

Entwicklung eines Verfahrens zur Alignierung des ATLAS-Myonspektrometers mit Spuren

Jens Schmaler, S. Bethke, J. Dubbert, O. Kortner,
S. Kotov, H. Kroha

Max-Planck-Institut für Physik



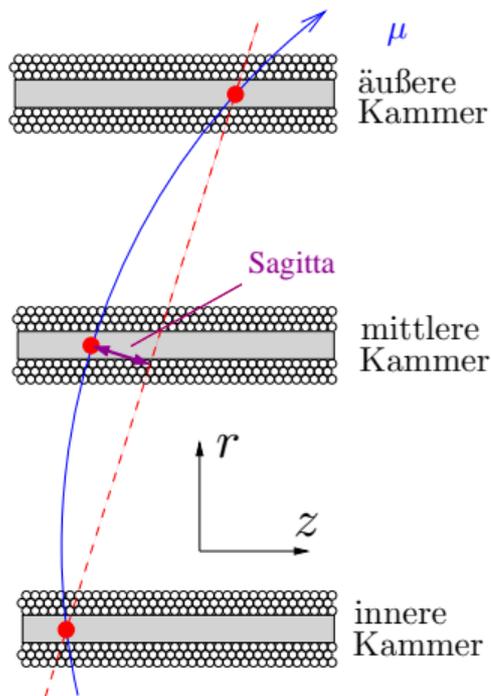
MPI München

8.3.2007



ATLAS

Impulsmessung im ATLAS Myonspektrometer

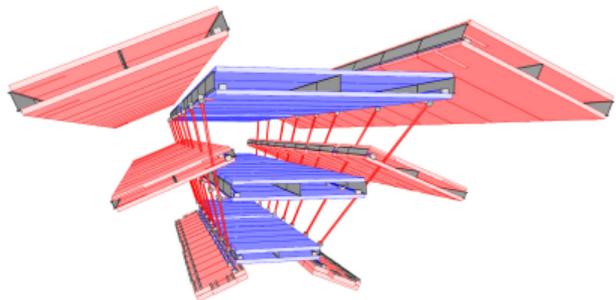


- Impulsmessung aus der Spursagitta über drei Lagen von Präzisionskammern
- Ziel: $\Delta p_T/p_T < 10\%$ bis 1 TeV
- genaue relative Alignierung der Kammertripletts nötig
- maximaler Sagittafehler durch falsche Kammerposition:
 $30 \mu\text{m}$

Relevante Freiheitsgrade:

- Translationen in z - und r -Richtung
- Rotation in z - r -Ebene

Strategien für die Alignierung



Die Standard-Strategie

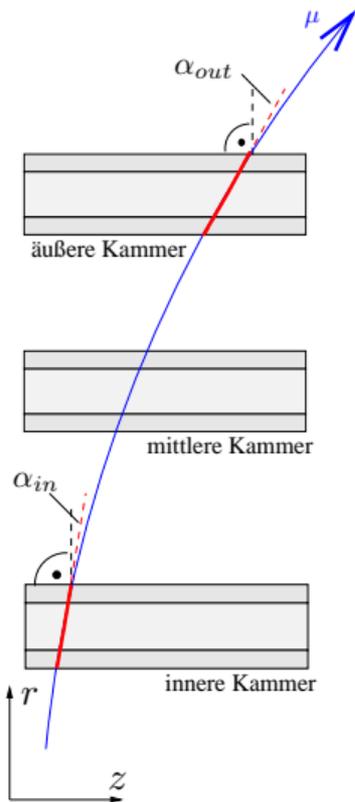
- absolute Positionen: mit geraden Spuren
- große Sektoren: optisches System f. relative Bewegungen
- kleine Sektoren: gekrümmte Spuren im Überlappbereich

Eine neue Studie:

Möglichkeit der Alignierung der großen Kammertripletts mit gekrümmten Spuren?

- Ergänzung zum optischen Alignierungssystem
- Verwendung von niederenergetischen Spuren aus dem Kalibrationsdatenstrom: $p_T > 6 \text{ GeV}/c$ oder $p_T > 20 \text{ GeV}/c$?

1. Schritt: Unabhängige Impulsmessung



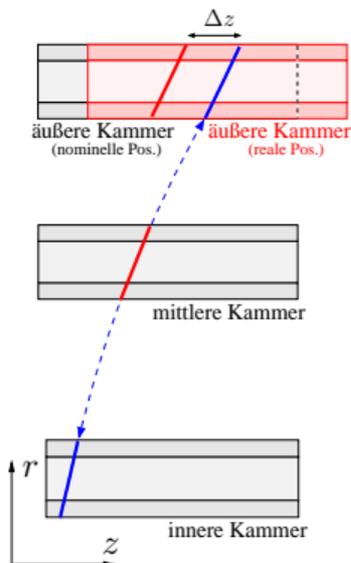
Alternative zur Sagitta (f. $p \lesssim 20\text{GeV}/c$)

