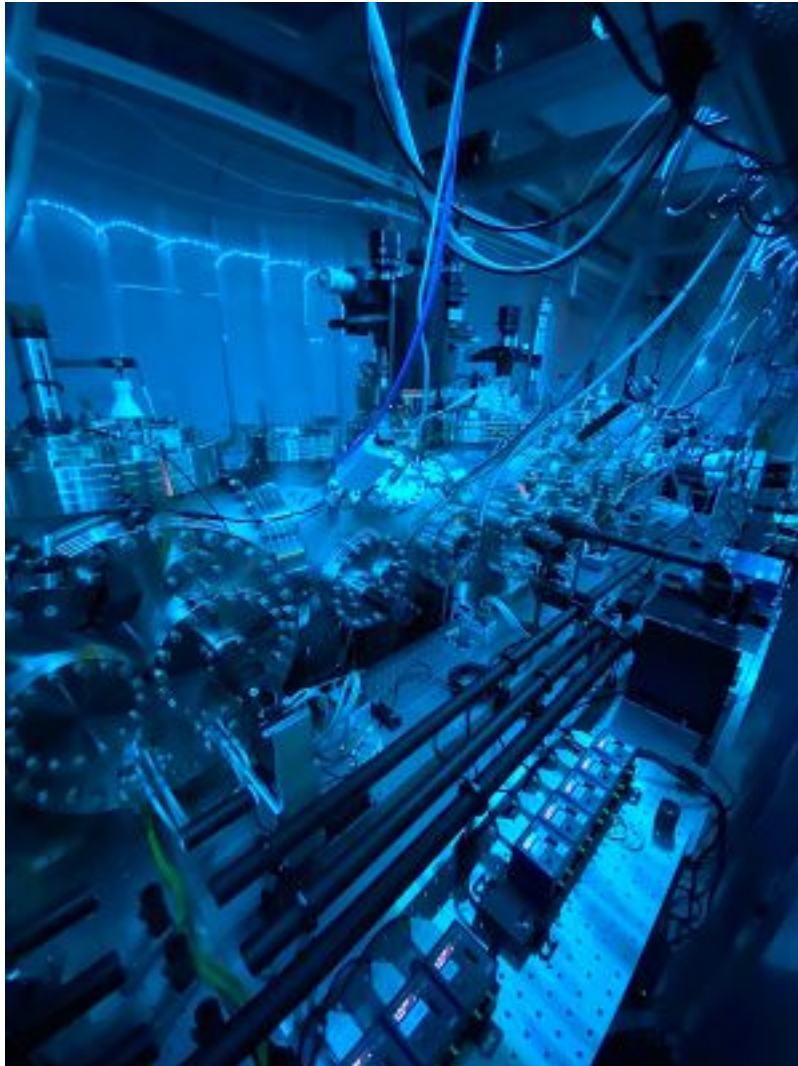


Metallklumpen im Quantenzustand: Wiener Forschungsteam bricht Rekorde

22.01.2026, 08:37 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*



Kann ein kleiner Metallklumpen in einem Quantenzustand sein, der sich über entfernte Orte erstreckt? Ein Forschungsteam der Universität Wien beantwortet diese Frage mit Ja. Im Fachjournal Nature zeigen Physiker der Universität Wien und der Universität Duisburg-Essen, dass selbst massive Nanopartikel, bestehend aus Tausenden von Natriumatomen, den Regeln der Quantenmechanik folgen. Das Experiment ist derzeit einer der besten Tests der Quantenmechanik auf makroskopischer Skala.

Materie als Welle

In der Quantenmechanik kann sich nicht nur Licht, sondern auch Materie sowohl wie ein Teilchen als auch wie eine Welle verhalten. Für Elektronen, Atome und kleine Moleküle wurde dies schon mehrfach belegt, durch Beugung am Doppelspalt, oder durch Interferenzexperimente. Im Alltag sehen wir davon jedoch nichts: Murmeln, Steine und

Staubkörner haben einen wohldefinierten Ort und eine vorhersehbare Bahn, sie folgen den Regeln der klassischen Physik.

