



Rätselfhafte Größe extrem leichter Calciumisotope

Forscherteam verbessert Theorie zu Veränderungen von Ladungsradien

Darmstadt, 12. Februar 2019. Ein internationales Forschungsprojekt unter Beteiligung von Kernphysikern und Kernphysikerinnen der TU Darmstadt hat erstmals in hochpräzisen Messungen die Radien extrem leichter Calciumisotope bestimmt und davon ausgehend die Theorie zur Beschreibung von Isotopenradien deutlich verbessern können. Die Ergebnisse wurden jetzt in der Zeitschrift „Nature Physics“ veröffentlicht.

Atomkerne bestehen aus positiv geladenen Protonen und den ungeladenen Neutronen. Da alle Kerne eine nahezu konstante Dichte in ihrem Inneren aufweisen, erwartet man, dass die Größe eines Atomkerns mit der Anzahl seiner Konstituenten kontinuierlich anwächst. Besonders genau messen kann man die Ladungsradien der Kerne, also die mittlere Ausdehnung ihrer Ladungsverteilung, entlang einer Isotopenkette. Von den stabilen Kernen ausgehend, bei denen Protonen und Neutronen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen, gelangt man durch Hinzufügen oder Entnehmen von Neutronen zu neutronenreichen oder protonenreichen Kernen. Dabei stellt man allerdings fest, dass die Radien in einer viel komplexeren Weise variieren, als man es nach diesem einfachen Bild erwartet.

Von speziellem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Calciumisotope. Die beiden Isotope ^{40}Ca und ^{48}Ca besitzen praktisch den gleichen Radius, dazwischen verändern sich die Radien in einem charakteristischen Zick-Zack-Muster, und ^{52}Ca besitzt einen überraschend großen Radius, wie sich bereits in früheren Untersuchungen zeigte. Obwohl dieses Muster von bestehenden Theorien teilweise reproduziert werden konnte (graue Linie in der Abbildung), sind doch viele der existierenden Theorien kaum in der Lage, die komplexen Größenschwankungen der Ladungsradien zu erklären. Unterhalb des leichtesten stabilen Isotops ^{40}Ca war nur der Ladungsradius von ^{39}Ca bekannt, da es sehr schwierig ist, die protonenreichen Isotope zu produzieren.

Der Radius eines Calciumkerns ist winzig klein, ungefähr 0,0000000000000035 Meter (oder 3,5 Femtometer), und die zu messenden Variationen sind noch einmal 200-mal kleiner. Hinzu kommt, dass die protonenreichen Isotope sehr kurzlebig sind. ^{36}Ca existiert beispielsweise nur für eine Zehntelsekunde. Die winzigen Veränderungen ihrer Ladungsradien konnten nun mit einer empfindlichen Methode der

Kommunikation und Medien
Corporate Communications

Karolinenplatz 5
64289 Darmstadt

Ihre Ansprechpartnerin:
Silke Paradowski
Tel. 06151 16 - 20019
Fax 06151 16 - 23750
paradowski.si@pvw.tu-darmstadt.de

www.tu-darmstadt.de/presse
presse@tu-darmstadt.de



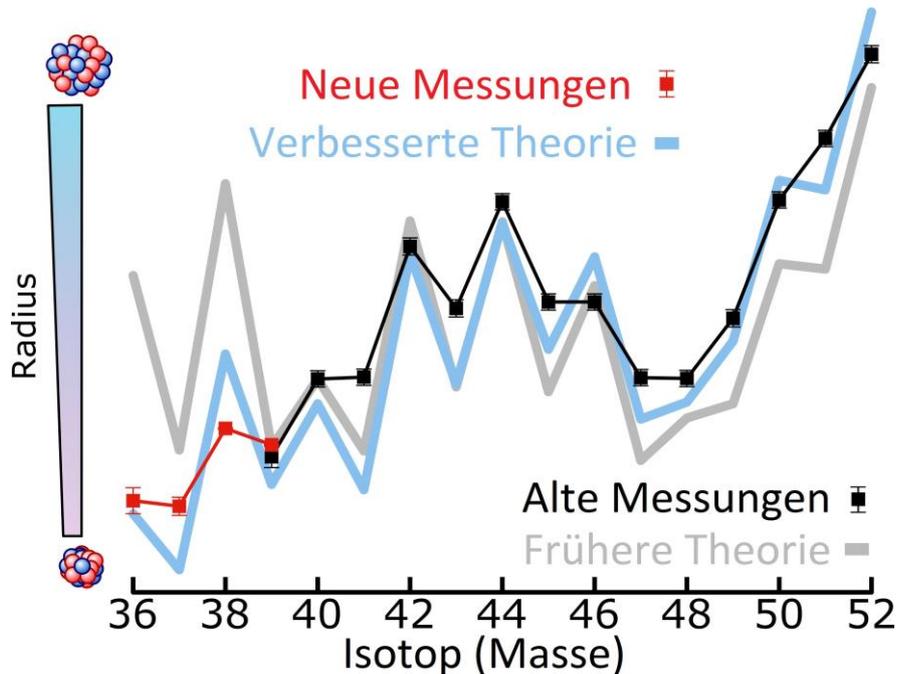
Laserspektroskopie am BECOLA-Experiment (Beam Cooling and Laser Spectroscopy) des National Superconducting Cyclotron Laboratory (NSCL) an der Michigan State University (MSU) erstmals gemessen werden. Physiker der TU Darmstadt um Professor Wilfried Nörtershäuser haben zu dem Experiment die von Co-Autor Bernhard Maaß entworfene Nachweisregion beigesteuert, in der das „Leuchten“ (das Fluoreszenzlicht) der seltenen Calciumisotope detektiert wurde. Dieses sehr effiziente System, das im Rahmen des Sonderforschungsbereiches (SFB) 1245 am Institut für Kernphysik der TU Darmstadt gebaut wurde, war ausschlaggebend für die erfolgreiche Messung des Ladungsradius des exotischsten der untersuchten Isotope (^{36}Ca), das mit einer Rate von nur 50 Atomen pro Sekunde erzeugt wird.

