

Die Alignment-Strategie des OPERA Precision Trackers



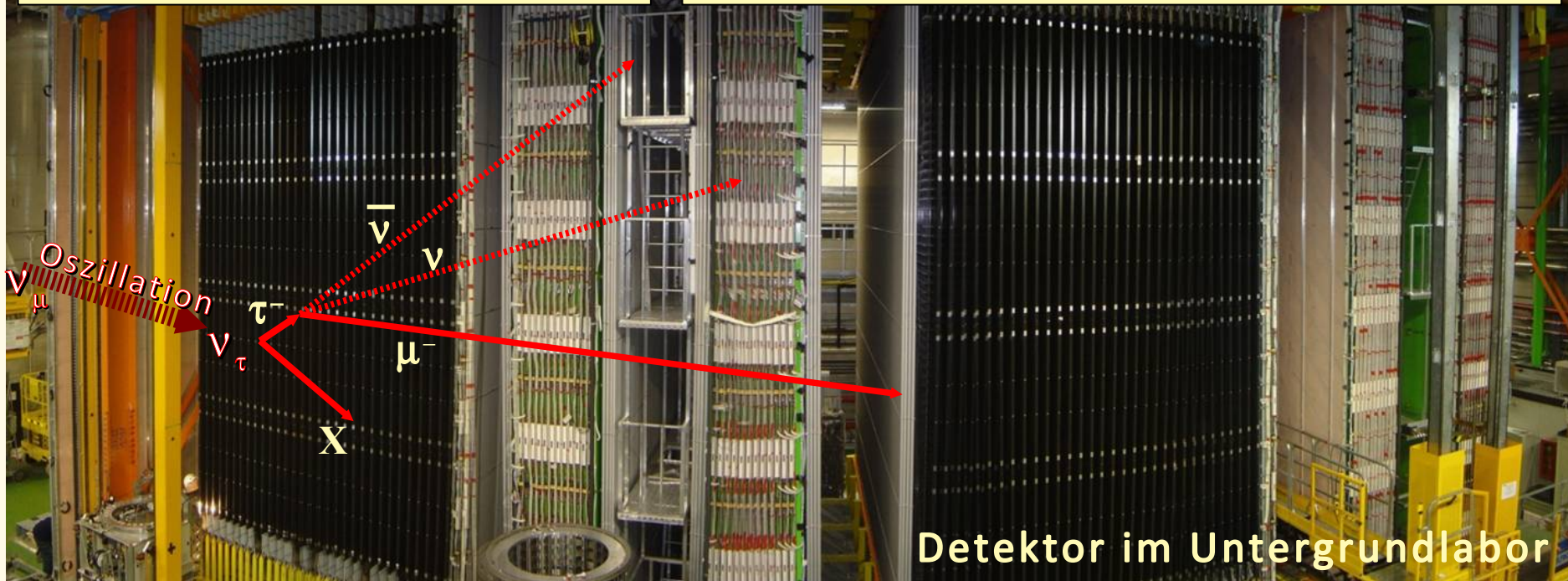
Christoph Göllnitz
Institut für Experimentalphysik
Universität Hamburg
DPG-Tagung, München 2009

Übersicht:

- ▶ OPERA Precision Tracker
- ▶ Alignment-Prozedur
- ▶ Alignment mit optischer Messmethode
- ▶ Alignment durch gerade Spuren
 - Mathematische Grundlagen
 - Ergebnisse Translation und Rotation
- ▶ Zusammenfassung und Ausblick

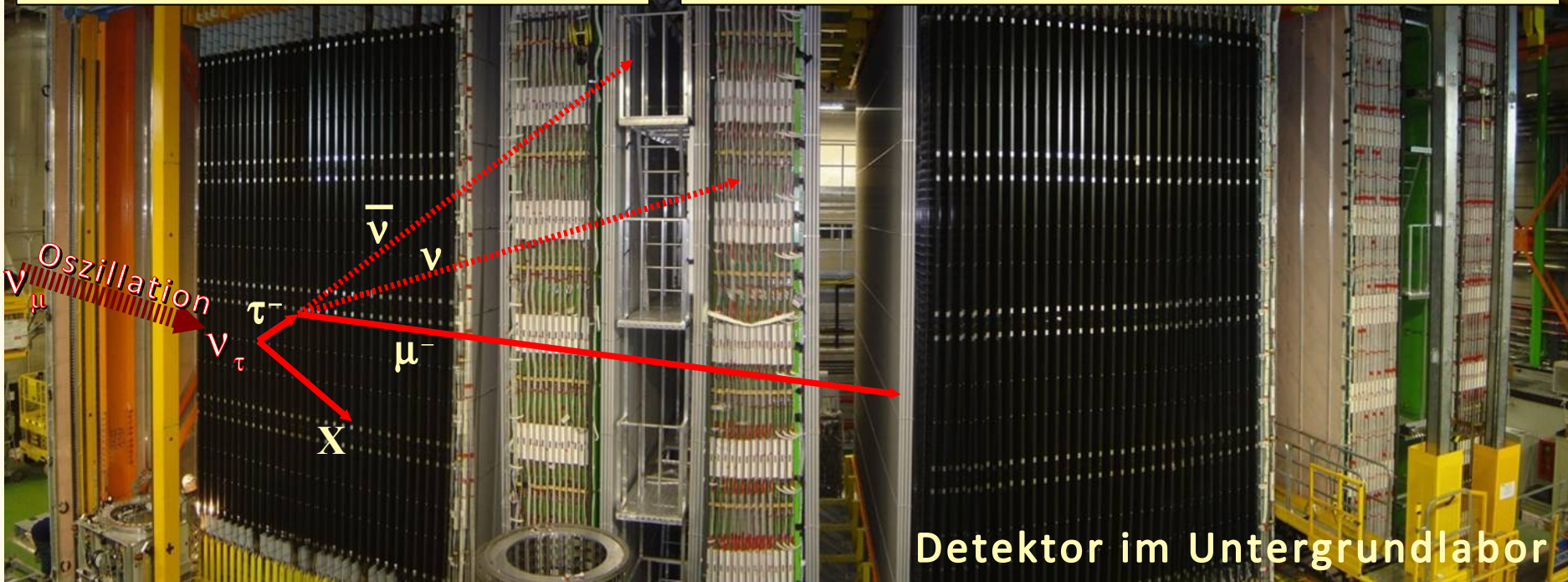
Ziel von OPERA:
 direkter Nachweis von
 $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ Oszillation
 (Appearance-Experiment)

Detektorkonzept:
 τ -Topologie durch Photoemulsionen
 Kinematik der Zerfallsprodukte durch
 Myonspektrometer (Magnet, RPC, PT)



Ziel von OPERA:
 direkter Nachweis von
 $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ Oszillation
 (Appearance-Experiment)

Detektorkonzept:
 τ -Topologie durch Photoemulsionen
 Kinematik der Zerfallsprodukte durch
 Myonspektrometer (Magnet, RPC, PT)



Detektor im Untergrundlabor

Der Precision Tracker:

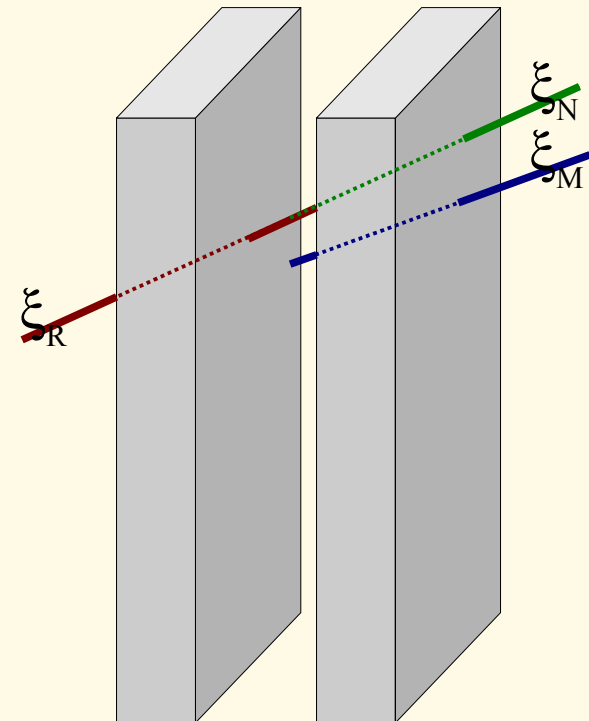
- besteht aus ca. 10.000 Driftröhren
- in 12 Wänden mit je 4 Lagen
- Länge der Röhren ca. 8m

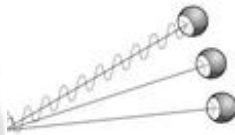
Reduktion der Zahl
 kosmischer Myonen auf 10^{-6} .
 Geringe Statistik fürs Alignment.



