

■ Die Neutrino-Waage geht in Betrieb

Das KATRIN-Experiment in Karlsruhe wurde feierlich eingeweiht und hat seinen Messbetrieb aufgenommen.

1) www.katrin.kit.edu
2) Physik Journal,
November 2016, S. 11

Wie schwer sind Neutrinos? Diese Frage ist viel leichter gestellt als beantwortet. Experimente zu Neutrinooszillationen liefern nur Differenzen zwischen Massenquadraten, nicht aber die absoluten Massen. Das soll sich nun mit dem Karlsruher Tritium Neutrino Experiment KATRIN ändern, das am 11. Juni feierlich eingeweiht wurde.¹⁾

Bis heute ist die von Null verschiedene Neutrinomasse der einzige im Labor bestätigte Hinweis auf Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik. Auch für die Kosmologie spielen die beim Urknall in großer Anzahl erzeugten Neutrinos als „Geisterteilchen des Universums“ eine Schlüsselrolle beim Verständnis von großräumigen Strukturen im Weltall. Wie groß diese Rolle genau ist, hängt allerdings vom absoluten Wert der Neutrinomasse ab.

In der Quelle von KATRIN finden in molekularem Tritium rund 100 Milliarden Beta-Zerfälle pro Sekunde statt. Dabei entstehen jeweils ein Elektron und ein Neutrino, die sich die Zerfallsenergie von 18,6 keV teilen. Da sich die Neutrinos aus dem Tritiumzerfall nicht direkt nachweisen lassen, versucht man, das Energiespektrum der Elektronen mit höchster Genauigkeit zu messen. Durch Einsteins



Markus Breig, KIT

Ein Startknopf ist nicht genug: Projektwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie Festgäste, darunter die Physik-

Nobelpreisträger von 2015, Takaaki Kajita (6. v. l.) und Arthur McDonald (6. v. r.), starten den Messbetrieb von KATRIN.

berühmte Formel $E = mc^2$ ist bekannt, dass das beim Zerfall nicht beobachtbare Neutrino mindestens seine Ruhemasse wegtragen muss. Dieser „Fehlbetrag“ bei der Energie des Elektrons liegt bei höchstens 0,2 Elektronenvolt, was einer unvorstellbar geringen Masse von $3,6 \times 10^{-37}$ Kilogramm entspricht.

Um das kaum wechselwirkende Neutrino auf diese Weise „wiegen“ zu können, ist eine 70 Meter lange Versuchsanlage notwendig, für die viele technische Neuerungen nötig waren. „Eine besondere Erfolgsgeschichte sind das ultrapräzise Hochspannungssystem und das 700 Quadratmeter große Drahtelektrodensystem für das große Spektrometer. Ohne derartige Entwicklungen würde KATRIN nicht die gewünschte Empfindlichkeit erreichen können“, erläutert Christian Weinheimer von der Universität Münster, der gemeinsam mit Guido Drexlin vom KIT wissenschaftlicher Sprecher von KATRIN ist.

Die Tritiumquelle besteht aus einem 16 Meter langen hochkomplexen Kryostaten. Die Elektronen aus der Quelle werden über starke Magnete zum riesigen elektrostatischen Spektrometer geleitet. Dieses wurde 2006 in einer aufsehenerregenden Reise vom Hersteller

in Oberbayern auf dem Schiffsweg über die Donau, das Mittelmeer und dann rheinaufwärts zum KIT gebracht. Das Spektrometer ist seit mehreren Jahren der weltgrößte Ultrahochvakuum-Behälter: In seinem Inneren ist der Druck so niedrig wie an der Mondoberfläche.

„Die einzigartigen Eigenschaften von Quelle und Spektrometer sind von großer Wichtigkeit für die komplexe Datenauswertung. Gerade die ersten Wochen der Datennahme werden besonders spannend werden, da wir dann bereits in experimentelles Neuland vorstoßen können“, betont die Physikerin Kathrin Valerius, die am KIT eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe leitet und zusammen mit Susanne Mertens vom MPI für Physik und Diana Parno von der Carnegie Mellon University in Pittsburgh die Arbeiten des internationalen Analyseteams koordiniert.

Nach den vielen Herausforderungen auf dem Weg zum Start von KATRIN²⁾ freuen sich die Forscherinnen und Forscher auf spektakuläre und überraschende Resultate. Dabei ist weiterhin Ausdauer und höchste Sorgfalt gefragt, denn um das Neutrino wirklich verlässlich wiegen zu können, sind mehrjährige Messungen nötig.

Alexander Pawlak / KIT



Michael Zacher

Blick ins Innere des großen Hauptspektrometertanks des Experiments KATRIN. Am Projekt sind knapp 200 Forscherinnen und Forscher aus 20 Institutionen in sieben Ländern beteiligt. Größter Geldgeber ist das BMBF, das mit rund 50 Millionen Euro 75 Prozent der Baukosten von KATRIN übernimmt.