



Technische Universität München

Technische Universität München · 80290 München



Physik-Department
Wissenschaftskommunikation
und Online-Dienste
Fakultätsinformationstechnologie

Dr.
Johannes Wiedersich

James-Franck-Str. 1
85747 Garching
Germany

Tel +49.89.289.12449

jowi@tum.de
<http://users.ph.tum.de/jowi>

Garching, den 2013-07-16

Pressemitteilung

Neutrino-Physik: Neues von den Geisterteilchen

GERDA setzt neue Grenzen für extrem seltenen Zerfall Nachrichten aus dem Physik-Department – 2013-07-16

Neutrinos sind wohl die seltsamsten Teilchen der Elementarteilchenphysik. Eine ihrer vermuteten Eigenschaften ist es, identisch mit ihrem eigenen Antiteilchen zu sein. Allerdings konnte diese Vorhersage bislang noch nicht experimentell überprüft werden – trotz 60 Jahren Forschung in dieser Angelegenheit. Die GERDA-Kollaboration versucht die Frage zu beantworten, indem eine seltsame Form des Betazerfalls untersucht wird – mit einer Lebensdauer von etwa 10^{25} Jahren (das milliardenfache Alter unseres Universums). Heute werden die aktuellen Ergebnisse am Gran Sasso in Italien vorgestellt. . .

Neutrinos sind äußerst scheue Teilchen, die mit allen anderen Bausteinen der Materie nur extrem selten in Wechselwirkung treten. Sie haben ungewöhnliche Eigenschaften, und es wird sogar vermutet, dass sie mit ihren eigenen Antiteilchen identisch sind. Allerdings ist diese Eigenschaft bisher noch nicht experimentell bestätigt, gleichwohl haben 60 Jahre Neutrinforschung unser Verständnis der Elementarteilchenphysik weit voran gebracht. Wissenschaftler der GERDA-Kollaboration konnten nun neue Grenzen setzen für den so genannten neutrinolosen Doppelbetazerfall, der überprüft, ob Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen sind. Das Resultat widerlegt eine frühere Entdeckungsmeldung und es ergeben sich wichtige Folgerungen für Kosmologie, Astrophysik und Teilchenphysik; dazu liefert es neue Informationen über die Neutrinomassen.

Neutrinos sind neben Photonen die häufigsten Teilchen im Universum. Sie werden oft ‚Geisterteilchen‘ genannt, weil sie so extrem selten mit Materie wechselwirken. Daher sind sie ein unsichtbarer, aber bedeutender Bestandteil des Universums und könnten etwa genauso viel Masse wie alle anderen bekannten Formen von Materie beitragen; dabei bewegen sie sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit über phantastische Entfernungen. Außerdem haben ihre winzigen Massen wichtige Folgen für die Strukturen im Universum, und sie sind die drei-



bende Kraft bei der Explosion von Supernovae. Ihre bemerkenswerteste und wichtigste Eigenschaft aber wurde von Ettore Majorana in den 1930er Jahren vorgeschlagen: Im Gegensatz zu allen anderen Teilchen, aus denen die uns umgebende Materie besteht, könnten sie ihre eigenen Antiteilchen sein.

