

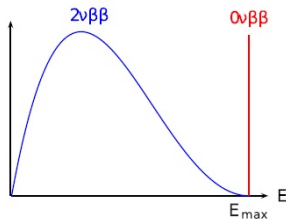
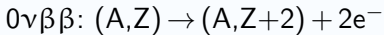
Status des Doppel-Beta-Experiments COBRA

Christian Oldorf
für die COBRA Kollaboration

Universität Hamburg
Institut für Experimentalphysik

77. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung, Dresden
6. März 2013

Der neutrinolose Doppel-Beta-Zerfall



Voraussetzungen für den $0\nu\beta\beta$ -Zerfall

- Neutrinos besitzen eine Masse
- Neutrinos sind Majorana-Teilchen

Nachweismethode:

- Summenspektrum der beiden emittierten Elektronen



Das COBRA-Experiment



Cadmium-Zinc-Telluride $0\nu\beta\beta$ -neutrino double-Beta Research Apparatus

Das Konzept: Ein großes Array aus CdZnTe-Halbleiterdetektoren

- Gesamtmasse etwa 420 kg, angereichert in ^{116}Cd
- Sensitivität auf $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 10^{26}$ a ($m_{\beta\beta} \approx 50$ meV)

Insgesamt 9 $0\nu\beta\beta$ -Kandidaten, die wichtigsten:

- ^{116}Cd : Sehr hoher Q-Wert mit 2813,5 keV ($\gg 2615$ keV)
- ^{130}Te : Hohe Isotopenhäufigkeit (33,8%)
- ^{106}Cd : Q-Wert von 2770 keV ermöglicht alle $\beta^+\beta^+$ -Zerfallsmoden



Das COBRA-Experiment



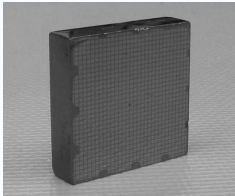
- Quelle = Detektor Ansatz
- Raumtemperatur Halbleiter-Detektoren
 - ↳ Gute Energieauflösung, intrinsisch rein, einfacher Betrieb
- Granulares Design
 - ↳ Koinzidenz-Analyse, Untergrundreduktion

T103.6, Do 18:10: Henning Rebber
*Koinzidenzanalysen zum Einfang
thermischer Neutronen an Cd-113*

Das COBRA-Experiment

- Quelle = Detektor Ansatz
- Raumtemperatur Halbleiter-Detektoren
 - ↳ Gute Energieauflösung, intrinsisch rein, einfacher Betrieb
- Granulares Design
 - ↳ Koinzidenz-Analyse, Untergrundreduktion

Untersuchung zweier Detektor-Konzepte:



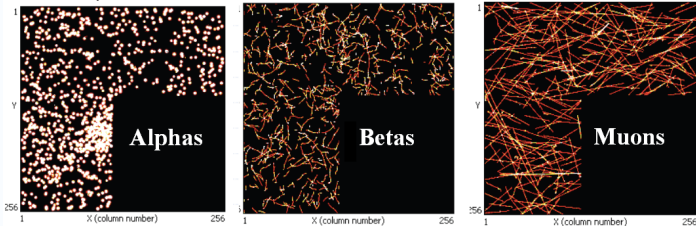
Pixeldetektoren



CPG-Detektoren

Dünne Pixeldetektoren

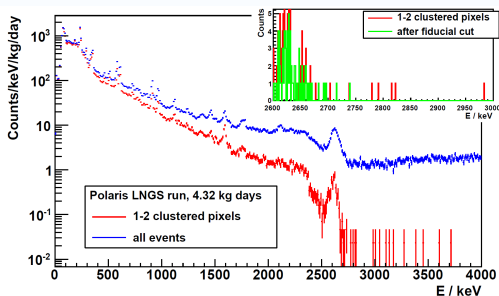
- Timepix–Detektor der Medipix2–Kollaboration
- 55 μm bis 220 μm Pixelabstand
- Tracking ermöglicht direkte Teilchenidentifikation



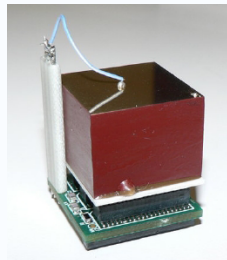
- Momentan zwei Detektoren mit einer Dicke von 2 mm und 110 μm Pixelabstand im Testbetrieb am LNGS