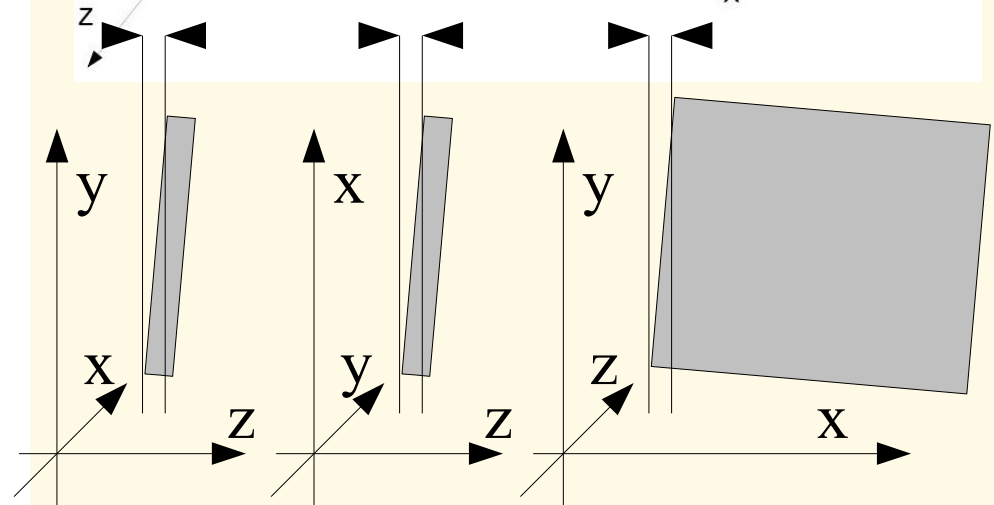
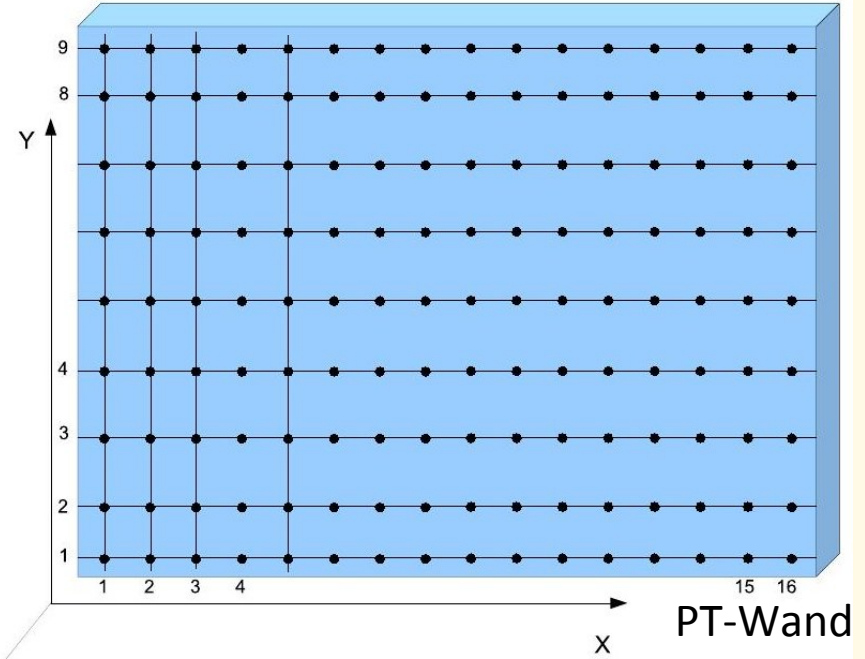
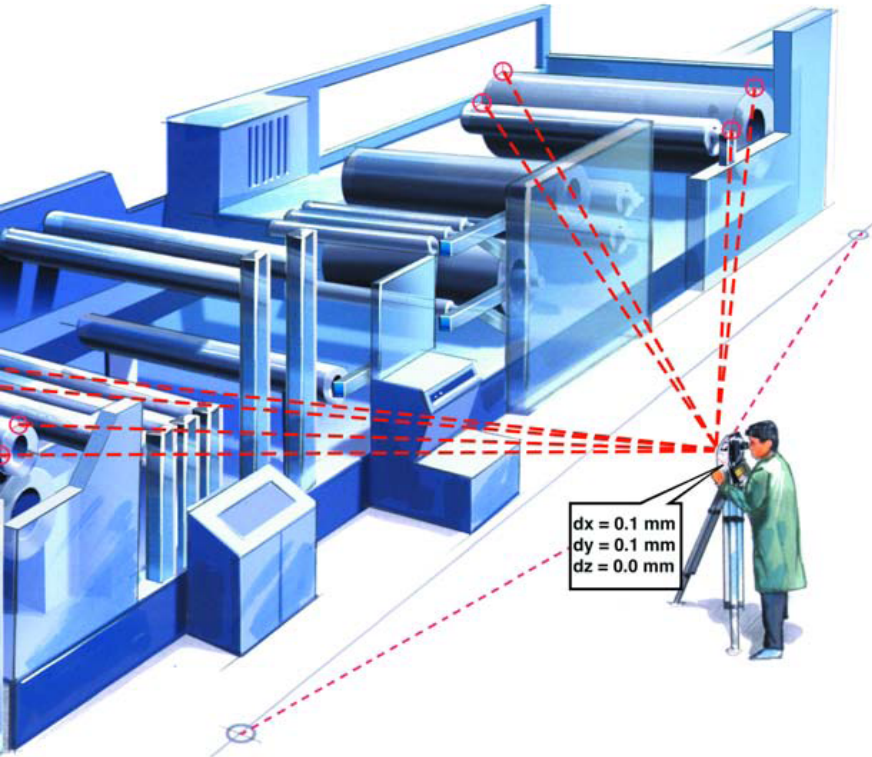
Prozedur:

