel mechanischem Nichtgleichgewicht, durch komplett selbst-konsistente Rechnungen ersetzt werden.

Weitere Informationen können Sie unter folgenden Links abrufen: <https://premc.org/metanano2020/posters/> oder: <https://top.physik.hu-berlin.de/>

Kontakt: D. Reiche, Tel. 1213

Best Poster Award Metanano 2020 Online

Daniel Reiche received the Best Poster Award on the Metanano Online 2020 Conference, which took place from September 14th to 18th, 2020.

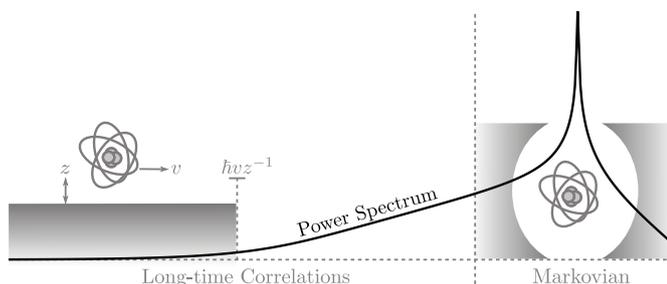
The topic of the presentation was the dynamics of open quantum systems in both equilibrium and nonequilibrium situations. The focus lied on the quantum-optical dispersion interaction between a microscopic particle and a complex electromagnetic environment.

It was argued that long-time correlations in the system can be essential for understanding the dynamics of the particle. Typical assumptions of cavity quantum electrodynamics, such as Markovianity, can be invalid and need to be replaced with completely self-consistent calculations in certain situations, such as mechanical nonequilibrium.

Further information can be found at the following links: <https://premc.org/metanano2020/posters/> or: <https://top.physik.hu-berlin.de/>

Contact: D. Reiche, Tel. 1213

"Long-time Correlations in Atom-Surface Dispersion Forces".



Typische spektrale Leistungsdichte eines Atoms in Wechselwirkung mit dem quantisierten elektromagnetischen Feld. Befindet sich das Atom in relativer Bewegung mit Geschwindigkeit v und Höhe z zu einem makroskopischen Körper, so erfährt dieses die sogenannte Quantenreibungskraft. Interessanterweise sind es hier die kleinen Frequenzen, oder lange Zeiten, die maßgeblich die dazugehörige Wechselwirkung bestimmen. Annahmen wie Markovianität sind dann ungültig.

Typical power spectrum of an atom interacting with the quantized electromagnetic field. When the atom is in relative motion at velocity v and distance z from a macroscopic body, it experiences the so-called quantum friction force. Interestingly, it is the low frequencies, or long times, that are essential for determining the corresponding interaction. Assumptions such as Markovianity become invalid.

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Betriebsrat

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

wie Sie sicherlich bereits den Medien entnommen haben, erzielten die Tarifvertragsparteien des Öffentlichen Dienstes des Bundes (TVÖD) und der Kommunalen Arbeitgeber (VKA) am 25. Oktober 2020 eine Tarifeinigung. Das Tarifergebnis, welches in der 3. Verhandlungsrunde zwischen den Arbeitgebern und den beteiligten Gewerkschaften zustande kam, sieht zwei lineare Entgelterhöhungen jeweils zum 1. April der Jahre 2021 und 2022 vor. Für die erste Entgelterhöhung am 1. April 2021 wurde zudem ein fester Sockelbetrag vereinbart, der dazu führt, dass die unteren Einkommensgruppen überproportional von der Entgelterhöhung profitieren werden. Auch die Entgelte der Auszubildenden werden in zwei Stufen erhöht. Darüber hinaus einigten sich die Tarifparteien auf eine sogenannte „Corona-Prämie“, die gestaffelt nach unteren, mittleren und oberen Entgeltgruppen zwischen 600 und 300 EUR betragen wird.

Der Tarifabschluss hat eine Laufzeit bis zum 31.12. 2022. Bis zu diesem Zeitpunkt werden auch die bisherigen Regelungen zur Inanspruchnahme von Altersteilzeit und zur Übernahme von Auszubildenden verlängert. Nähere Einzelheiten zum Tarifabschluss können Sie den Aushängen des Betriebsrates in allen drei Häusern entnehmen.

Über die Umsetzung der „Corona-Prämie“ wurden Sie bereits mit der Personal-Mitteilung 07/2020 in Kenntnis gesetzt. Nach Ablauf der Erklärungsfrist am 26. November werden Sie weitere Informationen zur Umsetzung der Tarifergebnisse im Forschungsverbund Berlin e.V. rechtsverbindlich per Personal-Mitteilung erhalten.

Die Corona-Pandemie bestimmt bedauerlicherweise nach wie vor wesentlich das öffentliche Leben. Angesichts dieser schwierigen Situation versucht der Betriebsrat derzeit gemeinsam mit dem Direktorium eine geeignete Form zu finden, in der die gemeinsame Betriebs- und Institutsversammlung, die am 8. Dezember 2020 um 10:00 Uhr stattfinden soll, durchgeführt werden kann. Auch möchten wir an dieser Stelle auf die Schreiben des Geschäftsführenden Direktors vom 9. September sowie vom 27. Oktober aufmerksam machen. Demnach ist mobiles Arbeiten ein nützliches Instrument, um Kontakte und damit das Infektionsrisiko der Belegschaft zu minimieren. Anträge auf diese Form der Leistungserbringung sollen vom Institut wohlwollend behandelt werden. Deshalb bitten wir Sie, dieses Angebot, wann immer möglich, zu nutzen.

Viele Grüße im Namen des Betriebsrates
Peter Scholze

Works Council

Dear colleagues,

as you have probably heard from the media the collective bargaining parties of the federal public service (TVÖD) and the municipal employers (VKA) reached a collective agreement on October 25, 2020. The collective bargaining result, which came about in the 3rd round of negotiations between the employers and the trade unions involved, sets two linear salary increases on April 1st in 2021 and 2022. A fixed base amount was additionally agreed for the first salary increase on April 1, 2021. This means that the lower income groups will benefit disproportionately from this increase. The salaries of the trainees will also be increased in two steps. Out of the usual way of things, the collective bargaining parties agreed on a Corona special payment, which will be staggered according to lower, middle and upper pay groups between 600 and 300 EUR.

The collective agreement runs until December 31, 2022. Up to this point the previous regulations of partial retirement and the taking on of trainees will be extended. For more details about the collective bargaining agreement just pay attention on the works council bulletin boards in all three buildings.

You have already been informed about the implementation of the Corona special payment with the staff information No. 07/2020. After the declaration period has expired on November 26th, you will receive further information on the implementation of the tariff results in the Forschungsverbund Berlin e.V. in a legally binding manner by another staff information.

The global COVID-19 pandemic is approaching its tenth month and is still defined by extreme uncertainty. The works council is currently trying together with the board of directors, to devise new ways of working and to find suitable formats for the joint works and institute assembly. Both take place on December 8, 2020 as of 10:00 a.m. At this point we would also like to draw your attention once more to both e-mails from the Managing Director dated September 9th and October 27th. Accordingly, the hybrid working model is an useful tool for minimizing physical contacts and thus reduce the risk of infection of the entire staff members. Requests for mobil working should be treated favorably and with encouragement by the Institut. We therefore ask you to take advantage of this offer whenever possible.

Best regards on behalf of the works council
Peter Scholze

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Vereinbarkeit Beruf und Familie



Comptability of work and family life

Pflegezeit und Familienpflegezeit

Nursing Care Time / Family Care Time

Das Pflegezeit- und Familienpflegezeitgesetz sieht verschiedene Möglichkeiten vor, wie sich Mitarbeiter*innen von der Arbeit freistellen lassen können, um die Pflege einer oder eines pflegebedürftigen nahen Angehörigen organisieren und sicherstellen zu können. Zu unterscheiden ist zwischen der kurzzeitigen Arbeitsverhinderung, der Pflegezeit und der Familienpflegezeit.

The German law on care time and family care time provides for various ways in which employees can be released from work to organize and ensure the care of a close relative. A distinction must be made between short-term work incapacity, care time and family care time.

Kurzzeitige Arbeitsverhinderung:

In einer akut auftretenden Pflegesituation einer/eines nahen Angehörigen kann eine Auszeit von bis zu 10 Arbeitstagen genommen werden. Es besteht keine Ankündigungs-, sondern lediglich eine Mitteilungspflicht, wie bei einer Erkrankung. In diesem Fall kann Pflegeunterstützungsgeld als Lohnersatzleistung bei der Pflegekasse oder der Pflegeversicherung des Pflegebedürftigen beantragt werden. Die Höhe des Unterstützungsgeldes entspricht dem Kinderkrankengeld, also ca. 90 Prozent des wegfallenden Nettoverdienstes.

Short-term work incapacity:

In an acute care situation of a close relative, time off can be taken for up to 10 working days. There is only a duty of notification, as in the case of illness. In this case, care support allowance can be applied for as a wage replacement benefit from the care insurance fund or the care insurance of the person in need of care. The amount of the support benefit corresponds to the child health benefit, i.e. about 90 percent of the loss of net income.

Pflegezeit:

Beschäftigte, die über einen längeren Zeitraum nahe Angehörige zu Hause pflegen, können sich unter bestimmten Voraussetzungen bis zu sechs Monate vollständig oder teilweise von der Arbeit freistellen lassen. Bei einer teilweisen Freistellung kann die Arbeit an einzelnen Tagen in der Woche ausgesetzt oder die tägliche Arbeitszeit verkürzt werden. Bei minderjährigen Pflegebedürftigen besteht der Anspruch auch für den Fall, dass die Betreuung außerhalb der häuslichen Umgebung erfolgt. Voraussetzung zur Beantragung der Pflegezeit ist eine Einstufung der Pflegebedürftigen mindestens in Pflegestufe 1. Für die Begleitung von Angehörigen in ihrer letzten Lebensphase (z.B. als Sterbebegleitung in einem Hospiz) können Mitarbeiter*innen eine vollständige oder teilweise Arbeitsfreistellung von bis zu drei Monaten beanspruchen. In allen Fällen muss eine Erkrankung und Pflegebedürftigkeit durch eine ärztliche Bescheinigung nachgewiesen werden.

Care time:

Employees who care for close relatives at home over a longer period of time can, under certain conditions, be released from work completely or partially for up to six months. Partial leave can be granted by suspending work on individual days of the week or by reducing the daily working hours. In the case of minors in need of care, the entitlement also exists if the care is provided outside the home environment. A prerequisite for applying for the time of care is that the person is classified at least in care level 1. Employees can claim complete or partial leave of absence from work for up to three months to accompany relatives in the last phase of their lives (e.g. as hospice care for the dying). In all cases, illness and need for care must be proven by a medical certificate.