An der Universität Wien zeigt das Team um Markus Arndt und Stefan Gerlich nun erstmals, dass die Wellennatur der Materie auch bei massiven metallischen Nanopartikeln erhalten bleibt. Beeindruckend ist die Größenskala: Die Cluster haben einen Durchmesser von etwa 8 Nanometer und sind damit in der Größenordnung moderner Transistorstrukturen. Mit einer Masse von mehr als 170.000 atomaren Masseneinheiten, sind sie auch massiver als die meisten Proteine. Trotzdem gelingt bei diesen Nanoteilchen der Nachweis von Quanteninterferenz.

"Intuitiv würde man erwarten, dass sich ein so großer Metallklumpen wie ein klassisches Teilchen verhält", sagt Erstautor und Doktorand der Studie Sebastian Pedalino. "Dass er trotzdem noch interferiert, zeigt, dass die Quantenmechanik auch auf dieser Größenskala gültig ist und keiner alternativen Modelle bedarf."

Ein "Schrödinger-Metallklumpen"

Die Wissenschaftler erzeugen kalte Natrium-Cluster aus 5.000 bis 10.000 Atomen. Die werden durch drei Beugungsgitter geschickt, die mit ultravioletten Laserstrahlen erzeugt werden. Im ersten Laserstrahl wird der Ort jedes Clusters zunächst mit einer Periode von einem zehntausendstel Millimeter auf rund 10 nm genau vorbestimmt und so in eine Überlagerung von Pfaden gebracht, die das Teilchen durch die Apparatur nehmen kann. Wenn diese Möglichkeiten sich am Ende der Maschine überlagern, entsteht ein messbares Streifenmuster aus Metall, in guter Übereinstimmung mit der Quantentheorie.

Das zeigt, dass der Ort der Teilchen im unbeobachteten Flug nicht festgelegt ist. Diese Delokalisierung ist Dutzendmal größer als die Größe jedes einzelnen Teilchens. Solche Zustände werden unter Physiker*innen auch als Schrödinger-Katzenzustände bezeichnet, weil sie ein Gedankenexperiment des österreichischen Nobelpreisträgers Erwin Schrödingers imitieren. Der überlegte, ob es möglich sei, eine Katze in einen Zustand zu bringen in dem sie tot und lebendig ist. Die Analogie im Experiment: "jeder Metallbrocken ist hier und nicht hier".

Neue Größenordnung im Labor der Uni Wien erreicht

Eine umfassende Theorie zur Nahfeldinterferometrie wurde in den vergangenen zwei Jahrzehnten unter anderem von Klaus Hornberger formuliert (Universität Duisburg Essen), der auch Koautor dieser Studie ist. Hornberger und Stefan Nimmrichter (damals Universität Wien) führten die Makroskopizität als eine Maßzahl ein, um unterschiedlichste Quantenexperimente vergleichbar zu machen, darunter Nanooszillatoren, Atominterferometer, oder nanoakustische Resonatoren. Die Makroskopizität bemisst, wie streng ein Quantenexperiment selbst kleinste Abweichungen von der Quantentheorie noch ausschließen kann.

Im neuen Experiment wird nun ein Wert von $\mu = 15,5$ erreicht. Das ist rund eine Größenordnung höher als in allen anderen Experimenten weltweit bisher. Wollte man einen ebenso strengen Test mit Elektronen erzielen, müsste man dessen Quantenüberlagerung für rund 100 Millionen Jahre lang aufrechterhalten. Die massiven Nanoteilchen im Labor der Uni Wien brauchten dafür nur in etwa eine hundertstel Sekunde.

Ausblick und Anwendungen

Das Experiment ist vor allem dafür ausgelegt, im Versuch zu verstehen, warum die Quantenphysik so seltsam erscheint und unser Alltag dennoch so 'normal'. Künftig sollen noch deutlich massivere Objekte und auch andere Materialklassen untersucht werden, von denen erwartet wird, dass sie noch bessere Tests der Quantenphysik ergeben. In verbesserter Infrastruktur und mit einer neuen Apparatur soll der eigene Rekord in den nächsten Jahren noch um mehrere Größenordnungen verbessert werden. Das Wiener Interferometer ist zugleich aber auch ein höchst empfindlicher Kraftsensor, der derzeit schon Kräfte im Bereich 10-26 N messen kann, in Zukunft noch deutlich empfindlicher. Dies eröffnet neue Perspektiven für Präzisionsmessungen, etwa elektrischer, magnetischer oder optischer Eigenschaften an isolierten Nanopartikeln – eine spannende Ergänzung zu etablierten Methoden der Nanotechnologie.