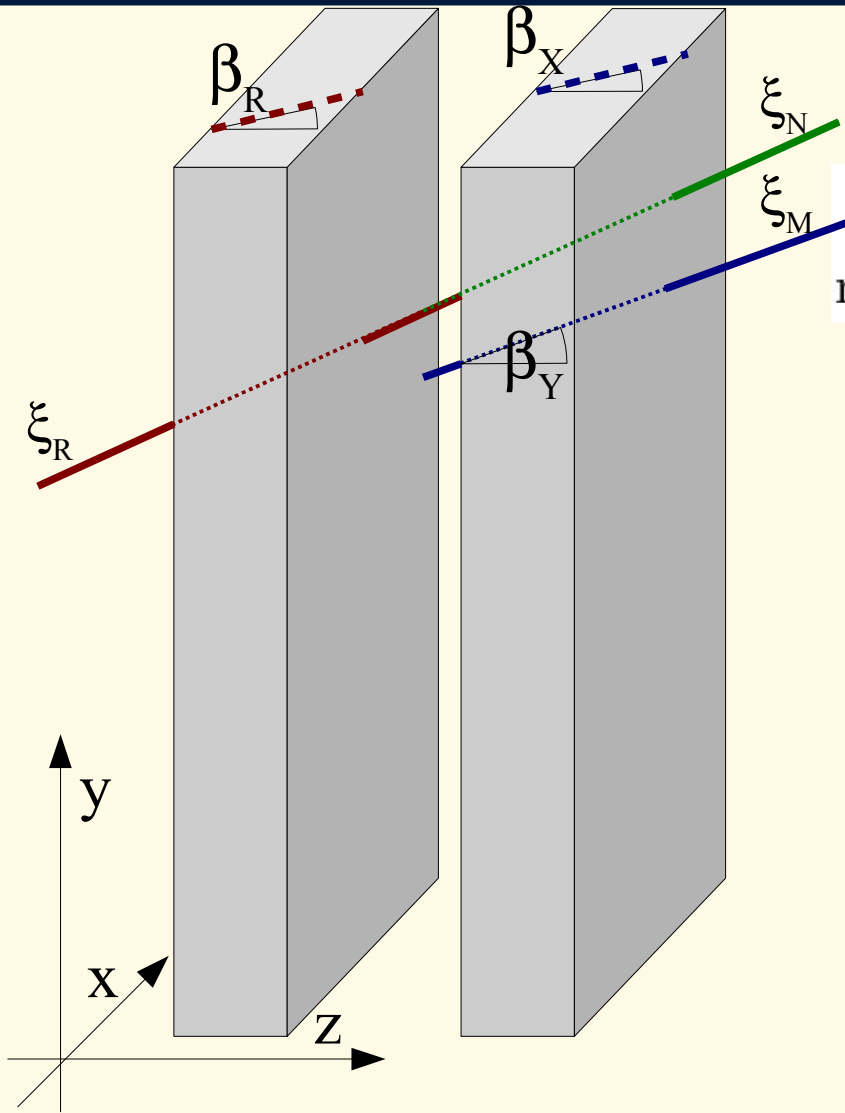
- Daten vom Theodoliten
- Kontrolle
- Spur-Rekonstruktion
- Software-Alignment
- Kontrolle
- Alignment von Doppelwänden
- ...





Winkel- und Distanzmessung

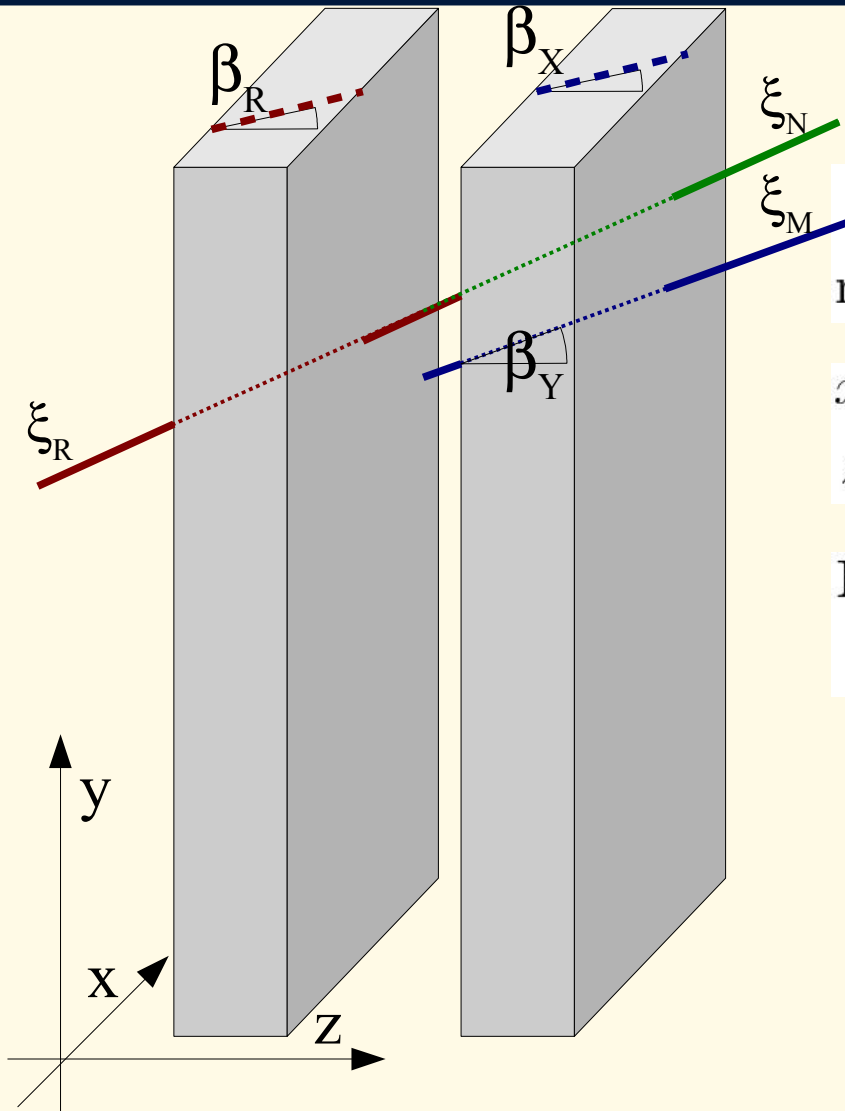




Vergleich von Referenzspur (ξ_R) in PT_n
und gemessener Spur (ξ_M) in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A \vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$



Vergleich von Referenzspur (ξ_R) in PT_n
und gemessener Spur (ξ_M) in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A \vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

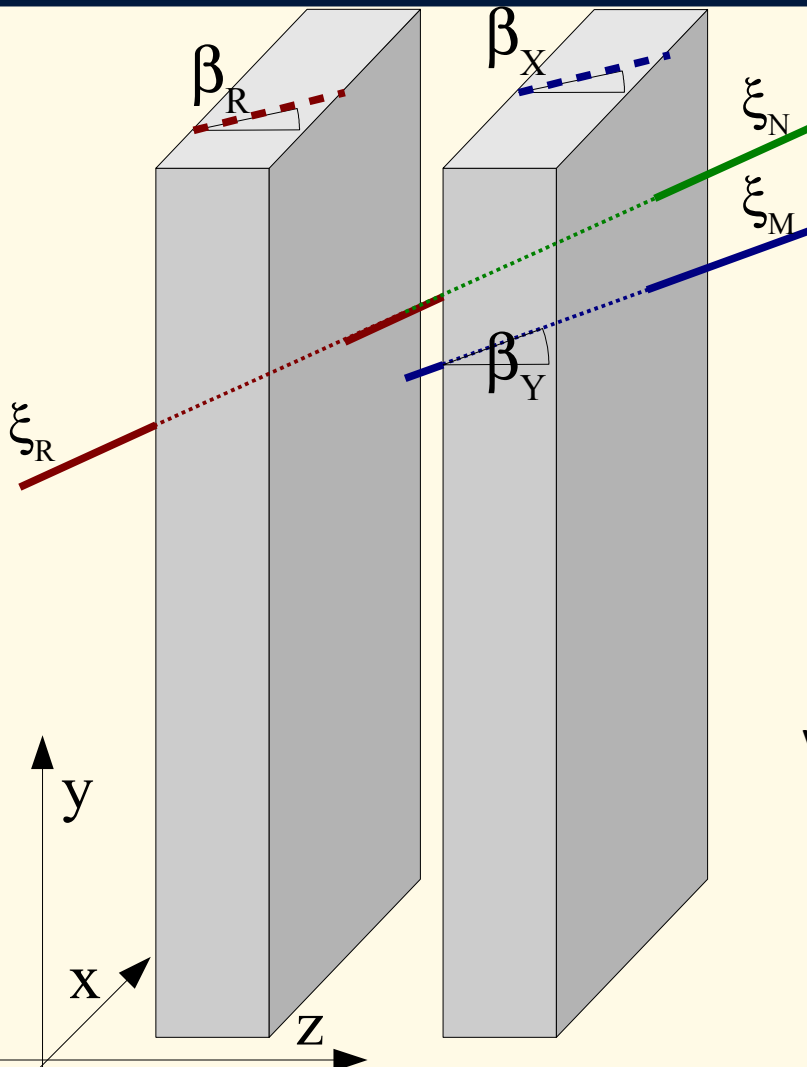
mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$

