



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



Garching, 23.04.2013

Lichtblitze aus einem fliegenden Spiegel

Ein internationales Physikerteam modifiziert erstmals Laserpulse mit Hilfe eines mit nahezu Lichtgeschwindigkeit fliegenden Spiegels aus Elektronen.

Beschleunigt man eine dichte Schicht von Elektronen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit, so werden sie zu einer spiegelnden Oberfläche, an der man Lichtstrahlung umwandeln kann. Das hat erstmals ein internationales Team aus Physikern vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) in Garching, der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, der Queens University Belfast (QUB) und dem Rutherford Appleton Laboratorium in Oxford (Großbritannien) experimentell bewiesen. Die Physiker beschleunigten mit einem Laserpuls Elektronen aus einer Nanometer dünnen Folie fast bis auf Lichtgeschwindigkeit. Anschließend reflektierten sie an diesen Elektronen einen zweiten Lichtpuls. Damit haben die Forscher erstmals eine von Albert Einstein im Jahr 1905 aufgestellte Theorie experimentell realisiert, wonach ein sich sehr schnell bewegender Spiegel die auf ihn auftreffende elektromagnetische Strahlung zu kürzeren Wellenlängen verschiebt. Die Forscher berichten darüber im Fachmagazin *Nature Communications*, 23. April 2013.

Spiegelnde Flächen ruhen meist in sich selbst; man denke an den eigenen Badezimmerspiegel oder eine glatte Oberfläche eines Sees. Was passiert nun, wenn man einen Spiegel konstruiert, der sich fast mit Lichtgeschwindigkeit bewegt? Diese Gedankengänge beschäftigten schon Albert Einstein im Jahr 1905 in seiner Veröffentlichung „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“. Experimentell auf den Grund gegangen ist dieser Frage nun ein internationales Team, dem Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik und der Ludwig-Maximilians-Universität angehörten.

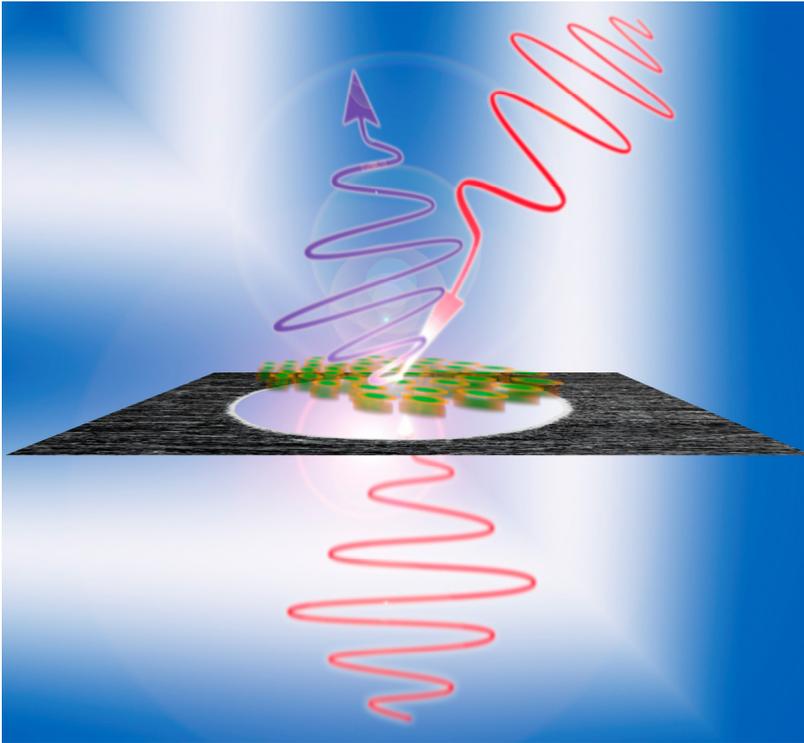
An dem Rutherford Appleton Laboratorium in Oxford schickten die Physiker einen rund 50 Femtosekunden kurzen, hochintensiven Laserimpuls auf eine dünne Folie aus Kohlenstoffatomen (eine Femtosekunde ist ein Millionstel einer Milliardstel Sekunde). Die Photonen (Lichtteilchen) dieses Pulses schlugen aus den Atomen eine dichte Lage aus Elektronen heraus und beschleunigten sie innerhalb eines Mikrometers auf nahezu Lichtgeschwindigkeit. Damit hatten die Physiker einen so genannten relativistischen Spiegel erschaffen. „Der Spiegel war nur für wenige Femtosekunden stabil“, erklärt Daniel Kiefer, der über das Experiment seine Doktorarbeit schrieb. Während dieser extrem kurzen Lebensdauer des Spiegels ließen die Physiker einen zweiten Femtosekunden-Lichtpuls von der entgegengesetzten Seite auf die rasende Elektronenwand auftreffen. Dieser Puls bestand aus Nahem Infraroten Licht (800 Nanometer Wellenlänge) und dauerte ebenfalls nur wenige Femtosekunden.