Familienpflegezeit:

Wenn Beschäftigte für die Sicherstellung der häuslichen Pflege eines nahen Angehörigen eine länger dauernde Reduzierung ihrer Arbeitszeit benötigen, besteht die Möglichkeit der Inanspruchnahme einer Familienpflegezeit bis zu 24 Monate. Bei der Familienpflegezeit muss die wöchentliche Arbeitszeit mindestens 15 Stunden betragen. Bei unterschiedlichen wöchentlichen Arbeitszeiten oder einer unterschiedlichen Verteilung der wöchentlichen Arbeitszeit muss im Durchschnitt eines Zeitraums von bis zu einem Jahr eine wöchentliche Mindestarbeitszeit von 15 Stunden erreicht werden.

Family care time:

If employees need a longer reduction of their working hours to ensure home care for a close relative, they can take advantage of a family care period of up to 24 months. For family care time, the weekly working time must be at least 15 hours. In the case of different weekly working hours or a different distribution of the weekly working time, a minimum weekly working time of 15 hours must be achieved on average over a period of up to one year.

Both during the care period and during the family care period there is no entitlement to remuneration by the employer. In the

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Sowohl während der Pflegezeit wie bei der Familienpflegezeit besteht kein Anspruch auf Vergütung durch den Arbeitgeber. Bei vollständiger Pflegezeit entfällt der Anspruch ganz. Bei teilweiser Inanspruchnahme entfällt der Anspruch für die Zeit, für die die/die Beschäftigte keine Arbeitsleistung erbringt. Es besteht aber die Möglichkeit ein zinsloses Darlehen zu beantragen. Es wird monatlich in Raten ausgezahlt und deckt maximal die Hälfte des fehlenden Nettogehalts ab.

Weitere hilfreiche Informationen zum Thema Pflegezeitgesetz und den verschiedenen Möglichkeiten der Inanspruchnahme von Pflegezeiten finden Sie auf den folgenden Webseiten:

Forschungsverbund (unter Stichwort „Pflege“):

<https://www1.fv-berlin.de/intern/download-formulare-1>

Bundesministerium für Arbeit und Soziales:

<https://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsrecht/Vereinbarkeit-Familie-Pflege-Beruf/vereinbarkeit-familie-pflege-beruf.html>

Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend:

<https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/broschuere--bessere-vereinbarkeit-von-familie--pflege-und-beruf/76070>

<https://www.wege-zur-pflege.de/familienpflegezeit/service.html>

Kontakt: A. Grimm, Tel. 1500

case of complete care time, the entitlement does not apply at all. In the case of partial utilization, the entitlement is void for the time for which the employee does not perform any work. However, it is possible to apply for a loan with no interest. It is paid monthly by installments and covers a maximum of half of the missing net salary.

You will find further helpful information on the subject of the care time and the various ways of claiming care and family care time on the following websites:

Forschungsverbund (under the keyword „Pflege“)

<https://www1.fv-berlin.de/intern/download-formulare-1>

Bundesministerium für Arbeit und Soziales:

<https://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsrecht/Vereinbarkeit-Familie-Pflege-Beruf/vereinbarkeit-familie-pflege-beruf.html>

Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend:

<https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/broschuere--bessere-vereinbarkeit-von-familie--pflege-und-beruf/76070>

<https://www.wege-zur-pflege.de/familienpflegezeit/service.html>

Contact: A. Grimm, Tel. 1500

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Kultur

Wir legen großen Wert auf Fairness und behandeln alle Mitarbeiter*innen nach den gleichen Prinzipien. Der Umgang ist dabei von gegenseitigem Respekt geprägt. Arbeitsergebnisse stehen im Vordergrund anstelle von Ort der Erfüllung und individueller Arbeitszeiteinteilung.

Wir geben bei familiären Situationen und Anliegen Freiräume und erwarten im Gegenzug einen verantwortungsbewussten Umgang mit diesen, sowie eine transparente Kommunikation in Bezug auf den Arbeitsfortschritt.

Kontakt: A. Grimm, Tel. 1500

Culture

We attach great importance to fairness and treat all employees according to the same principles. Our dealings are characterized by mutual respect. Work results are in the foreground instead of the place of fulfillment and individual work time allocation.

We leave leeway in family situations and in return we expect a responsible approach to it, as well as transparent communication regarding the progress of work.

Contact: A. Grimm, Tel. 1500

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Gleichstellung

Liebe Kollegen und Kolleginnen,

viele geplante Aktivitäten wie das Alumni-Treffen, Girlsday oder auch einige Gesundheitsangebote sind in diesem Jahr Corona zum Opfer gefallen.

Trotzdem gab es auch einige Aktivitäten wie die „Adlershofer Firmenstaffel“, an der 2 MBI-Staffeln erfolgreich teilgenommen haben. Mehr dazu unter der Rubrik „Allgemein“.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch nochmal auf die verschiedensten Angebote des Wista-Gesundheitsmanagement hinweisen: <https://www.adlershof.de/gesund/projekt/>

Unsere ständigen Aktivitäten zur Erhöhung des weiblichen Anteils am wissenschaftlichen Nachwuchs – insbesondere bei den Stellenbesetzungen - haben dazu geführt, dass wir auch in dieser schwierigen Zeit einige neue Doktorandinnen und weibliche Postdocs am MBI begrüßen konnten.

Bleiben Sie alle gesund und kommen Sie gut durch die Coronazeit.

Ich und meine Stellvertreterin Azize Koc stehen Ihnen weiterhin als Ansprechpartnerin bei Fragen zur Gleichstellung oder auch „Vereinbarkeit von Beruf und Familie“ zur Verfügung.

Beste Grüße

Kontakt: Margret Rink, Tel. 1551, Azize Koc, Tel. 1474

Gleichstellung

Dear colleagues,

Many planned activities such as the alumni meeting, Girlsday or some health offers fell victim to Corona this year.

Nonetheless, some activities such as the “Adlershof company relay” took place in early September and two teams of MBI had a lot of fun taking part. More impressions about it see on section „General“.

In this context, I would like to point out once more the various offers of the Wista Health Management:

<https://www.adlershof.de/gesund/projekt/>

With our constant efforts to increase the proportion of women in science - especially when filling vacancies - we were able to welcome some new female doctoral students and postdocs to the MBI in these challenging times.

Myself and my deputy Azize Koc are available for all questions regarding equal opportunity or the “compatibility of work and family“.

Take care of yourself and get through the corona time safely.

Kind regards,

Contact: Margret Rink, Tel. 1551, Azize Koc, Tel. 1474

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Projekteinwerbungen

Bereich A

Projektbezeichnung: FA8655-20-1-7053

Growth & Study of novel NLO materials for QMP frequency conversions in the MLWIR

Laufzeit: 30.09.2020 - 29.09.2021

Projektleiter: V. Petrov

Geldgeber: European Office for Aerospace Research and Development

Bereich C

Projektbezeichnung: DFG GR 25/6-1

Erzeugung von multi- mJ Laserimpulsen mit einer Dauer weniger Zyklen im mittleren Infrarot für die Untersuchung Soliton-induzierter ultraschneller Phänomene in atomaren- und molekularen Gasen unter Verwendung dielektrisch beschichteter metallischer Hohlkernfasern

Laufzeit: 01.10.2020 - 30.09.2023

Projektleiter: U. Griebner

Geldgeber: DFG

Bereich T

Projektbezeichnung: DFG HU1593/11-1

Erzeugung von multi- mJ Laserimpulsen mit einer Dauer weniger Zyklen im mittleren Infrarot für die Untersuchung Soliton-induzierter ultraschneller Phänomene in atomaren- und molekularen Gasen unter Verwendung dielektrisch beschichteter metallischer Hohlkernfasern

Laufzeit: 1.10.2020 - 30.09.2023

Projektleiter: A. Husako

Geldgeber: DFG

Forschungsergebnisse

Starke Felder und ultraschnelle Bewegungen – wie sich Elektronen in Wasser erzeugen und steuern lassen

Wassermoleküle führen bei Raumtemperatur ultraschnelle Zitterbewegungen aus und erzeugen extrem starke elektrische Felder in ihrer Umgebung. Neue Experimente zeigen wie sich unter Ausnutzung dieser Felder mit einem externen Feld bei Terahertz-Frequenzen freie Elektronen in der Flüssigkeit erzeugen und manipulieren lassen.

Das Wassermolekül H_2O besitzt auf Grund der unterschiedlichen Elektronendichte des Sauerstoff-(O)- und der Wasserstoff-(H)-Atome ein elektrisches Dipolmoment (Abb. 1a). In flüssigem Wasser rufen diese molekularen Dipole ein elektrisches Feld hervor, dessen Stärke auf einer Femtosekunden-Zeitskala (1 Femtosekunde = 10^{-15} Sekunden = ein Milliardstel einer Millionstel Sekunde) fluktuiert und für kurze Zeit Spitzenwerte von bis zu 300 MV/cm (300 Millionen Volt pro cm) erreicht (Abb. 1b). Bei solch hohen elektrischen Feldern kann ein Elektron seinen gebundenen Zustand im Wassermolekül, ein Molekülorbital (Abb. 1b), verlassen und durch eine Energiebarriere in die umgebende Flüssigkeit tunneln, was einen quantenmechanischen Ionisationsprozess darstellt. Im Gleichgewicht kehrt das Elektron extrem schnell in seinen Ausgangszustand zurück, da das fluktuierende Feld keine Vorzugsrichtung aufweist und sich das Elektron deshalb nicht vom Ort der Ionisation entfernt. Wegen der effizienten Ladungsrekombination bleibt die Zahl ungebundener (freier) Elektronen sehr gering, sie beträgt im zeitlichen Mittel weniger als ein Milliardstel der Zahl von Wassermolekülen.

