

Verwendung der Daten des Laser Alignment Systems für das spurbasierte Alignment des CMS-Spurdetektors

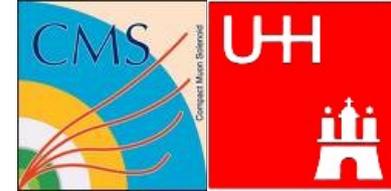
Gero Flucke, Kolja Kaschube, Peter Schleper
Universität Hamburg, Institut für Experimentalphysik



DPG-Tagung
München, 11. März 2009

- Der CMS-Spurdetektor
- Laser Alignment System
- Spurbasiertes Alignment
- Verwendung der LAS-Daten
- Ausblick

DER CMS SPURDETEKTOR



Aufbau

Silizium-Spurdetektor
~ 200 m² aktive Fläche
16.584 Si-Module

Radius: 110 cm
Länge: 540 cm

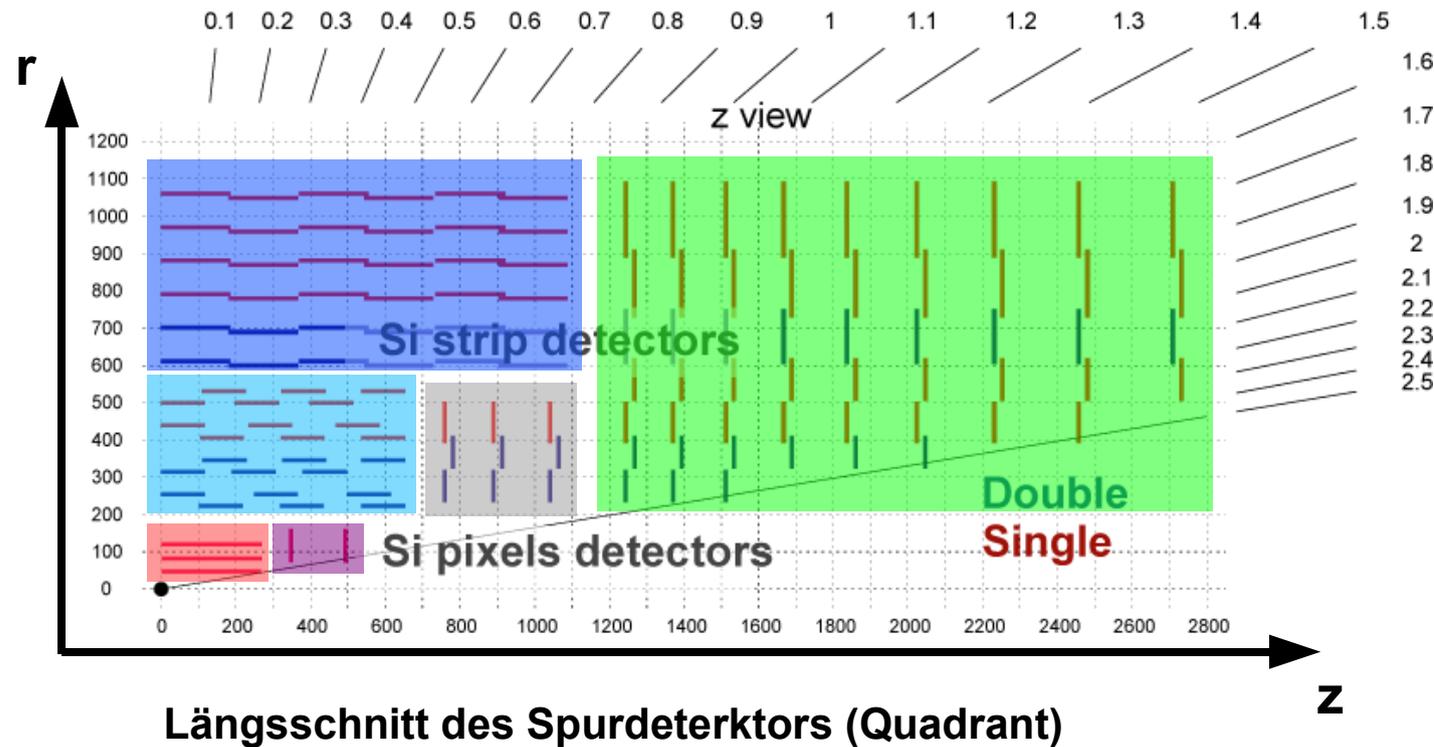
2-D Messungen
in Pixel- und
„Double-sided“-
Sensoren

Pixeldetektor

Barrel (PB),
Endcaps (PE),
1440 Module,
9 – 23 μm Hit-Auflösung in $r\phi$

Silizium-Streifendetektor

Inner/Outer Barrel (TIB/TOB),
Inner Disks (TID), *Endcaps (TEC)*,
15144 Module,
23 – 60 μm Hit-Auflösung in $r\phi$



LASER ALIGNMENT SYSTEM

40 fest installierte Infrarot-Laserstrahlen, die...

