

Untersuchung des Verhaltens von CdZnTe–Detektoren in Flüssigszintillator für das COBRA – Experiment

Christian Oldorf
für die COBRA–Kollaboration

Universität Hamburg
Institut für Experimentalphysik

DPG Frühjahrstagung, Münster 2011



- ① COBRA–Detektorkonzepte
 - Pixel–Detektoren
 - Coplanar–Grid–Detektoren
- ② Betrieb in Flüssigszintillator
- ③ Zusammenfassung und Ausblick



Detektoren aus Cd(Zn)Te



- Ziel der COBRA-Kollaboration:
 - Aufbau eines Experiments mit 400 kg Quellmaterial
 - Sensitivität auf Halbwertszeiten $T_{\frac{1}{2}} > 10^{26}$ Jahre
- “Quelle = Detektor” → große Masse und hohe Nachweiseffizienz einfacher erreichbar
- Halbleiter → gute Energieauflösung, sehr rein in Bezug auf Radionuklide
- Arbeitsbereich von -10°C bis $+35^{\circ}\text{C}$
- Kommerzielle Entwicklung und schnelle Verfügbarkeit



Detektoren aus Cd(Zn)Te



- Ziel der COBRA-Kollaboration:
 - Aufbau eines Experiments mit 400 kg Quellmaterial
 - Sensitivität auf Halbwertszeiten $T_{\frac{1}{2}} > 10^{26}$ Jahre
- “Quelle = Detektor” → große Masse und hohe Nachweiseffizienz einfacher erreichbar
- Halbleiter → gute Energieauflösung, sehr rein in Bezug auf Radionuklide
- Arbeitsbereich von -10°C bis $+35^{\circ}\text{C}$
- Kommerzielle Entwicklung und schnelle Verfügbarkeit

Detektorkonzepte:

- ① Pixeldetektoren
- ② Coplanar-Grid-Detektoren (CPG)



Pixeldetektoren



- Tracking → “Solid state TPC”
- Massive Untergrundreduktion durch Teilchenidentifikation



Pixeldetektoren



- Tracking → “Solid state TPC”
- Massive Untergrundreduktion durch Teilchenidentifikation

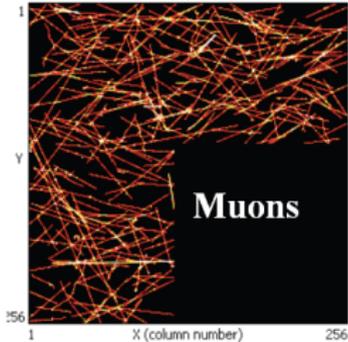
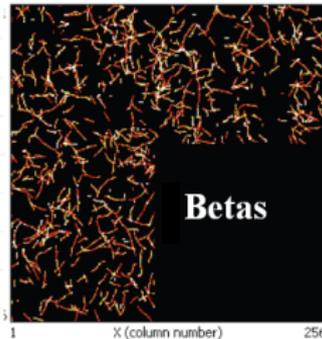
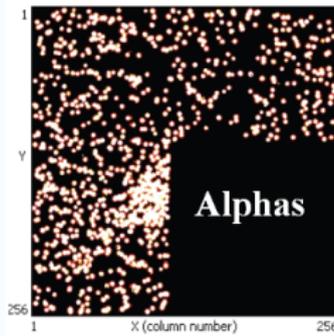
Insgesamt werden/wurden 3 Systeme getestet:

- Timepix Pixel System:
 - $14 \times 14 \times 1 \text{ mm}^3$ CdTe
 - $14 \times 14 \times 0.3 \text{ mm}^3$ Si
 - jeweils mit 256×256 oder 128×128 Pixeln
- WUSTL Pixel System:
 - $20 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$ CdZnTe
 - 8×8 , 32×32 oder 100×100 Pixel
- Polaris-System:
 - $20 \times 20 \times 15 \text{ mm}^3$ CdZnTe, 36 g
 - 11×11 Pixel, bis zu 40 Schichten in z-Richtung durch Driftzeitunterschiede

