

# Ein Aufbau zur Messung der Ladungsradien von Beryllium Halo-Kernen

C. Geppert<sup>1,2</sup>, N. Miski-Oglu<sup>2</sup>, W. Nörtershäuser<sup>1,2</sup>, R. Sánchez<sup>2</sup>,  
F. Schmidt-Kaler<sup>4</sup>, D. Tiedemann<sup>1,2</sup>, C. Zimmermann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GSI Darmstadt <sup>2</sup>Universität Mainz <sup>3</sup>Universität Tübingen <sup>4</sup>Universität Ulm

Obwohl leichte Kerne mit großen Masserradien schon seit den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts bekannt sind [1,2], wurde ihr Ladungsradius erst in den letzten drei Jahren durch eine Serie von hochauflösenden laser-spektroskopischen Präzisions-Experimenten bestimmt. Der Ladungsradius des neutronenreichen Helium Isotops <sup>6</sup>He wurde kürzlich in einer magneto-optischen Falle (MOT) am Argonne National Laboratory [3] ermittelt, während der Ladungsradius von <sup>11</sup>Li erfolgreich mittels Zwei-Photonen-Spektroskopie von unserer ToPLIS Gruppe am TRIUMF Institut (Vancouver) gemessen wurde [4].

In einem neuen Experiment soll nun der Ladungsradius der Beryllium Halo-Kerne untersucht werden. <sup>11</sup>Be ist der Prototyp eines Ein-Neutron Halo-Kerns ( $t_{1/2} = 13.6$  s), während man annimmt daß <sup>14</sup>Be ( $t_{1/2} = 4.8$  ms) ein Vier-Neutronen Halo bildet. Einige bekannte Eigenschaften der Beryllium Isotope sind in Tabelle 1 aufgelistet. Wie bei den vorangegangenen Ladungsradienbestimmungen von Halokernen, wird der Ladungsradius aus der hochpräzisen Messung der Isotopieverschiebung abgeleitet. Als Eingangsparameter für diese leichten Nuklide ist hierzu eine theoretische Vorhersage des Massen-Effektes der Isotopieverschiebung notwendig. Bisher können diese Berechnungen mit adäquater Präzision nur für Zwei- oder Drei-Elektronensysteme durchgeführt werden [5]. Die Untersuchungen am Beryllium ( $Z=4$ ) müssen daher am einfach geladenen Berylliumion erfolgen. Berechnungen des Massen-Effektes für den  $2s_{1/2} - 2p_{1/2}$  Übergang werden derzeit für alle bekannten Beryllium Isotope, analog zu den vorangegangenen Berechnungen für Lithium [5], durchgeführt.

Der geplante Aufbau des neuen Experimentes besteht aus einem kompakten Vakuumsystem und einem schmalbandigen Lasersystem. Beides wird derzeit am Institut für Kernchemie aufgebaut und an stabilen Beryllium-Isotopen getestet. Für die Messung kurzlebiger, radioaktiver Beryllium Isotope wird der Aufbau an eine sogenannte on-line Einrichtung mit ausreichender Beryllium-Ausbeute transferiert. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es

geplant die Meßapparatur dann an die ISOLTRAP-Apparatur an der ISOLDE, CERN zu adaptieren. Ein Beryllium-Laserionenstrahl wird im ISOLTRAP-Buncher [6] akkumuliert und gekühlt, mit wenigen eV Energie extrahiert und durch eine entsprechende Ionenoptik in eine lineare Paul-Falle transferiert. In der Falle wird die Energie der niederenergetischen Ionen weiter reduziert durch Laserkühlung mit der frequenzverdoppelten Wellenlänge eines kontinuierlichen Farbstofflasers bei 626 nm. Ein zweiter Farbstofflaser wird zur eigentlichen Spektroskopie des  $2s_{1/2} - 2p_{1/2}$  Übergangs verwendet. Eine hohe Genauigkeit in der Laserwellenlängen-Kontrolle und Stabilisierung wird durch einen Frequenzkamm gewährleistet. Zum Fluoreszenznachweis in der Falle wird ein angepasstes Fotomultiplier-System eingesetzt. Bei dem derzeit entwickelten Aufbau im Institut für Kernchemie werden die Ionen der stabilen Beryllium Isotope durch Laserdesorption mittels eines Stickstofflasers von einer Beryllium-Folie erzeugt. Dies konnte vorab an der MALDI-Apparatur des Instituts für Physik getestet werden. Weitere off-line Tests der schrittweise aufzubauenden Apparatur sollen sowohl ideale Fallenparameter liefern, die die Effizienz des Ioneneinfangs und -nachweises in der Falle optimieren, als auch helfen mögliche systematische Effekte und Fehlerquellen zu untersuchen und eliminieren.

Zusätzlich zur Messung der Ladungsradien kann der obige Aufbau auch für weitere Experimente angewendet werden. Gekühlte Berylliumionen in der Falle ermöglichen das sympathetische Kühlen von Ionen anderer Elemente, ohne daß hierfür jeweils ein angepasstes Lasersystem aufgebaut werden müßte. Dies ermöglicht den Zugang zu Spektroskopie-Experimenten mit radioaktiven Isotopen, die nur in geringsten Ausbeuten an on-line Einrichtungen erzeugt werden. Denkbar wäre ein Einsatz des Experiments beispielsweise für die Spektroskopie von schweren oder super-schweren Elementen am SHIPTRAP oder auch am LaSpec-Aufbau im geplanten Niederenergie-Zweig des Super-Fragmentseparator der zukünftigen GSI FAIR-Anlage.

Tabelle 1: Spins, Halbwertszeiten, Masse- [2] und Ladungsradien [7] der bekannten Beryllium Isotope.

I sotope	$I^\pi$	$T_{1/2}$	$R_{rms}^{matter}$ [fm]	$R_{rms}^{charge}$ [fm]
<sup>7</sup> Be	3/2 <sup>-</sup>	53d	2,33 (2)	?
<sup>9</sup> Be	3/2 <sup>-</sup>	$\infty$	2,38(1)	2,52(1)
<sup>10</sup> Be	0 <sup>+</sup>	1,6 My	2,28(2)	?
<sup>11</sup> Be	1/2 <sup>+</sup>	13,8 s	2,71(5)	?
<sup>12</sup> Be	0 <sup>+</sup>	21,3 ms	2,57(5)	?
<sup>14</sup> Be	0 <sup>+</sup>	4,4 ms	3,11(38)	?

- [1] I. Tanihata *et al.*, Phys. Rev. Lett. 55, (1985) 2676.
- [2] I. Tanihata *et al.*, Phys. Lett B 206, (1988) 592.
- [3] L.B. Wang *et al.*, PRL 93 (2004) 142501A.
- [4] R. Sanchez *et al.*, PRL 96 (2006) 033002.
- [5] Z.-C. Yan and G.W.F. Drake, PRA 66 (2002) 042504, PRL 91 (2003) 113004.
- [6] F. Herfurth *et al.*, Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. A 469 (2001) 254
- [7] J.A. Jansen *et al.*, Nucl. Phys. A 188 (1972) 337.