

Spiegelladungen in segmentierten Germaniumdetektoren



Allen Caldwell, Bela Majorovits,
Xiang Liu, Jozsef Janicsko,
Jing Liu, Daniel Lenz und Sabine
Hemmer*,
*Max-Planck-Institut für Physik,
München*



Spiegelladungen in segmentierten Germaniumdetektoren

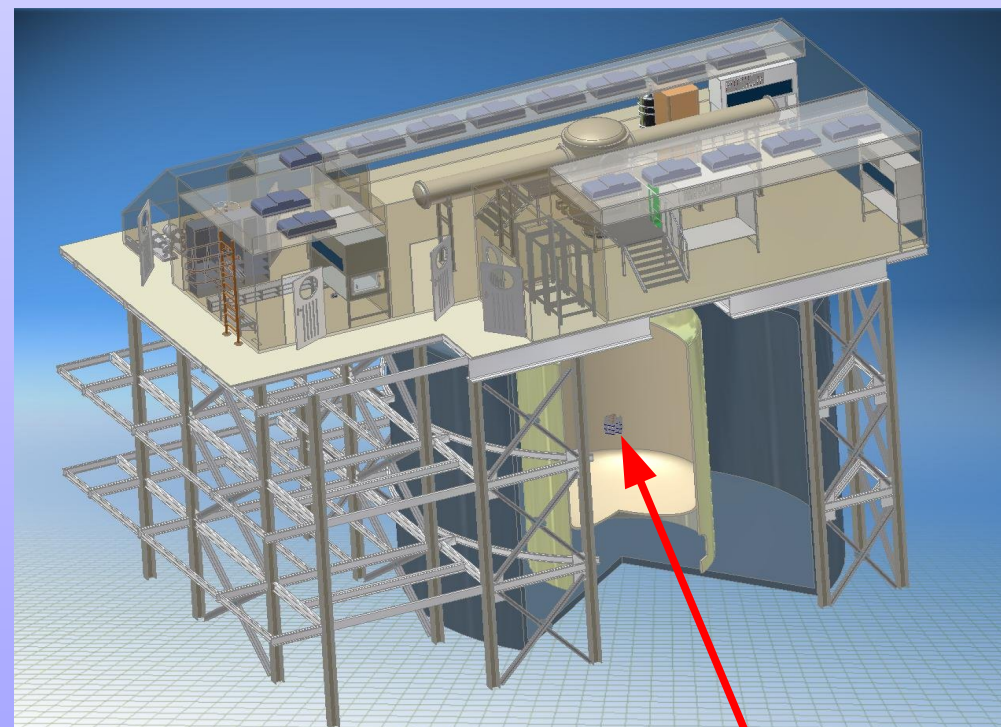
Übersicht

- ◆ Germaniumdetektoren und ihre Segmentierung
- ◆ Spiegelladungen
 - ◆ Was ist eine Spiegelladung?
 - ◆ Wozu kann man die Spiegelladung verwenden?
 - ◆ Simulation und Daten
- ◆ Zusammenfassung

Germaniumdetektoren

Germaniumdetektoren zur Suche nach neutrinolosem Doppelbetazerfall

GERmaniumDetectorArray (GERDA)

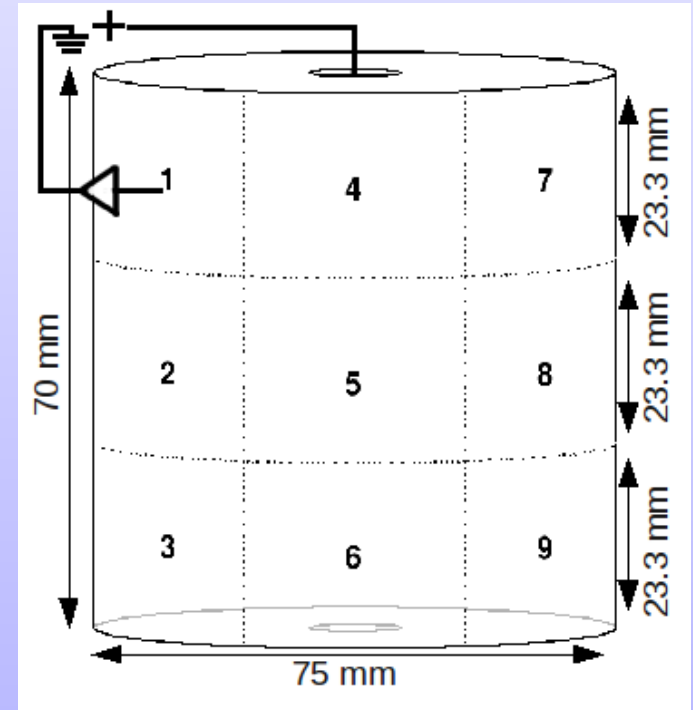
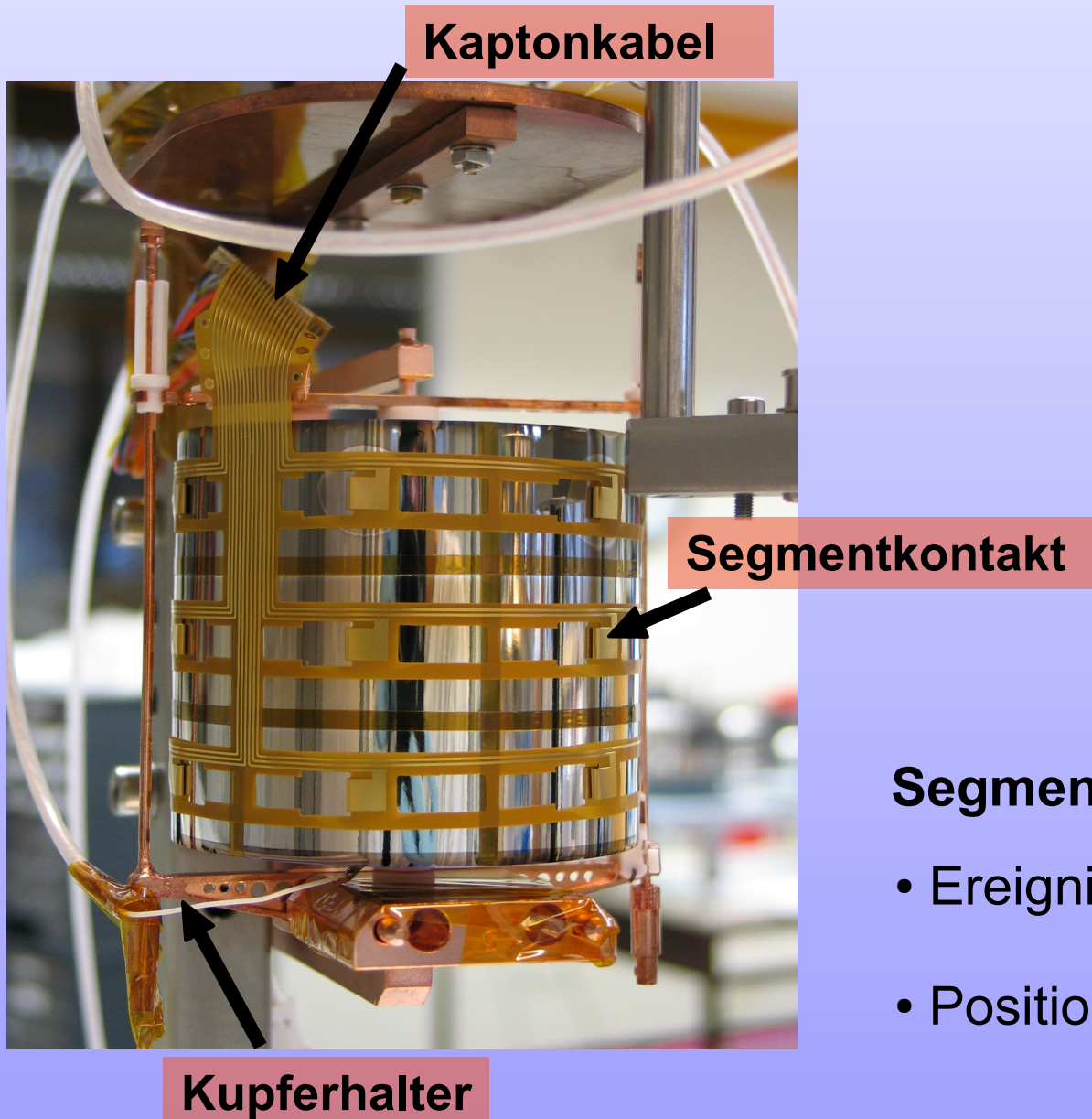


Germaniumdetektoren

Warum Germaniumdetektoren?

