

Hochratenverhalten von Driftrohrkammern

Oliver Kortner¹ Hubert Kroha¹ Alessandro Manfredini¹ Sebastian Nowak¹
Robert Richter¹ Philipp Schwegler¹ Daniele Zanzi¹

Stefanie Adomeit² Otmar Biebel² Ralf Hertenberger² Alexander Ruschke²
Christopher Schmitt² André Zibell²

philipp.schwegler@mppmu.mpg.de

¹Max-Planck-Institut für Physik, München

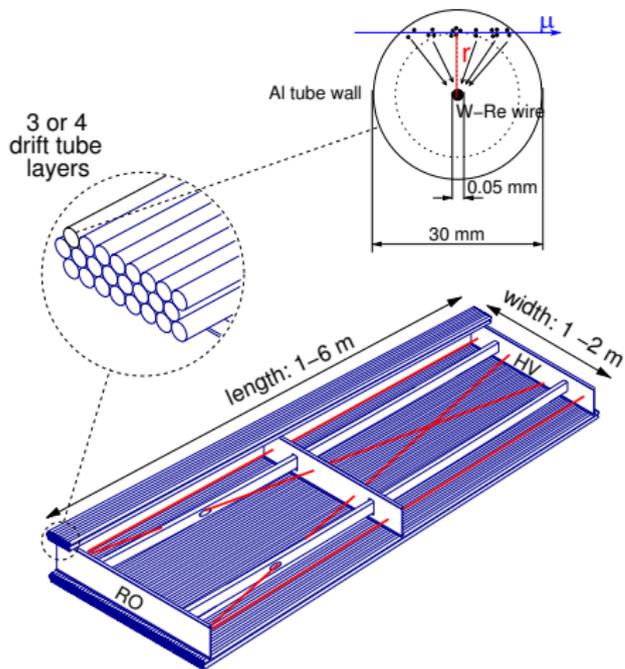
²Ludwig-Maximilians-Universität, München



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

DPG Frühjahrstagung
Dresden, 4. März 2013

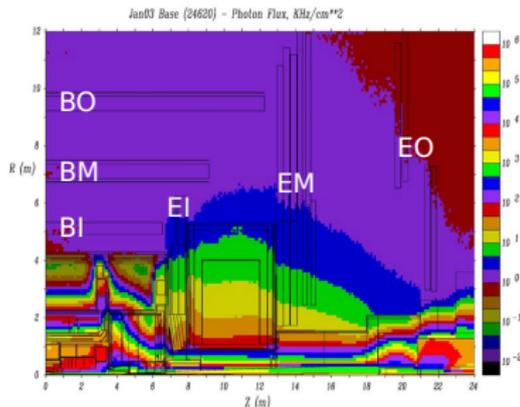
ATLAS Monitored Drift Tube (MDT)-Kammern



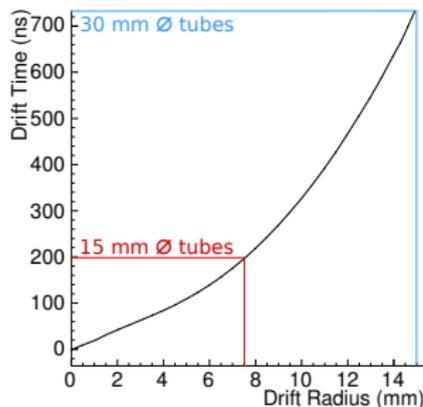
- 30 mm Rohrdurchmesser
- Gasgemisch: Ar/CO₂ (93/7) bei 3 bar absolutem Druck
- Max. Driftzeit: ≈ 700 ns
- Einzelrohrauflösung: 80 μm ohne Untergrundstrahlung
- Spurrekonstruktionsauflösung einer Kammer: ≈ 40 μm

Problematik

Hoher Kavernenuntergrund, bestehend hauptsächlich aus Photonen und Neutronen, die in Sekundärreaktionen in Strahlrohr und Abschirmung entstehen.



