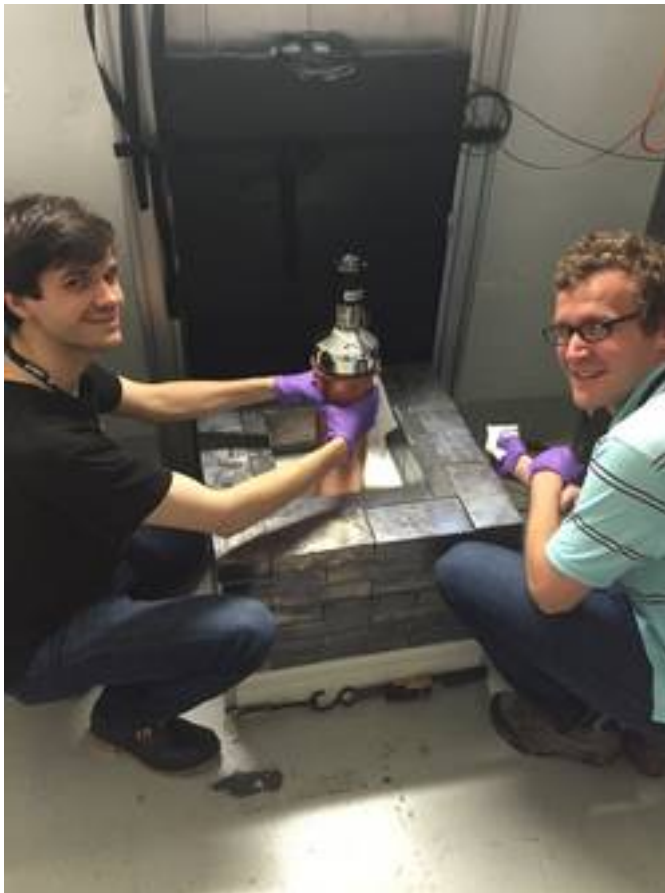


## „Ein wunderschöner Detektor“

Franziska Konitzer 03.08.2017

Ihrem Spitznamen als „Geisterteilchen“ werden Neutrinos mehr als gerecht. Obwohl diese Elementarteilchen in zahlreichen unterschiedlichen Prozessen milliardenfach erzeugt werden und das ganze Universum durchfluten, durchqueren sie Materie meist ungehindert. Ihr Nachweis erfordert für gewöhnlich riesige Detektoren, die sich beispielsweise tief im Eis der Antarktis befinden oder aus riesigen Wassertanks bestehen. Dagegen ist der Neutrinodetektor der COHERENT-Kollaboration geradezu handlich und mit einem Gewicht von noch nicht einmal 15 Kilogramm sogar tragbar. Mit diesem neuartigen Detektor konnten die Forscher nun eine Art der Neutrinowechselwirkung nachweisen, die zwar bereits seit Jahrzehnten theoretisch vorhergesagt, aber bislang noch nie beobachtet wurde. Ihre Ergebnisse stellte das Team im Fachmagazin „Science“ vor. Welt der Physik sprach darüber mit dem beteiligten Wissenschaftler Björn Scholz von der University of Chicago.



**Björn Scholz von der University of Chicago (links im Bild)**

### **Welt der Physik: Woher kommen Neutrinos?**

Björn Scholz: Neutrinos werden in großen Mengen beispielsweise in Kernfusionsprozessen im Inneren der Sonne erzeugt. Es sind aber sehr flüchtige Teilchen, die nur mit einer sehr



## HEAD OF REPRESENTATIVE EUROPE

Ludwig-Zausinger-Str. 3 – D-93107 Thalmassing

geringen Wahrscheinlichkeit mit anderer Materie wechselwirken. Deshalb können sie durch sehr viel Materie – beispielsweise die Erde – hindurchfliegen, ohne sich bemerkbar zu machen. Und so hat es Jahrzehnte gedauert, bis Wissenschaftler sie überhaupt nachweisen konnten.

Was unterscheidet das neue Experiment von bisherigen?

Neben der Größe unseres Detektors ist das vor allem der Energiebereich, den wir sondiert haben. Wenn ein Neutrino durch einen Detektor fliegt und auf ein Teilchen aufschlägt, zum Beispiel auf einen Atomkern oder auf ein Elektron, kann man das mit einem Billardspiel vergleichen: Das Neutrino überträgt Impuls und Energie bei diesem Stoß – und je höher die Energie des Neutrinos, desto höher ist natürlich auch die Energie, die im Detektor deponiert wird. Je höher diese Energie, desto einfacher ist es, ein derartiges Signal zu entdecken. Deshalb waren alle bisherigen Experimente auf hochenergetische Neutrinos ausgelegt. In unserem Experiment bewegen wir uns hingegen in einem niedrigen bis mittleren Energiebereich. Die Energie, die ein Neutrino auf einen Atomkern überträgt, ist hier verschwindend gering. Deshalb war auch das von uns gesuchte Signal sehr klein.

Woher kamen die Neutrinos für Ihr Experiment?

Wir haben das Experiment an der Spallation Neutron Source SNS am Oak Ridge National Laboratory in den USA durchgeführt. Hier werden Neutronen erzeugt, wobei gewissermaßen als Nebenprodukt auch sehr viele Neutrinos entstehen. Der Vorteil ist hier, dass wir das Energiespektrum dieser Neutrinos sehr genau kennen und daher gute Vorhersagen darüber machen können, wie das Signal im Detektor aussehen sollte. Das SNS hat uns im Keller einen Korridor zur Verfügung gestellt, der nur zwanzig Meter von der Neutrinoquelle entfernt ist. Das war natürlich perfekt, denn dadurch hatten wir extrem viele Neutrinos, die durch unseren Detektor geflogen sind.