Das Experiment

Das GERDA (GERmanium Detector Array) Experiment, das im Untergrundlabor Laboratori Nazionali del Gran Sasso des Istituto Nazionale di Fisica Nucleare in Italien betrieben wird, soll die Frage klären, ob Neutrinos tatsächlich ihre eigenen Antiteilchen sind, und ihre Masse bestimmen. GERDA untersucht so genannte Doppelbeta-Zerfallsprozesse des Germanium-Isotops Ge-76 mit und ohne Emission von Neutrinos – letzterer ist eine Konsequenz der Majorana-Eigenschaft. Beim normalen Betazerfall zerfällt ein Neutron in einem Kern in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino. Für Kerne wie Ge-76 ist dieser Zerfall energetisch verboten, aber die gleichzeitige Umwandlung von zwei Neutronen unter Emission zweier Neutrinos ist möglich und wurde kürzlich von GERDA mit bisher unerreichter Präzision gemessen. Es handelt sich um einen der seltensten jemals beobachteten Zerfälle mit einer Halbwertszeit von etwa $2 \cdot 10^{21}$ Jahren – das rund 100-milliardenfache Alter des Universums. Falls Neutrinos Majorana-Teilchen sind, sollte der Doppelbetazerfall ohne Emission von Neutrinos ebenfalls stattfinden, und zwar mit einer noch geringeren Rate. In diesem Fall wird das Antineutrino des einen Betazerfalls vom zweiten beta-zerfallenden Neutron als Neutrino absorbiert, was nur möglich ist, wenn Neutrino und Antineutrino identisch sind.

Bei GERDA sind Germaniumkristalle zugleich Quelle und Detektor des Zerfalls. Natürliches Germanium enthält nur ca. 8 % Ge-76, das deshalb um mehr als das 10-fache angereichert wurde, bevor daraus die speziellen Detektorkristalle gezogen wurden. Die Suche nach einer Nadel im Heuhaufen ist eine Kleinigkeit gegenüber dem Nachweis des Doppelbetazerfalls, weil die Radioaktivität der Umgebung milliardenfach stärker ist. Die Detektorkristalle für GERDA und die sie umgebenden Teile wurden daher sehr sorgfältig ausgewählt und verarbeitet. Zur Beobachtung des äußerst seltenen Prozesses sind außerdem sehr ausgefeilte Techniken erforderlich, um den Untergrund von kosmischen Teilchen, natürlicher Radioaktivität der Umgebung und sogar dem Experiment selbst weiter zu unterdrücken. Den Wissenschaftlern gelingt dies, indem sie die Detektoren in der Mitte einer riesigen ‚Thermoskanne‘ betreiben, die mit extrem reinem flüssigem Argon gefüllt, mit hochreinem Kupfer ausgekleidet und von einem mit Reinstwasser gefüllten Tank von 10 m Durchmesser umgeben ist; der ganze Aufbau befindet sich unter 1400 m Gestein. Erst die Kombination all dieser innovativen und bahnbrechenden Techniken ermöglichte es, den Untergrund auf ein rekord-tiefes Niveau zu senken. Modell des experimentellen Aufbaus von GERDA

Im Herbst 2011 starteten die Messungen mit zunächst 8 Detektoren von der Größe einer Getränkedose und jeweils etwa 2 kg Gewicht; später kamen 5 weitere Detektoren neuer Bauart hinzu. Bis vor kurzem war der Signalbereich in den Daten ausgeblendet und die Physiker konzentrierten sich auf die Optimierung des Verfahrens zur Datenanalyse. Das Experiment hat jetzt seine erste Phase abgeschlossen und 21 kg-Jahre an Daten gesammelt. Die Analyse, für



die sämtliche Kalibrierungen und Filter vor Verarbeitung der Daten im Signalebereich definiert waren, ergab kein Signal des neutrinolosen Doppelbetazerfalls in Ge-76, was zu der weltbesten Untergrenze für dessen Lebensdauer von $2,1 \cdot 10^{25}$ Jahren führt. Zusammen mit den Ergebnissen anderer Experimente schließt dieses Resultat eine frühere Behauptung, ein Signal gefunden zu haben, aus. Die neuen Resultate von GERDA haben interessante Konsequenzen für das Wissen über Neutrinomassen, Erweiterungen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik, astrophysikalische Prozesse und Kosmologie.

In einem nächsten Schritt werden zusätzliche neu hergestellte Detektoren eingesetzt und damit die Menge von Ge-76 in GERDA verdoppelt. Sobald einige weitere Verbesserungen zur noch stärkeren Untergrundunterdrückung umgesetzt sind, soll eine zweite Messphase folgen.

