UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456

Medieninformation

Radioaktive Moleküle eignen sich als Mini-Labore

Universität Greifswald, 28.05.2020

Forschungsverbund nutzt erstmals Laserspektroskopie, um chemische Verbindungen mit kurzlebigem radioaktivem Bestandteil zu untersuchen.

Radioaktive Moleküle eignen sich als Miniatur-Laboratorien, mit denen sich grundlegende Eigenschaften von Elementarteilchen und Atomkernen studieren lassen - das ist das Ergebnis eines Experiments, über das ein internationales Forschungskonsortium in der aktuellen Ausgabe des Wissenschaftsmagazins Nature berichtet. Die Gruppe nutzte eine Beschleunigeranlage des europäischen Kernforschungszentrums CERN, um kurzlebige radioaktive Moleküle zu erzeugen, die das Team dann erstmals mittels Laser spektroskopisch untersuchte.

"Lasst das Molekül die Arbeit der Physik machen!", empfiehlt der Marburger Chemietheoretiker Professor Dr. Robert Berger. Schon vor etwa zehn Jahren unterbreitete er gemeinsam mit Kollegen einen Vorschlag, wie man Experimente mit kurzlebigen radioaktiven Molekülen anstellen kann, um daraus etwas über elementare Physik zu lernen. "Wir machen uns zunutze, dass manche physikalischen Effekte in Molekülen um ein Vielfaches verstärkt werden können", sagt Berger, der Theoretische Chemie an der Philipps-Universität Marburg lehrt; er ist zusammen mit dem amerikanischen Physiker Professor Dr. Ronald Fernando Garcia Ruiz einer der Leitautoren der aktuellen Veröffentlichung.

Der Verstärkereffekt macht sich besonders bei Molekülen bemerkbar, die sehr schwere, radioaktive Bestandteile enthalten. "Wir identifizierten Radiummonofluorid als besonders interessant, um Verletzungen fundamentaler Symmetrien in der Natur zu studieren und damit etwas über den grundlegenden Aufbau der Materie zu lernen", erklärt Koautor Dr. Timur Isaev vom Petersburger Nuklearphysikalischen Instituts des Nationalen Forschungszentrums Kurchatov Institut in Russland, ein früherer Mitarbeiter von Berger. Dabei besteht freilich das Problem, dass solche Moleküle kurzlebig sind, wenn die radioaktiven Atomkerne schnell zerfallen.
Experimentell erworbene Kenntnisse über kurzlebige radioaktive Moleküle sind rar, so dass quantenchemische Berechnungen oft die einzige Informationsquelle bilden. Kurzlebige radioaktive Kerne kommen in der Natur nicht vor und müssen daher künstlich in spezialisierten Einrichtungen wie dem Isotopentrenner ISOLDE am CERN hergestellt werden.

Zusammen mit Garcia Ruiz versammelte der Chemiker ein internationales Team am europäischen Kernforschungszentrum in Genf, um in einem ausgeklügelten Versuchsaufbau schrittweise Radiummonofluorid herzustellen und dessen Eigenschaften zu studieren. "Nach unserer Kenntnis ist dies das erste Mal, dass kurzlebige radioaktive Moleküle mittels Laserspektroskopie untersucht wurden", hebt Berger hervor. "Hätten unsere theoretischen Vorhersagen nicht gestimmt, so wäre am Ende der Messung unter Umständen kein Hinweis auf Radiummonofluorid zu sehen gewesen", fügt er hinzu. "Wir waren daher sehr gespannt, aber das Experiment lief fantastisch." In der Fachwelt ziehen die Ergebnisse weite Kreise, weiß der Chemiker zu berichten: "Jetzt schicken sich Beschleunigerzentren in der ganzen Welt an, ähnliche Experimente mit radioaktiven Molekülen durchzuführen."

Professor Dr. Robert Berger leitet eine Arbeitsgruppe für Theoretische Chemie an der

Philipps-Universität Marburg; daneben beteiligten sich zahlreiche weitere Arbeitsgruppen an dem Experiment in dessen unterschiedlichen Phasen. Zunächst erzeugte das Team durch Protonenbeschuss eines uranhaltigen Materials Radiumatomkerne verschiedener Masse, die anschließend erhitzt und mit CF4-Gas umspült wurden. "Nur mit hochempfindlicher und gleichzeitig hochauflösender Massenspektrometrie konnten wir nachweisen, dass tatsächlich geladenes Radiummonofluorid gebildet wurde, gleichzeitig aber keine anderen ionisierten Atome oder Moleküle entstanden, welche die Messungen behindert hätten", sagt Mitverfasser Dr. Frank Wienholtz aus dem Team von Professor Dr. Lutz Schweikhard von der Universität Greifswald.

Durch Stoß mit Natriumatomen erhielt die Forschungsgruppe elektrisch neutrales Radiummonofluorid; dieses Molekül regte sie schrittweise mit Lasern energetisch an, bis es wieder in einen elektrisch geladenen Zustand überging, der effizient detektiert werden konnte. "Einen ähnlichen Ansatz nutzen wir üblicherweise zur Spektroskopie an Atomen", erläutert Koautor Professor Dr. Klaus Wendt von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, "aber nun wurde er erstmalig erfolgreich zur Untersuchung kurzlebiger radioaktiver Moleküle verwendet."

Der Laborastrophysiker Professor Dr. Thomas Giesen von der Universität Kassel trug zusammen mit seinem Doktoranden Alexander Breier maßgeblich zur Interpretation der Molekülspektren bei. "Unsere Auswertung zeigt, dass Radiummonofluorid durch Laserkühlung auf Temperaturen heruntergekühlt werden kann, die es erlauben, sie in allen Einzelheiten zu untersuchen", legt Giesen dar. Bei der Laserkühlung beschießt man ein Molekül mit Lichtquanten, die dadurch einen Impuls übertragen, der das Molekül abbremst. Die Laserkühlbarkeit ist erforderlich, um elementare physikalische Eigenschaften geeigneter Moleküle mit hoher Präzision zu bestimmen.

Weitere Arbeitsgruppen aus Europa, den USA sowie der Volksrepublik China beteiligten sich an dem Verbund. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft, das Bundesforschungsministerium, der Europäische Forschungsrat, die Russische Wissenschaftsstiftung und weitere institutionelle Geldgeber förderten die zugrundeliegende Forschungsarbeit finanziell.

Weitere Informationen

Garcia Ruiz R. F., Berger R., et al. (2020): "Spectroscopy of short-lived radioactive molecules," in: *Nature*, https://doi.org/10.1038/s41586-020-2299-4

Verwandte Pressemitteilungen:
Laserkühlung steht vor neuen Anwendungen (2016)

Das Foto darf nur für die Berichterstattung über die zugehörige wissenschaftliche Veröffentlichung verwendet werden. Download
Die Grafik kann für redaktionelle Zwecke im Zusammenhang mit dieser Pressemitteilung kostenlos heruntergeladen und genutzt werden. Dabei ist der Name des Grafikers zu nennen.
Download

Ansprechpartner an der Phillips-Universität Marburg
Prof. Dr. Robert Berger
Theoretische Chemie
Tel: +49 6421 282 5687
robert.berger obscureAddMid() uni-marburg obscureAddEnd() de

Ansprechpartner an der Universität Greifswald
Prof. Dr. Lutz Schweikhard
Institut für Physik

Felix-Hausdorff-Straße 6, 17489 Greifswald
Tel: +49 3834 420 4750
lschweik obscureAddMid() physik.uni-greifswald obscureAddEnd() de