In der nun in der Zeitschrift „*Nature Physics*“ publizierten Arbeit wurden die Ladungsradien dreier protonenreicher Kerne (mit den Massenzahlen $A=36, 37, 38$) erstmals gemessen (rote Quadrate in der Abbildung). Diese stellten sich als viel kleiner heraus, als von theoretischer Seite vorhergesagt und sind erneut eine Herausforderung für die Theorie. Es gelang der Forschergruppe, durch eine Anpassung des theoretischen Modells, die speziell diese neuen Daten im Blick hatte, eine deutlich verbesserte Beschreibung entlang der gesamten Isotopenkette von ^{36}Ca bis ^{52}Ca zu erzielen (blaue Linie in der Abbildung). Dieser Erfolg ist einem besseren Verständnis der speziellen Weise, in der die Protonen außerhalb des kompakten Kerns in vergleichsweise großen Abständen von der Kernoberfläche miteinander in Wechselwirkung treten, zuzuschreiben. Dazu muss man wissen, dass die Dichte der Protonen am Kernrand nicht schlagartig auf Null abfällt, sondern über eine endliche Distanz abklingt. Obwohl man in den äußeren Bereichen nur wenige Protonen antrifft, hat deren Verhalten aufgrund des großen Abstandes vom Zentrum offenbar einen signifikanten Einfluss auf den mittleren Ladungsradius. Das verbesserte Verständnis an dieser Stelle wird einen großen Einfluss auf die weitere Entwicklung globaler Kernmodelle haben.

Am NSCL wird derzeit eine neue Beschleunigeranlage, die Facility for Rare Isotope Beams (FRIB), aufgebaut, an der viele weitere Isotope verschiedenster Elemente erstmals erzeugt werden können. Für das BECOLA-Experiment und die daran beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eröffnen sich damit neue Möglichkeiten, in noch exotischere Regionen vorzustoßen. Die gleiche Nachweiskammer wird künftig auch an der Beschleunigeranlage FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) in Darmstadt zur Anwendung kommen, wo man vor allen Dingen schwerere Elemente untersuchen können wird.

Die Grafik zur Studie:

Die Grafik steht zum Download bereit unter: <https://bit.ly/2WVPVqC>



© Andrew Miller, NSCL/MSU

Die Studie

<https://www.nature.com/articles/s41567-019-0416-9>

Über die TU Darmstadt

Die TU Darmstadt zählt zu den führenden Technischen Universitäten in Deutschland. Sie verbindet vielfältige Wissenschaftskulturen zu einem charakteristischen Profil. Ingenieur- und Naturwissenschaften bilden den Schwerpunkt und kooperieren eng mit prägnanten Geistes- und Sozialwissenschaften. Weltweit stehen wir für herausragende Forschung in unseren hoch relevanten und fokussierten Profildbereichen: Cybersecurity, Internet und Digitalisierung, Kernphysik, Energiesysteme, Strömungsdynamik und Wärme- und Stofftransport, Neue Materialien für Produktinnovationen. Wir entwickeln unser Portfolio in Forschung und Lehre, Innovation und Transfer dynamisch, um der Gesellschaft kontinuierlich wichtige Zukunftschancen zu eröffnen. Daran arbeiten unsere 312 Professorinnen und Professoren, 4.450 wissenschaftlichen und administrativ-technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie knapp



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

26.000 Studierenden. Mit der Goethe-Universität Frankfurt und der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bildet die TU Darmstadt die strategische Allianz der Rhein-Main-Universitäten.

www.tu-darmstadt.de

MI-Nr. 07/2019, Nörtershäuser/sip