$$x_N = x_M + a_{xy}y_M + a_{xz}z_M + \Delta x$$

$$z_N = z_M + a_{zx}x_M + a_{zy}y_M + \Delta z$$

Mit $k_i = \tan(\beta_i)$ gilt für jede Spur:

$$x_i^t = k_i \cdot z_i^t + b_i$$



Vergleich von Referenzspur (ξ_R) in PT_n und gemessener Spur (ξ_M) in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A \vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$

$$x_N = x_M + a_{xy}y_M + a_{xz}z_M + \Delta x$$

$$z_N = z_M + a_{zx}x_M + a_{zy}y_M + \Delta z$$

Mit $k_i = \tan(\beta_i)$ gilt für jede Spur:

$$x_i^t = k_i \cdot z_i^t + b_i$$

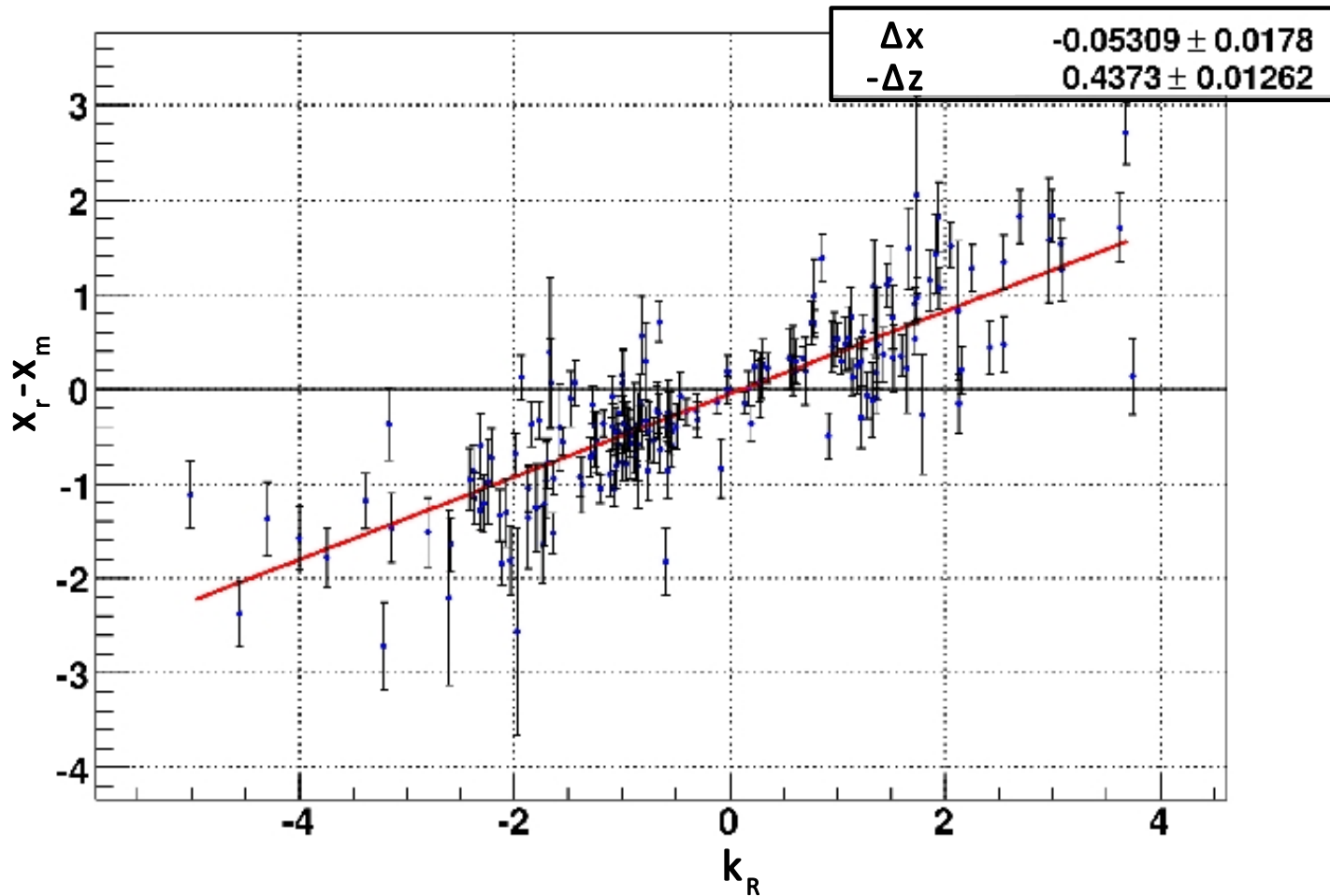
Verschiebt man die neue Spur auf die Referenzspur

$$x_N = x_R$$

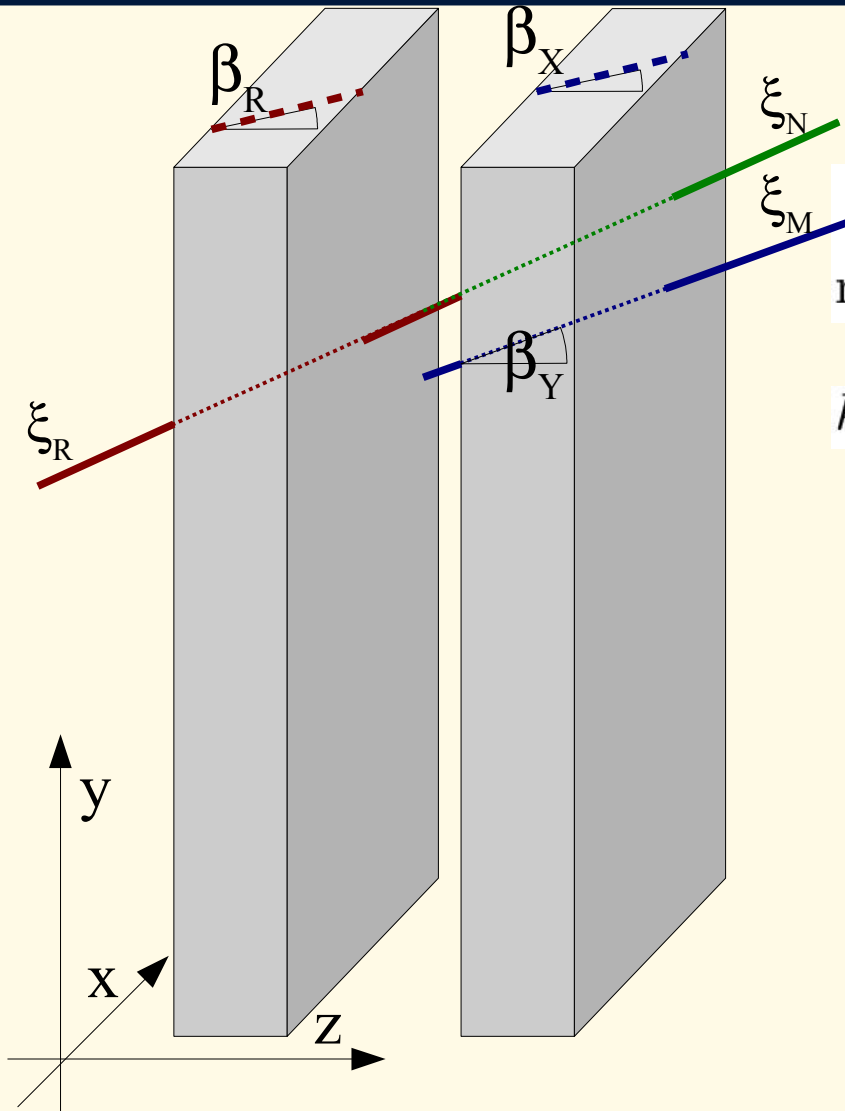
$$\Rightarrow x_M + a_{xy}y_M + a_{xz}z_M + \Delta x$$