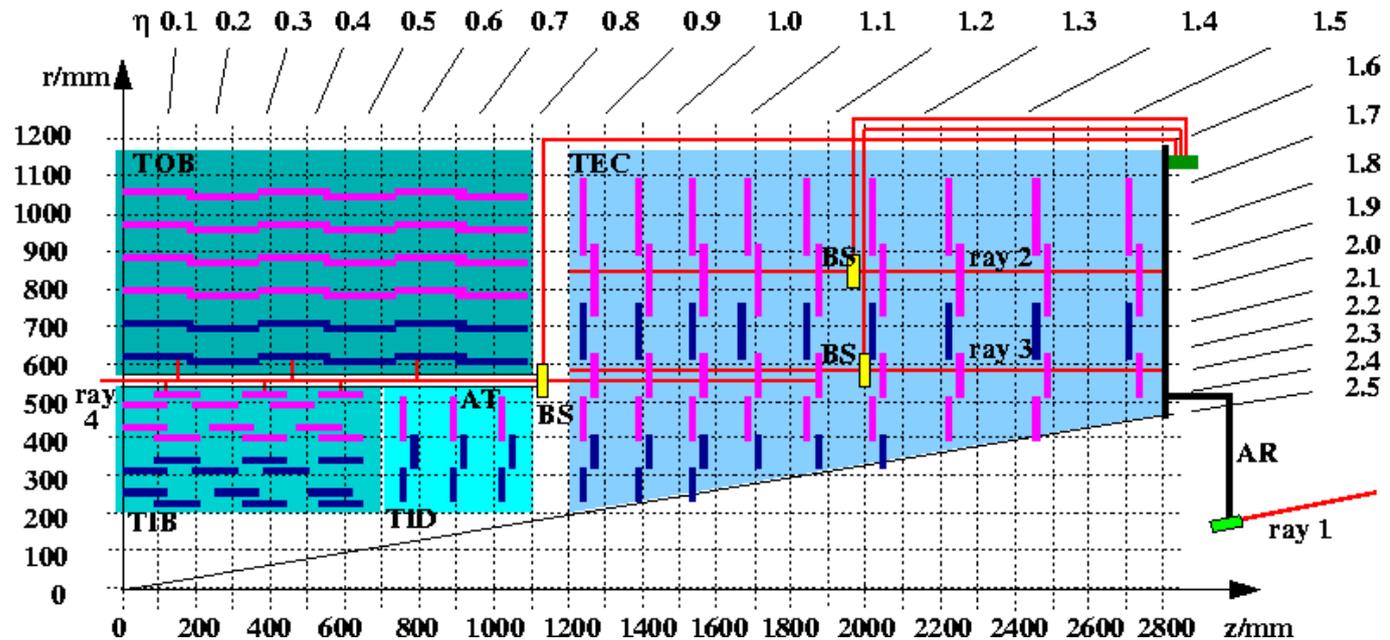
- senkrecht auf 434 Silizium-Streifen-Module gerichtet sind
- Positionsmessungen im Bereich $< 100 \mu\text{m}$ (nur sensitive Koordinate!) machen

