(idw)

idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten. Termine. Experten

Press release

Universität Ulm
Annika Bingmann

01/20/2020
http://idw-online.de/en/news730197

Research results, Scientific Publications
Chemistry, Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national

Filmpremiere mit Super-Mikroskop und Nanoröhrchen: Erstmals Entstehen von Atom-Verbindungen im Bewegtbild festgehalten

Weltpremiere in der Elektronenmikroskopie: Erstmals ist es Forschenden der Universitäten Ulm und Nottingham gelungen, das Entstehen und Brechen von chemischen Atom-Verbindungen filmisch festzuhalten. Dabei sind diese Bindeglieder eine halbe Million Mal kleiner als die Breite eines menschlichen Haares! Möglich wurde dieser Erfolg durch das Ulmer Supermikroskop SALVE und winzige Kohlenstoff-Nanoröhren. Die Fachpublikation ist im Journal "Science Advances erschienen.

Atome sind die Bausteine unserer Welt: Dabei ist die Frage, wie sich diese winzigen Teilchen verbinden und voneinander lösen noch nicht vollständig beantwortet. Das Entstehen und Brechen dieser chemischen Verbindungen in Echtzeit festzuhalten, gehörte bislang zu den großen Herausforderungen der Bildgebung. Nun ist einer deutsch-britischen Forschergruppe um Professorin Ute Kaiser von der Universität Ulm das beinahe Unmögliche geglückt: Zum ersten Mal konnten sie mithilfe des Supermikroskops SALVE und winzigen Kohlenstoff-Nanoröhren das Entstehen und Vergehen einer chemischen Verbindung filmisch festhalten. Dabei ist dieses Bindeglied eine halbe Million Mal kleiner als die Breite eines menschlichen Haares! Ihr Fachbeitrag ist in der renommierten Fachzeitschrift „Science Advances“ veröffentlicht worden.

Feste, flüssige und gasförmige Stoffe sowie lebende Organismen: Die gesamte Natur basiert auf chemischen Atom-Verbindungen. Im Bewegtbild festzuhalten, wie diese Verbindungen entstehen, galt bisher als unmöglich: Die Bindeglieder zwischen zwei Atomen haben nämlich lediglich einen Durchmesser von unfassbar geringen 0,1 bis 0,3 Nanometern. Doch nun ist Forschenden um die Ulmer Mikroskopie-Expertin Professorin Ute Kaiser und Professor Andrei Khlobystov von der University of Nottingham der Durchbruch geglückt: Mithilfe des einzigartigen Ulmer Transmissionselektronenmikroskops SALVE sowie winzigen Kohlenstoff-Nanoröhren konnten sie das Verhalten eines Atompaares in Echtzeit auf der atomaren Skala filmen. Bei den verwendeten Röhrchen handelt es sich um hohle Zylinder mit einem Durchmesser von einem bis zwei Nanometern. „Die Kohlenstoff-Nanoröhren helfen uns, Atome und Moleküle ‚einzufangen‘ und sie nach unseren Wünschen zu positionieren“, erklärt Andrei Khlobystov.

Für ihre einmaligen Aufnahmen haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zwei Atome des Übergangsmetalls Rhenium (Re2) eingefangen und mit dem doppelt aberrationskorrigierten Transmissionselektronenmikroskops SALVE aufgenommen. Dabei erfüllt der Elektronenstrahl gleich zwei Aufgaben: Zum einen hilft der Strahl, die genaue Position der Atome darzustellen und zum anderen aktiviert er die chemische Reaktion. Dadurch ist es den Forschenden bereits in der Vergangenheit gelungen, molekulare Reaktionen aufzunehmen. „Mit dem SALVE-Mikroskop konnten wir jetzt die Dynamik der Rhenium-Atome in den Nanoröhrchen nachvollziehen. Dabei haben wir festgestellt, dass sich die Länge der Verbindung schrittweise verändert“, beschreibt Ute Kaiser, Leiterin der Materialwissenschaftlichen Elektronenmikroskopie an der Universität Ulm. Darüber hinaus hat der Ulmer Erstautor Dr. Kecheng Cao ein ungewöhnliches Phänomen beobachtet: Die Atome scheinen als Paar, im Gleichschritt, das Nanoröhrchen entlang zu laufen. „Die Paarbewegungen waren erstaunlich gut zu erkennen. Während die Atome das Röhrchen hinunterwanderten wurde ihre Verbindung stärker oder schwächer – offenbar abhängig von der jeweiligen Umgebung“, erläutert Kecheng Cao.

Mit der Kombination aus Transmissionselektronenmikroskopie und Kohlenstoff-Nanoröhrchen können die Forschenden also im Bewegtbild festhalten, wie sich die Atome verbinden, voneinander lösen und womöglich eine erneue Verbindung zum Re2- Molekül eingehen. Weiterhin erhielten sie neue Einblicke in die Chemie der Übergangsmetalle: „Verbindungen von Metall-Atomen sind sehr wichtig in der Chemie – insbesondere wenn es um das Verständnis von magnetischen, elektronischen und katalytischen Materialeigenschaften geht. Dabei können Übergangsmetalle wie Rhenium verschiedene Arten von Verbindungen ausbilden. Im TEM-Experiment haben wir herausgefunden, dass Rhenium-Atome vor allem durch eine vierfach-Verbindung gekoppelt sind“, sagt Dr. Stephen Skowron von der University of Nottingham.

Nach Einschätzung der Autoren haben sie weltweit erstmals das Entstehen und Brechen von Verbindungen auf der atomaren Ebene filmisch festgehalten. „Damit erweitern wir die Grenzen der molekularen Bildgebung: Künftig könnte die Elektronenmikroskopie zu einer wichtigen Methode werden, um die Dynamik chemischer Reaktionen in Echtzeit zu untersuchen“, resümieren die Professoren Ute Kaiser und Andrei Khlobystov.

Pressemitteilung mit Material der University of Nottingham

contact for scientific information:
Weitere Informationen: Prof. Dr. Ute Kaiser, Tel.: 0731/50-22950, ute.kaiser@uni-ulm.de

Original publication:

Kecheng Cao, Stephen T. Skowron, Johannes Biskupek, Craig T. Stoppiello, Christopher Leist, Elena Besley, Andrei N. Khlobystov, Ute Kaiser. Imaging an unsupported metal-metal bond in dirhenium molecules at the atomic scale. Science Advances. https://doi.org/10.1126/sciadv.aay5849

URL for press release: https://www.uni-ulm.de/nawi/nawi-home/nawi-detailseiten/news-detail/article/filmpremiere-mit-super-mikroskop-und-nanoroehrchen-erstmals-entstehen-von-atom-verbindungen-im-beweg/
Original-Pressemitteilung mit weiteren Abbildungen

Innenansicht des einmaligen Mikroskops SALVE an der Universität Ulm
Foto: Heiko Grandel