Beiträge am Physik-Department

Heute hat Prof. Stefan Schönert (TUM) die neuen Ergebnisse am 'Laboratori Nazionali del Gran Sasso' (LNGS) in Italien vorgestellt. Er ist seit der Gründung der Kollaboration im Jahr 2004 deren Sprecher und ist Lehrstuhlinhaber für Experimentelle Astroteilchenphysik am Physik-Department der TUM. Er ist auch einer der Initiatoren des Experiments (und der Kollaboration).

Die Beiträge von Stefan Schönert und seiner Gruppe bestehen unter anderem aus der Konzeption und dem Design zur Reduktion des radioaktiven Untergrundes – eine der Grundvoraussetzungen für das Experiment. Seine Gruppe leistete wesentliche Beiträge zur Detektor-Technologie zum stabilen Betrieb der 'nackten' Germanium-Einkristall-Detektoren im flüssigen Argon und zur Datenauswertung und physikalischen Analyse. Momentan liegt der Schwerpunkt der Gruppe in der Vorbereitung der Phase II des GERDA-Experiments. Schönert und sein Team koordinieren die Entwicklung von neuen Germanium-Detektoren und entwickeln die Instrumentierung für das flüssige Argon als ein aktives Veto-System zur weiteren Reduktion von Untergründereignissen.

Diese Arbeiten, die am Physik-Department im Excellence Cluster Universe und am LNGS durchgeführt wurden, werden von der DFG und dem BMBF gefördert.

Multinationale Zusammenarbeit

GERDA ist eine europäische Kollaboration, die Wissenschaftler aus 16 Forschungsinstituten oder Universitäten in Deutschland, Italien, Russland, der Schweiz, Polen und Belgien umfasst. In Deutschland sind die Max-Planck-Institute für Kernphysik in Heidelberg und für Physik in München, außerdem die Technische Universität München, die Universität Tübingen und die Technische Universität Dresden beteiligt. Die Max-Planck-Gesellschaft ist wesentlicher Geldgeber des Projekts; die Universitäten werden vom BMBF und der DFG unterstützt.

Redaktion Dr. Johannes Wiedersich



Veröffentlichungen

Results on neutrinoless double beta decay of ^{76}Ge from GERDA Phase I

Draft submitted on July 16, 2013 (arxiv.org)
<http://arxiv.org/abs/1307.4720>

Presentation at LNGS by S. Schönert (pdf)
http://www.mpi-hd.mpg.de/gerda/public/2013/presentation_0nbb.pdf

Video stream of the presentation at LNGS by S. Schönert
<http://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=6641>

Related GERDA publications:

- **Pulse shape discrimination for GERDA Phase I data**
submitted to EPJC; on arXiv:1307.2610 [physics.ins-det]
plot release:
http://www.mpi-hd.mpg.de/gerda/public/2013/epjc_gerda_psd.zip
- *the background:*
The background in the neutrinoless double beta decay experiment GERDA
submitted to EPJC; on arXiv:1306.5084 [physics.ins-det]
the plot release: http://www.mpi-hd.mpg.de/gerda/public/2013/epjc_gerda_background.zip
- *$2\nu\beta\beta$ decay:*
Measurement of the half-life of the two-neutrino double beta decay of ^{76}Ge with the GERDA experiment
J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 40 (2013) 035110,
DOI:10.1088/0954-3899/40/3/035110
the plot release: http://www.mpi-hd.mpg.de/gerda/public/2013/jpg_gerda_result_2nbb.zip
- *the experiment:*
The GERDA experiment for the search of $0\nu\beta\beta$ decay in ^{76}Ge
Eur. Phys. J. C 73 (2013) 2330; DOI: 10.1140/epjc/s10052-013-2330-0

Kontakt

Prof. Dr. Stefan Schönert
Technische Universität München
Physik-Department
Chair for Experimental Astro Particle Physics
Tel.: ++49-89/289-12511
Fax: ++49-89/289-12680
E-Mail: schoenert@ph.tum.de
Web pages: <http://www.e15.ph.tum.de>