Großvolumige Pixeldetektoren

- Z.B. Polaris System (University of Michigan)
- $2 \times 2 \times 1.5 \text{ cm}^3$, 36 g Masse, 11×11 Pixel
- Kein Tracking, dafür Cuts auf benachbarte Pixel und Fiducial Volume



- 0 Ereignisse in der ROI nach 125 Tagen Datennahme
- 4 Ereignisse/keV/kg/a im Bereich (2700 - 3000) keV



Auslese der beiden Anodensignale über FADCs.
Pulsformanalyse liefert:

- Energieinformation
- Interaktionstiefe
- Unterdrückung von Oberflächenereignissen an allen 6 Seiten
- Unterscheidung zwischen Singlesite (SSE) und Multisite Events (MSE)

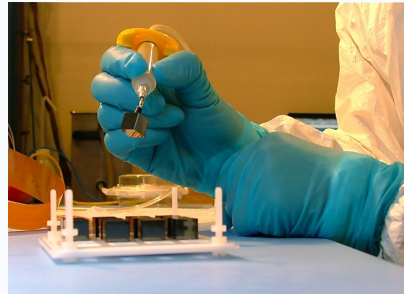
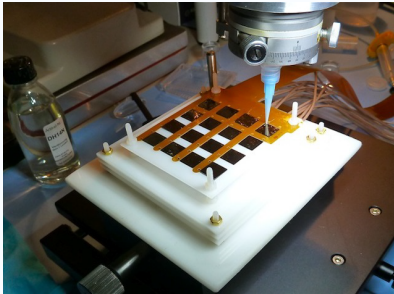


Vorteile:

- Geringe Anzahl an Auslesekanälen
- Keine Elektronik in Detektornähe

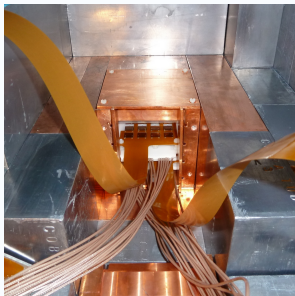
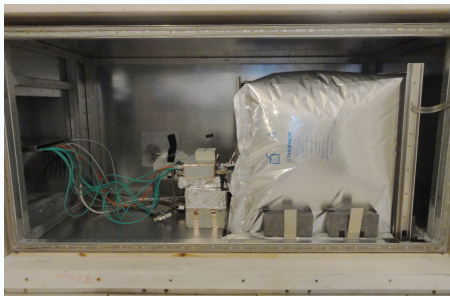
Test-Aufbau am LNGS

- Momentan im Betrieb: 32 CPG–Detektoren
- Installation von weiteren 32 Detektoren in 2013
- Zusätzlich zwei CdTe Timepix–Detektoren im Testbetrieb



Test-Aufbau am LNGS

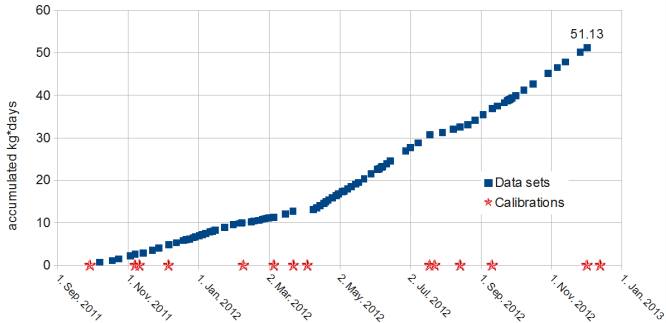
- Boriertes Polyethylen zur Neutronenabschirmung
- EMV-Stahl-Abschirmung mit Spezialdichtungen
- Radon-dichte Folie und Stickstoffspülung
- Innere Abschirmung: 20 cm hochreines Blei und 5 cm Kupfer