Belegungsrate



Ar/CO₂ (93/7) als Driftgas:

- keine Alterungseffekte
- Nichtlineare Orts-Driftzeit-Beziehung $r(t)$

Belegungsrate:

Belegungsrate = Zählrate \times maximale Driftzeit

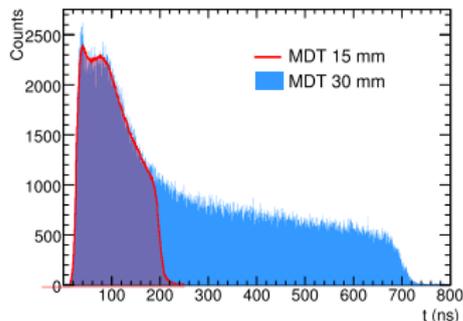
- maximale Driftzeit:
 - 30 mm MDT: 700 ns
 - 15 mm sMDT: 185 ns

\Rightarrow gewinne Faktor 3.8

- Zählrate:

\Rightarrow gewinne Faktor 2 wegen halbiertes Querschnittsfläche

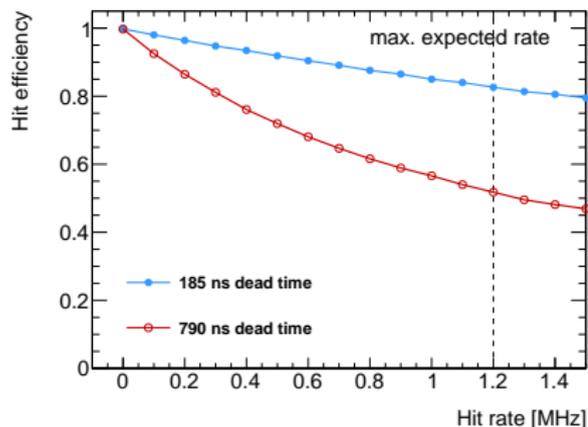
Orts-Driftzeit-Beziehung $r(t)$ für Driftrohre mit 15 mm fast linear!



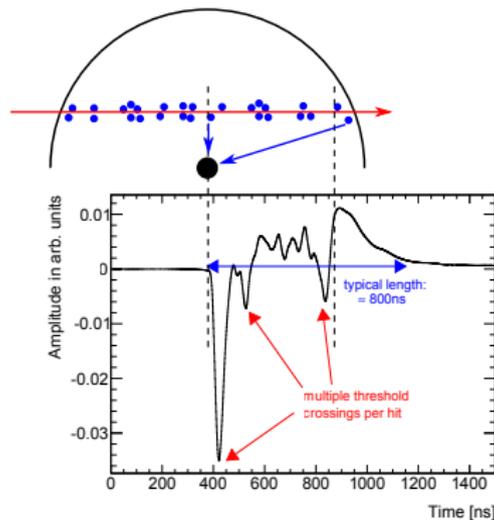
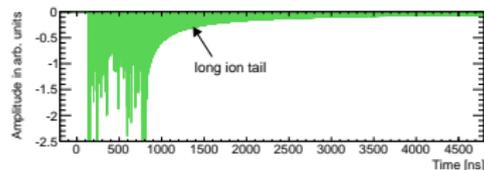
Hochrateneffekte

Maskierung durch Totzeit

- Ein Treffer kann mehrfache Schwellenübergänge verursachen
- ⇒ Front-End Elektronik ermöglicht einstellbare Totzeit
- ⇒ (Untergrund)treffer maskieren aufgrund der Totzeit nachfolgende Treffer
- Pulslänge \sim Rohrdurchmesser
- ⇒ Rohre mit kleinerem Durchmesser erlauben kürzere Totzeit
- ⇒ weniger Effizienzverlust



- Langes Signal der nach außen driftenden Ionen
- Bipolares Signalshaping zur schnellen Baseline-Restoration

