

# 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



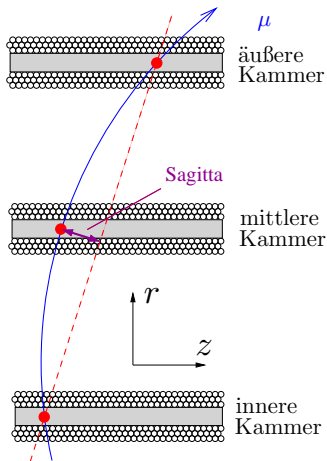
MPI München

8.3.2007



ATLAS

# Impulsmessung im ATLAS Myonspektrometer

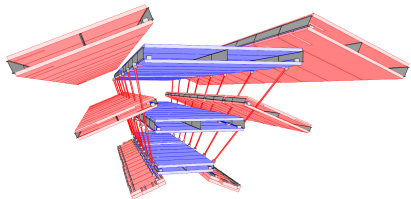


- Impulsmessung aus der Spursagitta über drei Lagen von Präzisionskammern
- Ziel:  $\Delta p_T/p_T < 10\%$  bis 1 TeV
- genaue relative Alignierung der Kammertripletts nötig
- maximaler Sagittafehler durch falsche Kammerposition:  
**30  $\mu\text{m}$**

## Relevante Freiheitsgrade:

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

# Strategien für die Alignierung



## Die Standard-Strategie

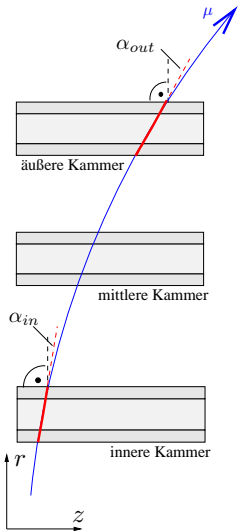
- absolute Positionen: mit geraden Spuren
- große Sektoren: optisches System f. relative Bewegungen
- kleine Sektoren: gekrümmte Spuren im Überlappbereich

## 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



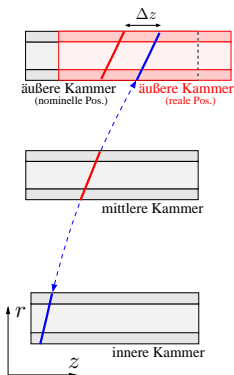
Alternative zur Sagitta (f.  $p \lesssim 20\text{GeV}/c$ )

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



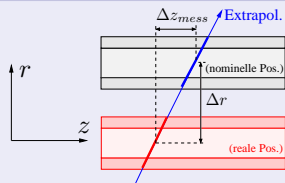
- Ausgangspunkt: Segment in der mittleren Kammer (o.E. in korrekter Position)
- Extrapolation in die innere und äußere Lage (mit Impuls aus Ablenkwinkel)
- Vergleich mit den dortigen Segmenten
  - Translationen
  - Rotationen(getrennt für innere u. äußere Kammer)

### $z$ -Translation

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

## 2. Schritt: Extrapolation

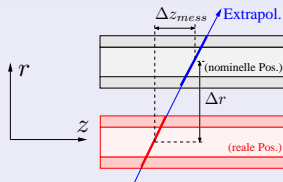
### Translationen in $r$



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

## 2. Schritt: Extrapolation

### Translationen in $r$



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

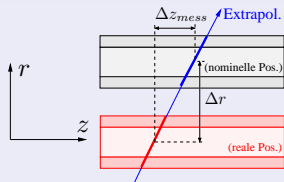
### Gleichzeitige Bestimmung von $\Delta z$ und $\Delta r$

Minimierung von

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

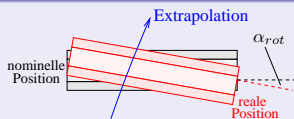
## 2. Schritt: Extrapolation

### Translationen in $r$



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

### Rotationen



Verdrehung  $\alpha_{rot}$  aus der Steigungsdifferenz

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

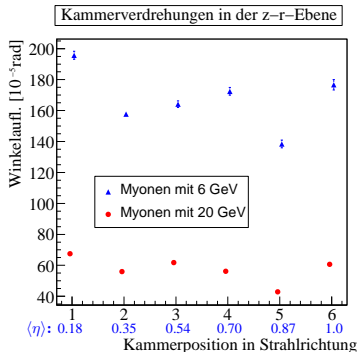
### Gleichzeitige Bestimmung von $\Delta z$ und $\Delta r$

Minimierung von

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



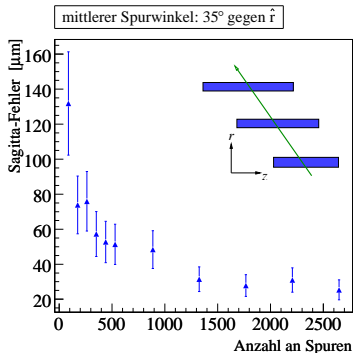
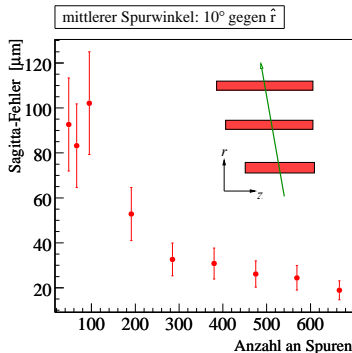
# Auflösung - Rotationen



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

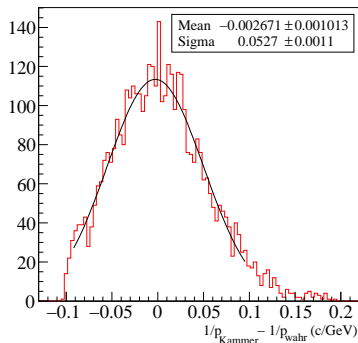
- benötigte Winkelgenauigkeit der Verdrehung:  $10^{-5}$  rad
- Anzahl der Spuren um dies zu erreichen:
  - 6 GeV:  $\left(\frac{200 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-5}}\right)^2 \approx 40000$
  - 20 GeV:  $\left(\frac{70 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-5}}\right)^2 \approx 5000$

# Auflösung - Translationen



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

# Verkippung zw. innerer und äußerer Kammer



- Impulsmessung in der mittl. Kammer (f.  $p \lesssim 6 \text{ GeV}/c$ )  
→ unabh. von Alignierung
- $1/p_{\text{Kammer}} \Leftrightarrow 1/p_{\text{Winkel}}$   
→ Verkippung
- benötigte Genauigkeit:  
 $\sigma_{1/p} \approx 10^{-4} \text{ c/GeV}$

- etwa 50000 Spuren erforderlich ( $\hat{=}$  ca. 3 h Laufzeit)
- Problem: syst. Fehlmessung von  $\Delta \frac{1}{p} \approx 10^{-3} \text{ c/GeV}$  ( $\hat{=}$  300  $\mu\text{m}$  Sagitta-Fehler)
  - falsche Spurrekonstruktion innerhalb der Kammer? → genauere Untersuchung nötig

- 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 zw. innerer und äußerer Kammer limitiert die Genauigkeit
  - Verständnis der systematischen Einflüsse notwendig