- Sehr gute Energieauflösung
- Große aktive Volumina möglich aufgrund der hohen Reinheit (HPGe-Detektoren)
- Detektor = Quelle
- Segmentierung möglich
 - Erkennen von Untergrund

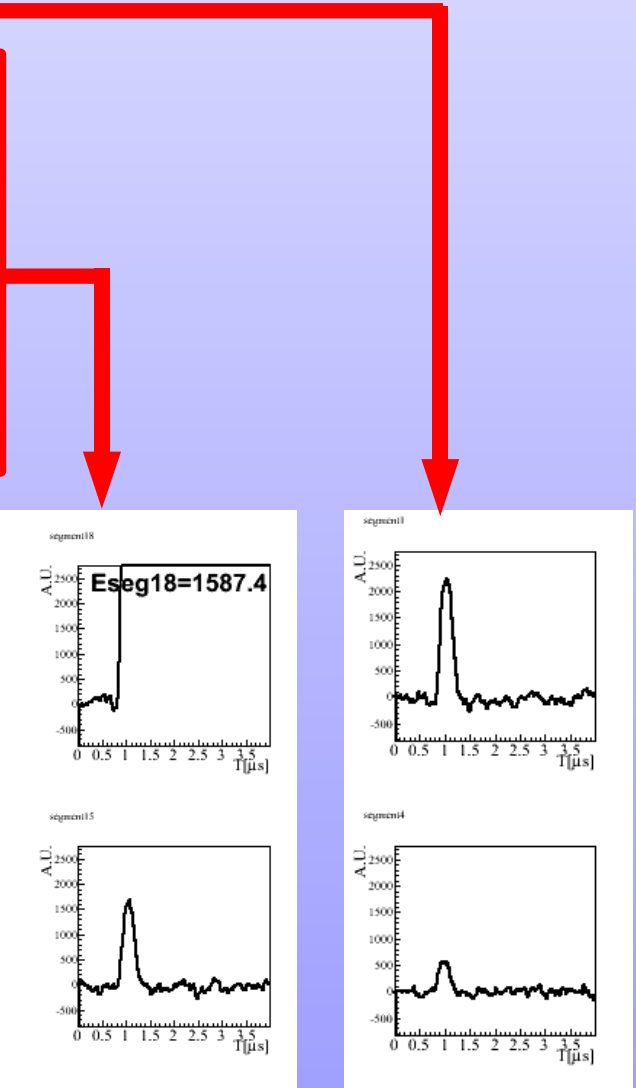
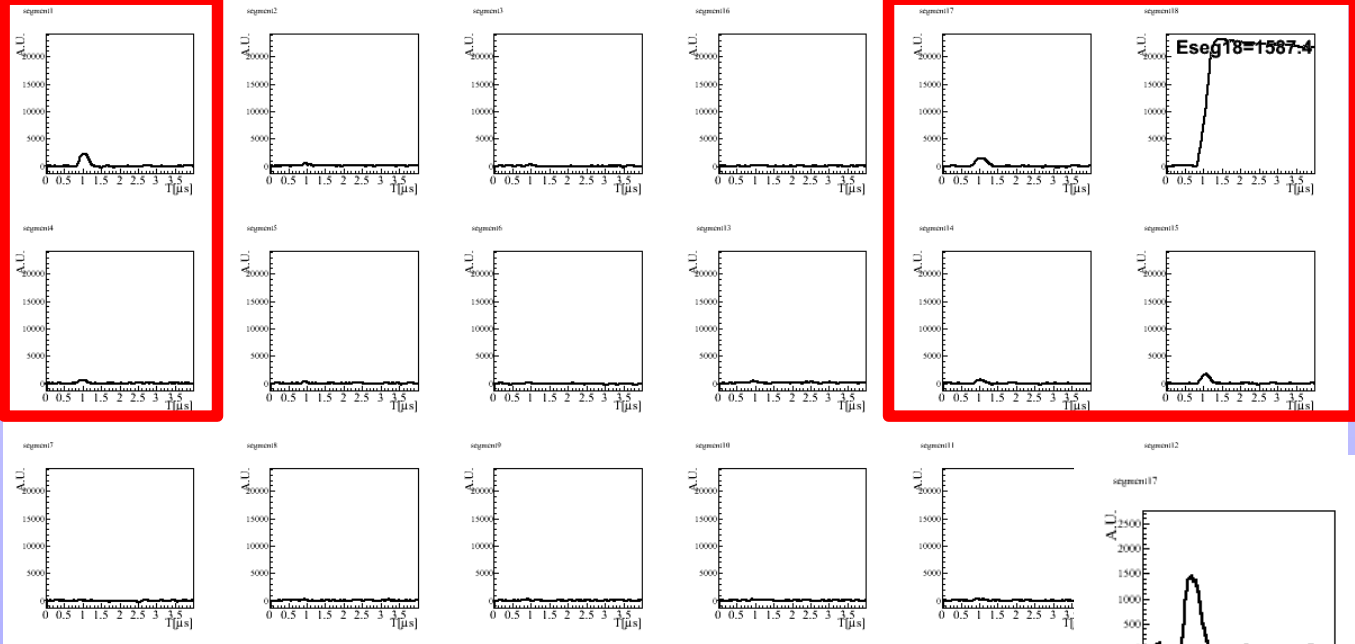
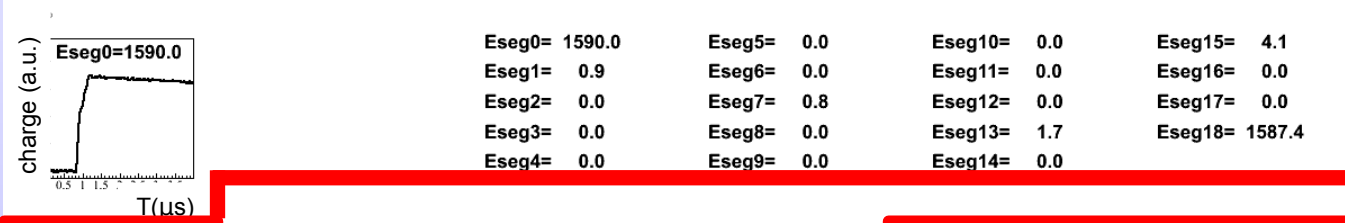
Segmentierter Germaniumdetektor



Segmentierung für Rückschluss auf:

- Ereignistopologien
- Position von Ereignissen

Beispiel eines Ereignisses



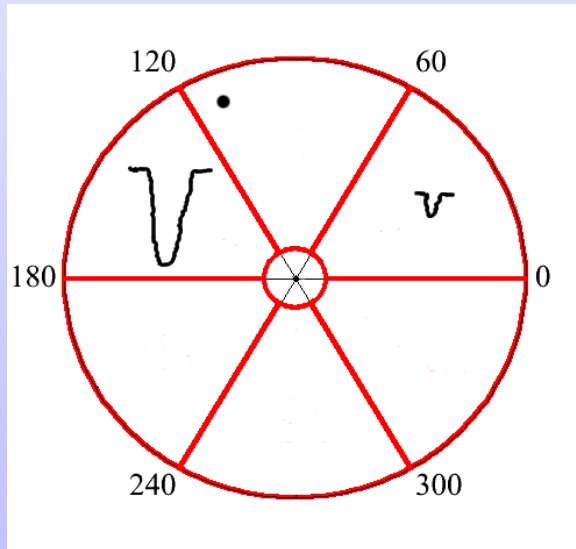
Spiegelladung:
 Ladungsträgerdrift im
 getroffenen Segment
 induziert Ladung auch auf
 anderen Segmentkontakten



