



Mit Antineutrinos Kernreaktoren überwachen

Mit Antineutrinos Kernreaktoren überwachen

Bei der Spaltung von Kernbrennstoffen wie Plutonium oder Uran werden neben Neutronen auch Antineutrinos frei. Diese sind ebenfalls elektrisch neutral, aber nicht sehr reaktionsfreudig, weshalb sie sich nur mit riesigen Detektoren nachweisen lassen. Inzwischen werden jedoch Detektoren entwickelt, die nur noch die Größe eines Kubikmeters haben. Sie können Antineutrinos aus dem Reaktorkern messen - eine Methode, an der die IAEA sehr interessiert ist. Prototypen dieser Detektoren existieren bereits und nehmen in Abständen von etwa zehn Metern zu Reaktoren Daten auf. Aus der Analyse von Energie und Rate der Antineutrinos lassen sich Änderungen in der Zusammensetzung der Kernbrennstoffe im Reaktor ermitteln - wie etwa das Entfernen von kernwaffenfähigem Plutonium-239. Die IAEA wäre damit nicht mehr auf die Aussagen der Reaktorbetreiber angewiesen. Genaues Antineutrino-Spektrum von Uran-238 bestimmt
Bereits in den 1980er-Jahren wurden die Antineutrino-Spektren von drei der vier Haupt-Kernbrennstoffe, Uran-235, Plutonium-239 und -241 bestimmt. Bisher fehlte jedoch das genaue Antineutrino-Spektrum des vierten verwendeten Kernbrennstoffes Uran-238, der etwa zehn Prozent des gesamten Antineutrino-Flusses ausmacht. Er war nur durch ungenaue theoretische Berechnungen abgeschätzt worden und beschränkte somit die Präzision der Antineutrino-Vorhersagen. Dr. Nils Haag am Lehrstuhl für Experimentelle Astroteilchenphysik der TU München entwickelte nun am FRM II einen Messaufbau, mit dem er das fehlende Spektrum von Uran-238 bestimmen konnte. "Ich benötigte einen hohen Fluss von schnellen Neutronen, um das Uran-238 spalten zu können", sagt der Physiker. Seinen Versuchsaufbau stellte er deshalb an die Radiographie- und Tomographiestation NECTAR des FRM II, die schnelle Neutronen zur Verfügung stellt. Ein zweiter Detektor eliminiert unerwünschte Messsignale
In einer Folie aus Uran-238 erzeugten die Neutronen Kernspaltungen. Die radioaktiven Zerfallsprodukte emittierten in der Folge Elektronen und Antineutrinos. Die Elektronen wurden mit einem Szintillator untersucht - einem Kunststoffblock, der die kinetische Energie der Elektronen in Licht umwandelt. Dieses übersetzte ein Photomultiplier in elektrische Signale. Bei den Kerzerfällen entsteht aber auch Gammastrahlung, die im Szintillator unerwünschte Messsignale erzeugt. Deswegen platzierte Haag einen zweiten Detektor direkt vor dem Szintillator: eine sogenannte Vieldrahtkammer. Da in diesem Gasdetektor nur geladene Teilchen wie Elektronen ein Signal auslösen, konnte Haag den Anteil der Gammastrahlung bestimmen. Aus der somit Untergrund-freien Messung der Elektronen leitete Haag das Antineutrino-Spektrum ab. Methode erlaubt bessere Überwachung von Kernreaktoren
Die Messung des Antineutrino-Spektrums kann dazu verwendet werden, den Status, die Leistung und sogar die Zusammensetzung von Reaktorkernen zu überwachen. "Unsere Ergebnisse erlauben es nun, mit signifikant höherer Genauigkeit vorzuberechnen, welches Antineutrino-Spektrum ein Reaktor mit der vom Betreiber angegebenen Brennstoffzusammensetzung haben müsste", erklärt Dr. Nils Haag. "Abweichungen zwischen dem erwarteten Signal des Reaktors und den Messdaten der Antineutrino-Detektoren können damit aufgedeckt werden." Eingebettet ist die Entwicklung der Methode in Grundlagenforschung zum Phänomen der "sterilen" Antineutrinos. Aus dem Vergleich bisheriger Messungen und Vorhersagen von Reaktor-Antineutrino-Spektren gab es nämlich Hinweise darauf, dass einige Antineutrinos kurz nach ihrer Produktion "steril" werden. Sie könnten dann nicht mehr mit Materie in Wechselwirkung treten. Ein besseres Verständnis dieser Effekte würde unser Wissen über die elementaren physikalischen Prozesse erweitern. Die Arbeit wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des DFG-Exzellenzclusters "Origin and Structure of the Universe" der TUM gefördert. Publikation: Experimental Determination of the Antineutrino Spectrum of the Fission Products of U238
N. Haag, A. Gütlein, M. Hofmann, L. Oberauer, W. Potzel, K. Schreckenbach, and F. M. Wagner
Phys. Rev. Lett. 112, 122501 (2014), DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.122501
Kontakt: Dr. Nils Haag
Physik-Department
Lehrstuhl für experimentelle Physik und Astroteilchenphysik (E15)
Technische Universität München
James-Franck-Str. 1, 85748 Garching, Germany
Tel.: +49 89 289 12524 -
E-Mail: Nils.Haag@ph.tum.de


Pressekontakt

TU München

80333 München

Nils.Haag@ph.tum.de

Firmenkontakt

TU München

80333 München

Nils.Haag@ph.tum.de

Die Technische Universität München (TUM) ist mit rund 420 Professorinnen und Professoren, 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (einschließlich Klinikum rechts der Isar) und 22.000 Studierenden eine der führenden Universitäten Deutschlands. Ihre Schwerpunktfelder sind die Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften, Lebenswissenschaften, Medizin und Wirtschaftswissenschaften. Nach zahlreichen Auszeichnungen wurde sie 2006 vom Wissenschaftsrat und der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Exzellenzuniversität gewählt. Das weltweite Netzwerk der TUM umfasst auch eine Dependence in Singapur. Die TUM ist dem Leitbild einer unternehmerischen Universität verpflichtet.