Forscher am MBI haben jetzt gezeigt dass ein äußeres elektrisches Feld im Frequenzbereich um 1 Terahertz (1 THz = 10^{12} Hz, ca. 500mal höher als typische Handyfrequenzen) die Zahl freier Elektronen bis zum Tausendfachen erhöhen kann. Das THz-Feld besitzt eine maximale Stärke von 2 MV/cm, also weniger als 1% der Stärke des fluktuierenden Feldes; es hat jedoch eine räumliche Vorzugsrichtung (Abb. 2). Entlang dieser Vorzugsrichtung werden die durch das fluktuierende Feld erzeugten Elektronen beschleunigt und erreichen eine kinetische Energie von ca. 11 eV, die Ionisationsenergie des Wassermoleküls. Hierdurch wird die Ladungsrekombination am Ionisationsort unterdrückt. Die Elektronen bewegen sich über Distanzen von vielen Nanometern (1 Nanometer = 10^{-9} m) bevor sie an einem anderen Ort in der Flüssigkeit lokalisiert werden. Dieser Prozess ruft starke Änderungen der Absorption und des Brechungsindex der Flüssigkeit hervor (Abb. 2c), über die in den Experimenten die Elektronendynamik mit der Methode der sog. zweidimensionalen THz-Spektroskopie (Abb. 2a) zeitaufgelöst verfolgt wurde.

Diese überraschenden Ergebnisse enthüllen einen neuen Aspekt extrem starker elektrischer Felder in Wasser, das Auftre-

Research Highlights

Strong fields and ultrafast motions – how to generate and steer electrons in liquid water

Water molecules undergo ultrafast dithering motions at room temperature and generate extremely strong electric fields in their environment. New experiments demonstrate how in presence of such fields free electrons are generated and manipulated in the liquid with the help of an external terahertz field.

The water molecule H_2O displays an electric dipole moment due to the different electron densities on the oxygen (O) and hydrogen (H) atoms (Fig. 1a). Such molecular dipoles generate an electric field in liquid water. The strength of this field fluctuates on a femtosecond time scale (1 femtosecond = 10^{-15} seconds = one billionth of a millionth of a second) and, for short periods, reaches peak values of up to 300 MV/cm (300 million volts per cm, Fig. 1b). In such a high field, an electron can leave its bound state, a molecular orbital (Fig. 1b) and tunnel through a potential energy barrier into the neighboring liquid. This event represents a quantum mechanical ionization process. In equilibrium, the electron returns very quickly to its initial state since the fluctuating electric field has no preferential spatial direction and, thus, the electron does not move away from the ionization site. Because of the highly efficient charge recombination, the number of unbound (free) electrons remains extremely small, on average less than a billionth of the number of water molecules.

Researchers from the Max-Born-Institute in Berlin have now shown that an external electric field with frequencies in the range of 1 terahertz (1 THz = 10^{12} Hz, approximately 500 times higher than a typical cell phone frequency) enhances the number of free electrons by up to factor of 1000. The THz field has a maximum strength of 2 MV/cm, that is less than 1% of the strength of the fluctuating field in the liquid. However, the THz field has a preferential spatial direction (Fig. 2). Along this direction, electrons generated by the fluctuating field are being accelerated and reach a kinetic energy of approximately 11 eV, the ionization potential of a water molecule. This transport process suppresses charge recombination at the ionization site. The electrons travel over a distance of many nanometers (1 nm = 10^{-9} m) before they localize at a different site in the liquid. The latter process causes strong changes of the absorption and the refractive index of the liquid (Fig. 2c) by which the dynamic behavior of the electrons can be followed with the method of two-dimensional THz spectroscopy (Fig. 2a).

These surprising results reveal a new aspect of extremely strong electric fields in liquid water, the occurrence of spontaneous events of tunneling ionization. Such events could play an important role in the self-dissociation of H_2O molecules into OH^- und H_3O^+ -ions. Moreover, the experiments establish

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

ten spontaner Tunnelionisationsprozesse. Diese könnten eine wichtige Rolle bei der Eigendissoziation von H_2O -Molekülen in OH^- - und H_3O^+ -Ionen spielen. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen wie durch Anwendung maßgeschneiderter starker THz-Felder Erzeugung, Transport und Lokalisierung von Ladungen, d.h. grundlegende elektrische Eigenschaften von Flüssigkeiten manipuliert werden können.

Contact: A. Ghalgoui, Tel. 1471, B. P. Fingerhut, Tel. 1404, K. Reimann, Tel. 1476, M. Woerner, Tel. 1470, T. Elsaesser, Tel. 1400

a novel method for the generation, transport, and localization of charges in liquids with the help of strong THz fields. This allows for manipulating the basic electric properties of liquids.

Original publication:

A. Ghalgoui, L.-M. Koll, B. Schütte, B. P. Fingerhut, K. Reimann, M. Woerner, T. Elsaesser

„Field-induced tunneling ionization and terahertz driven electron dynamics in liquid water“

J. Phys. Chem. Lett. 11, 7717-7722 (2020, open access)

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jpclett.0c02312>

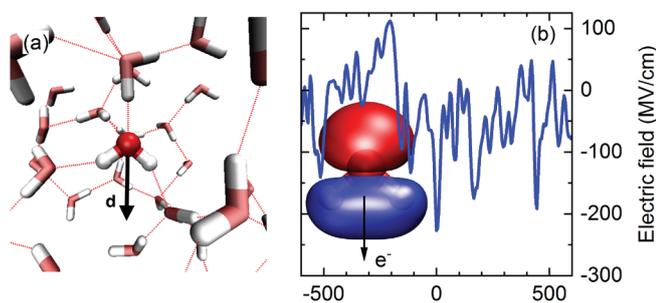


Fig. 1

(a) Snapshot of the arrangement of water molecules in the liquid (red: oxygen atoms, grey; hydrogen atoms). The dotted lines indicate hydrogen bonds between the molecules. Each water molecule possesses an electric dipole moment d which generates an electric field in its environment. The molecular arrangement fluctuates in the femtosecond time domain.

(b) Fluctuating electric field of the liquid. The blue line shows the momentary electric field acting on the molecular orbital $3a_1$ (inset) as a function of time (in femtoseconds). The strongest peaks induce the process of tunnel ionization by which an electron e^- can leave the orbital.

Abb. 1:

(a) Momentaufnahme der Anordnung von H_2O -Molekülen in flüssigem Wasser (rot: Sauerstoffatome, grau: Wasserstoffatome). Die punktierten Linien deuten Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen an. Jedes Wassermolekül besitzt ein Dipolmoment d , das in seiner Umgebung ein elektrisches Feld hervorruft. Die Anordnung der Moleküle fluktuiert im Femtosekunden-Zeitbereich.

(b) Fluktuierendes elektrisches Feld der Flüssigkeit. Die blaue Kurve zeigt das momentan auf das Molekülorbital $3a_1$ (Inset) wirkende elektrische Feld als Funktion der Zeit in Femtosekunden. Die höchsten Feldspitzen induzieren den Prozess der Tunnelionisation, wodurch ein Elektron e^- das Orbital verlassen kann.

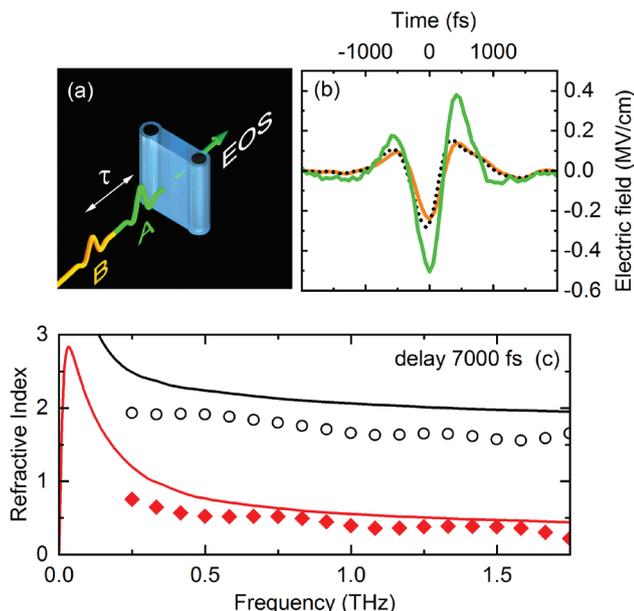


Fig. 2

Two-dimensional terahertz (2D-THz) spectroscopy

(a) Scheme of the experiment. Two THz pulses A (excitation) and B (probe) separated by the delay time t interact with a thin water jet (blue, thickness $50 \mu\text{m}$). The transmitted THz field is recorded by a phase-resolving detector which makes use of electrooptic sampling (EOS).

(b) Time dependent electric field of pulse A (green) and pulse B (orange). The electric field of pulse B transmitted after excitation by pulse A is shown as a dashed line (delay time between pulses A and B $t = 7000 \text{ fs}$). (c) Refractive index of water without THz excitation (solid lines) and after generation of electrons (symbols, electron concentration $5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$). Black curves represent the real part of the index of refraction, red curves the imaginary part which is proportional to the THz absorption strength of the water jet. Both real and imaginary part of the refractive index are reduced significantly by the generation of electrons.

Abb. 2: Zweidimensionale Terahertz (2D-THz) Spektroskopie

(a) Schema des Experiments. Zwei um die Verzögerungszeit t getrennte THz-Impulse A (Anregung) und B (Abtasten) wechselwirken mit einem dünnen Wasserstrahl (blau, Dicke $50 \mu\text{m}$). Das durchgelassene THz-Feld wird mit einem phasenempfindlichen Detektor gemessen, der auf dem Prinzip des elektrooptischen Abtastens (ElectroOptic Sampling, EOS) beruht.

(b) Zeitlicher Verlauf des elektrischen Feldes von Impuls A (grün) und B (orange). Das nach Anregung durch den Impuls A transmittierte Feld des Impulses B ist als gestrichelte Linie gezeigt (Verzögerungszeit (delay) zwischen Impuls A und B $t = 7000 \text{ fs}$).

(c) Brechungsindex von Wasser ohne THz-Anregung (durchgezogene Linien) und nach der Erzeugung von Elektronen (Symbole, Elektronenkonzentration $5 \times 10^{-6} \text{ Mol/Liter}$). Schwarze Kurven zeigen den Realteil des Brechungsindex, rote den Imaginärteil. Letzterer ist proportional zur Absorption des THz-Feldes im Wasserstrahl. Beide Anteile des Brechungsindex werden durch die Erzeugung von Elektronen deutlich verringert.

Forschungsergebnisse

Selbstabbildung eines Moleküls durch seine eigenen Elektronen: Vermessung der Atombewegungen während einer molekularen Vibration

Eines der langfristigen Ziele der Forschung zu lichtinduzierter Dynamik von Molekülen ist die direkte und eindeutige Beobachtung von zeitabhängigen Änderungen der molekularen Struktur, die aus der Absorption von Licht resultiert. Zu diesem Zweck haben Forscher eine Vielfalt von Methoden entwickelt. Eine sehr vielversprechende Methode ist die Nutzung von Beugungserscheinungen (von Photonen oder Elektronen) zur Kodierung der Abstände zwischen den individuellen Atomen, die zusammen ein Molekül formen.