Impuls aus dem Ablenkwinkel im Magnetfeld

$$\Delta\alpha = \alpha_{out} - \alpha_{in} = \frac{q}{p} \cdot \int_{\mathcal{P}} B dl$$

- Myonkammern liefern Spur-Segmente
→ Richtung der Spur
- unabhängig von Kammertranslationen in z -
und r -Richtung
- systematischer Fehler:
Verdrehung zwischen äußerer und innerer
Kammer (muss zuvor bestimmt werden)
→ zunächst parallel angenommen

2. Schritt: Extrapolation



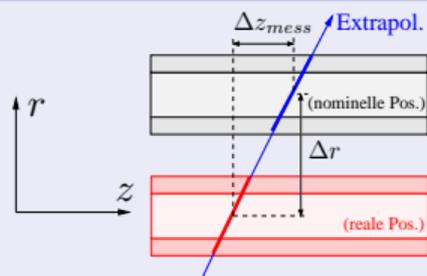
- Ausgangspunkt: Segment in der mittleren Kammer (o.E. in korrekter Position)
- Extrapolation in die innere und äußere Lage (mit Impuls aus Ablenkwinkel)
- Vergleich mit den dortigen Segmenten
 - Translationen
 - Rotationen(getrennt für innere u. äußere Kammer)

z -Translation

Verteilung von $\Delta z = z_{\text{Extr.}} - z_{\text{Segment}}$ für viele Spuren:
Mittelwert \Rightarrow Kammerverschiebung

2. Schritt: Extrapolation

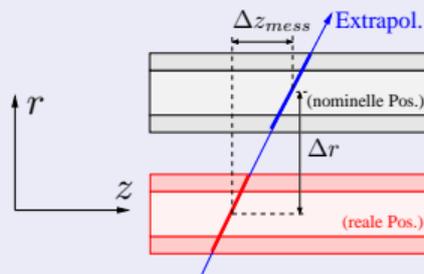
Translationen in r



$\Delta r \Rightarrow \Delta z$ (abhängig von der Spursteigung m)

2. Schritt: Extrapolation

Translationen in r



$\Delta r \Rightarrow \Delta z$ (abhängig von der Spursteigung m)

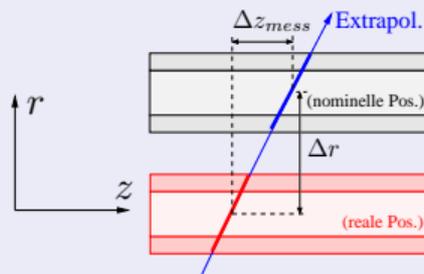
Gleichzeitige Bestimmung von Δz und Δr

Minimierung von

$$\chi^2 = \sum_{\text{Spuren}} \frac{\left[\Delta z_{\text{mess}} - \left(\Delta z - \frac{1}{m} \Delta r \right) \right]^2}{\sigma^2}$$

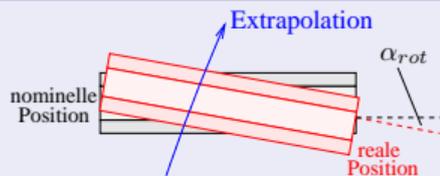
2. Schritt: Extrapolation

Translationen in r



$\Delta r \Rightarrow \Delta z$ (abhängig von der Spursteigung m)

Rotationen



Verdrehung α_{rot} aus der Steigungsdifferenz

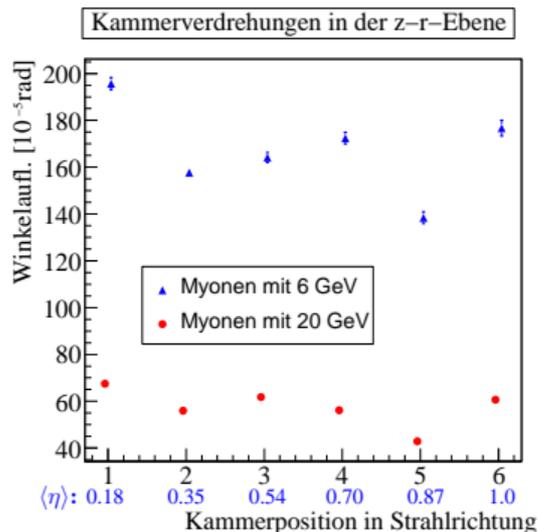
$$\Delta m = m_{\text{Extr.}} - m_{\text{Segment}}$$

Gleichzeitige Bestimmung von Δz und Δr

Minimierung von

$$\chi^2 = \sum_{\text{Spuren}} \frac{[\Delta z_{\text{mess}} - (\Delta z - \frac{1}{m} \Delta r)]^2}{\sigma^2}$$

