



Iteratives Verfahren für das Alignment des Spurdetektors des ATLAS-Experiments mittels Teilchenspuren

Gruppenbericht

Roland Härtel

für die ATLAS-SCT Gruppe am MPI für Physik

DPG Frühjahrstagung
Sektion Teilchenphysik
Heidelberg

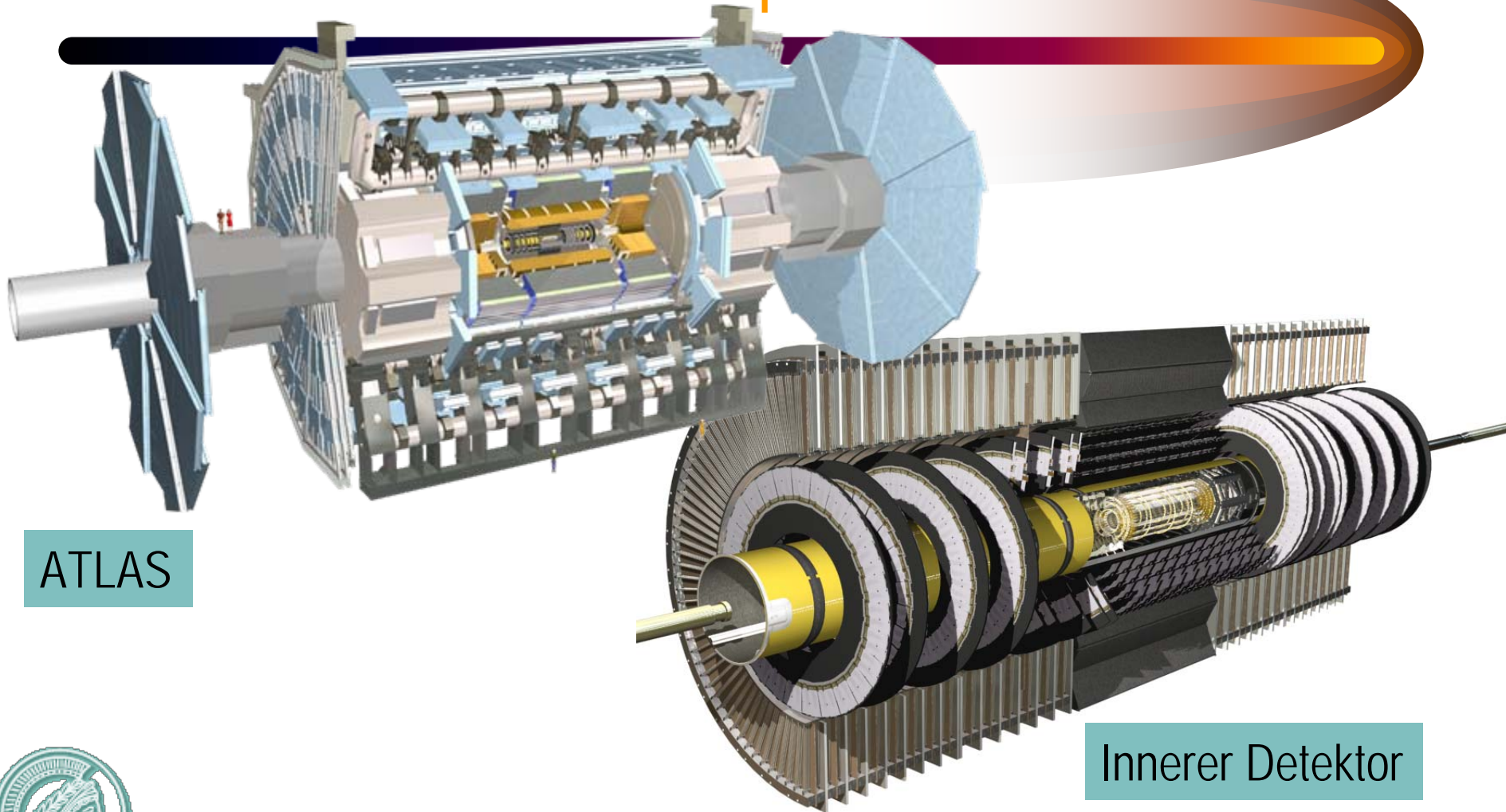


Überblick

- Innerer Detektor des ATLAS Experiments
- Anforderungen an das Alignment
- Alignment mittels Teilchenspuren
 - Konzept und Implementierung
 - Alignment mit:
 - Teststrahl Daten
 - kosmischer Höhenstrahlung
 - simulierten Daten
 - Modifikationen:
 - Alignment mit Vertex Zwangsbedingung
 - Alignment mit Kalman Filter
- Zusammenfassung