LNGS Datennahme

- Bis Ende 2012 wurden 51 kg·d Daten genommen
- 100 kg·d bis Mitte 2013 erwartet

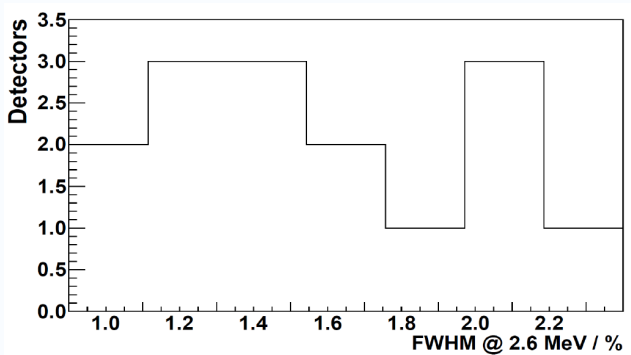




Detektorperformance am LNGS

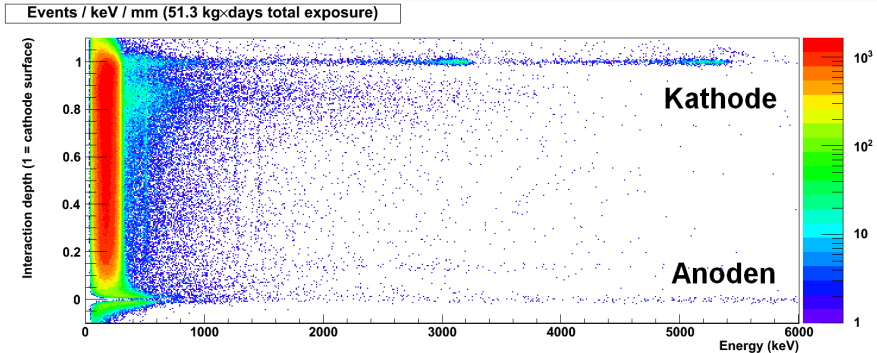


- Durchschnittliche Auflösung: 1,7% FWHM bei 2,6 MeV



LNGS Datenanalyse

- Pulsformanalyse erlaubt Bestimmung der Interaktionstiefe

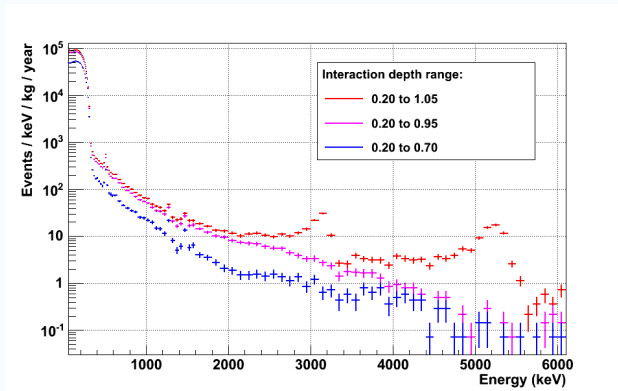




LNGS Datenanalyse

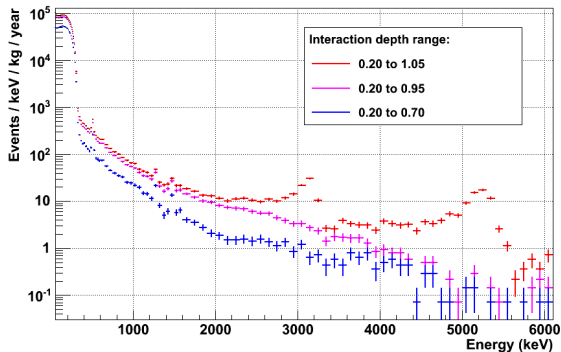


- Untergrundreduktion durch Selektion der Interaktionstiefe:



LNGS Datenanalyse

- Untergrundreduktion durch Selektion der Interaktionstiefe:



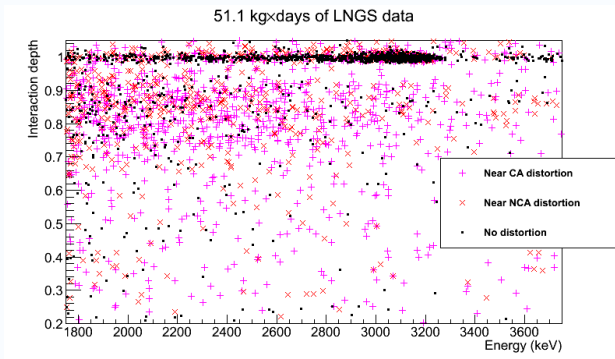
T103.5, Do 17:55: Michael Homann

Monte-Carlo [...] Untergrundzusammensetzung [...]



