

# Betrieb von CdZnTe-Detektoren in Flüssigszintillator für das COBRA - Experiment

Christian Oldorf  
für die COBRA-Kollaboration

Universität Hamburg  
Institut für Experimentalphysik

DPG Frühjahrstagung, Bonn 2010



# Inhalt

- ① Das COBRA-Experiment
  - Untergrundbeiträge
  - Detektorkonzepte
  - Passivierung der Detektoren
  
- ② Versuchsaufbau und erste Ergebnisse
  
- ③ Zusammenfassung und Ausblick



# Das COBRA-Experiment

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

- Suche nach neutrinolosen Doppel-Beta Zerfällen
- Untersuchung von neun Isotopen,  
die Wichtigsten:  $^{116}\text{Cd}$  ( $\beta^-\beta^-$ ),  $^{130}\text{Te}$  ( $\beta^-\beta^-$ ) und  $^{106}\text{Cd}$  ( $\beta^+\beta^+$ )
- Verwendung von CdZnTe-Halbleiterdetektoren  
→ "Quelle = Detektor"-Ansatz
- Arbeitsbereich von  $-10^\circ\text{C}$  bis  $+35^\circ\text{C}$
- modularer Aufbau ermöglicht Koinzidenz-Studien
- Tracking möglich → "Festkörper TPC"



# Das COBRA-Experiment

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

- Suche nach neutrinolosen Doppel-Beta Zerfällen
- Untersuchung von neun Isotopen,  
die Wichtigsten:  $^{116}\text{Cd}$  ( $\beta^-\beta^-$ ),  $^{130}\text{Te}$  ( $\beta^-\beta^-$ ) und  $^{106}\text{Cd}$  ( $\beta^+\beta^+$ )
- Verwendung von CdZnTe-Halbleiterdetektoren  
→ "Quelle = Detektor"-Ansatz
- Arbeitsbereich von  $-10^\circ\text{C}$  bis  $+35^\circ\text{C}$
- modularer Aufbau ermöglicht Koinzidenz-Studien
- Tracking möglich → "Festkörper TPC"
- Ziel der COBRA-Kollaboration:
  - Aufbau eines Experiments mit 400 kg Quellmaterial
  - Sensitivität auf Halbwertszeiten  $T_{\frac{1}{2}} > 10^{26}$  Jahre



# Beiträge zum Untergrund

Sensitivität auf die Halbwertszeit  $T_{\frac{1}{2}}$ :

$$T_{\frac{1}{2}} \propto a \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{M \cdot t}{\Delta E \cdot B}}$$

$a$	...	Isotopenhäufigkeit
$\epsilon$	...	Nachweiswahrscheinlichkeit
$M$	...	Quellmasse
$t$	...	Messzeit
$\Delta E$	...	Energieauflösung
$B$	...	Untergrund



# Beiträge zum Untergrund

Sensitivität auf die Halbwertszeit  $T_{\frac{1}{2}}$ :

$$T_{\frac{1}{2}} \propto a \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{M \cdot t}{\Delta E \cdot B}}$$

$a$  ... Isotopenhäufigkeit

$\epsilon$  ... Nachweiswahrscheinlichkeit

$M$  ... Quellmasse

$t$  ... Messzeit

$\Delta E$  ... Energieauflösung

$B$  ... Untergrund

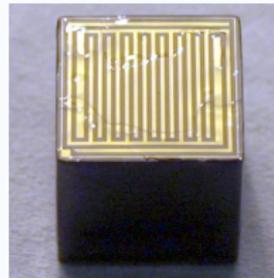
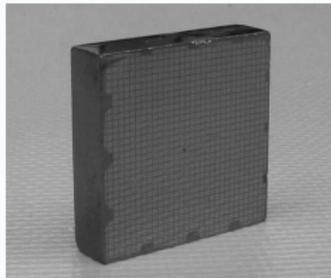
Wichtig ist die Reduzierung der größten Beiträge zum Untergrund:

- kosmische Myonen
- kosmogene Radionuklide
- Neutronen
- natürliche Zerfallsreihen  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  und  $^{40}\text{K}$   
 → z.B. in der Lackierung der Detektoren

# Detektorkonzepte

Untersuchung zweier unterschiedlicher Detektorkonzepte:

- ① Pixeldetektoren
- ② Coplanar-Grid-Detektoren (CPG)
  - werden im momentanen Versuchsaufbau am LNGS hauptsächlich verwendet
  - großvolumige Detektoren ( $1\text{ cm}^3$ , bis zu  $2\text{ cm}^3$  erhältlich)
  - Kompensation des Löchersignals (Trapping) durch Auslese zweier Anoden
  - benötigt wenig Auslesekanäle
  - Energieauflösung von unter 2% FWHM in der ROI erreicht





# Passivierung der CPG-Detektoren

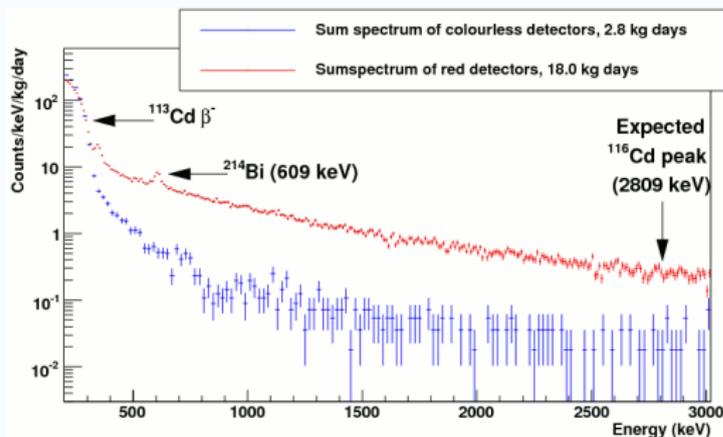
## Die Passivierung

- schützt das CdZnTe vor Degradierung
- verhindert mechanische Schäden des Detektors und der empfindlichen Anoden

## Verwendete Passivierungen bisher:

- roter Lack (EI Detection & Imaging Systems)
- farbloser Lack (EI Detection & Imaging Systems)
- Cyclotene (Dow Chemicals)

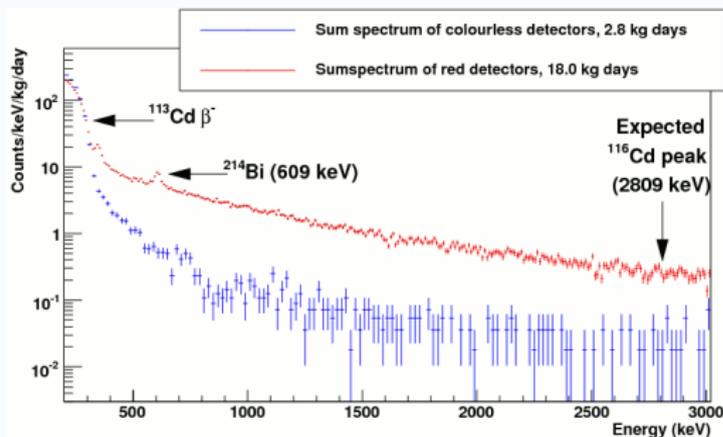
# Passivierung der CPG-Detektoren



Verwendete Passivierungen bisher:

- roter Lack (EI Detection & Imaging Systems)
- farbloser Lack (EI Detection & Imaging Systems)
- Cyclotene (Dow Chemicals)

# Passivierung der CPG-Detektoren



Reihe	Zerfall	Cadmium	Zink	Tellur	CdZnTe	roter Lack	farbloser Lack
$^{232}\text{Th}$	$^{228}\text{Ra}$	< 4	< 8	< 7	< 12	(1100 ± 100)	< 180
	$^{228}\text{Th}$	< 4	< 8	< 7	< 9	(730 ± 70)	< 190
$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	< 4	< 8	< 7	< 10	(2100 ± 100)	< 140
	$^{234}\text{Th}$	< 200	< 150	< 240	< 250	(1100 ± 300)	< 1500
	$^{234m}\text{Pa}$	< 70	< 150	< 140	< 220	(1600 ± 100)	< 4300
	$^{235}\text{U}$	< 4	< 5	< 5	< 7	(170 ± 30)	< 15
	$^{40}\text{K}$	< 24	< 55	< 51	< 91	(6900 ± 800)	< 1000
	$^{60}\text{Co}$	< 2	< 3	< 4	< 5	< 20	< 72
	$^{137}\text{Cs}$	< 1	< 2	< 2	< 4	< 15	< 56

