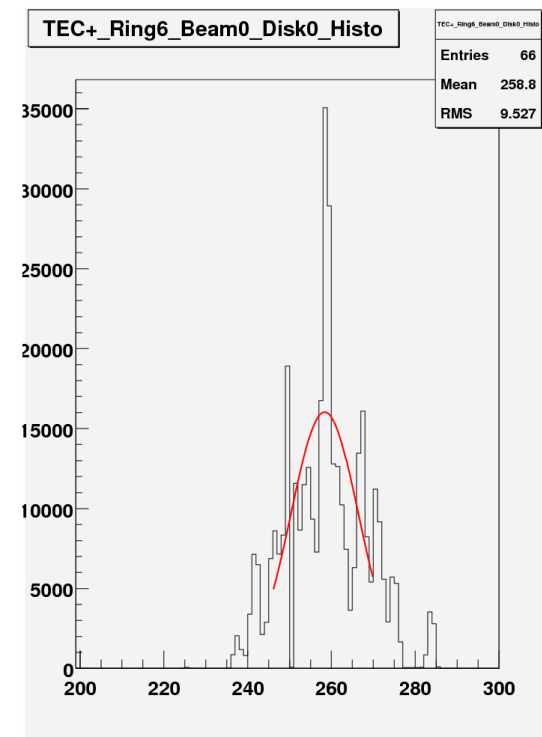
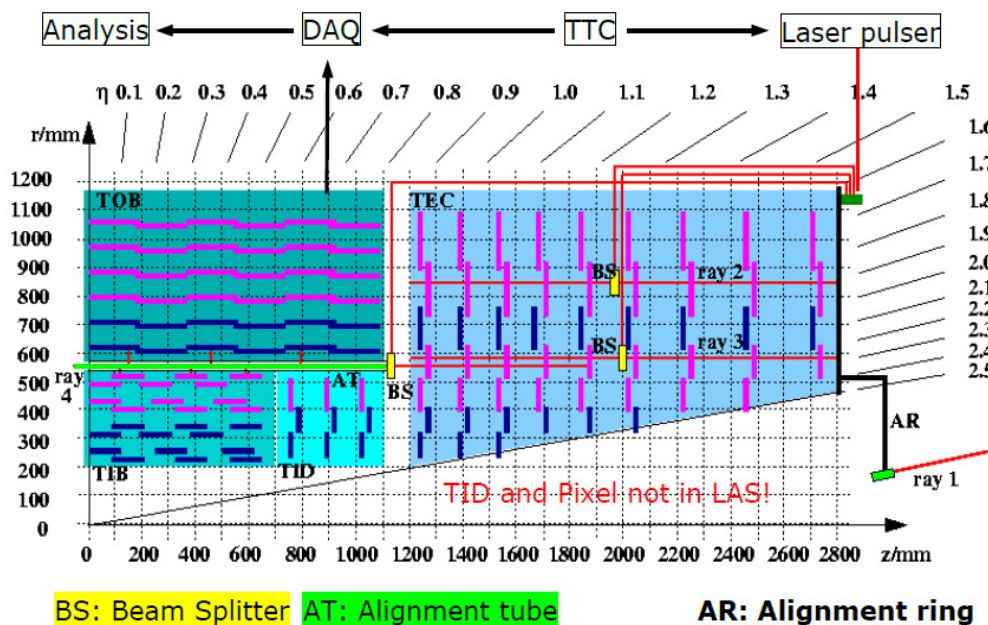


Verbesserung der Strahlenpositionsmessung des Lasergestützten Alignment Systems am Spurdetektor des CMS