LNGS Datenanalyse

- Weitere Untergrundreduktion durch Cut auf laterale Oberflächenereignisse:

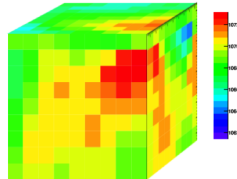
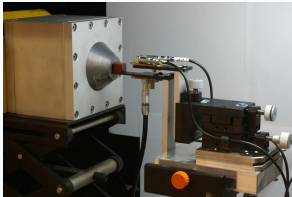


- Durchschnittliche Untergrundrate (preliminary):

0,4 Ereignisse/keV/kg/a

Detektorcharakterisierung

- 3D Scan mit kollimierter ^{137}Cs -Quelle (100 MBq)
- Bestimmung der Vollenergie- und Ladungssammlungseffizienz



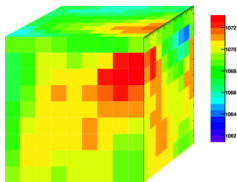
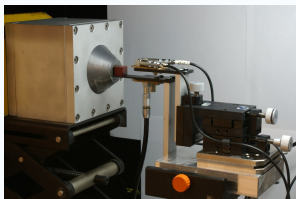
- Außerdem Versuchsaufbau zur Unterscheidung von MSE und SSE mittels 90° -Compton-Streuung



Detektorcharakterisierung



- 3D Scan mit kollimierter ^{137}Cs -Quelle (100 MBq)
- Bestimmung der Vollenergie- und Ladungssammlungseffizienz

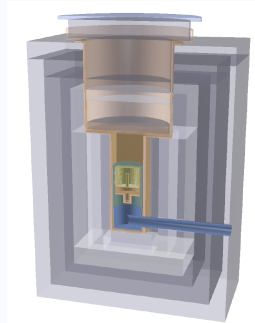


- Außerdem Versuchsaufbau zur Unterscheidung von MSE und SSE mittels 90° -Compton-Streuung

T102.3, Mi 17:20: Stefan Zatschler
 90° -Compton-Streuung [...]

Dortmund Low Background Facility

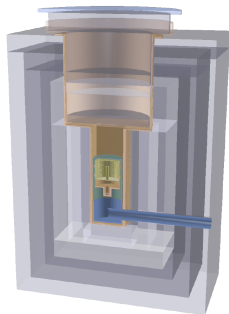
- Materialelektion für COBRA
- HPGe–Detektor für
Niedrigzählraten
- Nachweisgrenze < 100 mBq/kg
- Abdeckung von etwa 10 mwe



- Materialelektion für COBRA
- HPGe–Detektor für Niedrigzählraten
- Nachweisgrenze < 100 mBq/kg
- Abdeckung von etwa 10 mwe

T75.1, Do 16:45: Thomas Quante
Verbesserung der Nachweisgrenzen [...]

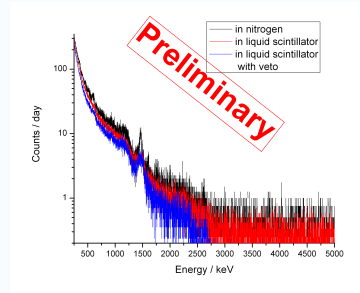
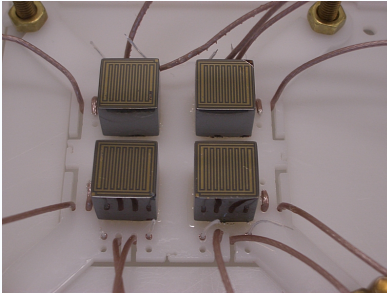
T75.2, Do 17:00: Christian Nitsch
Verbesserungen am Myon-Veto der DLB



CdZnTe in Flüssigszintillator

Betrieb von 4 unpassivierten CPG–Detektoren in Flüssigszintillator:

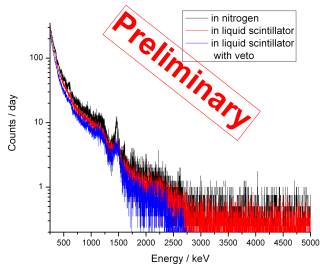
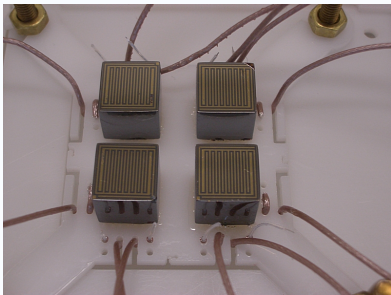
- Reine Umgebung, gute Abschirmeigenschaften
- Aktives Veto
- Verbessert Nachweiseffizienz