Alle Angaben in mBq/kg

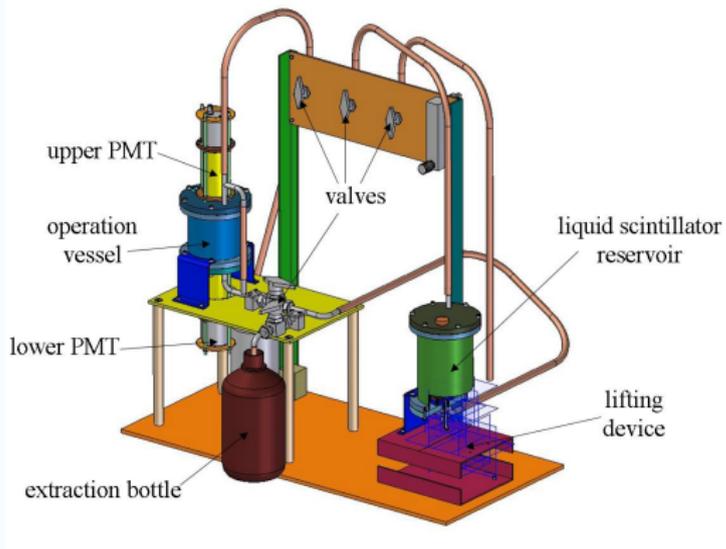


# Passivierung mit Flüssigszintillator

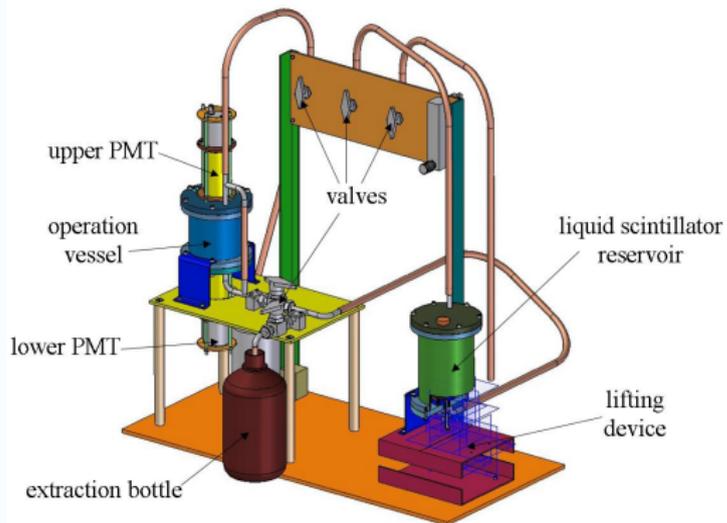
Vorteile einer Passivierung mit Flüssigszintillator:

- im Allgemeinen sehr hochohmig → guter Isolator
- einfache Kontrolle der Temperaturstabilität möglich
- Funktion als aktives Veto
- hohe Reinheit in Bezug auf radioaktive Substanzen möglich  
→ siehe z.B. BOREXINO oder KamLAND