In einer vor Kurzem erschienenen Veröffentlichung (Phys. Rev. Lett. 125, 123001, 2020) hat ein Team von Forschern unter der Leitung von A. Rouzée hochauflösende Filme von molekularer Dynamik aufgenommen, indem Elektronen aus den abzubildenden Molekülen durch Starkfeldionisation benutzt worden sind. Nach der Starkfeldionisation werden die freien Elektronen durch das Laserfeld vom Molekül wegbeschleunigt. Da das Laserfeld oszilliert, wird das Elektron im folgenden Halbzzyklus des Feldes zum ursprünglichen Molekül zurückbeschleunigt. Dieser Vorgang ermöglicht den sogenannten Rekollisionsprozess. Hier kann das zurückkehrende Elektron entweder mit dem Ursprungsmolekül rekombinieren und ein hochenergetisches Photon erzeugen, oder das Elektron streut am Ursprungsmolekül. Für bestimmte Energiebereiche kann das Elektron auch transient in einer Zentrifugalpotentialbarriere eingefangen werden. Dieser Prozess ist schon bekannt aus der Elektronenstreuung und aus Photoionisationsexperimenten und wird „shape-Resonanz“ (wörtlich „Form-Resonanz“) genannt. Ein deutliches Zeichen für eine solche „shape-Resonanz“ ist eine starke Erhöhung des Streuquerschnitts. Wie der Name „shape-Resonanz“ schon impliziert, hängt die Elektronenenergie, bei der eine solche Resonanz erfolgt, sehr empfindlich von der Form des molekularen Potentials und somit auch von der Form des Moleküls ab. Daher können shape-Resonanzen dazu benutzt werden, Moleküle bei ultraschnellen Strukturänderungen zu filmen.

Um diesen Effekt zu testen, hat das Team um Dr. Rouzée am MBI einen Film der molekularen Vibrationsdynamik von lichtangeregten I₂ Molekülen aufgenommen. Ein erster Laserpuls mit einer Wellenlänge im sichtbaren Spektralbereich wurde benutzt, um ein Vibrationswellenpaket im elektronischen B-Zustand des Moleküls zu erzeugen. Auf diesen „Anregungs“-Laserpuls folgte in wohldefiniertem Zeitabstand ein sehr intensiver zweiter „Abfrage“-Laserpuls, dessen Wellenlänge im infraroten Spektralbereich liegt. Die durch diesen starken zweiten Laserpuls erzeugten Elektronenimpulsverteilungen wurden bei verschiedenen Zeitabständen zum ersten Laser-

Research Highlights

Self-imaging of a molecule by its own electrons: mapping the atomic motion during a molecular vibration

One of the long-standing goals of research on the light-induced dynamics of molecules is to observe time-dependent changes in the structure of molecules, which result from the absorption of light, as directly and unambiguously as possible. To this end, researchers have developed and applied a plethora of approaches. Of particular promise among these approaches are several methods developed in the last years that rely on diffraction (of light or electrons) as means of encoding the internuclear spacings between the atoms that together form the molecule.

In a recent paper (Phys. Rev. Lett. 125, 123001, 2020), researchers at the MBI led by A. Rouzée have shown that high-resolution movies of molecular dynamics can be recorded using electrons ejected from the molecule by an intense laser field. Following strong field ionization, the electrons that are set free are generally accelerated away from the molecule under the influence of the laser electric field. However, due to the oscillating nature of this field, a fraction of the electrons are driven back to their parent molecular ion. This sets the stage for a so-called re-collision process, in which the electron can be reabsorbed in the molecule (and where the absorbed energy is released in the form of high energy photons) or scatters off the molecular ion. Depending on the kinetic energy of the electron, it can be transiently trapped inside a centrifugal potential barrier. This is a well-known process in electron scattering and in single photon ionization experiments, and is referred to as a shape resonance. The smoking gun for the occurrence of a shape resonance is a large increase of the scattering cross-section. As its name implies, the kinetic energy for which the shape resonance occurs is highly sensitive to the shape of the molecular potential, and consequently to the molecular structure. Therefore, shape resonances can be used to make a movie of a molecule that is undergoing ultrafast nuclear rearrangement.

To demonstrate this effect, the team at MBI recorded a movie of the ultrafast vibrational dynamics of photo-excited I₂ molecules. A first laser pulse, with a wavelength in the visible part of the wavelength spectrum, was used to prepare a vibrational wavepacket in the electronic B-state of the molecule. This laser pulse was followed by a second, very intense, time-delayed laser pulse, with a wavelength in the infrared part of the wavelength spectrum. Electron momentum distributions following strong field ionization by the second laser pulse were recorded at various time delays between the two pulses, corresponding to different bond distances between the two iodine atoms. A strong variation of the laser-driven

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

puls gemessen. Die verschiedenen Zeitabstände entsprechen hier verschiedenen Bindungsabständen der beiden Jod Atome. Es wurde eine starke Variation der laserinduzierten Streuquerschnitte in Abhängigkeit des Zeitabstandes der beiden Laserpulse gemessen. Diese Variation konnte eindeutig auf eine Änderung der energetischen Lage der shape-Resonanz, die durch die Bewegung des Vibrationswellenpakets verursacht wird, zurückgeführt werden. Durch diese Arbeiten wurde der Grundstein zur weiteren Untersuchung von lichtinduzierter Molekulardynamik mit gleichzeitiger hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung gelegt.

Kontakt: A. Rouzée, Tel. 1240, M. J.J. Vrakking, Tel. 1200

electron rescattering cross-section was observed with delay, which could unambiguously be assigned to a change of the shape resonance energy position (see Fig. 1) induced by the vibrational wavepacket motion. As such, this work introduces new opportunities for investigating photo-induced molecular dynamics with both high temporal and spatial resolution.

Original publication:

Felix Brausse, Florian Bach, Faruk Krečinić, Marc J.J. Vrakking, and Arnaud Rouzée

„Evolution of a Molecular Shape Resonance Along a Stretching Chemical Bond“
Phys. Rev. Lett. 125, 123001, 2020

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.125.123001>

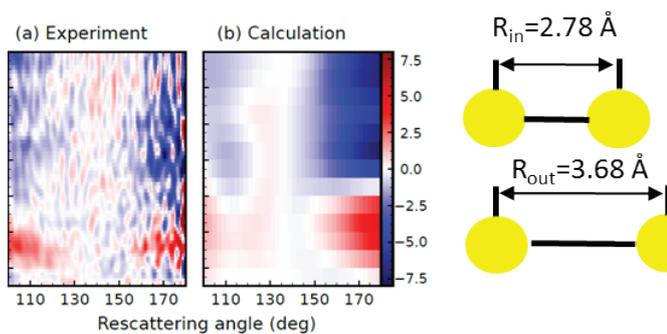


Abb. 1:

Unterschied zwischen dem Elektronenstreuquerschnitt, gemessen (a), und berechnet (b) bei $R = 3.68 \text{ \AA}$ (entsprechend dem äusseren Umkehrpunkt der Vibrationschwingung) und $R = 2.78 \text{ \AA}$ (entsprechend des inneren Umkehrpunktes der Vibrationschwingung) für ein I2 Vibrationswellenpaket, das durch Lichtanregung des B-Zustandes mittels eines sichtbaren Laserpulses mit einer Wellenlänge von 555 nm erzeugt wurde. Der Unterschied in den Streuquerschnitten ist als Funktion der kinetischen Energie und des Streuwinkels des zurückkehrenden Elektrons dargestellt. Insbesondere in der Nähe des Streuwinkels von 180 Grad (d.h. für rückstreuende Elektronen) ist ein sehr grosser Unterschied zwischen dem Streuquerschnitt für den inneren und dem Streuquerschnitt für den äusseren Umkehrpunkt des Vibrationswellenpakets sichtbar. Mit anderen Worten werden die transienten Änderungen in den Atomabständen innerhalb des Moleküls durch die gemessenen Elektronenstreuquerschnitte abgebildet.

Fig. 1:

Difference between the electron scattering cross-section measured (a) and calculated (b) at $R = 3.68 \text{ \AA}$ (corresponding to the outer turning point of the vibrational motion) and $R = 2.78 \text{ \AA}$ (corresponding to the inner turning point of the vibrational motion) for the case of an I2 vibrational wave packet created by photo-excitation of the B-state using a visible laser with a wavelength of 555 nm. The difference in the scattering cross-sections is shown as a function of the kinetic energy of the returning electron and the angle into which the electron is scattered. Particularly near a rescattering angle of 180 degrees (i.e. for back-scattered electrons) a major difference is seen between the scattering cross-section at the geometry corresponding to the inner and outer turning point of the vibration. In other words, the time-dependent changes in the internuclear distance are recognizable in time-dependent changes of the measured electron scattering cross-sections.

Forschungsergebnisse

Wer hat das Licht gestohlen? Selbstinduzierte ultraschnelle Demagnetisierung limitiert die Streuung von weicher Röntgenstrahlung an magnetischen Proben

Freie-Elektronen-Röntgenlaser erzeugen extrem intensive und ultrakurze Röntgenblitze, mit deren Hilfe Proben auf der Nanometerskala mit nur einem einzigen Lichtpuls abgebildet werden können. Wenn die Wellenlänge des Röntgenlichts so gewählt wird, dass sie zu bestimmten elektronischen Übergängen passt, können magnetische Strukturen sichtbar gemacht werden. Dieser magnetische Kontrast verschwindet allerdings, wenn die Intensität des Röntgenlichts zu groß wird. Der dafür verantwortliche Mechanismus wurde nun aufgeklärt.