$$= k_R(z_M - a_{xz}x_M + a_{zy}y_M + \Delta z) + b_R$$

$$\Rightarrow (x_R - x_M) = \underbrace{\Delta x - k_R \Delta z}_{\text{Translation}} + \underbrace{(a_{xz}(k_R x_M + z_M) + a_{xy}y_M - a_{zy}k_R y_M)}_{\text{Rotation}}$$



$$\Rightarrow (x_R - x_M) = \underbrace{\Delta x - k_R \Delta z}_{\text{Translation}} + \underbrace{(a_{xz}(k_R x_M + z_M) + a_{xy}y_M - a_{zy}k_R y_M)}_{\text{Rotation}}$$

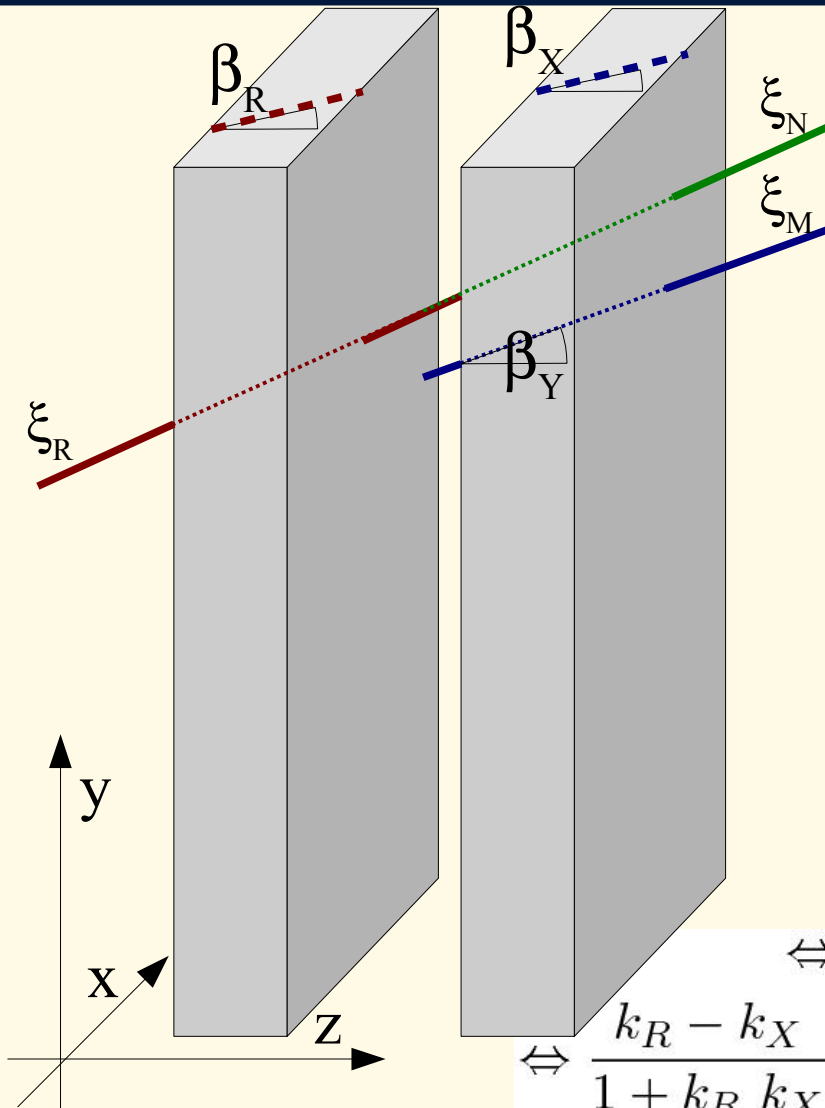


Vergleich von Referenzspur (ξ_R) in PT_n
und gemessener Spur (ξ_M) in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A \vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$

$$k_i = \tan(\beta_i)$$



Vergleich von Referenzspur (ξ_R) in PT_n und gemessener Spur (ξ_M) in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A \vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$

$$k_i = \tan(\beta_i)$$

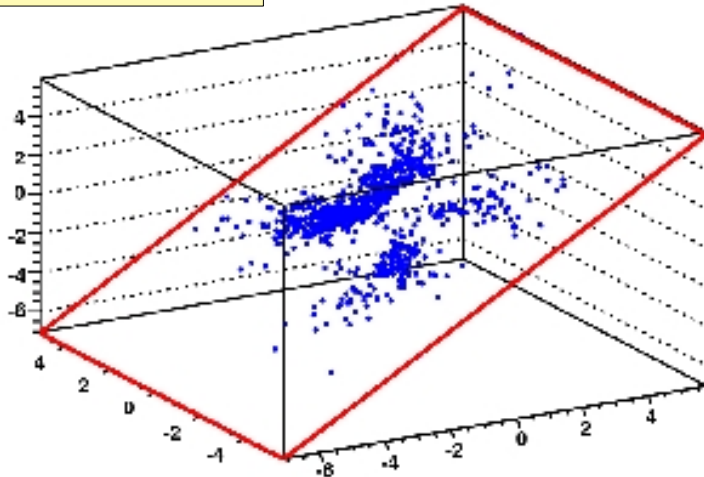
Die k_i lassen sich als Funktion der übrigen Winkel darstellen mit:

$$k_X = \frac{k_R - a_{XZ}}{1 + k_R a_{XZ}} + k_Y \frac{k_X a_{ZY} - a_{XY}}{1 + k_R a_{XZ}}$$

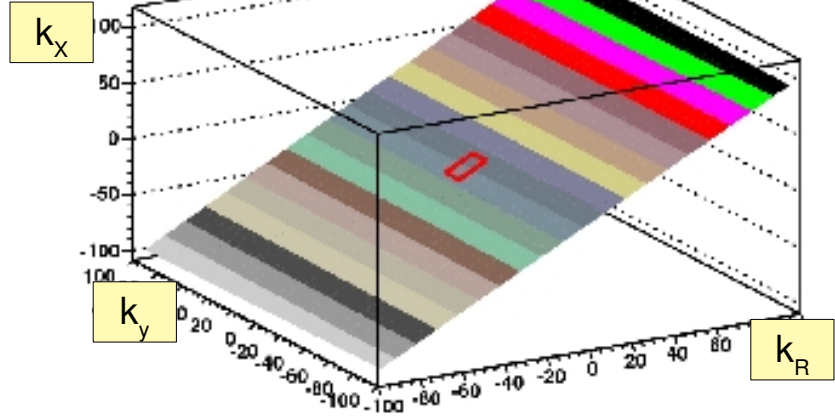
$$\Leftrightarrow k_X + k_X k_R a_{xz} = k_R - a_{xz} + k_R k_Y a_{zy} - k_Y a_{xy}$$

$$\Leftrightarrow \underbrace{\frac{k_R - k_X}{1 + k_R k_X}}_{\alpha \cdot A} - \underbrace{\frac{k_Y}{1 + k_R k_X} \cdot a_{xy}}_{\beta \cdot B} + \underbrace{\frac{k_R k_Y}{1 + k_R k_X} \cdot a_{zy}}_{\gamma \cdot C} - \underbrace{a_{xz}}_D = 0$$