Anordnung

2 x 8 Strahlen in
Endkappen-Ring 6

2 x 8 Strahlen in
Endkappen-Ring 4

8 Strahlen in
TIB Lage 4, TOB Lage 1,
TEC Ring 4



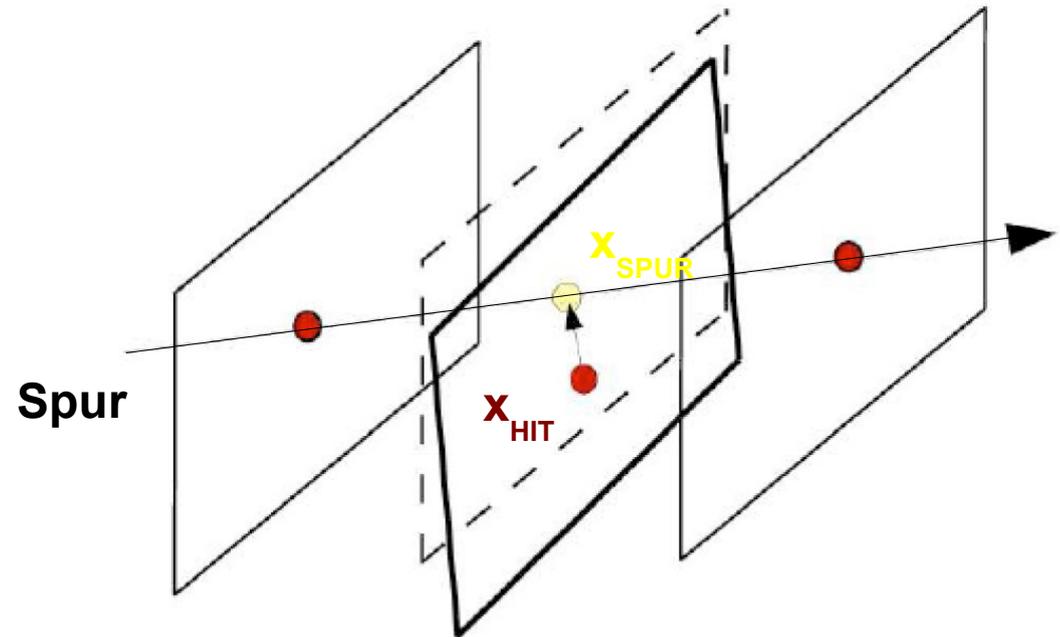
- Strahlen werden über Beam Splitter (BS) parallel zur z-Achse ausgerichtet
- Getroffene Sensoren haben für die Strahlen durchlässige Punkte ($r = 0.5 \text{ cm}$)
- Laserstrahlen werden von den Sensoren vermessen!
- Barrel: Metallröhren (AT) mit halbdurchlässigen Spiegeln leiten Strahlen auf Sensoren

SPURBASIERTES ALIGNMENT

Bestimmung der räumlichen Ausrichtung (*Alignment*) der Sensoren mit Hilfe von Teilchenspuren

$$\text{Residuum} = x_{\text{SPUR}} - x_{\text{HIT}}$$

$$\chi^2 = \sum_{\text{Hit}} (\text{Residuum} / \sigma_{\text{Res}})^2$$



Spurrekonstruktion schlecht, wenn Ausrichtung der Sensoren unbekannt
 → hohe χ^2 -Werte der Spur-Fits

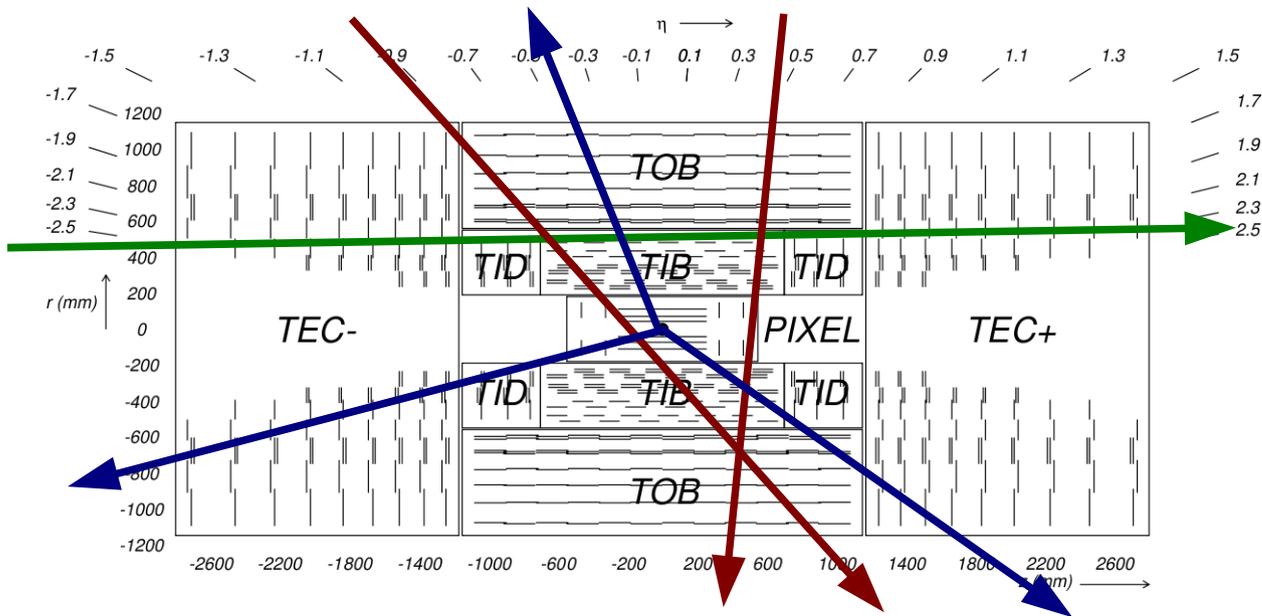
Alignment:

neue Minimierung des χ^2 unter Veränderung der Position der Sensoren

SPURBASIERTES ALIGNMENT

Gutes Alignment: unterschiedliche Teilchenspuren benötigt

- Detektorteile durch Spuren „miteinander verbunden“
- Spuren werden von den Alignment-Algorithmen zusammen verwendet



Beam Halo Myonen

kosmische Myonen

Spuren aus Kollisionen

Nutzen des LAS für spurbasiertes Alignment

- misst relative Positionen der Disks in den Endkappen
- misst globale Bewegungen zwischen Inner/Outer Barrel und den Endkappen
- wenige Teilchenspuren haben diese Eigenschaft!

Alignment-Algorithmen

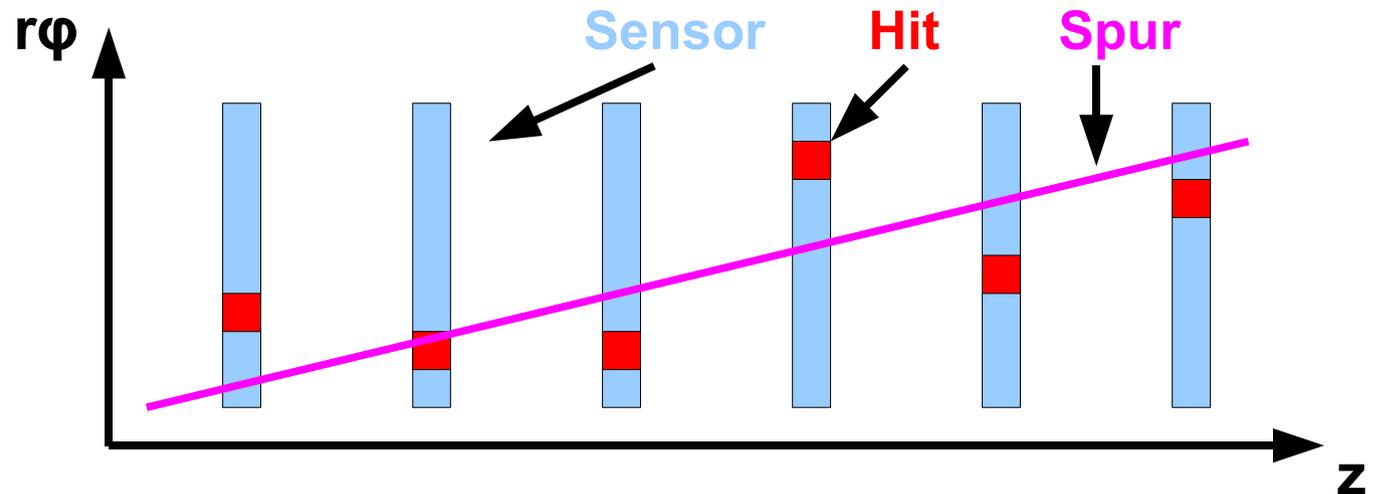
benötigen Hit- und Spurinformatoren von jedem getroffenen Sensor

LAS Messungen

$r\phi$ -Wert des Hits; keine Messung in r , z (r ist fester Parameter)

Annahme: Die LAS-Strahlen sind gerade → **2-D Spurfitt zur Parametrisierung**

Spurmodell
in den
Endkappen
 $r\phi = a \cdot z + b$



Beam Splitter

- noch nicht berücksichtigt
- bewirken Spurnick
- Parametrisierung: freier Parameter im Fit, oder fester gemessener Wert

ALIGNMENT MIT LAS-DATEN

Spur-Fit für die Endkappen

- jede Endkappe: 16 Strahlen, 144 Module
- Endkappen unabhängig voneinander (keine Spur verbindet sie)

Idealisierter Fall

- alle Hits in Sensormitte, pessimistische Fehlerannahme ($100\ \mu\text{m}$)
- Misalignment nur in LAS-sensitiven Koordinaten

