



Status des COBRA-Experiments

Björn Wonsak
für
die COBRA-Kollaboration



Inhalt

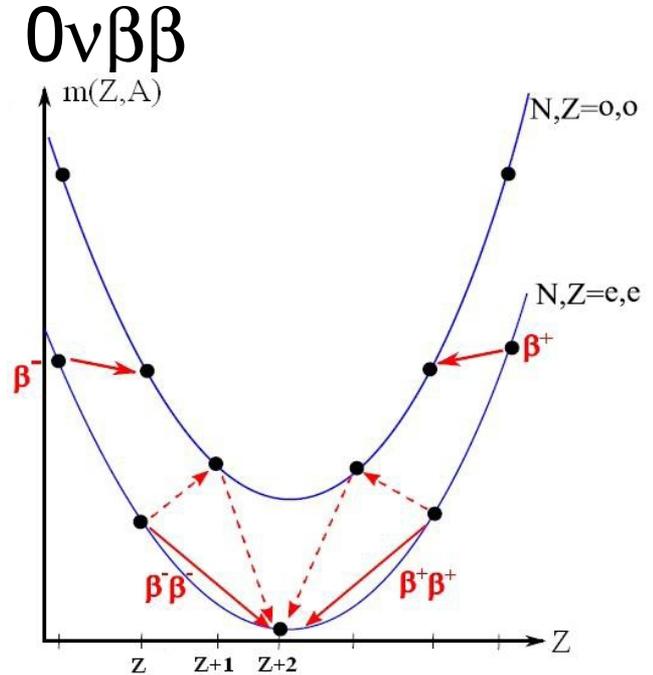
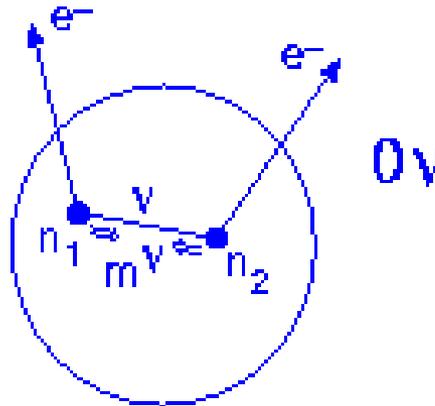
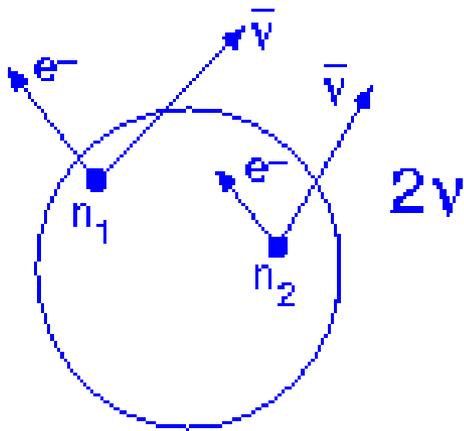


- Einführung
- Testaufbau am LNGS
- Pixel-Detektoren
- Perspektiven



$0\nu\beta\beta$ -Zerfall

- $(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2 e^- + 2\nu_e$ $2\nu\beta\beta$
- $(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2 e^-$ $0\nu\beta\beta$



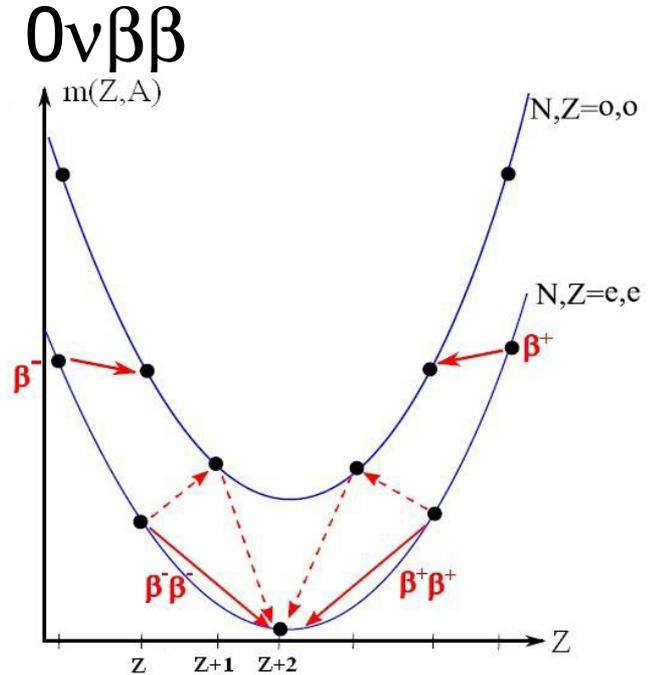
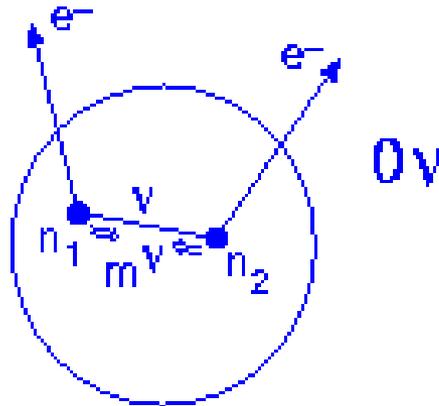
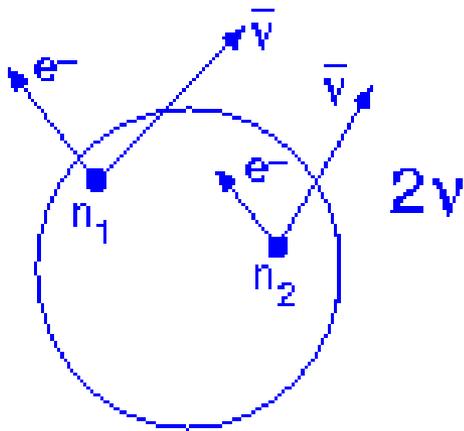
$0\nu\beta\beta$ ist nur möglich, wenn:

- Neutrinos Majorana-Teilchen sind!
- Sie Ihre Helizität wechseln können.



$0\nu\beta\beta$ -Zerfall

- $(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2 e^- + 2 \bar{\nu}_e$ $2\nu\beta\beta$
- $(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2 e^-$ 0ν