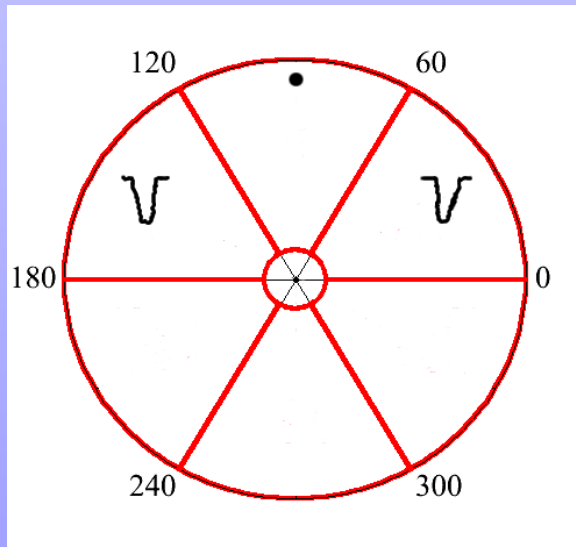
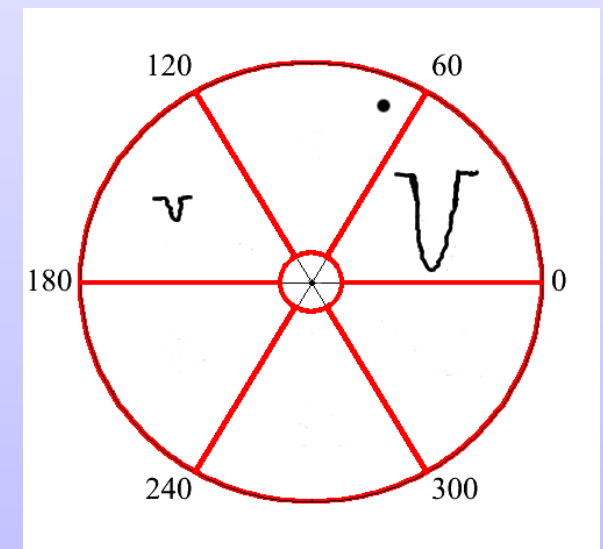
Für das GERDA-Experiment:

- **Signal:** nur **eine** Energiedeposition im Kristall \leftrightarrow
Untergrund: **mehrere** Energiedepositionen
nur ein getroffenes Segment: Analyse der Pulsform im Segment +
Pulsform der Spiegelladungen
- **Signal:** **homogen** im Kristall \leftrightarrow **Untergrund:** wahrscheinlich
oberflächennah und **inhomogen**
Spiegelladungen: Unterscheidung **große Radien** \leftrightarrow **kleine Radien**,
 φ und z aus Asymmetrien

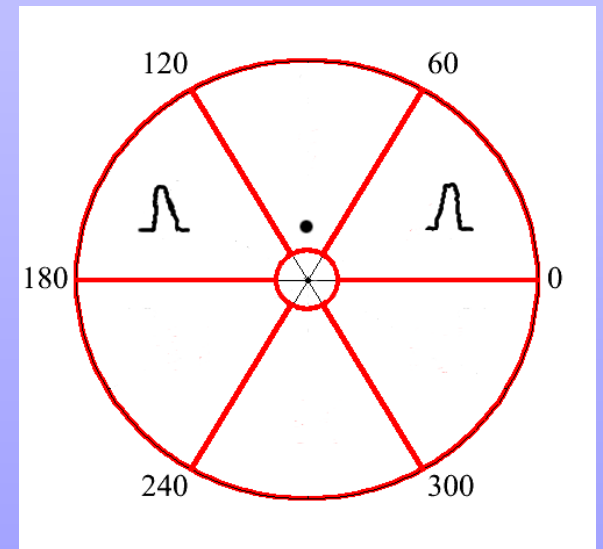
Charakteristika der Spiegelladungen



**Nahe am
Ereignis:
große Amplitude**

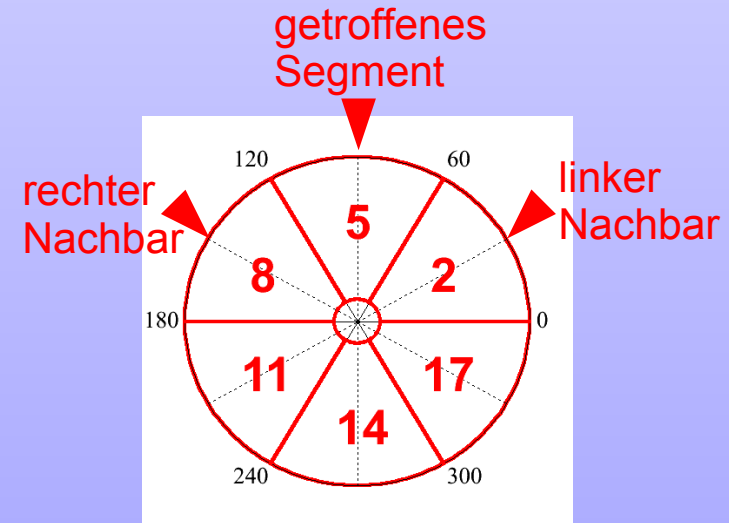
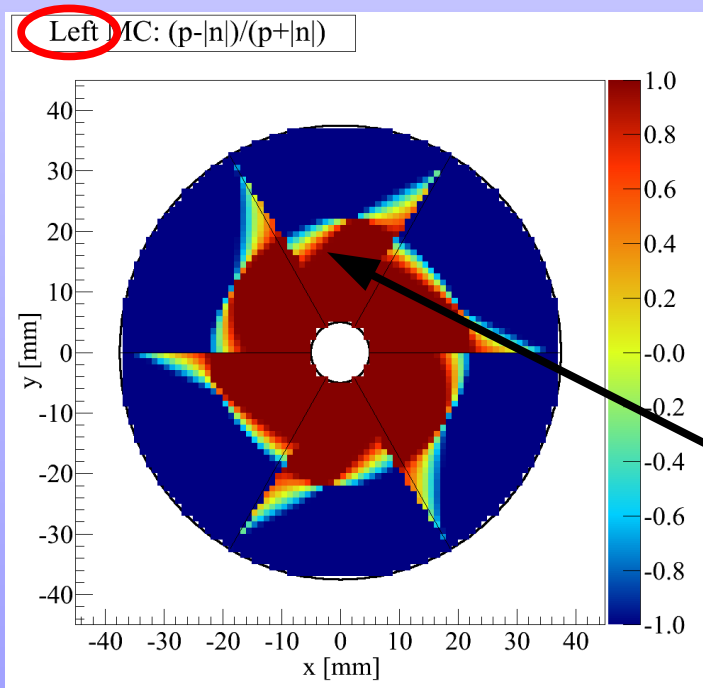
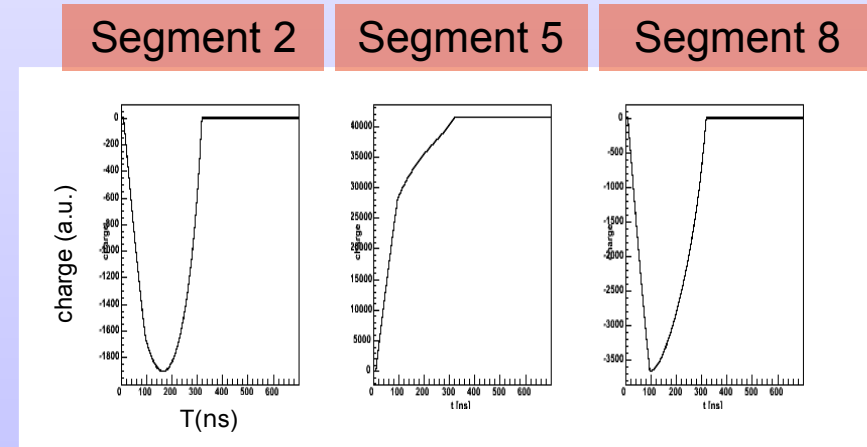


