

# Gasgefüllter Röntgendetektor mit InGrid als Auslese

DPG Frühjahrstagung 2011

**Christoph Krieger**, Yevgen Bilevych, Klaus Desch,  
Jochen Kaminski

Universität Bonn

29. März 2011

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

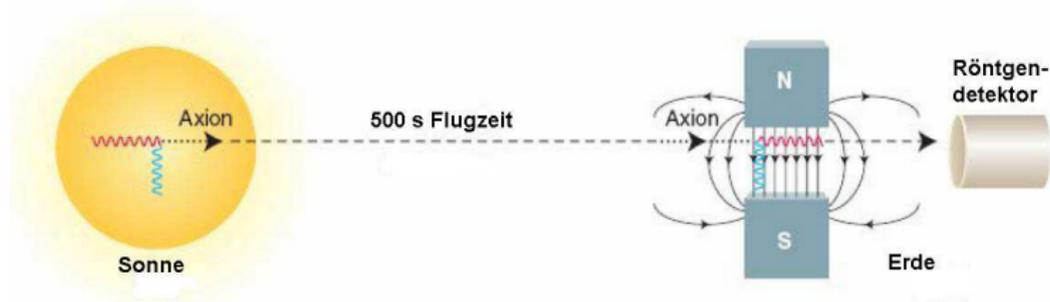


# Motivation

- ▶ Röntgendetektor
  - ▶ Gute Energieauflösung
  - ▶ Diskriminierung von Untergrundereignissen mit Hilfe einer guten Ortsauflösung
- ▶ Mögliche Anwendungen:
  - ▶ Experimente mit geringen Ereignisraten  
→ Axionensuche, z.B. CAST
  - ▶ Medizinische Anwendungen

# CAST

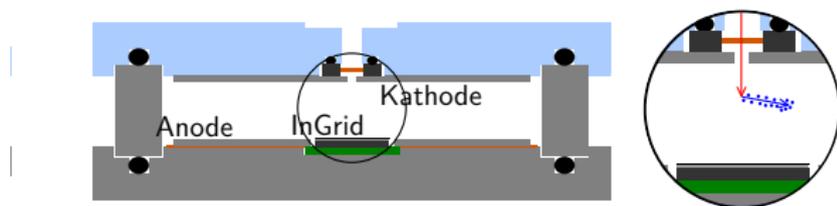
- ▶ Nachweis von Axionen über umgekehrten Primakoff-Effekt
- ▶ Starker Magnet wird für 3h pro Tag auf Sonne gerichtet
- ▶ Röntgendetektoren: Micromegas, Röntgenteleskop + pnCCD



