

Nachweis von ^{99}Tc in einer Laserionenquelle

K. Wies¹, N. Erdmann², G. Passler¹, P. Thörle², N. Trautmann², K. Wendt¹

¹ Institut für Physik, ² Institut für Kernchemie
Universität Mainz, D-55099 Mainz, Germany

^{99}Tc wird bei der Spaltung von ^{235}U mit thermischen Neutronen mit hoher Ausbeute gebildet (6.2 %). Wegen der langen Halbwertszeit des Isomers ^{99g}Tc ($2.14 \cdot 10^5$ a) spielt das Verhalten von ^{99g}Tc in der Umwelt eine bedeutende Rolle [1]. Besonders bei der Untersuchung von möglichen Endlagerstätten für nukleare Abfälle ist es von großem Interesse, die Migration verschiedener Tc-Spezies in der Umwelt zu studieren [2]. In Deutschland wird zurzeit Ton als Wirtsgestein auf seine Eignung für ein mögliches Endlager untersucht.

Um das Verhalten der Tc-Spezies über einen längeren Zeitraum unter umweltrelevanten Bedingungen zu untersuchen, ist die sensitive Bestimmung von ^{99g}Tc nötig. Die dafür eingesetzte Methode muss sehr empfindlich sein und eine hohe Elementselektivität aufweisen, um vorhandene Isobarenkontaminationen zu unterdrücken. Nachdem im letzten Jahr der Nachweis von ^{99g}Tc in einem Flugzeitmassenspektrometer (TOF-MS) mit Hilfe der Resonanzionisations-Massenspektrometrie gelungen ist [3], konnte nun ^{99g}Tc erfolgreich am Institut für Physik in einer Laserionenquelle detektiert werden. Das Prinzip einer Laserionenquelle ist in Abb. 1 schematisch dargestellt.

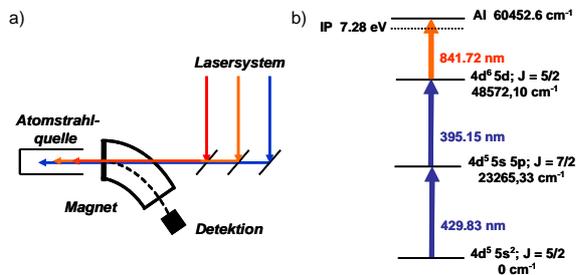


Abb. 1: a) Schema einer Laserionenquelle
b) Anregungsschema zur Laserionisation von ^{99g}Tc

Die zu untersuchende Probe wird in eine Atomstrahlquelle eingebracht und durch Heizen atomisiert. Die Atome werden antikollinear mit Laserstrahlen überlagert und durch die Einstrahlung von Laserlicht geeigneter Wellenlänge elementselektiv resonant angeregt und ionisiert. Die erzeugten Ionen werden durch eine Ionenoptik zu einem Separatormagneten geleitet. In dem Magnetfeld erfolgt eine Massenseparation des Ionenstrahls, und Ionen einer gewünschten Masse können detektiert werden. Für die resonante Laserionisation stand ein hochrepetierendes Titan:Saphir (Ti:Sa) Lasersystem [4] zur Verfügung. Das verwendete Anregungsschema ist in Abb. 1b) dargestellt.

Limitiert ist diese Laserionenquelle durch oberflächenionisierte Isobare.

Für die hier beschriebenen Messungen wird Tc auf Rheniumfolie der Größe 10 mm x 5 mm elektrolytisch abgeschieden. Die Folie wird gefaltet und in ein Graphitröhrchen eingebracht, das durch Widerstandsheizungen auf ca. 2500 K erhitzt werden kann. Ein Tc Atomstrahl bildet sich ab etwa 2000 K aus.

Da die Ionen durch gepulste Laserstrahlung erzeugt werden, weist auch der Ionenstrom eine deutliche Zeitstruktur auf. Zwei ^{99g}Tc Laserionenpulse sind in Abbildung 2 dargestellt.

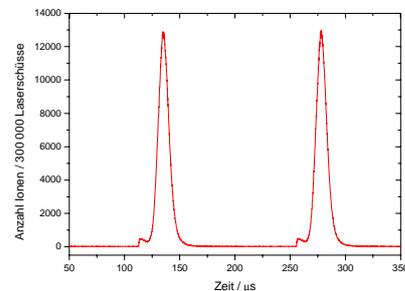


Abb. 2: Zeitstruktur von ^{99g}Tc Laserionenpulsen

Der Abstand der beiden Ionenpulse zeigt die Laserrepetitionsrate von 7 kHz. Die Halbwertsbreite eines Pulses beträgt 11 μs . Die Pulsstruktur wird durch den Entstehungsort der Ionen bestimmt. Ionen mit der kürzesten Flugzeit werden direkt im Extraktionsfeld erzeugt. Der Großteil der Atome wird allerdings innerhalb des Graphitröhrchens ionisiert, wo es vom Extraktionsfeld abgeschirmt ist, so dass die Pulsbreite durch die Driftzeit der Ionen in der Quelle bestimmt wird. Bei stark verunreinigten Proben kann diese Zeitstruktur zur Verbesserung des Signal-zu-Untergrund Verhältnisses verwendet werden [5]. Die Gesamteffizienz der verwendeten Laserionenquelle zum Nachweis von ^{99g}Tc wurde zu $3 \cdot 10^{-4}$ bestimmt. Die Quantifizierung der Methode mit Hilfe eines Tracerisotops, die für den Nachweis geringster Mengen ^{99g}Tc notwendig ist, steht noch aus.

Literatur

- [1] Nea, Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation: Status and Assessment Report (1999) <http://www.nea.fr/html/trw/docs/neastatus99/completedoc.pdf>
- [2] A. Maes et al., Environ. Sci. Technol. **37**, 747 (2003).
- [3] K. Wies et al., Jahresbericht 2004 Beitrag C9, Institut für Kernchemie Universität Mainz
- [4] J. Yi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **42**, 5066 (2003)
- [5] F. Ames et al., Appl. Phys. B **51**, 200 (1990)