von Andreas Ditte

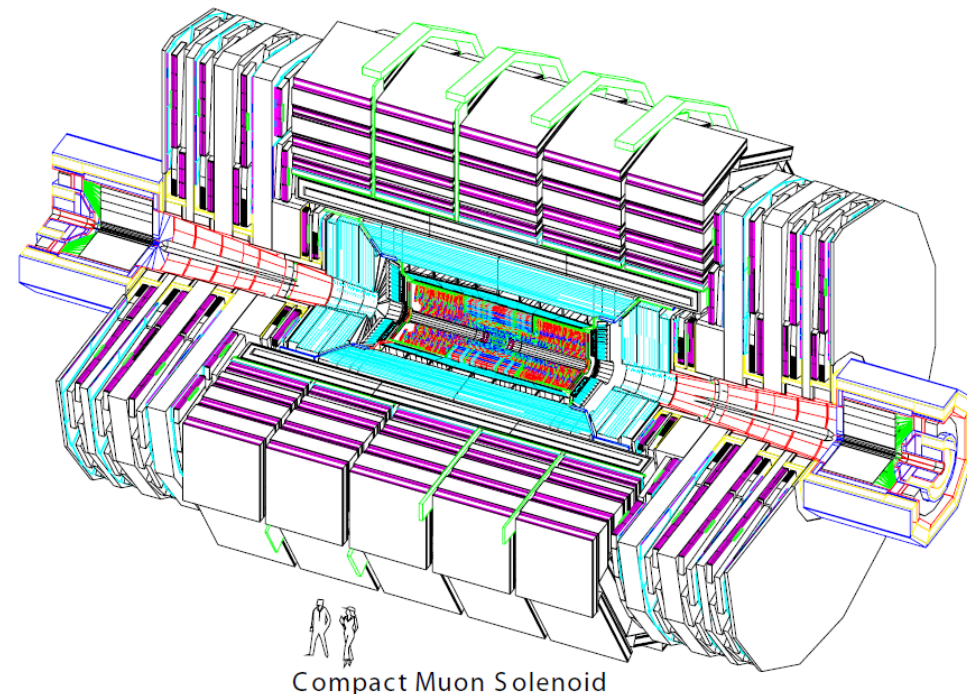
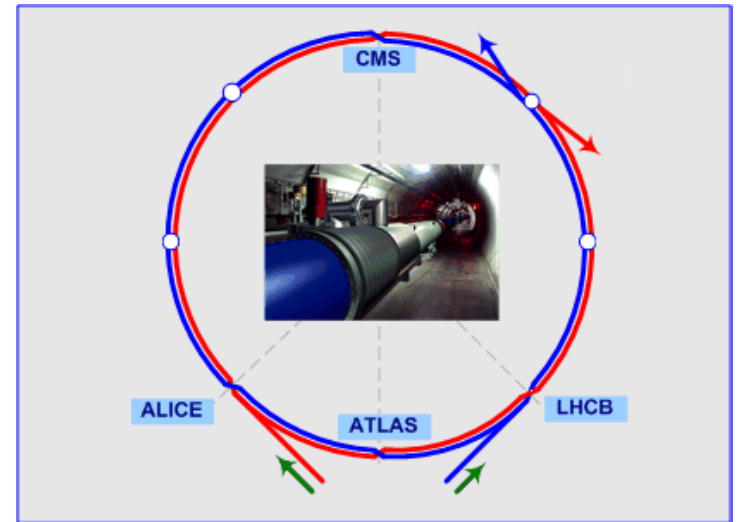