**Ereignis außen:
negativ
Ereignis innen:
positiv**



Simulation

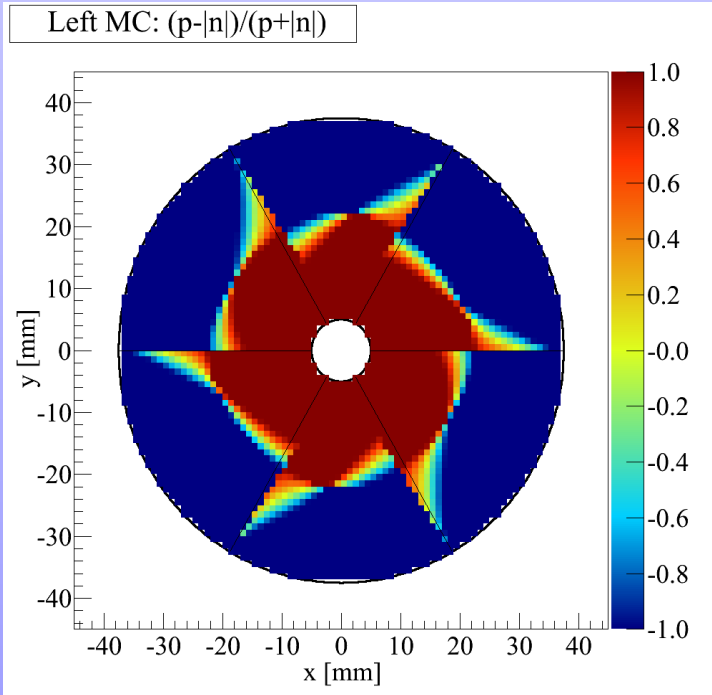
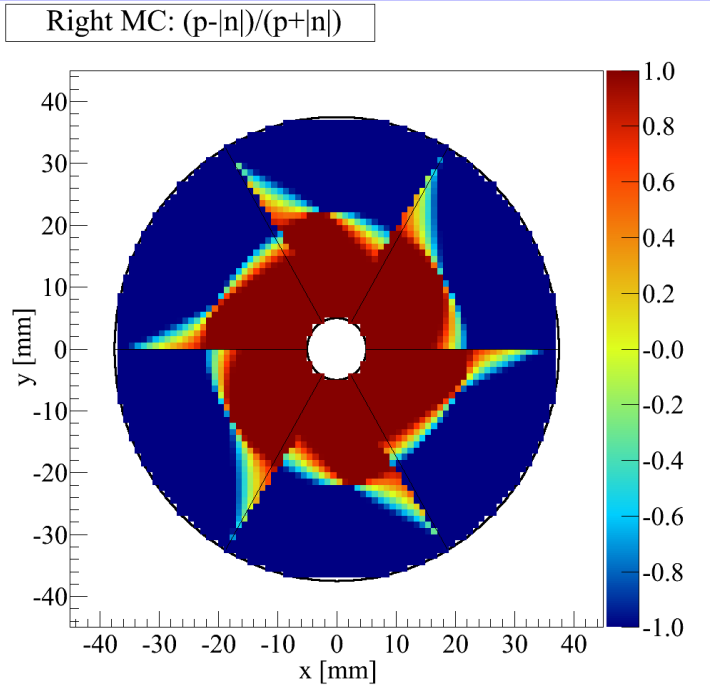
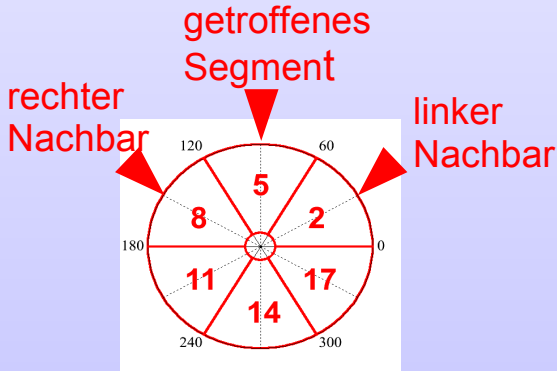
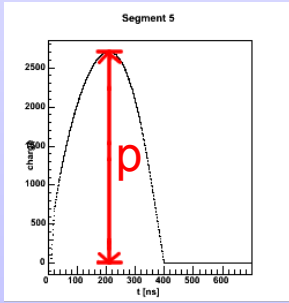
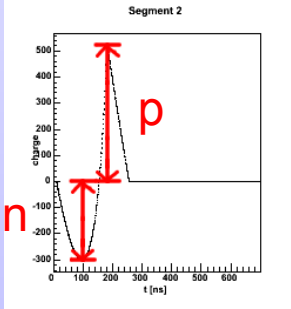
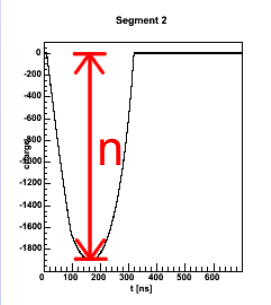
Simulation von jeweils einem Elektron-Loch-Paar in einer Detektorlage (1mm-Schritte), Drift der Ladungsträger zu den Kontakten



Entstehungsort des Elektron-Loch-Paars
Parameter der Spiegelladung im **linken** Nachbarsegment

Positionsrekonstruktion: Parameter (1)