Zusammenfassung:

- Forschende der Universität Wien um Markus Arndt und Stefan Gerlich, in Kollaboration mit Klaus Hornberger von der Universität Duisburg-Essen berichten in Nature über den Nachweis von Quanten-Interferenz von metallischen Nanopartikeln.
- Die Cluster sind etwa 8 nm groß und rund 170.000 amu massiv – vergleichbar mit den kleinsten Größenskalen moderner Halbleiterelektronik.
- Das Experiment testet die Gültigkeit der Quantentheorie und erreicht dabei eine Makroskopizität von $\mu = 15,5$. Das ist etwa eine Größenordnung mehr als in jedem anderen bisherigen Experiment. Damit werden alternative Erweiterungen der Quantenmechanik weiter eingeschränkt.
- Der Nachweis gelingt im MUSCLE-Interferometer mit drei UV-Lichtgittern, die als Strahlteiler und Phasengitter wirken. Der dabei erzielte Überlagerungszustand aus "hier und da" ähnelt dem Zustand von "tot und lebendig" den Erwin Schrödinger für eine Katze erfand, um zu illustrieren, wie unmöglich uns die Quantenphysik im Alltag erscheint.

Über die Universität Wien:

Die Universität Wien setzt seit über 650 Jahren Maßstäbe in Bildung, Forschung und Innovation. Heute ist sie unter den Top 100 und damit den Top 4 Prozent aller Universitäten weltweit gerankt sowie in aller Welt vernetzt. Mit über 180 Studien und mehr als 10.000 Mitarbeitenden ist sie einer der größten Wissenschaftsstandorte Europas. Hier treffen Menschen aus unterschiedlichsten Disziplinen zusammen, um Spitzenforschung zu betreiben und Lösungen für aktuelle und künftige Herausforderungen zu finden. Ihre Studierenden und Absolvent*innen gehen mit Innovationsgeist und Neugierde komplexe Herausforderungen mit reflektierten und nachhaltigen Lösungen an.

Das Experiment wurde substanziell gefördert von

- Der Gordon & Betty Moore Foundation im Projekt ELUQUINT #10771
- Fonds zur Förderung Wissenschaftlicher Forschung, FWF, MUSCLE #32542-N

Das Experiment ist eingebunden in

- Die Vienna Doctoral School for Physics, VDSP
- Den Österreichischen Cluster of Excellence quantA

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Univ.-Prof. Dr. Markus Arndt
Gruppe Quantennanophysik
Fakultät für Physik, Universität Wien
1090 Wien, Boltzmanngasse 5
T +43-1-4277-51210
markus.arndt@univie.ac.at
<http://www.quantumnano.at>

Prof. Dr. Klaus Hornberger
Theoretische Quantenphysik
Universität Duisburg-Essen
47048 Duisburg, Lotharstraße 1-21, Gebäude MG, Deutschland
T +49-203-379-4750
<https://www.klaus-hornberger.de/>

Originalpublikation:

Pedalino, S., Ramírez-Galindo, B.E., Ferstl, R., Hornberger, K., Arndt, M. and Gerlich, S. 'Probing quantum mechanics with nanoparticle matter-wave interferometry', Nature (2025)
DOI: 10.1038/s41586-025-09917-9
<https://www.nature.com/articles/s41586-025-09917-9>

Universität Wien

AlexandraFrey (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

+43-664-817 5675

presse@univie.ac.at

News-ID: 1301728 • Views: 450 (Stand: 26.09.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/1301728/Metallklumpen-im-Quantenzustand-Wiener-Forschungsteam-bricht-Rekorde-idw.html>