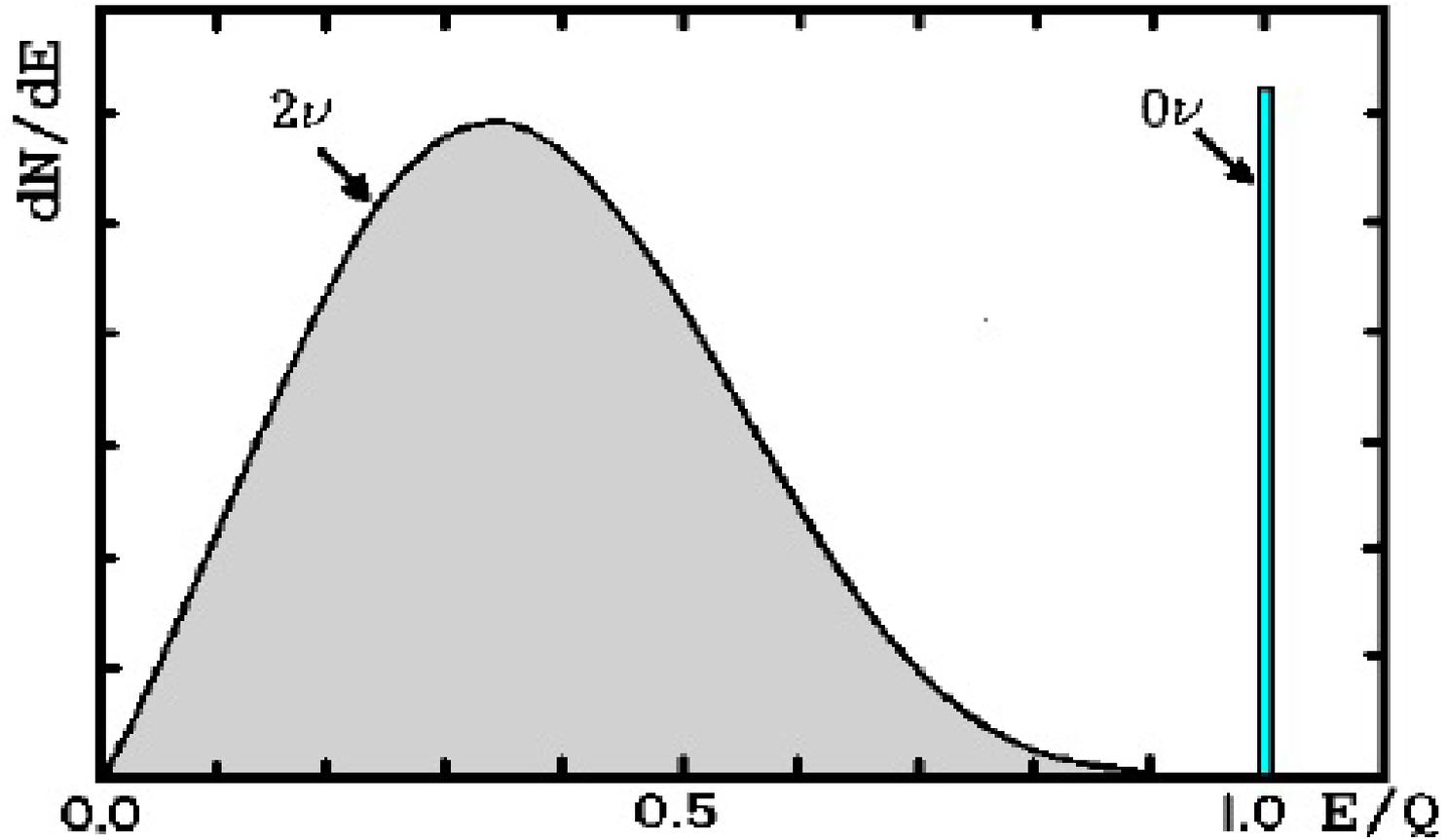


$0\nu\beta\beta$ ist nur möglich, wenn:

- Neutrinos Majorana-Teilchen sind!
- Sie Ihre Helizität wechseln können. \longrightarrow Masse!



$0\nu\beta\beta$ -Zerfall

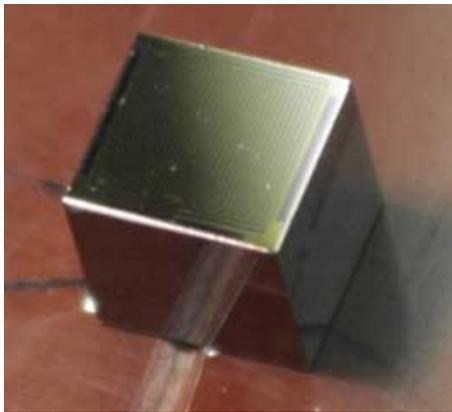




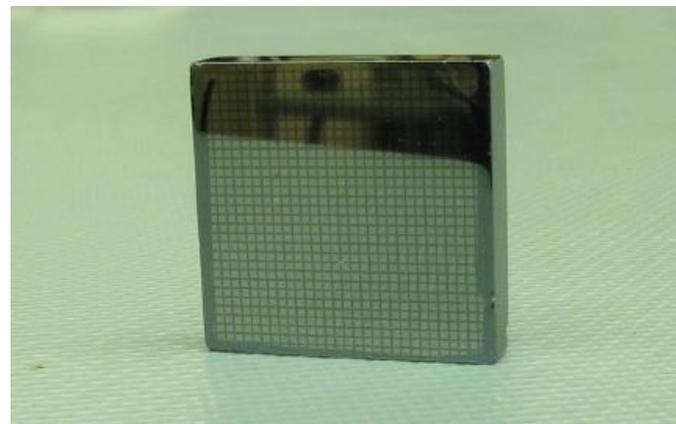
COBRA-Grundkonzept



Benutze grosse Mengen von CdZnTe-Halbleiterdetektoren



Detektoren mit
coplanarem Gitter
(CPG)



Pixellierte Systeme



Vorteile von CdZnTe



- Quelle = Detektor → große Masse
- Halbleiter → reines Material, gute Energieauflösung
- Betrieb bei Raumtemperatur → keine Kühlung
- Modulares Design → Koinzidenz Analyse
- Tracking: 'Solid state TPC'
- Kommerziell erhältlich → schnelle Verfügbarkeit



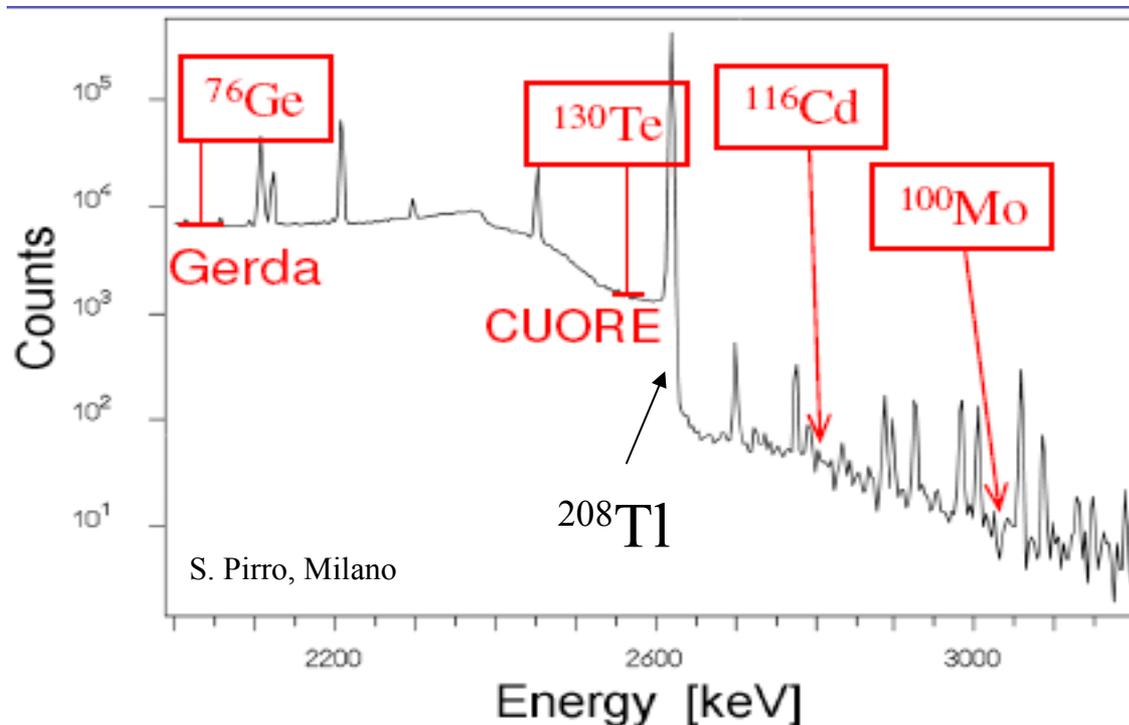
Vorteile von CdZnTe

In CdZnTe unterliegen 9 Isotope dem $\beta\beta$ -Zerfall:

^{130}Te : hohe natürliche Isotopenhäufigkeit (33,8%)

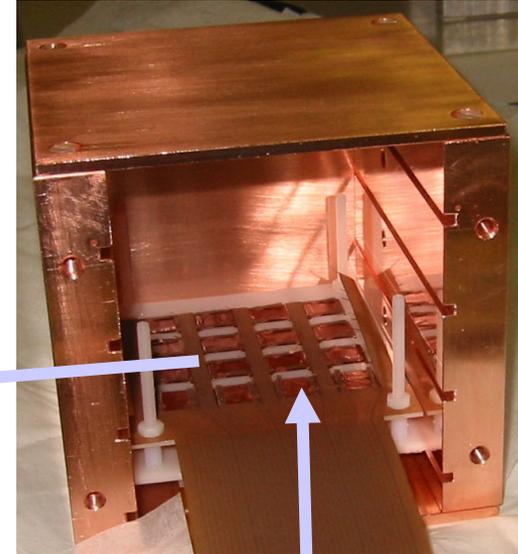
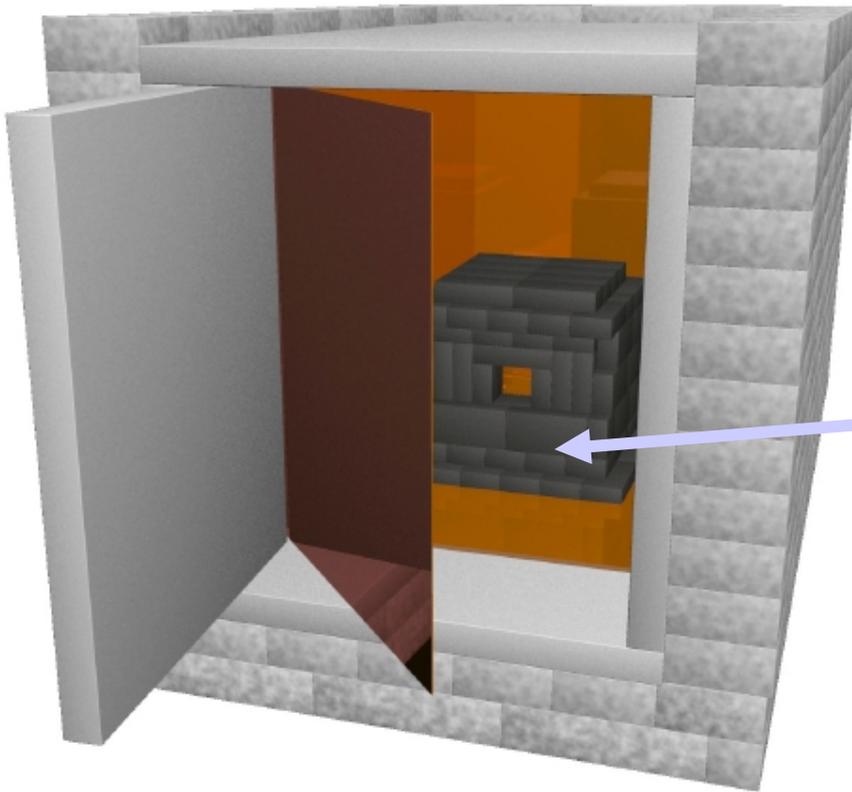
^{116}Cd : hoher Q-Wert (2809 keV), hohe Anreicherung möglich

^{106}Cd : $\beta^+\beta^+$ -Emitter, hoher Q-Wert (2771 keV)





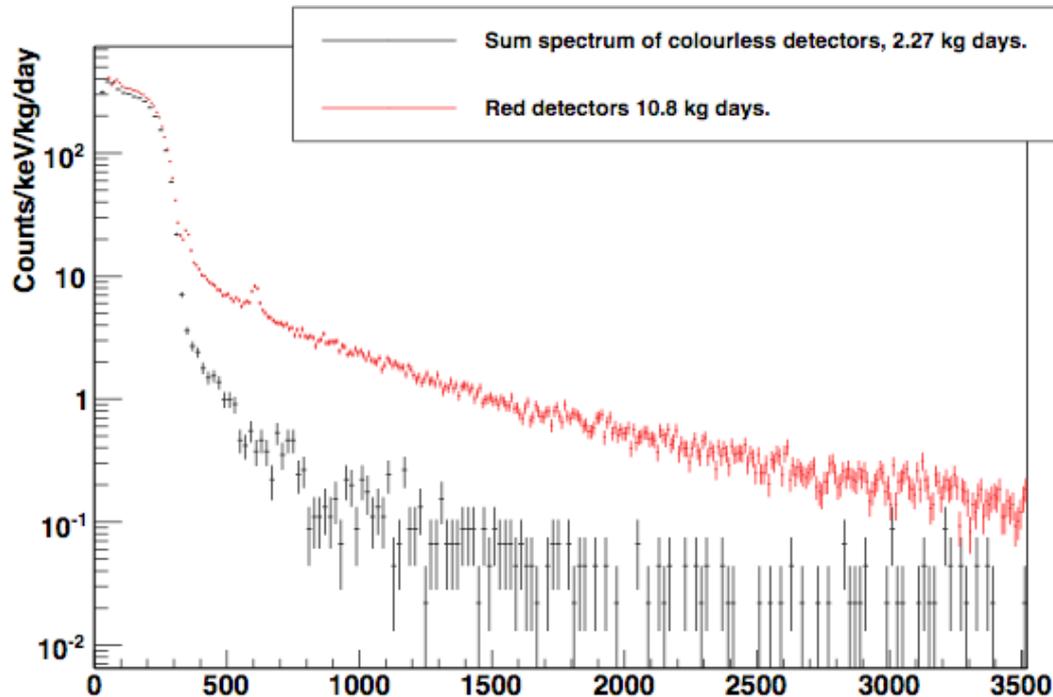
R&D-Aufbau im Gran Sasso Labor





Datennahme am LNGS

Daten von 16 roten CPGs: Untergrund durch Farbe und Radon
→ jetzt farblose CPGs (4+4) und Stickstoffspülung



Untergrund bei 2.8 MeV: ca. 5 Ereignisse/keV/kg/a !