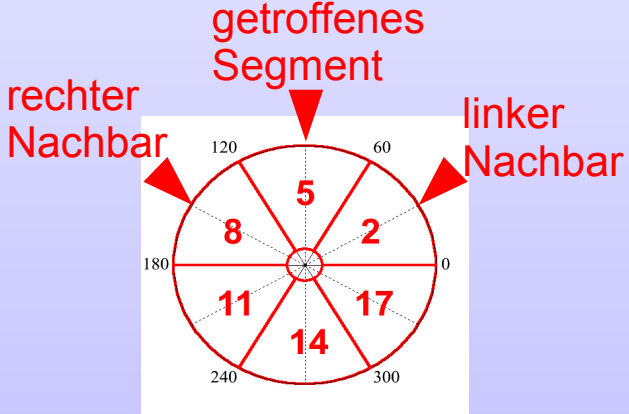
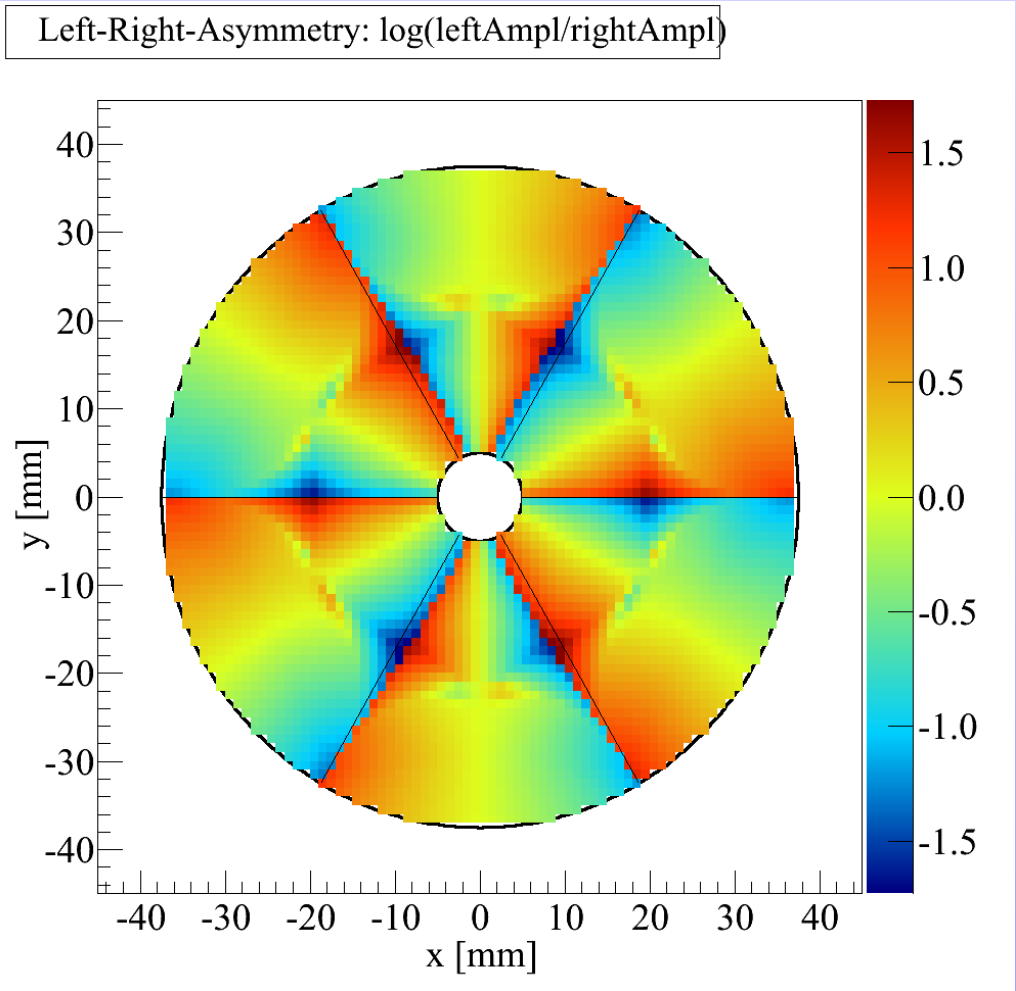
Art der Spiegelladung



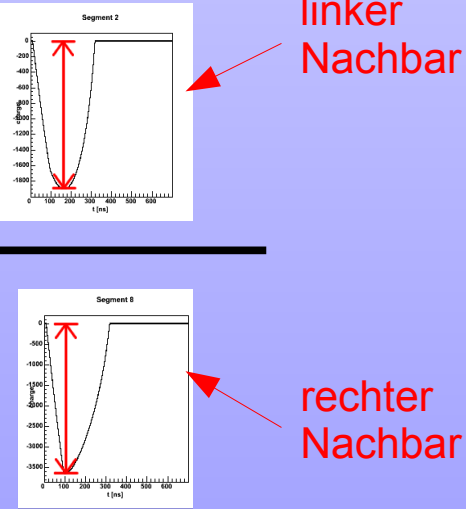
$$\frac{p-n}{p+n}$$

Positionsrekonstruktion: Parameter (2)

Links-Rechts-Asymmetrie



log



Daten (1)

Wunsch: Lokalisierte Energiedepositionen

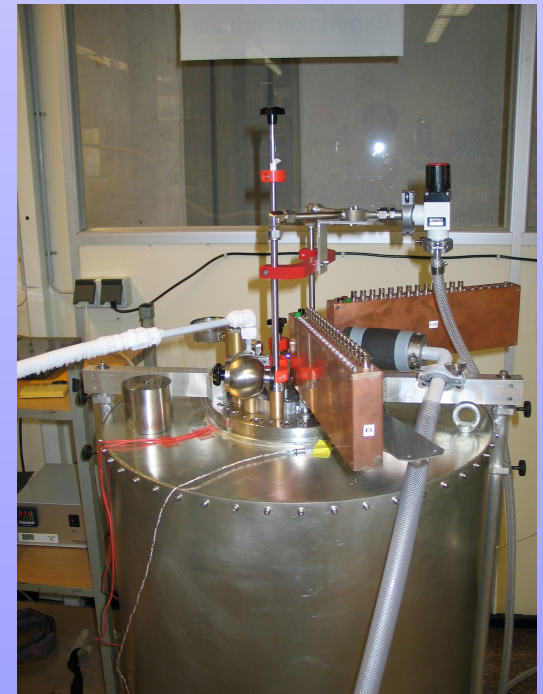
- Photoeffekt
- Double escape peak (DEP)

Wirklichkeit:

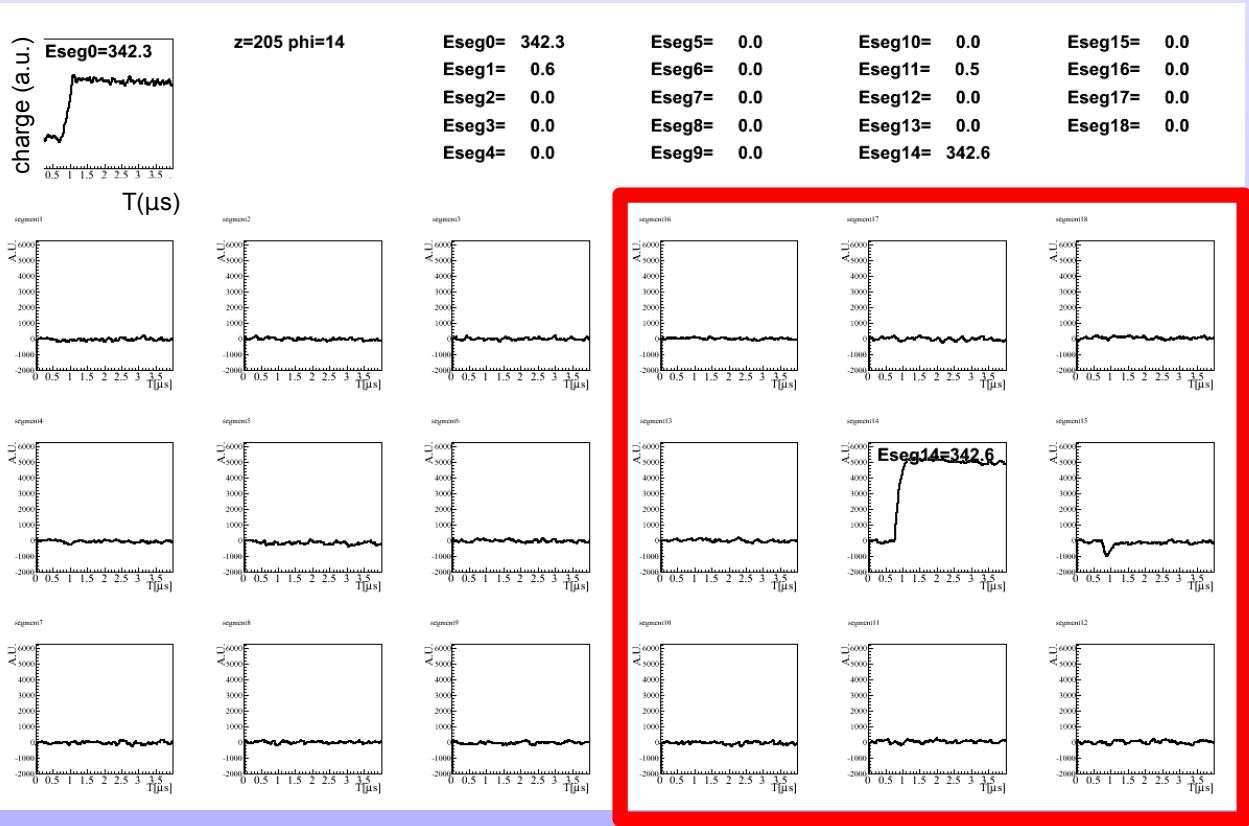
- ab ca. 200 keV: Comptoneffekt überwiegt
→ mehrere Wechselwirkungen oder falsche Energie
- Spiegelladungen unter 300 keV kaum erkennbar

