

Press release**Universität Regensburg****Christina Glaser**

09/02/2020

<http://idw-online.de/en/news753245>Research results, Scientific Publications
Biology, Chemistry, Physics / astronomy
transregional, national**Atom blitzschnell angetippt**

Wissenschaftler*innen aus Regensburg und Zürich haben einen faszinierenden Weg gefunden, ein Atom mit kontrollierten Kräften so schnell anzustoßen, dass sie damit die Bewegung eines einzelnen Moleküls in weniger als einer billionstel Sekunde choreografieren können. Als Grundlage dient die extrem scharfe Nadel eines weltweit einzigartigen ultraschnellen Mikroskops. Sie kann Moleküle vorsichtig abtasten, ähnlich wie bei einem Plattenspieler. Die Physiker der Universität Regensburg verwandelten diese Nadel in eine ultraschnelle „atomare Hand“, indem sie Lichtblitze darauf strahlten. Damit lassen sich Moleküle bewegen – und neue Technologien inspirieren.

Atome und Moleküle sind die Bestandteile praktisch aller Materie, die uns umgibt. Sie interagieren miteinander gemäß den Regeln der Quantenmechanik und bilden komplexe Systeme, die eine unendliche Vielfalt von Funktionen erfüllen. Um chemische Reaktionen, biologische Vorgänge einer Zelle oder neuartige Sonnenenergiegewinnung zu untersuchen, würden Wissenschaftler*innen gerne einzelne Moleküle nicht nur beobachten, sondern diese sogar gezielt steuern.

Am intuitivsten lernen Menschen, wie sich Objekte entwickeln, wenn sie haptisch Einfluss nehmen können: etwas anstoßen, drücken, schubsen oder ziehen. Naturgemäß sind wir dabei an makroskopische Objekte gewöhnt, die sie durch Kraftausübung direkt berühren und bewegen können. In ähnlicher Weise interagieren Atome und Moleküle über Kräfte, aber diese Kräfte sind in mehrfacher Hinsicht extrem. Erstens treten die zwischen Atomen und Molekülen wirkenden Kräfte bei extrem kleinen Längen auf. Diese Objekte sind so klein, dass sogar eine spezielle Längenskala eingeführt wurde, um sie zu messen: 1 Ångström ($1 \text{ \AA} = 0,000\ 000\ 000\ 1 \text{ m}$). Gleichzeitig zappeln und bewegen sich Atome und Moleküle unvorstellbar schnell; schneller als Pikosekunden ($1 \text{ ps} = 0,000\ 000\ 000\ 001 \text{ s}$). Um ein Molekül bei seiner Bewegung direkt zu beeinflussen, wird also ein Werkzeug zur Erzeugung ultraschneller Kräfte auf atomarer Ebene benötigt.

Vor mehr als 30 Jahren zeigten Eigler und Schweizer, dass man mit einem Rastertunnelmikroskop statische Kräfte auf einzelne Atome ausüben kann. In solch einem Mikroskop wird eine extrem scharfe Nadel verwendet, die Moleküle vorsichtig abtastet, ähnlich wie bei einem Plattenspieler. Ein Forschungsteam aus Regensburg und Zürich hat sich nun der Herausforderung gestellt, solch atomare Kräfte schnell genug zu machen, um Moleküle während ihrer Bewegung zu lenken und damit Reaktionen und Übergänge zu beeinflussen. Das Regensburger Team um Rupert Huber und Jascha Repp arbeitet mit einem weltweit einzigartigen ultraschnellen Mikroskop, welches Femtosekunden-Laserimpulse mit Rastertunnelmikroskopie kombiniert, die einzelne Moleküle sichtbar machen kann.

Weil Licht eine elektromagnetische Welle ist, kann seine oszillierende Trägerwelle als ultraschnelle Kraft wirken, wie das Team zeigte, schneller sogar als ein Schwingungszyklus des Lichtfeldes. „Wenn wir Lichtblitze auf die atomare scharfe Nadel des Mikroskops strahlen, können wir die belichtete Nadel als ultraschnelle, atomare scharfe "Hand" verwenden und damit einzelne Atome des Moleküls anstoßen“, erklärt Dominik Peller, der Erstautor der neuen Studie.

Das Team beobachtete, dass die ultraschnellen atomaren Kräfte stark genug waren, um eine ultraschnelle Schwingung des Moleküls auszulösen. Diese Bewegung war so heftig, dass sie die Schaltwahrscheinlichkeit des Moleküls um bis zu

39% beeinflusste. Dominik Peller, zutiefst beeindruckt: „Wir konnten die Amplitude und die Richtung der Schwingung nach Belieben steuern und damit die Reaktionswahrscheinlichkeit des Moleküls auf der Femtosekundskaala modulieren“.

Darüber hinaus stellte sich heraus, dass nur dann eine Schwingungsbewegung ausgelöst wird, wenn die "atomare Hand" ultraschnelle Kräfte auf ganz bestimmte Bereiche des Moleküls ausübt. Der Vergleich mit einer quantenmechanischen Berechnung von Nikolaj Moll in Zürich offenbarte den Grund dafür: Das Molekül hakt sich über Schlüsselatome in die Oberfläche ein. Nur wenn die Wissenschaftler*innen ultraschnelle Kräfte auf diese speziellen Atome ausüben, können sie die Schwingung des Moleküls gezielt steuern.

