



Iteratives Verfahren für das Alignment des SCT Detektors des ATLAS-Experiments mittels Teilchenspuren

Roland Härtel, MPI für Physik

DPG Frühjahrstagung

Sektion Teilchenphysik

Dortmund

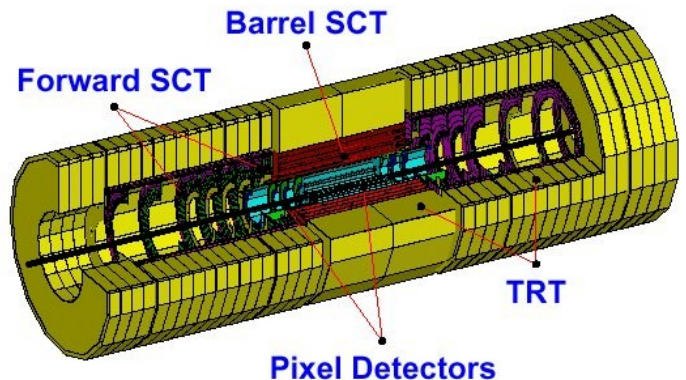
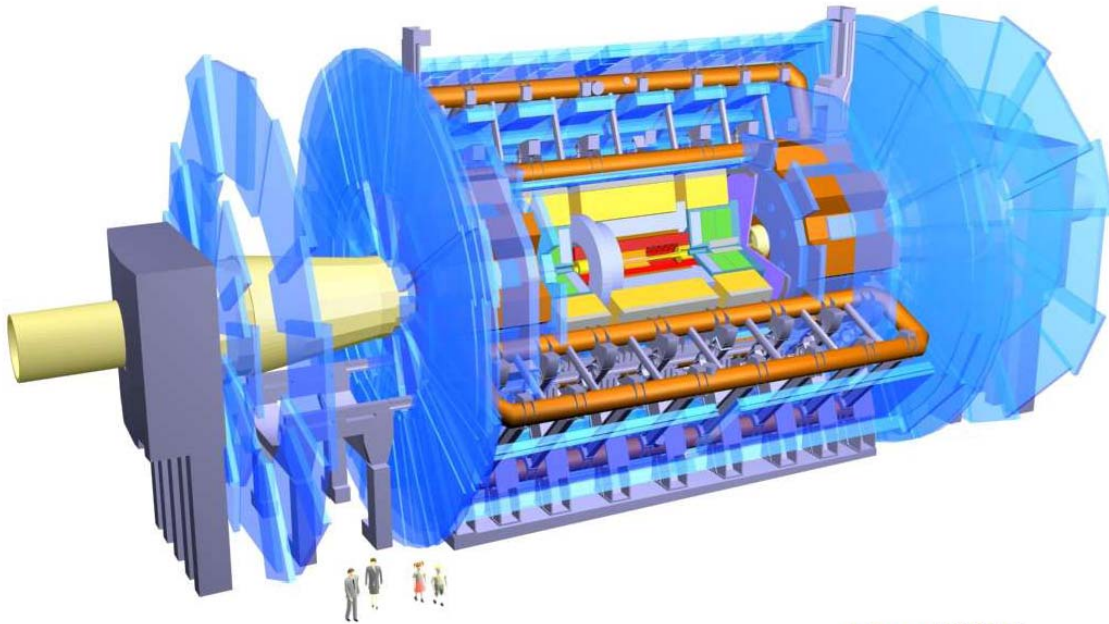


Überblick

- Innerer Detektor des ATLAS-Experiments
- Anforderungen an das Alignment
- Alignment mittels Teilchenspuren
 - Implementierung im ATLAS Software Framework
 - Ergebnisse mit simulierten Daten
 - Ergebnisse mit Teststrahl Daten
- Ausblick



