

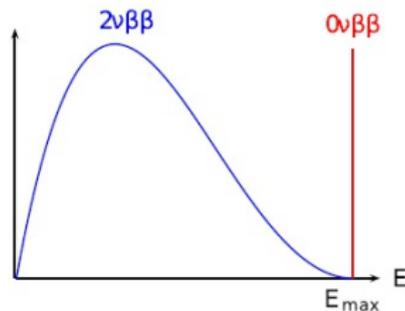
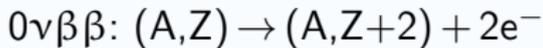
# Status des Doppel-Beta-Experiments COBRA

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  $^{116}\text{Cd}$
- 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:

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



# Das COBRA-Experiment



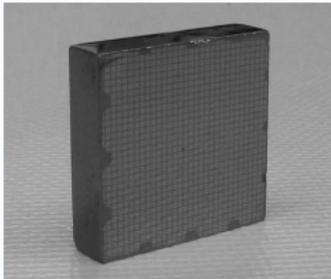
- Quelle = Detektor Ansatz
- Raumtemperatur Halbleiter-Detektoren
  - ↳ Gute Energieauflösung, intrinsisch rein, einfacher Betrieb
- Granulares Design
  - ↳ Koinzidenz-Analyse, Untergrundreduktion

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:



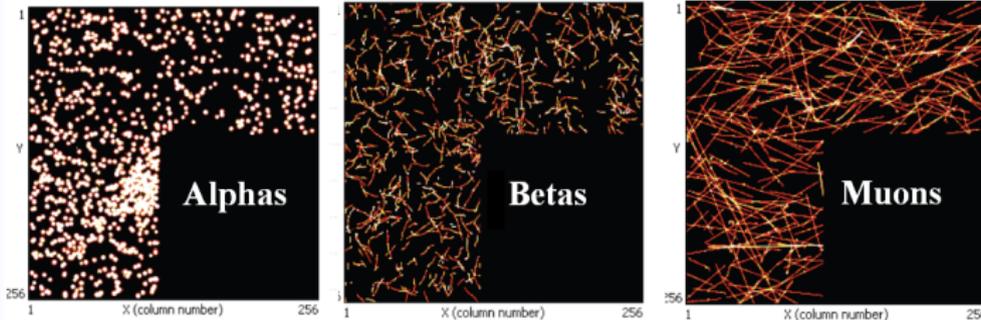
Pixeldetektoren



CPG-Detektoren

# Dünne Pixeldetektoren

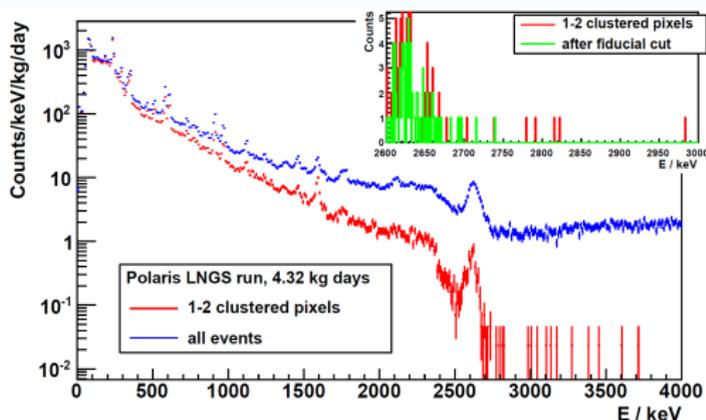
- Timepix–Detektor der Medipix2–Kollaboration
- 55  $\mu\text{m}$  bis 220  $\mu\text{m}$  Pixelabstand
- Tracking ermöglicht direkte Teilchenidentifikation



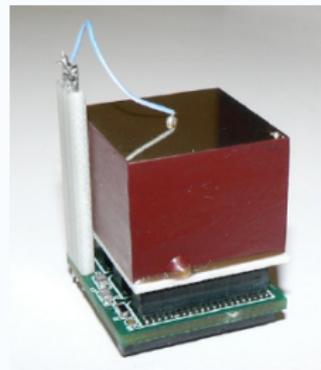
- Momentan zwei Detektoren mit einer Dicke von 2 mm und 110  $\mu\text{m}$  Pixelabstand im Testbetrieb am LNGS

