

# MBI Interner Newsletter

Inhalte

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

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,

erfolgreiche Wissenschaft profitiert maßgeblich von den Diskussionen mit Kollegen, ob zuhause am Institut, online oder persönlich auf Konferenzen, die wir in den letzten anderthalb Jahren so schmerzlich vermisst haben.

Vor einigen Wochen habe ich die folgende Einladung zu einer Konferenz erhalten: "Lieber Dr. Marc J. J. Vrakking, ich hoffe, wir können uns über Ihre Arbeit in der Radiologie austauschen. Mein Interesse gilt insbesondere Ihrem kürzlich veröffentlichten Beitrag „Attosecond Imaging“.

Bei solchen Einladungen sollten natürlich alle Alarmglocken klingeln, wie es auch bei mir der Fall war. So überzeugt ich auch von der Bedeutung der Attosekundenforschung bin, so klar ist auch, dass sie relativ wenig mit Radiologie zu tun hat. Eine rasche Internetrecherche hat meinen Verdacht bestätigt. Ich bin auf einen Internetblog zu „Fake Konferenzen“ gestoßen, die vom Versender der Email, einem Dr. M. Osman, M.D. von der Europäischen Gesellschaft für Medizin organisiert werden. Trotzdem habe ich beschlossen, noch ein wenig Spaß mit der Sache zu haben. Also habe ich folgende kurze Antwort zurückgeschickt: „In meinem Beitrag werden verschiedene Themen angesprochen. Welches ist denn für Sie besonders relevant? Ich müsste das wissen, bevor ich meine Teilnahme zusagen kann.“

Schnell erhielt ich die Antwort: „Ich dachte an Atto second imaging“. Das war natürlich keine große Hilfe, also antwortete ich erneut: "Klar, das ist der Titel meines Artikels. Aber wie ich schon sagte, mein Beitrag umfasst mehrere Themen. Welches ist für Sie von besonderer Bedeutung? Ich würde das gerne wissen, bevor ich zusage.“

Spätestens jetzt wurde klar, dass ich keine ernsthafte Antwort mehr erhalten würde, also lehnte ich die Einladung ab. Das wiederum führte zur Nachfrage, die ich aufgrund meiner Recherche in besagtem Blog schon erwartete: „Wäre an Ihrer Stelle vielleicht ein Student oder Kollege verfügbar?“

Was ist nun die Moral der Geschichte und warum berichte ich hier überhaupt darüber? Ich möchte Sie vor solchen

## Editorial

Dear Members of the MBI,

Successful science significantly benefits from discussions with colleagues, at home, online or in person at the conferences that we have been sorely missing the last year-and-a-half.

A few weeks ago I got the following conference invitation "Dear Dr. Marc J J Vrakking, I am hoping we can have a discussion about your Radiology work. Your paper from a while ago was particularly interesting for me: „Attosecond imaging“."

It is the kind of invitation that should send alarm bells going off, and it did. For as much as I am convinced of the importance of attosecond science, it has precious little to do with radiology. A quick internet search confirmed my suspicion, with entire internet blogs devoted to the "fake conferences" organized by the sender of the e-mail, a Dr. M. Osman, M.D., working at the European Society of Medicine.

Still, I decided to have a little fun with this. So I sent a short response: "My paper covered many topics. Which of these would you consider most relevant? I need to know this before I consider accepting."

I quickly got an answer: "I was thinking Atto second imaging". That didn't help much, so I responded: "Sure, I know, that was the name of my paper. But as I said, my paper covered many topics. Which of these would you consider most relevant? I need to know this before I consider accepting."

By this time it was becoming clear that no serious answer would be forthcoming, so after one more unspecific response, I declined the invitation. Naturally, this led to the response that – based on having read one of the blogs – I could have expected: "Might a student or colleague be available instead?"

What is the moral of this story and why am I discussing it here? It is to warn about the unfortunate proliferation of semi-serious or even blatantly fake conferences and scientific journals. Indeed, instead of this little anecdote I could also have used the one from a few years ago where I was asked to submit a paper by a publisher who just previously had gotten himself in trouble by being exposed as a publisher who published refereed, yet computer-generated articles....

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

halbseriösen oder sogar offenkundig vorgetäuschten Konferenzen und wissenschaftlichen Zeitschriften warnen, für die gegenwärtig Einladungen verbreitet werden. Ich könnte weitere Beispiele von unseriösen Einladungen anführen, z.B. wie ich einmal gebeten wurde, einen Artikel bei einem Verleger einzureichen, der sich kurz zuvor in Schwierigkeiten gebracht hatte indem er dabei entlarvt wurde, dass er zwar begutachtete, aber computergenerierte Artikel veröffentlichte.

Es ist eine bedauerliche Tatsache, dass heutzutage, wo viele Konferenzen und Zeitschriften um die Aufmerksamkeit und Teilnahme von Wissenschaftlern wetteifern, die Arena von immer mehr Akteuren bespielt wird, die gar nicht durch wissenschaftlichen Fortschritt motiviert sind sondern bei denen klar das persönliche finanzielle Vorankommen im Zentrum des Interesses steht.

Wenn Sie also zu einer Konferenz oder zur Veröffentlichung eines Beitrags in einer Zeitschrift eingeladen werden, freuen Sie sich darüber, aber überprüfen Sie zuallererst, ob die Person oder Organisation, die sie einlädt, integer ist. Sofern Sie unter den Konferenzorganisatoren oder unter den Mitgliedern eines Editorial Boards einige bekannte Kollegen wiedererkennen, dann sind Sie wahrscheinlich auf der sicheren Seite. Aber wenn nicht, handelt es sich nicht um die Konferenz oder Zeitschrift, auf die Sie Ihre Zeit verschwenden wollen.

Noch ein letztes Wort. Nach allem, was ich in dem besagten Blog gelesen habe, hätte ich eigentlich schon damit rechnen können. Letzte Woche erhielt ich eine erneute Einladung, von einem Dr. L. Smith, M. D. „Einer Ihrer Artikel hat kürzlich mein Interesse geweckt und ich dachte, es wäre gut, mit Ihnen in Kontakt zu treten. Es geht um den Beitrag „Attosecond Imaging“. Als Herausgeber einer Sonderausgabe zum Thema „Advancements in Radiology“ frage ich mich, ob Sie daran interessiert wären, einen Beitrag für die Ausgabe zu verfassen.“ Ich habe freundlich abgelehnt und ergänzt: „Bitte richten Sie Dr. Osman meine besten Grüße aus, ich glaube, er ist mit Ihnen befreundet.“

Für das Direktorium:  
Marc Vrakking

It is an unfortunate fact of life that these days, with many conferences and journals vying for the attention and attendance of scientists, this arena is polluted by an increasing number of initiatives that are not at all motivated by the advancement of science, and that only serve the personal financial advancement of the organizers/publishers.

So, if you get invited to a conference or to contribute to a journal, enjoy it but first-and-foremost check the legitimacy of the person or organization that is inviting you. If you recognize many of your peers among the conference organizers, or if you recognize many of your peers on the editorial board, then you are probably on safe ground. But if not, chances are that this is not the conference or journal that you want to waste your time on.

A final word. Based on what I read on the internet blog I could perhaps have expected it. Last week I received another invitation, from a Dr. L. Smith, M.D. “One of your articles caught my interest recently and I thought I might get in contact with you. It was your article „Attosecond imaging“. I am serving as the editor of a special issue on Advancements in Radiology and I am wondering if you would be interested in composing something to be included in the issue.”