# Anforderungen an den Detektor

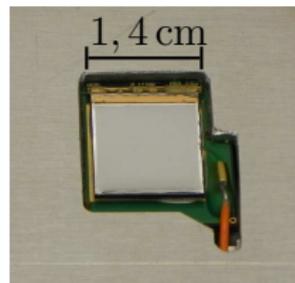
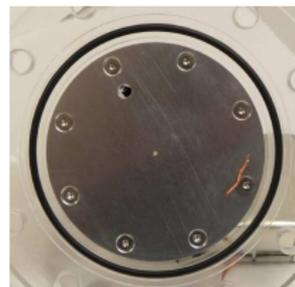
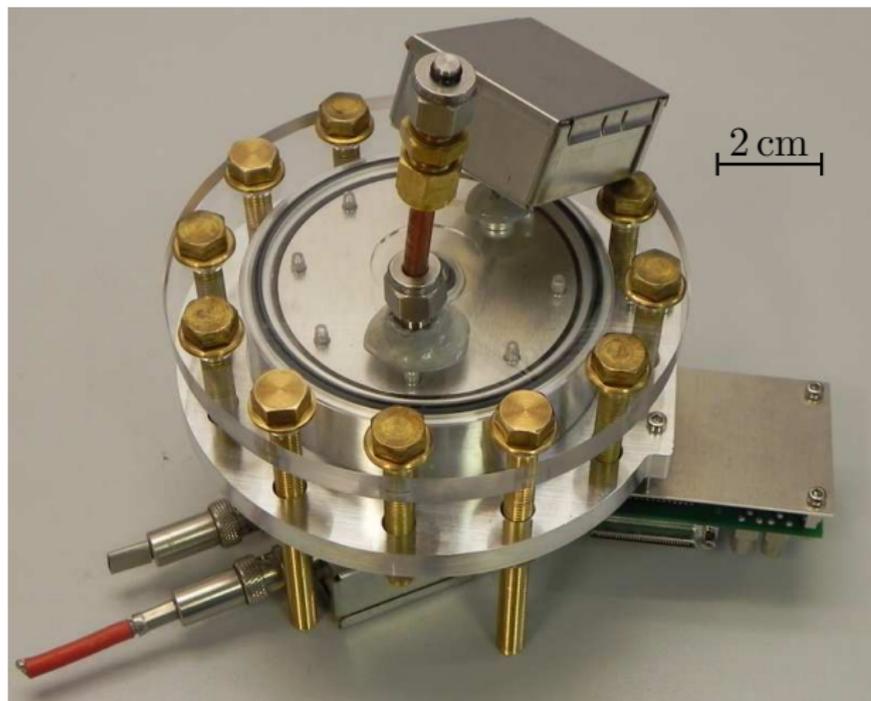
- ▶ Materialanforderungen
  - ▶ Geringe radioaktive Verunreinigungen
    - Plexiglas, Aluminium, Kapton
  - ▶ Kupfer besitzt Fluoreszenzlinie bei 8,1 keV
    - So wenig Kupfer wie möglich innerhalb des Detektors
  - ▶ Betrieb in starkem Magnetfeld
    - Keine magnetischen Materialien
  - ▶ Hohe Ionsationsdichte
    - Xenon bei 2 bar Druck
- ▶ Mechanische Anforderungen
  - ▶ Gasdichtigkeit, kleines Volumen
  - ▶ Fenster für Röntgenstrahlung

# Röntgendetektor

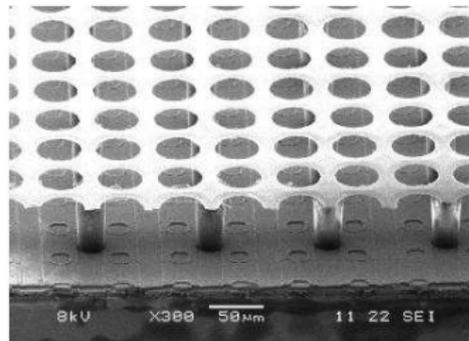
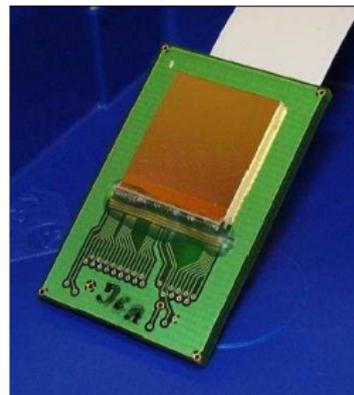


- ▶ Röntgenphoton konvertiert im Detektor über Photoeffekt
- ▶ Emission des Photoelektrons vorzugsweise senkrecht zur Einfallrichtung des Photons
- ▶ Photoelektron verliert Energie durch Ionisation und wird gestoppt  
Reichweite:  $\sim 1,6$  mm (Helium:CO<sub>2</sub> 70:30 bei 5,9 keV)
- ▶ Sekundärelektronen driften zur Ausleseebene und werden im InGrid vervielfacht und detektiert