Innerer Detektor des ALIAS-Experiments



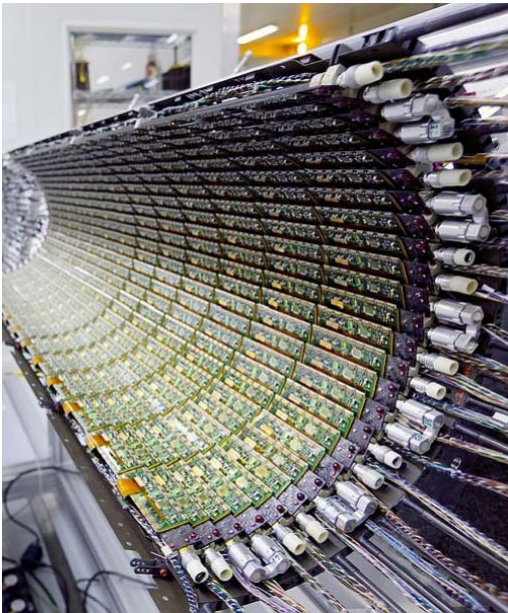
ATLAS

Innerer Detektor

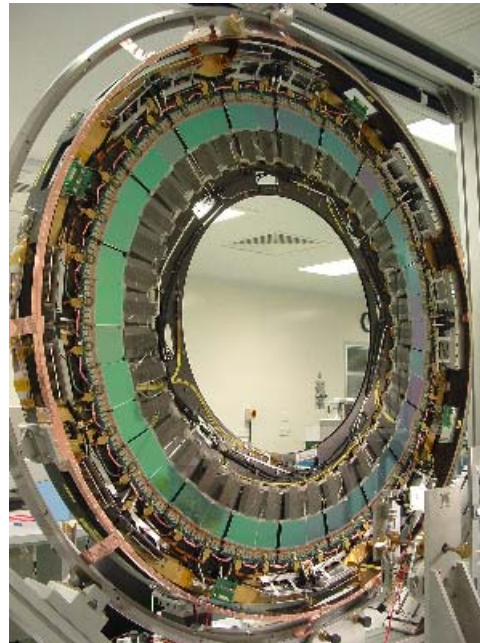


Pixel- und Siliziumstreifendetektor

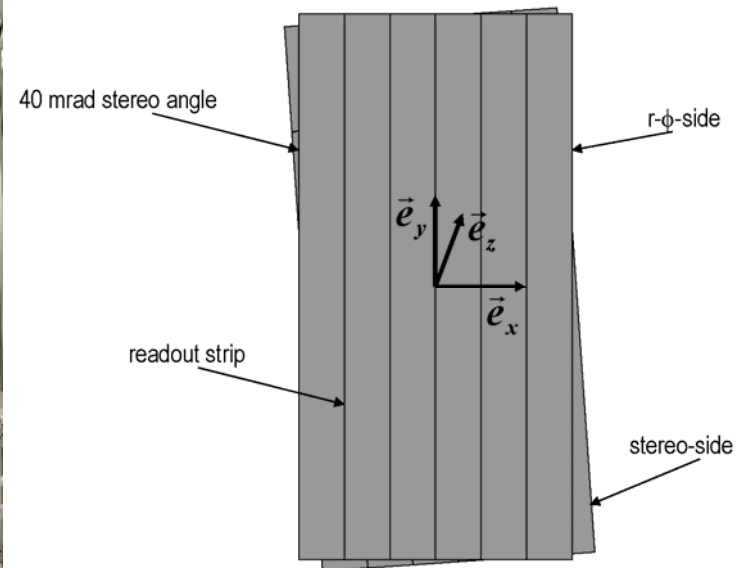
- Der Innere Detektor hat 1744 Pixel Module und 4088 SCT Module
- Daraus resultieren etwa 35k zu bestimmende Alignment Parameter



Pixel Barrel



SCT Endkappe



Koordinatensystem



Anforderungen an das Alignment

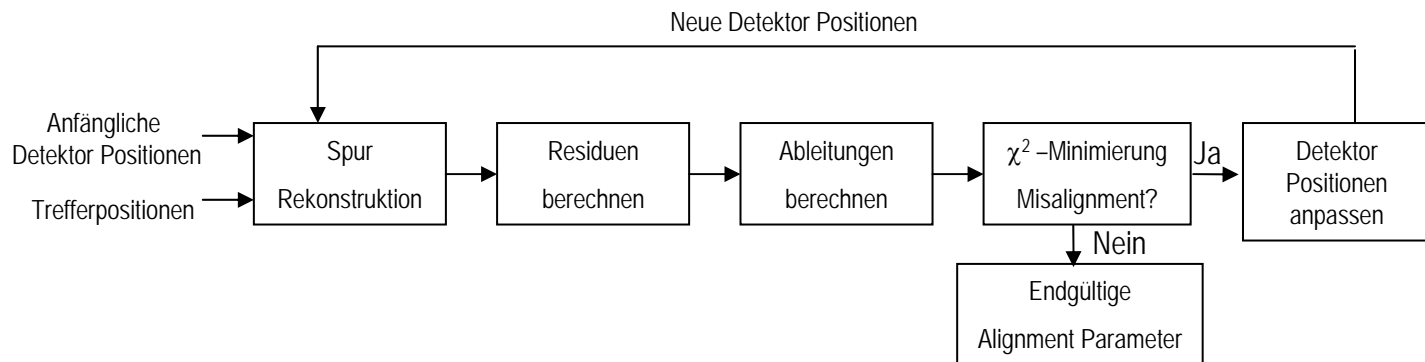
- Benötigte Alignment Genauigkeit um Spurparameterauflösung um weniger als 20% zu verschlechtern
- „as built“ Alignment Genauigkeit von Pixel und SCT