I kindly declined, and added: “Please give my regards to Dr. Osman, I assume he is a friend of yours.”

For the Board of Directors:  
Marc Vrakking

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

## Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts  
(Stand: 10.05.2021 - alphabetische Reihenfolge)

Amini, Kasra  
wissenschaftlicher Mitarbeiter A1  
Tel. 1207  
E-Mail: [amini@mbi-berlin.de](mailto:amini@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.03.2021

Arteaga-Sierra, Francisco  
wissenschaftlicher Mitarbeiter T1  
E-Mail: [arteaga@mbi-berlin.de](mailto:arteaga@mbi-berlin.de)  
Beginn: 15.04.2021

Gonochenko, Bogdan  
wissenschaftlicher Mitarbeiter T1  
E-Mail: [gonochen@mbi-berlin.de](mailto:gonochen@mbi-berlin.de)  
Beginn: 15.04.2021

Heilemann, Rico  
Studentische Hilfskraft T1  
Tel. 1364  
E-Mail: [heileman@mbi-berlin.de](mailto:heileman@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.05.2021

Petz, Sascha  
Gastwissenschaftler B2  
E-Mail: [petz@mbi-berlin.de](mailto:petz@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.05.2021

Rodriguez Diaz, Fernando  
wissenschaftlicher Mitarbeiter A1  
Tel. 1257  
E-Mail: [diaz@mbi-berlin.de](mailto:diaz@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.04.2021

Ruberti, Marco  
Gastwissenschaftler T1  
E-Mail: [ruberti@mbi-berlin.de](mailto:ruberti@mbi-berlin.de)  
Beginn: 01.05.2021

Ausgeschiedene Mitarbeiter  
(Stand: 10.05.2021 - alphabetische Reihenfolge)

Bertram, Friedrich  
Chahrour, Fouad  
Drescher, Lorenz  
Jotshi, Mehul  
Kluwe, Eric  
Köksal, Leal  
Li, Xiaochen  
Mei, Chao  
Palacino González, Elisa  
Priyadarshi, Shekhar  
Sharma, Rohit  
Smaliukas, Povlias  
Treffler, Alexander  
Trivikram, Talluri  
Vrakking, Savannah

Gastwissenschaftler, B2  
Masterstudent, T3  
wiss. Mitarbeiter, A2  
stud. HK, A2  
technischer Mitarbeiter, Bt  
Praktikantin, A2  
stud. HK, C2  
Gastwissenschaftler, C2  
wiss. Mitarbeiterin, T4  
wiss. Mitarbeiter, C3  
Praktikant, A2  
stud. HK, A3  
wiss. Mitarbeiter, C2  
wiss. Mitarbeiter, A3  
Praktikantin, A2

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/  
Master- & Diplomarbeiten

### P. Hessing

Interference-Based Spectroscopy with XUV Radiation  
Dissertation (2021) Technische Universität Berlin

### F. Mahler

Ultraschnelle Ladungsträger- und Gitterdynamik in GaN- und GaAs-basierten Übergittern  
Dissertation (2021) Humboldt-Universität zu Berlin

### M. Sauppe

Zeitaufgelöste Dynamik von Clustern in intensiven extrem ultraviolett Dopplern  
Dissertation (2020) Technische Universität Berlin

### P. Stammer

Weak measurement in strong field physics  
Master (2020) Technische Universität Berlin

### H. Zimmermann

Strong-field excitation of neutral atoms in the tunneling and multiphoton regime and the role of nondipole effects  
Dissertation (2021) Technische Universität Berlin

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

## Betriebsrat

### Pandemie und kein Ende?

Es gibt wohl niemanden unter Ihnen, liebe Kolleginnen und Kollegen, der sich diese Frage nicht schon das eine oder andere Mal gestellt hat. Uns als Ihrem Betriebsrat ergeht es da nicht anders. Andererseits ist, nach dem was wir wissen, die Belegschaft des Instituts bisher recht gut durch diese schwere Zeit gekommen. Dies ist vor allem den strengen Verhaltens- und Hygienemaßnahmen zu verdanken, an die sich alle Beschäftigten im Interesse des Infektionsschutzes bisher vorbildlich gehalten haben und das sicherlich auch zukünftig tun. Dafür danken wir allen Kolleginnen und Kollegen herzlich.

Seit Mitte April werden als weitere Maßnahme zum Infektionsschutz im MBI Covid-19 Antigen-Tests angeboten. Die Tests finden zweimal wöchentlich (in der Regel montags und donnerstags) statt und sind für die Mitarbeiter kostenfrei. Sie können sich ganz einfach während der üblichen Bürozeiten ein Testkit in den Bereichssekretariaten abholen und sich für eines der 4 Zeitfenster (zwischen 10:00 und 11:30 Uhr jeweils zu jeder halben Stunde) eintragen lassen. Zur Probenentnahme und zur Ermittlung des Testergebnisses werden Sie kontaktlos per Zoom-Konferenz von den Ersthelferinnen betreut. Falls gewünscht erhalten Sie im Anschluss eine schriftliche Bestätigung über ein negatives Testergebnis. Im Falle eines positiven Testergebnisses müssen Sie unverzüglich das Institut verlassen und sich in häusliche Quarantäne begeben. Außerdem ist dann die Durchführung eines PCR-Tests obligatorisch, um das Testergebnis zu verifizieren. Eine Auflistung der PCR-Testzentren finden Sie unter [https://test-to-go.berlin/wp-content/uploads/2021/04/Anbieter\\_PCR\\_Nachtestung.pdf](https://test-to-go.berlin/wp-content/uploads/2021/04/Anbieter_PCR_Nachtestung.pdf).

Pro Zeitfenster und Bereich können maximal 5 Probanden getestet werden. Daraus ergibt sich eine theoretische Kapazität von 60 Tests pro Tag. Wir möchten Sie deshalb ausdrücklich ermuntern, diese Testmöglichkeit im Interesse der eigenen Sicherheit sowie der Ihrer Kolleginnen und Kollegen in Anspruch zu nehmen. Bietet das regelmäßige Testen in allen Bereichen der Gesellschaft nicht die Chance, schneller wieder in unser gewohntes Leben zurückkehren zu können, indem symptomlose aber trotzdem infektiöse Personen schneller identifiziert werden können?

Im diesen Sinne wünschen wir Ihnen: Bleiben Sie stark und halten Sie durch!

Viele Grüße im Namen des Betriebsrates  
Peter Scholze

## Works Council

### No end of the Pandemic?

There is probably no one among you, dear colleagues, who has not asked this question one time or another. It is the same for us as works council. As far as we know, the institute's staff has gotten through these difficult times quite well up to now. This is mainly due to the wide range of workforce-protection at MBI that all staff members had followed in an exemplary manner and will certainly continue to do so in the future. We would like to thank all of our colleagues for this.

Since mid-April, Covid-19 antigen tests have been offered in addition to the protective interventions at MBI. The testing takes place twice a week (usually Mondays and Thursdays) and are costless for staff members. You can pick up a test kit from the secretariats during normal office hours and register for one of the 4 time slots (between 10:00 and 11:30 every half hour). The trained first aiders will guide you through the nasopharyngeal swab to the evaluation of the test result contactlessly via zoom sessions. If required, you will receive a written confirmation of a negative test result. If you have a positive test result, you must leave the institute immediately and go into quarantine at home. In addition, a PCR test is then mandatory to verify the test result.

A list of the PCR test centers can be found at [https://test-to-go.berlin/wp-content/uploads/2021/04/Anbieter\\_PCR\\_Nachtestung.pdf](https://test-to-go.berlin/wp-content/uploads/2021/04/Anbieter_PCR_Nachtestung.pdf).