Resultate $0\nu\beta\beta$ -Zerfall

6 Limits auf Halbwertszeiten über 10^{20} Jahren, 6 Limits nur Faktor 3 entfernt von Weltbesten

Isotope and Decay	Fit Range (MeV)	$T_{1/2}$ limit (years)	
		This work	Previous [14]
^{116}Cd to gs	2.2–3.2	9.4×10^{19}	3.14×10^{19}
^{130}Te to gs	2.2–3.2	5.0×10^{20}	9.92×10^{19}
^{130}Te to 536 keV	1.7–2.3	3.5×10^{20}	3.73×10^{19}
^{116}Cd to 1294 keV	1.2–1.8	5.0×10^{19}	4.92×10^{18}
^{116}Cd to 1757 keV	0.9–1.3	4.2×10^{19}	9.13×10^{18}
^{128}Te to gs	0.6–1.3	1.7×10^{20}	5.38×10^{19}
^{116}Cd to 2027 keV	0.5–1.2	2.8×10^{19}	1.37×10^{19}
^{116}Cd to 2112 keV	0.5–1.0	4.7×10^{19}	1.08×10^{19}
^{116}Cd to 2225 keV	0.5–1.0	2.1×10^{19}	9.46×10^{18}
^{130}Te to 1794 keV	0.5–1.2	1.9×10^{20}	3.1×10^{18} [15]
^{130}Te to 1122 keV	1.1–1.7	1.2×10^{20}	1.4×10^{19} [15]
^{114}Cd to gs	0.4–1.0	2.0×10^{20}	6.4×10^{18} [15]

Isotope and Decay	Fit Range (MeV)	$T_{1/2}$ limit (years)	
		This work	Previous [14]
^{64}Zn $\beta^+\text{EC}$ to gs	0.5–1.3	1.1×10^{18}	2.78×10^{17}
^{120}Te $\beta^+\text{EC}$ to gs	1.0–2.0	4.1×10^{17}	1.21×10^{17}
^{120}Te 2EC	0.8–2.0	2.4×10^{16}	2.68×10^{15}
^{120}Te 2EC to 1171 keV	0.6–2.0	1.8×10^{16}	9.72×10^{15}
^{106}Cd $\beta^+\beta^+$ to gs.	0.5–2.0	2.7×10^{18}	4.50×10^{17}
^{106}Cd $\beta^+\text{EC}$ to gs	1.5–3.0	4.7×10^{18}	7.31×10^{18}
^{106}Cd 2 EC to gs	2.0–3.0	1.6×10^{17}	5.7×10^{16}
^{106}Cd $\beta^+\beta^+$ to 512 keV	0.6–1.5	9.4×10^{17}	1.81×10^{17}
^{106}Cd $\beta^+\text{EC}$ to 512 keV	0.8–2.0	4.6×10^{18}	9.86×10^{17}

Basierend auf 18 kg d Daten:
J.V. Dawson et al., Phys. Rev. C 80, 025502 (2009)





LNGS-Aktivitäten



- Neue Ausleseelektronik
- FADC → Pulseform-Analysen möglich
- Umzug in die Heidelberg-Moskau-Hütte (im April)
→ verbesserte Abschirmung
- 64 CPGs bis Ende des Jahres
- Aktives CsI-Veto geplant



LNGS-Aktivitäten



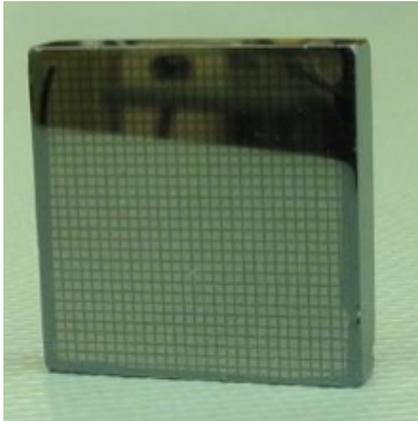
- Neue Ausleseelektronik
- FADC → Pulseform-Analysen möglich
- Umzug in die Heidelberg-Moskau-Hütte (im April)
→ verbesserte Abschirmung
- 64 CPGs bis Ende des Jahres
- Aktives CsI-Veto geplant

Vortrag von Oliver Schulz!



Pixel-Detektoren

3 verschiedene Detektortypen im Test am LNGS

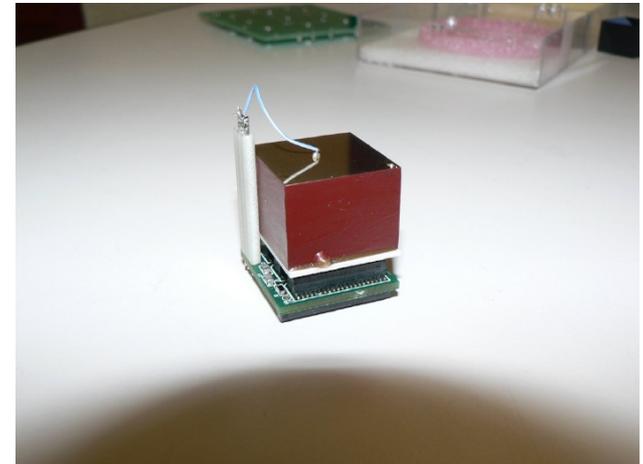


WUSTL 20x20x5 mm³ Systeme:

8x8 Pixel
32x32 Pixel
100x100 Pixel

Entwickelt an der Washington University in Saint Louis (WUSTL) unter Henric Krawczynski.

Weltgrößter CZT Detektor = 36 g in Zusammenarbeit mit Zhong He (Univ. of Michigan)



Timepix Systeme:

14x14x0.3 mm³ Si (2 Systeme)
14x14x1 mm³ CdTe (2 Systeme)
256x256 systems
128x128 systems

System mit 2mm³
Dicke in Vorbereitung

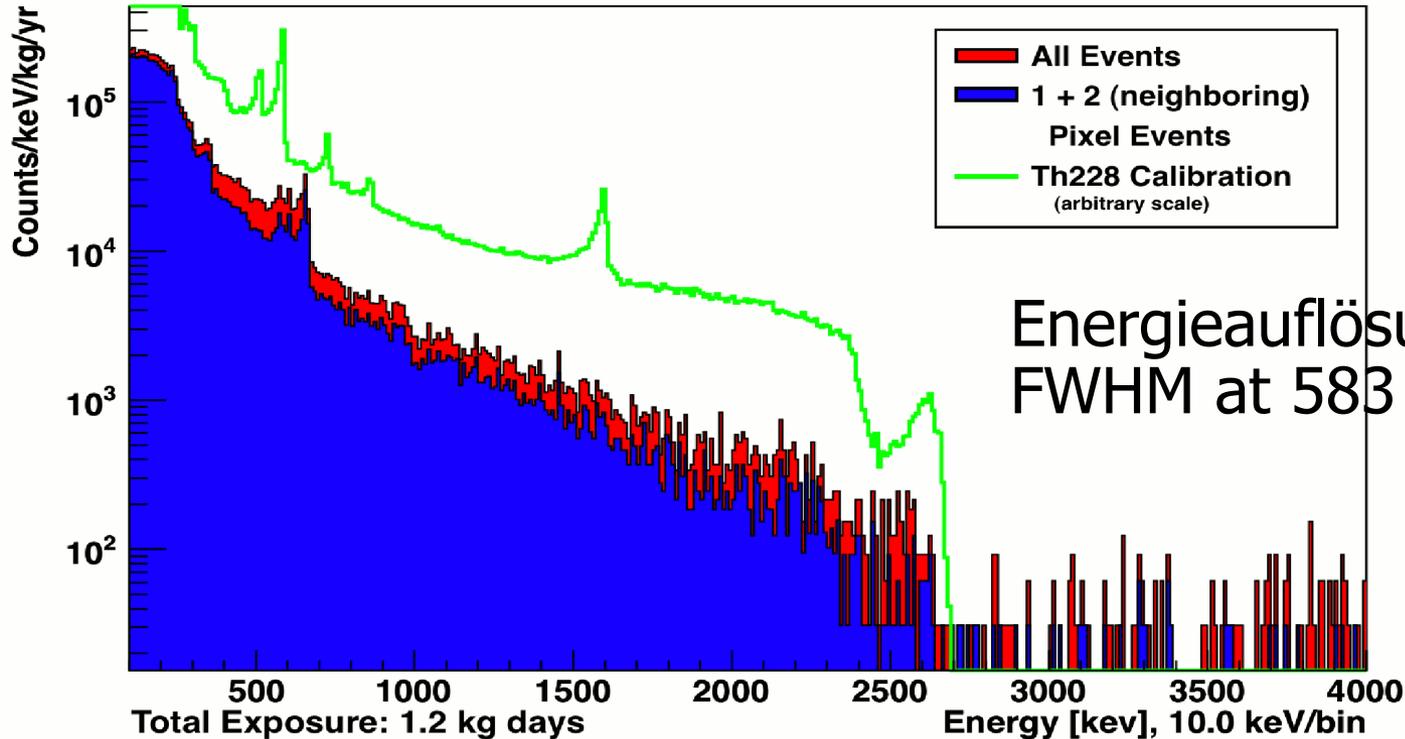
Polaris System:

20x20x15 mm³
11x11 Pixel
Bis zu 40 Schichten in z durch
Pulsinformationen



WUSTL

8x8 Pixel



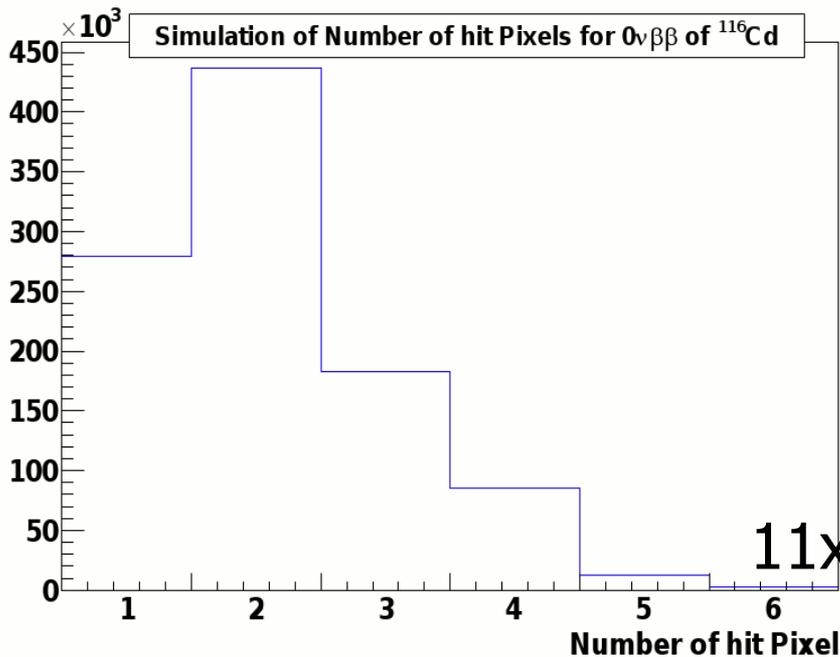
Cut: einzelner Pixel oder zwei benachbarte
→ Untergrund im Peakbereich auf weniger
als 50% reduziert



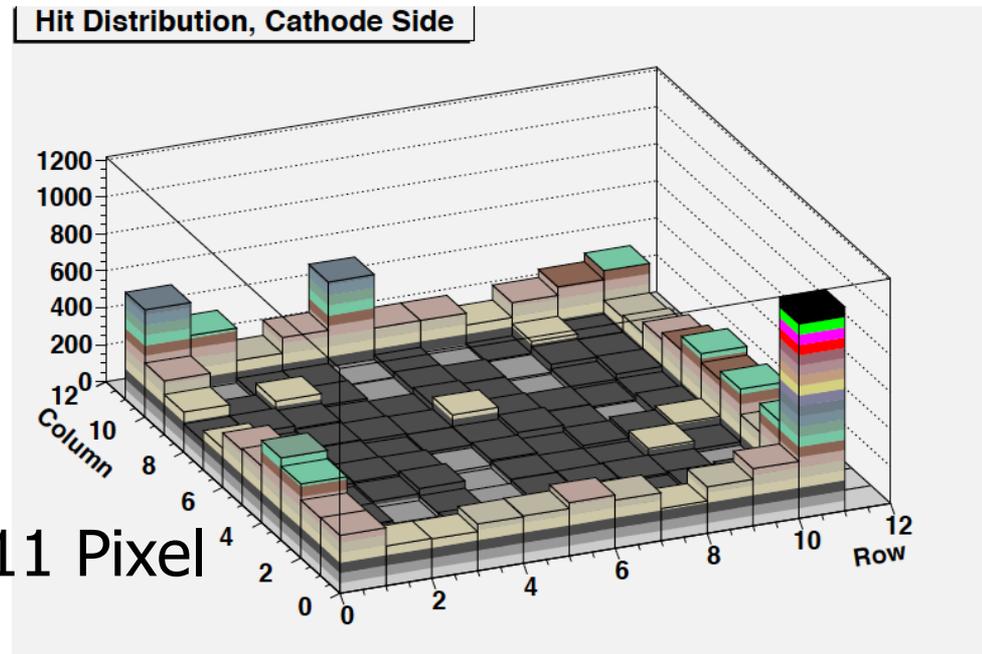
Polaris System



Schon geringe Pixelzahl reduziert Untergrund stark!