# Der Detektor



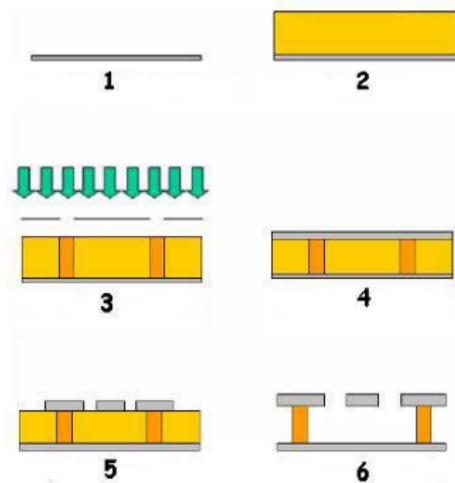
- ▶ Timepix-Chip mit integriertem Micromegas
- ▶ Timepix: 256 x 256 Pixel, 55  $\mu\text{m}$  Pixelgröße
- ▶ Betrieb in einem von vier Modi  
→ für Röntgendetektor relevant: TOT



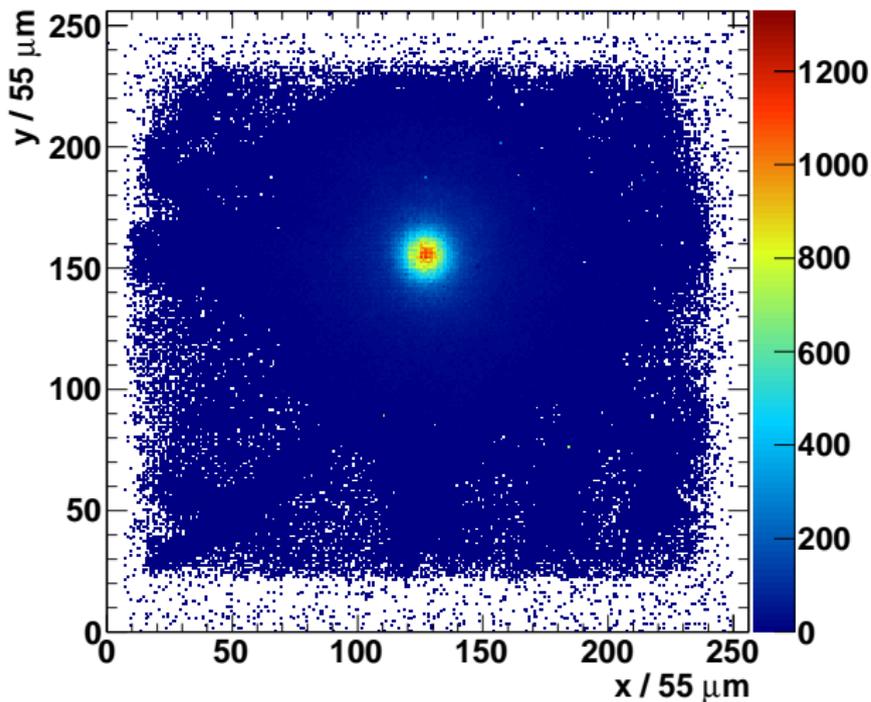
- ▶ Gasverstärkung direkt über den Pixeln
- ▶ Löcher des Gitters an den Pixeln ausgerichtet
- ▶ Nachweis von einzelnen Elektronen möglich

# InGrid - Produktion

1. Aufbringen einer  $8\ \mu\text{m}$   $\text{Si}_x\text{N}_y$ -Schicht auf Timepix
2. Auftragen von SU-8 ( $50\ \mu\text{m}$ )
3. Belichten des SU-8 mit Maske
4. Aufbringen der Metallschicht ( $1\ \mu\text{m}$  Aluminium)
5. Strukturieren der Metallschicht
6. Entwickeln des SU-8 und Auswaschen der Zwischenräume

