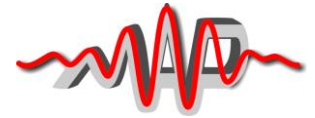




PRESSE-INFORMATION
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
und
Munich-Centre for Advanced Photonics



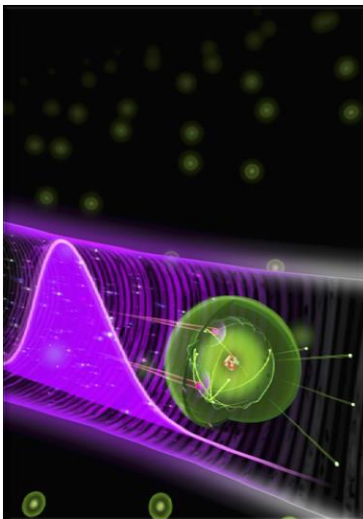
Garching, 23. Februar 2018

Vorstoß ins Innere der Atome

Mit Hilfe einer neuen Lasertechnologie haben es Physiker vom Labor für Attosekundenphysik der Ludwig-Maximilians-Universität und des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik geschafft, Attosekunden-Lichtblitze mit hoher Intensität und Photonenenergie zu produzieren. Damit konnten sie erstmals die Interaktion mehrerer Photonen in einem Attosekundenpuls mit Elektronen aus einer inneren atomaren Schale beobachten konnten.

Wer die ultraschnelle Bewegung von Elektronen in inneren atomaren Schalen beobachten möchte, der benötigt ultrakurze und intensive Lichtblitze bei genügend hoher Photonenenergie. Seit über 15 Jahren wird weltweit daran gearbeitet, genau dies zu erreichen. Physiker des Labors für Attosekundenphysik (LAP) der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) und des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik (MPQ) in Garching haben es nun geschafft, diese Bedingungen zu erfüllen. In ihrem Experiment konnten sie erstmals die nichtlineare Wechselwirkung eines Attosekundenpulses mit Elektronen aus einer inneren Atomschale beobachten. Dabei bedeutet nichtlinear, dass mehrere Photonen (in diesem Fall zwei) mit dem Atom interagieren. Möglich wurde dieser Fortschritt durch eine neu entwickelte Quelle für Attosekunden-Lichtblitze. Eine Attosekunde dauert ein Milliardstel einer milliardstel Sekunde.

Der Erkundung der ultraschnellen Elektronenbewegung, tief im Inneren von Atomen steht der Weg offen. Physiker des Labors für Attosekundenphysik der Ludwig-Maximilians-Universität München haben eine Technologie für die Erzeugung von Attosekunden-langen Lichtblitzen entwickelt, um Elektronen, die tief in Atomen verankert sind, in Echtzeit filmen zu können.



Das experimentelle Verfahren zum Filmen der Elektronenbewegung ist als „Pump-Probe-Verfahren“ bekannt. Dabei wird das Atom mit einem Photon aus einem ersten kurzen „Pump-Puls“, zu einer Bewegung angeregt und nach kurzer Verzögerung mit einem weiteren Photon aus einem „Probepuls“, fotografiert. Damit dies funktioniert, müssen die Photonen so dicht gepackt sein, dass das Atom zweimal hintereinander „getroffen“ werden kann. Um Elektronen in inneren atomaren Schalen erreichen zu können, muss die Photonenenergie zudem im oberen Bereich des extremen, ultravioletten Lichtspektrums (XUV-Licht) liegen. Bis jetzt war es nicht gelungen, Attosekundenpulse in diesem Spektralbereich mit einer genügend großen Anzahl an Photonen zu erzeugen.

