

Resonanzionisations-Massenspektrometrie am Plutonium mit cw-Lasern und einem Quadrupol-Massenspektrometer

P. Kunz¹, D. Bender², G. Huber¹, J.V. Kratz², J. Lassen¹, G. Passler¹, N. Trautmann², K. Wendt¹
¹Institut für Physik, ²Institut für Kernchemie, Universität Mainz

Neben dem routinemäßigen Einsatz der Resonanzionisations-Massenspektrometrie zur Ultrapurenbestimmung von Plutonium [1,2] mit gepulsten Lasersystemen wird an der Weiterentwicklung des Messverfahrens mit cw-Lasern gearbeitet. Dazu wurde eine neue Apparatur für die isotopenselektiven Bestimmung von Plutonium in geringsten Mengen aufgebaut. Zur Massenanalyse wird dabei ein Quadrupol-Massenspektrometer eingesetzt, während die resonante Laserionisation mit durchstimmbaren cw-Lasern realisiert wird. Auf diese Weise kann die Messapparatur kompakter und kostengünstiger gestaltet werden [3].

Ein wichtiger Bestandteil der Apparatur ist ein Tantalofen zur Erzeugung eines kollimierten Atomstrahls. Die optimalen Dimensionen für den Atomstrahl (Länge: 12 mm, Innendurchmesser: 1,8 mm) wurden mit Hilfe von Monte-Carlo Simulationen [4] und Abdampfversuchen ermittelt. Bei einer Temperatur von $\sim 1100^\circ\text{C}$ wurde damit ein geeigneter Kompromiss zwischen möglichst guter Strahlkollimation (um einen optimalen Überlapp von Atom-

Anregungsschritt zwanzig- bis dreißigmal mehr Leistung liefert als ein zuvor eingesetzter Diodenlaser, konnte die Ionisationseffizienz um mehr als eine Größenordnung verbessert werden. Es konnte ge-

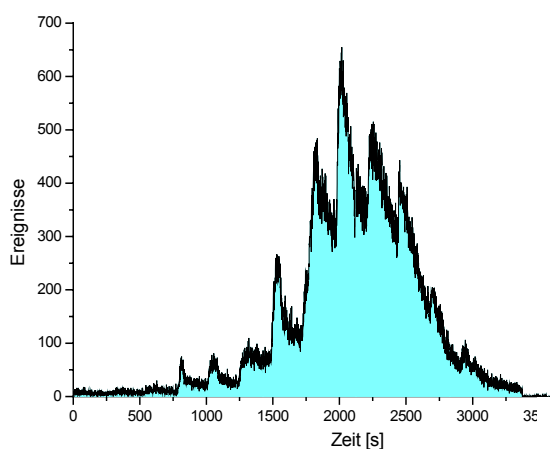


Abb. 1: Typischer Verlauf der Messung einer Plutoniumprobe. Dargestellt ist die Pu-Zählrate in Abhängigkeit von der Messdauer. Die Spitzen in der Abdampfkurve indizieren eine Erhöhung der Ofentemperatur.

und Laserstrahl zu erreichen) und einer akzeptablen Ausdampfzeit gefunden. Eine typische Plutoniumprobe kann so in ca. 1 Stunde gemessen werden (Abb. 1).

Zur Resonanzionisation wird ein dreistufiges Anregungsschema verwendet, wobei die Ionisation im 3. Schritt unter Einbeziehung eines autoionisierenden Zustands erfolgt ($\lambda_1 = 420,7 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 808,3 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 790,3 \text{ nm}$). Mit einem neuen cw-Titan:Saphir-Lasersystem, das mit ca. 600 mW für den dritten

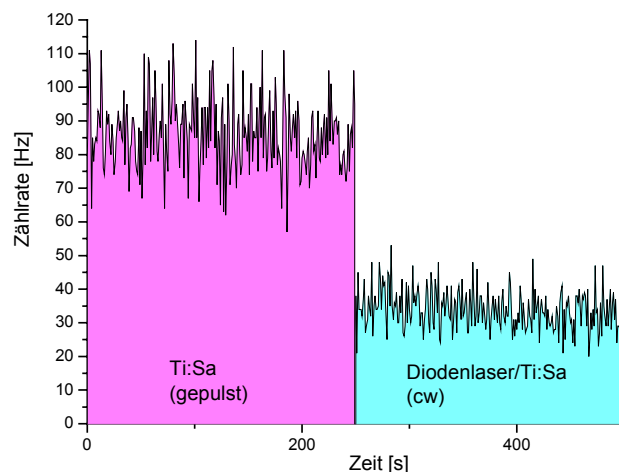


Abb. 2: Laserionisationseffizienz von Plutonium mit gepulsten Titan:Saphir Lasern (links) und cw-Lasern (rechts)

zeigt werden, dass mit den vorhandenen Laserleistungen ($P_1 = 6 \text{ mW}$, $P_2 = 20 \text{ mW}$, $P_3 = 600 \text{ mW}$) der 1. Anregungsschritt mehrfach und der 2. Anregungsschritt wenigstens einfach gesättigt werden kann. Für den Ionisationsschritt konnte selbst mit 600 mW Leistung keine vollständige Sättigung erreicht werden. Die Gesamtnachweiseffizienz des Systems liegt zur Zeit bei $4,5 \cdot 10^{-7}$. Bei der Verwendung von gepulsten Titan:Saphir Lasern zur Resonanzionisation, mit denen alle Übergänge ausreichend gesättigt werden können, wurde eine Gesamteffizienz von $1,0\text{-}1,5 \cdot 10^{-6}$ gemessen. Der direkte Vergleich der mit beiden Lasersystemen erhaltenen Zählraten einer Plutoniumprobe (Abb. 2) bestätigt diesen Unterschied in der Gesamteffizienz.

Literatur:

- [1] G. Passler et al., Kerntechnik **62**, 85 (1997)
- [2] C. Grüning et al., Jahresbericht 2001, IKMz 2002-1, C7
- [3] J. Lassen et al., Jahresbericht 2001, IKMz 2002-1, C10
- [4] D. Bender et al., Jahresbericht 2001, IKMz 2002-1, C11