Genau wie der Blitz bei herkömmlichen Fotoapparaten sind kurze, aber intensive Röntgenpulse in der Lage, Bewegungen „einzufrieren“, wenn diese langsamer sind als die Dauer des Röntgenblitzes. Röntgenstrahlen haben dabei aufgrund ihrer im Vergleich zu sichtbarem Licht viel kürzeren Wellenlänge den Vorteil, Objekte im Nanometerbereich abbilden zu können. Zusätzlich lassen sich mit Röntgenstrahlen einzigartige Kontrastmechanismen ausnutzen, wenn die Energie der einzelnen Röntgenphotonen passend zu bestimmten elektronischen Übergängen gewählt wird. Dadurch ist es beispielsweise möglich, unterschiedlich magnetisierte Domänen innerhalb einer Probe sichtbar zu machen. Der Anteil an Photonen, die innerhalb einer solchen Probe gestreut werden, nimmt jedoch mit zunehmender Röntgenintensität ab, die Probe wird also zunehmend „unsichtbar“. Dieses Phänomen beschäftigt Forschende bereits seit den ersten Abbildungen magnetischer Domänen, die 2012 an einem Freie-Elektronen-Röntgenlaser aufgenommen wurden. Seitdem wurden eine Reihe unterschiedlicher Erklärungen für diesen Effekt vorgeschlagen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des MBI Berlin haben nun zusammen mit Partnern aus Italien und Frankreich in einem besonders präzisen Experiment die Abhängigkeit der resonanten, magnetischen Streuung von der eingestrahlten Röntgenintensität pro Fläche („Fluenz“) untersucht. Dafür haben sie ferromagnetische Domänenproben mit individuellen „Fluenzmonitoren“ ausgestattet, die die Intensität der Röntgenstrahlung direkt auf der Probe messen. Auf diese Weise konnte die Streuintensität mit großer Genauigkeit über mehr als drei Größenordnungen in der Fluenz gemessen und die unvermeidbaren Intensitätsfluktuationen der Röntgenblitze präzise berücksichtigt werden. Das Experiment selbst wurde am Freie-Elektronen-Laser FERMI in Triest, Italien, durchgeführt.

Die Magnetisierung eines Materials ist eng mit dem Zustand seiner Elektronen verbunden. Deren Bewegung um den Atomkern sowie ihr Spin verursachen zusammen das magnetische Moment. Für ihr Experiment verwendeten die Forschenden

Research Highlights

Who stole the light? Self-induced ultrafast demagnetization limits the amount of light diffracted from magnetic samples at soft x-ray energies

Free electron X-ray lasers deliver intense ultrashort pulses of x-rays, which can be used to image nanometer-scale objects in a single shot. When the x-ray wavelength is tuned to an electronic resonance, magnetization patterns can be made visible. When using increasingly intense pulses, however, the magnetization image fades away. The mechanism responsible for this loss in resonant magnetic scattering intensity has now been clarified.

Just as in flashlight photography, short yet intense flashes of x-rays allow to record images or x-ray diffraction patterns which “freeze” motion that is slower than the duration of the x-ray pulse. The advantage of x-rays over visible light is that nanometer scale objects can be discerned due to the short wavelength of x-rays. Furthermore, if the wavelength of the x-rays is tuned corresponding to particular energies for electronic transitions, one can obtain unique contrast, allowing for example to make the magnetization of different domains within a material visible. The fraction of x-rays scattered from a magnetic domain pattern, however, decreases when the x-ray intensity in the pulse is increased. While this effect had been observed already in the very first images of magnetic domains recorded at a free electron x-ray laser in 2012, a variety of different explanations had been put forward to explain this loss in scattered x-ray intensity.

A team of researchers from MBI Berlin, together with colleagues from Italy and France, has now precisely recorded the dependence of the resonant magnetic scattering intensity as a function of the x-ray intensity incident per unit area (the “fluence“) on a ferromagnetic domain sample. Via integration of a device to detect the intensity of every single shot hitting the actual sample area, they were able to record the scattering intensity over three orders of magnitude in fluence with unprecedented precision, in spite of the intrinsic shot-to-shot variations of the x-ray beam hitting the tiny samples. The experiments with soft x-rays were carried out at the FERMI free-electron x-ray laser in Trieste, Italy.

Magnetization is a property directly coupled to the electrons of a material, which make up the magnetic moment via their spin and orbital motion. For their experiments, the researchers used patterns of ferromagnetic domains forming in cobalt-containing multilayers, a prototypical material often used in magnetic scattering experiments at x-ray lasers. In the interaction with x-rays, the population of electrons is disturbed and energy levels can be altered. Both effects could lead to a reduction in scattering, either through a transient reduction of

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

ferromagnetische, labyrinthartige Domänen, die sich in Kobalt-basierten Vielschichtsystemen ausbilden. Solche Materialien werden oft prototypisch in Experimenten zur magnetischen Streuung an Röntgenlasern verwendet. Durch die Wechselwirkung mit dem Röntgenstrahl wird die Besetzung der Elektronenniveaus in der Probe geändert und die Energie der Niveaus selbst kann sich verschieben. Beide Effekte könnten dazu führen, dass das Streusignal geschwächt wird. Im ersten Fall würde die Gesamtmagnetisierung durch die Umverteilung der Elektronen mit unterschiedlichen Spins vorübergehend reduziert. Im zweiten Fall bliebe die Magnetisierung erhalten, kann aber nicht mehr detektiert werden, weil sich die in der resonanten Streuung beteiligten Energieniveaus verschieben. Zudem wurde diskutiert, ob stimulierte Emission bei hohen Röntgenfluenzen und Pulslängen unter 100 fs eine wichtige Rolle spielen könnte. Tritt stimulierte Emission auf, so übernimmt das ausgesendete Photon immer die Richtung des einfallenden Photons und kann daher, wie in Abb. 1 dargestellt, nicht mehr zum in der Streuung abgelenkten Licht beitragen.

Die Ergebnisse, die die Forschenden im Fachmagazin *Physical Review Letters* veröffentlicht haben, zeigen, dass stimulierte Emission für die Streuung an den Co-3p-Energieniveaus keine wesentliche Rolle spielt. Damit ergibt sich ein deutlicher Unterschied zur Streuung in Resonanz mit den höherenergetischen 2p-Niveaus, bei der der Einfluss von stimulierter Emission für die Reduktion des Streusignals verantwortlich gemacht wurde. Die neuen experimentellen Daten lassen sich im gesamten Fluenzbereich durch Demagnetisierung erklären, deren zeitlichen Verlauf die MBI Forschenden zuvor bereits mit laserbasierten Experimenten charakterisiert hatten. Da die angeregten Co-3p-Niveaus aufgrund des Auger-Zerfalls eine extrem kurze Lebensdauer von nur einer viertel Femtosekunde haben, ist es wahrscheinlich, dass die in Auger-Kaskaden entstehenden heißen Elektronen im Zusammenspiel mit Elektronenstreuung die Spin-up- und Spin-down-Elektronen in der Probe kurzzeitig durchmischen und die Magnetisierung vorübergehend verschwindet. Dies geschieht bereits, während der ultrakurze Röntgenblitz von nur 70 bzw. 120 fs Dauer die Probe durchdringt, so dass die späteren Anteile des Pulses mit einer bereits „ausgeblichenen“ Probe wechselwirken. Dies ist in Übereinstimmung damit, dass die Reduktion der Streuung geringer wird, wenn ein kürzerer Puls mit der gleichen Anzahl Röntgenphotonen auf die Probe trifft (Fig. 2). Im Falle stimulierter Emission ist das genau gegenteilige Verhalten zu erwarten.

Original publication:

Michael Schneider, Bastian Pfau, Christian M. Günther, Clemens von Korff Schmising, David Weder, Jan Geilhufe, Jonathan Perron, Flavio Capotondi, Emanuele Pedersoli, Michele Manfredda, Martin Hennecke, Boris Vodungbo, Jan Lüning, and Stefan Eisebitt

„Ultrafast Demagnetization Dominates Fluence Dependence of Magnetic Scattering at Co *M* Edges“

Phys. Rev. Lett. 125, 127201 – Published 15 September 2020

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.125.127201>

the actual magnetization in the material due to the reshuffling of electrons with different spin, or by not being able to detect the magnetization anymore because of the shift in the energy levels. Furthermore, it has been debated whether the onset of stimulated emission at high x-ray fluences administered during a pulse of about 100 femtoseconds duration can be responsible for the loss in scattering intensity. The mechanism in the latter case is due to the fact that in stimulated emission, the direction of an emitted photon is copied from the incident photon. As a result, the emitted x-ray photon would not contribute to the beam scattered away from the original direction, as sketched in Fig.1.

In the results presented in the journal *Physical Review Letters*, the researchers show that while the loss in magnetic scattering in resonance with the Co 2p core levels has been attributed to stimulated emission in the past, for scattering in resonance with the shallower Co 3p core levels this process is not significant. The experimental data over the entire fluence range is well described by simply considering the actual demagnetization occurring within each magnetic domain, which the MBI researchers had previously characterized with laser-based experiments. Given the short lifetime of the Co 3p core levels of about a quarter femtosecond which is dominated by Auger decay, it is likely that the hot electrons generated by the Auger cascade in concert with subsequent electron scattering events lead to a reshuffling of spin up and spin down electrons transiently quenching the magnetization. As this reduced magnetization manifests itself already within the duration of the x-ray pulses used (70 and 120 femtosecond) and persists for a much longer time, the latter part of the x-ray pulse interacts with a domain pattern where the magnetization has actually faded away. This is in line with the observation that less reduction of the magnetic scattering is observed when hitting the magnetic sample with the same number of x-ray photons within a shorter pulse duration (Fig.2). In contrast, if stimulated emission were the dominant mechanism, the opposite behavior would be expected.

Beyond clarifying the mechanism at work, the findings have important ramifications for future single shot experiments on magnetic materials at free electron x-ray lasers. Similar to the situation in structural biology, where imaging of protein molecules by intense x-ray laser pulses can be impeded by the destruction of the molecule during the pulse, researchers investigating magnetic nanostructures also have to choose the fluence and pulse duration wisely in their experiments. With the fluence dependence of resonant magnetic scattering mapped out, researchers at x-ray lasers now have a guideline to design their future experiments accordingly.

Contact: M. Schneider, Tel. 1343, B. Pfau, Tel. 1321, S. Eisebitt, Tel. 1300

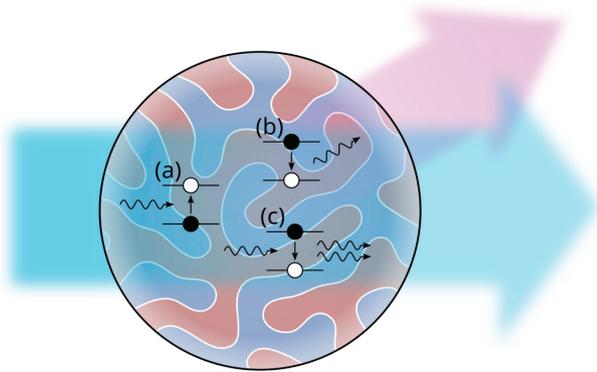


Abb. 1: Schematische Abbildung des Streuexperiments mit zwei konkurrierenden Prozessen. Der Röntgenstrahl (blau, von links) trifft auf die magnetische Probe (kreisförmige Fläche) und wird von den mikroskopisch kleinen, labyrinthartigen magnetischen Domänen gestreut. Dabei wird zunächst ein Photon von einem Co 3p Elektron absorbiert (a). Der dabei entstehende angeregte Zustand kann anschließend durch spontane Emission zerfallen (b) wobei ein gestreutes Photon in eine neue Richtung (pinkfarbener Pfeil) abgestrahlt wird. Das so gestreute Licht wird im Experiment von einem Detektor aufgenommen. Wenn jedoch ein weiteres Photon das bereits angeregte Elektron trifft, kommt es zu stimulierter Emission (c). Dabei werden immer zwei identische Photonen in der Richtung des einfallenden Strahls abgegeben (blauer Pfeil nach rechts). Dieses Licht enthält kaum Informationen über die Magnetisierung der Probe und wird in den meisten Fällen aus experimentellen Gründen geblockt.