# Großvolumige Pixeldetektoren

- Z.B. Polaris System (University of Michigan)
- $2 \times 2 \times 1.5 \text{ cm}^3$ , 36 g Masse,  $11 \times 11$  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:

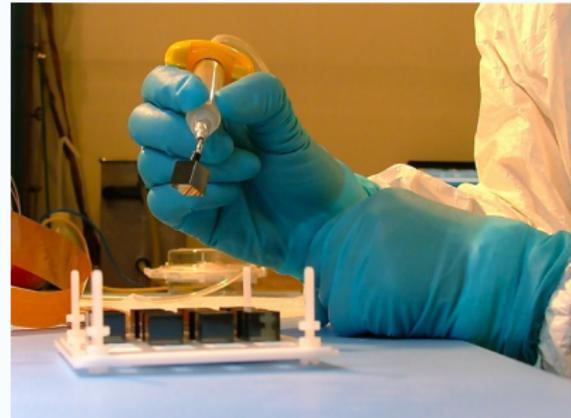
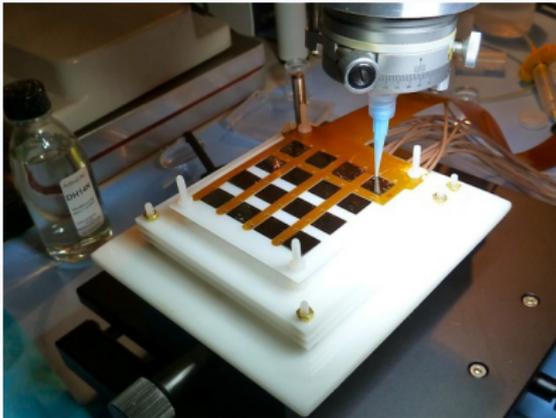
- Geringe Anzahl an Auslesekanälen
- Keine Elektronik in Detektornähe



# Test-Aufbau am LNGS

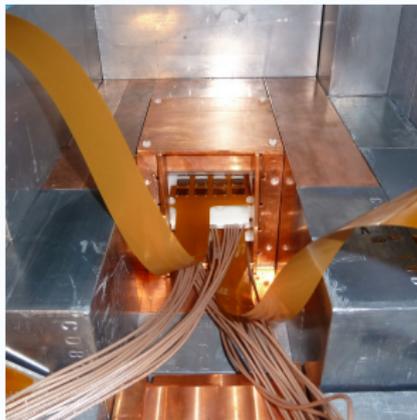


- Momentan im Betrieb: 32 CPG–Detektoren
- Installation von weiteren 32 Detektoren in 2013
- Zusätzlich zwei CdTe Timepix–Detektoren im Testbetrieb



# Test-Aufbau am LNGS

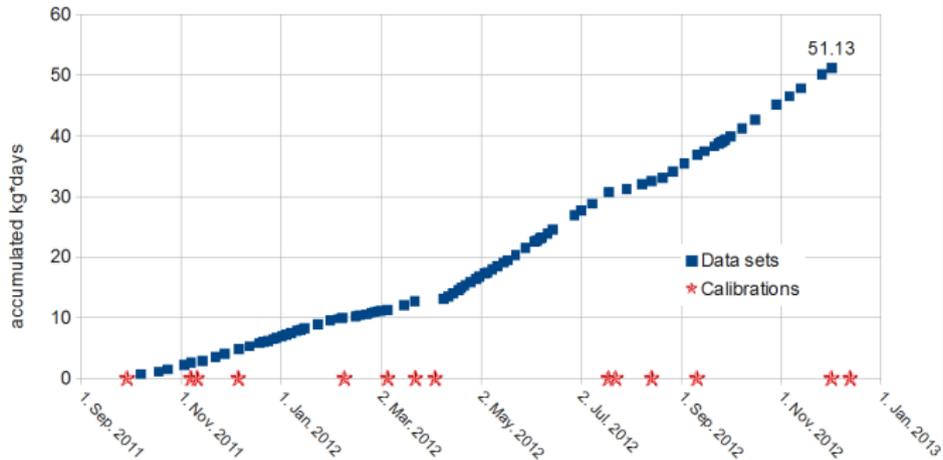
- Boriertes Polyethylen zur Neutronenabschirmung
- EMV-Stahl-Abschirmung mit Spezialdichtungen
- Radon-dichte Folie und Stickstoffspülung
- Innere Abschirmung: 20 cm hochreines Blei und 5 cm Kupfer