Verschiebung der Disks in den Endkappen

Gaußisch verteilt: $x: 100\ \mu\text{m}$, $y: 100\ \mu\text{m}$, $\varphi: 100\ \mu\text{rad}$

Keine Sensitivität auf globale Bewegungen der Endkappen

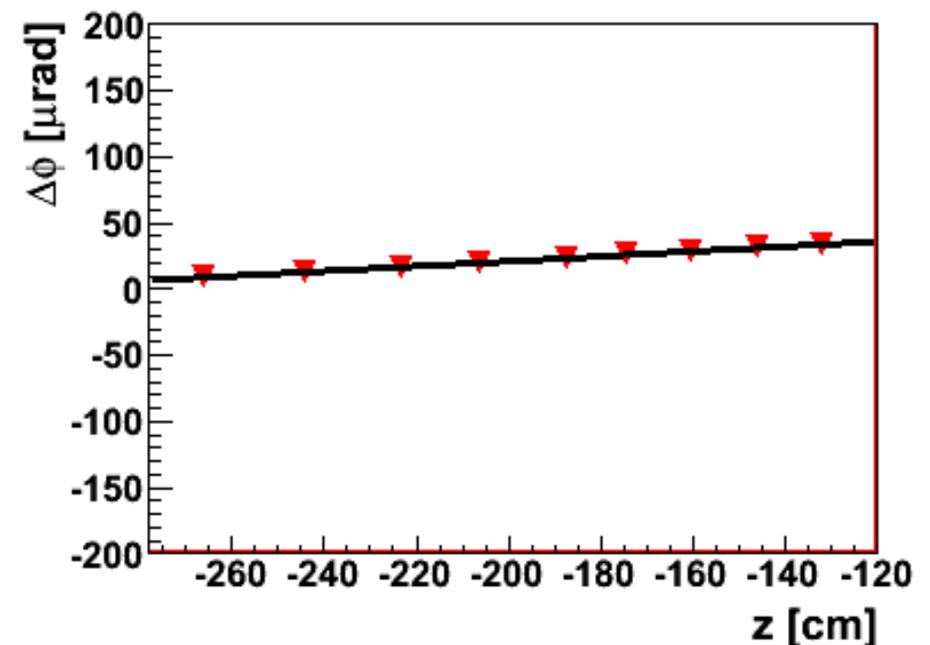
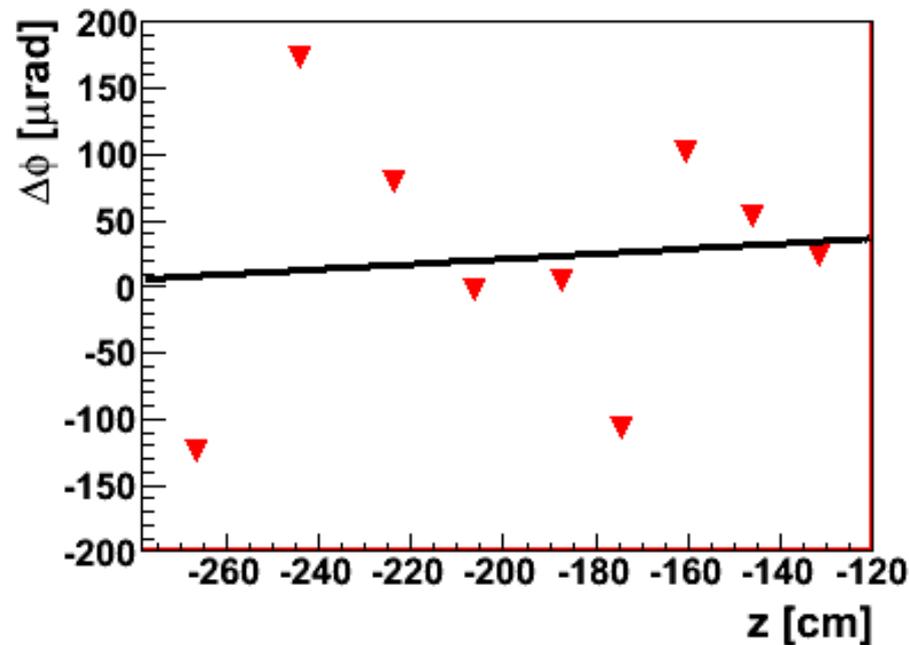
6 Constraints:

- Bewegungen der Endkappen als Ganzes werden eingeschränkt
- Verschiebung in x , y ; Rotation um z (φ); Rotation um x , y (Scherung); linear von z Abhängige Verdrehung der Scheiben (*twist*)

