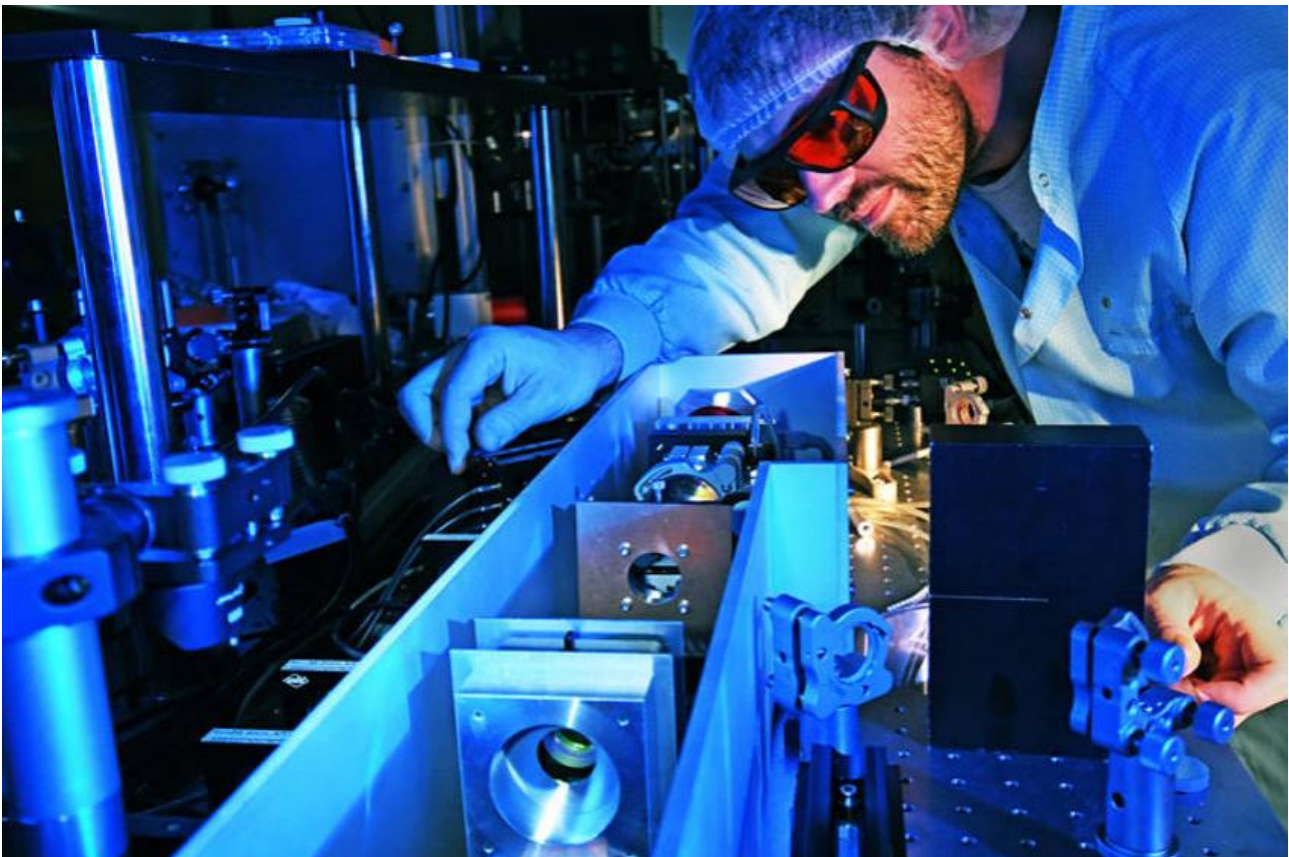


## Ultrakurzzeit-Experimente im Schnelldurchlauf

06.02.2019 - Beschleunigte Beobachtung von  
Elektronenbewegungen.

