

Pressemitteilung

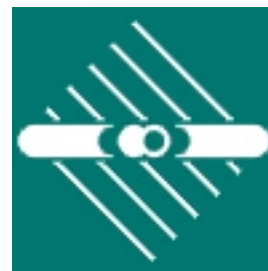
Max-Planck-Institut für Kernphysik

Dr. Bernold Feuerstein

13.05.2013

<http://idw-online.de/de/news532878>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie
überregional



Einfache Struktur komplexer Kerne - Laserspektroskopie an Cadmium-Isotopen bestätigt Schalenmodell

Atomkerne sind so komplexe Quantensysteme, dass auch nach über 70 Jahren Forschung ihre Struktur noch nicht in allen Details verstanden ist. Eine europäische Physikergruppe um Deyan Yordanov vom MPI für Kernphysik hat nun mit laserspektroskopischen Messungen an Cadmium-Isotopen bei ISOLDE-CERN ein grundlegendes Modell der Kernstruktur und ein überraschend einfaches Prinzip bestätigt, das allerdings nur unter bestimmten Bedingungen erwartet worden war.

Magnetische Dipol- und elektrische Quadrupolmomente sind fundamentale Eigenschaften von Quantensystemen, die sich für anspruchsvolle Tests von Modellen besonders eignen. So führten verfügbare Daten kernmagnetischer Momente in den 1940er Jahren zur Entwicklung des Schalenmodells der Kernstruktur und später Kernquadrupolmomente zum Konzept deformierter Kerne.

Die Natur stellt zwar einige hundert stabile Kerne zur Verfügung, aber diese verteilen sich über fast das gesamte Periodensystem. Besser geeignet für präzise Messungen sind viele unterschiedlich schwere Kerne ein- und desselben Elements, genannt Isotope. Sie besitzen die gleiche Anzahl von Protonen (die das chemische Element bestimmt), aber unterschiedlich viele Neutronen. In modernen Beschleunigeranlagen können durch Beschuss schwerer Kerne mit Protonen ganze Serien von Isotopen künstlich hergestellt werden. Dabei ist es aber eine Herausforderung, das gewünschte Isotop aus den rund 1000 verschiedenen Bruchstücken herauszufischen.

An der ISOLDE-Anlage des CERN haben sich die Physiker einiger Tricks bedient: Mit hochenergetischen Protonen beschossen sie zunächst Wolfram, um mittel- und niedrigenergetische Neutronen in großer Zahl zu produzieren, und damit Urankerne gespalten. Auf diese Weise entstehen ‚nur‘ einige hundert verschiedene, meist – wie gewünscht – neutronenreiche Kerne. Aus dieser Mischung verschiedener Elemente haben die Wissenschaftler die flüchtigen Cadmium-Atome bei kontrollierter Temperatur über ein Quarzrohr selektiv abgedampft und zum Experiment geführt, während die restlichen Nuklide am Target zurückblieben und dort zerfielen.

Die Cadmium-Atome wurden anschließend mit einem Laser ionisiert, beschleunigt und nach ihrer Masse getrennt. Der aus jeweils nur einem Isotop bestehende Ionenstrahl wurde in eine sogenannte Paulfalle injiziert, kurz gespeichert und dann als komprimiertes Bündel emittiert. Damit unterdrückten die Forscher den Untergrund und erhöhten die Empfindlichkeit der folgenden Messungen mittels hochauflösender Laserspektroskopie. Zur Anregung der Cadmium-Ionen im tiefen UV kam ein frequenzvervierfacher Titan:Saphir-Laser zum Einsatz. Die Spektren zeigen für jedes Isotop eine charakteristische Hyperfeinstruktur, aus der sich die Kerndipol- und Quadrupolmomente sowie der quantenmechanische Kernzustand bestimmen lassen.

Bemerkenswerterweise nehmen die Quadrupolmomente der Cadmium-Isotope 111 bis 129 mit ungerader Massen- und damit auch Neutronenzahl in einem bestimmten Kernzustand linear mit der Neutronenzahl zu. Dieser Kernzustand kann im quantenmechanischen Schalenmodell der Kernstruktur als ein ungepaartes Neutron in einem Orbital mit

hohem Bahndrehimpuls betrachtet werden. Und dieses ungepaarte Neutron verhält sich in allen Kernen gleichartig. Ein derartiges Verhalten war theoretisch vorhergesagt, allerdings nur für Kerne, in denen entweder die Neutronen oder die Protonen eine abgeschlossene Schale bilden. In den verschiedenen Cadmium-Isotopen, deren Schalen alle nicht abgeschlossen sind, ist diese einfache Konfiguration aber offensichtlich erhalten. Somit bestätigen die Ergebnisse das Schalenmodell und das Konzept der Paarung von Protonen und Neutronen, das für eine einfache und gleichbleibende Struktur in einer langen Reihe von Isotopen sorgt.

