

# Chemie in der Penningfalle – Eine neue Methode zum Studium der schwersten Elemente ?

U. Rieth<sup>1</sup>, A. Herlert<sup>2</sup>, J.V. Kratz<sup>1</sup>, L. Schweikhard<sup>2</sup>, M. Vogel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Kernchemie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, D-55099 Mainz

<sup>2</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, D-55099 Mainz

Mit Hilfe einer Penningfalle, der *Mainzer Cluster Falle* [1], wurde versucht, eine neue Methode zum Studium der chemischen Eigenschaften der schwersten Elemente zu entwickeln.

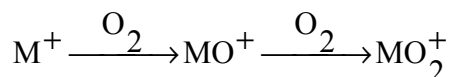
Die erzielten Ergebnisse können dazu dienen, spätere Experimente an der Ionenfalle SHIPTRAP [2] bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) vorzubereiten.

Die Experimente wurden mit den Elementen Osmium und Ruthenium, als Homologe des Elements Hassium (Z = 108) durchgeführt.

Da die Elemente der Gruppe 8 des Periodensystems eine besonders stabile Verbindung mit Sauerstoff in Form ihrer Tetroxide eingehen, wurde die Reaktion von Ru<sup>+</sup> und Os<sup>+</sup> mit Sauerstoff in ihren kinetischen Eigenschaften untersucht.

Hierzu wurden Ionen in einer Laserverdampfungsquelle erzeugt und in die Penningfalle überführt. Dort wurden die Ionen bei verschiedenen Sauerstoffdrücken für bestimmte Reaktionszeiten gespeichert, an deren Ende eine Flugzeit-Massen-Analyse stand.

Die Analyse der aus der Falle kommenden Ionen legte den folgenden Reaktionsweg nahe (M=Ru, Os):



Die gemessenen Geschwindigkeitskonstanten [3]  $k_1$  und  $k_2$  für die beiden Teilreaktionen sind in Tabelle 1 aufgelistet:

**Tabelle 1:** Geschwindigkeitskonstanten der Reaktion  $M^+ + O_2$  für M=Ru, Os in  $cm^3 \cdot mol^{-1} \cdot s^{-1}$

	Ruthenium	Osmium
$k_1(M^+ \rightarrow MO^+)$	$3 \cdot 10^{-12}$	$7 \cdot 10^{-12}$
$k_2(MO^+ \rightarrow MO_2^+)$	$8 \cdot 10^{-12}$	$58 \cdot 10^{-12}$

Aufgrund des für die Falle und das Massenspektrometer erforderlichen Hochvakuums konnten die Sauerstoffdrücke nur in einem Bereich von  $p = 0.5 \cdot 10^{-6}$  mbar bis  $p = 17 \cdot 10^{-6}$  mbar variiert werden. In diesem Bereich erfordern die Umsetzungen der Osmium- und Rutheniumionen zu den Dioxid-Ionen Reaktionszeiten in der Größenordnung von 10 s. Dies entspricht bereits einer Halbwertszeit des Isotops <sup>269</sup>Hs, weshalb ein Transactiniden Experiment mit den verwendeten Parametern nicht durchführbar erscheint.

Dass aber überhaupt eine Reaktion von Ruthenium zu beobachten ist, muss auf apparative Eigenschaften zurückgeführt werden. Laut Literatur [4] sollte bei Raumtemperatur keine freiwillige Reaktion von Rutheniumionen mit Sauerstoff stattfinden.

Die beobachtete Reaktion muss deshalb auf eine mögliche Anregung niedrigliegender Elektronenniveaus des Ru<sup>+</sup>-Ions in der Laserverdampfungsquelle zurückgeführt werden. Innerhalb einer Gruppe des PSE nimmt die Niveaudichte mit steigender Masse stetig zu und der Abstand zwischen Grundzustand und erstem angeregten Zustand verringert sich. Hierdurch könnte es zu einer Einflussnahme dieser angeregten Zustände auf die Reaktion kommen.

Aus diesem Grund wurden weitere Experimente mit den beiden Homologen Titan und Zirkonium durchgeführt. Laut Literatur [5] [6] sollten beide Ionen-Molekül-Reaktionen mit Sauerstoff die gleiche Reaktionsgeschwindigkeitskonstante besitzen und daher mit der gleichen Geschwindigkeit ablaufen.

Das Experiment zeigte aber eine etwas erhöhte Geschwindigkeit im Falle des schwereren Homologen Zirkonium (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Geschwindigkeitskonstanten der Reaktion  $M^+ + O_2$  für M=Ti, Zr in  $cm^3 \cdot mol^{-1} \cdot s^{-1}$

k(Ti)	k(Zr)	$k_{Lit}(Ti) = k_{Lit}(Zr)$
$5 \cdot 10^{-10}$	$7 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$

Dieses Ergebnis ist ein Hinweis dafür, dass auch die Geschwindigkeit der Ruthenium-Reaktion erhöht wurde bzw. dass die Reaktion durch das Vorhandensein angeregter Zustände im Ru<sup>+</sup> ermöglicht wurde. Damit ergibt sich aber zwangsläufig, dass die Reaktion des noch schwereren Osmiums ebenfalls beeinflusst worden sein könnte, weshalb die Werte für die Geschwindigkeitskonstanten durch weitere Untersuchungen überprüft werden sollten.

[1] L.Schweikhard et al., *Eur. Phys. J.* **D9**, 15 (1999)

[2] J. Dilling et al., *Hyp. Int.* **127**, 491 (2000).

[3] U.Rieth et al., Institut für Kernchemie der Universität Mainz, Jahresbericht 1999, S.17-18

[4] Yu-Min Chen et al., *J. Chem. Phys.*, **103**, 618 (1995)

[5] R.Johnsen et al., *J. Chem. Phys.*, **61**, 5404 (1974)

[6] S.Dheandhanoo et al., *J. Chem. Phys.*, **83**, 3327 (1985)