Alignment Parameter	Pixel Barrel		Pixel EndCap		SCT Barrel		SCT EndCap	
	TDR req.	as built	TDR req.	as built	TDR req.	as built	TDR req.	as built
a_x [μm]	7	50	7	4.6	12	150	12	32
a_y [μm]	20	20	20	4.7	50	150	50	41
a_z [μm]	10	50	100	12.7	100	150	200	50
a_α [mrad]		1.7		0.3		2.5		1
a_β [mrad]		0.7		0.7		5		1
a_γ [mrad]		1.7		0.12		2.5		0.09



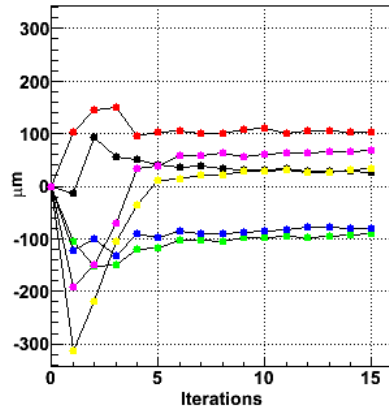
Lokaler χ^2 Algorithmus

- Für jedes Modul werden Residuum und Ableitungen des Residuums nach den 6 Alignment Parametern ermittelt
- In dem Residuum und den Ableitungen ist damit sämtliche Geometrie-Information enthalten
- Durch eine linearisierte χ^2 -Minimierung wird der wahrscheinlichste Wert der Alignment Parameter bestimmt