# LNGS Datennahme

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

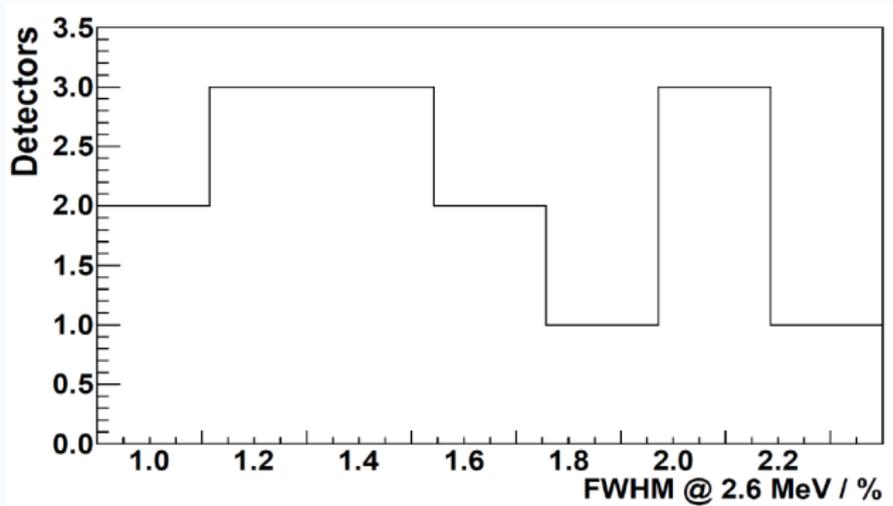




# Detektorperformance am LNGS

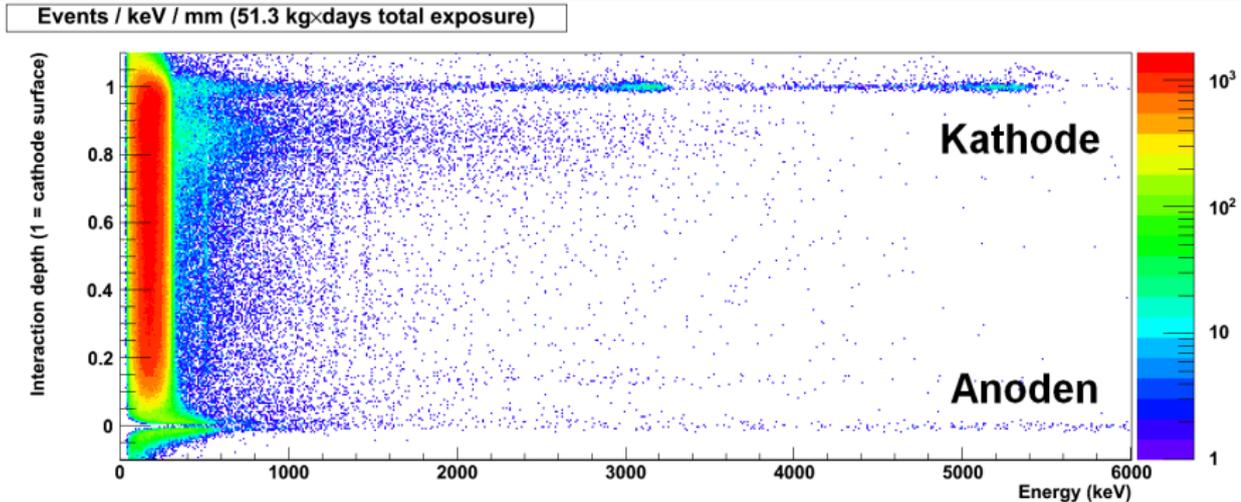


- Durchschnittliche Auflösung: 1,7% FWHM bei 2,6 MeV



# LNGS Datenanalyse

- Pulsformanalyse erlaubt Bestimmung der Interaktionstiefe

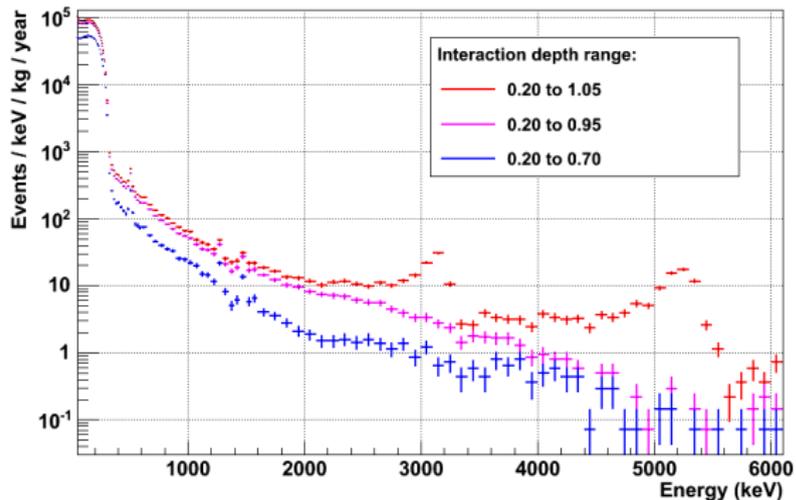




# LNGS Datenanalyse

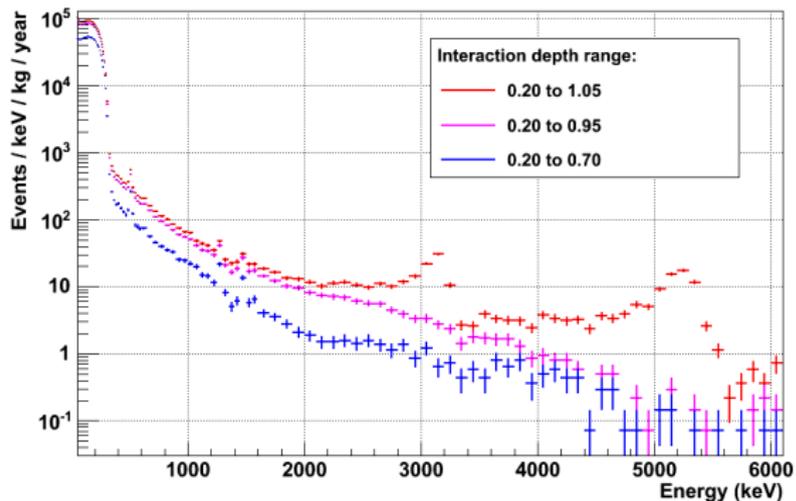