Foto: Nachdem zwei Photonen eines Attosekunden-Lichtblitzes (lila) ein Xenonatom getroffen haben, lösen sich mehrere Elektronen (kleine grüne Kugeln). Das Atom wird ionisiert. Diese Zwei-Photonen-Interaktion wird durch neue Attosekunden-Technologie möglich. (Foto: Christian Hackenberger)

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng
Telefon: +49 89 3 29 05 - 213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de
Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching

Munich-Centre for Advanced Photonics
Public Outreach
Thorsten Naeser
Telefon: +49 89 3 29 05 - 124
E-Mail: thorsten.naeser@mpq.mpg.de

Die neue Technologie basiert auf der Hochskalierung herkömmlicher Quellen für Attosekunden-Lichtblitze. Der dazu notwendige Hochleistungslaser, entwickelt von einem Team um Prof. Laszlo Veisz, erzeugt infrarote Laserpulse mit nur einigen Wellenzyklen und rund 100 Mal mehr Photonen pro Puls als in herkömmlichen Systeme. Um einen Faktor 100 größer ist dementsprechend auch die Photonenzahlen der damit erzeugten Attosekundenpulsen.

In einem ersten Experiment ließen die Physiker die hochenergetischen Attosekundenpulse auf Xenon-Atome treffen. Gelangen die Photonen zu den inneren Elektronen der Xenon-Atome, schlagen sie Elektronen heraus und ionisieren die Atome. Mithilfe eines Ionenmikroskops zur Detektion der erzeugten Ionen konnten die Physiker erstmals eine Wechselwirkung von zwei Photonen aus einem Attosekundenpuls mit Elektronen aus inneren atomaren Schalen beobachten. Bisher war in der Attosekundenphysik nur die Interaktion eines einzelnen XUV-Photons mit Innerschalen-Elektronen möglich.

„Experimente, in denen man ein Atom mit zwei XUV-Attosekunden-Lichtblitzen interagieren lässt, werden oft als der heilige Graal der Attosekundenphysik bezeichnet. Die zwei XUV-Lichtblitze ermöglichen es, Elektronenbewegung im Inneren der Atome zu 'filmen', ohne diese zu beeinträchtigen“, erklärt Dr. Boris Bergues, der Leiter der Experimente. Bisher regte man Elektronen in inneren Atomschalen mit einem einzigen Photon aus einem XUV-Attosekunden-Lichtblitz an und „fotografierte“ anschließend das Geschehen mit einem längeren infraroten Lichtpuls. Dabei beeinflusste man allerdings die Elektronenbewegung beträchtlich.

„Die Elektronendynamik in den inneren Schalen ist besonders spannend, weil sie durch ein komplexes Zusammenspiel mehrerer wechselwirkender Elektronen gekennzeichnet ist“, erklärt Bergues. „Diese Dynamik wirft noch sehr viele Fragen auf, denen wir nun mit der neu geschaffenen Lasertechnik nachgehen können.“

Als nächstes planen die Wissenschaftler ein Experiment in dem sie den intensiven Attosekundenpuls jeweils in ein Pump- und ein Probepuls aufspalten, um damit die beobachtete Interaktion zeitlich aufzulösen.

Die nicht-lineare Optik, die nun in der Attosekundenphysik zum ersten Mal auch in inneren atomaren Schalen möglich wird, öffnet nun den Weg, die Dynamik von Elektronen tief im Inneren von Atomen in Echtzeit zu filmen und damit sichtbar zu machen, was bisher im Verborgenen blieb.

Thorsten Naeser

Originalveröffentlichung:

B. Bergues, D. E. Rivas, M. Weidmann, A. A. Muschet, W. Helml, A. Guggenmoos, V. Pervak, U. Kleineberg, G. Marcus, R. Kienberger, D. Charalambidis, P. Tzallas, H. Schröder, F. Krausz, and L. Veisz

Table-Top Nonlinear Optics in the 100-eV Spectral Region

Optica, Vol. 5, Issue 3, pp. 237-242 (2018); doi.org/10.1364/OPTICA.5.000237

Kontakt:

Dr. Boris Bergues

Labor für Attosekundenphysik
Department für Physik, LMU München und
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0)89 32 905 -330
E-Mail: boris.bergues@mpq.mpg.de

Prof. Dr. Laszlo Veisz

Relativistic Attosecond Physics Laboratory
Department of Physics
Umea University
Linnaeus vag 24, SE-90187 Umea, Sweden
Telefon: +46 (0)90 786 66 62
E-Mail: laszlo.veisz@umu.se

Dr. Olivia Meyer-Streng

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0)89 3 29 05 - 213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de