→ Cut auf 1-2 Hits



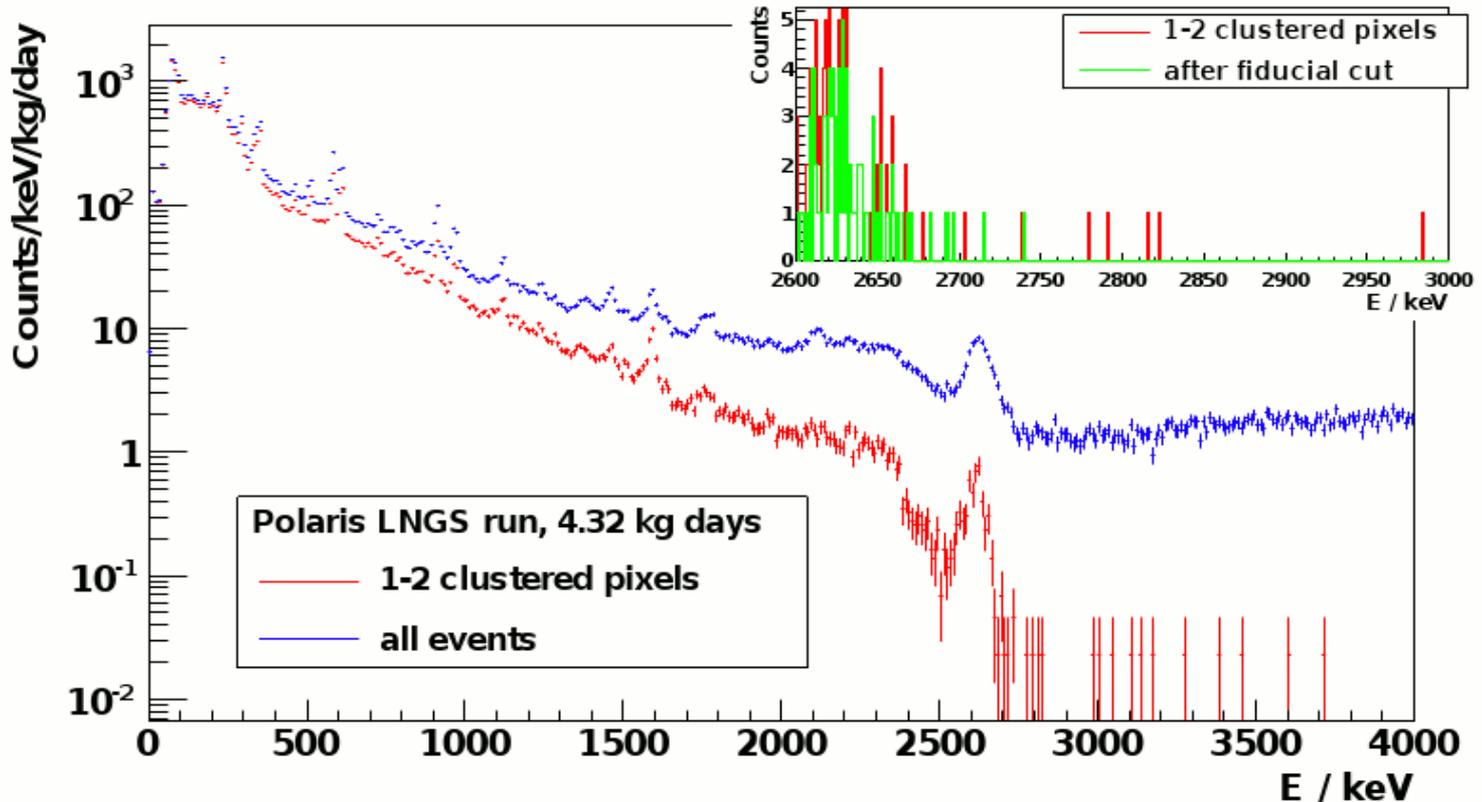
→ Cut auf Randpixel

11x11 Pixel



Polaris System

Energieauflösung: 5.16 keV FWHM at 662 keV (0.78%)



Kein Signal oberhalb von 2,75 MeV innerhalb von 125 Tagen
→ 0.9 Ereignisse/keV/kg/a

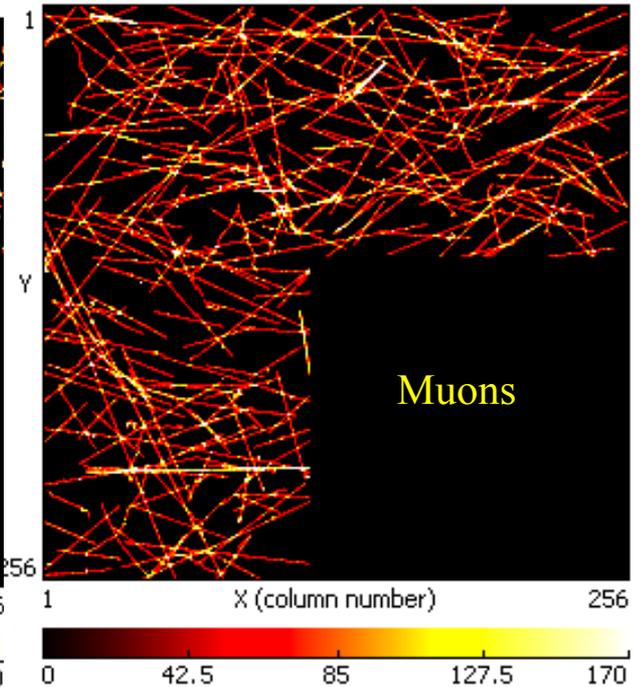
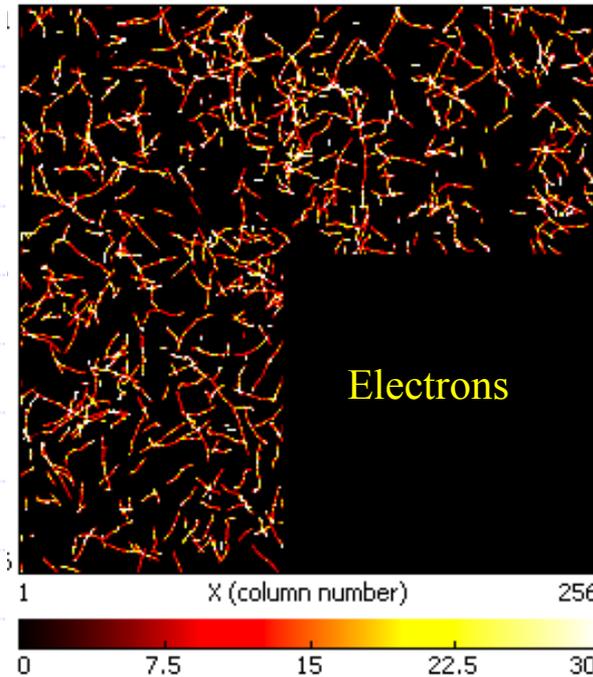
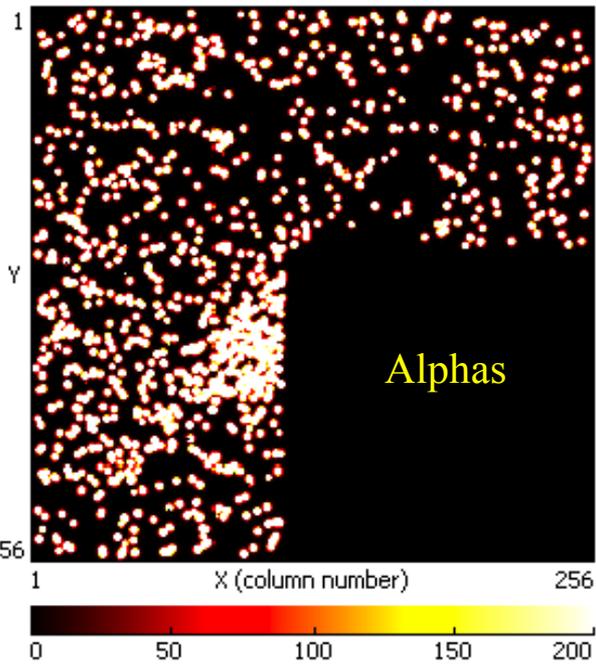
Obwohl der Detektor nicht auf radioaktive Reinheit optimiert wurde.