Inhaltsverzeichnis

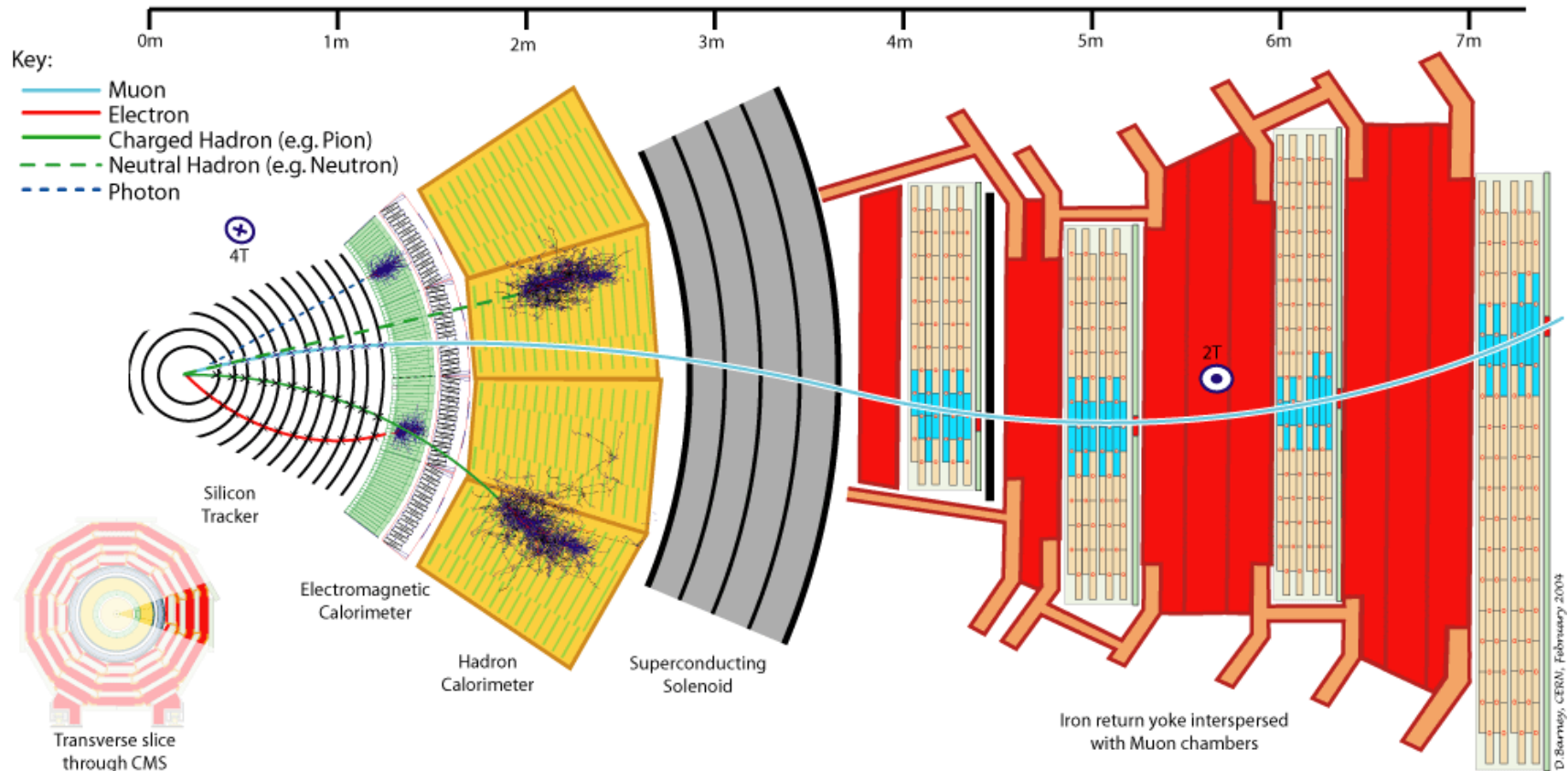
- Einleitung
- Aufgabe
- Schwachstellen
- Maßnahmen zur Verbesserung
- Validierung
- Zusammenfassung

CMS am LHC

- Large Hadron Collider (LHC)
 - Ringbeschleuniger am CERN in Genf, Schweiz
- Compact Muon Solenoid (CMS)
 - Eines der großen Experimente an diesem Beschleuniger
- Physik am CMS:
 - Suche nach dem Higgs
 - Hinweise auf Teilchen aus der Supersymmetrie-Theorie
 - > dunkle Materie
 - Hinweise auf Existenz weiterer Dimensionen (String Theorie)
 - Untersuchung der Kollision schwerer Ionen