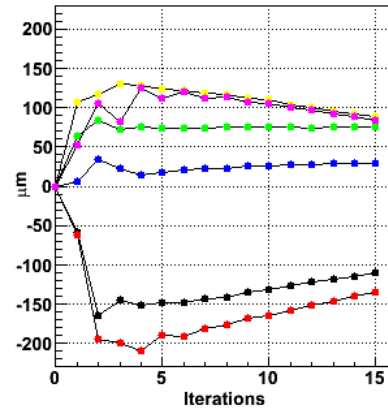


Alignment mit Teststrahl Daten

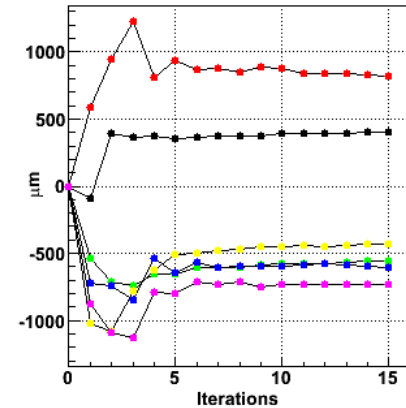
Alignment Parameter x



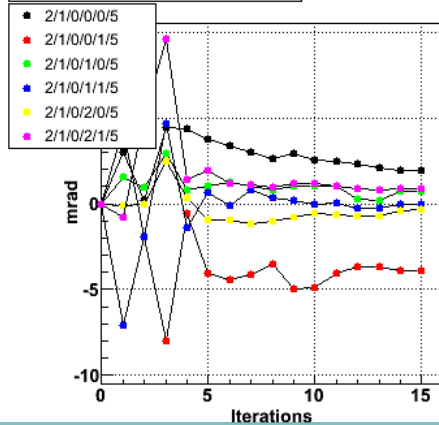
Alignment Parameter y



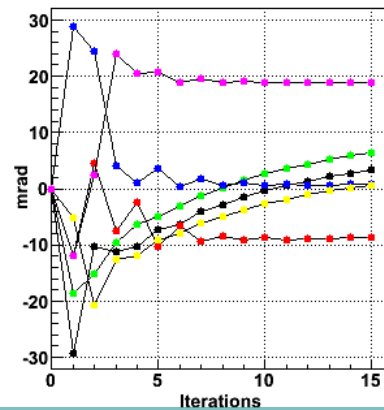
Alignment Parameter z



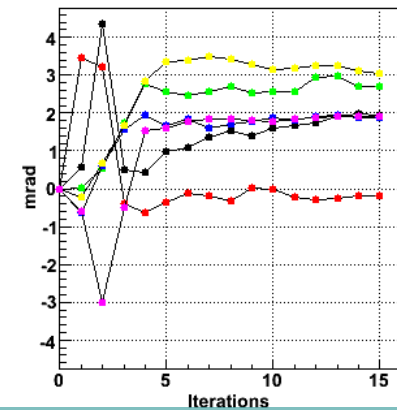
Alignment Parameter alpha



Alignment Parameter beta



Alignment Parameter gamma

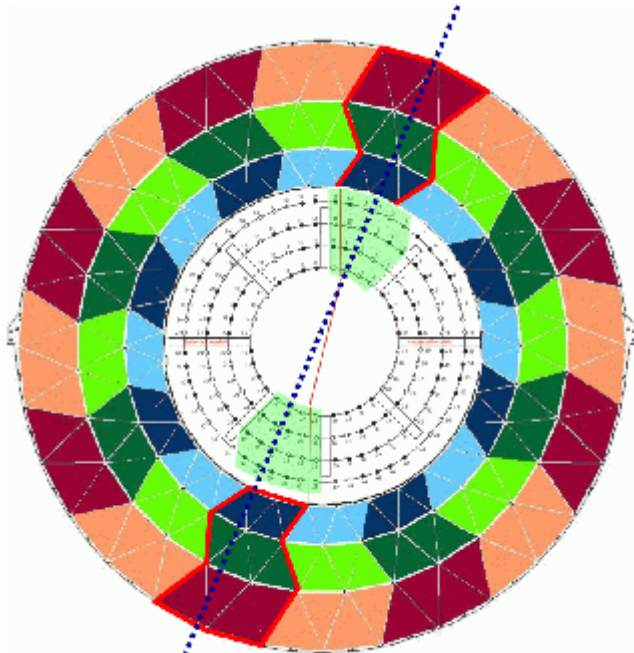


Entwicklung der Alignment Parameter der Pixelmodule im Lauf der Iterationen
In den meisten Freiheitsgraden konvergieren die Parameter auf stabile Werte



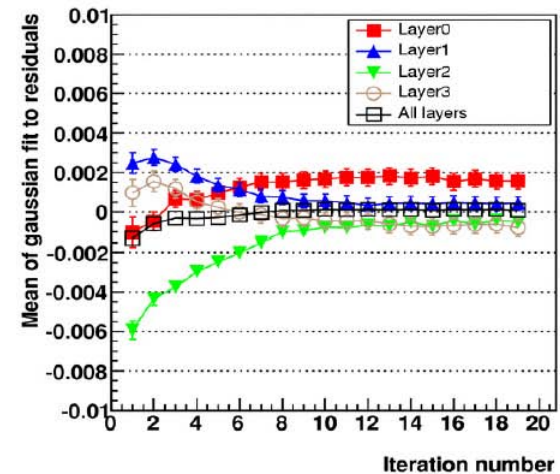
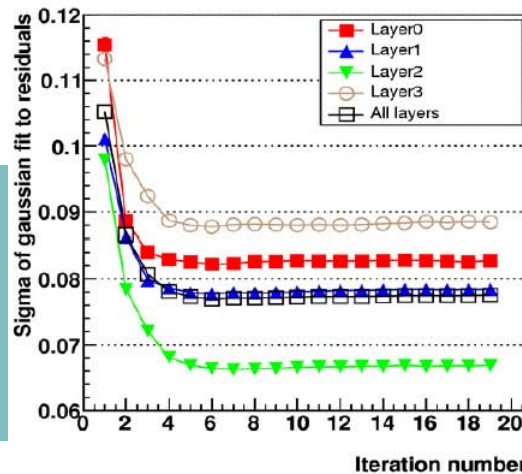
SCT Barrel Alignment mit kosmischer Höhenstrahlung

Bjarte Mohn
Ola Øye
Univ. Bergen



Entwicklung von Breite und Mittelwert der Residuenverteilungen im Lauf der Iterationen

- SCT + TRT Barrel Detektortest mit kosmischer Höhenstrahlung
- Kein Magnetfeld
- Alignment von ca. 500 SCT Modulen wurde mit 36k Teilchenspuren durchgeführt

