

Test einer effizienten Methode zur Autokalibration der Orts-Driftzeit-Beziehung der ATLAS-Myon-Driftrohrkammern

Jörg v. Loeben, S. Bethke, J. Dubbert,
M. Groh, O. Kortner, H. Kroha

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

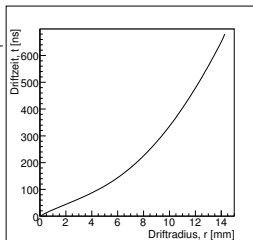
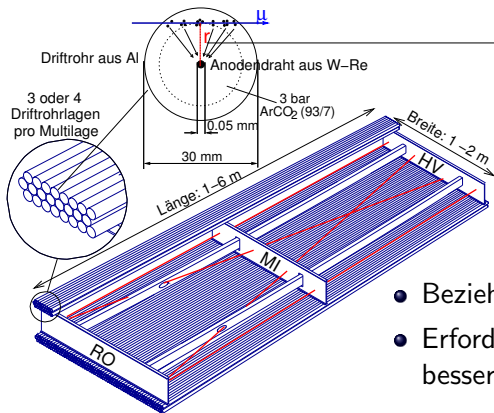
8. März 2007



Max _____
Planck _____
Institut für Physik _____



Sitzung: T 413.3, Donnerstag 17:20 Uhr



- Beziehung zwischen Ort & Zeit benötigt.
- Erforderliche $r(t)$ Genauigkeit: besser als 20 μm (gemittelt)

Erforderliche Genauigkeiten

- Position der Anodendrähte: 20 μm
- mittlere Einzelrohrauflösung: 80 μm
- Ortsauflösung einer MDT-Kammer: 40 μm



Anforderung an die Kalibrierung

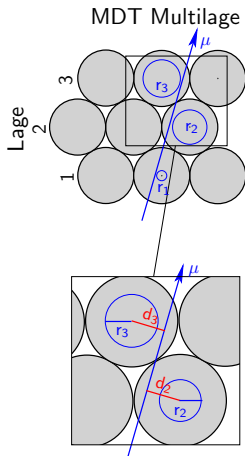
Genauigkeit der $r(t)$ -Beziehung $< 20 \mu\text{m}$

Motivation

- $r(t)$ ist von äußeren Parametern abhängig (Temperatur, B-Feld, Gasmischung, Gasdruck)
 - häufige Neukalibrierung erforderlich
 - eine Orts-Driftzeit-Beziehung pro Kammer nötig
- $r(t)$ abhängig von der Untergrundrate (Raumladung in den Rohren).
- $r(t)$ -Beziehung muß alleine mit den Informationen, die eine MDT-Kammer selbst liefert, bestimmt werden



- Bestimme eine erste Orts-Driftzeit-Beziehung $r(t)_{start}$
(Integration über Driftzeitspektrum, Genauigkeit $\sim 100 \mu\text{m}$)
- Rekonstruiere gerade Myonspursegmente in je einer Multilage einer MDT-Kammer
- Verwende Information der Myonspur zur iterativen Verbesserung von $r(t)_{start}$



Prinzip der Autokalibration

- Residuum $\Delta(t_k) := r(t_k) - d_k$
 $d_k :=$ Abstand k -ter Anodendraht \leftrightarrow Myonspur
 $r(t_k) :=$ Driftradius k -ter Treffer
- $r(t_k)_{start}$ besitzt systematische Fehler $\epsilon(t_k)$
 $\Rightarrow r(t_k)_{start} = r(t_k)_{wahr} + \epsilon(t_k)$
- Analytische Beschreibung des Residuums des l -ten getroffenen Rohres:

$$\Delta_l = \sum_{k=1}^n m_{l,k} \epsilon(t_k)$$

\Rightarrow Bestimme $\epsilon(t_k)$ zu allen Driftzeiten und korrigiere damit $r(t)_{start}$

Analytische Beschreibung der Residuen

$$\Delta_l = \sum_{k=1}^n m_{l,k} \epsilon(t_k) \quad (1)$$

Problem

- (1) im Allgemeinen nicht lösbar.

Ausweg

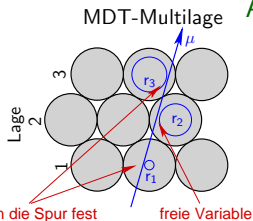
- Parametrisierung:

$$\epsilon(t_k) := \sum_{m=0}^M \beta_m t_k^m \quad \text{mit } M \sim 15$$

- Bestimmung von β_m durch χ^2 - Minimierung über einige tausend Myonspuren.