Innerer Detektor des ATLAS-Experiments



Innerer Detektor

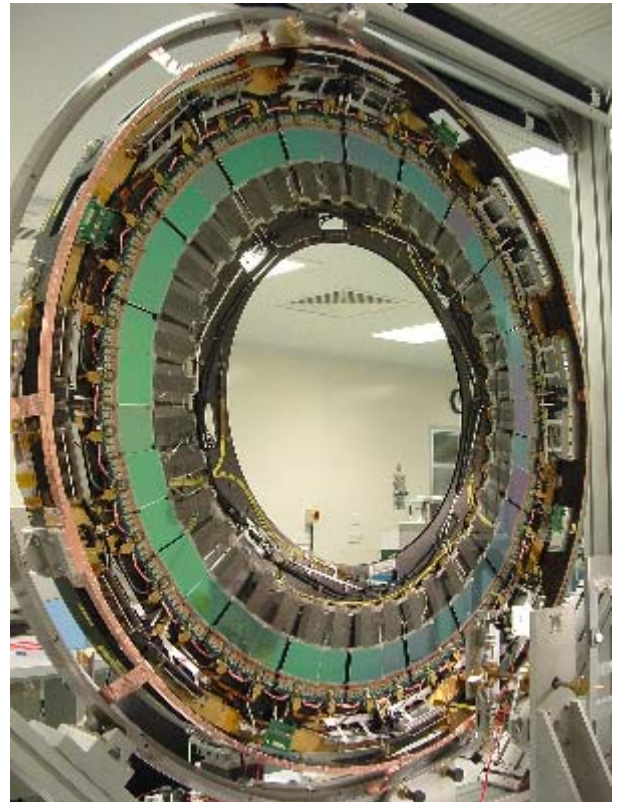
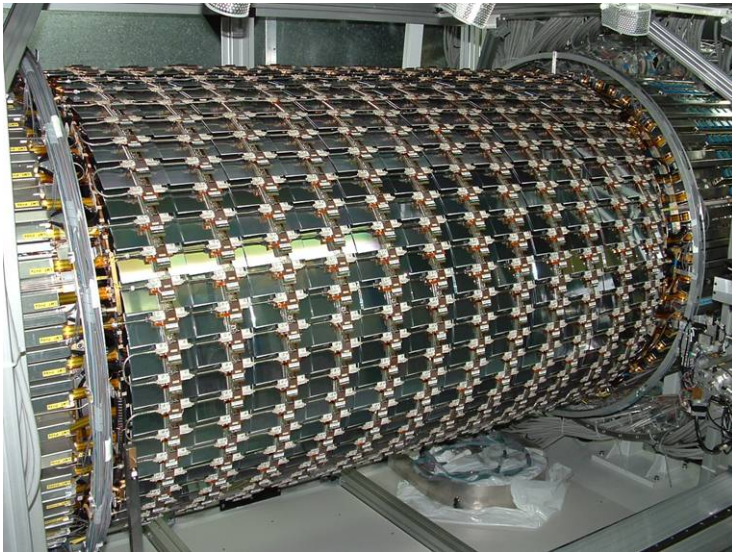
Der Innere Detektor wird zur Spurrekonstruktion benötigt



SCT Barrel und EndCap

SCT = SemiConductorTracker

SCT ist der Siliziumstreifendetektor von ATLAS und besteht aus 4088 einzelnen Detektormodulen

