

Das CONUS-Experiment verwendet hochreine Halbleiterdetektoren aus Germanium, die von einer Abschirmung aus mehreren Schichten von höchst reinem Blei und mit Bor beladenem Polyethylen vor Umweltradioaktivität geschützt sind, siehe Titelbild. Zusätzlich ist der Aufbauort am Reaktor durch Beton und Wasser gegen die kosmische Myonen-Strahlung abgeschirmt. Der restliche Anteil dieser Störstrahlung wird mit einem aktiven Myonveto in Echtzeit detektiert und verworfen. Das Design der Abschirmung basiert auf der langjährigen Erfahrung des MPIK, das weltweit führend auf diesem Gebiet ist.

Anfang April 2018 hat das CONUS-Experiment seinen Messbetrieb aufgenommen. Zu Beginn war der Reaktor einen Monat lang abgeschaltet und wurde dann wieder angefahren. Ein Vergleich der Daten aus beiden Phasen ergab bereits nach zwei Monaten einen Hinweis auf den gesuchten Prozess. Mit höherer Statistik aus längeren Datennahmen und durch genauere Analysen wird es der CONUS-Kollaboration gelingen, in den nächsten Jahren die kohärente Neutrino-Kern-Streuung mit Reaktor-neutrinos eindeutig nachzuweisen und genauer unter die Lupe zu nehmen. Nach dem planmäßigen Ende des Reaktorbetriebs Ende 2021 soll CONUS noch ein Jahr weitermessen, um die für die Auswertung der Daten wertvollen Hintergrundsignale genauer zu charakterisieren und damit Signale besser von Störsignalen zu trennen.

Anwendungen

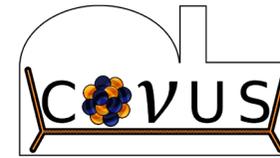
Nachweis und genaue Vermessung der kohärenten Streuung von Neutrinos an Atomkernen sind für die Grundlagenforschung von fundamentaler Bedeutung, da sie Einblicke in unterschiedliche Prozesse des Mikrokosmos gewähren. Aber auch bei den meisten bedeutenden astrophysikalischen und kosmologischen Vorgängen im Universum spielen Neutrinos eine wesentliche Rolle. Dazu gehören Sternexplosionen (Supernovae), bei denen ebenfalls unvorstellbare Mengen an Neutrinos freigesetzt werden und kohärenten Streuprozessen mit Kernen unterliegen. Das CONUS-Experiment am Kernreaktor in Brokdorf bietet die einzigartige Gelegenheit, den Prozess der kohärenten Neutrino-Kern-Streuung erstmalig im Energiebereich der Reaktor-neutrinos mit modernster Germanium-Detektortechnologie nachzuweisen. Die präzise Messung des Neutrinoflusses an Kernreaktoren eignet sich prinzipiell auch zur Reaktorüberwachung oder Messung der thermischen Leistung.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Lindner
Tel.: 06221 516800
E-Mail: manfred.lindner@mpi-hd.mpg.de

Dr. Werner Maneschg
Tel.: 06221 516287
E-Mail: werner.maneschg@mpi-hd.mpg.de

Dr. Christian Buck
Tel.: 06221 516829
E-Mail: christian.buck@mpi-hd.mpg.de



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

CONUS

Nachweis kohärenter Neutrino-Kern-Streuung



Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg

www.mpi-hd.mpg.de



Das Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) ist eines von 84 Instituten und Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft. Das MPIK betreibt experimentelle und theoretische Grundlagenforschung auf den Gebieten der Astroteilchenphysik und der Quantendynamik.



MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR KERNPHYSIK

CONUS

Nachweis kohärenter Neutrino-Kern-Streuung

Eine zunächst theoretisch vorhergesagte und für die Grundlagenforschung wichtige Wechselwirkung von Neutrinos mit Materie ist die kohärente Streuung an Atomkernen. Das Experiment CONUS am Kernkraftwerk der PreussenElektra GmbH in Brokdorf soll diese genauer charakterisieren. Es beobachtet auf neuartige Weise die bei der Kernspaltung in großer Zahl entstehenden, aber für die Stromerzeugung nicht nutzbaren Neutrinos.

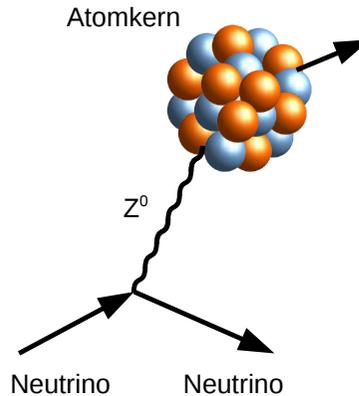
Neutrinos – Geheimnisvolle Teilchen

Neutrinos sind Elementarteilchen mit erstaunlichen Eigenschaften. Wie der Name schon andeutet, sind sie elektrisch neutral und winzig klein. Sie wechselwirken nur sehr schwach mit Materie und werden daher gelegentlich auch als „Geisterteilchen“ betitelt. Ein einzelnes Neutrino könnte beispielsweise eine etwa 10 Milliarden Kilometer dicke Barriere aus dichter Materie durchqueren, bevor es mit höherer Wahrscheinlichkeit gestoppt wird. Das Neutrino wurde 1930 von Wolfgang Pauli eingeführt, um eine scheinbare Verletzung der Energieerhaltung im radioaktiven Betazerfall zu erklären. Der Nachweis des kontaktscheuen Elementarteilchens erwies sich als außerordentlich schwierig und gelang erstmals 1956 (Nobelpreis 1995) am US-amerikanischen Savannah River Kernreaktor. Bei den radioaktiven Zerfällen der Kernspaltungsprodukte im Reaktor entstehen Antineutrinos, welche 4% der freigesetzten Energie unbemerkt forttragen. Kernreaktoren sind daher sehr starke, gut lokalisierte Neutrinoquellen, die nach wie vor Experimente unter kontrollierten Bedingungen ermöglichen. So wurden in der Vergangenheit bereits mehrere Eigenschaften der Neutrinos an Kernreaktoren zum ersten Mal entdeckt oder präziser vermessen.