Timepix

256x256 Pixel, 55 μ m

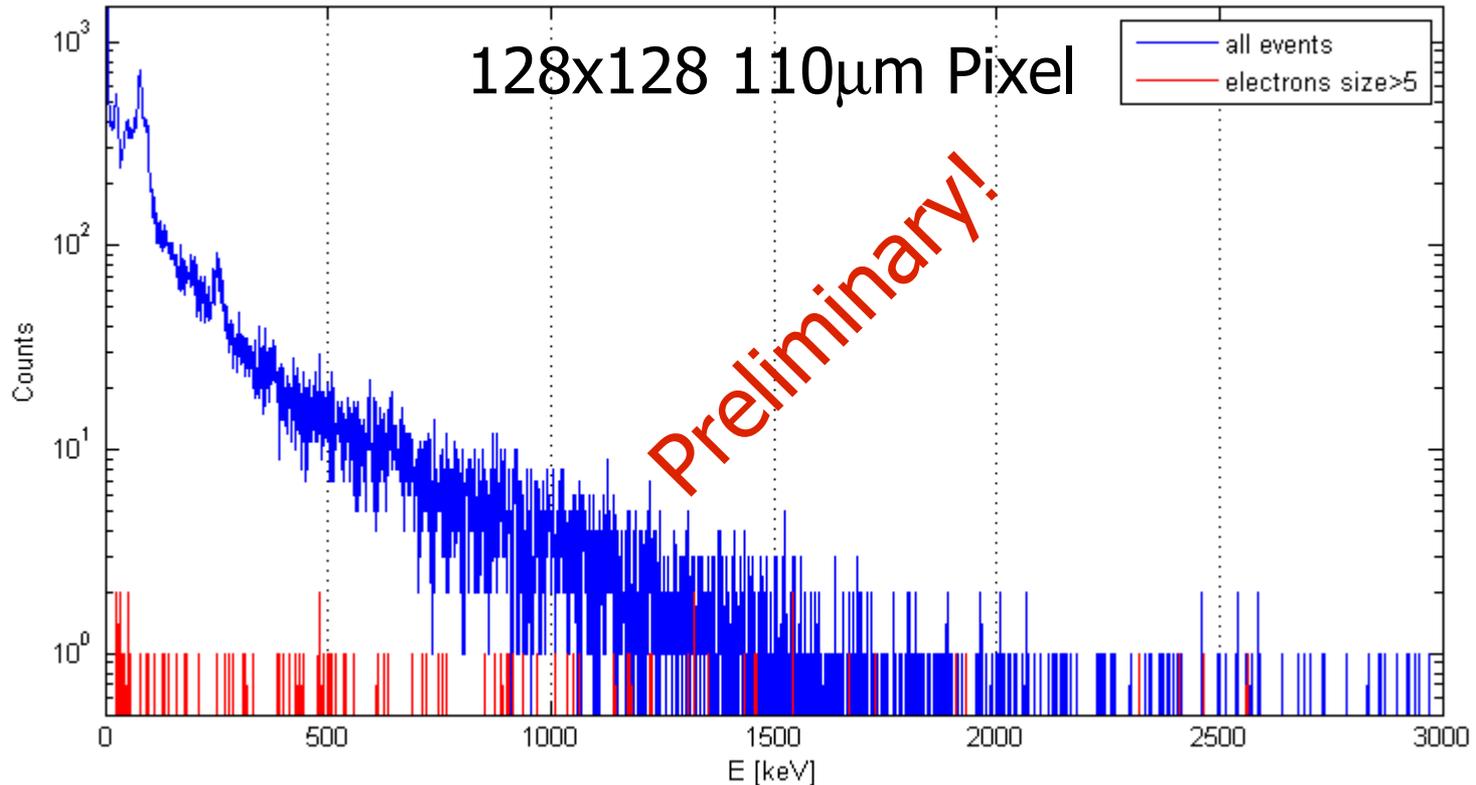


Teilchenidentifikation zur Reduktion des Untergrunds funktioniert!





Timepix am LNGS

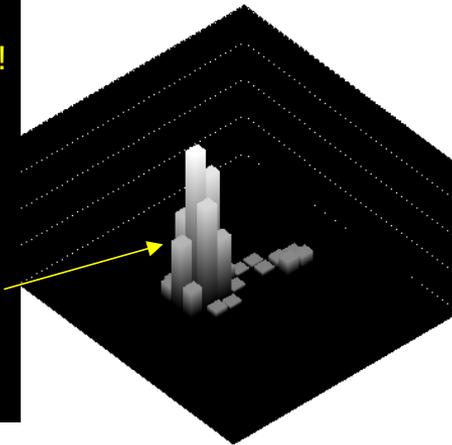
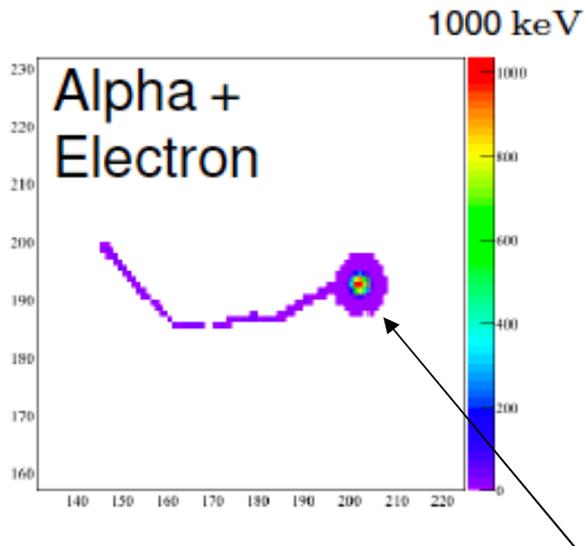


Cut auf die Linearität von Pixelclustern und Clustergröße.
→ Alphas, Gammas and Muonen sollen verschwinden!
Aber: Alphas zu identifizieren ist einfach, Elektronen nicht.
→ Wird weiter studiert!



Timepix Simulation

55 μm Pixel

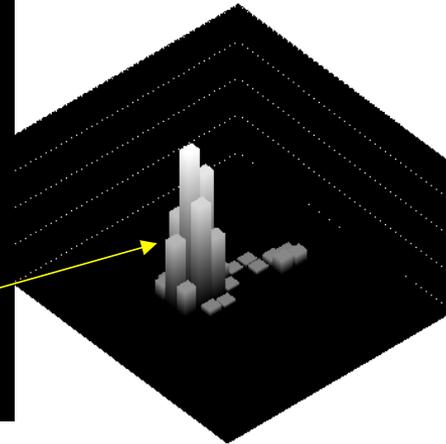
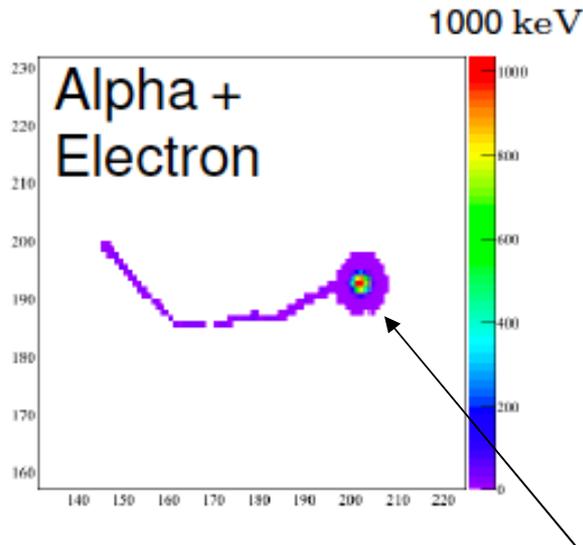