Fig. 1: Schematic sketch of the scattering experiment with two competing processes. The soft x-ray beam (blue arrow, from left) hits the magnetic sample (circular area) where it scatters from the microscopic, labyrinth-like magnetization pattern. In this process, an x-ray photon is first absorbed by a Cobalt 3p core electron (a). The resulting excited state can then relax spontaneously (b), emitting a photon in a new direction (purple arrow). This scattered light is recorded as the signal of interest in experiments. However, if another x-ray photon encounters an already excited state, stimulated emission occurs (c). Here, two identical photons are emitted in the direction of the incident beam (blue arrow towards right). This light carries only little information on the sample magnetization and is usually blocked for practical reasons.

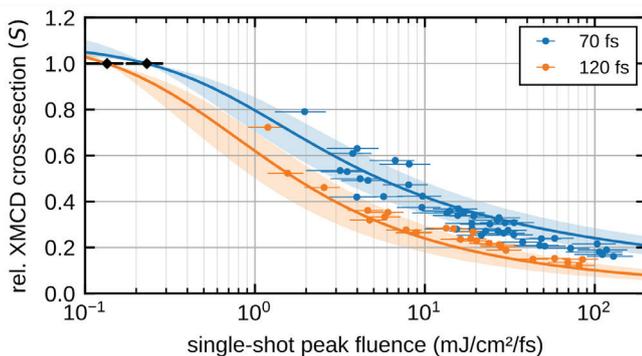


Fig. 2: Fluenzabhängigkeit des magnetischen Streusignals für zwei verschiedene Röntgenpulslängen. Wäre stimulierte Emission der dominierende Mechanismus für die Reduktion der Streuintensität, müssten die Kurven für 70 fs und 120 fs lange Pulse aufeinanderfallen. Stattdessen wird eine geringere Streuintensität für die 120 fs-Pulse beobachtet. Das Verhalten wird gut durch ein Modell erklärt, das ausschließlich auf der Demagnetisierung der Probe basiert (durchgezogene Linien, schattierte Bereiche geben die Unsicherheit des Modells an).

Fig. 2: Fluence dependence of the magnetic scattering signal for two different soft x-ray pulse durations. In the case of stimulated emission, which is responsible for a similar fluence-dependence at the Co 2p-to-valence transition, both curves are expected to coincide in this representation. Instead, the longer 120 fs pulses lead to significantly lower scattering. This is explained well by a model taking only ultrafast demagnetization induced by the soft x-ray beam itself into account (solid lines, shaded areas represent uncertainty of the model).

Forschungsergebnisse

Abbildung des Photonen-Rückstoßes: Ein neuartiger Weg zur Untersuchung nichtlinearer Prozesse im Röntgenbereich

Die Aussicht, Konzepte der nichtlinearen Optik in den Röntgenbereich zu übertragen, war eine der wissenschaftlichen Triebfedern zur Entwicklung intensiver Freie-Elektronen-Laser im Röntgenbereich (XFEL). Wissenschaftler des MBI, der Uppsala University und des European XFEL haben nun den Blick auf nichtlineare Prozesse im Röntgenbereich erweitert. In der neuesten Ausgabe des Wissenschaftsjournals Science stellen sie eine Studie vor, die einen innovativen Ansatz zur Messung der stimulierten Raman-Streuung im Röntgenbereich verfolgt. Anders als in bisherigen Experimenten, die zumeist auf der Detektion von Röntgenstreuung eines dichten (gasförmigen) Mediums beruhen, werden in dieser Arbeit die einzelnen, durch den Photonenrückstoß gestreuten, neutralen Atome gemessen.

In einem der ersten externen Nutzer-Experimente am SQS Instrument des European XFEL in Hamburg hat die deutsch-schwedische Forscherkollaboration mit der „Abbildung des Photonen-Rückstoßes“ eine Technik etabliert, die im Experiment zwischen spontaner und stimulierter Ramanstreuung im Röntgenbereich unterscheiden kann. Um diesen neuen Ansatz zu verstehen, führe man sich zunächst vor Augen, dass Lichtteilchen (Photonen) als kleinste Energieeinheit des elektromagnetischen Feldes, wie sie von Einstein in den frühen Tagen der Quantenphysik postuliert wurden, auch einen Impuls mit sich führen. Daraus ergibt sich, dass ein Atom durch die Absorption eines Photons unweigerlich einen Stoß erfährt, ähnlich einer Billardkugel, die von einer anderen Billardkugel getroffen wird. Beim spontanen Raman-Streuprozess folgt der vorübergehenden Absorption eines Photons die spontane Emission eines Photons mit einer etwas geringeren Energie. Die Energiedifferenz der beiden beteiligten Photonen verbleibt im Atom indem ein Elektron in einen angeregten Zustand angehoben wird. Die Absorption setzt das Atom in Richtung des einfallenden Photons in Bewegung, während die spontane Emission eines Photons, die in eine zufällige Richtung erfolgt, das Atom in eine entsprechende zufällige, aber entgegengesetzte Richtung streut.

Um die Streuung der angeregten Atome im Experiment zu messen, benutzten die Wissenschaftler einen kollimierten Überschallstrahl von Neon-Atomen, die in Richtung eines ortsempfindlichen Detektors fliegen. Der Detektor ist so eingestellt, dass er nur angeregte Atome detektiert. In genügendem Abstand vor dem Detektor wird der Atomstrahl rechtwinklig vom XFEL-Strahl gekreuzt, wobei das resultierende Wechselwirkungsvolumen eine längliche Form aufweist, die durch den transversal eng begrenzten XFEL-Strahl vorgegeben ist. Wird

Research Highlights

Photon-recoil imaging: a new route to study nonlinear x-ray physics

One key scientific driver for the development of intense x-ray free-electron lasers (XFELs) has been the prospect to transfer the concepts of nonlinear optics into the x-ray spectral range. Now scientists from the MBI, Uppsala University and the European XFEL have expanded the view on how to look at nonlinear x-ray processes. In a study published in Science, they investigated stimulated x-ray Raman scattering in a truly innovative way. Rather than detecting the scattered x-ray radiation from dense (gaseous) media as it is usually pursued in related studies they measured individual scattered atoms subjected to the photon recoil.

In one of the first user experiments at the SQS instrument at the European XFEL in Hamburg the German-Swedish collaboration has established the photon-recoil imaging technique to distinguish spontaneous from nonlinear stimulated x-ray Raman scattering. To understand the new technique it is helpful to recall that a photon, i.e., the quantized energy portion of electromagnetic radiation, also carries momentum; a fact that is well-known since the early days of quantum physics at the times of Einstein. As a consequence, absorption of a photon inevitably pushes the atom very much like a billiard ball gets a push when hit by another one. In the spontaneous Raman scattering process, transient absorption of a photon is rapidly followed by spontaneous emission of a photon with less energy. The photons' energy difference remains in the atom lifting an electron to a bound excited state. While the absorption pushes the atom in the direction of the incoming photon, the spontaneous emission of a photon, which happens into a random direction, scatters the atom accordingly to a corresponding opposite random direction.

To detect the scattered excited atoms in the experiment the scientists used a collimated supersonic beam of neon atoms, which travel towards a position-sensitive detector. The detector is set to be sensitive to impinging excited atoms only. Well in front of the detector the atomic beam is crossed perpendicularly by the XFEL beam defining a sharp elongated interaction volume. If the x-ray photon energy is tuned close to an inner-shell resonance of the Ne atom, about 2 % of the transiently excited atoms undergo spontaneous x-ray Raman scattering leaving the atom intact in finally a long lived bound excited state (the overwhelming portion of transiently excited atoms ionizes through a fast Auger process since the transient excitation energy exceeds the first ionization threshold by a factor of about 40). The photon momentum transfer slightly deflects the excited atoms from the collimated atomic beam. Accumulating the resulting detector signal over many XFEL pulses a characteristic pattern on the detector is produced, as

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

die Energie der Röntgenphotonen resonant mit der Energie eines Innerschalenübergangs im Neon, unterliegen ungefähr 2 Prozent der transient angeregten Atome der spontanen Ramanstreuung, wobei das Atom sich schließlich in einem angeregten metastabilen Zustand befindet (der größte Teil der transient angeregten Atome wird durch schnelle Auger-Prozesse ionisiert, da die transiente Anregungsenergie die erste Ionisationschwelle um ungefähr einen Faktor 40 übersteigt). Der Photonenimpulsübertrag lenkt die angeregten Atome des kollimierten Atomstrahls leicht von ihrer geradlinigen Bahn ab. Das über viele XFEL-Röntgenblitze akkumulierte Detektorsignal zeigt ein charakteristisches Muster, welches in Abbildung 1a gezeigt wird. Es hat eine ausgedehnte elliptische Form, die von der Ablenkung der Atome aus dem Wechselwirkungsvolumen nach spontaner Streuung in eine zufällige Richtung herrührt.

Optimierten die Wissenschaftler nun die Intensität und die Photonenenergie der Röntgenblitze, stieg die Wahrscheinlichkeit, dass ein transient angeregtes Atom mit einem weiteren XFEL-Photon geeigneter Photonenenergie wechselwirkt (die energetische Bandbreite der Photonen eines Röntgenblitzes liegt im Bereich der atomaren Anregungsenergien), bevor es spontan zerfällt. In diesem Fall wird das transient angeregte Atom zur Emission eines Photons in Richtung des einfallenden Photons stimuliert. Da dieser Prozess zwei Photonen aus einem Röntgenblitz benötigt, wird er als nichtlinear bezeichnet. Der resultierende Gesamtimpulsübertrag aus dem absorbierten und stimuliert emittierten Photons ist auf Grund der geringen finalen Anregungsenergie des Atoms vernachlässigbar. Angeregte Atome, die aus der stimulierten Ramanstreuung resultieren, werden daher im wesentlichen nicht abgelenkt und erscheinen auf dem Detektor als eine scharfe gerade Linie, die der Projektion des Wechselwirkungsvolumens entspricht. Sie können klar von den spontan Raman-gestreuten Atomen unterschieden werden, wie es in Abbildung 1b zu sehen ist. Das gemessene Signal angeregter Ne*-Atome lässt sich quantitativ auswerten und, wie in der publizierten Arbeit vorgestellt, mit theoretischen Modellen vergleichen.