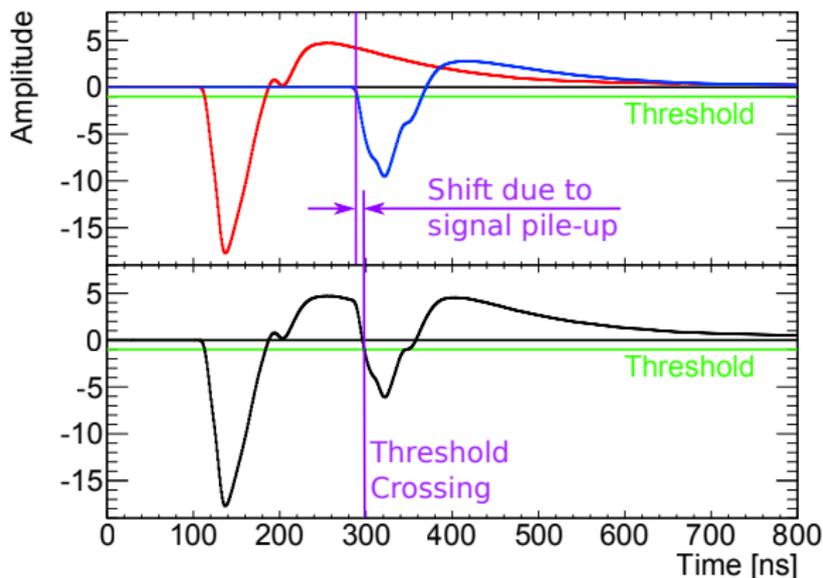


Hochrateneffekte

Signal Pile-up

- optimale Effizienz bei möglichst kurzer Totzeit

aber: vorangegangene Pulse haben Einfluss auf nachfolgende Pulse



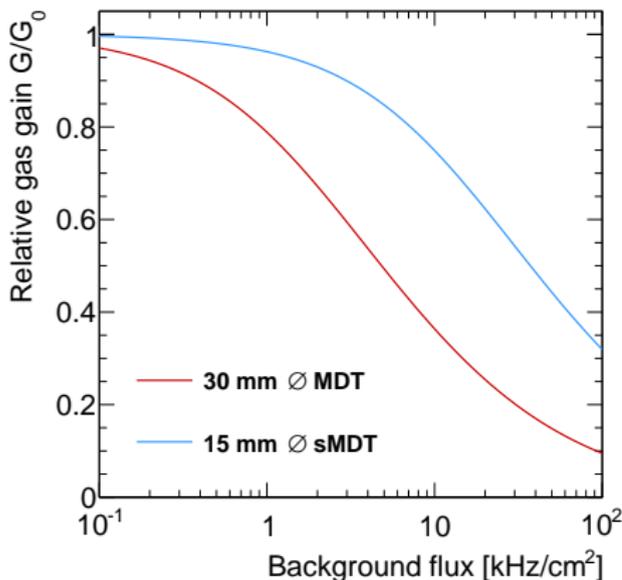
⇒ systematische Verschiebung abhängig von Pulsform und zeitlichem Abstand

- kann teilweise korrigiert werden. Besser: optimiertes Signal-Shaping
- bei großen Pulshöhenvariationen können Treffer verloren gehen

Hochrateneffekte

Abnahme der Gasverstärkung

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



Iterative Berechnung der Gasverstärkung mit Diethorn-Formel:

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

E_{wire} ist das elektrische Feld auf der Drahtoberfläche, abhängig von der Raumladung und damit vom Untergrundfluss.

G_0 = nominelle Gasverstärkung = 20000

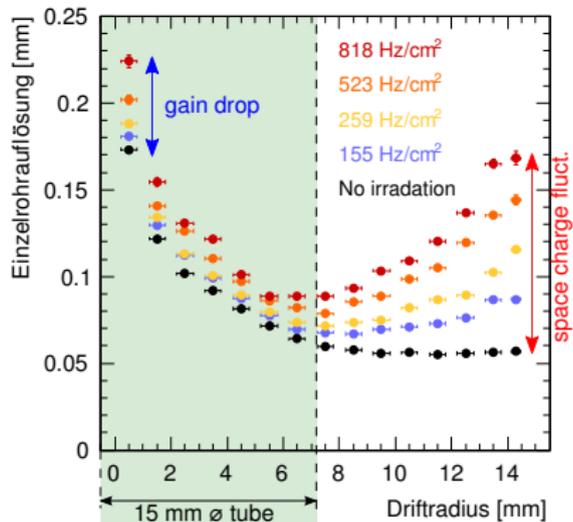
- Raumladungseffekte sind $\sim R^3$ für Photonen $\sim R^4$ für geladene Teilchen
 - Dominierender Untergrund in ATLAS sind Photonen
- ⇒ Halbierung des Rohrdurchmessers erhöht die Ratenfähigkeit um Faktor 8