Lösung: 2 Ansätze

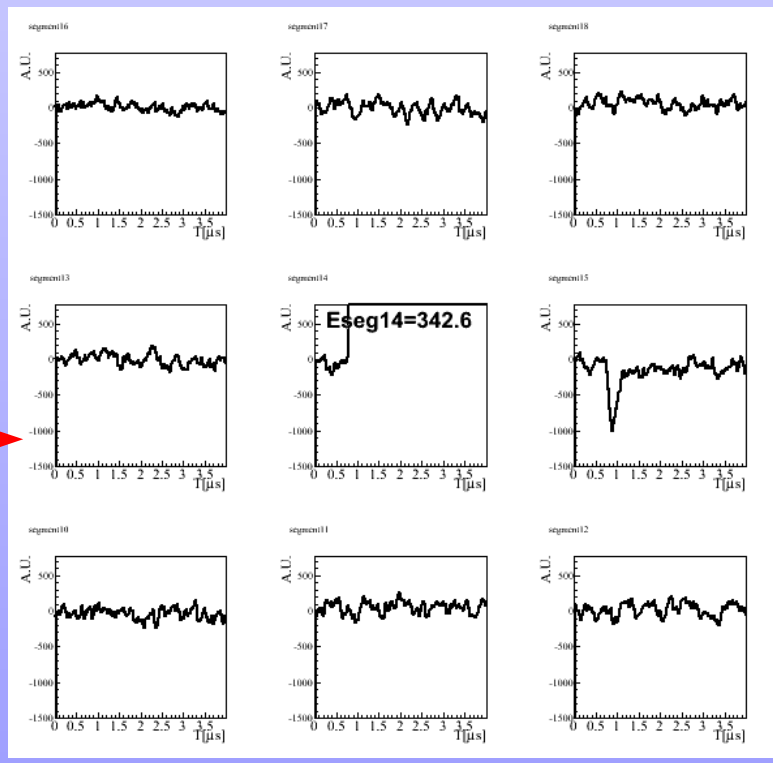
- kollimierte 344 keV Photonen (^{152}Eu)
- DEP-Verteilungen (^{228}Th)



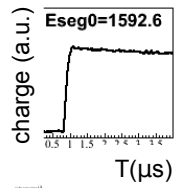
Daten (2)



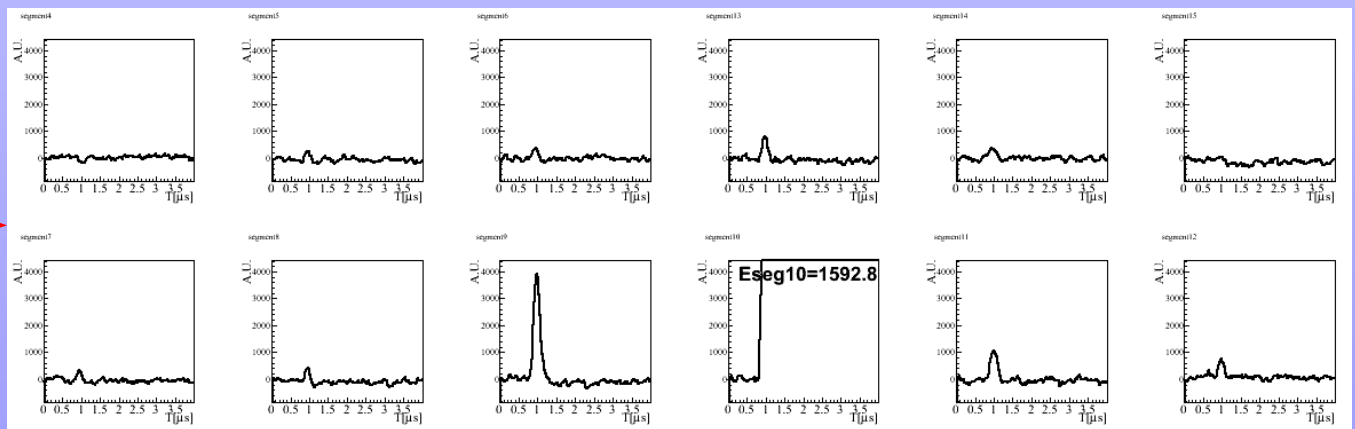
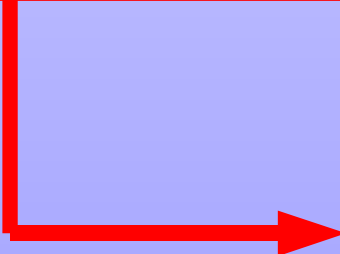
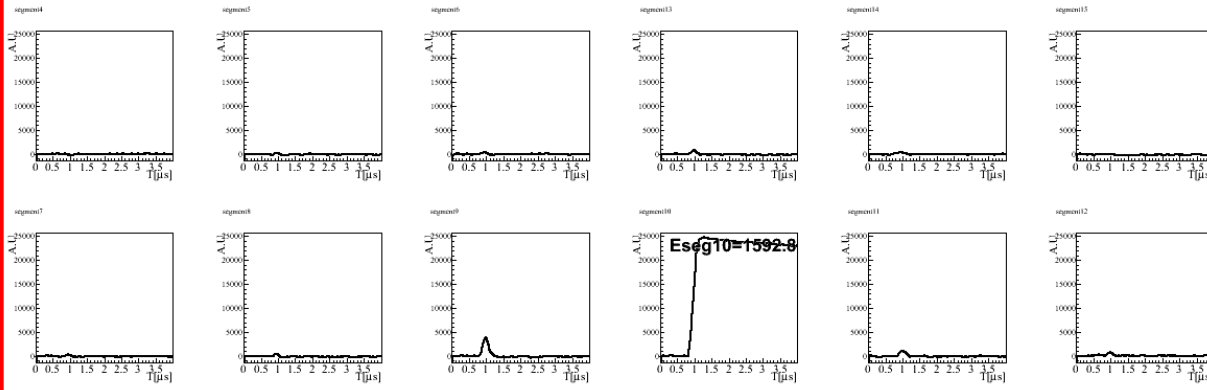
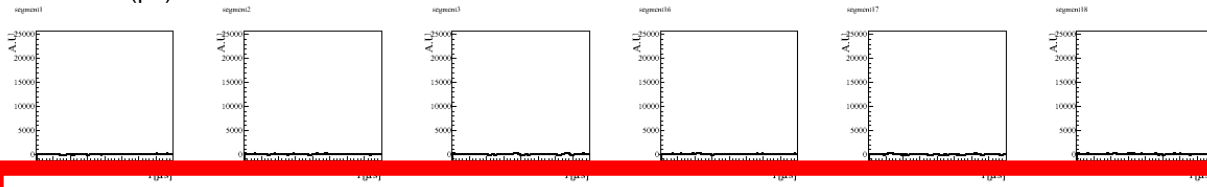
Ereignis nahe der rechten Segmentgrenze, 344keV Photon



Daten (3)



Eseg0= 1592.6	Eseg5= 0.0	Eseg10= 1592.8	Eseg15= 0.0
Eseg1= 0.4	Eseg6= 0.0	Eseg11= 0.0	Eseg16= 0.0
Eseg2= 0.8	Eseg7= 0.0	Eseg12= 0.0	Eseg17= 0.0
Eseg3= 0.0	Eseg8= 0.0	Eseg13= 2.5	Eseg18= 0.0
Eseg4= 0.0	Eseg9= 0.0	Eseg14= 0.0	



Ereignis mit DEP-Energie

Zusammenfassung und Ausblick

- ✓ Spiegelladungen in segmentierten Detektoren beobachtet
 - ✓ Daten sind genommen
 - ✓ Simulation: vielversprechende Spiegelladungsmuster
-
- Entwicklung der Positionsrekonstruktion mit simulierten Pulsen
 - Test an Daten: Überprüfung der räumlichen Verteilung der Ereignisse
 - Spiegelladungen: Zusatzinformation zur Pulsformanalyse?