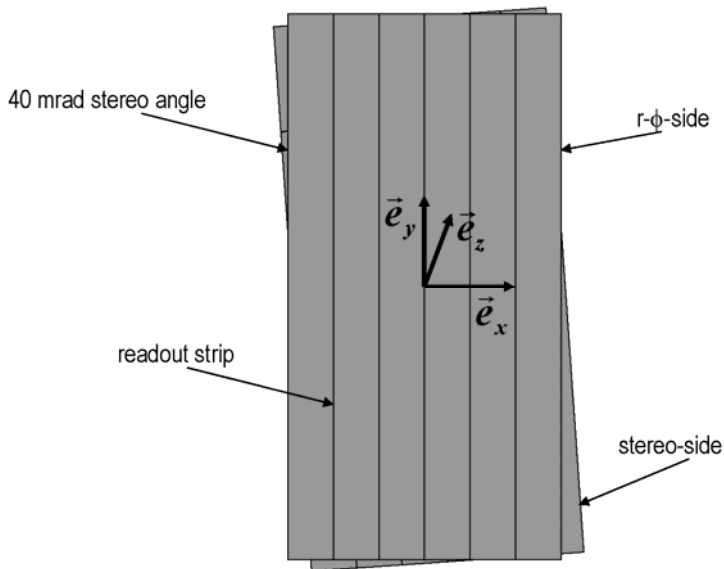




SCT EndCap Modul

Ein einzelnes SCT Modul hat 768 Auslesestreifen, die binär ausgelesen werden.

Um den Überlappbereich zwischen Modulen (und damit die Strahlungslänge vor dem Kalorimeter) gering zu halten sind SCT EndCap Module trapezförmig.



Koordinatensystem



Grundidee des Alignment

- Ermitteln der genauen Position und Orientierung sämtlicher Detektorelemente
- Abweichungen von der nominalen Position und Orientierung werden bei der Spurrekonstruktion berücksichtigt
- Position und Orientierung der einzelnen Detektorelemente wird nicht mechanisch korrigiert



Anforderungen an das Alignment

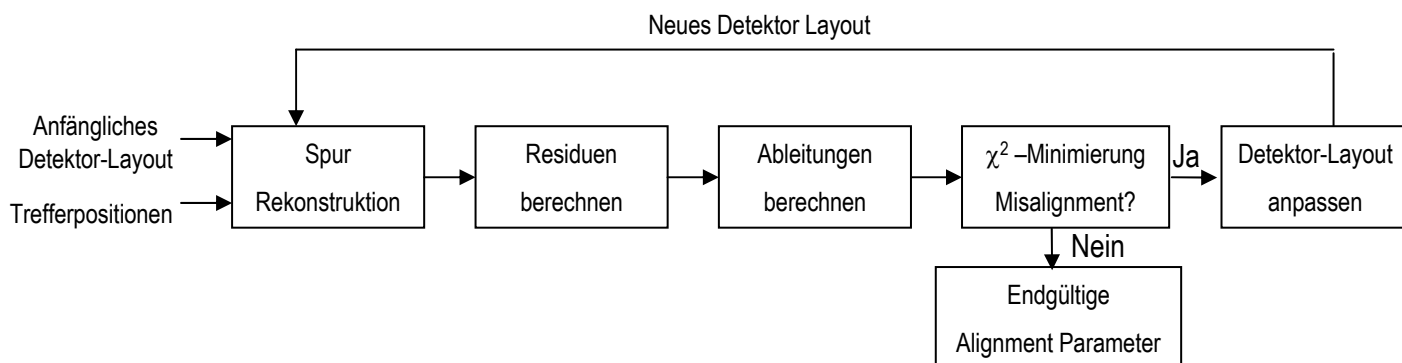
- Mindest Alignment-Genauigkeit um die Spurparameterauflösung um weniger als 20% zu verschlechtern
- „as built“ Alignment-Genauigkeit des Detektors

Alignment Parameter	SCT Barrel		SCT EndCap	
	TDR req.	as built	TDR req.	as built
a_x [μm]	12	150	12	32
a_y [μm]	50	150	50	41
a_z [μm]	100	150	200	50
a_α [mrad]		2.5		1
a_β [mrad]		5		1
a_γ [mrad]		2.5		0.09



