



Das COBRA Experiment

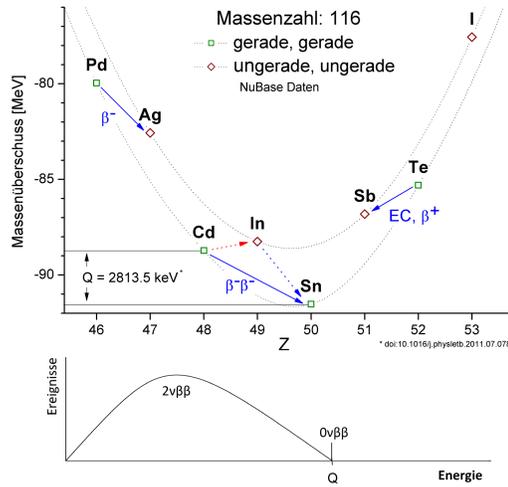
Cadmium-Zinc-Telluride 0-neutrino double-Beta Research Apparatus



Jan Timm für die COBRA-Kollaboration, Universität Hamburg

Neutrinoloser Doppel-Beta-Zerfall

Der *neutrinobegleitete* Doppel-Beta-Zerfall ($2\nu\beta\beta$) ist beobachtbar, wenn der einfache Beta-Zerfall energetisch verboten ist. Zusätzlich könnte der *neutrinolose* Doppel-Beta-Zerfall ($0\nu\beta\beta$) möglich sein, wenn das Neutrino sein eigenes Antiteilchen wäre, also ein Majorana-Teilchen. Nahezu die gesamte freiwerdende Energie Q fände sich dann in der kinetischen Energie beider Elektronen wieder und im Summenspektrum sähe man dort einen Peak.



Somit wäre der Majorana-Teilchen-Charakter bestätigt, die Leptonenzahl-Erhaltung wäre verletzt und es wären weitere Aussagen bezüglich der Neutrino-Massen möglich, da die Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}^{0\nu}$ von der effektiven Majorana-Masse der Neutrinos $|m_{ee}|$ abhängt.

$$\left(T_{\frac{1}{2}}^{0\nu}\right)^{-1} = G^{0\nu}(Q, Z) \cdot |M_{GT}^{0\nu} - M_F^{0\nu}|^2 \cdot \left(\frac{|m_{ee}|}{m_e}\right)^2 \quad (1)$$

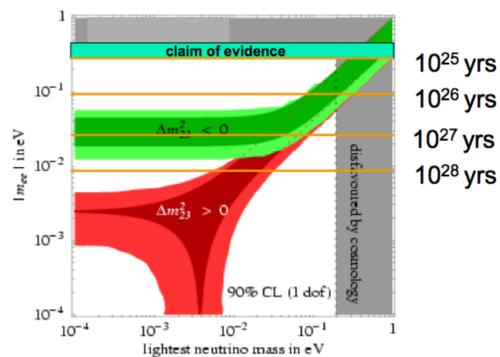
$G^{0\nu}(Q, Z)$: Phasenraumfaktor, $M_{GT}^{0\nu}$: Kernmatrixelement für Gamow-Teller-Übergänge, $M_F^{0\nu}$: Kernmatrixelement für Fermi-Übergänge. Für die Nachweisgrenze einer Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$ gilt:

$$T_{\frac{1}{2}} = a \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{M \cdot t}{B \cdot \Delta E}} \quad (2)$$

a : Isotopenhäufigkeit
 M : Detektor-Masse
 ϵ : Nachweiswahrscheinlichkeit

ΔE : Energieauflösung
 t : Messzeit
 B : Untergrundrate

Steht ein Detektor-Konzept fest, lässt sich die Messung einer wesentlich höheren Halbwertszeit nur noch durch die **Reduktion der Untergrundrate** erreichen. Laut Klapdor-Kleingrothaus et al. [arXiv:hep-ph/0404088] mit Daten vom Heidelberg-Moskau-Experiment, aus dem Zerfall von ^{76}Ge , kann dieser Zerfall mit einer korrespondierenden Majorana-Masse $|m_{ee}|$ von etwa (0,1 - 0,9) eV gemessen werden. Die Unsicherheit für $|m_{ee}|$ resultiert aus der niedrigen Statistik, aber auch aus der Berechnung der Übergangs-Kernmatrixelemente.



[arXiv:1002.4313]: "Schematic plot of the expected effective Majorana mass as a function of the lightest neutrino mass. Shown is the range of the evidence and the two hierarchical models. For comparison rough half-life ranges are given."

Das COBRA-Experiment

Das COBRA-Experiment möchte mit CdZnTe Raumtemperatur-Halbleiter-Detektoren nach dem neutrinoloser Doppel-Beta-Zerfall suchen. Der Detektor ist gleichzeitig auch die Quelle, Grundlage für eine hohe Effizienz. Insgesamt liegen 9 Doppel-Beta zerfallende Isotope mit teilweise hohen natürlichen Häufigkeiten in CdZnTe vor. Angereichert in ^{116}Cd bietet der Q-Wert von über 2,8 MeV eine gute Ausgangslage oberhalb aller prominenter natürlicher Gammalinien. Der modulare Aufbau ermöglicht Koinzidenzanalysen und weitere Reduktion der Untergrundrate.

