



Pressemitteilung

5. November 2014

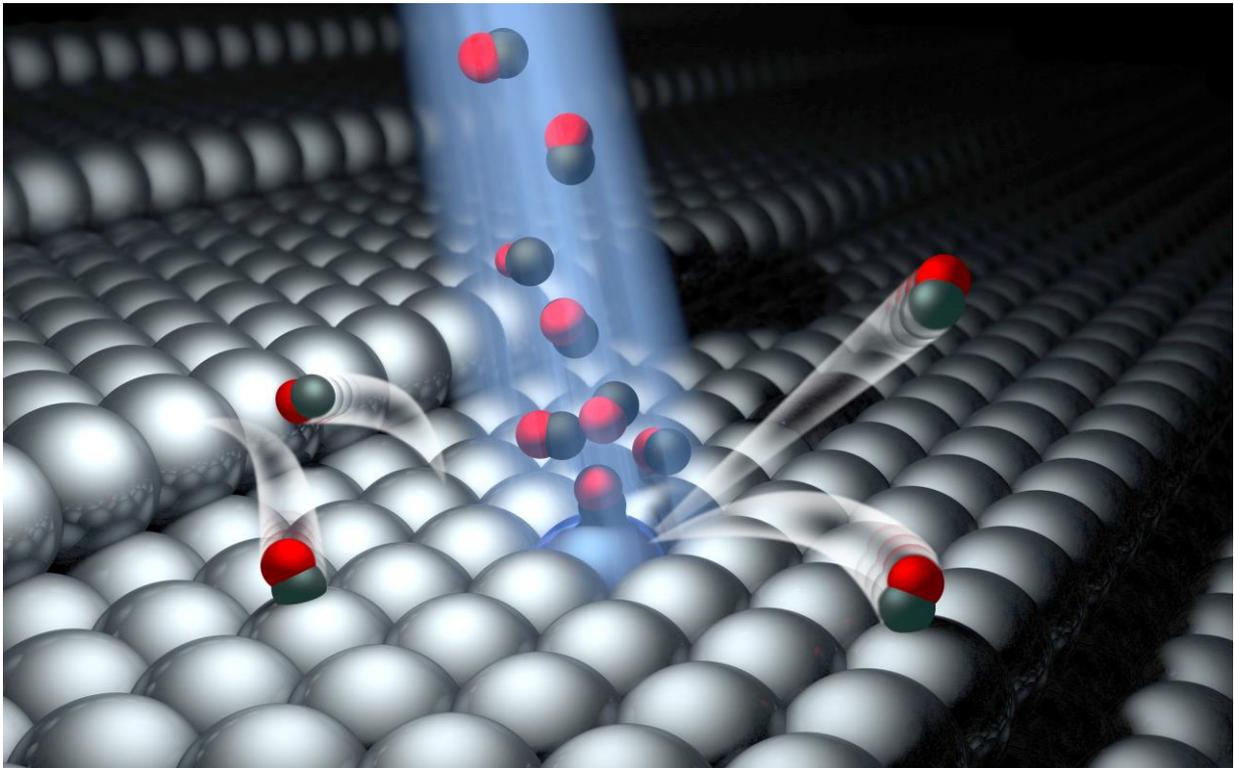
Wie man Atome bündelt

Wenn Wissenschaftler chemische Reaktionen untersuchen, ist die Verbesserung der zeitlichen Auflösung eine ständige Herausforderung. Besonders Reaktionen, die sich nicht durch Licht auslösen lassen, sind auf kurzen Zeitskalen schwierig zu verfolgen. Ein Team von Forschern um Alec Wodtke am Max-Planck-Institut (MPI) für biophysikalische Chemie und an der Universität Göttingen hat jetzt ultrakurze Pulse von Atomen erzeugt. Die sogenannte *bunch-compression-photolysis*-Methode könnte helfen, zeitlich hochaufgelöste Experimente durchzuführen, bei denen atomare Kollisionen den Anfang bilden. (*Nature Communications*, 5. November 2014)

Wir lernen schon in jungen Jahren, dass Atome und Moleküle gerne auseinanderfliegen. Wenn man in einem Haus eine Tür zwischen zwei Räumen öffnet, passiert es nie, dass sich alle Luft plötzlich in ein Zimmer drängt, sodass man im anderen nicht mehr atmen kann. Das liegt an der Entropie, der Tendenz aller Materie zur Unordnung. Dieses atomare Bestreben, auseinanderzufliegen, muss man allerdings überwinden, um extrem kurze Pulse (von einer milliardstel Sekunde oder noch kürzer) von Atomen oder Molekülen zu erzeugen. Wissenschaftler arbeiten bereits seit Langem mit kurzen Lichtpulsen – Lasern sei Dank. Doch wie kann dies auch mit Atomen funktionieren? „Um das zu erreichen, muss man die Entropie auf den Kopf stellen“, erklärt Alec Wodtke, Direktor am MPI für biophysikalische Chemie und Professor am Institut für physikalische Chemie an der Universität Göttingen. „Man könnte auch sagen: Wir müssen die Atome dazu bringen, sich rückwärts zu bewegen. Wir müssen ihnen beibringen, sich bündeln zu wollen anstatt auseinanderzufliegen.“