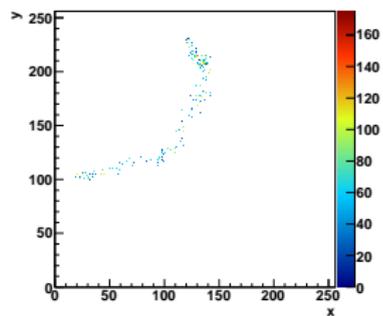
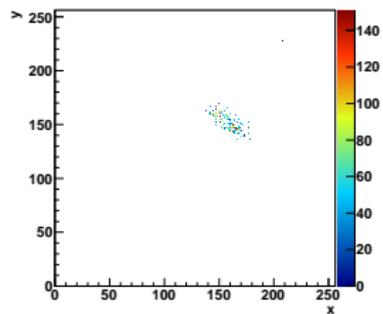
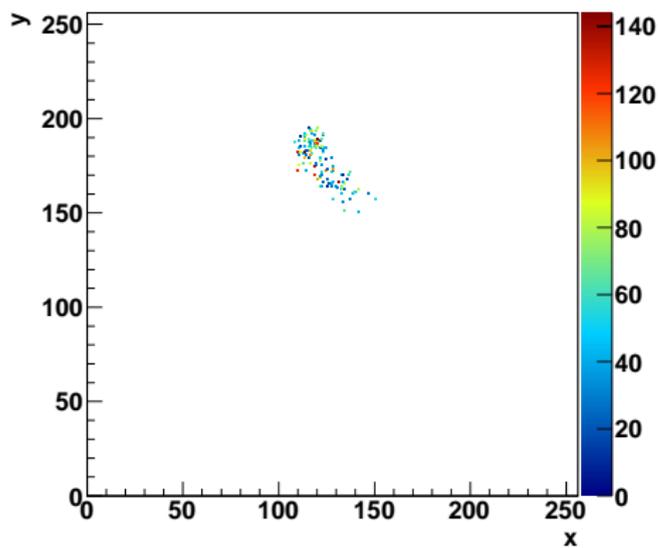


- ▶ Bisher: Fertigung nur von einzelnen InGrids
- ▶ Produktion auf Waferlevel ist in Entwicklung



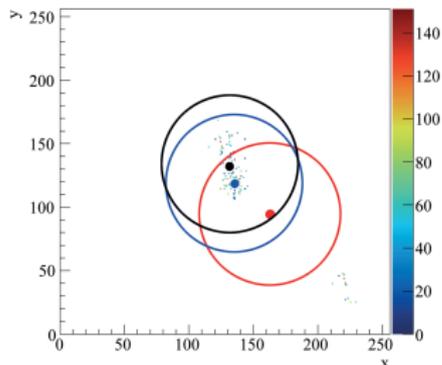
- ▶ Position der  $^{55}\text{Fe}$ -Quelle deutlich erkennbar
- ▶ Effekte der Feldverzerrungen an den Rändern erkennbar

# Ereignisse



# Datenanalyse

- ▶ Analyse der Daten erfolgt mit dem Analyse-Framework MarlinTPC

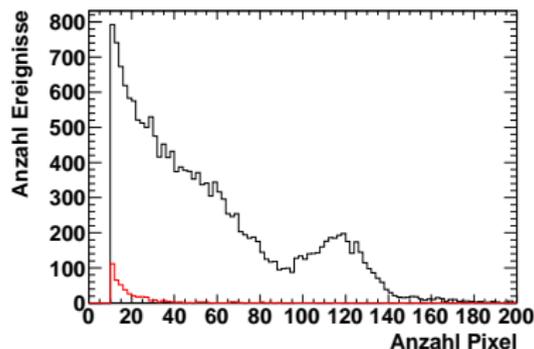


- ▶ Berechnung des **Mittelpunktes** über alle Pixel
  - ▶ **Kreis** um Mittelpunkt, Neuberechnung
  - ▶ **Kreis** um neuen **Mittelpunkt**, Neuberechnung
  - ▶ **Kreis** um neuen **Mittelpunkt**, usw. solange bis Mittelpunkt sich nicht mehr verschiebt
  - ▶ Ereignisse mit unter 10 Pixeln werden verworfen
- ▶ Schnitt auf Position des rekonstruierten Mittelpunktes

