

Die doppelt-differentielle Neutronenausbeute der Reaktion ${}^9\text{Be}+d$ bei einer Deuteronenenergie von 3 MeV

Quellterm für thermischen Standard des NPL bestimmt.

Außer in Reaktoren können Referenzfelder thermischer Neutronen auch in einem sogenannten thermischen Standard erzeugt werden. Dabei handelt es sich um einen größeren Graphitblock mit Kantenlängen bis zu mehreren Metern in den mehrere Radionuklidneutronenquellen eingesetzt sind. Die von diesen Quellen emittierten schnellen Neutronen werden im Mittel nach etwa 114 Stößen mit Kohlenstoffkernen thermalisiert und können aus dem Graphitblock extrahiert werden. Am thermischen Standard des National Physical Laboratory (NPL) in Teddington sind die Radionuklidneutronenquellen durch zwei Berylliumtargets ersetzt, in denen mit einem intensiven 3 MeV Deuteronenstrahl über die Kernreaktion ${}^9\text{Be}(d,nx)$ schnelle Neutronen erzeugt werden. Um die Neutronenausbeute zu maximieren werden 3 mm dicke Targets verwendet, in denen der Deuteronenstrahl vollständig abgebremst wird.

Für die Kernreaktion ${}^9\text{Be}(d,n){}^{10}\text{B}$ sind zwar zahlreiche differentielle Wirkungsquerschnittsdaten für Targets mit vernachlässigbarem Energieverlust verfügbar, es gibt aber für eine Deuteronenenergie von 3 MeV keine Daten für die doppelt-differentielle Neutronenausbeute $Y_E(E,\Theta) = (dN/d\Omega dE)$ bei vollständigem Abstoppen des Strahls im Beryllium. Diese Daten werden aber als Quellterm für eine Modellierung des thermischen Standards mit der Monte Carlo Methode benötigt.

Im Rahmen einer Masterarbeit wurden diese Daten deshalb an der Beschleunigeranlage der PTB mit einem gepulsten Deuteronenstrahl und der Flugzeitmethode für 20 Neutronenemissionswinkel zwischen 0° und 130° relativ zum Deuteronenstrahl experimentell bestimmt. Die Messungen wurden mit einem Flüssigzintillationsdetektor (Energiebereich oberhalb von 1,2 MeV) und einem Lithiumglasdetektor (Energiebereich unterhalb 2 MeV) durchgeführt. Abb. 1 zeigt die gemessenen Verteilungen als Funktion der Neutronenenergie E und des Emissionswinkels Θ .

Die neuen differentielle Wirkungsquerschnittsdaten wurden als Quellterm für eine Simulation des thermischen Standards mit dem Neutronentransportcode MCNP5 benutzt. Dafür konnte auf eine von Mitarbeitern des NPL erstellte Beschreibung des Aufbaus zurückgegriffen werden. Abb. 2 zeigt die auf ein Quellneutron normierte spektrale Fluenz $E\Phi_E$ am Ende der sogenannten ‚thermischen Säule‘, in der ein gerichtetes Neutronenfeld aus dem Moderator ausgekoppelt werden kann. Es zeigt sich, dass die spektrale Verteilung im Wesentlichen von der korrekten mittleren Energie der Quellneutronen abhängt und die Winkelverteilung der Quellneutronen wegen der vielen Streuprozesse keine Rolle spielt. Die neuen Daten sind eine wichtige Voraussetzung für eine realistische Simulation des thermischen Standards. Zusätzlich muss aber noch der Beitrag der Neutronenproduktion aus der Reaktion $D(d,n){}^3\text{He}$ mit dem in den Berylliumtargets implantierten Deuterium berücksichtigt werden. Eine Beschreibung dieses Anteils ist wegen der unzureichend dokumentierten Bestrahlungsgeschichte und des unbekanntem Diffusionsverhaltens von Deuterium in bestrahltem Beryllium sehr schwierig.

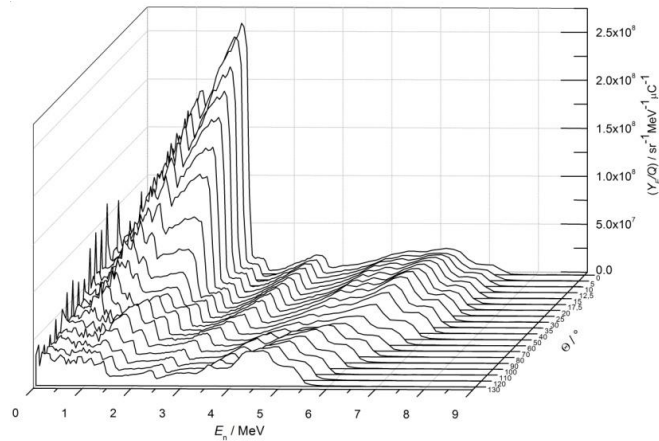


Abb. 1: Auf die Targetladung normierte spektrale Neutronenausbeute ($Y_E(\Theta)/Q$) bei Beschuss eines Berylliumtargets mit 3 MeV Deuteronen, wenn die Deuteronen im Target vollständig abgebremst werden. Der Neutronenenergie ist mit E , der Emissionswinkel mit Θ bezeichnet.

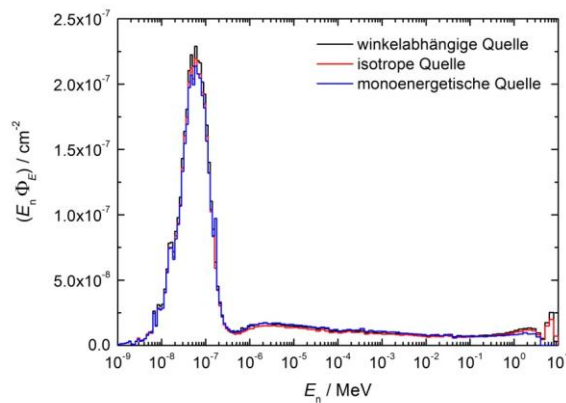


Abb. 2: Mit MCNP5 berechnete spektrale Fluenz $E\Phi_E$ in Lethargiedarstellung am Ende der thermischen Säule in 1 m Höhe oberhalb des Graphitmoderators für verschiedene Quellterme. Für die winkelabhängige Quelle wurden die experimentell bestimmten Daten verwendet. Die isotrope Quelle hat die gleiche Energieverteilung wie die winkelabhängige Quelle. Die Energie der monoenergetischen Quelle entspricht der mittleren Energie der beiden anderen Quellterme. Alle Verteilungen sind auf ein Quellneutron normiert.

Ansprechpartner:

R. Nolte, Fachbereich 6.4, Arbeitsgruppe 6.42, E-Mail: ralf.nolte@ptb.de