ALIGNMENT MIT LAS-DATEN

TECminus: $\Delta\phi$ vs. z

Globale Position der Disks: vorher \rightarrow nachher



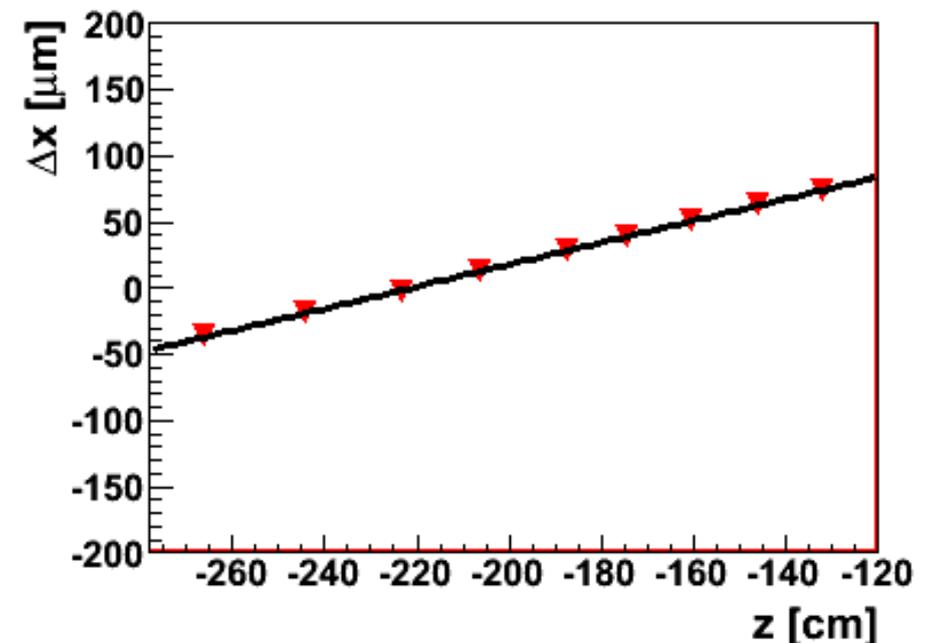
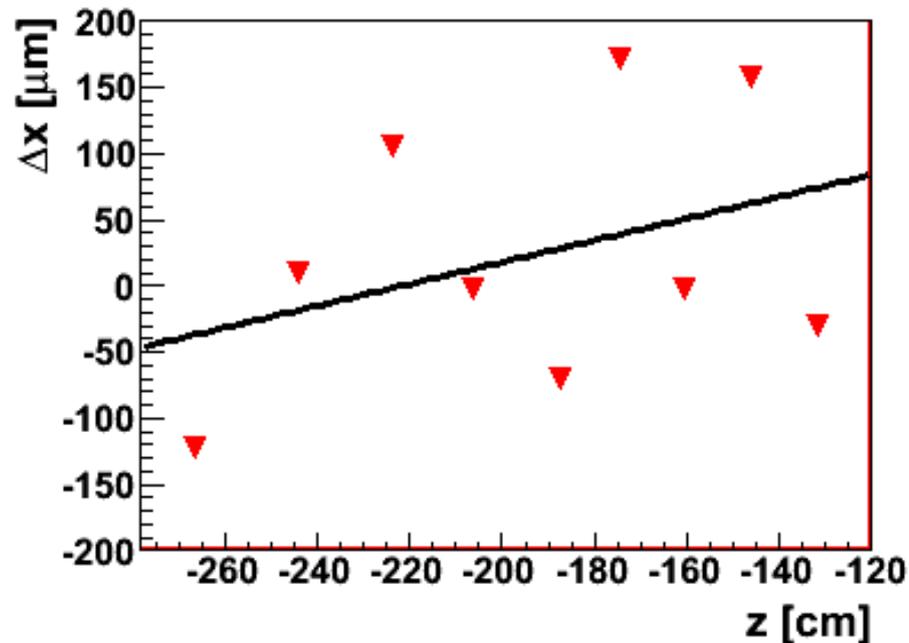
linearer Fit an die Position der Disks

- Steigung (*twist*), Achsenabschnitt (glob. Rotation) bleiben gleich
- \rightarrow Disks werden – bis auf globale Rotation – perfekt aneinander gereiht
- \rightarrow **erwartetes Ergebnis!**

