



Medieninformation

Ionenrecycling zur Erforschung der schwersten Elemente

Universität Greifswald, 04.11.2025

Um die chemischen Eigenschaften und die Reaktionsfähigkeit der seltensten und am wenigsten erforschten Elemente besser zu verstehen, wurde an der ISOLDE-Anlage des CERN eine neue Methode entwickelt. Die Greifswalder Doktorandin Dr. Franziska Maier war am CERN an vorderster Front mit dabei. Die Methode ist vielversprechend: Die Forschenden vermuten, dass sie auch für die Entwicklung von chemischen Verbindungen bei der Krebsbehandlung relevant werden könnte.

Von der Verbrennung von Holz bis zur Wirkung von Arzneimitteln - die Eigenschaften und das Verhalten von Materie werden durch die Art bestimmt, wie sich chemische Elemente miteinander verbinden. Für viele der 118 bekannten Elemente sind die komplexen Elektronenstrukturen der Atome, die für chemische Bindungen verantwortlich sind, gut verstanden. Doch bei den superschweren Elementen, die sich am äußersten Ende des Periodensystems befinden, ist jede Messung eine große Herausforderung.

In einer neuen Studie, die am 3. November 2025 in [Nature Communications](#) veröffentlicht wurde, berichten Franziska Maier und ihre Kolleg*innen an der ISOLDE-Anlage des CERN über die Demonstration einer neuartigen Methode. Diese verspricht enorme Fortschritte, die Chemie der (super)schweren Elemente zu entschlüsseln. Der neue Ansatz hat zudem potenzielle Anwendungen in der Grundlagenforschung der Physik und in der Entwicklung von medizinischen Methoden.

Methode auf Basis einer Ionenfalle entwickelt

Superschwere Elemente sind äußerst instabil und können nur in winzigen Mengen in Teilchenbeschleunigern hergestellt werden. Deshalb werden neue Verfahren zunächst an stabilen Elementen erprobt. Das Forschungsteam an der ISOLDE entwickelte eine neue Methode auf Basis einer Ionenfalle, um die Elektronenaffinität von Atomen und Molekülen präzise zu messen.

Die Elektronenaffinität ist die Energie, die freigesetzt wird, wenn man einem neutralen Atom ein Elektron hinzufügt, wodurch ein negatives Ion, also ein sogenanntes Anion, entsteht. Sie zählt zu den grundlegendsten Eigenschaften eines Elements und bestimmt maßgeblich, wie es chemische Bindungen eingeht.

Zur Demonstration wurden stabile Chloratome verwendet. Die neue Entwicklung erlaubte Messungen mit hunderttausendmal weniger Atomen als in allen bisherigen Experimenten. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Elektronenaffinität auch bei superschweren Elementen zu bestimmen.

Bei herkömmlichen Messungen der Elektronenaffinität werden Anionen des betreffenden Elements durch den Strahl eines Lasers geschickt. Durch Variation der Laserfrequenz kann dann die genaue Photonenenergie ermittelt werden, bei der das zusätzliche Elektron vom Anion abgelöst wird - diese Energie entspricht der Elektronenaffinität des neutralen Atoms. Für instabile (super)schwere Elemente, die nur mit wenigen Anionen pro Sekunde oder noch seltener erzeugt werden, reicht jedoch ein einmaliger Durchlauf durch den Laserstrahl nicht aus, um diese Energie zu messen.

Neue Methode garantiert hohe Messgenauigkeit trotz weniger Anionen

Um dieses Problem zu lösen, fingen die Forschenden an der ISOLDE Chlor-Anionen in einem sogenannten *Multi-Ion Reflection Apparatus for Collinear Laser Spectroscopy (MIRACLS)* ein. In dieser Falle werden die Chlor-Anionen zwischen zwei elektrostatischen Ionenspiegeln viele Male hin und her reflektiert - ähnlich wie ein Pingpong-Ball - wodurch der Laserstrahl die Ionen bei jedem Durchgang untersuchen kann.