In each house 5 staff members can be tested in a time slot. This results in a theoretical capacity of 60 tests per day. We strongly encourage you to take advantage of this test option in the interest of your own safety and that of your colleagues. Doesn't regular testing offer the chance to return to our normal life more quickly while asymptomatic but nevertheless infectious persons can be identified more quickly?

In this sense we wish you all the best, stay healthy and keep going.

Best regards on behalf of the works council  
Peter Scholze

## Vereinbarkeit Beruf und Familie



## Comptability of work and family life

### Audit berufundfamilie: Konsolidierung

### Audit berufundfamilie: Consolidation

Im Jahr 2015 wurde das MBI erstmals im Rahmen des Audits berufundfamilie als familienfreundlich zertifiziert. Drei Jahre später wurden die zu Beginn gesteckten Ziele überprüft und das Institut erfolgreich reauditiert. Nachdem wir in den letzten drei Jahren einige Meilensteine in dem Verfahren absolvieren konnten, wie die Formulierung von „Leitaussagen zur familien- und lebensphasenbewussten Führung“ (siehe Newsletter 4/2020) oder Vereinbarungen zum mobilen Arbeiten (siehe Newsletter 4/2019), tritt das MBI in diesem Jahr in die Phase der „Konsolidierung“ ein.

In 2015, the MBI was certified as family-friendly for the first time as part of the berufundfamilie audit. Three years later, the goals set at the beginning were reviewed and the institute was successfully re-audited. After completing a number of milestones in the process over the past three years, such as the formulation of „Guiding statements on family- and life-phase-conscious leadership“ (see Newsletter 4/2020) or agreements on mobile working (see Newsletter 4/2019), the MBI is entering the „consolidation“ phase this year.

Das Konsolidierungsverfahren umfasst vier wesentliche Schritte, die wir z.T. bereits absolviert haben.

The consolidation process comprises four main steps, some of which we have already completed.

1. **Review Rahmen:** im ersten Schritt wurde am 30. April der „Rahmen“ der familien- und lebensphasenbewussten Personalpolitik durch die Auditorin Christine Schöneberg (in Vertretung unserer Auditorin Gabriele Eylers) mithilfe von online-Meetings überprüft. Es wurden dabei Gespräche mit verschiedenen Funktionstragenden (Abteilungs- und GruppenleiterInnen, Betriebsrat, Personal) sowie mit dem geschäftsführenden Direktor geführt, um die institutionelle Verankerung des Themas zu evaluieren.
2. **Review Kultur:** am 20. Mai wurden eine Reihe von Interviews mit Beschäftigten aus unterschiedlichen Ebenen und Bereichen durchgeführt (MitarbeiterInnen aus den Servicebereichen, TechnikerInnen, DoktorandInnen, WissenschaftlerInnen) um die Durchdringung und die Verankerung, also die gelebte Selbstverständlichkeit der familien- und lebensphasenbewussten Personalpolitik am MBI stichprobenartig zu erheben.
3. **Leitungsgespräch:** in einem Gespräch mit den Direktoren stellt die Auditorin der Institutsleitung die bislang gewonnenen Ergebnisse des gesamten Verfahrens vor, zeigt Stärken und Handlungsbedarfe auf und legt gemeinsam mit dem Institut fest, welches Thema im Vertiefungsmodul noch weitergehend bearbeitet wird.
4. **Vertiefungsmodul:** schließlich wird in einem Vertiefungswerkshop am 3. Juni das Schwerpunktthema näher beleuchtet. Die Ausrichtung des Moduls sowie das genaue Vorgehen im Vertiefungsmodul sind jeweils spezifisch und individuell auf das Institut zugeschnitten.

1. **Review “framework”:** in the first step, the framework of the family and life phase-conscious personnel policy was reviewed by the auditor Christine Schöneberg with the help of online meetings on April 30. Discussions were held with various functional groups (department and group managers, works council, personnel) as well as with the managing director in order to evaluate the institutional anchoring of the topic.
2. **Review “culture”:** on May 20, a series of interviews were conducted with employees from different levels and areas (service areas, technicians, PhDs, scientists) in order to randomly survey the penetration and the anchoring, i.e. how the family and life phase-conscious personnel policy at MBI is implemented.
3. **Management discussion:** in a meeting with the directors, the auditor presents the results of the entire process obtained so far to the management, identifies strengths and needs for action, and determines together with the institute which topic will be worked on further in the in-depth module.
4. **In-depth module:** finally, the focus topic will be examined in more detail in an in-depth workshop on June 3. The in-depth module is in each case specific and individually tailored to the institute.

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

Als Ergebnis aus der Rahmen- und Kulturprüfung sowie den Schlussfolgerungen aus dem Leitungsgespräch und dem Vertiefungsmodul wird erneut eine Zielvereinbarung geschlossen, die in den nächsten drei Jahren umzusetzen ist.

Wir möchten an dieser Stelle allen Kolleginnen und Kollegen danken, die sich für die bislang geführten Interviews zur Verfügung gestellt haben. Wir haben uns als Organisatoren des Verfahrens am MBI sehr gefreut, dass alle Angefragten bereit waren, an dem Prozess mitzuwirken. Auch die Auditorin zeigte sich durchaus zufrieden mit den sehr interessanten und aufschlussreichen Interviews. Wir werden Sie weiter im Newsletter und auf anderen Wegen auf dem Laufenden halten, was die Zielerreichung in den nächsten drei Jahren angeht. Sicher werden wir weiterhin auf Ihre Unterstützung angewiesen sein.

Die Ergebnisse werden nach Abschluss des Verfahrens auch auf der folgenden Intranetseite hinterlegt:

<https://internal.mbi-berlin.de/working-at-the-mbi/equal-opportunity/auditing>

Margret Rink & Alexander Grimm  
Tel. 1551 / Tel. 1500

As a result of the framework and culture review and the conclusions from the management meeting and the in-depth module, a target agreement is again concluded, which has to be implemented over the next three years.

We would like to take this opportunity to thank all colleagues who have made themselves available for the interviews, so far conducted. As the organizers of the process at MBI, we were very pleased that all those approached were willing to participate in the process. The auditor was also quite satisfied with the very interesting and informative interviews. We will continue to keep you informed in the newsletter regarding the achievement of our goals over the next three years. We will certainly continue to rely on your support.