Iterativer Algorithmus

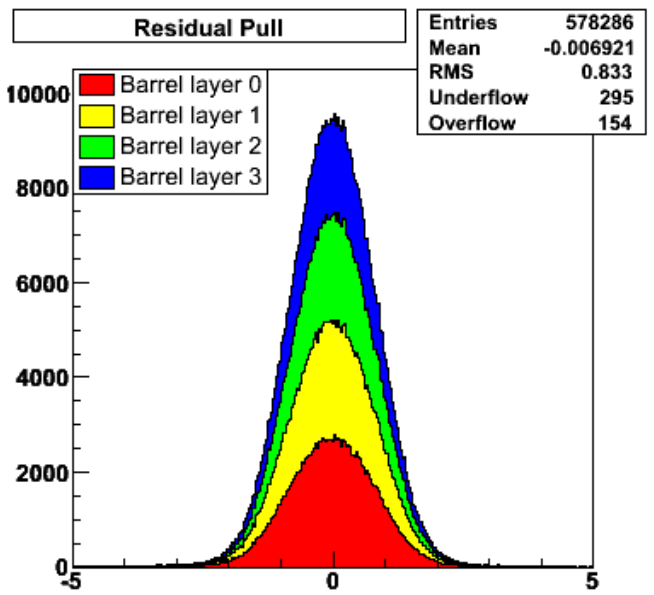
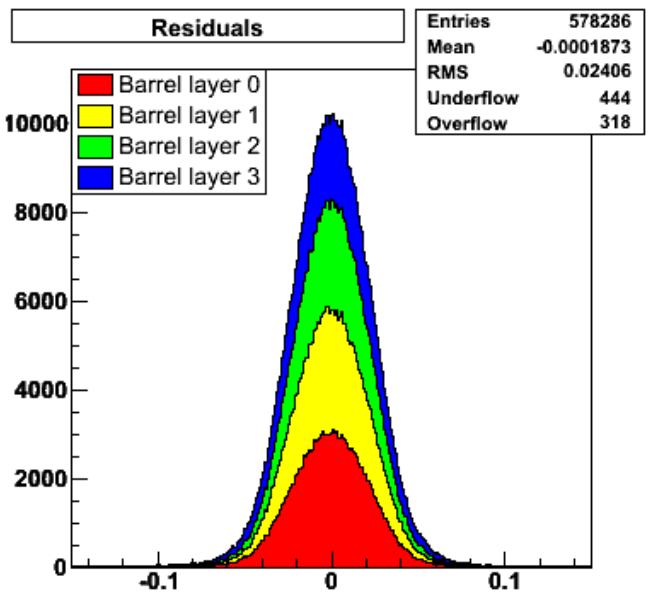
- Für jedes Modul werden 3D-Residuum (distance of closest approach) und Ableitungen des Residuums nach den 6 Alignment Parametern ermittelt
- In dem Residuum und den Ableitungen ist damit sämtliche Geometrie-Information enthalten
- Durch eine linearisierte χ^2 -Minimierung wird der wahrscheinlichste Wert der Alignment Parameter bestimmt