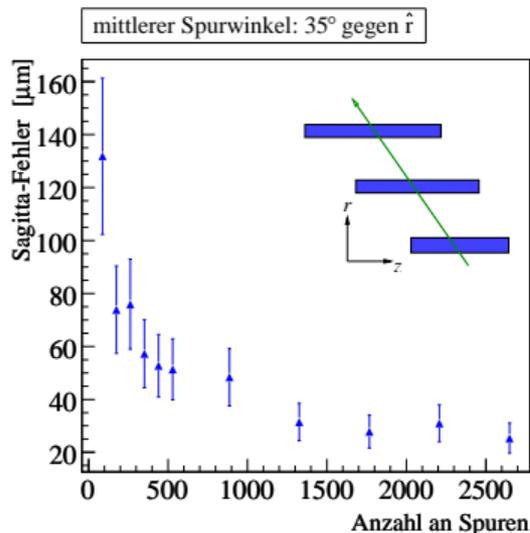
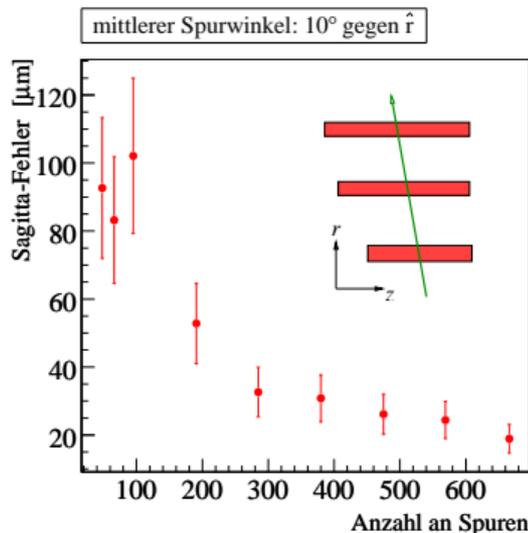
Auflösung - Rotationen



- Monte-Carlo Studie mit 6 GeV und 20 GeV Myonen
- ideale Geometrie
- Breite der Verteilung von Δm
⇒ statistischer Winkelfehler der Einzel-Extrapolation
- dominierend: Vielfachstreuung

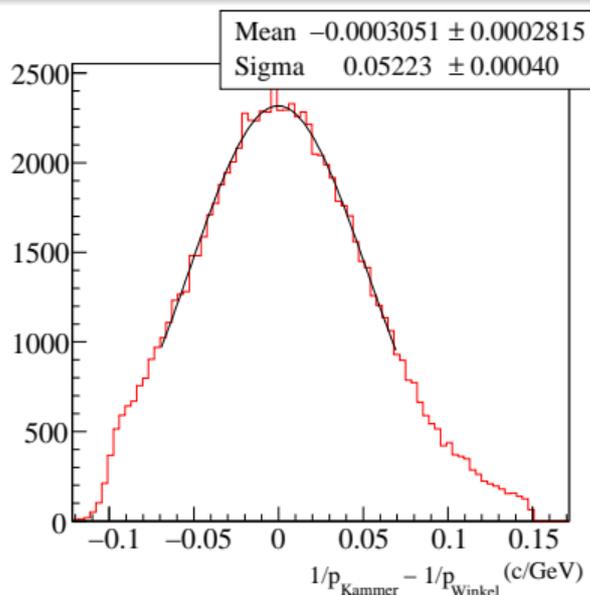
- benötigte Winkelgenauigkeit der Verdrehung: 10^{-5} rad
- Anzahl der Spuren um dies zu erreichen:
 - 6 GeV: $\left(\frac{200 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-5}}\right)^2 \approx 40000$
 - 20 GeV: $\left(\frac{70 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-5}}\right)^2 \approx 5000$

Auflösung - Translationen



- χ^2 -Fit mit unabhängigen Datensätzen:
Standardabweichung liefert Auflösung der Methode
- Δz , $\Delta r \rightarrow$ Sagitta-Fehler (je nach Kammerposition)
- $30 \mu\text{m}$ Auflösung erreichbar mit ~ 1500 Spuren

Verkippung zw. innerer und äußerer Kammer



- Impulsmessung in der mittl. Kammer (f. $p = 6 \text{ GeV}/c$)
→ unabh. von Alignment
- $1/p_{\text{Kammer}} \Leftrightarrow 1/p_{\text{Winkel}}$
→ Verkippung
- benötigte Genauigkeit:
 $\sigma_{1/p} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ c/GeV}$

- für Alignment auf $30 \mu\text{m}$:
etwa 10^6 Spuren erforderlich (> 2 Tage Laufzeit)
- realistischer: 100000 Spuren → $100 \mu\text{m}$ Genauigkeit
⇒ Alignment alle 6 Stunden möglich

- Erstmals wurde eine Methode zur Alignierung des ATLAS-Myonspektrometers mit gekrümmten Spuren entwickelt.
- Maximaler Sagitta-Fehler von $30 \mu\text{m}$ erreichbar (wie benötigt), sobald innere und äußere Kammer parallel.
- Verkippung zwischen innerer und äußerer Kammer limitiert die Genauigkeit
 - $100 \mu\text{m}$ Auflösung erreichbar.