The results will also be posted on the following intranet page once the process has been completed:

<https://internal.mbi-berlin.de/working-at-the-mbi/equal-opportunity/auditing>

Margret Rink & Alexander Grimm  
Tel. 1551 / Tel. 1500

Abb. Auditierungsprozess von berufundfamilie

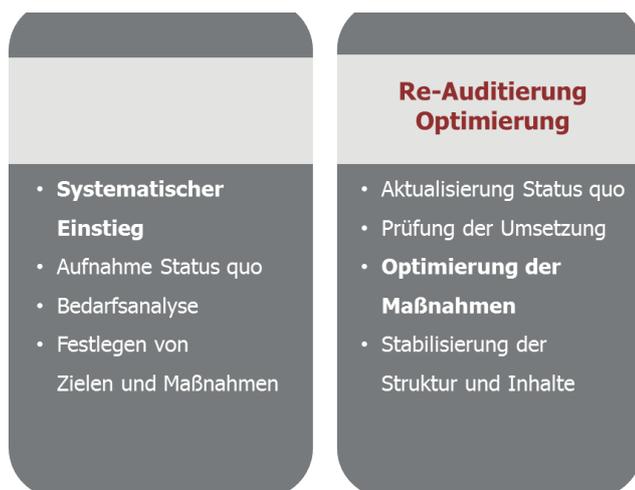


Fig. Auditing process berufundfamilie



# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

## Projekteinwerbungen

### Bereich C

**Projektbezeichnung:** AvH USA 1215191

Prof. R. Smith UC Davis, Stipendium

**Laufzeit:** 01.06.21- 30.11.21

**Gastgeber:** K. Reimann

**Geldgeber:** AvH

### Bereich T

**Projektbezeichnung:** MSCAC EU Qumato

Quantum Materials Probed with Attosecond Optoelectronics

**Laufzeit:** 01.08.21- 31.07.24

**Projektleiter:** A. Jiménez Galán

**Geldgeber:** EU

## Forschungsergebnisse

### Schwingende Elektronen in Wasser senden Terahertzwellen

Die Ionisation von Wassermolekülen durch Licht erzeugt freie Elektronen in der Flüssigkeit. Nach der Erzeugung bildet sich ein lokalisiertes Elektron, das an einem neuen Ort von einer Hülle räumlich orientierter Wassermoleküle umgeben ist, das sog. solvatisierte Elektron. Während des ultraschnellen Lokalisierungsvorgangs werden starke Schwingungen des Elektrons und der umgebenden Wasserhülle angestoßen, die zur Emission von Terahertzwellen für einige zehn Pikosekunden führen.

Die Ionisation von Atomen und Molekülen durch Licht ist ein elementarer physikalischer Vorgang, bei dem ein negativ geladenes freies Elektron und positiv geladenes Mutterion erzeugt werden. Wenn man flüssiges Wasser ionisiert, durchläuft das freie Elektron eine Abfolge ultraschneller Prozesse durch die es Energie verliert und schließlich in einer neuen Umgebung lokalisiert, umgeben von einer Hülle aus Wassermolekülen (Abb. 1). Die räumliche Lokalisierung, ein sog. Solvationsprozess, ist mit einer Reorientierung von Wassermolekülen verbunden um die Energie elektrischer Wechselwirkungen zwischen dem Elektron und den dipolaren Wassermolekülen zu minimieren. Das solvatisierte Elektron unterliegt den Gesetzen der Quantenmechanik und weist diskrete Energiezustände auf. Der Lokalisierungsprozess läuft im Zeitbereich unter einer Pikosekunde ab ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s} = \text{ein Millionstel einer Millionstel Sekunde}$ ), gefolgt von etwas langsameren Prozessen der Energieumverteilung in der Flüssigkeit.

Unsere Forscher haben jetzt erstmals Infrarotstrahlung im Terahertzbereich beobachtet ( $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz} = 10^{12}$  Schwingungen pro Sekunde), die während des Lokalisierungsvorgangs der Elektronen ausgelöst wird. Wie sie in der neuen Ausgabe der Zeitschrift *Physical Review Letters*, Vol. 126, 097401 (2021) berichten, kann die THz-Emission bis zu 40 ps andauern, d.h. sehr viel länger als der eigentliche Lokalisierungsprozess. Die Frequenz der Strahlung liegt zwischen 0.2 und 1.5 THz und hängt von der Elektronenkonzentration in der Flüssigkeit ab.

Die ausgesandten THz-Wellen sind auf Schwingungen der solvatisierten Elektronen und ihrer Wasserhüllen zurückzuführen. Die Schwingungsfrequenz ist durch das lokale elektrische Feld bestimmt, das die flüssige Umgebung auf das lokalisierte Quantensystem ausübt. Dieses Feld ändert sich wenn man der Flüssigkeit Elektronen hinzufügt, weshalb die Schwingungsfrequenz von der Elektronenkonzentration abhängt. Sehr überraschend ist die geringe Dämpfung der Oszillationen, ein Verhalten das auf eine schwache Kopplung an die fluktuierende weitere Wasserumgebung und einen longitudinalen Charakter der Bewegungen von Elektronen und Wassermolekülen hindeutet. Die neuen experimentellen Ergebnisse werden durch ein

## Research Highlights

### Terahertz waves from electrons oscillating in liquid water

Ionization of water molecules by light generates free electrons in liquid water. After generation, the so-called solvated electron is formed, a localized electron surrounded by a shell of water molecules. In the ultrafast localization process, the electron and its water shell display strong oscillations, giving rise to terahertz emission for tens of picoseconds.

Ionization of atoms and molecules by light is a basic physical process generating a negatively charged free electron and a positively charged parent ion. If one ionizes liquid water, the free electron undergoes a sequence of ultrafast processes by which it loses energy and eventually localizes at a new site in the liquid, surrounded by a water shell [Fig. 1]. The localization process includes a reorientation of water molecules at the new site, a so-called solvation process, in order to minimize the electric interaction energy between the electron and the water dipole moments. The localized electron obeys the laws of quantum mechanics and displays discrete energy levels. Electron localization occurs in the subpicosecond time range ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s} = \text{a millionth of a millionth of a second}$ ) and is followed by dissipation of excess energy into the liquid.

Our researchers have now observed radiation in the terahertz range ( $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz} = 10^{12}$  oscillations per second) which is initiated during the electron localization process. As they report in the recent issue of *Physical Review Letters*, Vol. 126, 097401 (2021), the THz emission can persist for up to 40 ps, i.e., much longer than the localization process itself. It displays a frequency between 0.2 and 1.5 THz, depending on the electron concentration in the liquid.

The emitted THz waves originate from oscillations of the solvated electrons and their water shells. The oscillation frequency is determined by the local electric field the liquid environment exerts on this quantum system. Adding hydrated electrons to the liquid changes the local field and, thus, induces a change of oscillation frequency with electron concentration. Most surprising is the comparably weak damping of the oscillations which points to a weak interaction with the fluctuating larger environment in the liquid and a longitudinal character of the underlying electron and water motions.

The new experimental results are accounted for by a theoretical model based on a polaron picture as explained in Fig. 1. The polaron is an excitation which includes coupled motions of the electron and the water shell at low frequency. Due to such internal oscillations of charge, the hydrated electron radiates a THz wave. The weak damping of this wave allows for a manipulation of the emission, e.g., by interaction of the hydrated electron with a sequence of ultrashort light pulses.

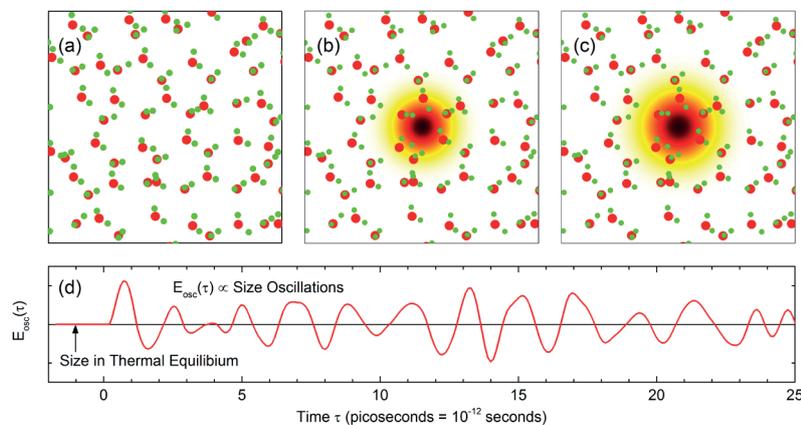
theoretisches Modell erklärt das auf dem Konzept sog. Polaronen beruht (Abb. 1). Das Polaron ist eine elementare Anregung die in gekoppelten Bewegungen eines Elektrons und der Wasserhülle besteht. Diese Bewegungen gekoppelter Ladungen besitzen Frequenzen im THz-Bereich und führen zur Abstrahlung von THz-Wellen. Die geringe Dämpfung der Schwingungen wird in zukünftigen Experimenten eine Manipulation der abgestrahlten Wellen ermöglichen, etwa durch Wechselwirkung des solvatisierten Elektrons mit einer Abfolge ultrakurzer Lichtimpulse.