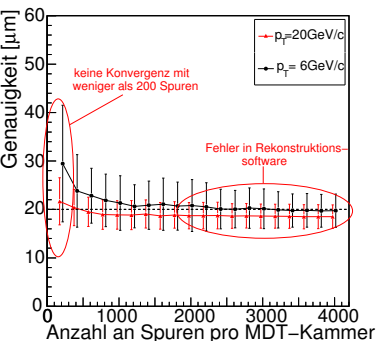
Iterative Verbesserung

- $r(t)_{i+1} = r(t)_i - \epsilon_i(t)$



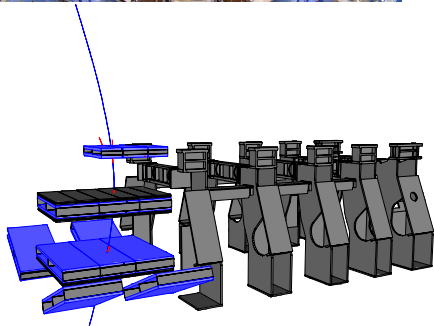
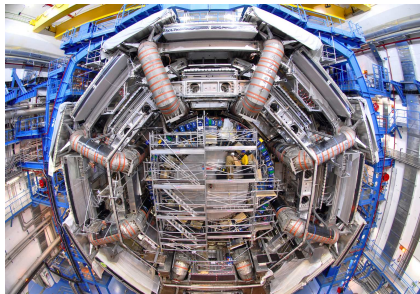
Monte Carlo Studie

- Simulierte Myonen mit $p_T > 6$ bzw. 20 GeV/c
- Genauigkeit von $r(t)_{start} = 300 \mu\text{m}$
- $r(t)_{autokal}$ in weitem Rahmen unabhängig vom Startwert



Ensemble Test aller Barrel-MDT-Kammern

- Erforderliche $r(t)$ -Genauigkeit von $20 \mu\text{m}$ mit 700, bzw. 2000 Spuren (ca. 30 min.)
- Anzahl benötigter Spuren abhängig von p_T (Krümmung der Myonspuren im B-Feld)



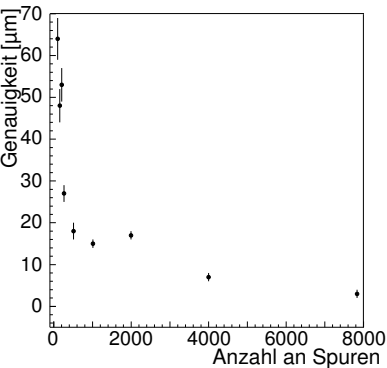
18./19. November 2006

- Datennahme mit kosmischen Myonen mit MDT/RPC-Kammern aus Sektoren 12, 13 und 14.
- Erste Messungen mit vollem Toroidfeld.



Studie mit Myonen aus kosmischer Höhenstrahlung

- Gemessen mit einer in ATLAS installierten MDT-Kammer
- $p_T^{cosmics} > 2 \text{ GeV}/c$



Autokalibration mit kosmischen Myonen

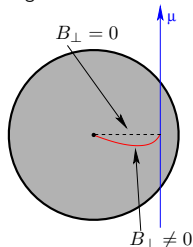
- $r(t)_{start}$ durch Integration (Genauigkeit $\sim 100 \mu\text{m}$)
- $r(t)_{wahr}$ nicht bekannt, deshalb: $r(t)_{wahr} \rightarrow r(t)_{referenz} :=$ Bestimmt mit allen Spuren (~ 20000) des betrachteten Runs.
- rascher Abfall auf $< 20 \mu\text{m}$
- Vernachlässigbare Abweichung zu $r(t)_{referenz}$ ab ~ 8000 Spuren.

Einfluss des B-Feldes auf die Driftzeit

- B-Feld in den meisten Kammern stark inhomogen.
- Lorentzkraft bewirkt Ablenkung der Driftelektronen.
- Driftzeit wird verlängert:

$$t(r, \vec{B}) = t(r, \vec{B} = 0) + \Delta t(r, \vec{B})$$
$$\approx t(r, \vec{B} = 0) + B_{\perp}^{2-\epsilon} \cdot \int_{25 \mu\text{m}}^r \frac{v_{B=0}^{1-\epsilon}(r')}{E^{2-\epsilon}(r')} dr'. \quad (1)$$

Weg der Driftelektronen



(Lösung der Langevin-Gleichung mit angepasstem Reibungsterm)

- $\epsilon = 0.1$ ist ein Maß der Inelastizität der Elektron CO_2 Stöße¹
(am Teststrahl gemessen)

¹T 509.9 Fr 16:05 - Ch. Valderanis



Einfluss des B-Feldes auf die Driftzeit

$$\Delta t(r, \vec{B}) \approx B_{\perp}^{2-\epsilon} \cdot \int_{25 \mu m}^r \frac{v_{B=0}^{1-\epsilon}(r')}{E^{2-\epsilon}(r')} dr'. \quad (\text{Lösung der Langevin-Gleichung})$$

