

4. Juli 2018
41/18

Pressedienst

Ultrakalte Atome und ultraschnelle Laser: Hamburger Forschungsteam kombiniert experimentelle Expertisen

Zwei bisher getrennte Forschungsfelder kommen in Hamburg erstmalig zusammen: Ultrakurze Laserpulse erlauben die Beobachtung und Manipulation von Materie auf sehr kurzen Zeitskalen, während ultrakalte Atome Experimente mit extrem hoher Präzision und Kontrolle möglich machen. Im Zuge der Forschung im Exzellenzcluster „The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging“ haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Hamburg jetzt diese Themenbereiche vereint und konnten beobachten, wie Ionen in ultrakalten Atomwolken entstehen. In der Fachzeitschrift *Communications Physics* berichten sie über die Ergebnisse dieser Grundlagenforschung.

Vor mehr als einem Jahrhundert verfasste Albert Einstein seine theoretische Arbeit zum Fotoeffekt, in der er die Fotoionisation von Materie – also das Herauslösen von Elektronen aus Atomen durch Bestrahlung mit Licht – beschreibt und für die er 1921 den Nobelpreis erhielt. Es stellte sich allerdings heraus, dass dieser Prozess im Detail sehr komplex sein kann und eine experimentelle Vermessung der absoluten Ionisationswahrscheinlichkeiten – also wieviel Prozent der Atome nach Bestrahlung mit einem Lichtpuls ionisiert sind – bisher kaum möglich war. Die Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Markus Drescher und Prof. Dr. Klaus Sengstock brachten nun erstmals die Expertisen aus der Forschung mit ultrakalten Atomen und die Phänomene der Ultrakurzzeitphysik zusammen und erschlossen so einen grundsätzlich neuen experimentellen Zugang.

Ultrakurze Laserpulse können so intensiv sein, dass sie Atome auseinander reißen. Dieser Prozess wird Starkfeld-Fotoionisation genannt und läuft je nach Pulsenergie und Farbe des Laserlichts unterschiedlich ab. Nicht immer ist dabei klar, welcher Ionisationsprozess dominiert. Mithilfe ultrakalter Atome ist es dem Forschungsteam nun gelungen, genau hinzugucken, denn sehr kalte Atome bewegen sich nach dem Ionisationsprozess praktisch nicht und erlauben daher eine präzise Messung.

Die Forscherinnen und Forscher kühlten zunächst Rubidium-Atome mittels Laserlicht auf ultrakalte Temperaturen von 100 Nanokelvin, nur knapp über dem absoluten Temperaturnullpunkt von $-273,15^{\circ}$ Celsius. Ein intensiver, ultrakurzer Laserblitz beleuchtete für eine extrem kurze Zeit von 215 Femtosekunden (eine Femtosekunde ist der billiardste Teil einer Sekunde) einen Teil der Rubidium-

Wolke und ionisierte einige Atome. Mithilfe einer Kamera konnte die verbleibende atomare Dichte abgebildet und die Anzahl der ionisierten Atome präzise gemessen werden.

Insbesondere konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beobachten, dass die atomare Bindung im optischen Lichtfeld so schnell modifiziert wird, dass die Atomhülle der Oszillation des Lichtfeldes nicht folgen kann. Bei der Ionisation absorbiert das Atom daher im Wesentlichen mehrere Lichtteilchen (Photonen) gleichzeitig. „Die Ergebnisse ebnen den Weg zu weiteren Experimenten, die ultrakurze Laserpulse zur Erzeugung von Ionen und Elektronen in ultrakalten Atomwolken benutzen“, erklärt Dr. Philipp Wessels aus dem Team von Prof. Sengstock und Erstautor der Studie. „Das geht dann in die Richtung Präzisionsmessung von ultraschnellen Prozessen mithilfe von ultrakalten Atomen, da diese in der Regel ein experimentell sehr gut kontrollierbares System darstellen.“ Diese Erkenntnisse könnten auch zur Realisierung eines Quantencomputers auf Basis von ultrakalten Ionen beitragen, der bestimmte Aufgaben schneller als ein konventioneller Computer lösen kann.

Parallel zum Experiment wurde der Ionisationsprozess in einer internationalen Kooperation mit Prof. Nikolay Kabachnik (Moscow State University) und Prof. Andrey Kazansky (Ikerbasque, Spanien) theoretisch berechnet. Die Wissenschaftler modellierten dazu die quantenmechanische Wechselwirkung zwischen Atom und Lichtfeld: Die theoretische Vorhersage stimmt perfekt mit den gemessenen Daten überein.

Mehr zur Original-Publikation:

P. Wessels, B. Ruff, T. Kroker, A. K. Kazansky, N. M. Kabachnik, K. Sengstock, M. Drescher, and J. Simonet

"Absolute strong-field ionization probabilities of ultracold rubidium atoms"
arXiv:1711.01875 (2018).

Akzeptiert in *Communications Physics* (neues Journal der Nature Gruppe).

Link zum Journal: <https://www.nature.com/commsphys/>

DOI: 10.1038/s42005-018-0032-5 (vorläufig)

Für Rückfragen:

Dr. Philipp Wessels

Universität Hamburg

Fachbereich Physik/ Zentrum für Optische Quantentechnologien

Tel.: +49 40 8998-2961

E-Mail: pwessels@physnet.uni-hamburg.de