ALIGNMENT MIT LAS-DATEN

TECminus: Δx vs. z

Globale Position der Disks: vorher \rightarrow nachher



linearer Fit an die Position der Disks

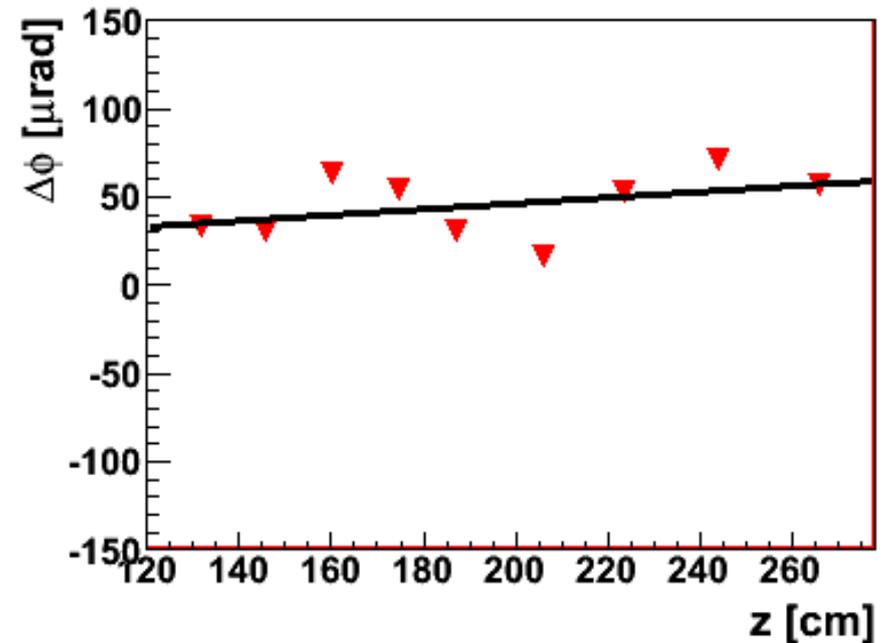
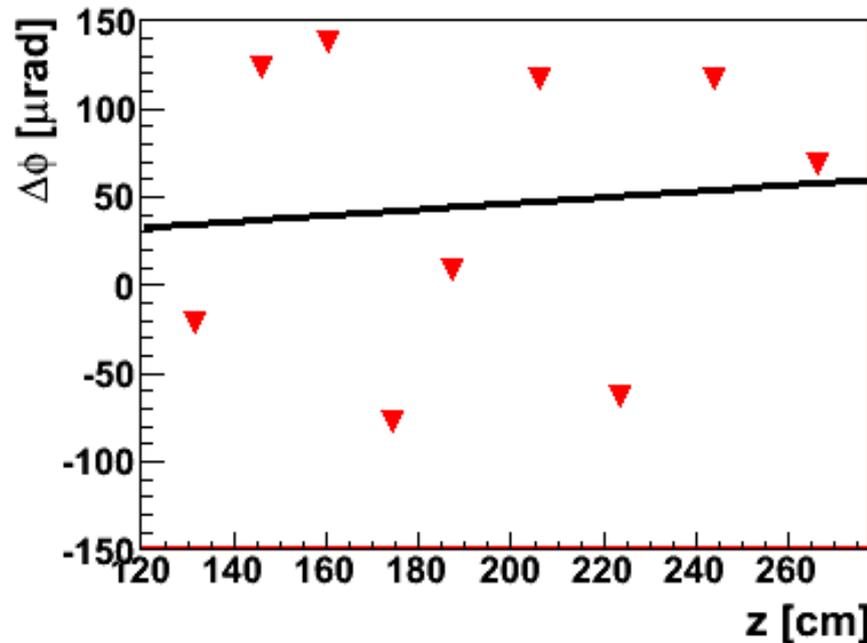
- Steigung (*twist*), Achsenabschnitt (glob. Rotation) bleiben gleich
- \rightarrow Disks werden – bis auf globale Rotation – perfekt aneinander gereiht
- \rightarrow **erwartetes Ergebnis!**
- \rightarrow analog für TECplus, Δv

ALIGNMENT MIT LAS-DATEN

Gaußisch verteilte Hits: 5 mal gewürfelt (mean 0, $\sigma = 100 \mu\text{m}$)

TECplus: $\Delta\phi$ vs. z

Globale Position der Disks: vorher \rightarrow nachher



Ergebnis des Fits wie mit idealen Messungen

\rightarrow nachher: Abweichung der Disk-Positionen entspricht Hit-Verteilung!

