

Die UCN-Quelle am Forschungsreaktor TRIGA Mainz

I. Altarev¹, K. Eberhardt³, P. Eger¹, A. Frei¹, E. Gutmiedl¹, W. Heil², G. Hampel³, F. J. Hartmann¹, J.V. Kratz³, S. Paul¹, Yu. N. Pokotilovski⁴, W. Schmid¹, Y. Sobolev², D. Tortorella¹, N. Trautmann³, N. Wiehl³

¹ Technische Universität München, Physik Department E18, D-85748 Garching, Germany ;

² Institut für Physik, Universität Mainz, D-55099 Mainz, Germany; ³ Institut für Kernchemie, Universität Mainz, D-55099 Mainz, Germany; ⁴ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

In ersten Testmessungen an dem im Jahr 2004 am Forschungsreaktor TRIGA Mainz installierten Testkryostaten [1] konnten zunächst keine ultrakalten Neutronen nachgewiesen werden. Bei diesem Kryostaten, der in das Strahlrohr C (tangenciales Strahlrohr) des Reaktors eingeschoben werden kann, wird an der vorderen, mit flüssigem Helium gekühlten Spitze Deuterium bei einer Temperatur von ca. 6 K ausgefroren. Durch Phononenanregung im festen Deuterium werden thermische Neutronen auf Energien unter 250 neV bzw. Geschwindigkeiten kleiner 7 m/s abgebremst (ultrakalte Neutronen, UCN). Ein mit Be beschichtetes Al Rohr (Länge 3.5 m, Ø 70 mm) leitet die ultrakalten Neutronen vom Entstehungsort zum Detektor.

Als wichtigste Ursache für die anfänglichen Misserfolge wurde Adsorption von Verunreinigungen des Deuteriums auf dem gekühlten Neutronenleiter vermutet. An solchen Adsorptionsschichten können UCN absorbiert oder inelastisch zu höheren Energien gestreut werden.

Der Kryostat wurde daraufhin grundlegend umgebaut. Der neue Neutronenleiter besteht nun vollständig aus elektropoliertem Edelstahl. Nur die vordere Spitze wird gekühlt. Eine thermische Brücke (Edelstahl von 0.5 mm Wandstärke) und eine Heizung auf dem übrigen Teil des Neutronenleiters bewirken, dass der gesamte Neutronenleiter bis auf die letzten 10 cm vor der gekühlten Spitze auf Raumtemperatur gehalten werden kann (Abb. 1). Zur Reinigung des Deuteriums wurde eine mit Zeolit gefüllte ausheizbare Kammer in den Gasweg eingebaut.

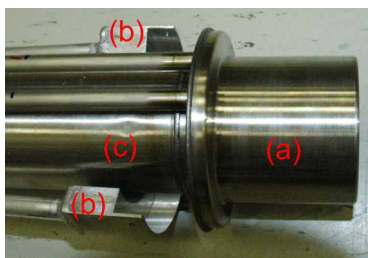


Abb. 1: He- gekühlter Kopf (a) des Kryostaten, Stickstoffschild (b) und Neutronenleiter (c)

Zusätzlich wurden an dem System 2 weitere Verbesserungen angebracht:

Der Bereich, in dem das Deuterium ausgefroren wird, ist zusätzlich mit ca. 10 mm Polyethylen als Vormoderator umgeben. Dieser Vormoderator ist seinerseits umgeben von einem mit flüssigem Stickstoff gekühlten Kälteschild, so dass die Temperatur des Vormoderators zwischen der

des flüssigen He und des flüssigen N₂ liegt. Rechnungen von Pokotilovski [2] zeigen, dass durch einen Vormoderator die Zahl der erzeugten UCN bis zu einem Faktor 10 gesteigert werden kann.

Ferner wurde der Teil des Neutronenleiters, durch den das Deuterium geleitet wird, von dem Teil, der den Detektor enthält, durch eine auf einem Gitter aufgezugene Al Folie (25 µm) separiert. Dies ermöglicht Änderungen am Detektionssystem, ohne den Kryobereich belüften zu müssen. Verunreinigungen können so reduziert werden und das System ist sehr flexibel handhabbar.

Das so modifizierte System wurde im Januar 2006 erstmals erfolgreich getestet. Abb. 2 zeigt die Gesamtzahl der nachgewiesenen UCN pro Reaktor puls in Abhängigkeit von der Menge des ausgefrorenen Deuteriums normiert auf die Reaktorenergie. Bei kleinen Deuteriummengen steigt die UCN Ausbeute linear an, bei etwa 50% der gesamten verfügbaren Deuteriummenge (ca. 170 g) wird eine Sättigung erreicht, was auf eine geringe Lebensdauer der UCN im Deuterium zurückzuführen ist. Wird zu Beginn gleich eine größere Deuteriummenge ausgefroren, wird ebenfalls eine geringe UCN Ausbeute erzielt, was auf eine schlechtere Kristallqualität hindeutet.

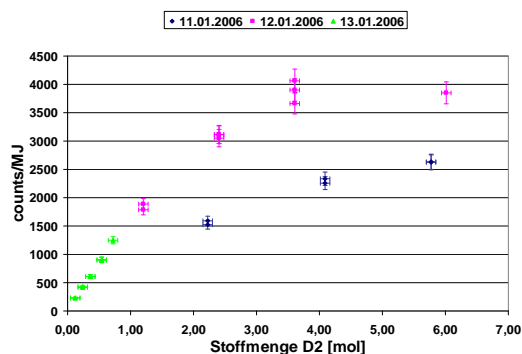


Abb. 2: Gesamtzahl der nachgewiesenen UCN pro Reaktor puls in Abhängigkeit von der ausgefrorenen Deuteriummenge

Ziel der weiteren Arbeiten wird die Optimierung verschiedener Parameter wie Kristallqualität, Gasreinheit und Temperatur des Vormoderators sein.

Literatur

[1] S. Paul et. al, Jahresbericht Inst. f. Kernchemie 2004

[2] Yu. Pokotilovski, Jahresbericht Inst. f. Kernchemie 2004