## Hochratenverhalten von Driftrohrkammern

Oliver Kortner Hubert Kroha Sebastian Nowak Sebastian Ott Robert Richter Philipp Schwegler

philipp.schwegler@mppmu.mpg.de

Max-Planck-Institut für Physik, München

DPG Frühjahrstagung

Mainz, 25. März 2013



Max-Planck-Institut für Physik (Werner-Heisenberg-Institut)

# ATLAS Monitored Drift Tube (MDT)-Kammern



## Problematik

- Hoher Kavernenuntergrund aus Photonen und Neutronen (Sekundärreakionen in Strahlrohr und Abschirmung)
- Max. erwartete Rate bei HL-LHC: 14 kHz/cm<sup>2</sup>

- 30 mm Rohrdurchmesser
- Gasgemisch: Ar/CO<sub>2</sub> (93/7) bei 3 bar absolutem Druck
- Max. Driftzeit: pprox 700 ns

### ohne Untergrundstrahlung:

- Einzelrohrauflösung: 80 μm
- Spurrekonstruktionsauflösung einer Kammer:  $\approx 40\,\mu m$



# Hochrateneffekte

Belegungsrate



# Ar/CO<sub>2</sub> (93/7) als Driftgas:

- keine Alterungseffekte, aber
- nichtlineare Orts-Driftzeit-Beziehung r(t)

### Belegungsrate:

 $Belegungsrate = Hitrate \times maximale Driftzeit$ 

- maximale Driftzeit:
  - 30 mm MDT: 700 ns
  - I5 mm sMDT: 185 ns
- $\Rightarrow$  gewinne Faktor 3.8
  - Zählrate:
- ⇒ gewinne Faktor 2 wegen halbierter Querschnittsfläche

Orts-Driftzeit-Beziehung r(t) für Driftrohre mit 15 mm fast linear!

Vom Anodendraht nach außen driftende Ionen schwächen das elektrische Feld auf der Drahtoberfläche



Iterative Berechnung der Gasverstärkung mit Diethorn-Formel:

$$G = \left[\frac{E_{\text{wire}}}{3E_{\min}}\right]^{\frac{r_{\text{wire}}E_{\text{wire}}\ln 2}{\Delta V}}$$

 $E_{\rm wire}$ : elektrisches Feld auf der Drahtoberfläche, abhängig von der Raumladung und damit vom Untergrundfluss.

 $G_0$  = nominelle Gasverstärkung = 2 × 10<sup>4</sup>

- Raumladungseffekte  $\sim R^3$  für Photonen,  $\sim R^4$  für geladene Teilchen
- Dominierender Untergrund in ATLAS sind Photonen
- ⇒ Halbierung des Rohrdurchmessers erhöht die Ratenfähigkeit um Faktor 8

## Weiterer Effekt durch Raumladung

- Raumladung fluktuiert zeitlich und räumlich
- ⇒ E-Feld variiert während dem Driften der Elektronen
- $\Rightarrow$  Auflösungsverschlechterung  $\sim$  Driftzeit/radius



### Effekt verschwindet praktisch für Driftrohre mit 15 mm Durchmesser

# Messung in der Gamma Irradiation Facility (CERN)

Bestrahlung mit Photonen (662 keV)

- <sup>137</sup>Cs-Quelle simuliert dominierenden Kavernenuntergrund in ATLAS
- Messung mit kosmischen Myonen
- Abgeschirmte Kammerbereiche für präzisen Spurrekonstruktion





#### Prototypkammer

# Messung am Maier-Leibnitz-Laboratorium (Garching)

Bestrahlung mit Protonen (20 MeV)

- Messung zusammen mit LMU München
- Ziel: Test der sMDT-Kammern unter stark ionisierender Bestrahlung
- Gleiches Messprinzip wie zuvor:
  - Bestrahlung der mittleren Rohrlage
  - Rekonstruktion von Myonspuren der kosmischen Strahlung in unbestrahlten Rohrlagen



### Messergebnisse Abnahme der Gasverstärkung

Zwei Methoden zur Messung der Gasverstärkung:

- aus dem Strom I = R · Q · G, mit R: Zählrate, Q: Ionisationsladung, G: Gasverstärkung
- aus der ADC-Messung (Ladung Q in der Anstiegsflanke)

### Proton-Bestrahlung (Strommessung):





### Messergebnisse Einzelrohrauflösung



Einzelrohrauflösung:

- Halbierung des Rohrdurchmessers bringt erhebliche Verbesserung
- Kann weiter verbessert werden durch optimiertes Signalshaping

Pile-up Effekt:



Overshoot bedingt durch bipolares Signal-Shaping.

⇒Nachfolgende Pulse mit effektiv höherer Diskriminatorschwelle.



 $\Rightarrow$ systematische Verschiebung des gemessenen Driftradius.

# Messergebnisse

Einzelrohreffizienz



### $3\sigma$ -Effizienz:

Wahrscheinlichkeit, dass ein Treffer in einem Driftrohr innerhalb von 3 mal der Einzelrohrauflösung  $\sigma$  zur Spurvorhersage passt.

- Halbierung des Rohrdurchmessers bringt erhebliche Verbesserung
- Zusätzlicher Faktor zwei Unterschied in Rate durch geringere Querschnittsfläche
- Pile-up verursacht effektiv längere Totzeit
- Bei den höchsten Raten unter Protonbestrahlung nimmt der Effekt ab (Protonpulse verlieren stark an Pulshöhe)

## Simulation des Pile-up Effekts

Zum quantitativen Verständnis des Pile-up Effekts:

Simulation durch Überlagern von Myon- und Gammapulsen entsprechend der Untergrundraten



⇒ Pile-up erklärt gemessene Verschlechterung von Auflösung und Effizienz vollständig.

## Zusammenfassung

- Auflösung und Effizienz von Driftrohrkammern verschlechtern sich bei hohen Raten durch:
  - Abnahme der Gasverstärkung
  - Fluktuationen des E-Felds aufgrund von Raumladung
  - Treffermaskierung durch Totzeit
  - Signal Pile-up schnell aufeinander folgender Treffer
- Halbierung des Rohrdurchmessers sehr effektives Mittel:
  - kürzere Totzeit möglich (790 ns ightarrow 185 ns)  $\Rightarrow$  entscheidende Effizienzverbesserung
  - Verlust der Gasverstärkung um Faktor 8 abgeschwächt
  - Auflösungsverschlechterung durch Fluktuationen der Raumladung praktisch eliminiert
- Weitere Verbesserung möglich durch optimiertes Signalshaping (S. Ott (T 57.5))

Danke für die Aufmerksamkeit!