Originalpublikation:

Spins, Electromagnetic Moments, and Isomers of $^{107-129}\text{Cd}$

D. T. Yordanov, D. L. Balabanski, J. Bieron, M. L. Bissell, K. Blaum, I. Budincevic, S. Fritzsche, N. Frömmgen, G. Georgiev, Ch. Geppert, M. Hammen, M. Kowalska, K. Kreim, A. Krieger, R. Neugart, W. Nörtershäuser, J. Papuga, S. Schmidt
Phys. Rev. Lett. 110, 192501 (2013), DOI:10.1103/PhysRevLett.110.192501 link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.110.192501

Viewpoint:

Simple Structure in Complex Nuclei

J. Wood, Physics 6, 52 (2013), DOI: 10.1103/Physics.6.52 physics.aps.org/articles/v6/52

Kontakt:

Prof. Dr. Klaus Blaum

MPI für Kernphysik, Heidelberg

E-Mail: [klaus.blaum \[AT\] mpi-hd.mpg.de](mailto:klaus.blaum@mpi-hd.mpg.de)

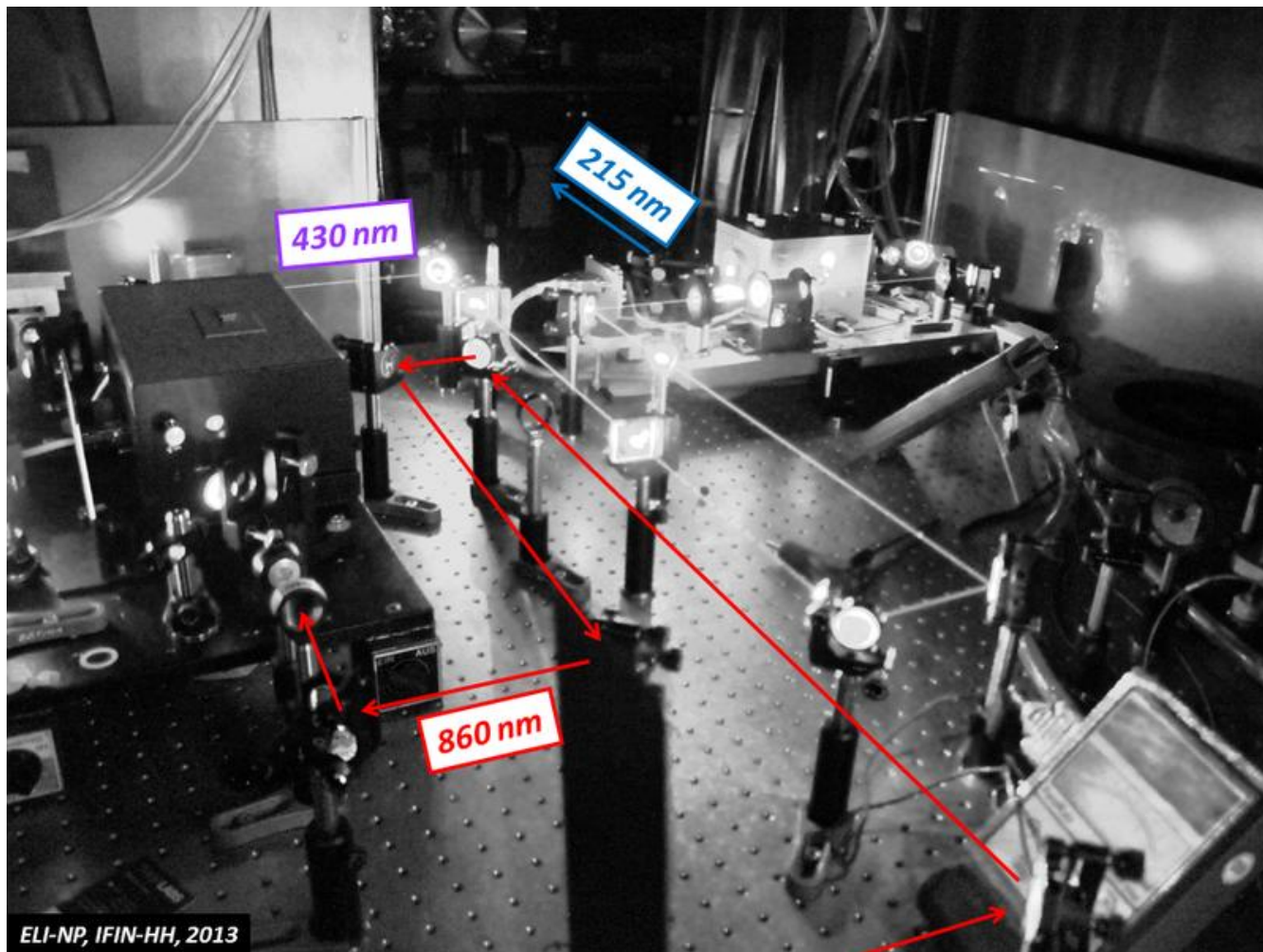
Tel.: +49 6221 516-850

Prof. Dr. Wilfried Nörterhäuser

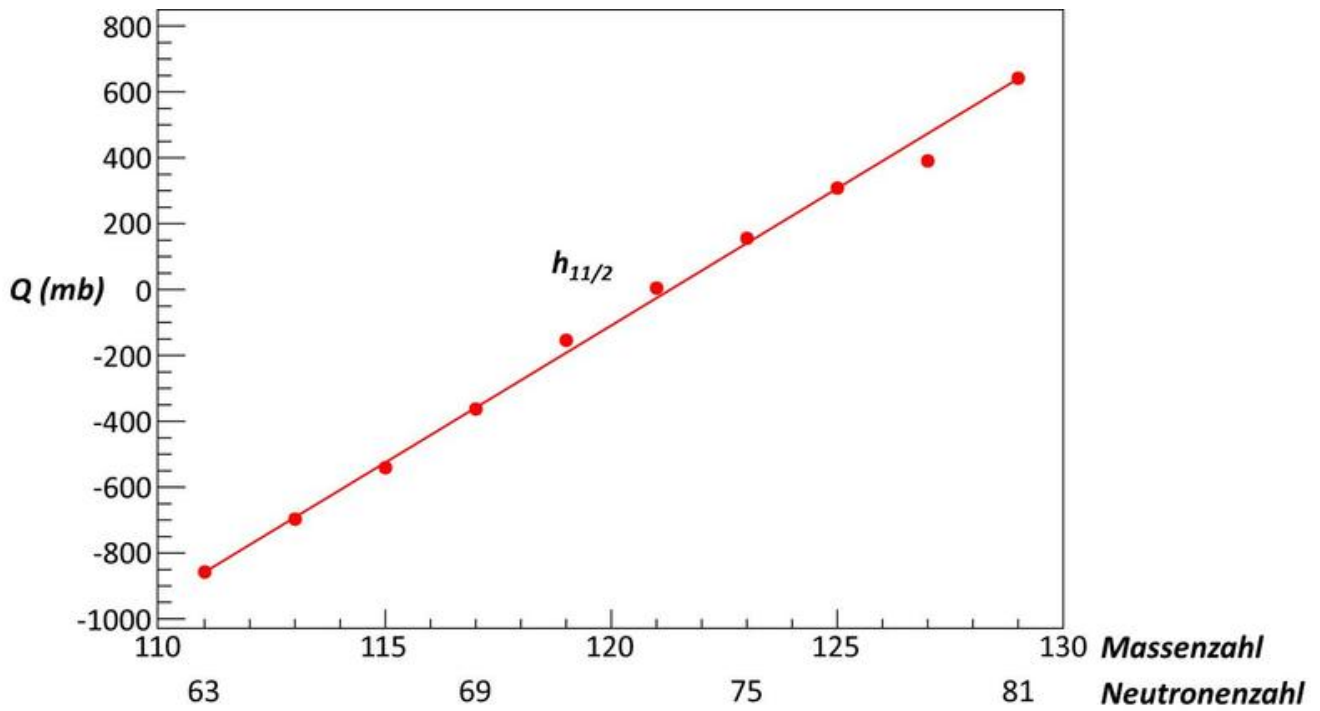
Technische Universität Darmstadt

E-Mail: [wnoertershaeuser \[AT\] ikp.tu-darmstadt.de](mailto:wnoertershaeuser@ikp.tu-darmstadt.de)

Tel.: +49 6151 16-3116



Das UV-Licht zur Anregung der Cadmium-Ionen wird durch zweimalige Frequenzverdopplung eines auf 860 nm abgestimmten Titan:Saphir-Lasers erzeugt.
Grafik: MPI für Kernphysik



Die Quadrupolmomente (Q ; mb = millibarn = 10^{-27} cm²) von Cadmium-Isotopen mit ungerader Neutronenzahl im Kernzustand mit Spin $11/2$ steigen linear an.

Grafik: MPI für Kernphysik