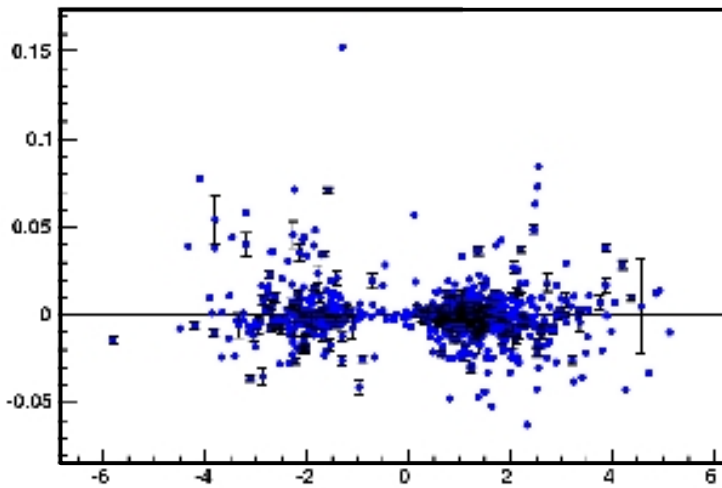
$k_R \ k_X \ k_Y$



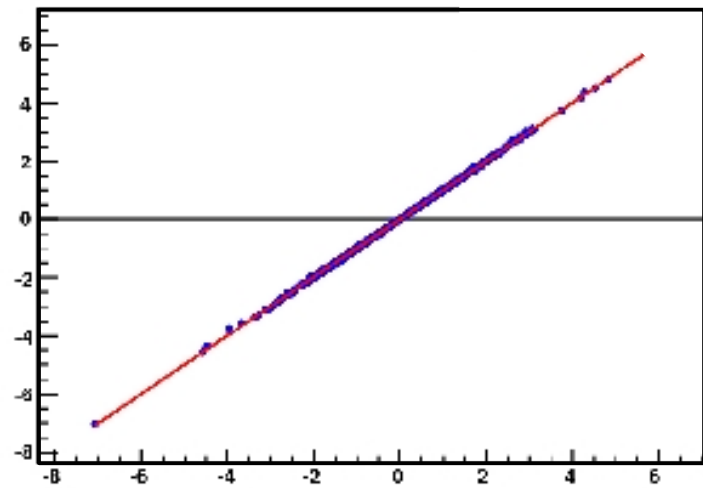
$$\frac{k_R - a_{XZ}}{1 + k_R a_{XZ}} + k_Y \frac{k_X a_{ZY} - a_{XY}}{1 + k_R a_{XZ}} \quad k_i = \tan(\beta_i)$$



$k_X \ k_Y$



$k_X \ k_R$



Zusammenfassung und Ausblick:

Alignmentstrategie des PT

erste Ergebnisse

Potential für weitere Optimierungen:

- mehr Statistik wird erwartet
- Alignment von Doppelwänden
- Erweiterung auf einzelne Module

Zusammenfassung und Ausblick:

- ENDE -

Alignmentstrategie des PT

erste Ergebnisse

Potential für weitere Optimierungen:

- mehr Statistik wird erwartet
- Alignment von Doppelwänden
- Erweiterung auf einzelne Module

Weitere Vorträge zu OPERA:

T 63.5 Mo 18:05 A014 (jetzt) •Christian Oldorf

Untersuchungen zu Betriebsparametern des OPERA–Driftröhrenspektrometers

Gruppenbericht T 75.6 Mi 18:10 A022 •Torben Ferber

Analyse der ersten Daten des OPERA–Experiments

T 75.7 Mi 18:30 A022 •Belina von Krosigk

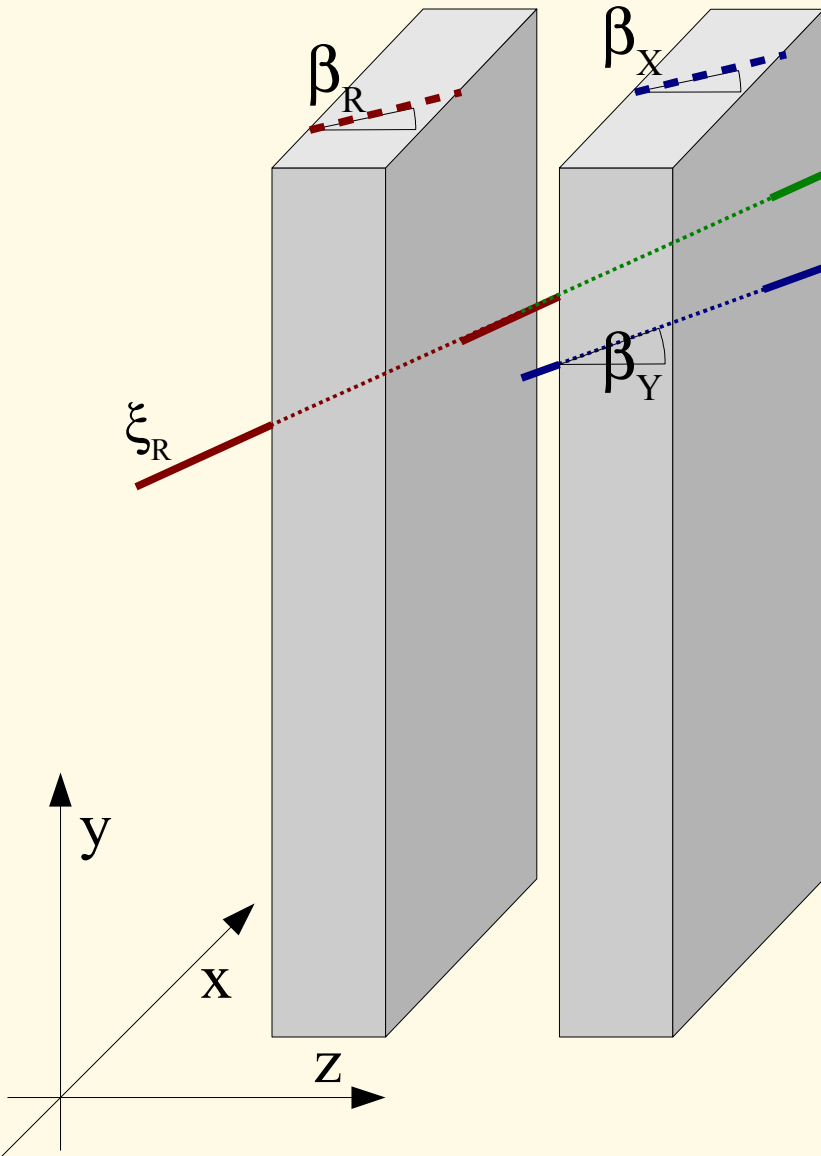
Parametrisierung von Hadronschauern im Target des OPERA-Detektors

Gruppenbericht T 67.2 Fr 14:20 A016 •Jan Lenkeit

Status des OPERA–Experiments nach dem CNGS–Strahlbetrieb 2008

Die Alignment-Strategie des OPERA Precision Trackers

backup slides...



