

Press release

Universität Hamburg

Christina Krätzig

01/21/2025

<http://idw-online.de/en/news846076>

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



Nature-Publikation: Kurze Attosekunden-Röntgenblitze ermöglichen neue Bildgebung

Ein Forschungsteam der Universität Hamburg und Kollaborationspartner haben einen Durchbruch erzielt: Dem Team ist es gelungen, mit Hilfe einzelner Attosekunden-Röntgenpulse Bilder von einzelnen Nanopartikeln aufzunehmen. Dieser Erfolg, der in der Fachzeitschrift Nature Communications veröffentlicht wurde, ermöglicht hochauflösende Momentaufnahmen von dynamischen Phänomenen wie chemischen Reaktionen und Phasenübergängen mit einer noch nie dagewesenen zeitlichen Präzision.

Die Attosekunden-Wissenschaft, die 2023 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde, verändert das Verständnis davon, wie sich Elektronen in Atomen, Molekülen und Festkörpern bewegen. Eine Attosekunde – also das Milliardstel einer Milliardstel Sekunde – ermöglicht die Visualisierung natürlicher Prozesse, die mit außergewöhnlicher Geschwindigkeit ablaufen, in Zeitlupe. Bisher waren die meisten Attosekunden-Experimente jedoch auf spektroskopische Messungen beschränkt wegen Beschränkungen von Attosekunden-Lichtpulsquellen.

Mit Hilfe des leistungsstarken Freie-Elektronen-Röntgenlasers (FEL) am SLAC National Laboratory in Kalifornien untersuchte das Hamburger Team, wie ultrakurze Pulse mit Nanopartikeln wechselwirken. Dabei entdeckten sie ein bisher unerforschtes Phänomen: flüchtige Ionenresonanzen, die die Röntgenbildhelligkeit von Nanoteilchen erhöhen. Diese flüchtigen Resonanzen, die auftreten, wenn FEL-Pulse kürzer sind als die in den meisten Experimenten verwendeten, verstärken die Effizienz der Röntgenstreuung erheblich. Diese Entdeckung verbessert nicht nur die Qualität und Detailgenauigkeit von Beugungsbildern, sondern ist auch ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur Bildgebung im atomaren Maßstab.

„Wir waren zunächst verwundert über die unerwartet starken Röntgen-Beugungssignale bei unseren Experimenten an der Linac Coherent Light Source“, sagt Tais Gorkhover, eine der Hauptautorinnen der Studie von der Universität Hamburg und Forscherin im Exzellenzcluster „CUI: Advanced Imaging of Matter“. „Nach strengen Qualitätskontrollen unserer Daten und einer unabhängigen Überprüfung durch Simulation konnten wir den Effekt bestätigen.“ Wenn intensive Röntgenpulse auf Materie treffen, lösen sich die Elektronen – die Hauptverantwortlichen für die Röntgenbeugung – normalerweise durch die Ionisierung ab, so dass Ionen übrigbleiben, die die Röntgenstrahlen weniger effektiv streuen. Die aktuelle Studie zeigt jedoch, dass diese Ionen unter extrem kurzen und speziell abgestimmten FEL-Pulsen ihre Beugungseffizienz um Größenordnungen steigern können.

„Diese Entdeckung bietet einen neuartigen Ansatz, um sowohl die Helligkeit als auch die Auflösung von Röntgenbeugungsbildern zu verbessern“, erklärt Stephan Kuschel, der Erstautor der Studie. „Diese Technik eröffnet die Möglichkeit, ultraschnelle Prozesse wie chemische Reaktionen und katalytische Umwandlungen in ihrer natürlichen Umgebung mit bemerkenswerter zeitlicher Auflösung sichtbar zu machen.“

Die Ergebnisse unterstreichen, wie wichtig es ist, die technologischen Grenzen der Röntgenbildgebung zu erweitern, um die unsichtbare Dynamik der Materie zu enthüllen. Bei weiteren Fortschritten verspricht dieser Durchbruch

Auswirkungen in Bereichen wie Chemie, Materialwissenschaft und Nanotechnologie. „Dies ist ein Schritt in Richtung des ultimativen Ziels, einzelne Atome in Bewegung zu erfassen“, so die Forschenden. „Durch die Feinabstimmung der Röntgenpulsbedingungen werden wir in der Lage sein, Details zu beobachten, die bisher unerreichbar waren.“

contact for scientific information:

Prof. Dr. Tais Gorkhover
Universität Hamburg
Fachbereich Physik
Tel.: +49 40 8998-6634
E-Mail: tais.gorkhover@cfel.de

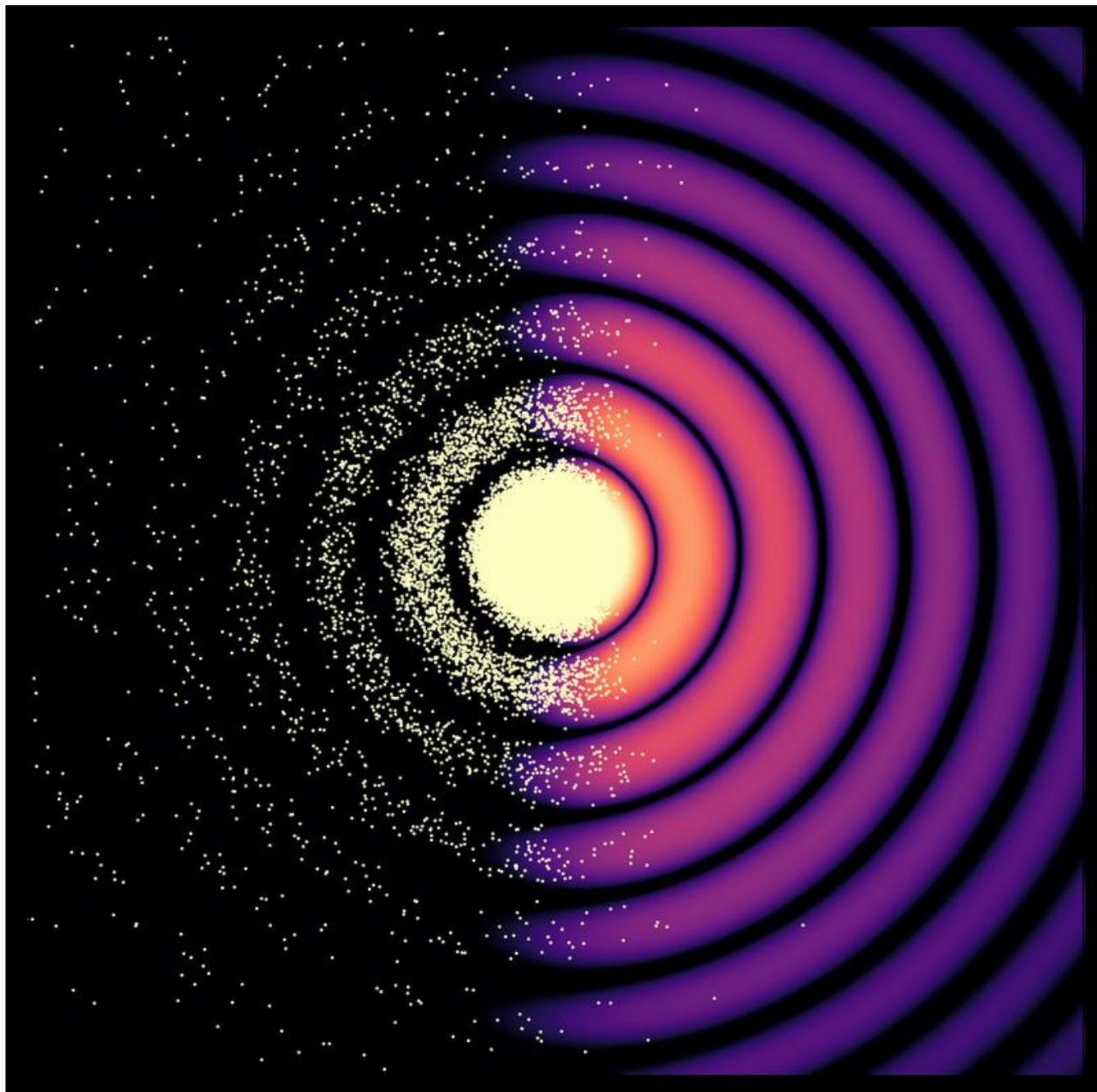
Original publication:

<https://doi.org/10.1038/s41467-025-56046-y>

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-56046-y>

URL for press release:

<https://www.cui-advanced.uni-hamburg.de/research/wissenschaftsnews/25-01-21-attosecond-imaging.html>



Transiente Resonanzen verstärken Röntgenbeugungsbilder
Stephan Kuschel, Tais Gorkhover
UHH/CUI