Backup: Gewichtungsfeld

Simulation:

Pulsformen berechnet mittels
Gewichtungspotential Φ :

Φ ist Lösung der **Laplace-Gleichung**

$$\nabla^2 \Phi = 0$$

mit **Randbedingungen**

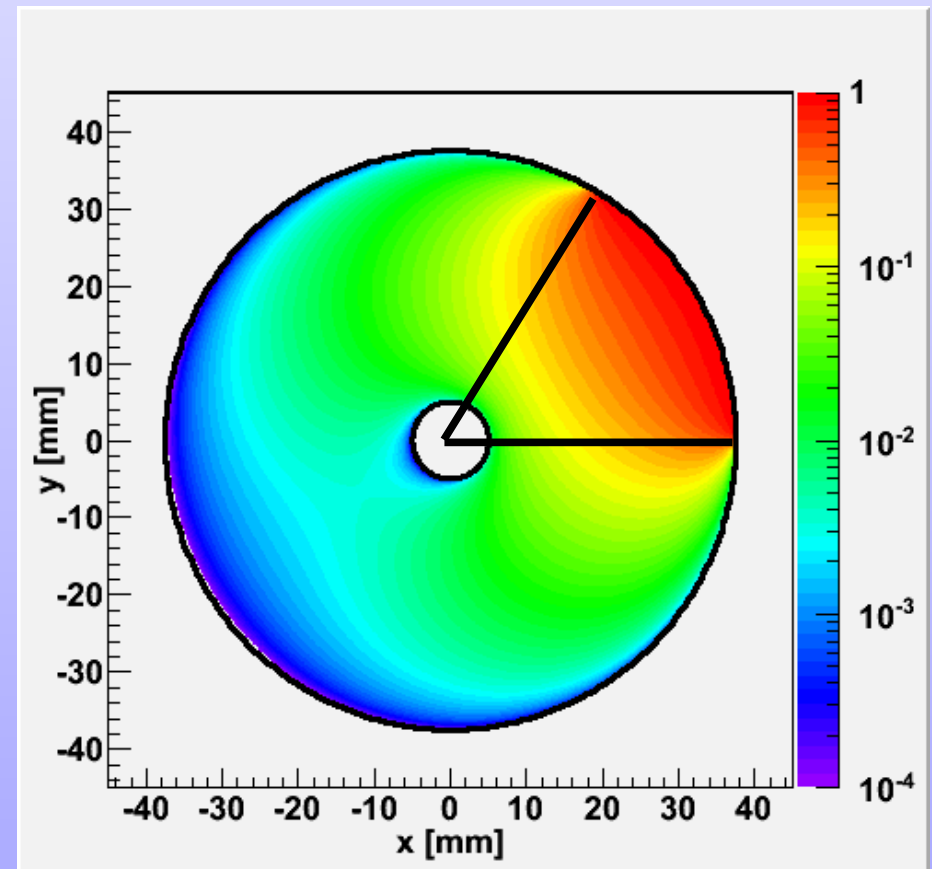
Puls: $q(t) = -q_e * \Phi(\vec{r}_e(t)) + q_h * \Phi(\vec{r}_h(t))$

Für ein Segment:

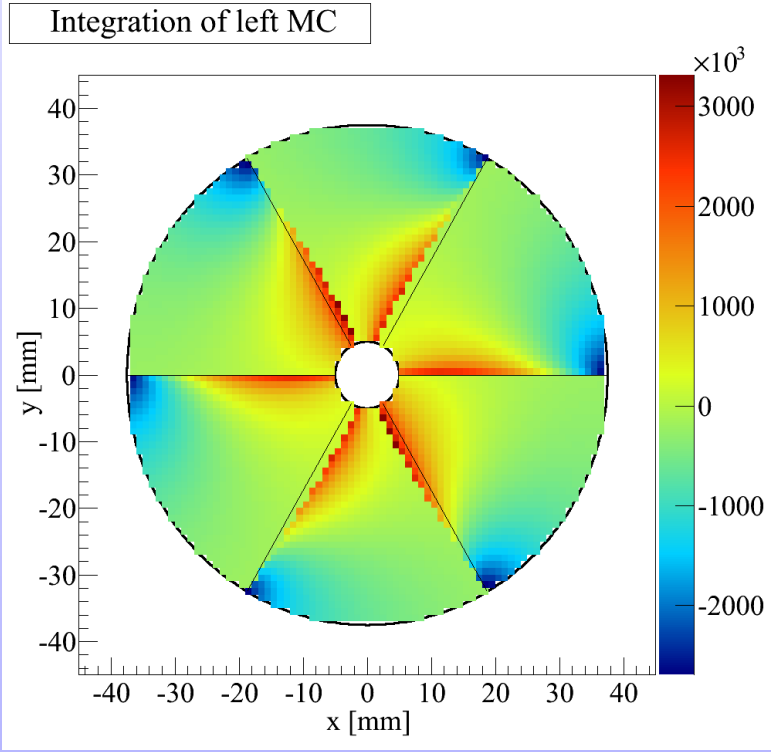
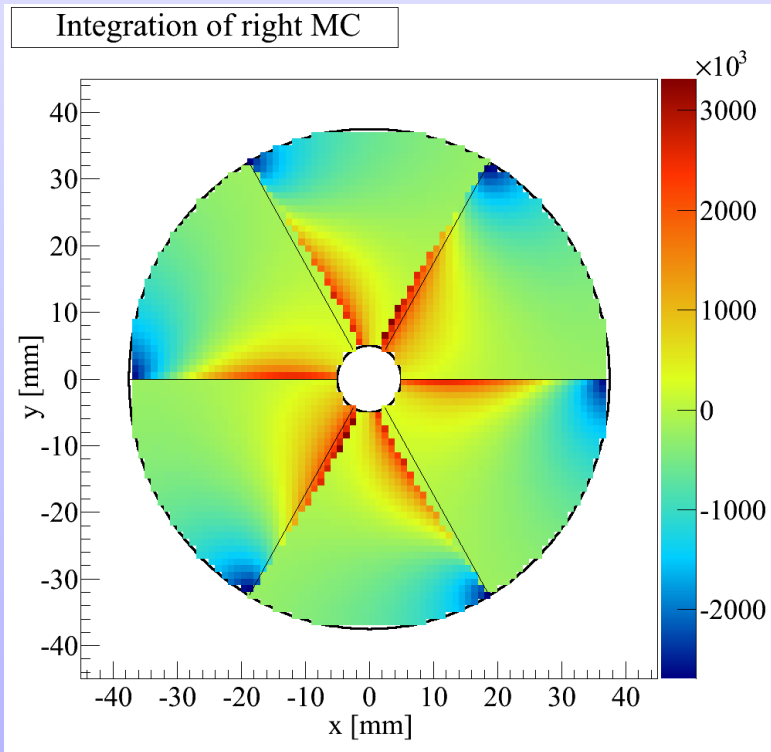
$\Phi=1$ für dessen Segmentgrenze, $\Phi=0$
für alle anderen Grenzen

→ auch Ladungsdrift in einem der
anderen Segmente verursacht
Puls in diesem Segment

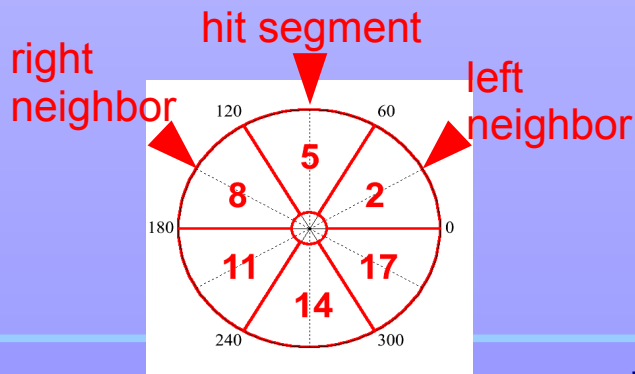
→ Puls wird 0 wenn die
Segmentgrenze erreicht ist ($\Phi=0$
für Core und andere Segmente)