Vergleich von Referenzspur in PT_n und gemessener Spur in PT_{n+1}

$$\vec{\xi}_R = A\vec{\xi}_M + \vec{\Delta}$$

mit $a_{ii} \approx 1$, und $a_{ij} \approx -a_{ji}$ for $i \neq j$

$$x_N = x_M + a_{xy}y_M + a_{xz}z_M + \Delta x$$

$$z_N = z_M + a_{zx}x_M + a_{zy}y_M + \Delta z$$

Mit $k_i = \tan(\beta_i)$ gilt für jede Spur: $x_i^t = k_i \cdot z_i^t + b_i$

Verschiebt man die neue Spur auf die Referenzspur

$$x_N = x_R$$

$$\Rightarrow x_M + a_{xy}y_M + a_{xz}z_M + \Delta x = k_R(z_M - a_{xz}x_M + a_{zy}y_M + \Delta z) + b_R$$

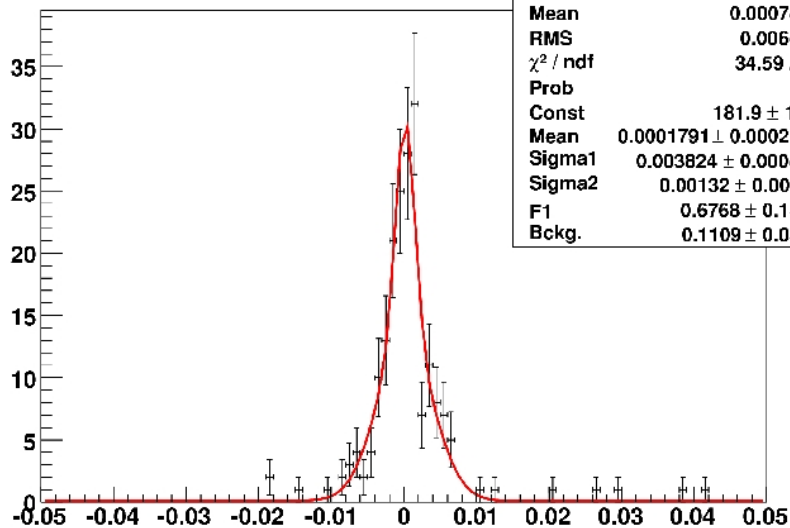
erhält man

$$\Rightarrow (x_R - x_M) = \underbrace{\Delta x - k_R \Delta z}_{\text{Translation}} + \underbrace{(a_{xz}(k_R x_M + z_M) + a_{xy}y_M - a_{zy}k_R y_M)}_{\text{Rotation}}$$

Die k_i lassen sich als Funktionen der anderen Winkel darstellen:

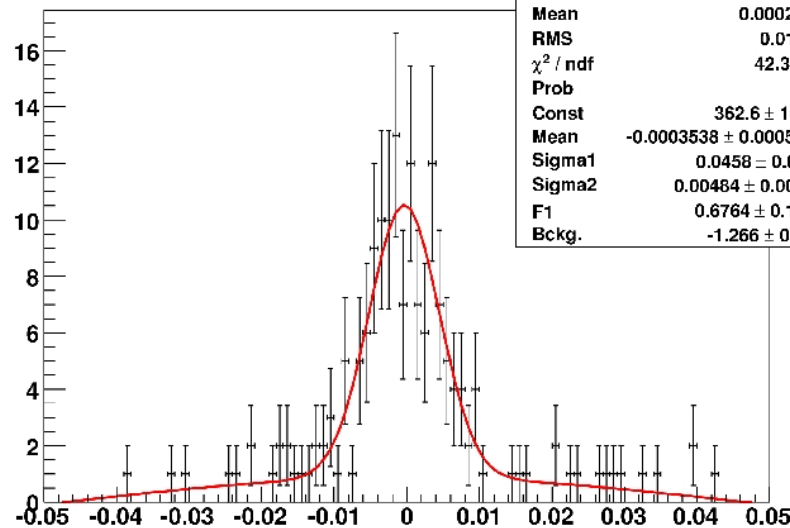
$$\Leftrightarrow \frac{k_R - k_X}{1 + k_R k_X} - \frac{k_Y}{1 + k_R k_X} \cdot a_{xy} + \frac{k_R k_Y}{1 + k_R k_X} \cdot a_{zy} - \frac{a_{xz}}{D} = 0$$

mod==0 && dx<10



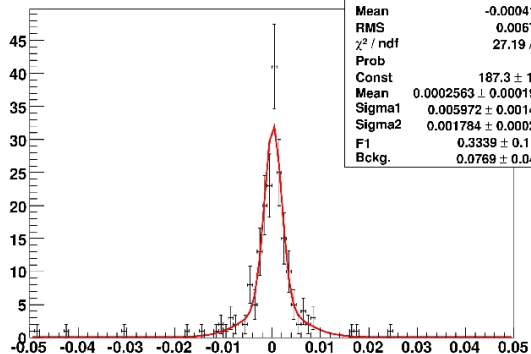
h1	
Entries	200
Mean	0.0007407
RMS	0.006475
χ^2 / ndf	34.59 / 94
Prob	1
Const	181.9 ± 13.6
Mean	0.0001791 ± 0.0002132
Sigma1	0.003824 ± 0.000439
Sigma2	0.00132 ± 0.00038
F1	0.6768 ± 0.1328
Bckg.	0.1109 ± 0.0393

mod==2 && dx<10



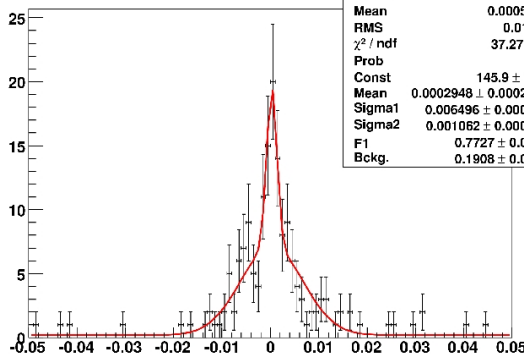
h1	
Entries	182
Mean	0.0002262
RMS	0.01197
χ^2 / ndf	42.3 / 94
Prob	1
Const	362.6 ± 162.5
Mean	-0.0003538 ± 0.0005457
Sigma1	0.0458 ± 0.0141
Sigma2	0.00484 ± 0.00049
F1	0.6764 ± 0.1530
Bckg.	-1.266 ± 0.866

mod==5 && dx<10



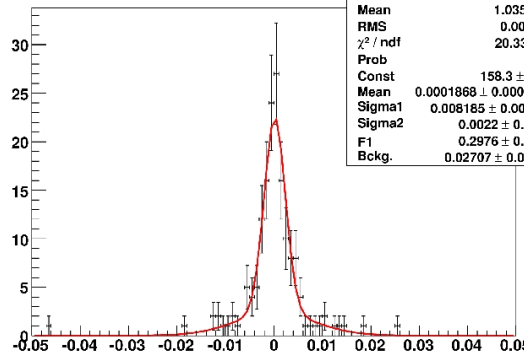
h1	
Entries	204
Mean	-0.0004185
RMS	0.006717
χ^2 / ndf	27.19 / 94
Prob	1
Const	187.3 ± 14.0
Mean	0.0002563 ± 0.0001919
Sigma1	0.005972 ± 0.001409
Sigma2	0.001784 ± 0.000298
F1	0.3339 ± 0.1139
Bckg.	0.0769 ± 0.0408