Während gewöhnliche Spiegel nun das einfallende Licht unverändert reflektieren, wandelt ein Spiegel, der mit nahezu Lichtgeschwindigkeit fliegt, das auftreffende Licht um. Dabei überträgt der Spiegel den Impuls auf die Photonen (Lichtteilchen) - analog zu einem Ball der durch das Abprallen von einem entgegenkommenden Schläger zu einer höheren Geschwindigkeit getrieben wird. Da sich die Photonen aber schon mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, werden sie zu höheren Frequenzen verschoben, ähnlich wie beim Dopplereffekt eines vorbeifahrenden Krankenwagens, dessen Sirene man höher (lauter) bzw. tiefer (leiser) hört, je nachdem ob er auf einen zukommt oder wegfährt. Bei dem Experiment bewirkte die enorme Geschwindigkeit des Spiegels, dass sich das einfallende infrarote Licht umwandelte in extremes, ultraviolettes Licht mit Wellenlängen zwischen 60 bis 80 Na-

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Presse und Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng
Phone: +49-89-32905-213
E-mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de
Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching

Munich-Centre for Advanced Photonics
Public Outreach
Thorsten Naeser
Phone: +49-89-32905-124
E-mail: thorsten.naeser@mpq.mpg.de

nometern. Ebenso verkürzte sich die Zeitdauer der reflektierten Lichtblitze auf die Größenordnung von einigen 100 Attosekunden (eine Attosekunde ist ein Milliardstel einer milliardstel Sekunde).



Bildbeschreibung:

Ein Laserpuls (rot, von unten kommend), beschleunigt Elektronen (grün), die aus einer dünnen Folie aus Kohlenstoffatomen stammen. Auf die dann mit fast Lichtgeschwindigkeit fliegenden Elektronen trifft ein weiterer infraroter Lichtpuls. Dieser wird anschließend als Lichtblitz im extremen ultra-violetten Bereich des Lichts von den Teilchen reflektiert und dauert nur noch Attosekunden.

Grafik: Thorsten Naeser

Mit ihren Experimenten haben die Wissenschaftler damit nicht nur einen Gedankengang von Albert Einstein experimentell untermauert, sondern auch einen neuen Weg gefunden, Attosekunden-Lichtblitze zu produzieren. Mit solchen Lichtblitzen ist man wiederum in der Lage, Elektronen zu fotografieren, die sich innerhalb solcher unvorstellbar kurzer Zeitspannen in Atomen bewegen, und damit die noch weitgehend unbekanntesten, elementarsten Vorgänge in der Natur zu beobachten.

„Mit unseren Experimenten haben wir vorerst nur bewiesen, dass die Theorie auch in der Praxis funktioniert“, erklärt Jörg Schreiber. Für Schreiber und sein Team an der LMU ist das erst der Anfang: „Unsere Lasersysteme werden künftig in der Lage sein, immer leistungsstärkere Pulse mit höheren Wiederholungsraten und kürzerer Dauer zu generieren“, sagt Schreiber. Damit werden auch die auf diesem Weg erzeugten Attosekunden-Lichtblitze intensiver, kurzweiliger und damit immer besser geeignet sein, den Mikrokosmos zu erforschen. „Der relativistische Spiegel bietet also noch ein enormes Potential“, ist sich Schreiber sicher.

Thorsten Naeser

Originalpublikation:

D. Kiefer, M. Yeung, T. Dzelzainis, P.S. Foster, S.G. Rykovanov, C.L. S. Lewis, R. Marjoribanks, H. Ruhl, D. Habs, J. Schreiber, M. Zepf & B. Dromey

Relativistic electron mirrors from nanoscale foils for coherent frequency upshift to the extreme ultraviolet.

Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms2775, 23. April 2013.

Weitere Informationen erhalten Sie von:

Dr. Daniel Kiefer

Ludwig-Maximilians-Universität München
Fakultät für Physik, Am Coulombwall 1
85748 Garching
Tel.: +49 (0) 89 / 289-540 23
E-Mail: daniel.kiefer@mpq.mpg.de

Prof. Dr. Jörg Schreiber

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Straße 1
85748 Garching
Tel.: +49 (0) 89 / 289-540 25
E-Mail: joerg.schreiber@mpq.mpg.de