Neben diesen von Menschenhand erzeugten Neutrinoquellen gibt es weitere natürlichen Ursprungs. So gibt es allgegenwärtig im Universum Neutrinos mit einer Dichte von etwa 300 pro Kubikzentimeter als Relikt des Urknalls. Eine andere wichtige natürliche Neutrinoquelle ist die Sonne, in deren Zentrum durch Kernfusion so viele Neutrinos freigesetzt werden, dass auf der Erde in jeder Sekunde rund 65 Mil-

liarden durch die Fläche eines Daumennagels fliegen, ohne dass wir dies bemerken. Der Nachweis der Sonnenneutrinos wurde 2002 mit dem Nobelpreis für Physik bedacht. Weitere Quellen mit erheblicher Neutrino-Produktion sind das Erdinnere („Geoneutrinos“ aus dem Zerfall von langlebigen Radionukliden) oder die Atmosphäre (Sekundärprodukte aus Wechselwirkungen zwischen kosmischer Strahlung und Luftmolekülen).

Wechselwirkung mit Materie



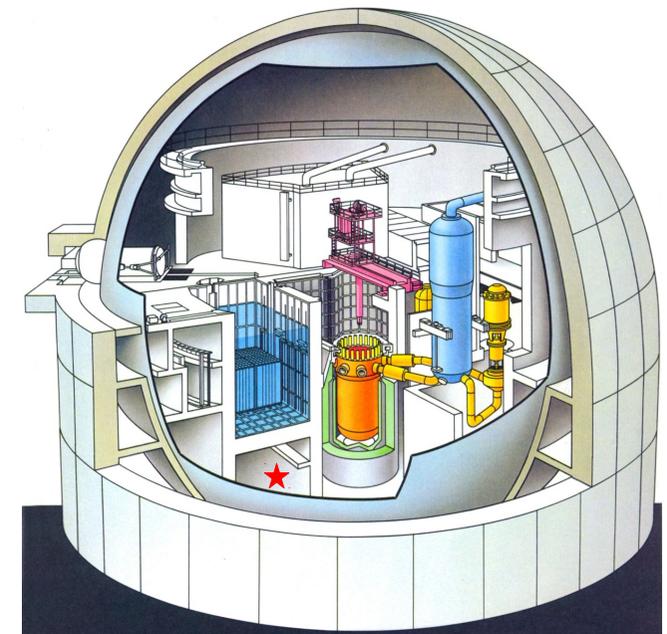
Kohärente Streuung eines Neutrinos an einem Atomkern.

Elektronen in der Atomhülle oder mit dem aus Protonen und Neutronen bestehenden Atomkern. Letzterer bietet die Möglichkeit, dass ein Neutrino „kohärent“ mit dem Kern als Ganzes wechselwirkt, was die Wahrscheinlichkeit eines solchen Streuprozesses ganz erheblich erhöht. Andererseits ist der Energieübertrag auf den Atomkern bei dieser kohärenten Streuung sehr klein, so wie man mit einem Tischtennisball einen Basketball zwar leicht treffen, aber nur ein ganz klein wenig bewegen kann.

Deswegen braucht es für diesen Nachweis spezielle Detektoren mit sehr niedriger Energieschwelle – davon können allerdings bereits wenige Kilogramm Material ausreichen! Die Herausforderungen eines solchen Experiments machten einen experimentellen Nachweis der theoretischen Vorhersagen aus den 1970er Jahren für mehr als 40 Jahre unmöglich. 2017 wurde die kohärente Streuung von Neutrinos an Kernen erstmals im COHERENT-Experiment nachgewiesen; hierfür wurden hochenergetische Neutrinos mit Hilfe eines Neutronen-Strahls erzeugt. Genauere Messungen, unter anderem mit niederenergetischen Reaktor-Neutrinos stehen aber noch aus.

Das CONUS-Experiment

Nachweis und Charakterisierung der kohärenten Streuung von Neutrinos an Kernen erfordern den Aufbau eines Experiments möglichst nah an einer sehr starken, kontrollierten Neutrinoquelle. In Konkurrenz zu anderen internationalen Anstrengungen wird diese Idee mit dem Experiment CONUS (COherent Neutrino nUcleus Scattering) verwirklicht, das in Zusammenarbeit mit dem Kernkraftwerk der PreussenElektra GmbH in Brokdorf läuft. CONUS nutzt die Neutrinos aus dem Reaktor, ohne diesen in irgendeiner Weise zu beeinflussen oder gar Anforderungen an den Betrieb zu stellen. Der Abstand des experimentellen Aufbaus zum Reaktorkern beträgt nur 17 Meter. So steht ein extrem hoher Fluss von 24 Billionen Antineutrinos pro Sekunde und Quadratmeter aus einem der weltweit stärksten Reaktoren für Messungen zur Verfügung. Die Kombination mit der speziellen Abschirmung und den optimierten Detektoren macht das Experiment zu einem führenden Projekt.



Innenansicht des Sicherheitsbehälters des Kernkraftwerks in Brokdorf. Der Platz des CONUS-Experiments ist mit einem roten Stern gekennzeichnet und befindet sich nur 17 m entfernt vom Zentrum des Reaktorkerns (orange).