



Medieninformation

Greifswald, 2. Oktober 2018

Einzigartiges Verhalten von Quecksilberkernen aufgeklärt. Sie finden zu ihrer Form zurück

Einem internationalen Wissenschaftlerteam mit Beteiligung Greifswalder Physiker ist gelungen, die Ladungsradien von Atomkernen der exotischen Quecksilberisotope ^{177}Hg bis ^{185}Hg zu bestimmen. Die kurzlebigen Teilchen, die teilweise nur die mit Halbwertszeiten von der Dauer eines Wimpernschlags haben, wurden am Ionenseparator ISOLDE des europäischen Forschungszentrums CERN hergestellt und laserspektroskopisch untersucht. Die Resultate beantworten die seit vier Jahrzehnten offenen Fragen zum einzigartigen Verhalten der Quecksilberkerne. Deren Form wechselt als Funktion der Massenzahl A zwischen leicht abgeplattet und ähnlich einem Rugby-Ball hin und her. Wie sich nun zeigte, endet diese Sprunghaftigkeit unterhalb von $A = 180$. Über die Messergebnisse und begleitende Berechnungen, die das Phänomen aufgrund der inneren Struktur der Quecksilberkerne erstmals erklären, wird in *Nature Physics* berichtet (Ausgabe vom 1. Oktober 2018).

Atomkerne sind nur bei bestimmten Verhältnissen der Anzahl ihrer Protonen, Z , und Neutronen, N , stabil. Bei Abweichungen spricht man von neutronenarmen bzw. neutronenreichen Kernen. Solche exotischen Kerne verhalten sich mitunter seltsam. Ganz besonders auffällig sind die neutronenarmen Quecksilberisotope. Durch Vermessung der optischen Spektren der Elektronen in der Atomhülle wurde in diesem Bereich schon in den 1970er Jahren ein extrem sprunghaftes Verhalten des Kernradius beobachtet, genauer des mittleren quadratischen Kernladungsradius, als Funktion der Kernmassenzahl $A = Z + N$.

Diese atomaren Spektren sind einzigartig wie ein Fingerabdruck, aus dem unter anderem auch die Größe des Kerns abgelesen werden kann. Stabile Quecksilberkerne haben $Z = 80$ Protonen und $N = 116, 118$ bis 122 oder 124 Neutronen und damit die Massenzahlen $A = 196, 198$ bis 202 oder 204 . Das auffällige Verhalten wurde unterhalb von $A = 186$ gefunden. Bei $A = 185$ beobachtete man einen großen Sprung im Kernradius. Dieses Verhalten wiederholte sich bei den beiden nächstkleineren ungeradzahigen Isotopen mit $A = 183$ und 181 , während die geradzahigen Isotope mit $A = 184$ und 182 dem allgemeinen Trend folgten.

Die unterschiedlichen Kernradien konnten mit verschiedenen Kernformen erklärt werden. Während die „normalen“ Quecksilberkerne kugelförmig bzw. leicht abgeplattet sind (fachsprachlich „oblat“) hat man es bei $A = 181, 183$ und 185 mit länglichen Strukturen zu tun („prolat“ bzw. „zigarrenförmig“). Seit dieser Entdeckung vor vier Jahrzehnten standen zwei wesentliche Fragen im Raum: Wie geht es bei den neutronenarmen Quecksilberkernen weiter, d.h. hält dieser Formwechsel weiter an oder kommt er zum Erliegen und wenn, dann wo? Sowie: Wie kann man dieses Verhalten auf die innere Struktur der Kerne zurückführen?

Die erste Frage konnte mit den aktuellen Messungen geklärt werden. Dazu waren verschiedene neue technische Entwicklungen notwendig, die in den Experimenten erstmals kombiniert wurden. So kam bei der Aufnahme der Laserspektren unter anderem das [Greifswalder Multireflexions-Flugzeit-Massenspektrometer](#) der ISOLTRAP-Apparatur zum Einsatz. Von der [ISOLTRAP-Kollaboration](#) waren weiter auch Mitglieder des CERN, des [Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg](#), sowie von [Universitäten in Dresden](#), [Manchester \(Groß-Britannien\)](#) und [Paris-Sud \(Frankreich\)](#) beteiligt. Dazu kamen mehrere weitere experimentelle Gruppen, unter anderen auch Laserspektroskopiker der [Universität Mainz](#).

Mit den neuen, erheblich empfindlicheren Messmethoden konnten nun weitere, noch neutronenärmere Isotope vermessen werden. Die Messungen ergaben, dass genau unterhalb der Stelle, bis zu der die damaligen Experimente durchgeführt werden konnten, auch das besondere Verhalten der Quecksilberisotope endet, d.h. bei Massenzahlen kleiner $A = 180$ findet man lediglich die „normalen“, leicht oblaten Kerne.