\rightarrow **erwartetes Ergebnis (analog für TECminus, Δx , Δy)!**

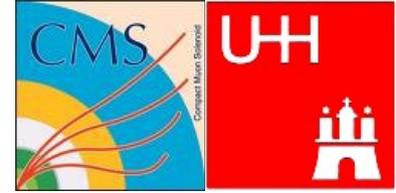
Ein Spur-Fit für die Verwendung der LAS-Daten für das spurbasierte Alignment in den Endkappen ist im Software-Framework implementiert.

Das eigenständige Alignment der Disks in den Endkappen mit verläuft erwartungsgemäß.

Ausblick

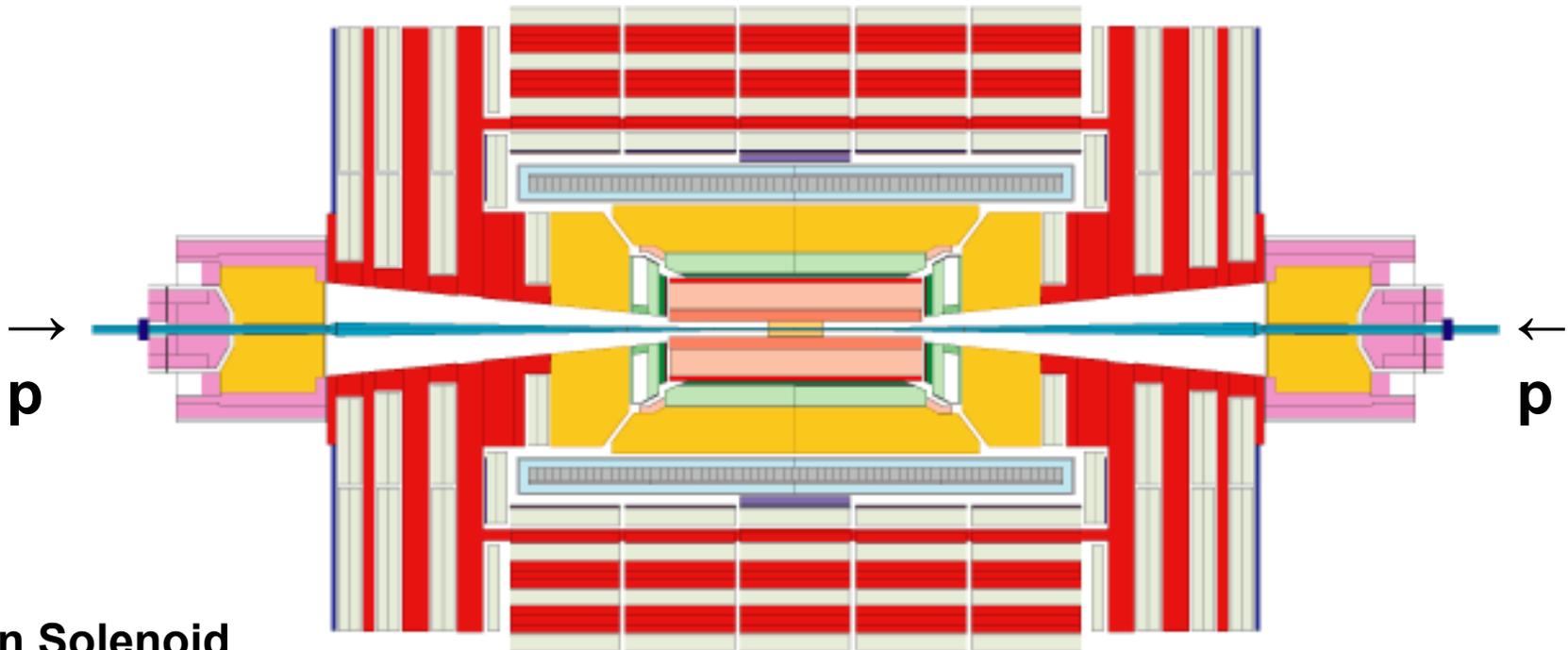
- Einbeziehung der Beam Splitter
- Implementierung des Fits für den Barrel-Bereich
- Benutzung von wahren LAS-Daten (auch Monte Carlo)

BACKUP



Large Hadron Collider

- Ringbeschleuniger am CERN mit Umfang 26.7 km
- Proton-Proton-Kollisionen bei bis zu 14 TeV



Compact Muon Solenoid

Allgemeiner Hochenergiephysik-Detektor

- Komponenten: Spurdetektor, ECAL, HCAL, Solenoid (3.8 T), Myonkammern
- Dimensionen: 15 m Durchmesser, 20 m Länge; Gewicht: 12500 Tonnen