Beispiel: Timepix

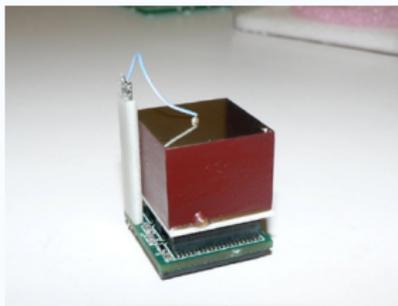


- Si-Timepix Detektor
- 256×256 Pixel, $55 \mu\text{m}$ Pixelabstand

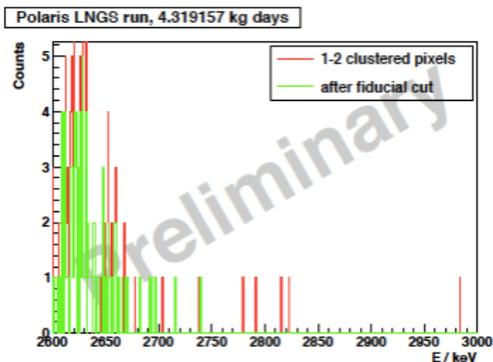
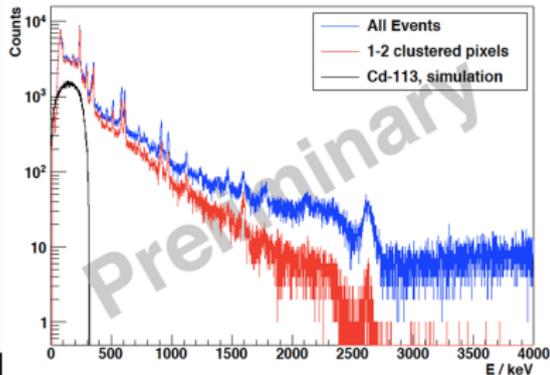




Beispiel: Polaris



- Weltgrößter CdZnTe-Detektor
- Nicht auf Low-Background optimiert
- Untergrund von 0.9 counts/keV/kg/yr

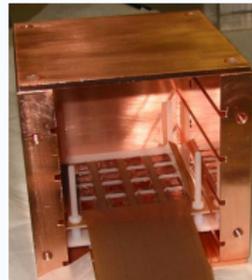




Coplanar-Grid-Detektoren



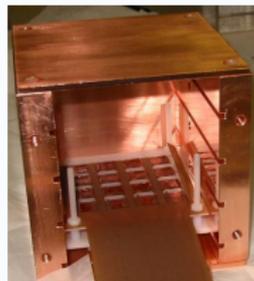
- werden im momentanen Versuchsaufbau am LNGS hauptsächlich verwendet
- großvolumige Detektoren (1 cm^3 , bis zu 2 cm^3 erhältlich)
- Kompensation des Löchersignals (Trapping) durch Auslese zweier Anoden
- benötigt wenig Auslesekanäle
- Energieauflösung von unter 2% FWHM in der ROI erreicht



Coplanar-Grid-Detektoren

Upgrade in 2011:

- Neuer Standort am LNGS (ehemaliges HdM-Gebäude)
- 64 CdZnTe-Detektoren mit 1 cm^3 (0.42 kg)
- Auslese per FADC (Pulsshape)
- Verbesserte Abschirmung und neue DAQ





Passivierung der CPG–Detektoren



Die Passivierung

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



Passivierung der CPG–Detektoren



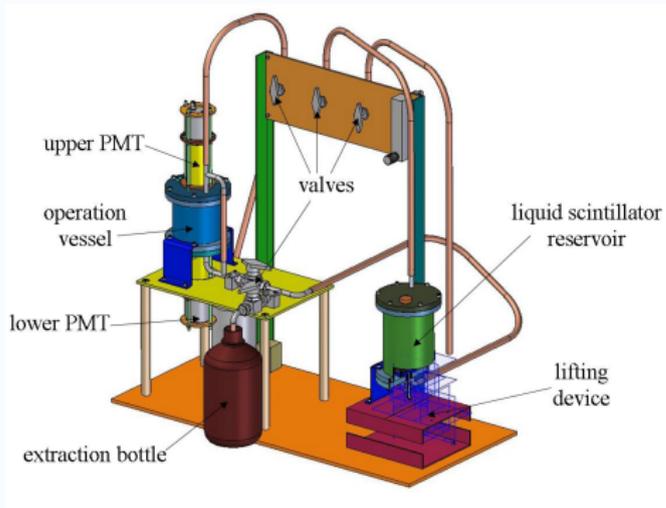
Die Passivierung

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

Vorteile einer Passivierung mit Flüssigszintillator:

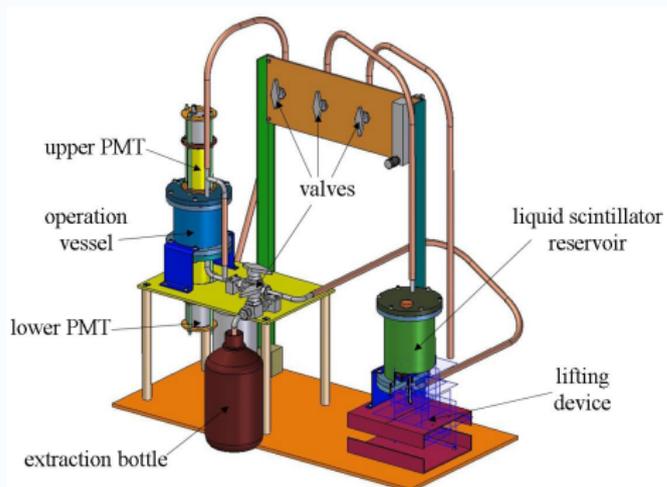
- im Allgemeinen sehr hochohmig → guter Isolator
- Funktion als aktives Veto
- hohe Reinheit in Bezug auf radioaktive Substanzen möglich → siehe z.B. BOREXINO oder KamLAND
- einfache Kontrolle der Temperaturstabilität möglich
- verbessert den Nachweis von Zerfällen in angeregte Zustände

Versuchsaufbau

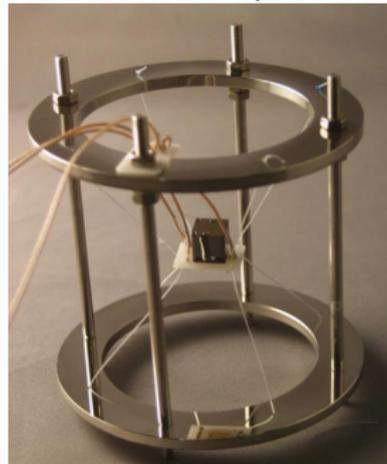


- Betrieb mit Flüssigszintillator oder Stickstoff
- Zwei PMTs in Koinzidenzschaltung als Myon-Veto

Versuchsaufbau



1 cm³ CdZnTe, unpassiviert:

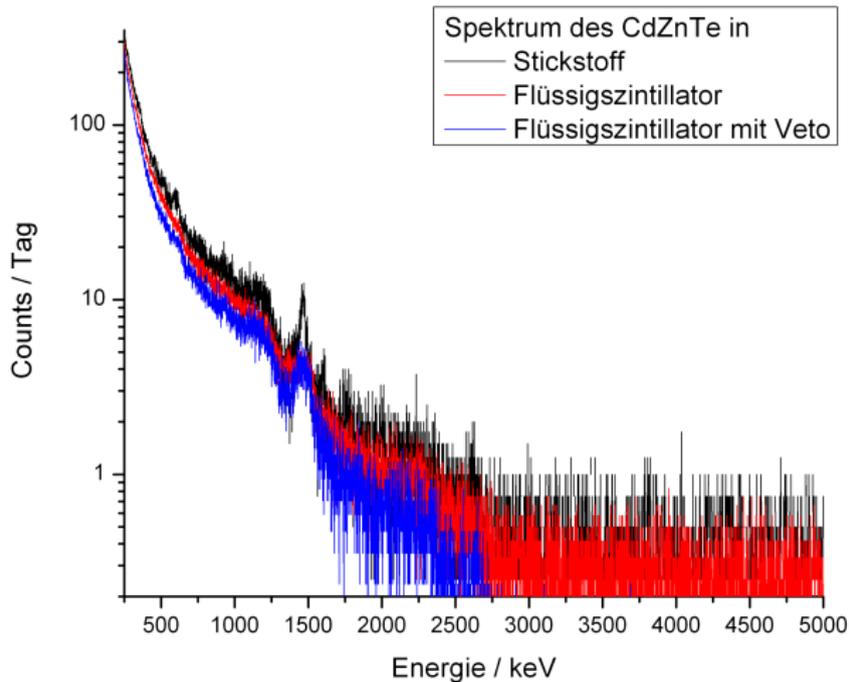


Detektorhalterung und Vorverstärker-Elektronik wurden von der TU Dortmund entwickelt und zur Verfügung gestellt

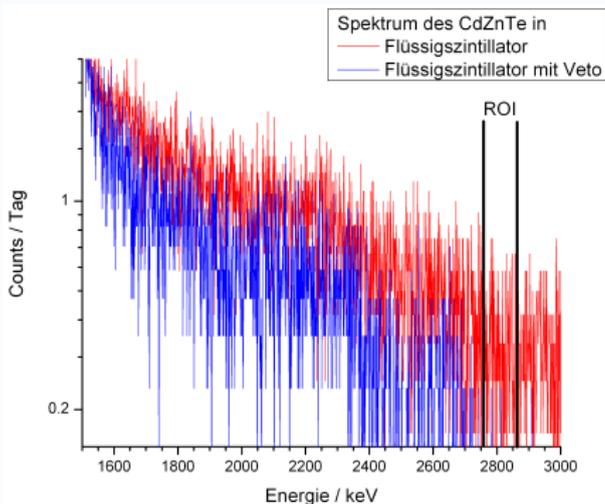


Vergleich der Untergrundspektren

Untergrundspektren des CdZnTe-Detektors in verschiedenen Umgebungen:



Vergleich in der Region of Interest



Energie [keV]	Counts [1/keV/kg/Tag]	
	Flüssigszintillator	Flüssigszintillator + Veto
2753–2865	47.9	4.9

Reduktion in der ROI ($2809 \text{ keV} \pm 2\%$) um eine Größenordnung



Zusammenfassung



- CdZnTe–Detektoren lassen sich bei gleichbleibender Energieauflösung in Flüssigszintillator betreiben
- Der Einsatz von Flüssigszintillator als aktives Veto reduziert erheblich die Rate an Untergrundsignalen



Zusammenfassung



- CdZnTe–Detektoren lassen sich bei gleichbleibender Energieauflösung in Flüssigszintillator betreiben
- Der Einsatz von Flüssigszintillator als aktives Veto reduziert erheblich die Rate an Untergrundsignalen

Ausblick:

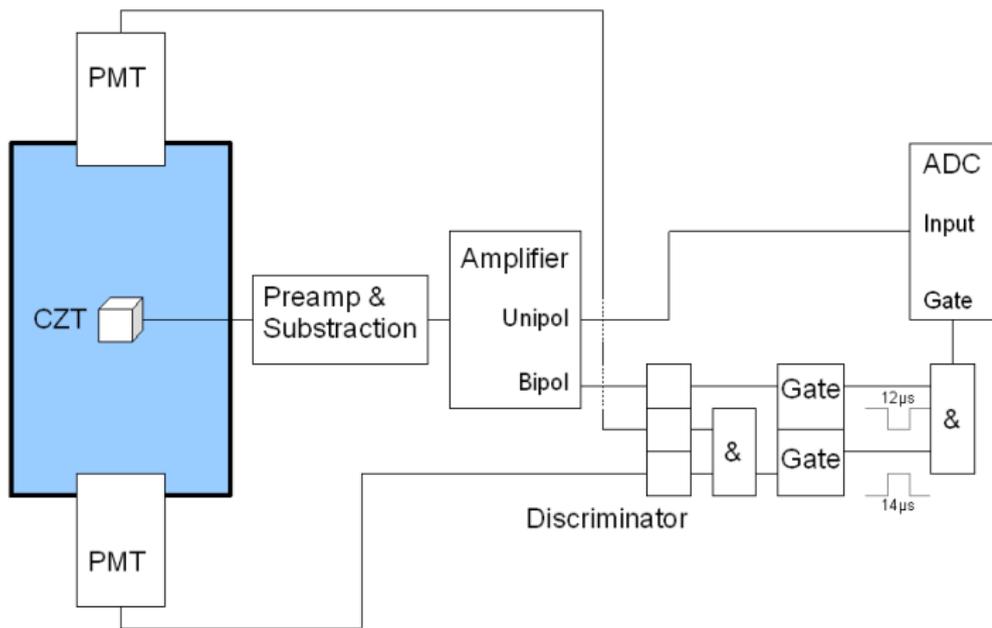
- Erweiterung des Versuchsaufbaus auf 8 Detektoren ist in Vorbereitung
 - → höhere Statistik
 - → Koinzidenzanalyse
 - → Erkenntnisse über die Langzeitstabilität
- Aufbau des Versuchs im Untergrundlabor (Dresden, LNGS)