Wodtke und seine Mitarbeiter in der Abteilung Dynamik an Oberflächen am MPI für biophysikalische Chemie haben nun herausgefunden, wie sich genau dies erreichen lässt. Über ihre Ergebnisse berichten sie in der aktuellen Ausgabe des Journals *Nature Communications*. Die Forscher nutzen dazu eine Technik, die sie *bunch-compression photolysis* nennen: Mit einem sehr kurzen Laserpuls dissoziieren sie das einfache zweiatomige Molekül HI, bestehend aus einem Wasserstoff- und einem Iodatome. Dieses HI-Molekül wurde zuvor auf etwa fünf Grad über dem absoluten Nullpunkt heruntergekühlt, um seine Entropie zu reduzieren. Die Frequenzen des Lichtpulses sind in einer Linie geordnet, sodass Photonen mit hoher Energie (das heißt, die blauen) sich auf der linken Seite befinden und Photonen mit niedriger Energie (die roten) auf der rechten. Wenn dieser speziell vorbereitete Lichtpuls das HI-Molekül dissoziiert, treten die Wasserstoffatome in einem Bündel aus, bei dem sich die schnellen Atome auf der linken Seite

befinden und die langsamen auf der rechten. „Sie erinnern sich an die Energie des Photons, das sie dissoziiert hat“, sagt Sven Kaufmann, Doktorand in der Abteilung von Alec Wodtke. „Dadurch entsteht eine Situation wie in einem Autorennen, in der schnelle Atome die langsamen überholen.“



Wissenschaftler vom MPI für biophysikalische Chemie schaffen die Voraussetzung, Reaktionen an Oberflächen durch ultrakurze Atom- und Molekülpulse zu initiieren. (Bild: Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie)

„Das führt zu einer Bündelung der Wasserstoffatome“, ergänzt Dirk Schwarzer, Projektgruppenleiter am MPI für biophysikalische Chemie und einer der Forscher, die daran beteiligt waren, die neue Technik anzuwenden und zu verstehen. „Tatsächlich erzeugt dieser Effekt Pulse von Wasserstoffatomen, die bereits 100 Mal kürzer sind als alle jemals zuvor erzeugten. Und Berechnungen zufolge können wir sie noch viel kürzer machen.“

„Wir hoffen, dass wir so zeitlich aufgelöste Experimente durchführen können, die durch Kollisionen angestoßen werden“, betont sein Kollege Oliver Bünermann. Er untersucht bereits Kollisionen von Wasserstoffatomen mit Metalloberflächen. „Forscher wissen seit Langem, wie sie sehr schnelle Vorgänge beobachten können, die in photochemischen Reaktionen ablaufen. Der Trick ist hier, ultrakurze Laserpulse zu nutzen, um die Reaktion in Gang zu setzen. Aber die meisten chemischen Reaktionen benötigen kein Licht, sondern erfolgen „im Dunkeln“ ausgelöst durch Stöße. *Bunch-compression photolysis* macht es möglich, eine komplett neue Art von Experiment durchzuführen, bei der Reaktionen durch Kollisionen mit einem ultrakurzen Atompulse initiiert werden.“ (amw)

Originalpublikation

Sven Kaufmann, Dirk Schwarzer, Christian Reinhardt, Alec M. Wodtke, Oliver Bünermann: Generation of ultra-short hydrogen atom pulses by bunch-compression photolysis. *Nat Commun* 5:5373, doi: 10.1038.ncomms6373 (2014).

Weitere Informationen

<http://www.mpibpc.mpg.de/de/wodtke> – Webseite der Abteilung Dynamik an Oberflächen, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen

<http://www.uni-goettingen.de/en/211983.html> – Website der Arbeitsgruppe Dynamik an Oberflächen, Institut für physikalische Chemie der Universität Göttingen

Kontakt

Prof. Dr. Alec M. Wodtke, Dynamik an Oberflächen
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie und
Institut für physikalische Chemie, Universität Göttingen

Tel.: +49 551 201-1263

E-Mail: alec.wodtke@mpibpc.mpg.de