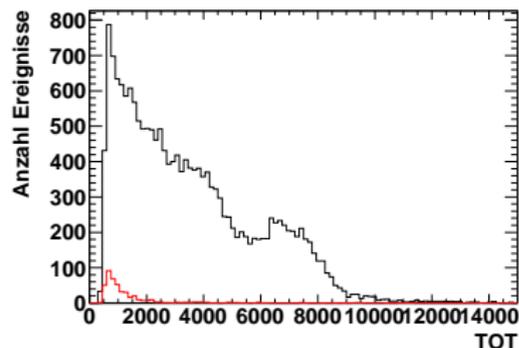
# Einstellungen

- ▶ Messungen mit  $^{55}\text{Fe}$ -Quelle
- ▶ Belichtungszeit 1,0 s bzw. 0,5 s
- ▶ Gasdruck: 20 mbar über Atmosphärendruck
- ▶ Argon:Isobutan 95:5  
Überschläge an den Kanten des Chips ab 265 V
- ▶ Helium:Isobutan 95:5  
Stabiler Betrieb bei 360 V  
bisher nur Messungen mit 1 cm Driftstrecke
- ▶ Helium:CO<sub>2</sub> 70:30  
Stabiler Betrieb bei 480 V, Überschläge ab 490 V

# Ergebnisse - Helium:Isobutan 95:5

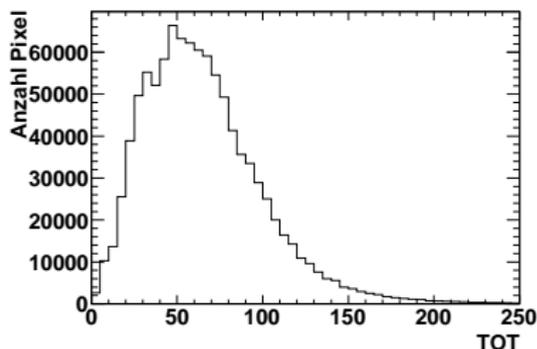


TOT pro Ereignis

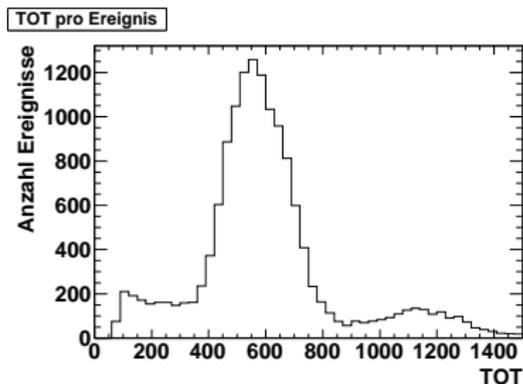
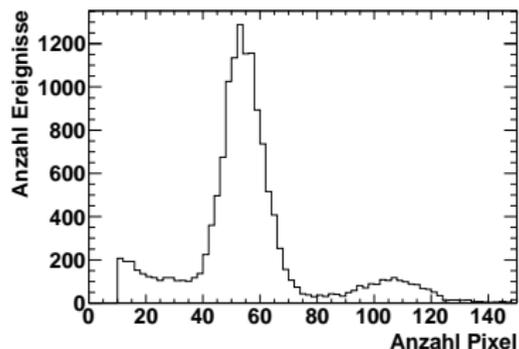


- ▶ **Skalierter Untergrund**
- ▶ 1 cm Driftstrecke, geringe Diffusion
- ▶ Gasverstärkung zu niedrig
- ▶ zu kurze Absorbtiionsstrecke

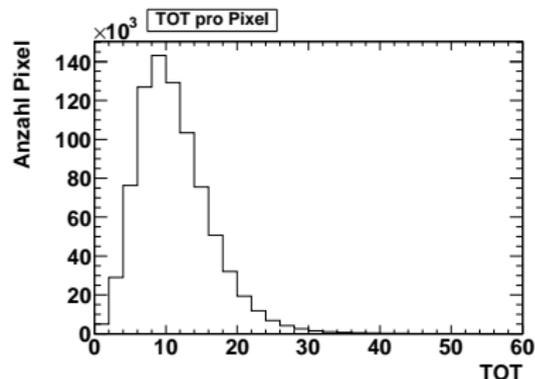
TOT pro Pixel



## Ergebnisse - Helium:CO<sub>2</sub> 70:30



- ▶ Geringe Effizienz
- ▶ Gasverstärkung viel zu niedrig
- ▶ Häufungen in den Spektren deutlich erkennbar