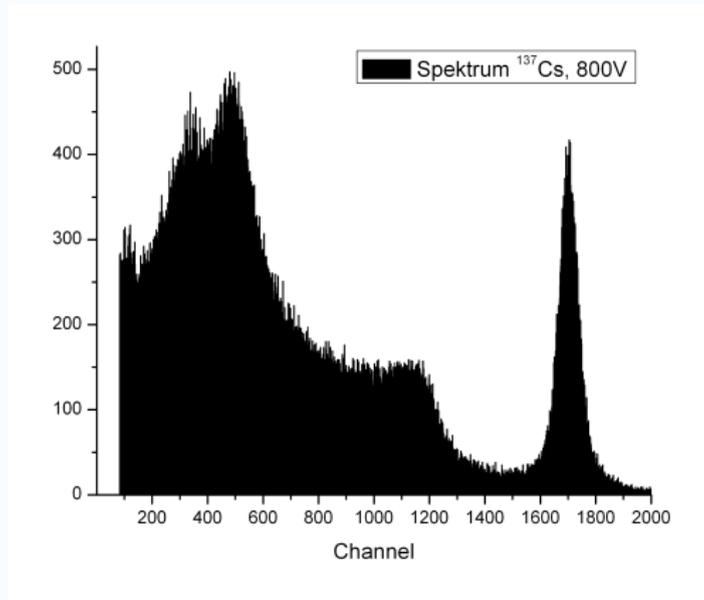
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Aufbau des Veto-Systems

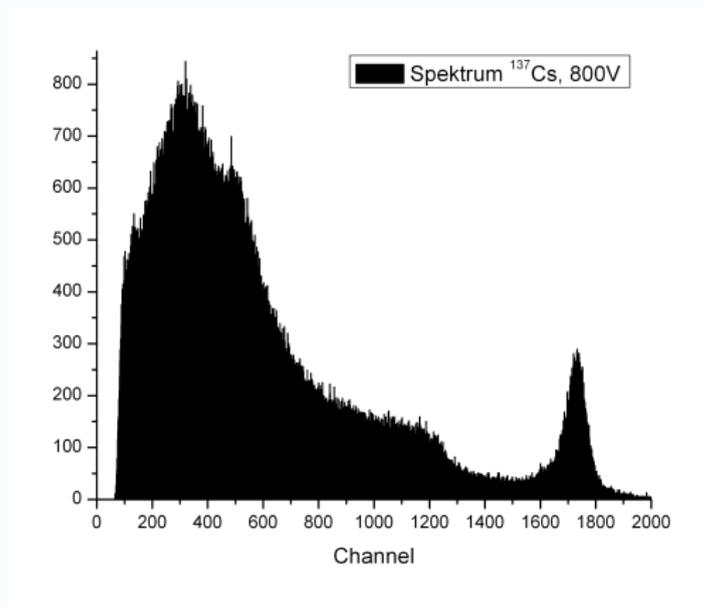


^{137}Cs in Stickstoff



Energieauflösung: 5.0% FWHM @ 662 keV

^{137}Cs in Flüssigszintillator



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