Zusätzlich zu den Experimenten wurden von Kollegen der theoretischen Physik umfangreiche Rechnungen durchgeführt, die das beobachtete Verhalten auf bestimmte quantenmechanische Zustände der Protonen und Neutronen in den Kernen zurückführen konnten. Damit ist nicht nur das jahrzehntealte Rätsel um die neutronenarmen Quecksilberatomkerne gelöst. Die Ergebnisse werfen auch ein neues Licht auf die anderen Bereiche der Nuklidkarte, des „Periodensystems der Atomkerne“.

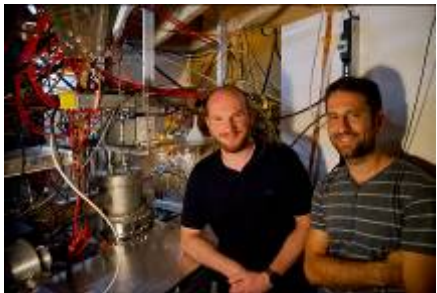
Weitere Informationen

Originalveröffentlichung

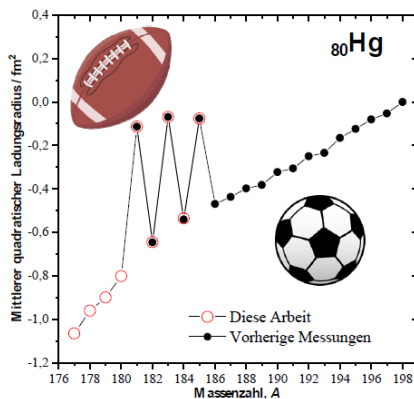
Mercurial nuclei get back in shape, B.A. Marsh, T. Day Goodacre, S. Sels, Y. Tsunoda, B. Andel, A.N. Andreyev, N.A. Althubiti, D. Atanasov, A.E. Barzakh, J. Billowes, K. Blaum, T. E. Cocolios, J. G. Cubiss, J. Dobaczewski, G.J. Farooq-Smith, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, K.T. Flanagan, L.P. Gaffney, L. Ghys, M. Huyse, S. Kreim, D. Lunney, K.M. Lynch, V. Manea, Y. Martinez Palenzuela, P.L. Molkanov, T. Otsuka, A. Pastore, M. Rosenbusch, R.E. Rossel, S. Rothe, L. Schweikhard, M.D. Seliverstov, P. Spagnoletti, C. Van Beveren, P. Van Duppen, M. Veinhard, E. Verstraelen, A. Welker, K. Wendt, F. Wienholtz, R.N. Wolf, A. Zadornaya, K. Zuber,
Nature Physics <https://www.nature.com/articles/s41567-018-0292-8>



Dinko Atanasov (MPIK Heidelberg, links) und Frank Wienholtz (Uni Greifswald und CERN) hinter der MR-ToF MS-Komponente der ISOLTRAP-Apparatur in der ISOLDE-Experimentierhalle am CERN –
Foto: Jonas Karthein



Frank Wienholtz (Uni Greifswald und CERN, links) und Dinko Atanasov (MPIK Heidelberg) neben der MR-ToF MS-Komponente der ISOLTRAP-Apparatur in der ISOLDE-Experimentierhalle am CERN –
Foto: Jonas Karthein



Messdaten des mittleren quadratischen Ladungsradius von Quecksilberatomkernen (in Abweichungen vom Kern mit $A = 198$) als Funktion der Massenzahl. Die Einfügungen illustrieren die Kernformen die den Bereichen der „normalen“ Kerne (unten rechts) und derer mit großer Abweichung von einer Kugel (oben links). Grafik: Frank Wienholtz.

Die Fotos sowie die Grafik können für redaktionelle Zwecke im Zusammenhang mit dieser Pressemitteilung kostenlos heruntergeladen und genutzt werden. Dabei ist der Name des Fotografen zu nennen. [Download](#)

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Frank Wienholtz (CERN Fellow) und
Prof. Dr. Lutz Schweikhard (Leiter der Greifswalder Arbeitsgruppe)
Institut für Physik der Universität Greifswald
Felix-Hausdorff-Straße 6, 17487 Greifswald
Telefon 03834 420 4700
wienholtz@physik.uni-greifswald.de und lschweik@physik.uni-greifswald.de
<https://physik.uni-greifswald.de/ag-schweikhard/>

Prof. Dr. Klaus Blaum (Sprecher der ISOLTRAP-Kollaboration)
Max-Planck-Institut für Kernphysik
Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg
Telefon 06221 516850
klaus.blaum@mpi-hd.mpg.de
<http://www.mpi-hd.mpg.de/blaum/index.de.html>