- Sehr detaillierte Simulation vorhanden
- Wird genutzt zur:
Sensitivitätsabschätzung
Analysen zur Identifikation von $0\nu\beta\beta$ -Zerfall



Timepix Simulation

55 μm Pixel



- Sehr detaillierte Simulation vorhanden
- Wird genutzt zur:

Sensitivitätsabschätzung

Analysen zur Identifikation von $0\nu\beta\beta$ -Zerfall

→ Vortrag von Thomas Gleixner



Andere Aktivitäten



- Betrieb in Flüssigszintillator
- Kristallzucht
- Materialuntersuchungen auf radioaktive Reinheit
- Anreicherung mit ^{116}Cd
- Charakterisierung von Detektor/Kristallen



Andere Aktivitäten

- Betrieb in Flüssigszintillator
- Kristallzucht
- Materialuntersuchungen auf radioaktive Reinheit
- Anreicherung mit ^{116}Cd
- Charakterisierung von Detektor/Kristallen

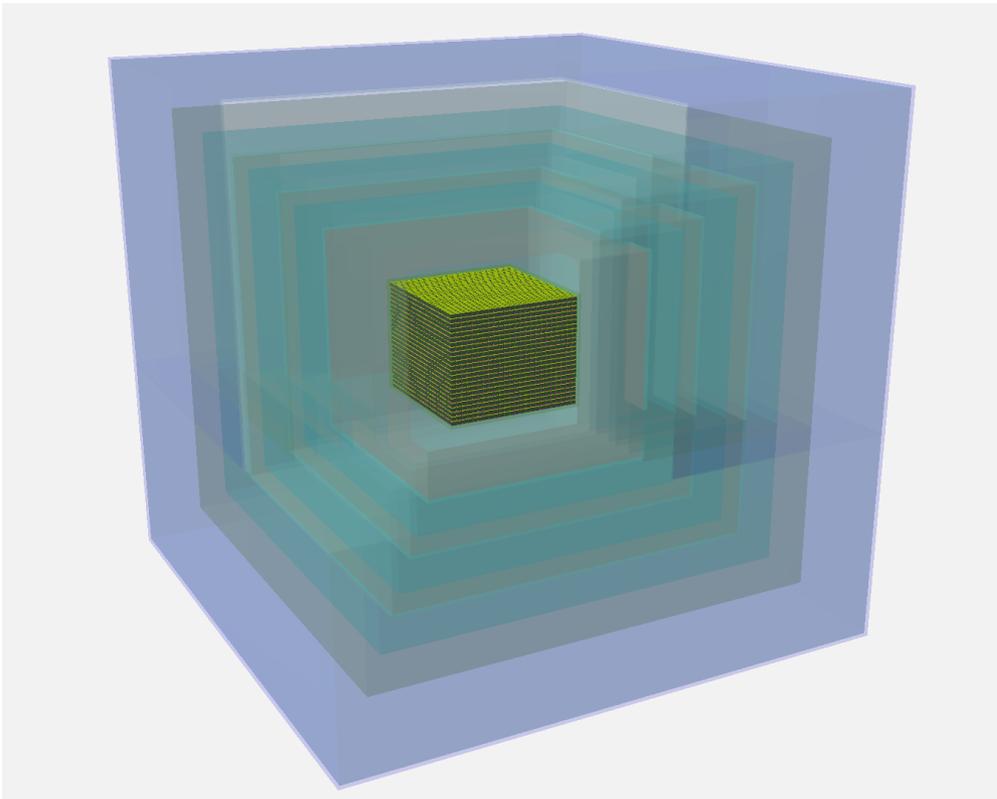
→ Vorträge von:
Arnd Sörensen
Mykhaylo Filipenko



Ausblick



64000 Detektoren mit 1cm^3
Volumen



Um sensitive auf Halbwertszeiten von 10^{26} Jahre zu sein, benötigt es 420kg CnZnTe, angereichert mit ^{116}Cd .

Abschirmung und andere Möglichkeiten den Untergrund zu reduzieren (+Pixel) müssen einen Untergrund von weniger als 10^{-3} Ereignisse/kg/keV/a erreichen!

Technischer Designreport geplant für Ende 2012!



Zusammenfassung



- COBRA: Experiment zum $0\nu\beta\beta$ -Zerfall von ^{116}Cd
- Erste Ergebnisse vielversprechend
- Große Fortschritte erreicht bzw. erwartet für 2010/11
- Pixel-Detektoren erlauben Teilchenidentifikation
→ massive Untergrundreduktion möglich



Zusammenfassung

- COBRA: Experiment zum $0\nu\beta\beta$ -Zerfall von ^{116}Cd
- Erste Ergebnisse vielversprechend
- Große Fortschritte erreicht bzw. erwartet für 2010/11
- Pixel-Detektoren erlauben Teilchenidentifikation
→ massive Untergrundreduktion möglich

Einzigartig in diesem Feld der Physik!



Zusammenfassung

- COBRA: Experiment zum $0\nu\beta\beta$ -Zerfall von ^{116}Cd
- Erste Ergebnisse vielversprechend
- Große Fortschritte erreicht bzw. erwartet für 2010/11
- Pixel-Detektoren erlauben Teilchenidentifikation
→ massive Untergrundreduktion möglich

Einzigartig in diesem Feld der Physik!

Technischer Designreport geplant für Ende 2012!



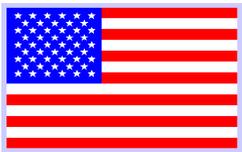
Kollaboration



Technical University Dresden
Technical University Dortmund
Material Research Centre
Freiburg
University of Erlangen-Nürnberg
University of Hamburg



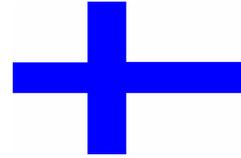
Laboratori Nazionali del
Gran Sasso



Washington University at
St. Louis



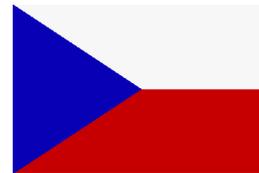
University of Bratislava



University of Jyvaskyla



University of La Plata



Czech Technical
University Prague



JINR Dubna



Andere COBRA-Vorträge



- Arnd Sörensen: **Korrektur des Ladungsverlustes durch orts aufgelöste Bestimmung der Detektor-Effizienz an COBRA-CZT-CPG Detektoren**, T 61.9 Mo 18:45 30.21: 001
- Thomas Gleixner: **Identifikation von Doppel-Beta Ereignissen mit pixelierten CdTe Halbleiter Detektoren für COBRA**, 17:20 hier!
- Oliver Schulz: **Pulsform-Analyse von CdZnTe CPG Detektoren am COBRA-Experiment**, 17:35 hier!
- Mykhaylo Filipenko: **Charakterisierung von Timepix-Halbleiterdetektoren mit CdTe als Sensormaterial**, T 108.5 Fr 15:05 30.95: 121
- Jan Horst Karl Timm: **γ -Spektroskopie im HERA-Tunnel**, T 108.6 Fr 15:20 30.95: 121



Sicherheits Folien:



$$T_{1/2}^{0\nu} \propto \alpha \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{M \cdot t}{\Delta E \cdot B}}$$