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

**Original publication:**

A. Ghalgaoui, B. P. Fingerhut, K. Reimann, T. Elsaesser, M. Woerner „Terahertz Polaron Oscillations of Electrons Solvated in Liquid Water“ Phys. Rev. Lett. 126, 097401 (2021) (Editor's suggestion)

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.126.097401>



**Abb 1.** Graphische Darstellung eines oszillierenden Polarons in flüssigem Wasser. (a) Schema von flüssigem Wasser mit verbrückten Wassermolekülen (rot: Sauerstoffatome, grün: Wasserstoffatome). (b) Solvatisiertes Elektron in Wasser (gelb-rote Wolke). Das Elektron zieht die Wasserstoffatome der Wassermoleküle elektrisch an und polarisiert damit die Umgebung elektrisch. Dies führt zu einer selbstkonsistenten Potentialmulde für das Elektron. Das so solvatisierte Elektron ist ein elementares Quantensystem. (c) Die gemeinsame Bewegung des Elektrons und seiner Wasserhülle, eine sogenannte Polaron-Anregung, kann zu periodischen Änderungen in der Größe des solvatisierten Elektrons führen (Teilbilder (b) und (c)). Damit wird die elektrische Polarisation des Systems periodisch verändert. (d) Die oszillierende elektrische Polarisation emittiert eine elektrische Welle im THz-Bereich. Das abgestrahlte elektrische Feld  $E_{osc}(\tau)$  ist die im Experiment beobachtete Meßgröße und hier als Funktion der Zeit  $\tau$  gezeigt.

**Fig. 1.** Cartoon of an oscillating polaron in liquid water: (a) Schematic network of hydrogen-bonded water molecules of neat water (red: oxygen atoms, green: hydrogen atoms). (b) Electron solvated in water (yellow-red cloud). The electron attracts the hydrogen atoms of water molecules, thereby polarizing its environment of water molecules and generating a self-consistent potential trap for the electron. The electron solvated this way represents an elementary quantum system (c) A possible elementary excitation is a combined motion of the electron and the water shell, a so-called polaron. The polaron can be connected with an oscillation of the size of the quantum system (panels (b) and (c)), changing the strength of the overall electric polarization originating from the water molecules. (d) The oscillating electric polarization emits an electric field  $E_{osc}(\tau)$  which is plotted as a function of time  $\tau$  and represents the quantity observed experimentally.

## Forschungsergebnisse

### Topologischer Schutz versus Grad der Verschränkung von Zwei-Photonen-Licht in photonischen topologischen Isolatoren

In gemeinsamer Arbeit haben Forscher der Humboldt Universität zu Berlin, des Max-Born-Institut und der University of Central Florida notwendige Kriterien für den robusten Transport von verschränktem Zwei-Photon-Licht in photonischen topologischen Isolatoren herausgearbeitet, was den Weg ebnet hin zum rausch-resistenten Transport von Quanteninformationen. Die Ergebnisse sind nun in „Nature Communications“ erschienen.

Topologische Isolatoren - ursprünglich in Festkörpersystemen entdeckt – sind zwei-dimensionale Materialien, die streuungsfreien (uni-direktionalen) Transport entlang ihres Randes erlauben, sogar im Beisein von Defekten und Unordnung. Im Wesentlichen sind topologische Isolatoren endliche Kristallgittersysteme in denen sich, mit passender Terminierung des zugrundeliegenden unendlichen Gitters, Randzustände bilden, welche innerhalb einer wohl-definierten Bandlücke zwischen den Volumenzuständen liegen. Mit anderen Worten, die Randzustände sind von den Volumenzuständen energetisch separiert, siehe Abb. (1)

Die Einzelteilchen-Randzustände in solchen System sind von herausragender Bedeutung, da diese topologisch vor Streuung geschützt sind: Sie können weder in den Festkörper streuen, da ihre Energie in der Bandlücke liegt, noch können sie rückwärts streuen, weil rückwärts propagierende Randzustände entweder nicht existieren oder nicht an die vorwärts propagierenden Zustände gekoppelt sind.

Die Realisierbarkeit komplexer Hamilton-Operatoren mithilfe integrierter photonischer Gitter, kombiniert mit der breiten Verfügbarkeit von verschränkten Photonen, eröffnet die faszinierende Möglichkeit topologisch-beschützte, verschränkte Zustände in der optischen Quanteninformationsverarbeitung zu verwenden (siehe z.B. Science 362, 568, (2018) und Optica 6, 955 (2019)).

Dieses Ziel zu erreichen ist jedoch nicht trivial, denn topologischer Schutz lässt sich nicht ohne weiteres auf Mehrteilchen (Rück-)streuung ausweiten. Zunächst erscheint dies kontraintuitiv, denn individuell ist jedes der Teilchen per Topologie geschützt, jedoch können verschränkte (korrelierte) Teilchenpaare höchst anfällig gegenüber Störungen des idealen Kristallgitters sein. Das zugrundeliegende physikalische Prinzip dieser offensichtlichen „Diskrepanz“ ist, dass – quantenmechanisch gesehen – identische Teilchen durch Zustände beschrieben werden, die einer Austauschsymmetrie genügen.

In ihrer Arbeit erzielen die Forscher mehrere grundlegende Fortschritte hin zu einem detaillierten Verständnis und zur Kontrolle von topologischem Schutz im Kontext von Mehrteilchenzuständen:

## Research Highlights

### Topological protection versus degree of entanglement of two-photon light in photonic topological insulators

In a joint effort, researchers from the Humboldt-Universität, the Max Born Institute and the University of Central Florida, have revealed the necessary conditions for the robust transport of entangled states of two-photon light in photonic topological insulators, paving the way towards noise-resistant transport of quantum information. The results have appeared in Nature Communications

Originally discovered in condensed matter systems, topological insulators are two-dimensional materials that support scattering-free (uni-directional) transport along their edges, even in the presence of defects and disorder. In essence, topological insulators are finite lattice systems where, given a suitable termination of the underlying infinite lattice, edge states are formed that lie in a well-defined energy gap associated with the bulk states, i.e. these edge states are energetically separated from the bulk states, see Fig 1.

Importantly, single-particle edge states in such systems are topologically protected from scattering: they cannot scatter into the bulk due to their energy lying in the gap, and they cannot scatter backwards because backward propagating edge states are either absent or not coupled to the forward propagating edge states.

The feasibility of engineering complex Hamiltonians using integrated photonic lattices, combined with the availability of entangled photons, raises the intriguing possibility of employing topologically protected entangled states in optical quantum computing and information processing (Science 362, 568, (2018), Optica 6, 955 (2019)).

Achieving this goal, however, is highly nontrivial as topological protection does not straightforwardly extend to multi-particle (back-)scattering. At first, this fact appears to be counterintuitive because, individually, each particle is protected by topology whilst, jointly, entangled (correlated) particles become highly susceptible to perturbations of the ideal lattice. The underlying physical principle behind this apparent ‘discrepancy’ is that, quantum-mechanically, identical particles are described by states that satisfy an exchange symmetry principle.