Die Abbildung des Photonenrückstoßes ermöglicht die nahezu Untergrund freie Untersuchung stimulierter Ramanstreuung an einzelnen Atomen. In Kombination mit kurzen, zeitverzögerten Röntgenblitz-Paaren mit unterschiedlichen Photonenenergien - wie sie bereits an XFELs demonstriert wurden -, wird so eine höchst vielversprechende Analysetechnik für nichtlineare Röntgenprozesse etabliert. Die Wissenschaftler sehen diese Technik als erfolgsversprechend um fundamentale Effekte in der Wechselwirkung von intensiver gepulster Röntgenstrahlung mit Atomen und Molekülen zu erforschen. So scheint es auch möglich, kohärente Kontrollmethoden aus dem optischen in den Röntgenbereich zu übertragen.

Contact: U. Eichmann, Tel. 1371, S. Eisebitt, Tel. 1300

shown in Fig. 1a. The pattern has an extended elliptical shape due to the deflections in random directions experienced by the atoms in the interaction volume during spontaneous Raman scattering.

When the scientists optimized the XFEL intensity and the photon energy of the x-ray beam, which has a photon energy bandwidth in the range of the atomic excitation energy, they increased the probability for the transiently excited atom to get hit by a second photon with suitable energy, before it actually has a chance to emit a photon spontaneously. In this case the transiently excited atom will be stimulated to emit a photon along the direction of the incoming photon. Since this process depends on two photons of the x-ray pulse, the process is called nonlinear. The net momentum transfer by the incoming and stimulated photon is almost zero due to the low final excitation energy of the atom compared with the x-ray photon energies. Excited atoms from stimulated Raman scattering are thus basically not deflected and appear on the detector as a sharp straight line mapping the interaction volume. They can be clearly distinguished from the spontaneously Raman scattered atoms, as shown in Fig. 1b. The measured excited Ne* atom yield is amenable to a quantitative theoretical analysis as presented in the study.

Photon-recoil imaging enables the investigation of x-ray stimulated Raman scattering on a single atom level almost background free. In combination with short, time-delayed controlled pairs of x-ray pulses with different photon energies - which have already been demonstrated at seeded XFELs - it establishes a highly promising nonlinear x-ray spectroscopy method. The scientists envisage photon-recoil imaging to unravel fundamental features in x-ray photon interaction with atoms and molecules, even allowing to adopt coherent optical control methods.

Original publication:

U. Eichmann, H. Rottke, S. Meise, J.-E. Rubensson, J. Söderström, M. Agåker, C. Sätze, M. Meyer, T. M. Baumann, R. Boll, A. D. Fanis, P. Grychtol, M. Ilchen, T. Mazza, J. Montano, V. Music, Y. Ovcharenko, D. E. Rivas, S. Serkez, R. Wagner, and S. Eisebitt

„Photon-Recoil Imaging: expanding the view of nonlinear X-ray physics“
Science Vol. 369, Issue 6511 (2020) pp. 1630-1633

<https://science.sciencemag.org/content/369/6511/1630>

Abstract: <http://science.sciencemag.org/cgi/content/abstract/369/6511/1630?ijkey=ghsj92CrK.Njg&keytype=ref&siteid=sci>

Reprint: <http://science.sciencemag.org/cgi/rapidpdf/369/6511/1630?ijkey=ghsj92CrK.Njg&keytype=ref&siteid=sci>

See Perspective Article in Science by Prof. Thomas Pfeiffer:
<https://science.sciencemag.org/content/369/6511/1568>

FVB: <https://www.fv-berlin.de/en/info-for/the-media-and-public/news/atombillard-mit-roentgenstrahlen>

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

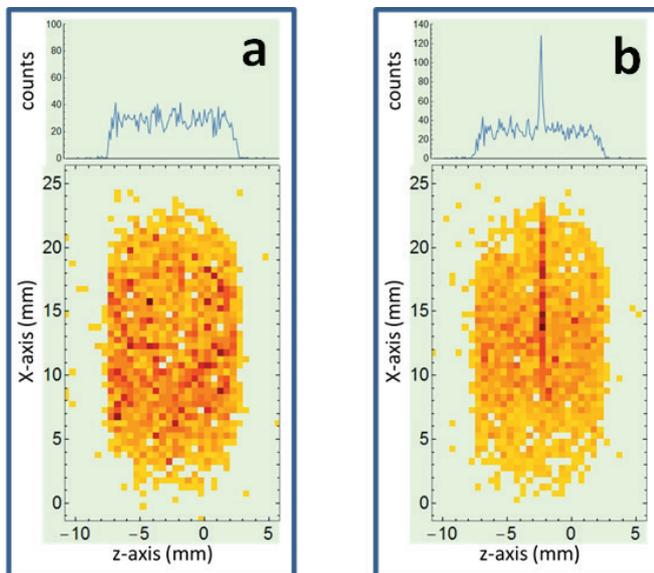


Abbildung 1

a) Verteilung angeregter Atome auf dem Detektor nach spontaner Röntgen-Ramanstreuung

b) Wie a) aber zusätzlich angeregte Atome nach stimulierter Röntgen-Ramanstreuung (enger Streifen)

Figure 1:

a) Distribution of excited atoms on the detector after spontaneous x-ray Raman scattering

b) Same as a) plus excited atoms after stimulated x-ray Raman scattering (narrow stripe)

Forschungsergebnisse

Licht verwirbelt Magnetisierung – Laserlichtpulse ermöglichen schnellere Erzeugung von Skyrmionen in Magneten

Ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern angeführt vom MBI und dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA hat herausgefunden, wie Magnetisierungsmuster, die Skyrmionen genannt werden, in einem Ferromagneten schneller erzeugt werden können als bisher bekannt. Die Forscherinnen und Forscher haben aufgeklärt, wie sich die Topologie des magnetischen Systems dabei ändert. Wie sie im Fachjournal Nature Materials berichten, bieten die Ergebnisse fundamentale Einblicke in topologische Phasenübergänge und beflügeln neue Ideen, wie magnetische Skyrmionen für die Informationstechnologie genutzt werden können.

Magnetische Skyrmionen bezeichnen kleine Wirbel in der Magnetisierung von dünnen magnetischen Schichten, wo die Magnetisierung in verschiedene Richtungen zeigt, wie es in der ersten Abbildung gezeigt wird. Es stellt sich heraus, dass ein bestimmtes Magnetisierungsmuster durch seine Topologie charakterisiert werden kann – ein mathematisches Konzept, um die Form oder Geometrie eines Körpers, einer Menge oder – wie in diesem Fall – eines physikalischen Feldes zu beschreiben (siehe Infobox über Topologie). Wichtig ist, dass sich die Topologie eines Skyrmions von der eines Zustands unterscheidet, in dem die Magnetisierung überall in die gleiche Richtung ausgerichtet ist. Wenn sich also das Magnetisierungsmuster ändert, muss sich auch die Topologie des Systems ändern. Dieser Umstand trägt zur Stabilität der Skyrmionenwirbel bei und macht es schwer, sie schnell zu erzeugen.

Für seine Arbeit nutzte das Team zuerst Röntgen- und Elektronenmikroskopie, um die nanometer-großen Skyrmionen sichtbar zu machen. Dabei zeigte sich, dass ein einzelner Lichtpuls eines Lasers mit ausreichend hoher Intensität ausreicht, um Skyrmionen mit einer festgelegten Topologie – also einer bestimmten Wirbelform der Magnetisierung – zu erzeugen.

In einem zweiten Schritt gingen die Forscherinnen und Forscher der Frage nach, wie der Laserpuls die Änderung der Topologie hervorruft und wie genau der Übergang von einer gleichmäßigen Magnetisierung zu Skyrmionen vonstatten geht. Dazu führten sie Streuexperimente mit Röntgenstrahlen am Röntgenlaser in Hamburg (European XFEL) durch, bei denen die Ablenkung der Röntgenstrahlen durch die Skyrmionen gemessen wird. Indem die Physikerinnen und Physiker die magnetische Schicht zuerst mit einem optischen Laser und dann mit dem Röntgenlaser beschossen haben, konnten sie zeigen, wie sich die Größe und der Abstand der Skyrmionen mit der Zeit verändern. Überraschenderweise war die Änderung der Topologie schon nach 300 Pikosekunden beendet. Damit lief die Erzeugung der Skyrmionen schneller ab, als bis-

Research Highlights

Twisting magnetization with light – Laser pulses enable faster creation of skyrmions in magnets

A team of scientists led by the MBI, and the Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA, has demonstrated how tiny magnetization patterns known as skyrmions can be written into a ferromagnetic material faster than previously thought possible. The researchers have clarified how the topology of the magnetic system changes in this process. As reported in the journal Nature Materials, the findings are relevant for topological phase transitions in general, and may inspire new routes how to use magnetic skyrmions in information technology.

Magnetic skyrmions are tiny swirls in the magnetization of thin magnetic films, where the direction of magnetization points in different directions as shown schematically in the first Figure. It turns out that the particular magnetization pattern can be characterized according to its so-called topology – a mathematical concept to describe the shape or geometry of a body, a set or – as in this case – a physical field (see infobox on topology). Importantly, the topology of skyrmions is different from the simple uniform state where the magnetization points in the same direction everywhere. To change between the two spin patterns, also the topology of the system must be changed. This contributes substantially to the stability of the skyrmions but also makes their fast creation very difficult.

In their work, which employs imaging of nanometer-sized skyrmions with x-rays and electrons, the researchers were first able to show that a single laser pulse of sufficient intensity allows to create skyrmions with a particular topology – that is, the magnetization pattern swirls in a particular fashion only.