Wie sieht der Detektor aus?

Es ist ein zylinderförmiger Detektor, der aus Cäsiumiodid besteht und mit Natrium dotiert wurde. Er ist ungefähr dreißig Zentimeter lang, hat einen Durchmesser von zwölf Zentimetern und befindet sich in einer Kupferröhre. Wenn ich das so sagen darf: Das ist ein wunderschöner Detektor.

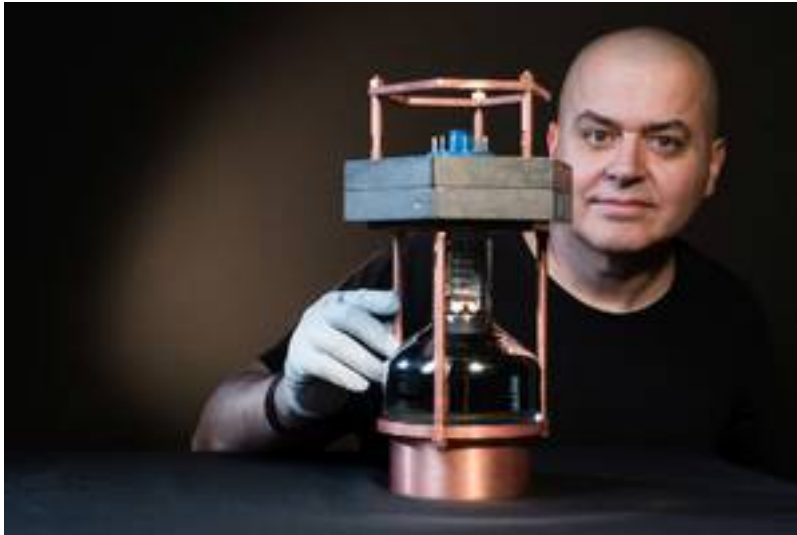
Was passiert, wenn ein Neutrino im Detektor auf einen Atomkern im Detektormaterial stößt?

Im Gegensatz zu hochenergetischen Neutrinos wechselwirkt das Neutrino bei uns mit einem gesamten Atomkern. Es stößt mit ihm zusammen, der Atomkern fliegt weg und löst im Detektormaterial eine Kaskade weiterer solcher „Billardkugelereignisse“ aus. Er stößt also andere Atomkerne an, die ihrerseits weiterfliegen, und so weiter. Die Rückstöße dieser Atomkerne erzeugen Licht, das wir aufzeichnen können. Daraus können wir auf die Energie des ursprünglichen Neutrinos schließen. Wir haben über mehrere Monate hinweg Daten aufgezeichnet und etwa alle zwei Tage den Zusammenstoß eines Neutrinos mit einem Atomkern registriert. Letztendlich haben wir ein wunderschönes Energiespektrum erhalten, das genau so aussieht, wie von der Theorie vorhergesagt.



HEAD OF REPRESENTATIVE EUROPE

Ludwig-Zausinger-Str. 3 – D-93107 Thalmassing



Prototyp des Neutrinodetektors

Im Gegensatz zu allen anderen existierenden Neutrinodetektoren fällt der bei Ihnen eingesetzte Detektor sehr klein aus. Wie ist das möglich?

Für den von uns untersuchten Energiebereich hat die kohärente Neutrinostreuung an Atomkernen den größten Wirkungsquerschnitt, den es für Neutrinos überhaupt gibt. Diese Wechselwirkung ist also viel wahrscheinlicher als beispielsweise der Zusammenstoß von einem Neutrino mit dem Elektron eines Atoms. Daher ist es möglich, den Detektor viel kleiner zu bauen. Unser Detektor wiegt lediglich rund 14,5 Kilogramm, den kann man problemlos tragen. Wir sprechen hier also von einer wirklichen Miniaturisierung der Neutrinotechnologie. Was war die Motivation für das Experiment?

Einerseits handelt es sich dabei um eine Wechselwirkung, die im Standardmodell der Teilchenphysik schon vor Jahrzehnten vorhergesagt, bislang aber noch nie beobachtet wurde. Indem wir diesen Prozess nachgewiesen haben, liefern wir eine weitere Bestätigung des Standardmodells. Andererseits ist diese Wechselwirkung über die elektroschwache Kraft auch für die Erforschung der Dunklen Materie relevant. Denn würde die Dunkle Materie nicht nur über die Gravitation, sondern auch über die elektroschwache Kraft mit normaler Materie wechselwirken, könnte eine ähnliche Reaktion stattfinden. Deshalb wollten wir zunächst nachweisen, dass dieser Prozess überhaupt existiert.

Wie geht es nun mit der Forschung weiter?

Wir haben den Wirkungsquerschnitt – also wie wahrscheinlich die Reaktion in einem gewissen Energiebereich ist – bislang nur relativ grob festlegen können. Hier braucht es Präzisionsmessungen. Mit diesen könnten wir dann beispielsweise nach Abweichungen vom Standardmodell der Teilchenphysik suchen. Eine andere interessante Frage dreht sich um das magnetische Moment des Neutrinos. Denn laut einer minimalen Erweiterung des Standardmodells sollte dieses Elementarteilchen eigentlich ein magnetisches Moment



HEAD OF REPRESENTATIVE EUROPE

Ludwig-Zausinger-Str. 3 – D-93107 Thalmassing

besitzen. Bisher hat das aber noch niemand nachgewiesen – und so steht noch in den Sternen, ob es das wirklich gibt. Indem wir das Rückstoßspektrum bei diesen Wechselwirkungen zwischen Atomkernen und Neutrinos genauer vermessen, erhalten wir vielleicht auch Hinweise auf das magnetische Moment.

**Welt der Physik CC by-nc-nd**