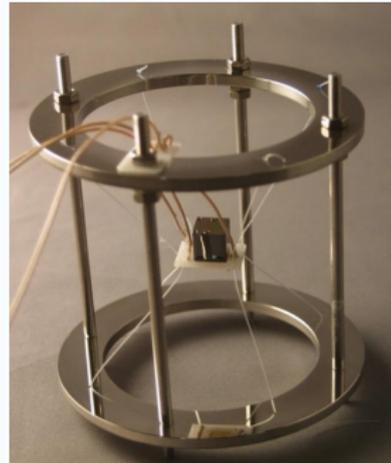
# Versuchsaufbau



# Versuchsaufbau

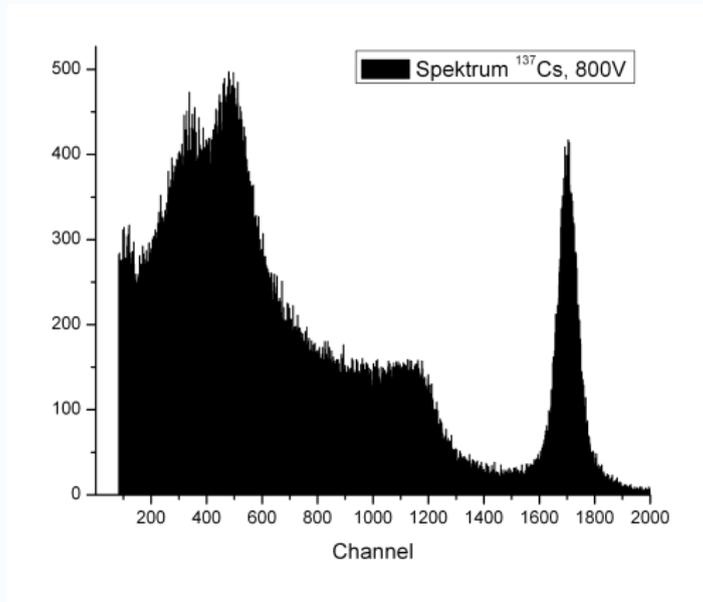


1 cm<sup>3</sup> CdZnTe, unpassiviert:



Detektorhalterung und Vorverstärker-Elektronik wurden von der TU Dortmund entwickelt und zur Verfügung gestellt

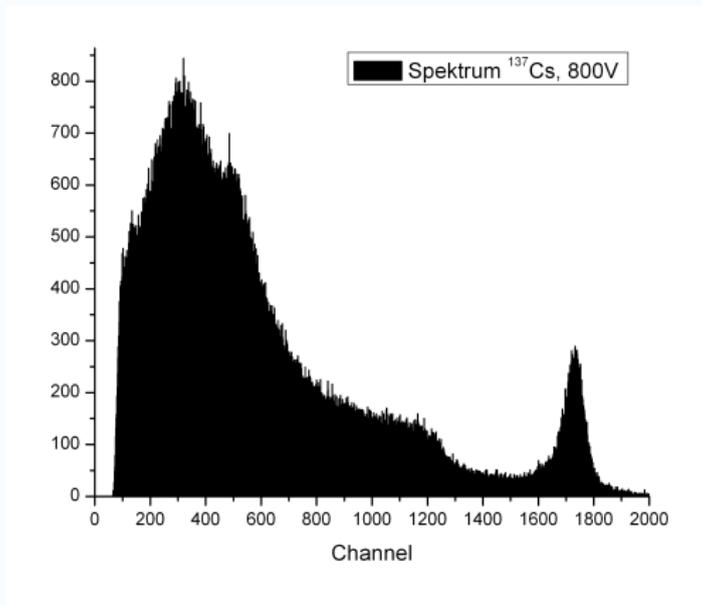
# $^{137}\text{Cs}$ in Stickstoff



Energieauflösung: 5.0% FWHM @ 662 keV



# $^{137}\text{Cs}$ in Flüssigszintillator



Verwendeter Flüssigszintillator: Optiscint Hisafe  
Energieauflösung: 5.1% FWHM @ 662 keV



# Zusammenfassung

- Flüssigszintillator stellt eine interessante Alternative zur Passivierung von CdZnTe-Halbleiterdetektoren dar
- CdZnTe-Detektoren lassen sich bei gleichbleibender Energieauflösung in Flüssigszintillator betreiben



# Zusammenfassung

- Flüssigszintillator stellt eine interessante Alternative zur Passivierung von CdZnTe-Halbleiterdetektoren dar
- CdZnTe-Detektoren lassen sich bei gleichbleibender Energieauflösung in Flüssigszintillator betreiben

## Ausblick:

- Untersuchung der Langzeitstabilität von CdZnTe in Flüssigszintillator
- Untersuchung verschiedener Flüssigszintillatormischungen, insbesondere LAB und PXE
- Nutzung des Flüssigszintillators als aktives Veto
- Erweiterung des Versuchsaufbaus auf bis zu 8 Detektoren
- Aufbau des Versuchs im Untergrundlabor (Dresden, LNGS)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Mittwoch, 17.03.2010, 16.05 Uhr:

**T109.9** Tobias Köttig *et al.*:

Aktuelle Ergebnisse des COBRA-Experimentes

Freitag, 19.03.2010, ab 14 Uhr:

**T110.1** Oliver Schulz:

Gruppenbericht: Status des COBRA-Experiments

**T110.2** Nadine Heidrich:

Untergrundstudien für das COBRA-Experiment mit Hilfe von Monte-Carlo Simulationen

**T110.3** Till Neddermann *et al.*:

Die Dortmund-Low-Background-HPGe-Facility – Material Screening für das COBRA-Experiment

