



Medieninformation (Langfassung)

Greifswald, 11. Februar 2010

Auf dem Weg zur Insel der Stabilität im Nordosten der Nuklidkarte der Atomkerne

Unter Mitwirkung Greifswalder Physiker ist es am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt mit ersten direkten Massenmessungen gelungen, in ein schwer zugängliches Gebiet der Nuklidkarte der Atome vorzustoßen. Darüber wird in der aktuellen Ausgabe der international renommierten Wissenschaftszeitschrift *Nature* berichtet.

In dem Artikel werden Experimente vorgestellt, die einen Meilenstein auf dem Weg zur *Insel der Stabilität* darstellen. Damit bezeichnet man eine bestimmte Kombination der Kernbausteine Protonen und Neutronen bei neuen superschweren Atomkernen. Sie wurde bisher nur vorhergesagt. In der Nuklidkarte werden die Kerne üblicherweise mit zunehmender Protonenzahl von links nach rechts und mit zunehmender Neutronenzahl von unten nach oben aufgetragen. Kerne mit vielen Protonen und Neutronen liegen also im *Nordosten* der Nuklidkarte. Wie der Chemiker im Periodensystem der Elemente, so findet der Kernphysiker Orientierung in der Nuklidkarte der Atomkerne.

Die Experimente einer internationalen Arbeitsgruppe unter Beteiligung von Professor Lutz Schweikhard von der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald und seinen Mitarbeitern Dr. Gerrit Marx und Dipl.-Phys. Christian Droeze haben nun Licht ins Dunkel des schwer zugänglichen Gebietes gebracht. Dabei wurde gleich eine Reihe von Elementen übersprungen und direkt zum Element Nobelium (Ordnungszahl 102) vorgestoßen. Bei den Messungen handelt es sich um die ersten direkten Massenbestimmungen von Atomkernen jenseits von Uran (Ordnungszahl 92). Die Masse der Atomkerne ist eine Schlüsselgröße zur Charakterisierung ihrer Stabilität, denn in ihr bündeln sich alle Bindungskräfte. Mit Einsteins berühmter Formel $E = mc^2$ ergibt sich aus dem *Massendefekt* – d. h. der Masse, die den Kernen gegenüber der Summe der Protonen- und Neutronenmassen fehlt – ein definiertes Maß der Stabilität.

Die nun experimentell ermittelten Werte sind von entscheidender Bedeutung nicht nur für die untersuchten Kerne selbst, sondern darüber hinaus für die Vorhersage der genannten Insel der Stabilität der superschweren Kerne. Im Nordosten der Nuklidkarte sind die Atomkerne nämlich im Allgemeinen instabil, da selbst die sogenannte *starke Kernkraft* die Kernbestandteile bei zu großer elektrischer Kernladung nicht mehr zusammenhalten kann. Lediglich aufgrund der Feinheiten der Mikrophysik gibt es bestimmte im Bereiche erhöhter Stabilität, zum Beispiel beim Element Blei. Die Kernphysiker sprechen in diesem Zusammenhang von *magischen Zahlen*. Solche magischen Zahlen erwartet man bei noch schwereren, eben superschweren, Elementen. Die neuen Massenwerte geben nun wie *Leuchttürme der Nuklidkarte* Orientierung, indem sie Tests der Kernmodelle ermöglichen, die die Insel der Stabilität vorhersagen.

→

Die Massenwerte sind also von größter Bedeutung. Obwohl die jetzt gemessenen Kerne schon fast routinemäßig hergestellt wurden, fehlten leider entsprechende Präzisionsmessungen. Bisher konnte man die Kernmassen nämlich lediglich indirekt bestimmen. Dazu maß man die beim Kernzerfall frei werdende Energie und verknüpfte so die Massen des zerfallenden Kerns mit der Masse seiner Zerfallsprodukte. Zu guter Letzt kommt man zwar durch Verfolgen der Zerfallsketten am Ende auf die Gesamtenergie des Ausgangskerns und mit Einsteins Formel auch auf seine Masse, aber im Verlauf dieses Verfahrens gibt es etliche Unsicherheiten. Viel besser ist es, die Masse des betrachteten Kerns direkt zu messen, d. h. in einem einzigen Schritt, und genau das ist nun dem internationalen Team unter Führung von Dr. Michael Block (GSI Darmstadt) gelungen.

Die Kerne für die Messung werden mit einem Teilchenbeschleuniger an der GSI erzeugt. Dazu wurde eine Bleifolie mit hochenergetischen Kalziumionen beschossen. Die dabei entstehenden Nobelium-Atome flogen mit ca. 5 Prozent Lichtgeschwindigkeit weiter. Bei einem Strahl von über einer Billion Kalziumionen pro Sekunde entstehen jeweils nur einzelne Nobeliumatome. Diese mussten herausgefiltert und in einer Gaszelle zum Stillstand gebracht werden, um sie schließlich in einer so genannten Penning-Falle gezielt vermessen zu können. Prof. Schweikhard und seine Mitarbeiter sind Spezialisten für diese Ionenfallen, die sie auch am Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald für Untersuchungen an Nanoteilchen einsetzen.