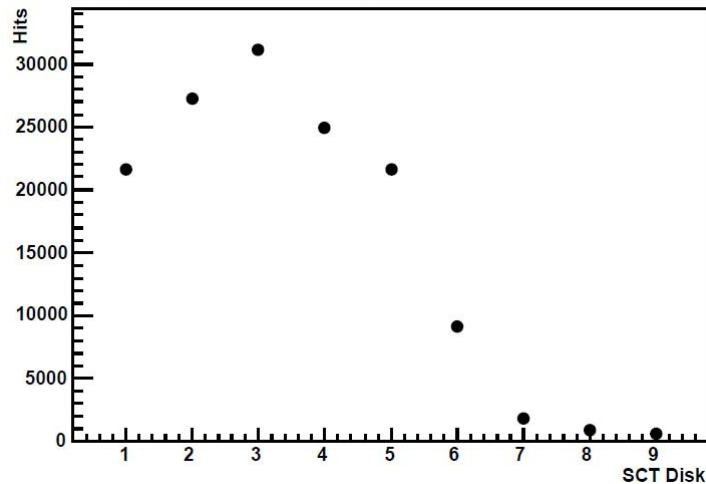


SCT Endkappen Alignment mit kosmischer Höhenstrahlung

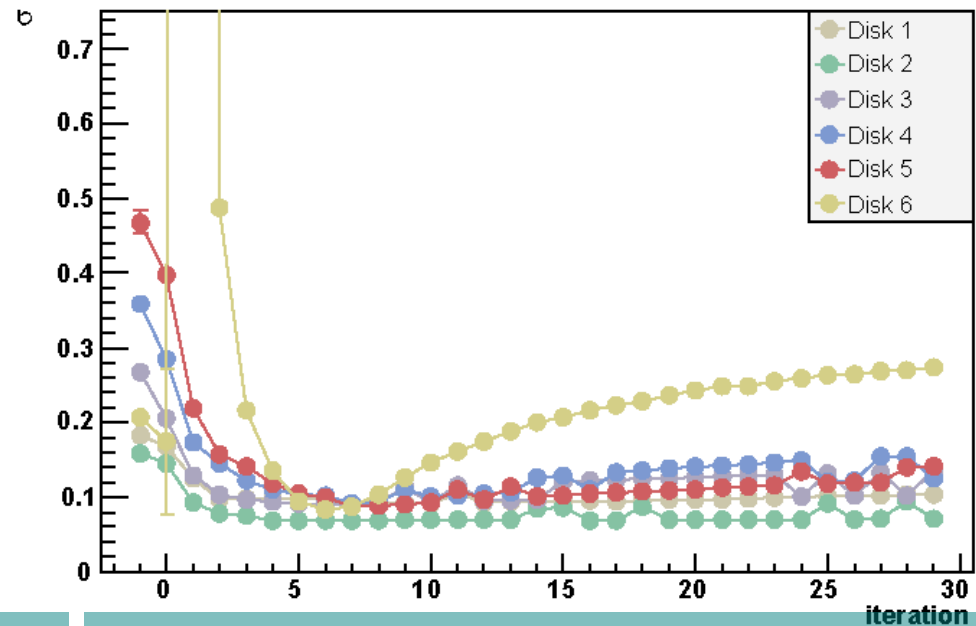
Christian Schmitt
CERN

- Nur 20k Teilchenspuren stehen zur Verfügung
- Disk-Alignment statt Modul-Alignment

Number of hits per SCT disk



Sigma of residuals vs. iterations



Verteilung der Teilchenspuren Treffer auf den Endkappen Disks

Entwicklung der Breite der Residuenverteilungen im Lauf der Iterationen



Alignment mit simulierten Daten

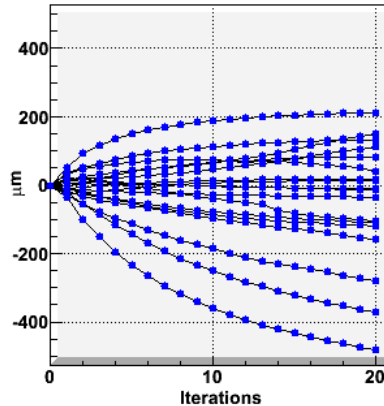
Tobias
Göttfert

Datensatz mit 200k
simulierten Myon-
spuren

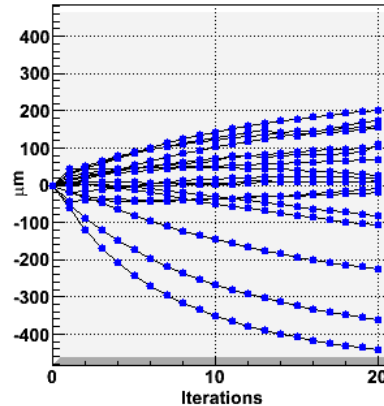
Simulation mit
verschobenen
Detektorpositionen