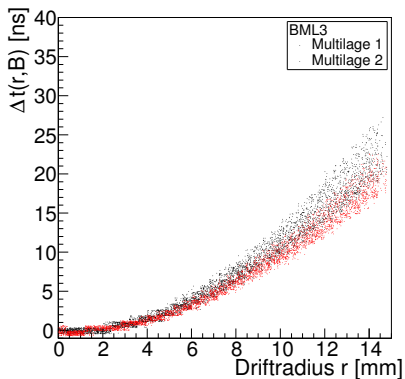
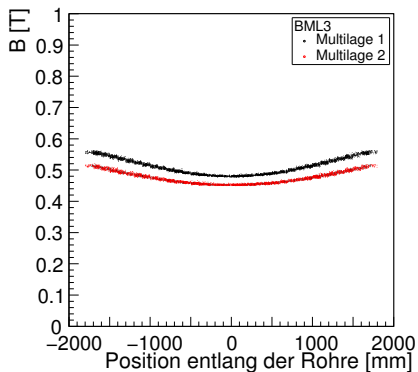
Kalibrationsstrategie

- Bestimme $r(t, \vec{B} = 0)$.
- Addiere $\Delta(t, \vec{B})$ in Regionen $B \neq 0$.
- Dadurch werden Inhomogenitäten berücksichtigt.

Schwierigkeit

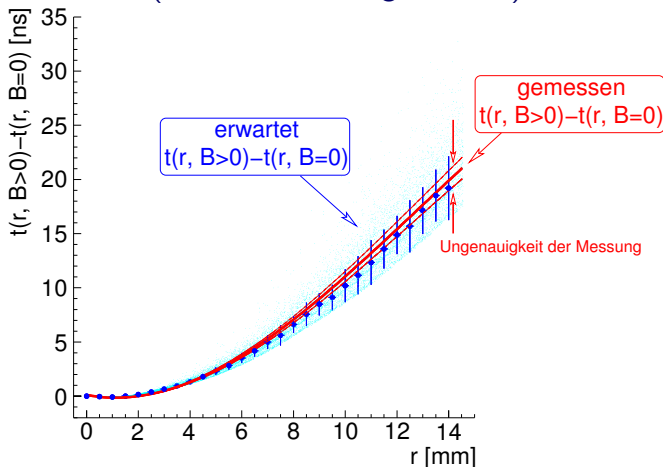
- $\Delta(t, \vec{B})$ ist abhängig von $r(t)$.
- $r(t)$ soll bestimmt werden.

⇒ Etwa 2–3 Iterationen notwendig.





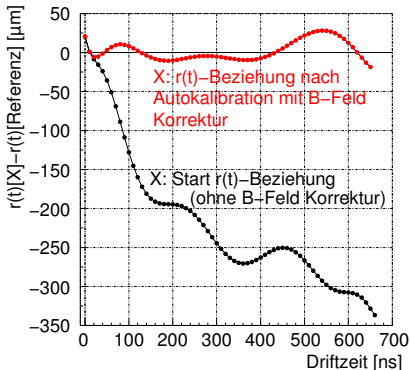
Ergebnisse mit Myonen aus kosmischer Höhenstrahlung
(Barrel Toroid eingeschaltet)



⇒ Hervorragende Übereinstimmung mit Simulation!



Genauigkeit der Autokalibration mit 2000 Spuren



- Referenz: $r(t, \vec{B} = 0)$
- $r(t)$ -Beziehung nach Autokalibration mit B-Feldkorrektur stimmt innerhalb von $20\mu\text{m}$ mit Referenz überein.
- Erster Test der B-Feldkorrektur mit kosmischen Daten aus ATLAS!



Zusammenfassung

- Leistung der analytischen Autokalibrationsmethode wurde erfolgreich mit simulierten Daten getestet.
- Die Kalibrationsmethode erreicht geforderte Genauigkeiten bei den Orts-Driftzeit-Beziehungen bereits mit wenigen 1000 Myonspuren.
- Erste Tests mit Myonen aus kosmischer Höhenstrahlung bestätigen die Studien mit Monte-Carlo-Daten.
- Korrektur des B-Feldeffektes auf die Driftzeit funktioniert!

⇒ Kalibrationsmethode wird in ATLAS verwendet werden



Das Driftzeitspektrum ist die Häufigkeitsverteilung dN/dt der gemessenen Driftzeiten:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{dN}{dr} \cdot \frac{dr}{dt}$$

Bei gleichmäßiger Ausleuchtung der Driftrohre kann man $dN/dr = N/R$ setzen:

$$\begin{aligned} \frac{dr}{dt} &= \frac{R}{N} \cdot \frac{dN}{dt} \\ \Rightarrow r(t) &= \frac{R}{N} \int_0^t \frac{dN}{dt'} dt' \end{aligned}$$