# Zusammenfassung und Ausblick

## Zusammenfassung

- ▶ Gasgefüllter Röntgendetektor konnte erfolgreich in Betrieb genommen werden
- ▶ Erste Messungen sind vielversprechend

## Nächste Schritte

- ▶ Verbesserung der Abschirmung: Metallbox und Bleiklötze
- ▶ Messungen mit Helium:Isobutan 95:5 bei 2 cm Driftstrecke
- ▶ Messungen mit anderen Gasmischungen und höherem Gasdruck
  - ▶ Argon bzw. Helium mit Methan
  - ▶ Argon:CO<sub>2</sub> 70:30
  - ▶ Xenon
- ▶ Verbesserung der Analyse und Diskriminierung von Untergrundereignissen

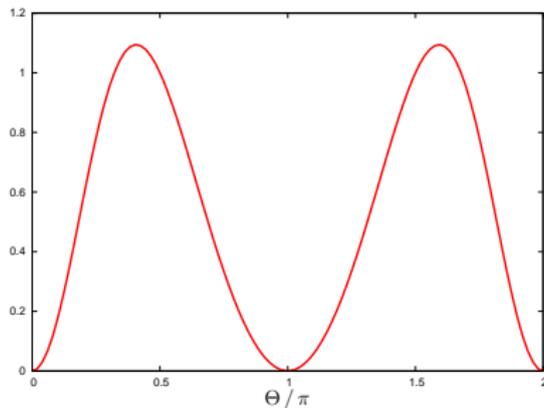
# Backup

# Wirkungsquerschnitt - Photoeffekt

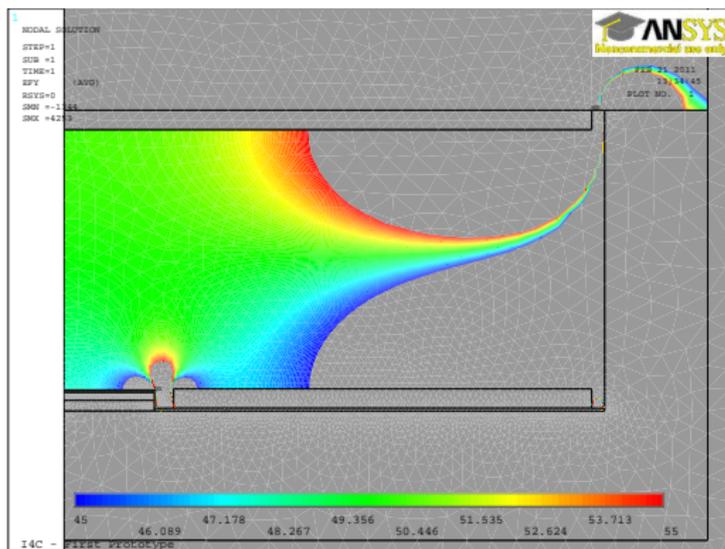
- ▶ Elektronen aus der K-Schale

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = r_0^2 \alpha^4 Z^5 \left( \frac{m_e c^2}{E} \right)^{\frac{7}{2}} \frac{4\sqrt{2} \sin^2 \Theta \cos^2 \phi}{(1 - \beta \cos \Theta)^4}$$

- ▶ Bevorzugte Emission senkrecht zur Einfallrichtung des Photons
- ▶  $E = 5,9 \text{ keV} \rightarrow \beta \approx 0,15$



# Ansys-Simulation



- ▶ Feldverzerrungen an den Chipkanten
- ▶ aber: keine Spurrekonstruktion, keine Driftzeitmessung, daher irrelevant