mod==9 && dx<10



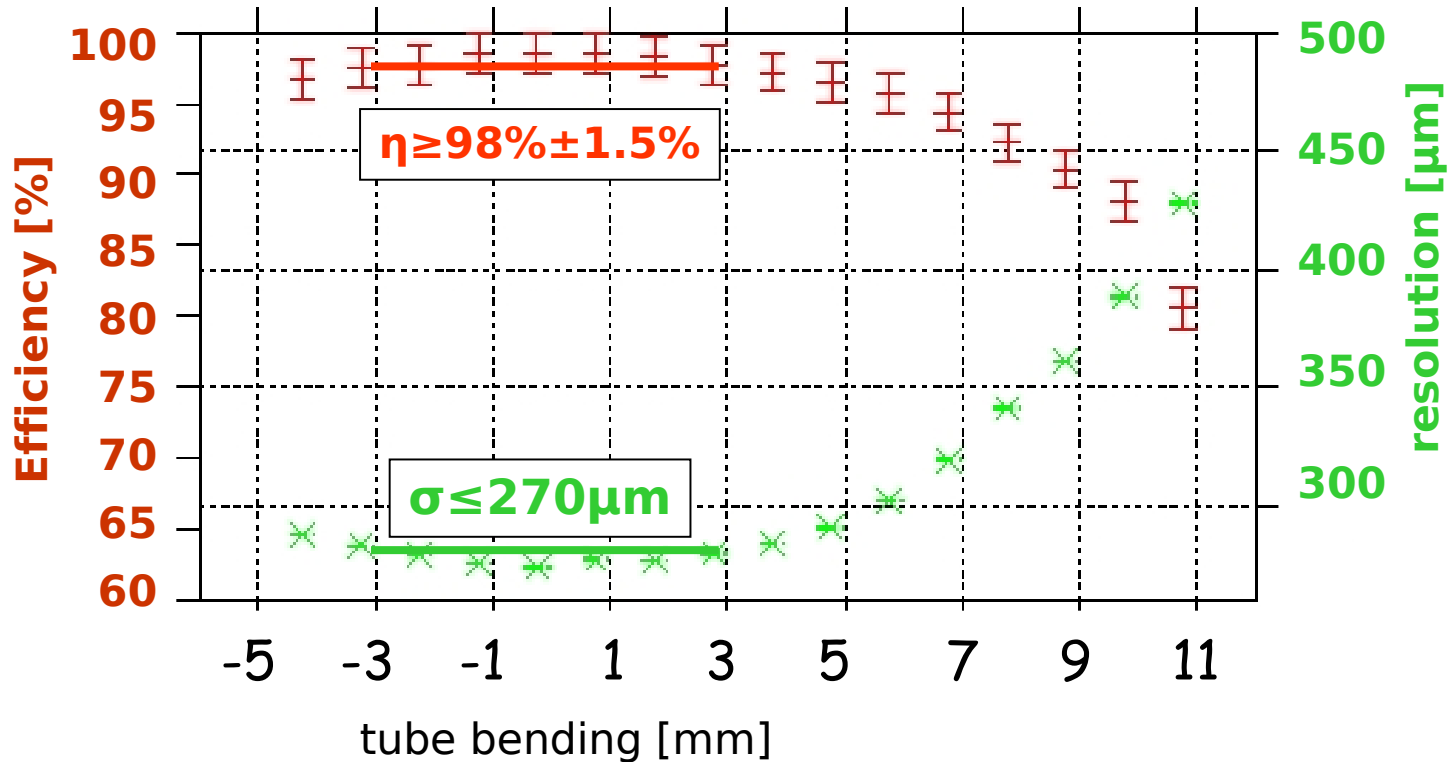
h1	
Entries	180
Mean	0.0005154
RMS	0.01114
χ^2 / ndf	37.27 / 94
Prob	1
Const	145.9 ± 12.6
Mean	0.0002948 ± 0.0002776
Sigma1	0.006496 ± 0.000636
Sigma2	0.001062 ± 0.000305
F1	0.7727 ± 0.0704
Bckg.	0.1908 ± 0.0572

mod==14 && dx<10



h1	
Entries	165
Mean	1.035e-05
RMS	0.006251
χ^2 / ndf	20.33 / 94
Prob	1
Const	158.3 ± 12.7
Mean	0.0001868 ± 0.0002459
Sigma1	0.008185 ± 0.001551
Sigma2	0.0022 ± 0.0003
F1	0.2976 ± 0.0880
Bckg.	0.02707 ± 0.02517

Durchbiegungsmessungen:

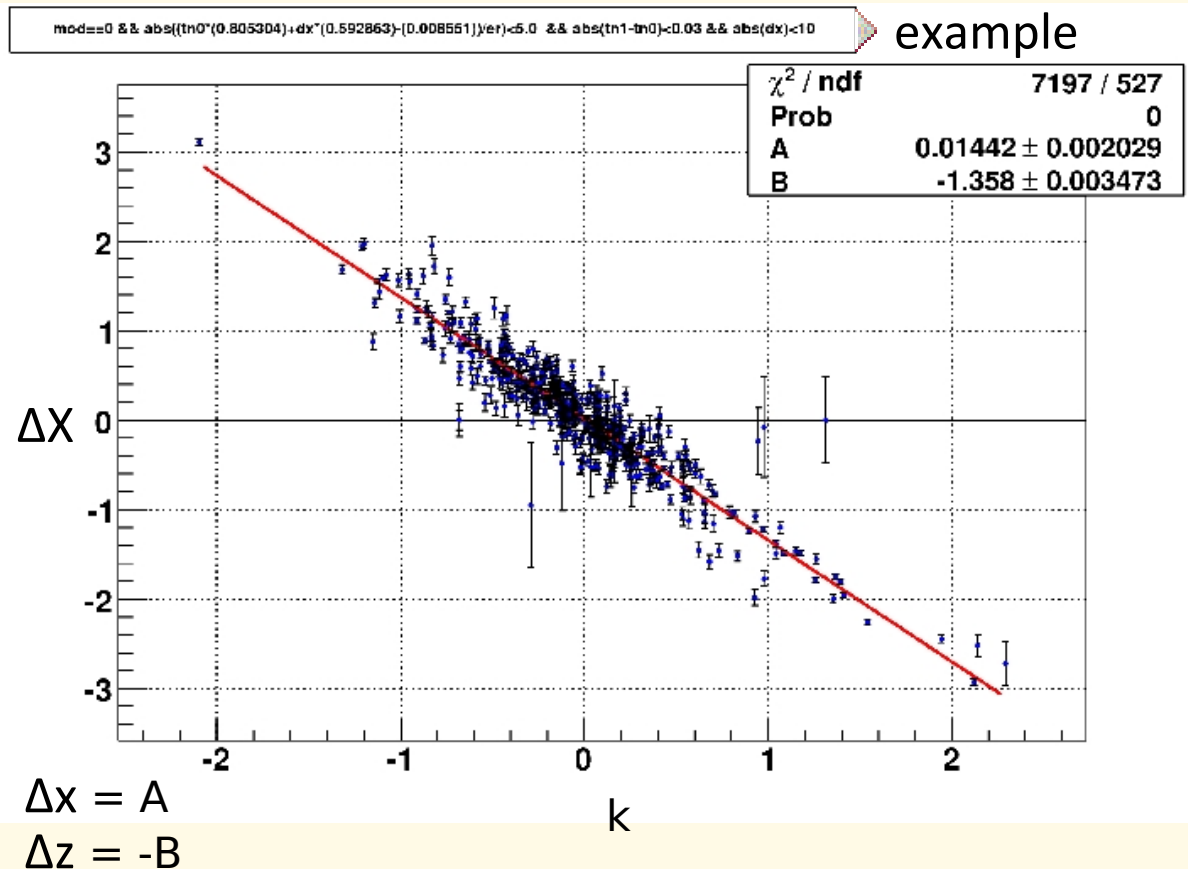


Messungen am Teststand Hamburg, Februar 2006, C. Göllnitz

Doublet Alignment (old):

doublet pair ("mod")	N track	Delta x	-Delta z	chi2
1-2 (0)	527	0.014+-0.002	-1.358+-0.003	7197
2-3 (2)	342	-0.0814+-0.0013	-1.265+-0.003	5830
3-4 (5) (inter-SM)	167	0.303+-0.015	-2.15 +-0.04	2526
4-5 (9)	885	-0.026+-0.008	-1.961+-0.009	8336
5-6 (14)	818	0.202+-0.008	-0.725+-0.011	3782

Large chi2 caused by a large background which is cut off by a 5sigma robustness cut.



While we still have unsolved problems (especially in SM2) we don't use all available data.

Mode:

