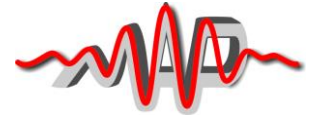




PRESSE-INFORMATION  
**Max-Planck-Institut für Quantenoptik**  
und  
**Munich-Centre for Advanced Photonics**



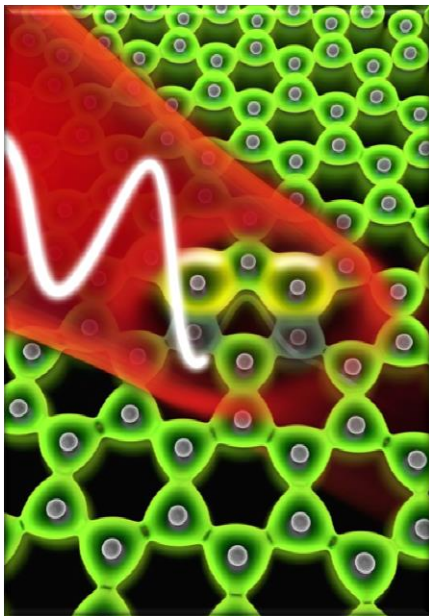
Garching, 5. Oktober 2015

### Auf ultraschneller Wanderschaft im Graphen

*Forscher des Labors für Attosekundenphysik des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik und der Ludwig-Maximilians Universität haben in Zusammenarbeit mit dem Center for Nano-Optics der Georgia State University in Atlanta (USA) simuliert, was passiert, wenn eine Schicht aus Kohlenstoff-Atomen mit starkem Licht bestrahlt wird.*

**Trifft Licht auf Elektronen, bewegen diese sich rasend schnell, innerhalb weniger Milliardstel von milliardstel Sekunden (Attosekunden). Was mit Elektronen in Graphenatomen passiert, wenn starke Laserpulse auf sie treffen, haben Forscher des Labors für Attosekundenphysik des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik (MPQ) und der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in Zusammenarbeit mit dem Center for Nano-Optics der Georgia State University in Atlanta (USA) simuliert. Ziel solcher Simulationen ist das Verständnis der Licht-Teilchen-Wechselwirkung im Mikrokosmos. Zukünftig könnte so eine lichtwellengesteuerte Elektronik möglich werden, die rund 100.000 Mal schneller wäre als heutigen Technologien. Sie würde mit der Frequenz von Lichtwellen arbeiten, die rund eine Million Milliarden Mal pro Sekunde schwingen (Petahertz). Graphen mit seinen außergewöhnlichen Eigenschaften eignet sich dabei als Material für erste Versuche besonders gut.**

Je genauer wir die Bewegung von Elektronen beobachten können, desto besser verstehen wir deren Wechselwirkung mit Licht. Bis heute hält die Natur viele Phänomene der Licht-Materie-Interaktion in Festkörpern unter Verschluss. Der Zugang zu diesem inneratomaren Kosmos ist schwierig, da die Vorgänge in wenigen Femtosekunden, ja sogar Attosekunden ablaufen: eine Femtosekunde ist ein Millionstel einer Milliardstel Sekunde, eine Attosekunde ist noch tausend Mal kürzer. Die dafür notwendigen experimentellen Messmethoden befinden sich in der Entwicklungsphase, allerdings lassen sich die physikalischen Prozesse mit Hilfe von Simulationen untersuchen.



**Grafik:** Ein Laserpuls trifft auf eine zweidimensionale Schicht aus Graphen. Dabei verschiebt das Licht die Elektronen der Kohlenstoffatome. **Grafik: Christian Hackenberger**

Physiker des Labors für Attosekundenphysik am Max-Planck-Institut für Quantenoptik und der Ludwig-Maximilians-Universität haben nun in Zusammenarbeit mit dem Center for Nano-Optics der Georgia State University in Atlanta (USA) berechnet, was mit den Elektronen in einem Graphen-Kristall passiert, wenn sie

von einem starken Lichtpuls getroffen werden. Das Laserfeld regt die Elektronen an und verschiebt sie, wodurch sich die Ladungsdichteverteilung ändert. Währenddessen wird ein extrem kurzer

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)

Elektronenpuls an der Probe gestreut. Aus der Ablenkung dieser Materiewellen, der so genannten Diffraktometrie, können die Forscher schließen, welche Veränderungen in der Ladungsdichte durch den Laserblitz ausgelöst wurden.

Die Simulation eines solchen Ereignisses hat nun komplexe Zusammenhänge aufgezeigt zwischen der Anregung von Elektronen durch Licht und ihrer darauf folgenden ultraschnellen Wanderschaft in und zwischen den Kohlenstoffatomen in der Graphenschicht. Benachbarte Atome teilen sich die nur schwach gebundenen Valenzelektronen. Ihr Verhalten untersuchen die Wissenschaftler, indem sie die elektrische Ladung innerhalb von mikroskopisch kleinen Volumeneinheiten, die unterschiedliche chemische Bindungen repräsentieren, analysieren. Während der Bestrahlung mit dem Laserpuls findet eine signifikante Umverteilung der Ladung statt; gleichzeitig ist die Verschiebung aufgrund des elektromagnetischen Feldes des Laserpulses sehr klein, sie beträgt weniger als ein Pikometer ( $10^{-12}$  Meter). Die Rechnungen zeigten außerdem, dass der lichtinduzierte elektrische Strom nicht gleichmäßig durch die Schicht fließt, sondern nur entlang der chemischen Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen.

Die Simulationen sollen dazu beitragen, Experimente für Ultrakurzzeit-Elektronendiffraktometrie zielgerichtet aufzubauen. „Möglicherweise werden viele weitere Phänomene entdeckt“, sagt Vladislav Yakovlev, der wissenschaftliche Leiter der Simulationen. „Möglicherweise werden Abweichungen von unseren Vorhersagen beobachtet. Aber auf jeden Fall sind wir uns ziemlich sicher, dass es noch einiges an neuer grundlegender Physik zu messen gibt, und dass ein Blick in die Licht-Materie Wechselwirkung mit atomarer Auflösung zwar anspruchsvoll, aber möglich ist“, ergänzt er.

*Thorsten Naeser/Olivia Meyer-Streng*

#### **Originalveröffentlichung:**

Vladislav S. Yakovlev, Mark I. Stockman, Ferenc Krausz & Peter Baum

#### **Atomic-scale diffractive imaging of sub-cycle electron dynamics in condensed matter**

*Scientific Reports*, 28. September 2015, doi: 10.1038/srep14581

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

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

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

##### **Dr. Vladislav Yakovlev**

Center for Nano-Optics  
Georgia State University  
Atlanta, GA 30303, USA  
Telefon: +1 404 413 - 6099  
E-Mail: vyakovlev@gsu.edu

##### **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