

Ionenfallen für die Bestimmung der Kernladungsradien von $^{7,9,10,11}\text{Be}$

D. Tiedemann¹, C. Geppert², W. Nörtershäuser^{1,2}, M. Nothhelfer¹,
F. Schmidt-Kaler³, M. Zakova¹, C. Zimmermann⁴ und die BeTINa Kollaboration
¹Universität Mainz, ²GSI Darmstadt, ³Universität Ulm, ⁴Universität Tübingen

1985 führten Tanihata *et al.* Streuexperimente mit radioaktiven Strahlen der leichten Elemente He, Li und Be [1,2] durch. Sie fanden für einige Isotope nahe der Neutronenabbruchkante völlig unerwartet einen sprunghaften Anstieg des Masseradius. Besonders ausgeprägt war dieser Effekt für die Isotope $^6,8\text{He}$, ^{11}Li und ^{11}Be . Durch nachfolgende Messungen des magnetischen Dipol- und des elektrischen Quadrupolmomentes [3,4] konnte eine starke Deformation dieser Kerne ausgeschlossen werden und das Bild des „Halokerns“ etablierte sich. Ein solcher Halokern besteht aus einem kompakten Rumpfkern, an den ein oder mehrere Neutronen sehr schwach gebunden sind. Diese haben typische Separationsenergien von weniger als 1 MeV und besitzen eine große Aufenthaltswahrscheinlichkeit außerhalb des klassisch erlaubten Bereiches.

Die Bestimmung der Kernladungsradien solcher Atomkerne mit laserspektroskopischen Mitteln ist von besonderem Interesse, da sie einen wichtigen Test für Kernmodelle darstellt. Dies wurde jüngst erstmals für Halokerne mit Messungen der Ladungsradien von ^6He [5] und ^{11}Li [6] demonstriert. Solche Experimente stellen im Hinblick auf die benötigte Empfindlichkeit und Genauigkeit hohe Anforderungen an Experiment und Theorie. Der Kernladungsradius wird aus der Messung der Isotopieverschiebung in einem elektronischen Übergang extrahiert, die sich aus dem Massen- und Feldeffekt zusammensetzt. Für leichte Elemente ist der Feldeffekt, der die Änderung des Kernladungsradius beinhaltet, 10.000-mal kleiner als der Masseneffekt. Die Isotopieverschiebung muss also mit einer Genauigkeit von wenigen 100 kHz bestimmt werden. Für die theoretischen Berechnungen muss eine vergleichbare Genauigkeit erreicht werden. Dies ist bislang nur für Systeme mit bis zu drei Elektronen möglich. Deshalb muss die Bestimmung der Isotopieverschiebung für die Berylliumisotope am Be^+ Ion erfolgen. Ionen der kurzlebigen Isotope werden on-line an der ISOLDE Anlage am CERN erzeugt und können dann in einer puffergasgefüllten Radiofrequenzfalle des ISOL-

TRAP-Experiments, dem so genannten RFQ, gekühlt und zu kurzen Pulsen akkumuliert werden. Diese werden schließlich in unsere Apparatur, eine lineare, segmentierte Paulfalle, transferiert. In dieser Falle werden die Ionen mittels Laserkühlung auf weniger als 7 mK gekühlt, um die benötigte Genauigkeit zu erreichen. Zu diesem Zweck wurden zwei verschiedene lineare Paulfallen entworfen. Der erste Typ (Abb.1) wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von F. Schmidt-Kaler entwickelt. Er besteht aus 4 Platinen mit einer Dicke von 410 μm die in einem Winkel von 90° angeordnet sind. Die Elektroden für Gleich- und Wechsellspannung sind auf gegenüberliegenden Platinen angeordnet. Die Potentialtrennung zwischen zwei Elektroden kann mit einer Genauigkeit von 100 μm erfolgen, wodurch eine extreme Flexibilität in der Gestaltung verschiedener Fallenpotentiale erreicht wird. Dieser Fallentyp hat zwei Fallenbereiche. Einen mit einem freien Feldradius von 2 mm und einen mit 1 mm. Eingang- und Transferbereich sind abgeschragt, um Transfer- und Einfangeffizienz zu maximieren. Der zweite Typ (Abb. 2) besteht aus zylindrischen Elektroden mit Längen von 2, 5, 10, 15 und 30 mm. Diese können individuell, je nach experimentellen Anforderungen, kombiniert werden. Dieser Fallentyp vereint Flexibilität und ein sehr gutes Quadrupolfeld in einem großen Bereich um die Fallenachse.

Darüber hinaus wurden eine Vakuumkammer und die Ionenoptik konstruiert und aufgebaut, um die Ionenfalle in Betrieb zu nehmen. Der Einfang von Ionen aus einer Laserdesorptionsquelle und die Kühlung und Spektroskopie sollen als nächstes demonstriert werden. Erste Tests der Falle sind in Vorbereitung.

References

- [1] I. Tanihata *et al.*, PRL **55**, 2676 (1985)
- [2] I. Tanihata *et al.*, Phys.Lett. B **206**, 592 (1988)
- [3] E. Arnold *et al.*, Phys. Lett. B **197**, 311 (1987)
- [4] E. Arnold *et al.*, Phys. Lett. B **281**, 16 (1992)
- [5] L.-B. Wang *et al.*, PRL **93**, 142501 (2004)
- [6] R. Sanchez *et al.*, PRL **96**, 033002 (2006)

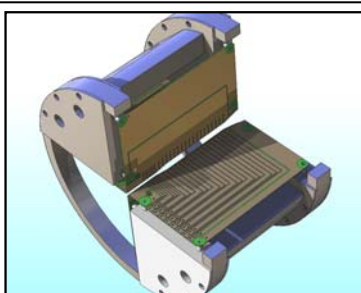


Abb. 1: Die Platinenfalle für Laserspektroskopie an Berylliumionen.

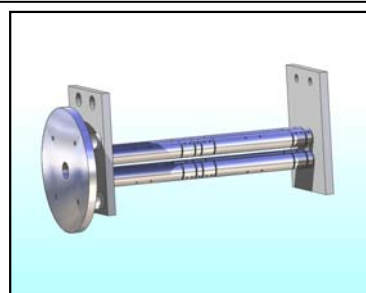


Abb. 1: Alternativversion der Ionenfalle für erhöhte Akzeptanz.