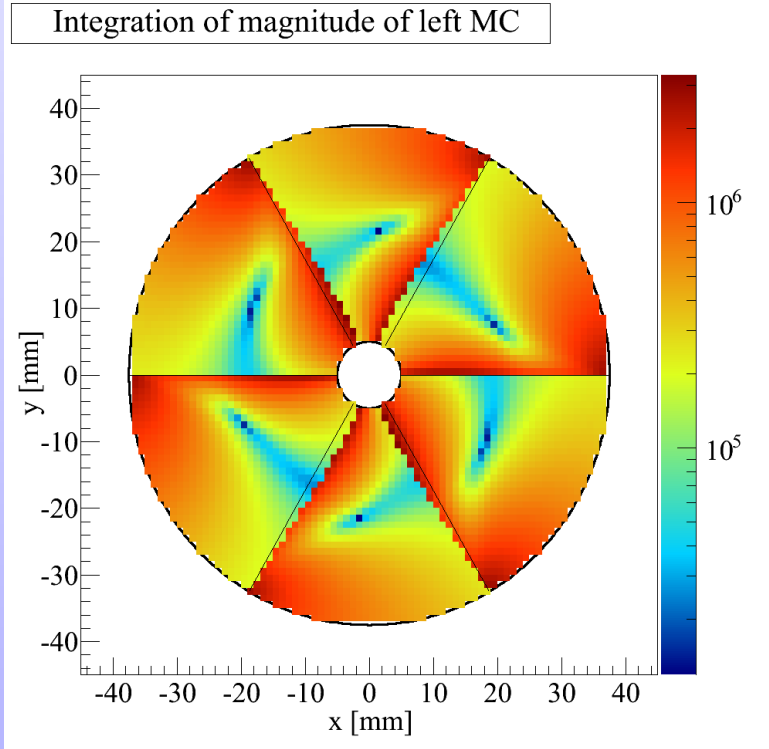
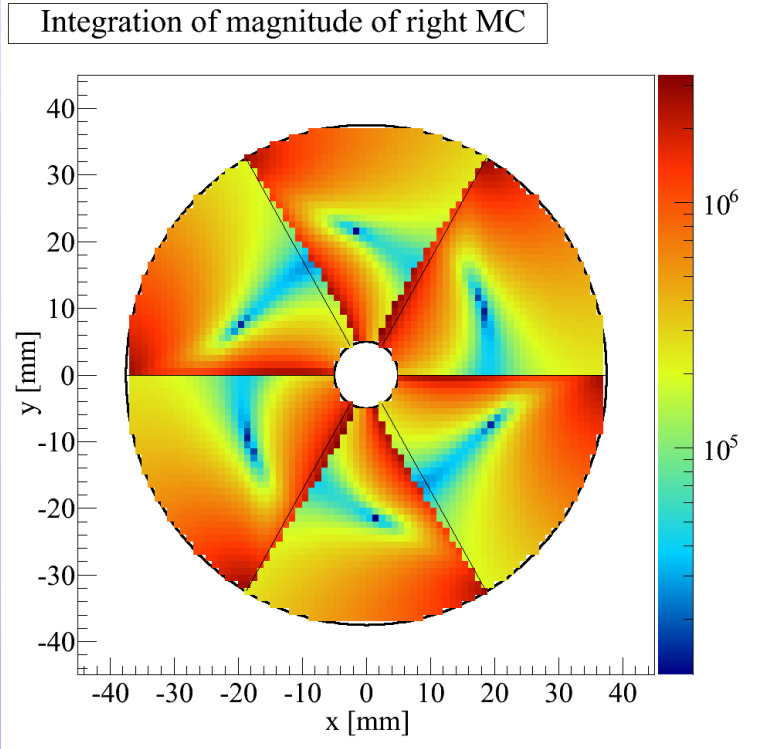
Backup: Integral



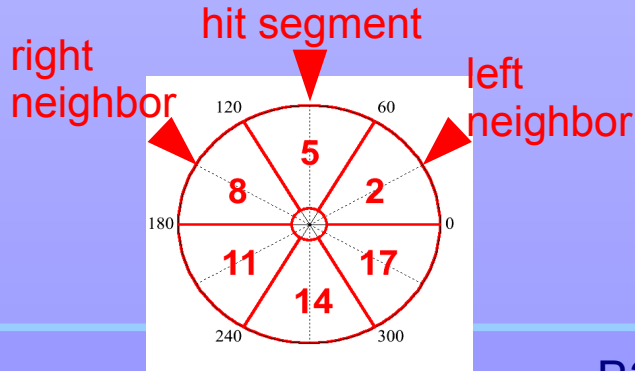
Integral des Pulses



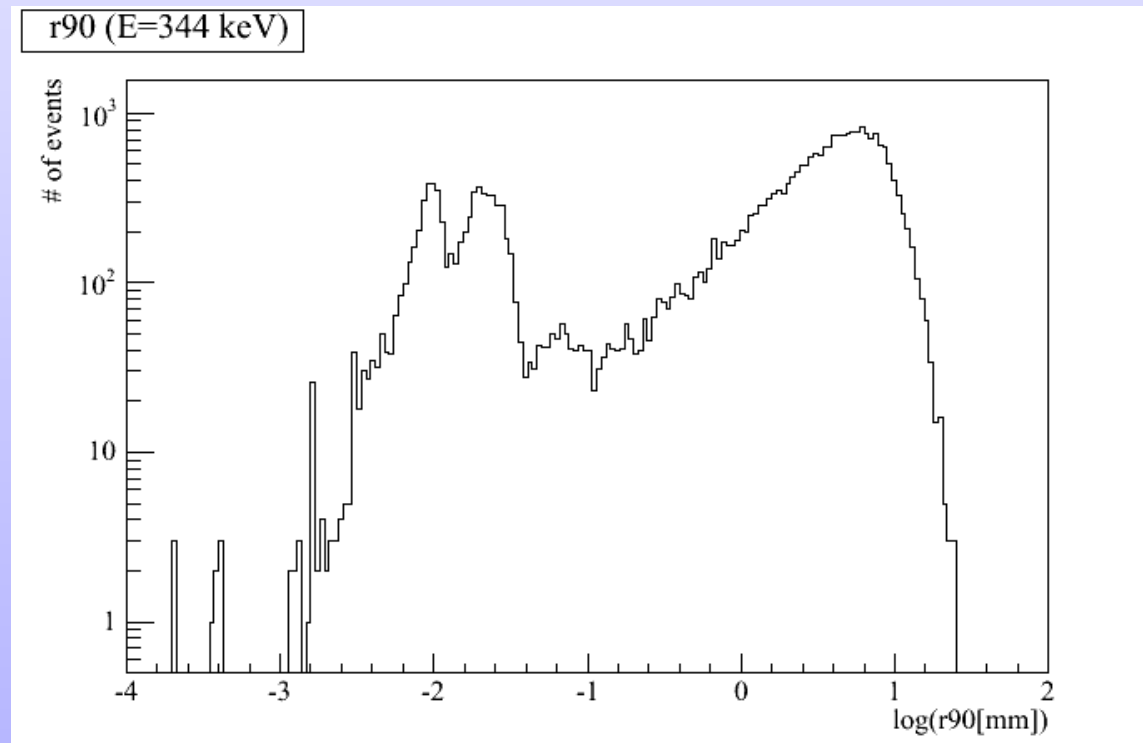
Backup: Integral des Betrags



Integral des Betrags



Backup: r90 von 344 keV-Photonen



$r90 < 5\text{mm}$: 71%

$r90 < 10\text{mm}$: 95%

Ortsauflösung der Ausleseelektronik (Bandbreite 10 MHz): etwa 10mm