Die COBRA-Kollaboration

	Technical University of Dresden Technical University of Dortmund Materialforschungszentrum Freiburg University of Erlangen-Nürnberg University of Hamburg		Laboratori Nazionali del Gran Sasso		University of Jyväskylä
	Washington University at St. Louis		Technical University Prague		University of La Plata
			University of Bratislava		JINR Dubna

Unterstützt von:



Laboratori Nazionali del Gran Sasso

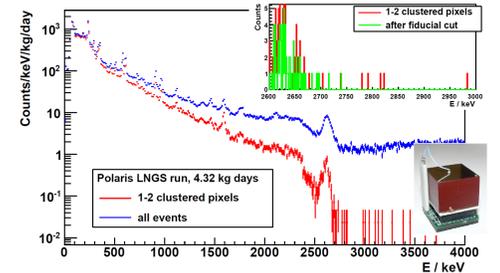
Mit 420 kg Masse und einer Energieauflösung bis zu 1 % soll eine Sensitivität von $|m_{ee}| < 50 \text{ meV}$ erreicht werden. Dazu wird eine Untergrundrate von

$$B < 10^{-3} \text{ Ereignisse/keV/kg/a} \quad (3)$$

angestrebt.

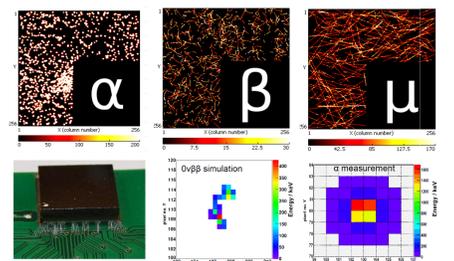
Detektor-Konzepte

- Große Pixel (Polaris)
 - Großvolumig: $2 \times 2 \times 1,5 \text{ cm}^3$
 - Wegen Pixelgröße, fast 2 mm, kein Tracking, aber Cut auf Oberflächenpixel
 - Nach 3 Monaten Messzeit keine Ereignisse bei 2,8 MeV

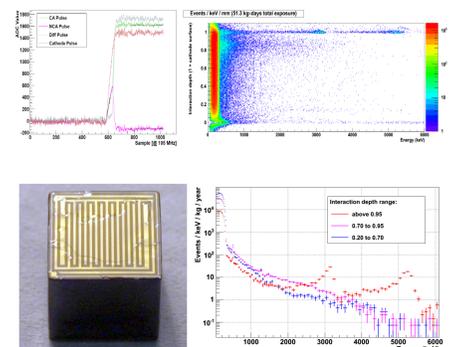


$$\rightarrow B < 2 \text{ Ereignisse/keV/kg/a}$$

- kleine Pixel (Timepix, Medipix)
 - Pixelgröße zwischen (55 - 220) μm ermöglicht Tracking
 - Identifikation und Reduktion des Untergrundes

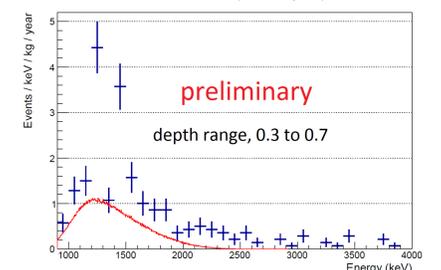
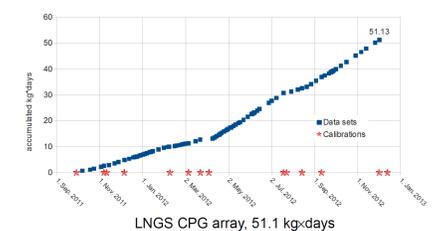


- CPG (Co-planar Grid)
 - Zwei Anoden mit Pulsform-Auslese, Volumen: 1 cm^3
 - Pulsformanalyse, Erkennung von lateralen Oberflächen-Ereignissen
 - Interaktionstiefe, Erkennung von Kathoden- und Anoden-Ereignissen



64-Prototyp-II-Detektorsetup am LNGS mit CPG

- Fels mit 3700 m.w.e., 7 cm Polyethylen, EMI-Abschirmung, radondichte Folie, 20 cm Blei, 5 cm Kupfer und Spülung mit Stickstoff
- Seit über einem Jahr stabile Datennahme
- Mit 32 Prototyp-II-Detektoren 51 kg · d Daten
- 64-Prototyp-II-Detektorsetup wird bald fertig
- Bis Mitte 2013 100 kg · d Daten
- Bisher ohne Ausnutzung von Koinzidenzen, mit Sensitivitäts optimierten Cuts:



$$\rightarrow B \approx 0,4 \text{ Ereignisse/keV/kg/a}$$