"Trotz der Verwendung von hunderttausendmal weniger Chlor-Anionen erreicht unsere neuartige MIRACLS-Methode die gleiche Messgenauigkeit wie herkömmliche Verfahren, bei denen die Anionen den Laserstrahl nur einmal passieren. Die Verbesserung beruht auf den etwa sechzigtausend Durchgängen derselben Ionen", erklärt Dr. Franziska Maier, Hauptautorin der Studie. "Unsere Methode nutzt die Spiegel der Falle, um die Anionen zu 'recyceln', und eröffnet so einen Weg zu Messungen der Elektronenaffinität bei superschweren Elementen."

Dr. Franziska Maier führte die Messungen am CERN im Rahmen ihrer Promotion in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Lutz Schweikhard an der Universität Greifswald durch. Wie dieser ergänzt, könnten mit zunehmender Protonenzahl aufgrund relativistischer Effekte im Bereich der superschweren Elemente die Grenzen zwischen den Elementgruppen im Periodensystem verblassen. "Über die Elektronenaffinitäten sollen diese Effekte mit der neuen Messmethode untersucht werden."

Langjährige Erfahrung in der Konstruktion und Anwendung elektrostatischer Ionenstrahlfallen

Die Greifswalder Arbeitsgruppe verfügt über langjährige Erfahrung in der Konstruktion und Anwendung elektrostatischer Ionenstrahlfallen. "Schon vor über zehn Jahren wurde ein auf diesem Prinzip beruhendes Flugzeitmassenspektrometer in Greifswald gebaut und danach zum CERN gebracht. Bis heute wird es dort für die hochpräzise Bestimmung der Massen exotischer Atomkerne genutzt", berichtet Prof. Schweikhard. "In Greifswald wird ein weiteres solches Gerät zur Untersuchung von atomaren Clustern eingesetzt." Auch die Ionenfalle, die nun bei den neuen Experimenten am CERN im Einsatz war, wurde ursprünglich in Greifswald gebaut. Am CERN wurde sie vom internationalen MIRACLS-Team unter der Leitung von Dr. Stephan Malbrunot-Ettenauer für die Elektronenaffinitätsmessungen weiterentwickelt und mit den benötigten Lasern ergänzt.

Potenzielle Bedeutung für die Entwicklung neuer Krebstherapien

Über die Messung der schwer fassbaren Elektronenaffinitäten superschwerer Elemente hinaus könnte die MIRACLS-Methode auch auf seltene Elemente auf der Erde angewendet werden - etwa auf Actinium, das wie Astat ein vielversprechender Kandidat für die Entwicklung von chemischen Verbindungen zur Krebsbehandlung ist. Außerdem könnte sie zur Bestimmung der Elektronenaffinitäten von Molekülen dienen, um theoretische Berechnungen ihrer elektronischen Struktur zu unterstützen. Solche Berechnungen sind wichtig für die Forschung an Antimaterie und radioaktiven Molekülen, die zunehmend als Werkzeuge zur Untersuchung der fundamentalen Symmetrien der Natur eingesetzt werden.

Weitere Informationen

Publikation: Maier, F.M., Leistenschneider, E., Au, M. et al. Enhanced sensitivity for electron affinity measurements of rare elements. *Nat Commun* 16, 9576 (2025).

<https://doi.org/10.1038/s41467-025-64581-x>

Webseite der MIRACLS-Kollaboration am CERN: [MIRACLS](#)

[Pressemitteilung des CERN](#)

Aktuelle Kontaktdaten von Dr. Franziska Maier

Dr. Franziska Maier

Facility for Rare Isotope Beams
Michigan State University
640 South Shaw Lane
East Lansing, MI 48824, USA

franziska.maria.maier@cern.ch
maierf@frib.msu.edu
<https://www.linkedin.com/in/franziska-maria-maier>

Ansprechpartner an der Universität Greifswald

Prof. Dr. Lutz Schweikhard
Institut für Physik

Felix-Hausdorff-Straße 6, 17489 Greifswald
Telefon +49 3834 420 4750

lschweik@physik.uni-greifswald.de
<https://physik.uni-greifswald.de/ag-schweikhard/>