Next, they set out to understand how such a change of topology is mediated by the laser pulse by investigating how this transition from a uniform pattern to skyrmions proceeds in time. Towards that end, they performed x-ray scattering experiments at the x-ray free-electron laser European XFEL in Hamburg, Germany, where the deflection of the x-ray beam by the skyrmions is detected. Hitting the ferromagnetic thin film in its uniform state first with an optical laser pulse followed by an x-ray laser pulse, they could map out how size and spacing of the skyrmions evolve over time. The first surprising result was that the topological change was finished after 300 picoseconds, which is significantly faster than observed for skyrmions in any other ferromagnetic system before. Comparing the experimental data with theoretical simulations, the team could infer how the topological transition comes about. The laser pulse promotes the system in a high-temperature state where the magnetization breaks up in small independently fluctuating regions, rapidly changing their magnetization direction. In this topological fluctuation state, the energy barrier for the

her für andere ferromagnetische Systeme beobachtet. Durch den Vergleich der experimentellen Daten mit theoretischen Simulationen konnten das Wissenschaftsteam außerdem erklären, wie die topologische Umwandlung zustande kommt. Der Laser heizt die magnetische Schicht bis zu einem Zustand, in dem die Magnetisierung in kleine, unabhängig voneinander fluktuierende Bereiche aufbricht, in denen sich die Magnetisierungsrichtung rasant ändert. In diesem Zustand topologischer Fluktuationen ist die zu überwindende Energiebarriere für die Erzeugung von Skyrmionen stark abgesenkt und es entstehen und verschwinden ständig Skyrmionen. Wenn sich das System nach der Erhitzung durch den Laser wieder abkühlt, erstarren einige dieser Skyrmionenkeime und wachsen in der Folge zu der Größe, die in den mikroskopischen Aufnahmen beobachtet wurde.

Angesichts der Tatsache, dass Skyrmionen eine Größe von nur zehn Nanometern haben können und trotzdem noch stabil bei Raumtemperatur sind, ergeben sich aus diesen Ergebnissen interessante Perspektiven für zukünftige Konzepte der magnetisch basierten Datenverarbeitung und -speicherung. Schon heute ist die Größe der Bits auf einer Festplatte dadurch beschränkt, ob ein Magnet in der Lage ist, diese sehr kleinen, aber auch sehr dauerhaften Bits neu zu beschreiben, also umzumagnetisieren. Die Technologie, die Bits örtlich mit einem Laser aufzuheizen und damit magnetisch „weich“ zu machen, ist bereits in der Entwicklung, um noch höhere Speicherdichten zu erreichen. Die Erzeugung von Skyrmionen mit Lasern könnte diesem Konzept einen neuen Dreh verleihen.

nucleation of skyrmions is very much reduced, and they appear and disappear continuously. As the system cools down after laser excitation, some of the small skyrmion nuclei freeze out and subsequently grow to form the larger skyrmions, which have been observed in the initial imaging experiments.

Given that skyrmions can have a size in the range of ten nanometers and yet be very stable at room temperature, these findings may have interesting implications for future concepts of magnetic data processing and storage. Already today, the formation of “ordinary” bits on a magnetic hard drive is limited by the ability to switch very small yet stable bits with a magnetic field. Local heating by a laser is announced to be the next technology step in providing higher storage density, and the topological switching of skyrmions via laser pulses may add a new twist to that.

Original publication:

Felix Büttner, Bastian Pfau, Marie Böttcher, Michael Schneider, Giuseppe Mercurio, Christian M. Günther, Piet Hessing, Christopher Klose, Angela Wittmann, Kathinka Gerlinger, Lisa-Marie Kern, Christian Strüber, Clemens von Korff Schmising, Josefin Fuchs, Dieter Engel, Alexandra Churikova, Siying Huang, Daniel Suzuki, Ivan Lemesh, Mantao Huang, Lucas Caretta, David Weder, John H. Gaida, Marcel Möller, Tyler R. Harvey, Sergey Zayko, Kai Bagschik, Robert Carley, Laurent Mercadier, Justine Schlappa, Alexander Yaroslavtsev, Loïc Le Guyarder, Natalia Gerasimova, Andreas Scherz, Carsten Deiter, Rafael Gort, David Hickin, Jun Zhu, Monica Turcato, David Lomidze, Florian Erdinger, Andrea Castoldi, Stefano Maffessanti, Matteo Porro, Andrey Samartsev, Jairo Sinova, Claus Ropers, Johan H. Mentink, Bertrand Dupé, Geoffrey S. D. Beach, and Stefan Eisebitt

„Observation of fluctuation-mediated picosecond nucleation of a topological phase“

Nature Materials (2020)

<https://www.nature.com/articles/s41563-020-00807-1>

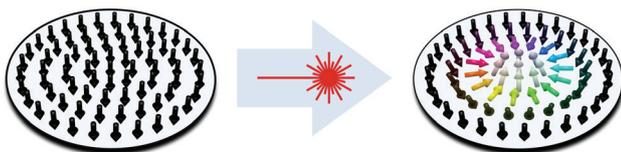


Fig. 1: A laser pulse transforms a uniform magnetization (magnetization down everywhere) to a skyrmion swirl where the magnetization in the center points up. This transformation changes the so-called topology of the system.

Abb. 1: Ein Laserlichtpuls verwandelt die gleichmäßige Magnetisierung (überall nach unten gerichtet) einer dünnen magnetischen Schicht in einen Skyrmionenwirbel, wo die Magnetisierung im Zentrum nach oben zeigt. Diese Umwandlung ändert auch die sogenannte Topologie des Systems.

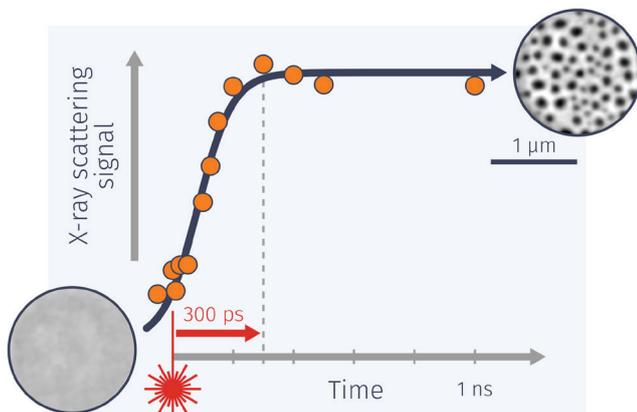


Abb. 2: Das Signal der Röntgenstreuung von einer dünnen magnetischen Schicht steigt durch die Erzeugung von Skyrmionen an, nachdem die Schicht mit einem Laser beschossen wurde. Nach 300 Pikosekunden ist die topologische Umwandlung abgeschlossen und die Skyrmionen haben sich gebildet. Die röntgenmikroskopischen Aufnahmen zeigen die magnetischen Muster in der Schicht vor (links) und nach (rechts) dem Beschuss. Die Skyrmionen zeigen sich als schwarze Punkte und haben eine Größe von durchschnittlich 70 Nanometern.

Fig. 2: The x-ray scattering signal from a thin magnetic film increases after it was hit by a laser pulse, monitoring the formation of skyrmions. After 300 picoseconds the topological transformation is finished and skyrmions were created. The x-ray microscopy images show the magnetic patterns in the thin film before (left) and after (right) the laser pulse hit the film. The skyrmions are identified with the black dots and have a size of 70 nanometers on average.

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

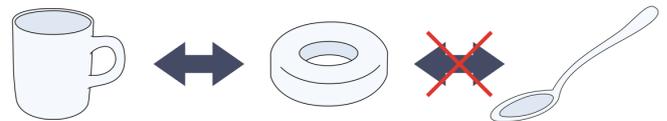
Infobox: Topologie

Die Topologie ist ein Konzept aus der Mathematik, um die Form oder Geometrie beispielsweise von Körpern zu beschreiben und zu unterscheiden. In der Physik wird dieses Konzept auch auf Vektorfelder wie die Magnetisierungsmuster in einer dünnen Schicht eines Materials angewendet. Zwei Körper haben die gleiche Topologie, wenn sie nur durch sogenannte kontinuierliche Transformationen ineinander überführt werden können. Dazu zählen Dehnen, Stauchen, Verbiegen und Verdrehen, aber nicht Schneiden und Kleben. Das führt zu dem Ergebnis, dass eine Tasse und ein Donut die gleiche Topologie teilen. Das kann man sich gut mit einer Tasse aus Modelliermasse vorstellen. Durch geschicktes Bearbeiten der Masse ist es möglich, aus der Tasse einen Donut zu formen, ohne die Masse Schneiden oder Kleben zu müssen. Anders verhält es sich, versucht man einen Donut aus einem Löffel zu formen. An irgendeinem Punkt muss man entweder das Donut-Loch in die Masse schneiden oder die zwei Enden einer Rolle mit einander verkleben. Löffel und Donut können also anhand ihrer Topologie unterschieden werden. In der Physik wird oft angenommen, dass eine gewisse Energiebarriere überwunden werden muss, um die Topologie eines Systems zu ändern.



Infobox: Topology

The topology is a mathematical concept to describe and distinguish the shape or geometry of, e.g., bodies. In physics, this concept is also applied to vector fields such as the magnetization pattern in a thin film. Two bodies have the same topology if they can be transformed into each other only by so-called continuous transformations such as stretching, compressing, bending, and twisting. However, cutting and gluing are not allowed in this context. This leads to the result that a mug and doughnut share the same topology. Just imagine a mug made of modeling clay: When skillfully deforming the clay, it is possible to form the doughnut without cutting or gluing the clay at any point in the process. However, it is impossible to model a doughnut out of a spoon in this way. At some point you will have to cut the doughnut hole or glue two ends of a roll to end up with a doughnut. So spoon and doughnut can be distinguished by their different topology. In physics, it is often assumed that a certain energy barrier has to be overcome in order to change the topology of a system.



MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Allgemein



8. Adlershofer Firmenstaffel – Gemeinsam stark bleiben!

Unter besonderen Bedingungen und Einhaltung des vorgeschriebenen Hygienekonzepts starteten am 3. September 2020 im Landschaftspark insgesamt 71 Teams in einzelnen Startblöcken zur 8. Adlershofer Firmenstaffel.

Auch das MBI ging mit zwei Teams an den Start: „tik tak toe“ und „born to run“

Wir danken unseren MBI-Läufern für Ihren sportlichen Einsatz:

Maximilian Fleischman, Clemens von Korf Schmising, Jakob Schauss, Samuel Shallcross, Daniel Schick und Felix Willems.

<https://gsbb-ev.de/adlershofer-firmenstaffel/>



MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 40 - November 2020

Termine - Save the date

Online/On site n.n.

Dienstag/Tuesday

8.12.2020 ca. 10:00 Uhr/10:00 a.m.

Betriebsrat/Institusversammlung/
MBI Works Assembly/Institute's Meeting

Online/On site n.n.

Dienstag/Tuesday 19.01.2021

MBI Tag / MBI Day

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.