Simulierte Daten - Residuen

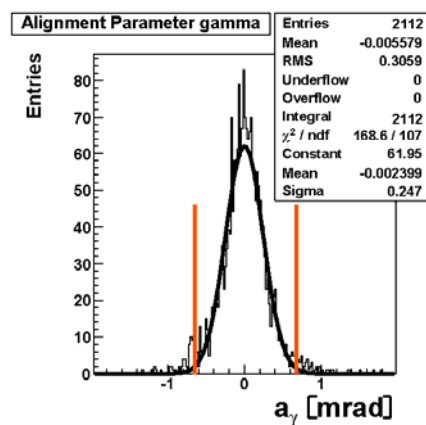
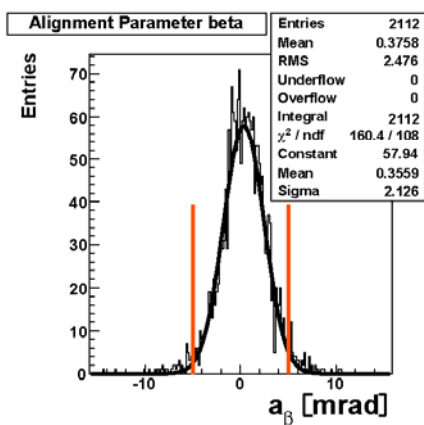
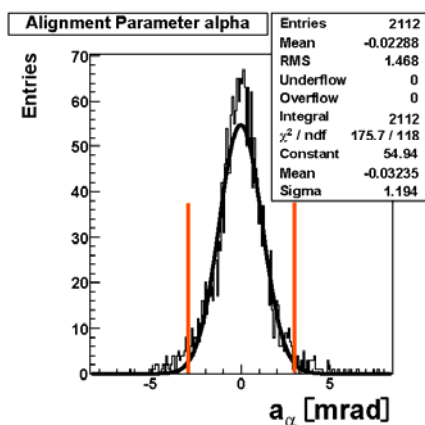
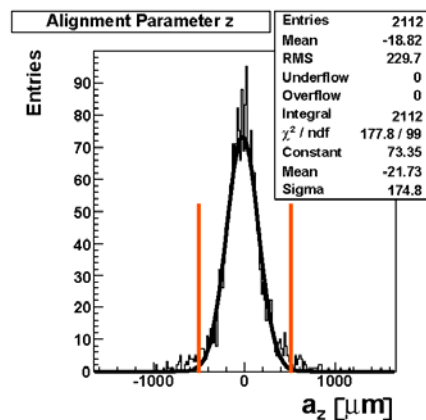
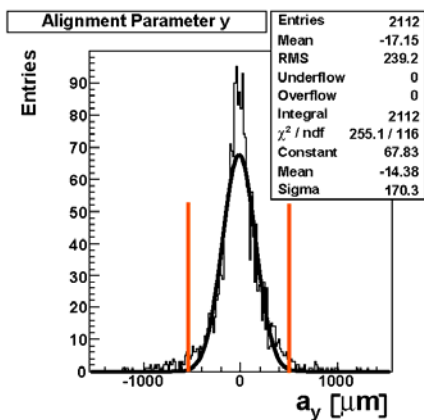
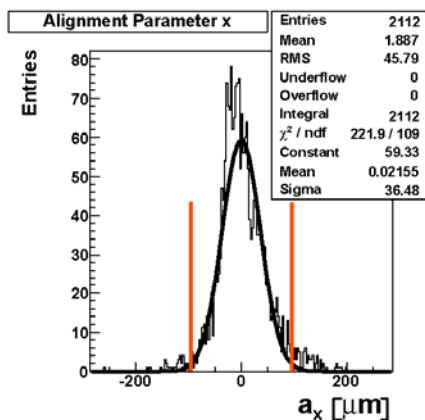
- Residuenverteilung hat bei nominalem Alignment (kein Misalignment) die erwartete Breite ($\approx 23 \mu\text{m}$) und ist um Null zentriert
- Pullverteilung etwas zu schmal (erwartet: $\text{rms} = 1$), d.h. Fehlerabschätzung noch nicht korrekt





Simulierte Daten - Alignmentparameter

- Alignmentparameterverteilungen aller SCT Barrel Module nach 10 Iterationen (130k Single Pion Tracks)





Erreichte Alignment Genauigkeit

- Die in dieser Studie erreichte Alignment Genauigkeit ist in einigen Freiheitsgraden schon konkurrenzfähig
- Anzahl der benutzten Teilchenspuren ist Faktor 100 kleiner als benötigt

Alignment Parameter	SCT Barrel				SCT EndCap			
	TDR req.	as built	σ_{gesamt}	σ_{stat}	TDR req.	as built	σ_{gesamt}	σ_{stat}
a_x [μm]	12	150	36	29	12	32	14	5
a_y [μm]	50	150	170	169	50	41	89	57
a_z [μm]	100	150	175	149	200	50	793	300
a_α [mrad]		2.5	1.2	1.2		1	9.9	8.5
a_β [mrad]		5	2.1	1.8		1	9.8	5.0
a_γ [mrad]		2.5	0.25	0.25		0.09	0.25	0.13