Ultraschnelle Photonenspektroskopie verschafft uns seit rund zwei Jahrzehnten Einblicke in die Bewegungen von Elektronen in Atomen, Molekülen und Festkörpern in einer zeitlichen Auflösung von Attosekunden. Bisher limitieren lange Messzeiten viele Experimente, besonders dann, wenn bei Elektronen, deren Energie, ihr Impuls und ihr Emissionsort in der Materie erkundet werden soll. Denn Elektronen stoßen sich gegenseitig ab. Und für präzise Messungen, möchte man nur wenige Elektronen pro Laserschuss aus der Probe lösen.



*In einem Überhöhungsresonator werden Laserpulse so konfiguriert, dass sie rund 18,4 Millionen Mal pro Sekunde genug Energie zur Verfügung stellen, um aus ihnen wiederum Attosekunden-Lichtblitze zu erzeugen. (Bild: T. Naeser, MPQ)*

Das Problem haben nun Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik, der Ludwig-Maximilians-Universität sowie der zwei Fraunhofer-Institute für Lasertechnik und für Angewandte Optik und Feinmechanik im Projekt MEGAS, im Rahmen der Kooperation zwischen der Max-Planck- und der Fraunhofer-Gesellschaft gelöst. Sie haben eine neue Quelle für Attosekunden-Lichtblitze im extremen ultravioletten Bereich (XUV) des elektromagnetischen Spektrums entwickelt, die sich rund 18,4 Millionen Mal in der Sekunde wiederholen und damit die Experimentierzeiten deutlich verkürzen. Mit Attosekunden-Lichtblitzen filmen die Forscher die Elektronen in den Experimenten. „Mit der neuen Technologie ist es möglich, rund eintausend Mal höhere Pulswiederholungsraten zu erzeugen, als es bisher möglich war, wodurch die Messzeit um denselben Faktor verkürzt wird“, erklärt Joachim Pupeza, der Leiter des Projekts. Herzstück der Technologie ist eine Weiterentwicklung eines Überhöhungsresonators. In ihm werden Laserpulse zwischen Spiegeln so lange verstärkt bis sie Attosekunden-Lichtblitze erzeugen, die über rund 500.000 Photonen (25 bis 60 Elektronenvolt) pro XUV-Blitz verfügen. Bei einer Wiederholungsrate von rund 18,4 Millionen Blitzen pro Sekunde ist dies eine bisher nicht erreichte Energiedichte. Diese Lichtblitze, konfiguriert als Attosekunden-Pulszüge, ließen die Forscher in einem Demonstrationsexperiment auf einen Wolframkristall auftreffen. Die Blitze schlugen aus dem Wolfram wiederum Photoelektronen heraus, deren Eigenschaften die Physiker analysierten.

„Während man bei derartigen Experimenten bisher mit niedriger Wiederholungsrate lange auf den nächsten Laserpuls warten musste, werden bei unserem Aufbau praktisch ununterbrochen Photoelektronen aus dem Wolfram detektiert“, erklären Stephan Heinrich und Tobias Saule. So ist es nun möglich, Messzeiten in ultraschnellen Photoelektronen-Experimenten, die auch eine räumliche Auflösung beinhalten, von mehreren Tagen auf einige Minuten zu reduzieren. „Die Entwicklung ist von großer Bedeutung für die Materialforschung und eröffnet neue Möglichkeiten für die Untersuchung von lokalen elektrischen Feldern in Nanostrukturen, zum Beispiel für künftige Anwendungen in der Informationsverarbeitung mit Lichtwellen“, ergänzt Pupeza.

MPQ / JOL

### Weitere Infos

- [T. Saule et al.: High-flux ultrafast extreme-ultraviolet photoemission spectroscopy at 18.4 MHz pulse repetition rate, Nat. Commun. 10, 458 \(2019\); DOI: 10.1038/s41467-019-08367-y](#)
- [Labor für Attosekundenphysik \(LAP\), Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching](#)
- [Projekt MEGAS, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena](#)