Disk Alignment statt
Modul Alignment

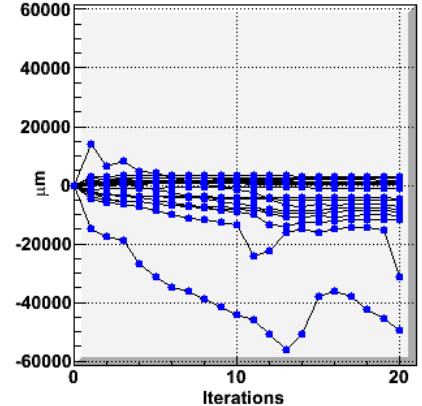
Alignment Parameter x



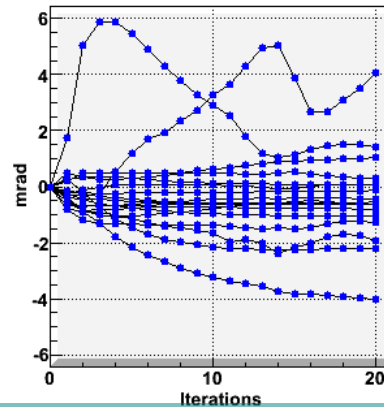
Alignment Parameter y



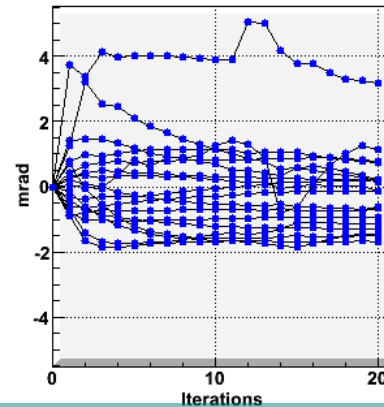
Alignment Parameter z



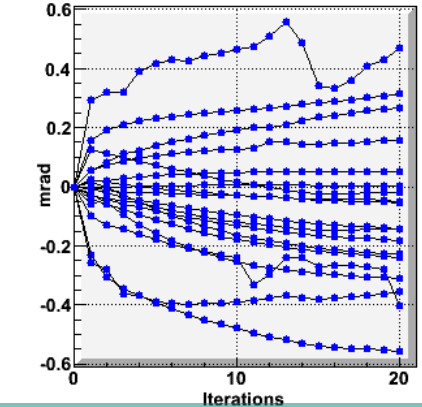
Alignment Parameter alpha



Alignment Parameter beta



Alignment Parameter gamma



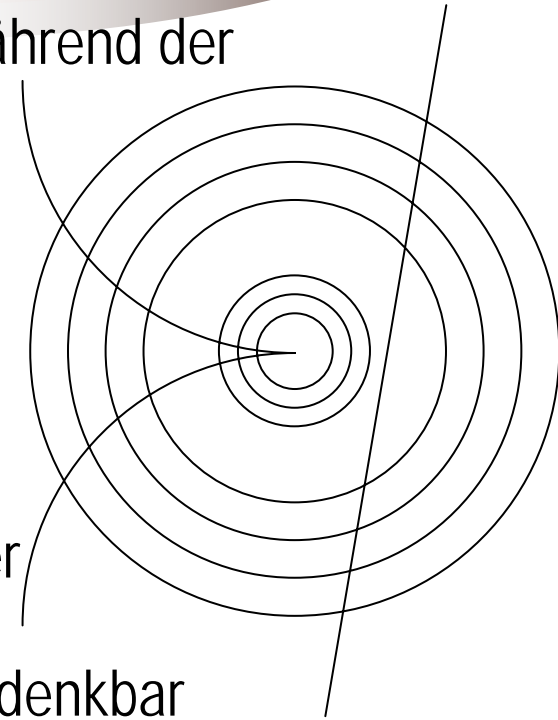
Entwicklung der Alignment Parameter der SCT Endkappen Disks im Lauf der Iterationen
Die Alignment Parameter einiger Disks konvergieren nicht auf stabile Werte



Vertex Zwangsbedingung

Sophio Pataria

- Die Positionsinformation eines gemeinsamen Vertex von mehreren Teilchenspuren wird als zusätzliche Messung während der Spurrekonstruktion berücksichtigt
- Dies erzeugt explizite Korrelationen zwischen Modulen die im Normalfall nicht von einer einzelnen Spur aus dem Wechselwirkungspunkt getroffen werden (vergleichbar mit einer Teilchenspur durch kosmische Höhenstrahlung)
- Grundsätzlich wäre in diesem Schema neben der Positionsinformation auch eine gemeinsame invariante Masse als weitere Zwangsbedingung denkbar

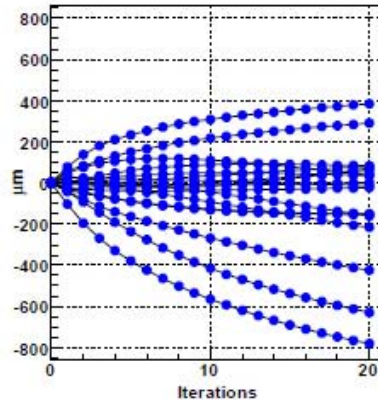


Alignment mit simulierten Daten

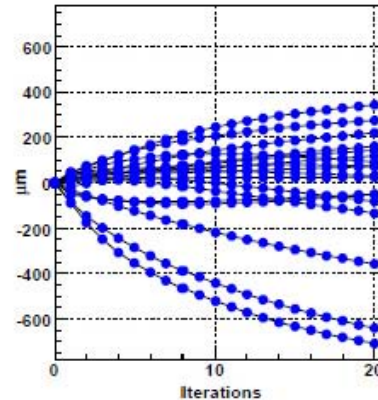
Der selbe Datensatz mit 200k Myonspuren
Jeweils 10 Myonen kommen von einem gemeinsamen Vertex

Daher wurde das Alignment mit zusätzlicher Vertex Zwangsbedingung durchgeführt

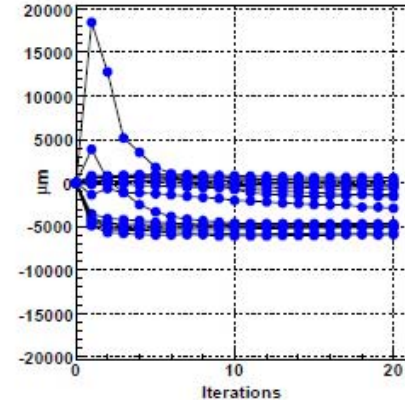
Alignment Parameter x



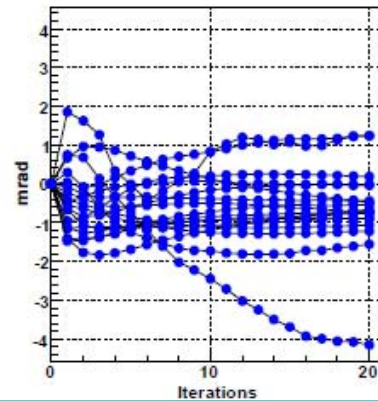
Alignment Parameter y



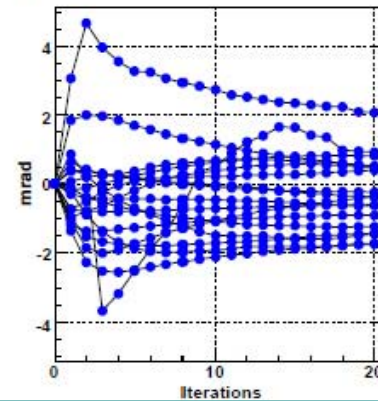
Alignment Parameter z



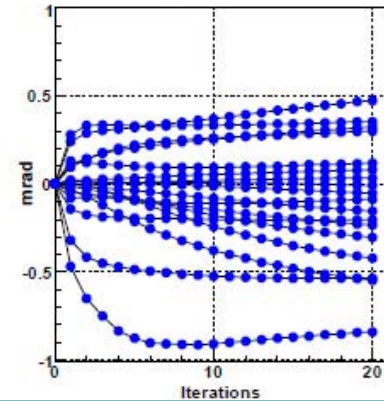
Alignment Parameter alpha



Alignment Parameter beta



Alignment Parameter gamma



Entwicklung der Alignment Parameter der SCT Endkappen Disks im Lauf der Iterationen
Die Alignment Parameter aller Disks konvergieren auf stabile Werte