Hochrateneffekte

Raumladungseffekte

Weiterer Effekt durch Raumladung

- Raumladung fluktuiert zeitlich
- ⇒ Raumladungseffekte variieren dem Driften der Elektronen
- ⇒ Auflösungsver schlechterung \sim Driftzeit/radius



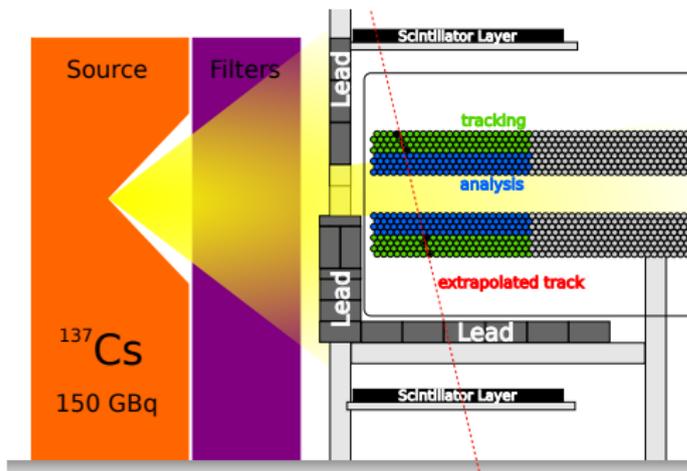
Effekt verschwindet praktisch für Driftrohre mit 15 mm Durchmesser

Messung in der Gamma Irradiation Facility (CERN)

Gamma-Bestrahlung

Kein Myonstrahl in der GIF:

- Abgeschirmte Bereiche der sMDT-Kammer dienen zur präzisen Spurrekonstruktion kosmischer Myonspuren
- Extrapolation in die bestrahlten Rohre.



Bestimmung von Auflösung und Effizienz aus off-track Residuen:

- Korrektur der Spurunsicherheit und Vielfachstreuung \Rightarrow Einzelrohrauflösung σ
- Bestimmung der 3σ Einzelrohr-effizienz.

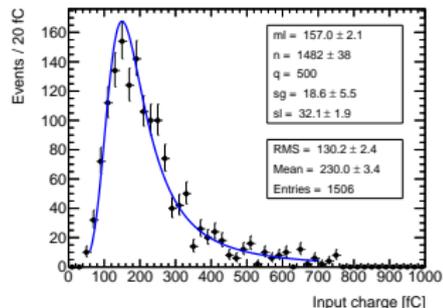
Weitere Messungen mit Protonbestrahlung, siehe T 72.6 (Andre Zibell)

Messergebnisse

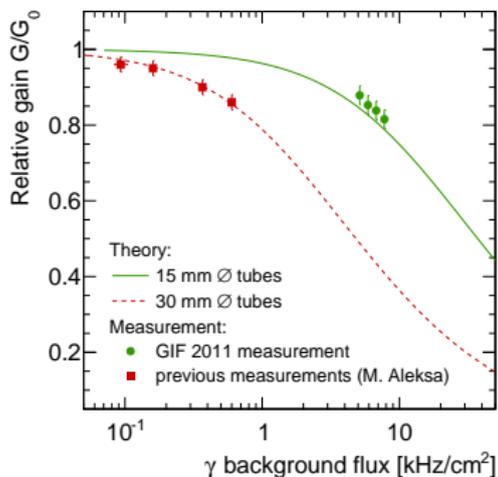
Gasverstärkung

Zwei Methoden zur Messung der Gasverstärkung:

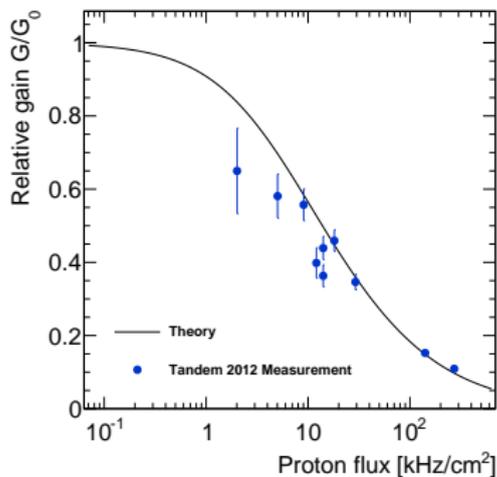
- 1 aus dem Strom $I = R \cdot Q \cdot G$, mit
 R : Zählrate, Q : Ionisationsladung, G :
Gasverstärkung
- 2 aus der ADC-Messung (relativ):
Abnahme der Gasverstärkung \Rightarrow Verschiebung
des Ladungsspektrums $\frac{Q}{Q_0} \sim \frac{G}{G_0}$



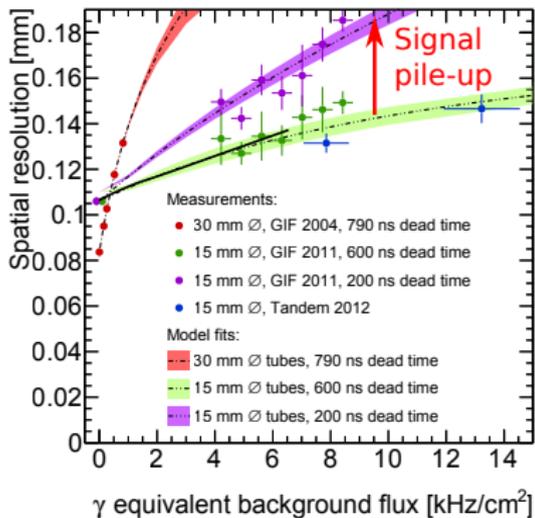
Gamma-Bestrahlung:



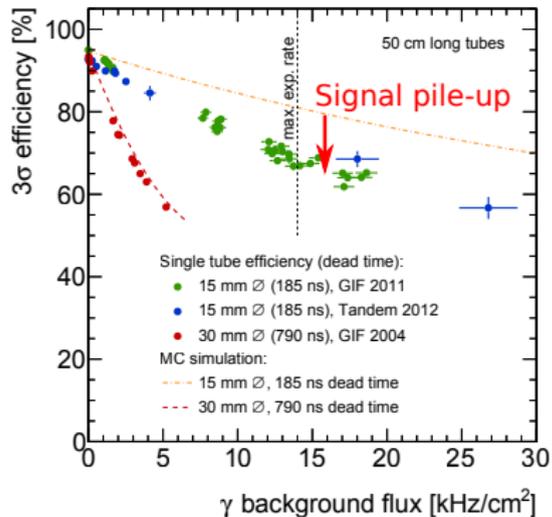
Proton-Bestrahlung:



Einzelrohrauflösung:



Einzelrohrreffizienz:



- Halbierung des Rohrdurchmessers bringt erhebliche Verbesserung
- Verbesserung durch kürzere Totzeit kann weiter verbessert werden durch optimiertes Signalshaping

Weiterer Vorteil des kleineren Rohrdurchmessers: Halbierter Rohrdurchmesser erlaubt doppelte Anzahl an Rohrlagen im gleichen Volumen
⇒ Bessere Mustererkennung und Kammerauflösung

Zusammenfassung

- Auflösung und Effizienz von Driftrohrkammern verschlechtern sich bei hohen Raten durch:
 - Signal Pile-up schnell aufeinander folgender Treffer
 - Abnahme der Gasverstärkung
 - Fluktuationen der Raumladung
 - Treffermaskierung aufgrund der Totzeit
- Halbierung des Rohrdurchmessers sehr effektives Mittel:
 - kürzere Totzeit möglich (790 ns → 185 ns)
 - Verlust der Gasverstärkung um Faktor 8 abgeschwächt
 - Auflösungsver schlechterung durch Fluktuationen der Raumladung praktisch eliminiert
- Weitere Verbesserung möglich durch optimiertes Signalshaping
 - Neuer ASD-Chip in Entwicklung

Danke für die Aufmerksamkeit!