- Untergrundreduktion durch Selektion der Interaktionstiefe:



# LNGS Datenanalyse

- Untergrundreduktion durch Selektion der Interaktionstiefe:



T103.5, Do 17:55: Michael Homann

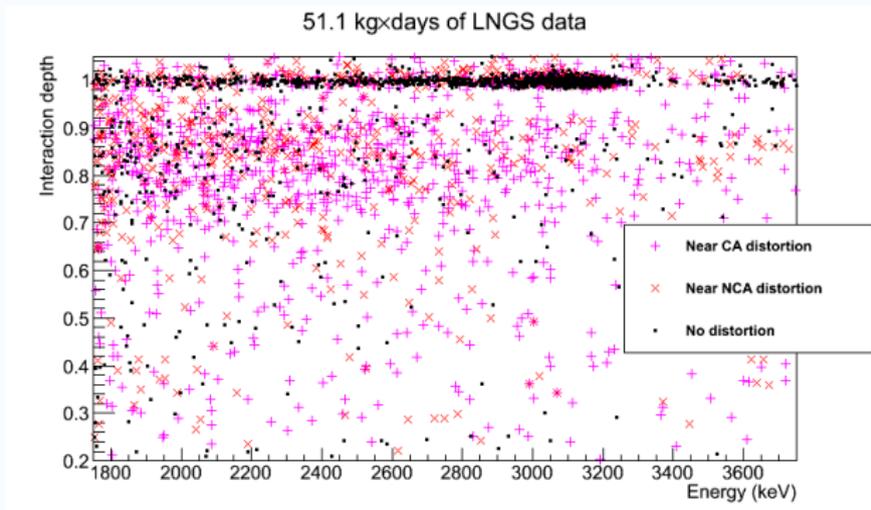
*Monte-Carlo [...] Untergrundzusammensetzung [...]*



# LNGS Datenanalyse



- Weitere Untergrundreduktion durch Cut auf laterale Oberflächenereignisse:

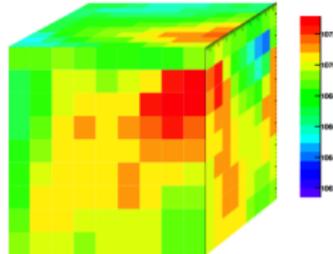
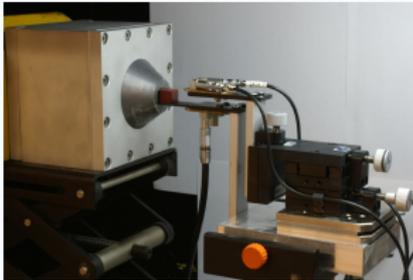


- Durchschnittliche Untergrundrate (preliminary):

**0,4 Ereignisse/keV/kg/a**

# Detektorcharakterisierung

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

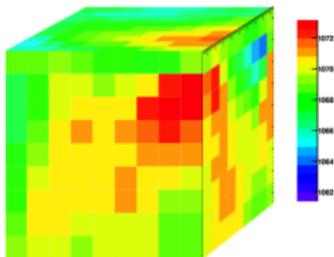


- Außerdem Versuchsaufbau zur Unterscheidung von MSE und SSE mittels  $90^\circ$ -Compton-Streuung



# Detektorcharakterisierung

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

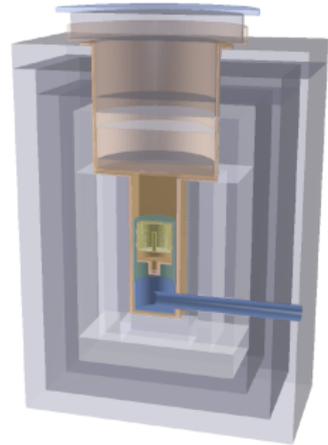


- Außerdem Versuchsaufbau zur Unterscheidung von MSE und SSE mittels  $90^\circ$ -Compton-Streuung

T102.3, Mi 17:20: Stefan Zatschler  
 *$90^\circ$ -Compton-Streuung [...]*

# Dortmund Low Background Facility

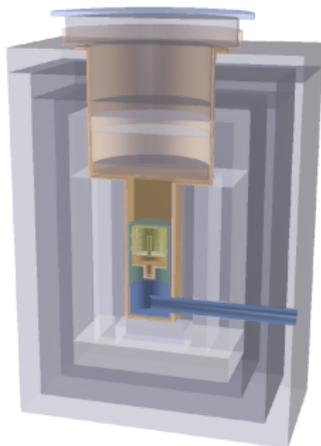
- Materialelektion für COBRA
- HPGe–Detektor für  
Niedrigzählraten
- Nachweisgrenze  $< 100 \text{ mBq/kg}$
- Abdeckung von etwa 10 mwe



- 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 [...]*

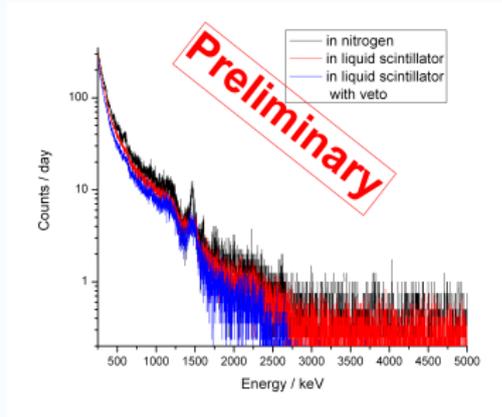
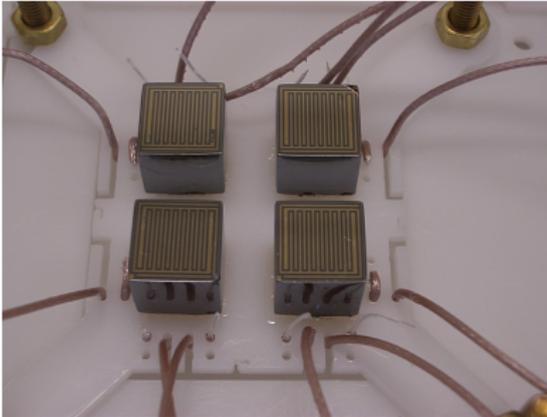
T75.2, Do 17:00: Christian Nitsch  
*Verbesserungen am Myon-Veto der DLB*



# CdZnTe in Flüssigszintillator

Betrieb von 4 unpassivierten CPG–Detektoren in Flüssigszintillator:

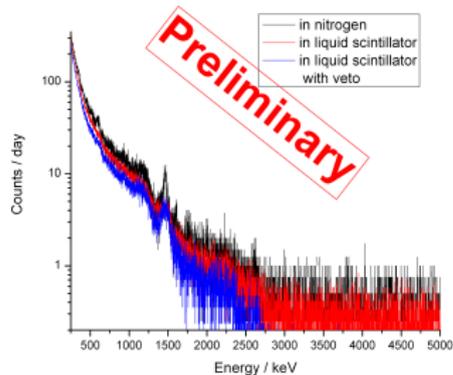
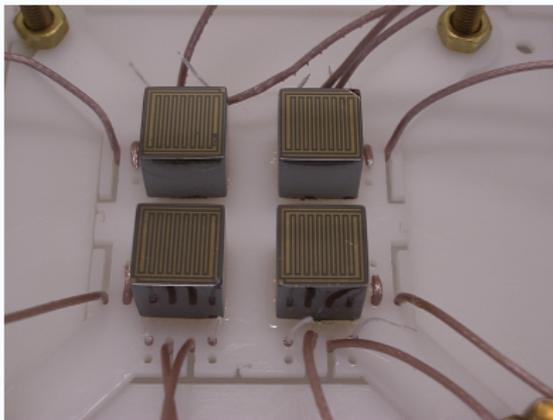
- Reine Umgebung, gute Abschirmeigenschaften
- Aktives Veto
- Verbessert Nachweiseffizienz



# CdZnTe in Flüssigszintillator

Betrieb von 4 unpassivierten CPG–Detektoren in Flüssigszintillator:

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



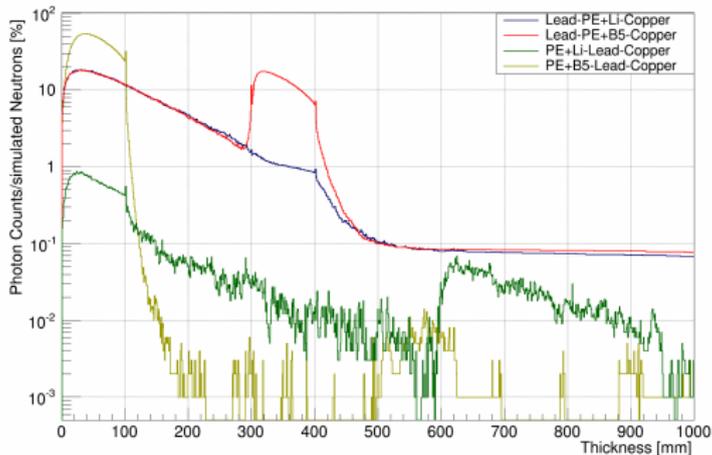
T103.7, Do 18:25: Volker Braunert  
*PMT–Kalibration für das COBRA–Experiment*



# Monte-Carlo-Studien



- Planung eines Abschirmkonzepts für ein Großexperiment

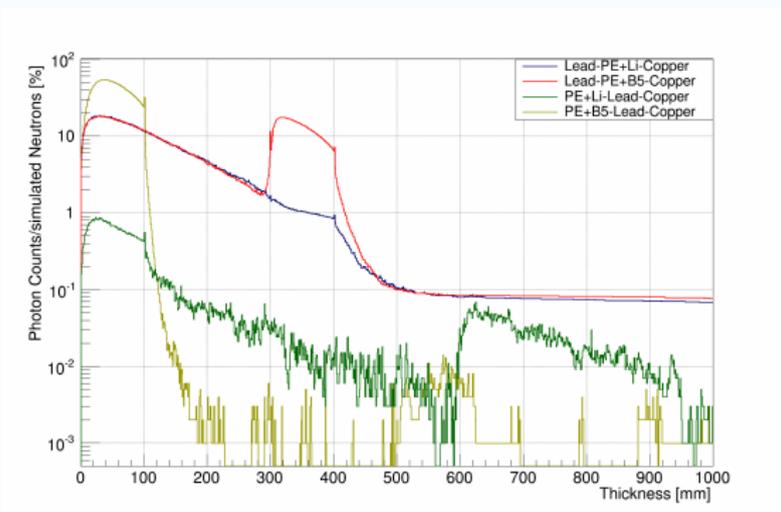




# Monte-Carlo-Studien



- Planung eines Abschirmkonzepts für ein Großexperiment



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

- 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  $\sim 1$  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  $\gamma$ -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*