Alignment mit Kalman-Filter

Manuel Kayl

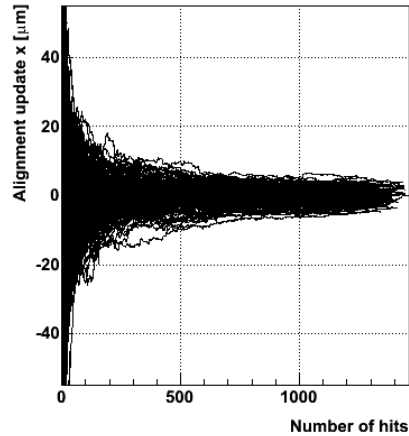
- Neuartiger Alignment Ansatz, der bisher in keinem laufenden Experiment zum Einsatz kam
- Konventionelles Alignment: die Detektorpositionen werden am Ende eines Alignment Durchlaufs korrigiert
- Kalman Alignment: Die Detektorpositionen werden nach jeder verwendeten Teilchenspur korrigiert
- Dadurch besteht die Möglichkeit für schnellere Konvergenz
- Iterationen werden hinfällig, da Korrelationen unmittelbar berücksichtigt werden



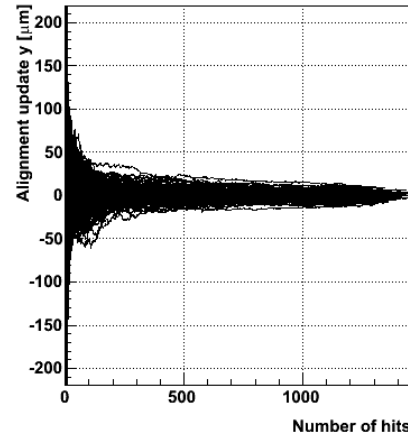
Alignment mit Kalman-Filter

Entwicklung der Alignment Parameter von Modulen des Pixel Barrels während der Akkumulation von Teilchenspurtreffern
Nominale Detektor Positionen

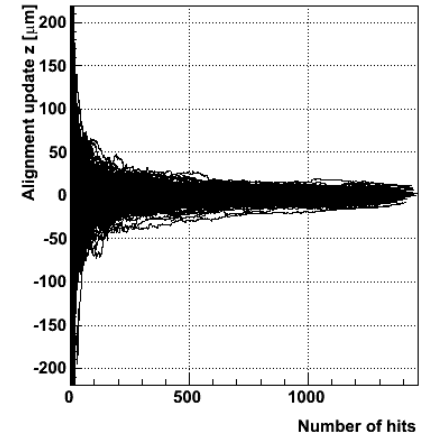
a) Alignment parameter x Pixel layer 2 $|η| < 0.7$



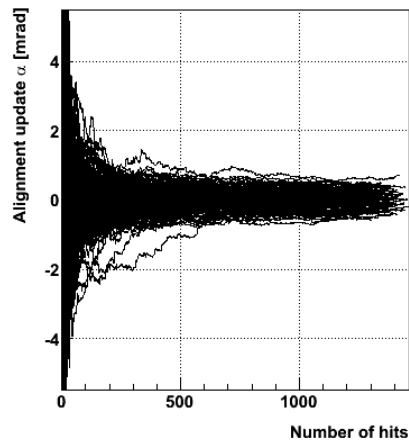
b) Alignment parameter y Pixel layer 2 $|η| < 0.7$



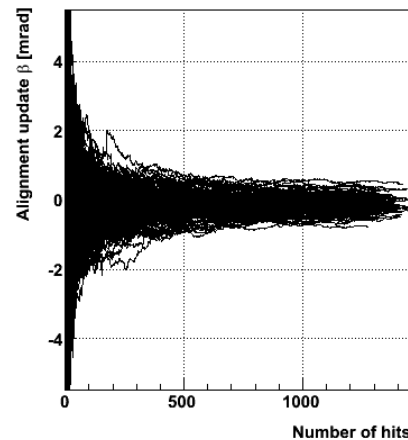
c) Alignment parameter z Pixel layer 2 $|η| < 0.7$