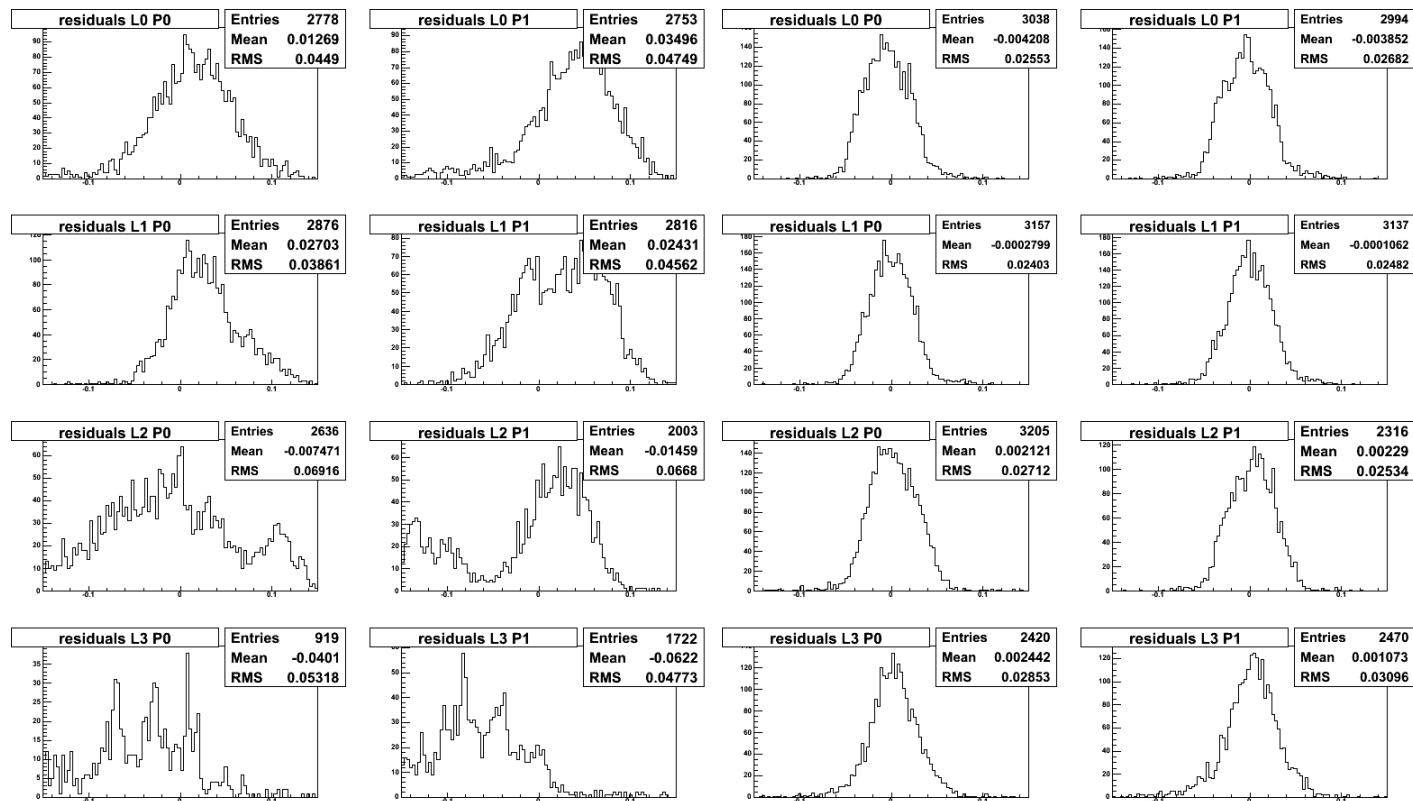


Teststrahl Daten - Residuen

- Residuenverteilungen der 8 SCT Module der Testbeam-Anordnung ohne Alignmentkorrektur und mit Alignmentkorrektur nach 30 Iterationen