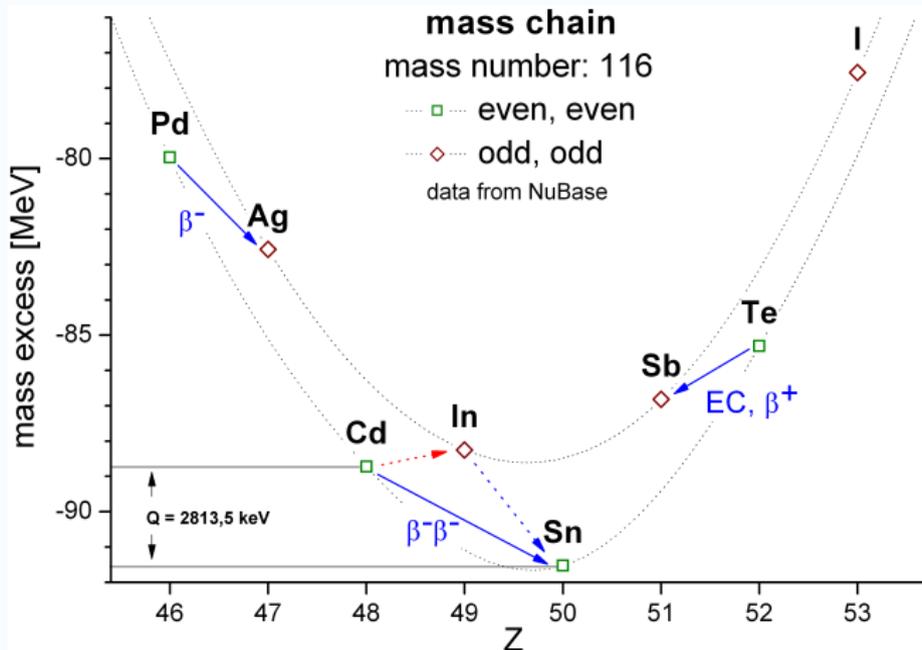




## Backup–Slides

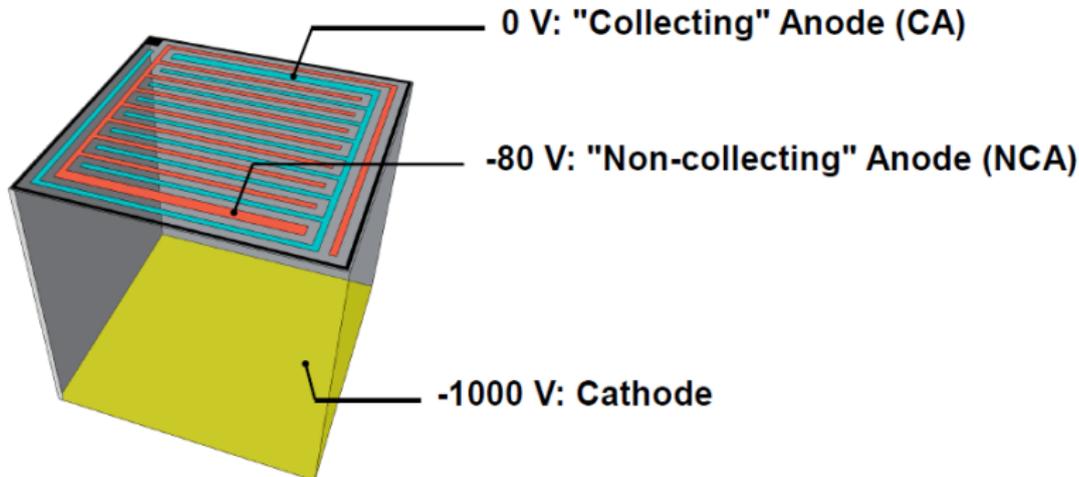


# $0\nu\beta\beta$ -Zerfall von $^{116}\text{Cd}$



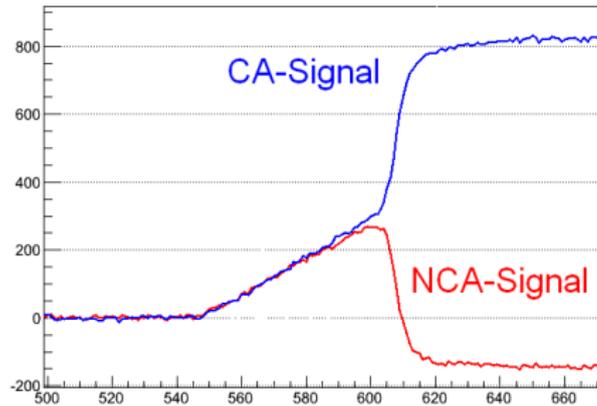
# Funktionsweise CPG

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



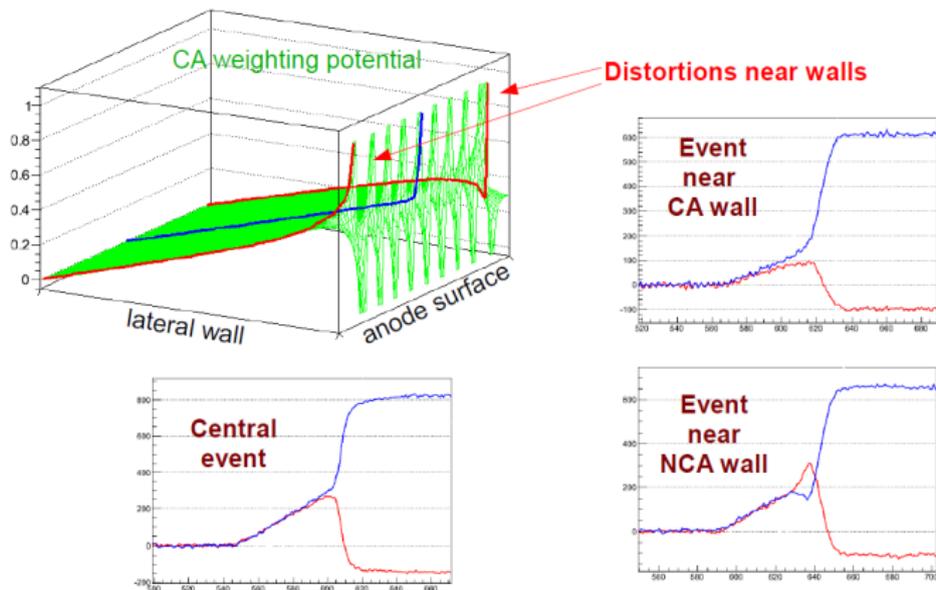


# Interaktionstiefenbestimmung CPG



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