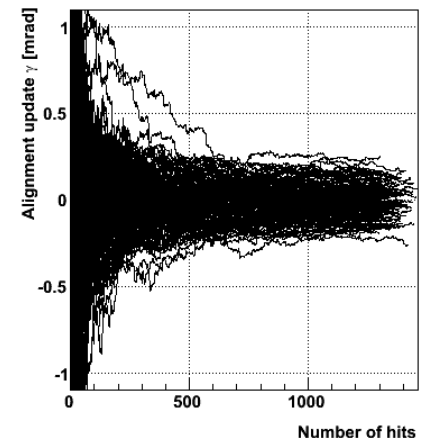
d) Alignment parameter $α$ Pixel layer 2 $|η| < 0.7$



e) Alignment parameter $β$ Pixel layer 2 $|η| < 0.7$



f) Alignment parameter $γ$ Pixel layer 2 $|η| < 0.7$

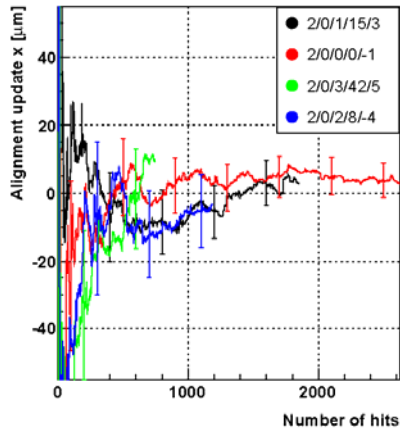


Alignment mit Kalman-Filter

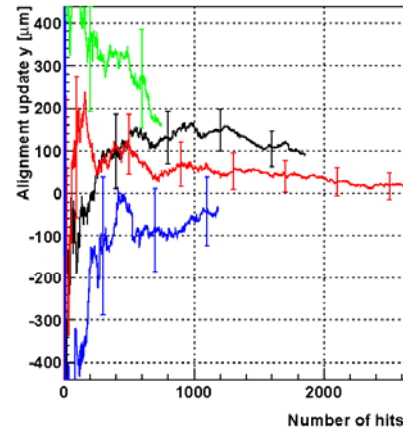
Entwicklung der Alignment Parameter von vier verschobenen Modulen des SCT Barrels während der Akkumulation von Teilchenspurtreffern

Innerhalb der Fehlergrenzen werden diese Verschiebungen vollständig korrigiert

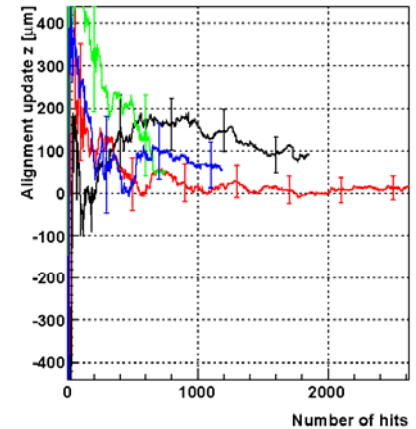
a) Alignment parameter x SCT barrel



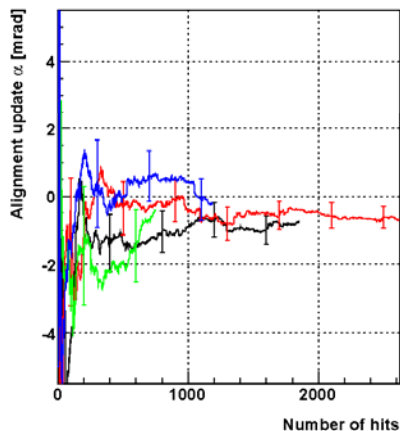
b) Alignment parameter y SCT barrel



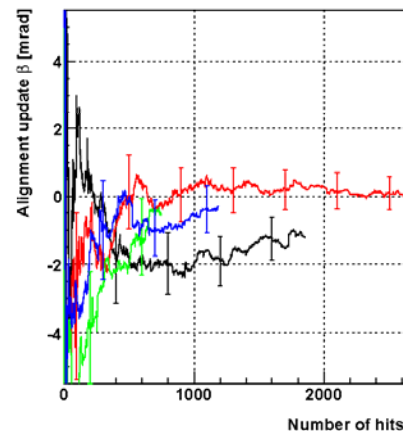
c) Alignment parameter z SCT barrel



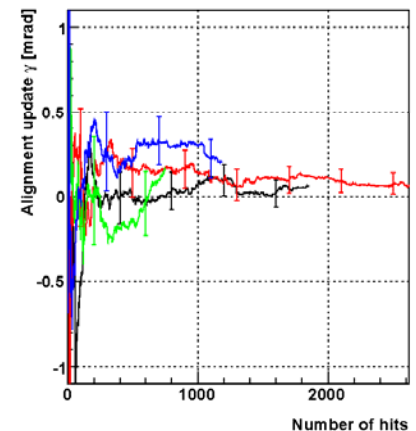
d) Alignment parameter α SCT barrel



e) Alignment parameter β SCT barrel



f) Alignment parameter γ SCT barrel



Zusammenfassung und Ausblick

- Der lokale χ^2 Algorithmus der ATLAS-SCT Gruppe am MPI:
 - ist ein voll funktionsfähiges, automatisiertes Alignment Verfahren für Pixel und SCT
 - wurde verwendet für das Alignment mit Daten von Teststrahlungsmessungen und kosmischer Höhenstrahlung
 - ist ein wichtiges Kontrollwerkzeug während der schrittweisen Inbetriebnahme des Inneren Detektors (Software + Hardware)
- Erste Resultate einer groß angelegten Studie mit simulierten Daten sind sehr viel versprechend
- Modifikationen und Weiterentwicklungen werden zur Zeit verwirklicht, um bekannte Schwachpunkte des Verfahrens (schlecht bestimmte Freiheitsgrade, hohe Anzahl an Iterationen) zu beseitigen

