



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

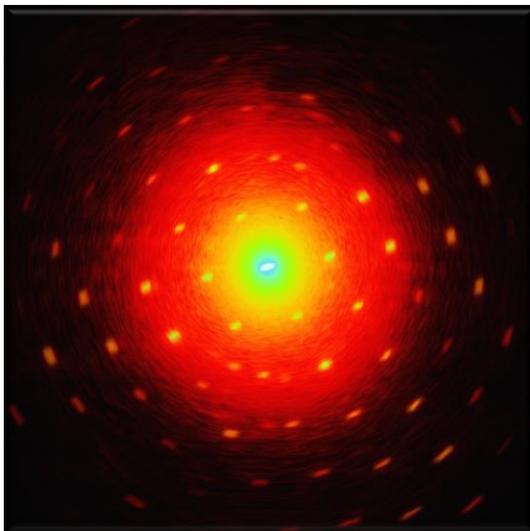


Garching, 27. Oktober 2015

### 4D-Filmproduktion mit ultrakurzen Elektronenblitzen

*Physiker der Ludwig-Maximilians-Universität und des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik verkürzen Elektronenblitze auf unter 30 Femtosekunden. Damit gewinnen sie detaillierte Einblicke in die Bewegungen von Atomen in Molekülen.*

Elektronen sind sonderbare Teilchen: sie haben sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften. Dieses Phänomen macht sich seit rund einem Jahrhundert die Elektronenmikroskopie zu Nutze, und gewährt uns so einen direkten Blick auf die fundamentalen Bausteine von Materie, den Molekülen und Atomen. Lange Zeit lieferte die Technik nur Standbilder, doch seit einigen Jahren machen Forscher enorme Fortschritte in der Kurzpuls-Lasertechnologie. Mit ihrer Hilfe erzeugen sie Elektronenblitze, die, ähnlich der Verschluss-technik in der Fotografie, mit ihrem kurzen Aufleuchten extrem scharfe Bilder von sich bewegenden Atomen und Elektronen liefern. Dennoch blieben manche dieser ultraschnellen Prozesse immer noch unscharf. Jetzt hat es ein Team vom Labor für Attosekundenphysik (LAP) der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) und des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik (MPQ) geschafft, Elektronenblitze bis auf rund 28 Femtosekunden Dauer zu verkürzen. Eine Femtosekunde ist ein Millionstel einer milliardstel Sekunde ( $10^{-15}$  s). Mit diesen Verschlusszeiten ist es nun möglich, die grundlegenden Bewegungen von Atomen in Molekülen und Festkörpern, ähnlich der Stroboskoptechnik, während einer chemischen Reaktion direkt zu beobachten und dann aus den Bildern einen Film zu erstellen.



**Grafik:** Treffen auf ein Biomolekül-Kristall ultrakurze Elektronenblitze, werden diese daran gestreut. Für jedes Biomolekül ergibt sich so ein charakteristisches Beugungsbild. **Grafik:** Alexander Gliserin

Wer den Mikrokosmos und seine Dynamik erforschen will, benötigt eine Hochgeschwindigkeitskamera für Atome. Um die Bewegungen dieser Teilchen während einer Reaktion scharf abzubilden, benötigt man „Verschlusszeiten“ im Bereich von Femtosekunden. Denn genauso schnell verläuft das Geschehen in chemischen Reaktionen und Festkörpern ab.

Femtosekunden-lange Verschlusszeiten stellt die KurzpulsLasertechnik zur Verfügung, aber Laserlicht kann die Atome nicht räumlich auflösen. Jetzt ist es Physikern vom Labor für Attosekundenphysik an der LMU und dem MPQ gelungen, Elektronenblitze mit einer Dauer von nur noch 28 Femtosekunden zu erzeugen. Das ist sechsmal kürzer, als es bisher möglich war. Die Länge der Materiewellen ist nur rund acht Pikometer; ein Pikometer ist ein billionstel Meter ( $10^{-12}$  m).

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

Munich-Centre for Advanced Photonics  
Public Outreach  
Thorsten Naeser  
Tel.: +49-89-32905-124  
E-Mail: [thorsten.naeser@mpq.mpg.de](mailto:thorsten.naeser@mpq.mpg.de)

Aufgrund dieser kurzen Wellenlänge lassen sich bei Beugungsexperimenten selbst einzelne Atome erkennen. Treffen Elektronen auf ein Molekül oder Atom, werden sie aufgrund ihrer kurzen Wellenlänge unterschiedlich stark abgelenkt und erzeugen so am Detektor ein Interferenzmuster, aus dem man die atomare 3D-Struktur der Probe rekonstruiert. Sind die Impulse kurz genug, entsteht ein scharfer Schnappschuss der Bewegung.

Um die neue Technik zu testen, haben die Physiker die Elektronenblitze in einem Beugungsexperiment an einem Biomolekül verwendet. Künftig sollen diese Elektronenblitze in Anrege-Abfrage-Experimenten eingesetzt werden. Dabei wird ein optischer Laserpuls auf ein Molekül geschickt, wodurch es zu einer Reaktion angeregt wird. Kurz darauf trifft der Elektronenblitz auf die Probe und erzeugt ein Beugungsbild von der momentanen Struktur. Extrem viele solcher Schnappschüsse bei unterschiedlichen Verzögerungszeiten zwischen Laser- und Elektronenblitzen ergeben dann einen Film von der atomaren Dynamik. Mit der Elektronenblitz-Technologie erhält man daher nicht nur ein räumliches Bild der atomaren Struktur, sondern zusätzlich einen Einblick in ihre Dynamik. Insgesamt gewinnt man so einen vierdimensionalen Eindruck von Molekülen und deren Atombewegungen während einer Reaktion.

„Mit unseren Elektronenblitzen sind wir nun in der Lage, sehr viel detailreichere Einblicke in die Vorgänge in Festkörpern und Molekülen zu gewinnen als bisher“, erklärt Dr. Peter Baum, der Leiter des Experiments. „Wir können nun die schnellsten bekannten atomaren Bewegungen in vier Dimensionen, nämlich in Raum und Zeit, aufzeichnen“, sagt er. Nun wollen die Physiker die Dauer der Elektronenblitze noch weiter verkürzen, denn je kürzer die Verschlusszeiten werden, desto schnellere Bewegungen wird man aufzeichnen. Ziel der Forscher ist es, die noch schnelleren Bewegungen von Elektronen in angeregten Atomen mit ihren Elektronenblitzen eventuell beobachten zu können.

*Thorsten Naeser*

#### **Originalveröffentlichung:**

A. Gliserin, M. Walbran, F. Krausz, P. Baum

#### **Sub-phonon-period compression of electron pulses for atomic diffraction**

*Nature Communications*, 27. Oktober 2015, doi: 10.1038/ncomms9723

#### **Weitere Informationen erhalten Sie von:**

##### **Dr. Peter Baum**

Max-Planck-Institut für Quantenoptik und  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Am Coulombwall 1, 85748 Garching  
Telefon: +49 (0)89 289 - 14102  
E-Mail: peter.baum@lmu.de

##### **Prof. Ferenc Krausz**

Lehrstuhl für Experimentalphysik, LMU München  
Labor für Attosekundenphysik  
Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Hans-Kopfermann-Straße 1, 85748 Garching  
Telefon: +49 (0)89 32 905 - 600 / Fax: - 649  
E-Mail: ferenc.krausz@mpq.mpg.de