

NEWS - MMI/ks

Atomarer Regenbogen: Ultrakurzer Laserblitz erzeugt Attosekunden-Röntgenlicht

Kein Lichtblitz kann kürzer als die Zeit sein, die eine Lichtwelle für eine volle Schwingung benötigt. Einem Wissenschaftlerteam unter der Leitung von Professor Ferenc Krausz vom Department für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching ist es nun gelungen, zum ersten Mal Blitze von intensivem Laserlicht zu erzeugen, die mehr als die Hälfte ihrer Energie innerhalb eines einzigen gut kontrollierten Wellenzyklus abgeben.

Atome, die diesem extremem Lichtpuls ausgesetzt sind, senden einen Attosekunden-Röntgenpuls aus (eine Attosekunde ist ein Milliardstel von einem Milliardstel einer Sekunde), dessen Spektrum -- übertragen auf niedrigere Frequenzen -- beinahe ebenso viele Farben wie sichtbares Licht umfasst, angefangen bei Blau über Grün und Gelb bis hin zum Rot. Der resultierende "weiße" Puls hat erwartungsgemäß eine Dauer von etwa 100 Attosekunden und enthält mehr als eine Million Röntgenphotonen. Er ist daher kurz genug, um die Bewegung der auf Molekül-Orbitalen umlaufenden Elektronen einzufangen. Über die Echtzeitbeobachtung der Elektronen, die Atome aneinander binden, wird man wertvolle Einsichten gewinnen, wie es zur Bildung und zum Auseinanderfallen von Molekülen kommt. Die Ergebnisse wurden in der Juli-Ausgabe des *New Journal of Physics* [1,2] veröffentlicht und sind das Thema der Titelseite der Fachzeitschrift *SCIENCE*.

Licht ist eine Welle, in der das schwingende elektromagnetische Feld seine Richtung und Stärke mit verblüffender Schnelligkeit ändert. Im Fall von sichtbarem Licht treten diese Änderungen einige 100 Billionen Mal (100 000 mal eine Milliarde) in der Sekunde auf. Daher benötigt sichtbares Licht für eine volle Schwingung nur einige tausend Attosekunden. Das Forscherteam hat es nun geschafft, intensive Blitze von sichtbarem Laserlicht zu erzeugen, bei denen mehr als die Hälfte der Energie innerhalb eines einzigen Schwingungszyklus steckt. Mit dieser einzelnen Feldschwingung großer Amplitude kann man auf geladene Teilchen wie Elektronen gezielt eine extrem starke Kraft ausüben und damit deren Bewegung in und um die Atome mit noch nie da gewesener Präzision steuern.

Auf dem Maximum dieser hochintensiven Wellenschwingung ist die Kraft stark genug, um ein Elektron mit fast hundertprozentiger Wahrscheinlichkeit vom Atom wegzuziehen, wobei das Elektron eine Geschwindigkeit von mehreren Tausend Kilometern pro Sekunde erreicht. Aber selbst mit dieser hohen Geschwindigkeit kommt das freigesetzte Elektron nur einige Nanometer weit, bevor es während der zweiten Hälfte der Lichtschwingung, die eine Kraft in die entgegengesetzte Richtung ausübt, gezwungen wird, zum Mutteratom zurückzukehren. Bei dieser so genannten Rekombination, die bereits etwa zwei tausend Attosekunden nach der Freisetzung des Elektrons stattfindet, sendet das Atom einen Röntgenpuls aus.

In einem konventionellen Laserpuls, der aus vielen Schwingungen besteht, tritt dieser Prozess der Rekombination und Röntgenemission mehrere Male auf, einmal während jedes halben Wellenzyklus. In starkem Gegensatz dazu erlaubt der nun erzeugte hochintensive und extrem kurze Laserpuls [1] nur eine einzige hochenergetische Rekombination. Das Spektrum des dabei emittierten Lichtpulses liegt zwar im Bereich des weichen Röntgenlichts, ist aber, was seine spektrale Vielfalt betrifft, äquivalent zum gesamten sichtbaren Spektrum. Daher kann der erzeugte Puls als "weißes" Röntgenlicht betrachtet werden. Der hyperkurze Laserpuls wird auf einen Gasjet geschickt und setzt dort den Vorgang der Freisetzung und Rekombination von Elektronen bei einer großen Zahl von Atomen im Gleichtakt in Gang. Die einzelnen Atome senden dann alle zur gleichen Zeit und auf gleiche Weise einen ultrakurzen Röntgen-Blitz aus, und erzeugen so kollektiv einen leistungsstarken Röntgenpuls in Form eines stark gebündelten, laserartigen Strahls.

