



Erstmals niederenergetische Neutrinos in Echtzeit nachgewiesen

Live aus dem Herzen der Sonne

In jeder Sekunde durchdringen etwa 70 Milliarden Neutrinos aus dem Innern der Sonne eine Fläche von der Größe unseres Daumennagels. Die Geisterteilchen lassen sich jedoch schwer beobachten. So war es bisher unmöglich, Neutrinos mit niedriger Energie in Echtzeit nachzuweisen. Eine Kollaboration aus internationalen Forschern, darunter auch Physiker der TUM und des Max-Planck-Instituts für Kernphysik, hat jetzt erstmals mit dem Borexino-Detektor Sonnenneutrinos beobachtet.

Ein Leben auf der Erde ist ohne die Sonne nicht denkbar, sie spendet Licht und Wärme. Die Energie dafür entsteht in ihrem Inneren: Bei etwa 15 Millionen Grad Celsius fusionieren hier die Kerne verschiedener Atome. Dabei senden sie stetig unterschiedliche Strahlung und Partikel aus – auch Neutrinos. Die Elementarteilchen bekommen unterschiedlich viel Energie mit auf ihren Weg durch die Sonne und quer durchs All. Hochenergetische Neutrinos wurden bereits in Echtzeit beobachtet. Sie stammen aber aus Prozessen in der Sonne, die nur einen Bruchteil der Energie erzeugen. Die häufigsten Reaktionen setzen dagegen Neutrinos mit geringer Energie frei. Diese niederenergetischen Neutrinos konnte das Borexino-Team jetzt erstmals in Echtzeit beobachten.

Montage der Photo Multiplier Tubes (PMT) im Innern des Borexino-Detektors. Die PMT registrieren das Licht des Szintillators.
Foto: BOREXINO Collaboration



Blick in den Borexino-Detektor. Im Innern einer Kugel mit 14 Meter Durchmesser treffen die Neutrinos aus der Sonne auf 300 Tonnen einer speziellen Flüssigkeit und erzeugen dort kleine Lichtblitze. Foto: Borexino Collaboration

Wenn die Forscher die neutralen Elementarteilchen auf der Erde registrieren, können sie live beobachten, wie Energie im Sonneninneren freigesetzt wird. »Das war bisher nicht möglich, da wir in unserem ersten Sonnenneutrinoexperiment dieser Art, Gallex/GNO, niederenergetische Neutrinos nur über die Zeit gemittelt gemessen haben. Noch ganz andere Beobachtungen der Sonne weisen wiederum meist nur Lichtteilchen von ihrer Oberfläche nach«, sagt Prof. Franz von Feilitzsch, Ordinarius für Experimentalphysik – Astroteilchenphysik (E15) der TUM in Garching. Diese Photonen brauchen nämlich mindestens 100 000 Jahre, um vom Sonnenkern zur Oberfläche zu wandern. Neutrinos hingegen flitzen ungehindert durch den Gasball.

Das Problem der Neutrinoforschung ist nicht, dass es zu wenige Neutrinos gibt. Ganz im Gegenteil: Bis zu 70 Milliarden durchqueren im Sekundentakt einen Quadratzentimeter der Erdoberfläche. Sie haben allerdings unterschiedliche Energie und sind nur ein Bestandteil eines ganzen Strahlenschwarms. Auf die Detektoren hagelt auch ein ganzer Schwall anderer Teilchen und Strahlung ein. Das Borexino-Team ist deshalb in den Untergrund geflüchtet: Einen Kilometer unter der Erdoberfläche haben die Forscher im Untergrundlabor Gran Sasso in den italienischen Abruzzen eine riesige Neutrino Falle aufgebaut. Herzstück des Experiments ist sein Detektor, der 300 Tonnen Flüssigkeit enthält. »Wir fanden in den ersten Messungen heraus, dass etwa 50 Neutrinos pro Tag im Innern des Detektors Lichtblitze erzeugen«, erläutert Prof. Lothar Oberauer vom TUM-Lehrstuhl E15.

Rasen Neutrinos durch diese Flüssigkeit, Szintillator genannt, prallen sie dort auf einzelne Elektronen in den Atomen. Dabei erhalten die Elektronen einen Teil der Energie vom Neutrino und übertragen diese auf benachbarte Moleküle. Deren Elektronen klettern dann auf ein höheres Energieniveau – das Molekül ist angeregt. Die Elektronen schwingen unruhig auf ihren neuen Bahnen umher, springen schließlich auf ihre ursprünglichen Plätze zurück und geben Energie ab, indem sie Lichtteilchen aussenden. 2 200 Sensoren beobachten dieses Licht und senden die Signale an einen Computer, der in Echtzeit aufzeichnet, wie viel Energie die Lichtblitze haben und woher sie kommen. So entsteht eine Art Schnappschuss von den durchrasenden Neutrinos. Die Fotos zeigen mit einer Genauigkeit von bis zu 13 Zentimetern an, woher die Lichtblitze aus dem 14 Meter großen Detektor kommen.

Um andere Strahlung, die ebenfalls Lichtblitze auslösen kann, möglichst weitgehend abzuschirmen, sind die Wissenschaftler in den Untergrund gegangen und haben den Detektor extrem abgeschirmt. Einige Teilchen jedoch, die nicht aus der Sonne oder dem All stammen, sind willkommen: Neutrinos aus den Kernreaktoren und Teilchenbeschleunigern auf der Erde. Das CERN in Genf etwa schickt einen Neutrinostrahl durch die Erde, der bereits mit Borexino beobachtet wurde. Dafür müssen die Elementarteilchen über 732 Kilometer weit reisen. Ähnlich weit sausen auch die Neutrinos aus europäischen Kernreaktoren, bis sie in Borexino eine besondere Sequenz an Lichtblitzen erzeugen. Auch die Erde selbst sendet Signale, die zum Beispiel zeigen, wie verschiedene radioaktive Elemente in Erdkruste, -mantel und -kern verteilt sind. Und ebenso wie ihre Verwandten aus der Sonne berichten sie über Prozesse, die dort Wärme erzeugen.

Eine Veröffentlichung über das Experiment wurde bei der Zeitschrift *Physics Letters B* eingereicht. Die Cornell University Library hat bereits in einem E-Paper berichtet:

<http://arxiv.org/abs/0708.2251>

red

Prof. Lothar Oberauer
Lehrstuhl für Experimentalphysik
– Astroteilchenphysik
Tel.: 089/289-12509
lothar.oberauer@ph.tum.de