vorher

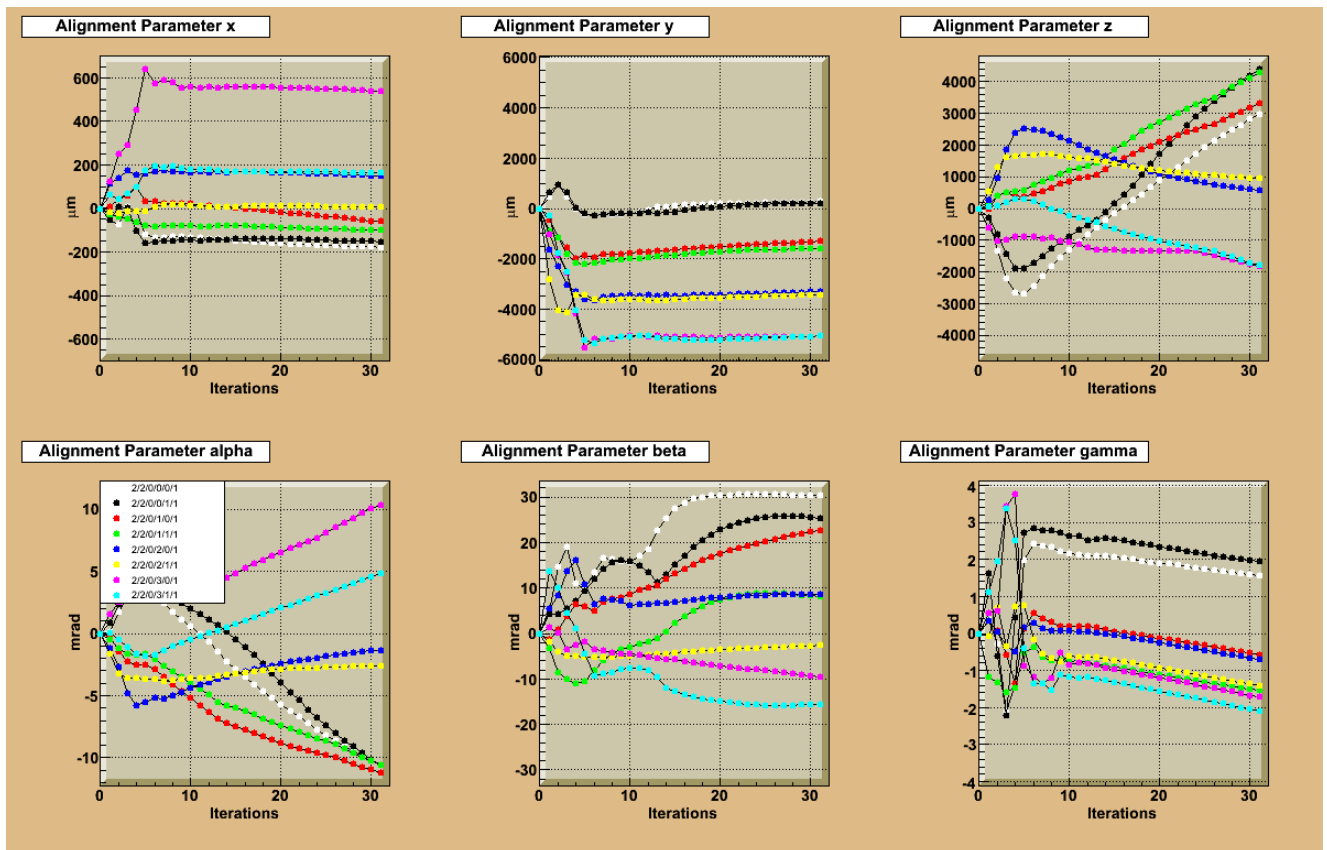
nachher





Teststrahl Daten – Alignmentparameter-Fluss

- „Fluss“ der Alignmentparameter über 30 Iterationen
- Nach wenigen Iterationen konvergieren die Alignmentparameter der meisten Freiheitsgrade



Zusammenfassung und Ausblick



- Voll funktionsfähiges, automatisiertes Alignment Verfahren für Pixel und SCT
- Viel versprechende Resultate der Studie mit Teststrahl Daten
- Weitere Alignment Studien an simulierten Daten und Teststrahl Daten
- Alignment während Probelauf mit kosmischer Strahlung
- Globales Alignment größerer Strukturen (z.B. EndCap Disks, Barrel)