Durch die Filterung des zentralen Bereichs vom erzeugten "weißen" Röntgenspektrum konnte das Team einen Röntgenpuls mit einer Dauer von 170 Attosekunden erzeugen [2]. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass man bei Verwendung des gesamten, doppelt so breiten Spektrums Röntgenpulse erzeugen kann, die erheblich kürzer als 100 Attosekunden sind. Gegenwärtig wird an der Entwicklung von Spiegeln gearbeitet, die Röntgenstrahlen aus diesem Frequenzbereich reflektieren und fokussieren können. Mit solchen Spiegeln lässt sich wahrscheinlich die erste Lichtquelle der Welt verwirklichen, die leistungsstarke laserartige Röntgen-Blitze mit einer Dauer von weniger als hundert Attosekunden erzeugt -- die erste Quelle für die Produktion von sub-100-Attosekunden-Licht.

Solche Röntgenpulse werden es den Forschern erstmals erlauben, von der Bewegung der Elektronen in Molekülen gewissermaßen "Standbild"-Schnappschüsse zu machen. Dies wird es ermöglichen, Prozesse zu beobachten, die den Informationstransfer auf molekularer Ebene steuern, sowie auch Strukturveränderungen von Biomolekülen. Diese Schnappschüsse werden auch aufzeigen, wo die ultimativen Grenzen für die Geschwindigkeit und die Struktur in elektronischen Bauelementen liegen. Sie werden ferner die Mechanismen des biologischen Informationstransfers und die mikroskopischen Ursprünge der Funktionen und Fehlfunktionen biologischer Makromoleküle offenbaren.

Publikation:

[1] A. L. Cavalieri et al., *New J. Phys.* 9, 242 (2007).

[2] M. Schultze et al., *New J. Phys.* 9, 243 (2007).

[3] Ulf Kleineberg, unpublished.

[4] E. Goulielmakis et al., *Science* 317, 10. August 2007

Ansprechpartner:

Professor Dr. Ferenc Krausz

Department für Physik der LMU

Geschäftsführender Direktor, Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Tel.: 089 / 32905 612

Fax: 089 / 32905 649

E-Mail: ferenc.krausz@mpq.mpg.de

Web: www.attoworld.de, www.munich-photonics.de

NEWS

weitere Beiträge (162)

BASF - Dreidimensionale photonische Kristalle

Schneller und leistungsfähiger durch „Defekte“

Kompetenznetz für Optische Technologien

Junge PhotonicNet-Unternehmen auf Erfolgskurs

LZH - Exzellenzcluster Lasertechnologie und Laserforschung

Hannover baut seine Stellung als Standort für Lasertechnologie aus

PRODUKTINNOVATION

weitere Beiträge (217)

Laser Components - Simulationssoftware

Simulation von Molekül-Spektren

AMS - Laserdiodentreiber

Laserdiodentreiber im kleineren OEM Gehäuse

Frankfurt Laser Company - fasergekoppelte Laserdiodenmodule

Hochleistungs-Laserdioden in gekühlten Gehäusen

ANALYSE-MÄRKTE-TRENDS

weitere Beiträge (27)

iSuppli - LCD-TV

Price becomes the critical factor in LCD-TV market

iSuppli forecasts total LED market

LEDs poised to drive a new lighting revolution

MMI/ks

Strategies Unlimited - image sensor market passes \$6 Billion but the market shares are shifting

VERANSTALTUNG

weitere Beiträge (35)

LASER. World of Photonics China 2008

Call for Presentations: "III. International Conference on Laser Processes and Components" in Shanghai

MMI/ks

Jetzt anmelden für "German World of Laser & Photonics" in China

MMI/ks

Call for Presentations zur "German World of Laser & Photonics" gestartet