CdZnTe in Flüssigszintillator

Betrieb von 4 unpassivierten CPG–Detektoren in Flüssigszintillator:

- Reine Umgebung, gute Abschirmeigenschaften
- Aktives Veto
- Verbessert Nachweiseffizienz



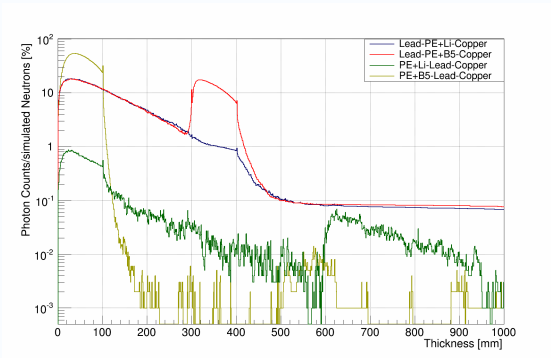
T103.7, Do 18:25: Volker Braunert
PMT–Kalibration für das COBRA–Experiment



Monte-Carlo-Studien



- Planung eines Abschirmkonzepts für ein Großexperiment

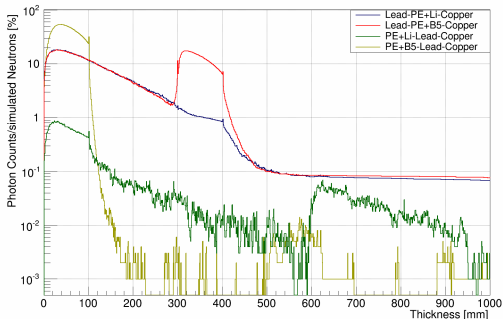




Monte-Carlo-Studien



- Planung eines Abschirmkonzepts für ein Großexperiment



T102.3, Mi 17:05: Nadine Heidrich
Development of a shield [...]

Zusammenfassung

- COBRA ist ein Experiment zur Suche nach dem $0\nu\beta\beta$ mit CdZnTe-Detektoren
- Pixeldetektoren ermöglichen direkten Teilchennachweis und sehr effektive Untergrundunterdrückung
- 32 Coplanar-Grid Detektoren am LNGS installiert, weitere 32 folgen demnächst
- 100 kg·d Daten bis Mitte 2013 erwartet
- Durchschnittliche Untergrundrate von ~ 1 Ereignis/keV/kg/a
- Angestrebte Sensitivität eines Großexperiment $> 10^{26}$ a



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



HK 58.3, Mi 16:45: Jan Timm

Das COBRA-Experiment (Poster)

T102.3, Mi 17:05: Nadine Heidrich

Development of a shield based on Monte-Carlo studies for the COBRA Experiment

T102.4, Mi 17:20: Stefan Zatschler

90°-Compton-Streuung zur Unterscheidung von MSE und SSE

T75.1, Do 16:45: Thomas Quante

Verbesserung der Nachweisgrenzen der Dortmund Low Background Facility unter Berücksichtigung von γ -Untergrundlinien

T75.2, Do 17:00: Christian Nitsch

Verbesserungen am Myon-Veto der DLB

T103.5, D 17:55: Michael Homann

Monte-Carlo Studien zum Verständnis der Untergrundzusammensetzung des COBRA-Experimentes