In der Penningfalle wurden die Nobelium-Ionen zur Speicherung mithilfe elektrischer und magnetischer Kraftfelder auf kreisförmige Bahnen gezwungen. Die Umlauffrequenzen der Bahnbewegungen stehen in einfacher Beziehung zur Masse der gespeicherten Teilchen. Daneben geht insbesondere die Stärke des Magnetfeldes ein. Die Bewegungen kann man zusätzlich anregen, wenn man genau die richtigen Frequenzen trifft. Schließlich wurde die dabei zugeführte Bewegungsenergie gemessen – durch Auswerfen der Nobelium-Ionen aus der Falle in Richtung auf einen Detektor: Trifft man die richtige Frequenz, so kommen die Ionen schneller an und aus dieser Frequenz ergibt sich die Kernmasse des untersuchten Teilchens. Da sich Frequenzen sehr genau bestimmen lassen, erzielt man mit dieser Methode eine extrem hohe Genauigkeit. Die Massen der drei Nobeliumisotope No-252, No-253 und No-254 wurden so auf fünf Millionstel Prozent bestimmt; dies entspricht zwei Metern im Vergleich zum Erdumfang von vierzigtausend Kilometern.

Da die Zahl der Nobeliumatome, die mit dem Teilchenbeschleuniger hergestellt werden können, extrem gering ist, dauerte jede einzelne Messung jeweils mehrere Stunden. In dieser Zeit kann sich auch das Magnetfeld ändern, von dem die gemessenen Umlauffrequenzen entscheidend abhängen. Daher wurden wiederholte Referenzmessungen mit Ionen notwendig, deren Masse schon sehr genau bekannt sind. Hier ist ein Ansatzpunkt für weitere Entwicklungsarbeit. So hat sich Christian Droese mit der Stabilisierung des Magnetfeldes beschäftigt, das empfindlich auf Druck- und Temperaturschwankungen reagiert. Seine Diplomarbeit ist ein gelungenes Beispiel für die Integration internationaler Spitzenforschung in das Studium. Auch ein weiterer Greifswalder Beitrag beschäftigt sich mit den Referenzmessungen: Verwendet man mehrere Teilchen mit hochgenau bekannten Massen, so kann man über den Vergleich der Messwerte mit den erwarteten Frequenzverhältnissen die Genauigkeit der Apparatur überprüfen. Dazu kommen Kohlenstoffnanoteilchen zur Anwendung, also Teilchen aus wenigen Kohlenstoffatomen, deren Eigenschaften in Greifswald untersucht werden.

→

Bei noch schwereren Elementen ist die Produktionsrate der exotischen Teilchen allerdings so klein, dass das derzeitige Messverfahren an seine Grenzen stoßen wird: Zurzeit werden die Teilchen auf einen externen Detektor ausgeworfen – nach Anregung auf einer möglicherweise richtigen, aber meist eben falschen Frequenz. Daher muss dieses Verfahren für eine vollständige Messung mehrmals wiederholt werden – mit immer neuen Teilchen, die aber bei den superschweren Elementen nicht zur Verfügung stehen. So erhält man zum Beispiel beim Element Darmstadtium (Ordnungszahl 110) im Mittel lediglich ein einziges Teilchen pro Woche. Eine alternative Messmethode wurde daher schon angedacht: Man will sich die erhöhte Lebensdauer der Teilchen in der Nähe der Insel der Stabilität zunutze machen und die Frequenzbestimmung ohne Ionenverlust durch Auswerfen durchführen, also direkt in der Falle und bei weiterer Speicherung. Eine Messung der von den Ionen in den Fallenelektroden induzierten „Bildladungen“ wird, allerdings bei größerer Teilchenzahl, schon länger in der analytischen Chemie verwendet und die Greifswalder Forscher sind auch damit vertraut.

Es gibt also offensichtlich noch eine Menge zu tun aber auch viele Ideen, wie die anstehenden Probleme gelöst werden können. Schon in Kürze will der Forschungsverbund, in dem die Greifswalder Physiker Hand in Hand mit Kollegen aus Darmstadt, Gießen, Heidelberg, München sowie aus Finnland, Italien, Russland und Spanien arbeiten, die nächstschwereren Elemente jenseits von Nobelium angehen. Die Greifswalder Aktivitäten bei diesen Grundlagenuntersuchungen zur Struktur der schwersten Atomkerne werden vom Programm „Forschung und Entwicklung“ der GSI sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert.

Weitere Informationen

www.nature.com/nature/journal/v463/n7282/full/nature08774.html – Original-Link

www.nature.com/nature/journal/v463/n7282/full/463740a.html – Beitrag unter “News and Views”

[Arbeitsgruppe Atom- und Molekülphysik](#) – Prof. Schweikhard, Greifswald

[SHIPTRAP-Arbeitsgruppe](#) – Dr. Michael Block, GSI

Ansprechpartner

Prof. Dr. Lutz Schweikhard

Institut für Physik der Universität Greifswald

Felix-Hausdorff-Straße 6, 17487 Greifswald

Telefon 03834 86-4700/-4750

schweikhard@physik.uni-greifswald.de

Dr. Michael Block

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH

Superschwere Elemente

Max-Planck-Straße 1, 64291 Darmstadt

Telefon 06159 71-2845

www.gsi.de