Diese Entdeckung ermöglicht endlich die Kontrolle über molekulare Reaktionen auf unmittelbarste Weise. Man verspricht sich, durch ultraschnelle atomare Kräfte Schlüsselprozesse in Chemie und Biologie zu verstehen und zu steuern und damit zukünftige Technologien auf der Basis einzelner Moleküle zu inspirieren. So sollen die Geheimnisse des ultraschnellen Mikrokosmos nicht nur beobachtet, sondern mit bisher unerreichter Präzision kontrolliert und nutzbar gemacht werden.

contact for scientific information:

Prof. Dr. Rupert Huber, Fakultät für Physik, Universität Regensburg
Telefon +49 941 943 2070
Rupert.Huber@ur.de

Prof. Dr. Jascha Repp, Fakultät für Physik, Universität Regensburg
Telefon +49 941 943 4201
Jascha.Repp@ur.de

Original publication:

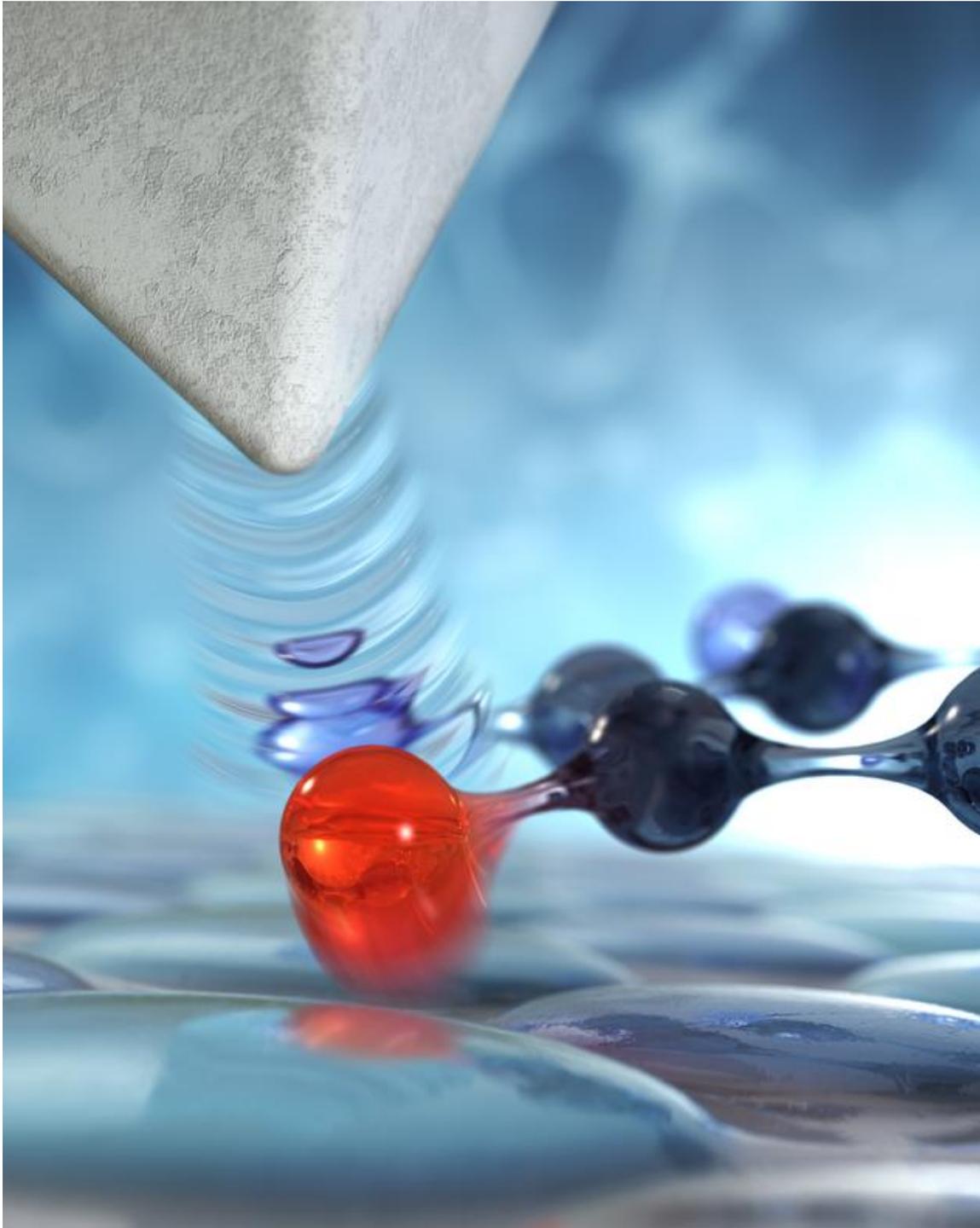
Dominik Peller, Lukas Z. Kastner, Thomas Buchner, Carmen Roelcke, Florian Albrecht, Nikolaj Moll, Rupert Huber and Jascha Repp, Sub-cycle atomic-scale forces coherently control a single-molecule switch. In: Nature.
DOI: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2620-2>

URL for press release: <http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/huber/dpeller.html>

URL for press release: <http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/huber/home.html>

URL for press release: <http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/repp/index.htm>

URL for press release: <https://www.zurich.ibm.com/>



Die Spitze eines ultraschnellen Rastertunnelmikroskops schwebt über einem molekularen Schalter. Ultraschnelle atomare Kräfte induzieren lebhaft Bewegungen eines bestimmten Atoms im Molekül, um seine Reaktivität auf ultraschnellen Zeitskalen zu steuern.

© Brad Baxley (parttowhole.com)

Zur ausschließlichen Verwendung im Rahmen der Berichterstattung zu dieser Pressemitteilung