In their work the researchers make several fundamental advances towards understanding and controlling topological protection in the context of multi-particle states:

*First*, they identify physical mechanisms which induce a vulnerability of entangled states in topological photonic lattices and present clear guidelines for maximizing entanglement without sacrificing topological protection.

*Second*, they establish and demonstrate a threshold-like behavior of entanglement vulnerability and identify conditions for robust protection of highly entangled two-photon states.

*Erstens*, identifizieren sie die physikalischen Mechanismen, die eine Verwundbarkeit von verschränkten Zuständen induzieren und formulieren klare Richtlinien um Verschränkung zu maximieren, ohne dafür topologischen Schutz zu opfern.

*Zweitens*, etablieren und belegen sie ein Schwellenwertartiges Verhalten der Verwundbarkeit von Verschränkung und finden Bedingungen für den robusten Schutz von hochgradig verschränkten Zuständen

Um genau zu sein, untersuchen sie den Einfluss von Unordnung auf ein Kontinuum von Zwei-Photonen Zuständen, welches von vollständig korrelierten bis hin zu vollständig anti-korrelierten Zuständen reicht und dabei auch komplett separable Zustände umfasst. In ihrer Analyse betrachten sie zwei topologische Gitter, ein periodisches und ein aperiodisches. Im periodischen Fall verwenden sie das hexagonale Haldane Modell und im aperiodischen Fall ein quadratisches Gitter, welches die Einteilchendynamik des Quanten-Hall-Effektes abbildet.

Die Resultate zeichnen einen klaren Weg hin zur Erzeugung robuster Wellenpakete – maßgeschneidert für die spezifisch vorliegende Unordnung. Insbesondere finden sie Grenzen für die Stabilität von verhältnismäßig stark verschränkten Zuständen, und damit praktische Richtlinien zur Erzeugung von nützlichen verschränkten Zuständen in topologischen photonischen Systemen. Schließlich zeigen diese Ergebnisse, dass, um Verschränkung zu maximieren ohne den topologischen Schutz zu verlieren, die spektrale Korrelationsverteilung von Zwei-Photonen Zuständen in einem wohl-definierten "Fenster des topologischen Schutzes" liegen muss, siehe Abb. (2).

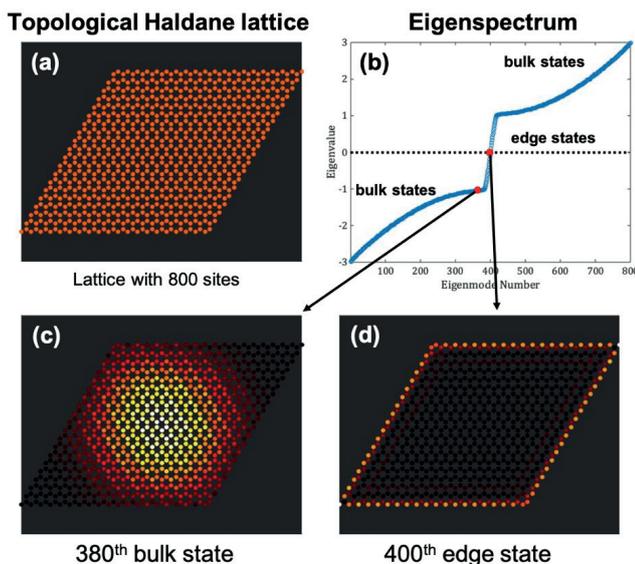
To be precise, they explore the impact of disorder onto a range of two-photon states that extend from the fully correlated to the fully anti-correlated limits, thereby also covering a completely separable state. For their analysis, they consider two topological lattices, one periodic and one aperiodic. In the periodic case they consider the Haldane model, and for the aperiodic case a square lattice, whose single-particle dynamics corresponds to the quantum Hall effect, is studied.

The results offer a clear roadmap for generating robust wave packets tailored to the particular disorder at hand. Specifically, they establish limits on the stability of entangled states up to relatively high degrees of entanglement that offer practical guidelines for generating useful entangled states in topological photonic systems. Further, these findings demonstrate that in order to maximize entanglement without sacrificing topological protection, the joint spectral correlation map of two-photon states must fit inside a well-defined topological window of protection, Fig. (2).

**Contact:** K. Tschernig, Tel. 1213, A. Jimenez-Galán, Tel. 1239, Misha Ivanov, Tel. 1210, Kurt Busch, Tel. 1261, Armando Perez-Leija, Tel. 1261

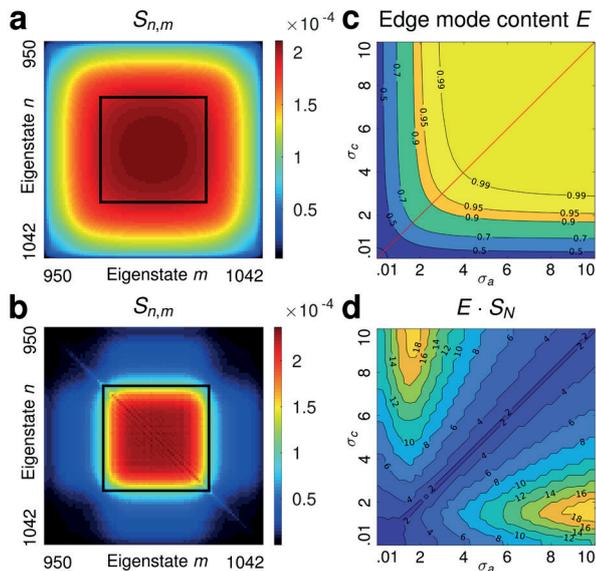
**Original publication:**

Konrad Tschernig, Álvaro Jimenez-Galán, Demetrios N. Christodoulides, Misha Ivanov, Kurt Busch, Miguel A. Bandres, Armando Perez-Leija  
„Topological protection versus degree of entanglement of two-photon light in photonic topological insulators“  
Nature Communications 12, Article number: 1974 (2021)  
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-22264-3>



**Fig. 1:** Topological insulators are finite-sized lattice systems (a) that exhibit eigenspectra where (b) the eigenenergies of bulk states (c) exhibit a band gap that (d) contains the eigenenergies of so-called edge states.

**Abb. 1:** Topologische Isolatoren sind endliche Gittersysteme (a), welche Eigenspektren besitzen (b), bei denen die Eigenenergien der Volumenzustände (c) eine Bandlücke aufweisen, welche die Eigenenergien der Randzustände (d) umfasst.



**Fig. 2:** Um das topologische Fenster des Schutzes zu finden, betrachten die Forscher einen spektral breiten Produktzustand als Anfangszustand und propagieren diesen durch ein Ensemble von 1000 zufälligen Haldane Gittern. (a) Zeigt die spektrale Korrelationsverteilung des Anfangszustands und (b) das Ensemble-Mittel der Korrelationsverteilung im Rand-Rand Unterraum nach der Propagation durch das Ensemble von ungeordneten Gittern. Es zeigt sich, dass die einzigen Zwei-Photon Amplituden, die die durch Unordnung induzierte Streuung überleben, innerhalb der Region liegen, die durch das schwarze Quadrat markiert ist – das Fenster des topologischen Schutzes. Zu guter Letzt, zeigen (c) und (d) jeweils den Randmodenanteil  $E$  und das Produkt des Randmodenanteils mit der Schmidtzahl  $E \cdot S_N$  als Funktion der Varianzen des Anfangszustandes.

**Fig. 2:** In order to identify the topological window of protection, the researchers considered a spectrally broad product state as initial state and propagate it through an ensemble of 1000 random Haldane lattices. (a) Depicts the spectral correlation map for the initial state and in (b) the ensemble-average of the spectral correlation maps inside the edge-edge subspace after the propagation through the ensemble of disordered lattices is shown. It is found that the only two-photon amplitudes that survive the scattering induced by the disorder lie in the region indicated by the black square which is the protection window. Finally, (c) and (d) display, respectively, the edge-mode content  $E$  and the product of the edge-mode content with the Schmidt-number  $E \cdot S_N$  as a function of the variances of the initial states.

## Forschungsergebnisse

### **Geschüttelt, nicht gerührt: Skyrmionen ultraschnell durchmischen**

Kleiner, schneller, energieeffizienter: Die zukünftigen Anforderungen an Computer und Datenspeicher sind schwer zu erfüllen und alternative Konzepte werden ständig erforscht. Kleine magnetische Texturen, sogenannte Skyrmionen, könnten ein Bestandteil neuartiger Speicher- und Logikbausteine werden. Um für eine technologische Anwendung in Frage zu kommen, ist jedoch eine schnelle und energieeffiziente Steuerung dieser nanometergroßen Skyrmionen erforderlich.

Magnetische Skyrmionen sind teilchenartige Magnetisierungsbereiche, die sich als sehr kleine Wirbel in einem ansonsten gleichmäßig magnetisierten Material bilden. In bestimmten ferromagnetischen dünnen Filmen sind Skyrmionen bei Raumtemperatur stabil, mit Durchmessern bis hinunter in den Bereich von zehn Nanometern. Es ist bekannt, dass Skyrmionen durch kurze elektrische Strompulse erzeugt und bewegt werden können. Erst kürzlich wurde entdeckt, dass auch kurze Laserpulse in der Lage sind, Skyrmionen zu erzeugen und zu vernichten. Im Gegensatz zu elektrischen Strompulsen können Laserpulse von Sub-Pikosekunden-Dauer verwendet werden, die einen schnelleren und potenziell energieeffizienteren Weg zum Schreiben und Löschen von mittels Skyrmionen gespeicherten Information bieten. Dies macht das Laser-Skyrmion-Schreiben interessant für technologische Anwendungen, z.B. für die alternative Realisierung von Speicher- und Logikfunktionen.

Forschende des Max-Born-Instituts haben gemeinsam mit Kolleg\*innen des Helmholtz-Zentrums Berlin, des Massachusetts Institute of Technology und weiterer Forschungseinrichtungen im Detail untersucht, wie sich die laserbasierte Erzeugung und Vernichtung von Skyrmionen kontrollieren lässt, um die Anwendung des Prozesses in Bauelementen zu fördern. Um die magnetischen Skyrmionen abzubilden, nutzte das Wissenschaftsteam eine auf Holografie basierende Röntgenmikroskopie, die die winzigen Magnetisierungswirbel mit einem Durchmesser von 100 Nanometern und weniger sichtbar machen kann. Da sie die Skyrmionen so sehen konnten, waren die Forschenden in der Lage, systematisch zu untersuchen, wie Laserpulse mit unterschiedlicher Intensität in Gegenwart eines externen Magnetfeldes Skyrmionen erzeugen oder löschen können. Untersucht wurden zwei optimierte Materialsysteme, in denen magnetische Skyrmionen entstehen können. Beide bestehen aus mehreren ultradünnen Schichten ferromagnetischer und paramagnetischer Materialien.

Angesichts der thermischen Natur des Prozesses ist es nicht überraschend, dass die Laserintensität gut gewählt sein muss. Es gibt ein materialabhängiges Fenster von Laserintensitäten zur Erzeugung eines neuen Skyrmionenmusters, das völlig unabhängig vom vorherigen magnetischen Zustand ist. Bei nied-

## Research Highlights

### **Shaken, not stirred: Reshuffling Skyrmions Ultrafast**

Smaller, faster, more energy-efficient: future requirements to computing and data storage are hard to fulfill and alternative concepts are continuously explored. Small magnetic textures, so-called skyrmions, may become an ingredient in novel memory and logic devices. In order to be considered for technological application, however, fast and energy-efficient control of these nanometer-sized skyrmions is required.

Magnetic skyrmions are particle-like magnetization patches that form as very small swirls in an otherwise uniformly magnetized material. In particular ferromagnetic thin films, skyrmions are stable at room temperature, with diameters down to the ten-nanometer range. It is known that skyrmions can be created and moved by short pulses of electric current. Only recently it was discovered that also short laser pulses are able to create and annihilate skyrmions. In contrast to electric current pulses, laser pulses of sub-picosecond duration can be used, providing a faster and potentially more energy-efficient route to write and delete information encoded by skyrmions. This makes laser skyrmion writing interesting for technological applications, including alternative memory and logic devices.

Scientists of Max Born Institute together with colleagues from Helmholtz-Zentrum Berlin, Massachusetts Institute of Technology and further research institutions now investigated in detail how laser-based creation and annihilation of skyrmions can be controlled to promote application of the process in devices. To image the magnetic skyrmions, the team of researchers used holography-based x-ray microscopy, which can make the tiny magnetization swirls with a diameter of 100 nanometer and less visible. Being able to see the skyrmions, they were able to systematically study how laser pulses with different intensity, applied in the presence of an external magnetic field, can create or delete skyrmions. Two types of material systems, designed to be able to host magnetic skyrmions in the first place, were investigated, both consisting of ultrathin multilayer stacks of ferromagnetic and paramagnetic materials.

Not surprisingly given the thermal nature of the process, the laser intensity has to be right. However, there is a material-dependent window of laser intensities which allows for the creation of a new skyrmion pattern which is completely independent of the previous magnetic state. For lower intensities, an existing pattern remains unaltered or is only slightly modified, for much higher intensities, the multilayer structure is damaged. Remarkably, the number of skyrmions created within the laser spot is not influenced by the laser intensity. Instead, the researchers found that the presence of an external magnetic field allows to precisely control the density of skyrmions created. The strength of the external field

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

rigeren Intensitäten bleibt ein bestehendes Muster unverändert oder wird nur geringfügig verändert, bei viel höheren Intensitäten wird die Mehrschichtstruktur beschädigt. Bemerkenswert ist, dass die Anzahl der Skyrmionen, die innerhalb des Laserfokus' entstehen, nicht von der Laserintensität beeinflusst wird. Jedoch fanden die Forschenden heraus, dass sich die Dichte der erzeugten Skyrmionen durch das Vorhandensein eines externen Magnetfeldes präzise steuern lässt. Die Stärke des externen Feldes bietet somit einen „Steuerknopf“, um die Anzahl der erzeugten Skyrmionen einzustellen und ermöglicht sogar die Vernichtung von Skyrmionen, wie die Wissenschaftler\*innen in der Zeitschrift *Appl. Phys. Lett.* berichten.

