

(German version see page 3 onwards)

Ghost particles on the scales

What is the mass of a neutrino at rest? A team led by the department of Klaus Blaum, Director at the Max Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg, with the participation of Christoph Düllmann's working group at Johannes Gutenberg University Mainz (JGU), the GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, and the Helmholtz Institute Mainz has now made an important contribution to the “weighing” of neutrinos as part of the international ECHo collaboration. Using the Pentatrap ion trap, the researchers have achieved an extremely precise measurement of the change in mass of the holmium-163 ion when its nucleus captures an electron and becomes dysprosium-163. From this, the researchers were able to determine this so-called Q value 50 times more accurately than before. With the help of a more precise Q-value, possible systematic errors in the determination of the neutrino mass can be uncovered.

Holmium-163 is an artificial isotope that can be produced by irradiation natural erbium-162 with neutrons, which leads to erbium-163, which in turn decays into holmium-163. The chemical isolation of the produced holmium-163 was carried out at JGU, where the sample tailored to fit the requirements of the Pentatrap experiment in Heidelberg was also produced. Pentatrap consists of five so-called Penning traps. In these traps, electrically charged atoms can be trapped for long times in a combination of a static electric and magnetic field. These ions perform an intricate “circular dance”, which allows their mass to be determined with extreme precision. “With an Airbus A-380 with a maximum load, you could use this sensitivity to determine whether a single drop of water has landed on it,” says Christoph Schweiger, PhD student in Klaus Blaum's department at the Max Planck Institute for Nuclear Physics, illustrating the capabilities of these super scales. (CP)



Targets used in the experiment

Left: holmium-163 micro crystals (white flakes in front of dark background) produced in Mainz; right: dysprosium-163 as in PLA-form produced in Heidelberg. Photo: C. Schweiger / MPIK



Ion trap PENTATRAP

An extremely precise atomic balance: PENTATRAP consists of five Penning traps arranged one above the other (yellow tower in the middle). In these identically constructed traps, ions in the excited quantum state and in the ground state can be measured in comparison. In order to minimize uncertainties, the ions are also moved back and forth between different traps for comparative measurements. Photo: MPIK

Original Publication:

Direct high-precision Penning-trap measurement of the Q-value of the electron capture in ^{163}Ho for the determination of the electron neutrino mass

Christoph Schweiger, Martin Braß, Vincent Debierre, Menno Door, Holger Dorrer, Christoph E. Düllmann, Christian Enss, Pavel Filianin, Loredana Gastaldo, Zoltán Harman, Maurits W. Haverkort, Jost Herkenhoff, Paul Indelicato, Christoph H. Keitel, Kathrin Kromer, Daniel Lange, Yuri N. Novikov, Dennis Renisch, Alexander Rischka, Rima X. Schüssler, Sergey Eliseev and Klaus Blaum

Nature Physics (2024). DOI: [10.1038/s41567-024-02461-9](https://doi.org/10.1038/s41567-024-02461-9)

Contact:

Christoph Schweiger

MPI for Nuclear Physics
christoph.schweiger@mpi-hd.mpg.de
Phone: +41 22 76 67411

Prof. Dr. Christoph E. Düllmann

Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH
Helmholtz-Institut Mainz
duellmann@uni-mainz.de
Phone: +49 6131 39 25852

Prof. Dr. Klaus Blaum

MPI for Nuclear Physics
Klaus.blaum@mpi-hd.mpg.de
Phone: +49 6221 516 850

Geisterteilchen auf der Waage

Welche Masse hat ein ruhendes Neutrino? Ein Team unter der Leitung der Abteilung von Klaus Blaum, Direktor am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, mit Beteiligung der Arbeitsgruppe von Christoph Düllmann an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU), dem GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, und dem Helmholtz-Institut Mainz hat im Rahmen der internationalen ECHO-Kollaboration einen wichtigen Beitrag zum „Wiegen“ von Neutrinos geleistet. Mit der Ionenfalle Pentatrap haben die Forschenden die Änderung der Masse des Holmium-163-Ions extrem genau gemessen, wenn dessen Kern ein Elektron einfängt und zu Dysprosium-163 wird. Daraus konnten die Forschenden diesen sogenannten Q-Wert 50-mal genauer als bisher bestimmen. Mit Hilfe eines genaueren Q-Werts lassen sich mögliche systematische Fehler in der Bestimmung der Neutrinomasse aufdecken.

Holmium-163 ist ein künstliches Isotop, das im Beschuss des natürlichen Erbium-162 mit Neutronen, welcher zum Erbium-163 führt, das wiederum in Holmium-163 zerfällt, erzeugt werden kann. Die chemische Isolation des erbrüteten Holmium-163 erfolgte an der JGU, wo auch die für das Pentatrap-Experiment in Heidelberg passgenaue Probe hergestellt wurde. Pentatrap besteht aus fünf sogenannten Penning-Fallen. In diesen Fallen können elektrisch geladene Atome in einer Kombination aus einem statischen elektrischen und magnetischen Feld für lange Zeit gefangen werden. Darin vollführen diese Ionen einen in sich verschraubten „Kreistanz“, über den sich ihre Masse extrem genau bestimmen lässt. „Bei einem maximal beladenen Airbus A380 könnte man mit dieser Empfindlichkeit feststellen, ob sich ein einzelner Wassertropfen auf ihn gesetzt hat“, macht Christoph Schweiger, Doktorand in Klaus Blaums Abteilung am Max-Planck-Institut für Kernphysik, die Fähigkeiten dieser Superwaage anschaulich. (CP).



Die verwendeten Targets

Links: Holmium-163-Mikrokristalle (weiße Flocken vor dunklem Hintergrund), in Mainz produziert; rechts: Dysprosium-163 in PLA-Form, in Heidelberg hergestellt. Foto: C. Schweiger / MPIK



Die Ionenfalle PENTATRAP

Eine sehr präzise Atomwaage: PENTATRAP besteht aus fünf übereinander angeordneten sogenannten Penningfallen (gelbe Säule in der Mitte). In diesen baugleichen Fallen lassen sich Ionen im angeregten Quantenzustand und im Grundzustand im Vergleich messen. Um Fehler zu minimieren, werden die Ionen für Vergleichsmessungen auch zwischen verschiedenen Fallen hin und her geschoben. Foto: MPIK