# Laterale Oberflächenereignisse

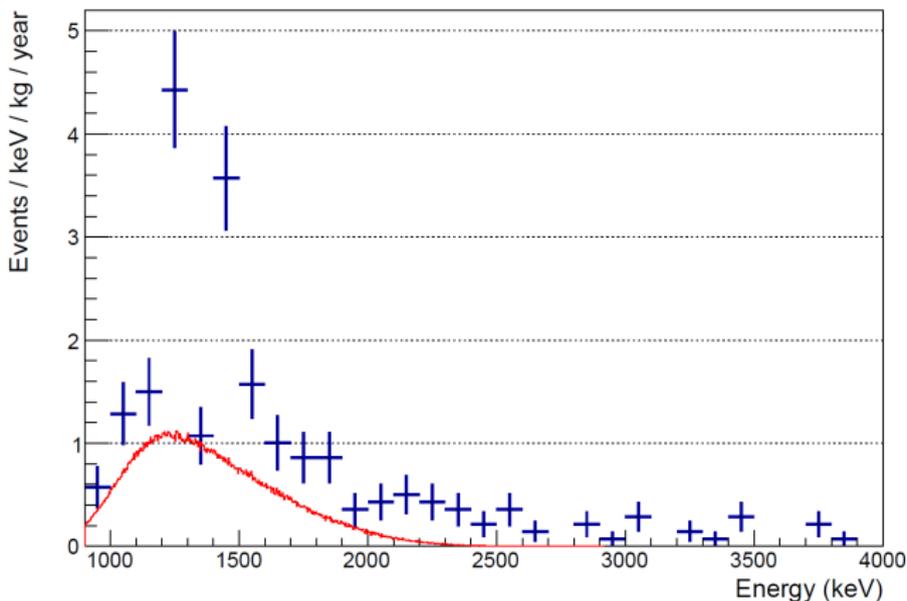


HK22.2, Mo 17:15: Matthew Fritts  
*Identifying Surface Background Events [...]*



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

LNGS CPG array, 51.1 kg $\times$ days



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

# Auslekette LNGS