Sie demonstrierten die kontrollierte Erzeugung oder Vernichtung einzelner Skyrmionen innerhalb des Laserspots, wie es für Anwendungen in der Datenspeicherung erforderlich ist, wo ein einzelnes Bit durch die An- oder Abwesenheit eines Skyrmions dargestellt werden könnte. Von Interesse für mögliche Anwendungen ist jedoch auch die Fähigkeit, eine bestimmte Dichte von Skyrmionen simultan in dem von einem einzigen Laserpuls beleuchteten Bereich zu erzeugen. Dieser Prozess könnte als sogenannter „Skyrmionen-Reshuffler“, also einem „Mischer“ für Skyrmionen, im stochastischen Rechnen eingesetzt werden. Dort werden Zahlen als Folgen aus Zufallsbits von „0“ und „1“ dargestellt, wobei die Wahrscheinlichkeit, auf „1“ zu treffen, den Zahlenwert kodiert. Berechnungen können dann über logische Verknüpfungen zwischen einzelnen Bits verschiedener Eingangszahlen durchgeführt werden. Obwohl es sich im Vergleich zur vorherrschenden digitalen Logik eindeutig um einen Nischenansatz handelt, hat sich das stochastische Rechnen für bestimmte Probleme wie die Bildverarbeitung als vielversprechend erwiesen. Für korrekte Ergebnisse stochastischer Rechenoperationen werden jedoch vollständig randomisierte Bitfolgen als Eingangssignale benötigt. Wie in dieser Arbeit gezeigt wird, kann solch ein zufälliges Mischen von Skyrmionen optisch auf einer Zeitskala von Pikosekunden durchgeführt werden, kompatibel mit der Taktrate moderner Computer und viel schneller als in früheren Konzepten, die auf thermischer Diffusion basieren und auf der Zeitskala von Sekunden arbeiten.

therefore provides a knob to tune the number of skyrmions created and even allows for annihilation of skyrmions, as the scientists report in the journal *Applied Physics Letters*.

They demonstrated the controlled creation or annihilation of single skyrmions within the laser spot, as required for applications in data storage where a single bit could then be represented by the presence or absence of a skyrmion. Of interest for potential device application, however, is also the ability to simultaneously generate a particular density of skyrmions in the area illuminated by a single laser pulse. This process could be used as a “skyrmion reshuffler” in stochastic computing. There, numbers are represented as strings of random bits of “0” and “1”, with the probability to encounter “1” encoding the number value. Computations can then be carried out via logic operations between individual bits of different input numbers. While clearly a niche approach compared to the prevalent digital logic, stochastic computing has proven promising for particular problems such as image processing. However, completely randomized bit strings are needed as input signals for correct results of stochastic computing operations. As demonstrated in this work, such randomizing “reshuffling” of skyrmions can be performed optically on a timescale of picoseconds, compatible with state-of-the-art computer clock speed and much faster than in previous concepts based on thermal diffusion operating on the timescale of seconds.

**Contact:** S. Eisebitt, Tel. 1300, B. Pfau, Tel. 1321, K. Gerlinger, Tel. 1341

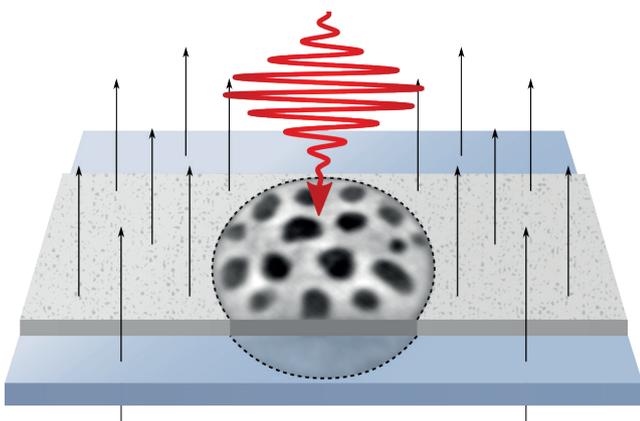
#### Original publication:

Kathinka Gerlinger, Bastian Pfau, Felix Büttner, Michael Schneider, Lisa-Marie Kern, Josefin Fuchs, Dieter Engel, Christian M. Günther, Mantao Huang, Ivan Lemesch, Lucas Caretta, Alexandra Churikova, Piet Hessing, Christopher Klose, Christian Strüber, Clemens von Korff Schmising, Siying Huang, Angela Wittmann, Kai Litzius, Daniel Metternich, Riccardo Battistelli, Kai Bagschik, Alexandr Sadovnikov, Geoffrey S. D. Beach, and Stefan Eisebitt

„Application concepts for ultrafast laser-induced skyrmion creation and annihilation“

*Appl. Phys. Lett.* 118, 192403 (2021)

<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0046033>



**Fig. 1:** A single laser pulse of appropriate intensity can create random skyrmion patterns with a density defined by an external magnetic field (thin arrows). This scheme of laser writing of skyrmions may be used as an ultrafast “skyrmion reshuffler” for stochastic computing. The area surrounded by the dashed line marks the field of view of the x-ray microscope used to see the magnetic skyrmions appearing as black dots. The field of view is 1  $\mu\text{m}$  in diameter.

**Fig. 1:** Abb. 1: Ein einzelner Laserpuls geeigneter Intensität kann zufällige Skyrmionenmuster mit einer durch ein externes Magnetfeld (dünne Pfeile) definierten Dichte erzeugen. Dieses Schema des Laserschreibens von Skyrmionen kann als ultraschneller „Skyrmionen-Reshuffler“ im stochastischen Rechnen verwendet werden. Der von der gestrichelten Linie umgebene Bereich markiert das Sichtfeld des Röntgenmikroskops, mit dem die magnetischen Skyrmionen als schwarze Punkte zu sehen sind. Das Sichtfeld hat einen Durchmesser von 1  $\mu\text{m}$ .

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

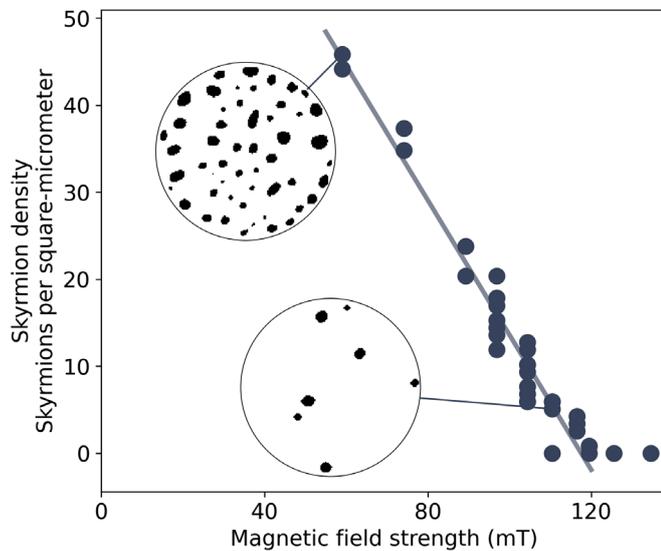


Abb. 2: Die Dichte der Skyrmionen als Funktion des äußeren Magnetfeldes. Mit abnehmendem Feld nimmt die Skyrmionendichte linear zu. Die eingefügten Bilder zeigen Beispiele für die durch den Laserpuls erzeugten Skyrmionenmuster, das Sichtfeld hat einen Durchmesser von 1,5  $\mu\text{m}$ .

**Fig 2:** The density of skyrmions as a function of the external magnetic field. As the field decreases the skyrmion density increases in a linear manner. The inset images show examples of the skyrmion patterns created by the laser pulse, the field of view is 1.5  $\mu\text{m}$  in diameter.

# MBI Interner Newsletter

12. Jahrgang - Ausgabe 42 - Mai 2021

**Termine - Save the date**

**Online/On site n.n.**

**Samstag, 5. Juni 2021 - abgesagt / cancelled**

Lange Nacht der Wissenschaften / Long Night of Sciences

**Donnerstag & Freitag, 30.9. & 1.10. 2021**

Wissenschaftlicher Beirat / SAB

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.