T103.6, D 18:10: Henning Rebber

Koinzidenzanalysen zur Untersuchung des Einfangs thermischer Neutronen am Cd-113

T103.7, D 18:25: Volker Braunert

Photomultiplier-Kalibration für das COBRA-Experiment

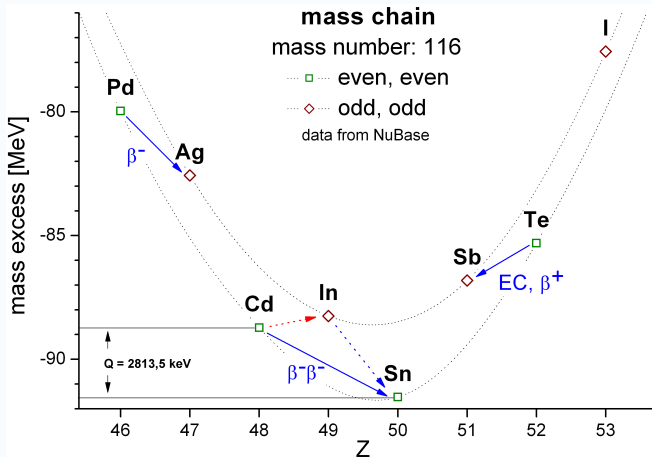




Backup–Slides

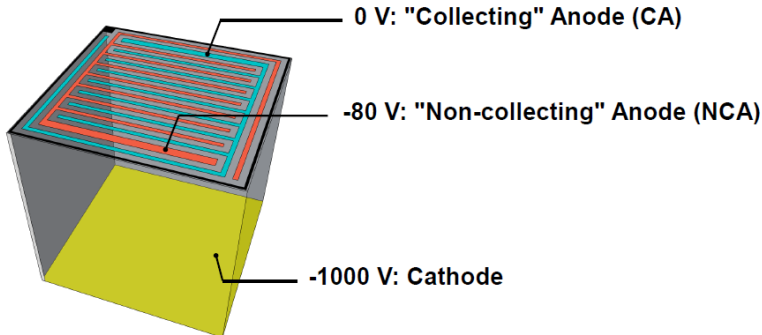


$0\nu\beta\beta$ -Zerfall von ^{116}Cd



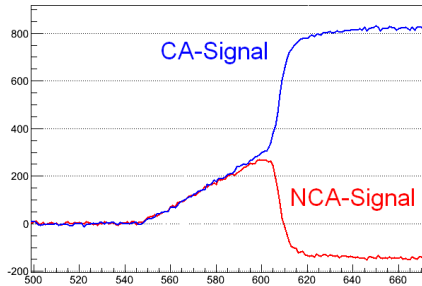
Funktionsweise CPG

- Löcherbeweglichkeit in CdZnTe ist sehr schlecht, daher nur Auslese zweier Anoden (CA und NCA)



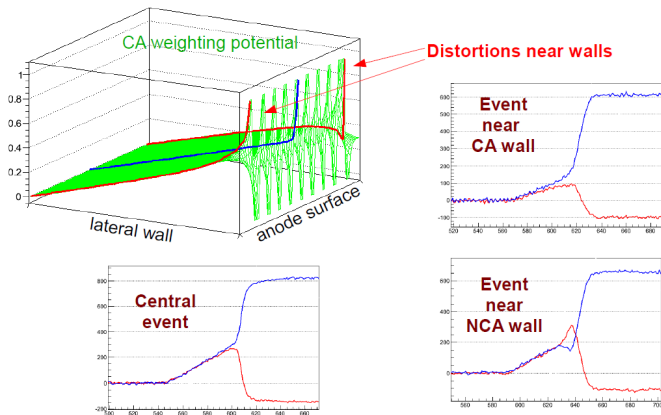


Interaktionstiefenbestimmung CPG



- Energiemessung: $E \propto CA - NCA$
- Interaktionstiefe: $z \propto \frac{CA+NCA}{CA-NCA}$

Laterale Oberflächenereignisse

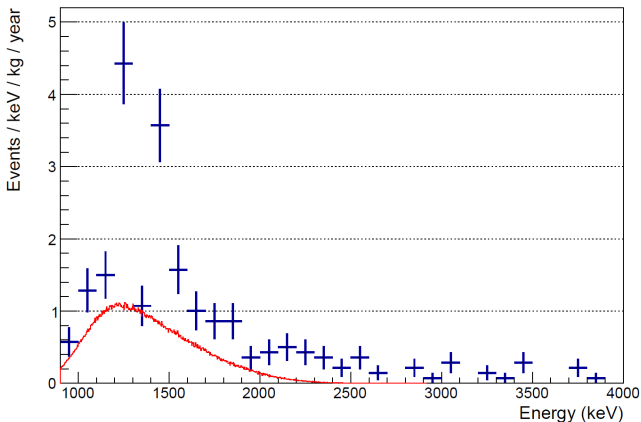


HK22.2, Mo 17:15: Matthew Fritts
Identifying Surface Background Events [...]



$2\nu\beta\beta$ -Zerfall von ^{116}Cd

LNGS CPG array, 51.1 kg \times days



- Very preliminary: Bereich des $2\nu\beta\beta$ -Zerfalls von ^{116}Cd fast erreicht

Auslekette LNGS