Detektoren



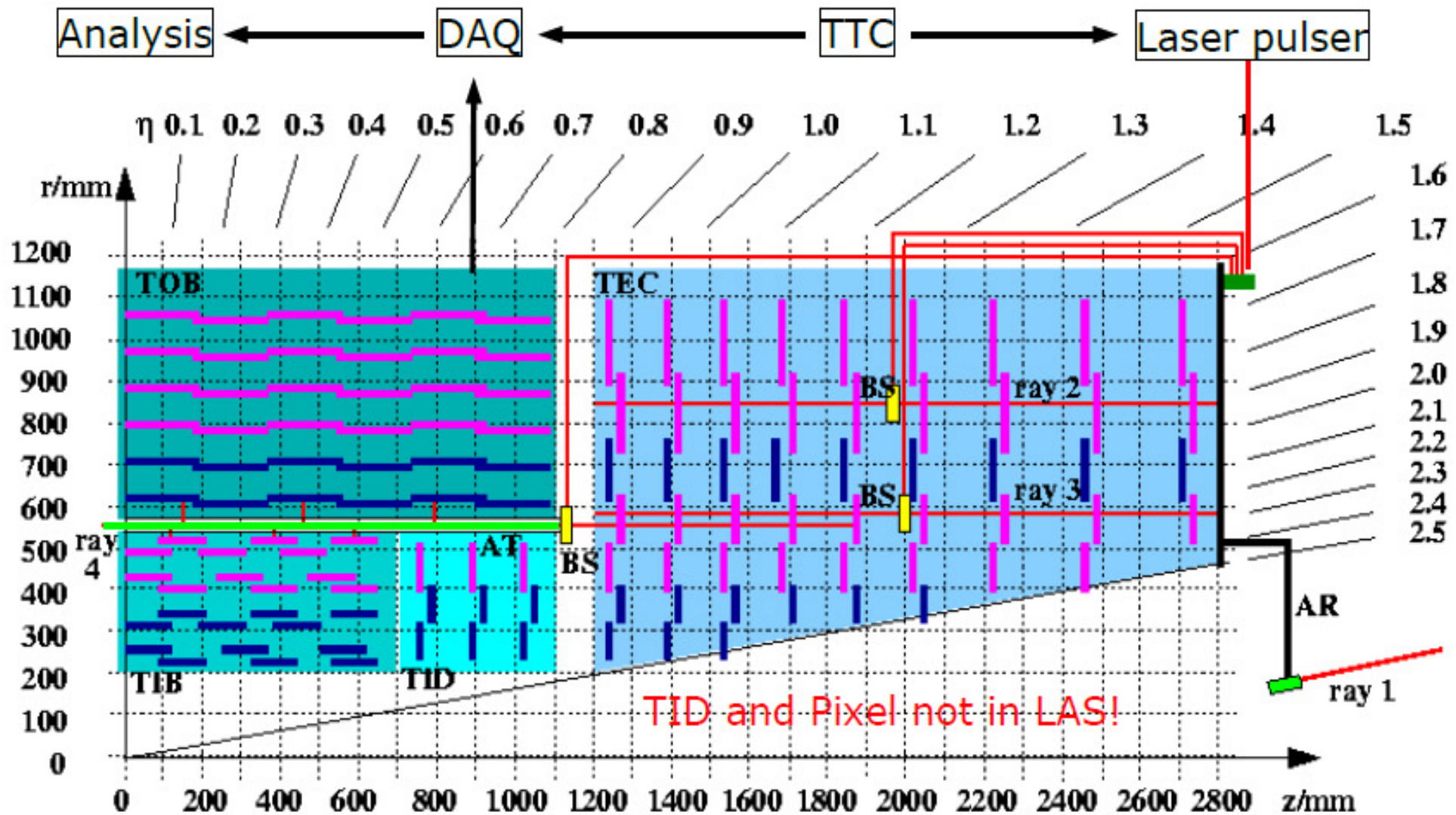
Für Aufnahmen von Teilchenbahnen hohe Präzision des Tracker nötig, weil:

- Detektion von kurzlebigen Teilchen (z.B. beauty-quark)
-> Verlässliche Spurrekonstruktion bereits mit wenigen Messpunkten möglich
- Hohe Teilchenzahl nahe dem Vertex
-> Klare Trennung verschiedener Bahnen

Alignment und LAS

- Exakte Positionen der Messelemente im Tracker nur ungenau bekannt
 - > Messpunkte haben große Unsicherheiten
- Alignment:
 - Rekonstruktion der Positionen messender Elemente innerhalb des Trackers mit kleinen Unsicherheiten
 - Überwiegend durch Spurrekonstruktion von Teilchenbahnen aus kosmischer Strahlung
- Aufgaben des Laser-Alignment-Systems (LAS):
 - Erfassung und Beobachtung weiterer Verschiebungen (Monitoring)
 - Verwendung der Daten für allgemeines Alignment zur Korrektur sonst nicht erfassbarer Effekte (z.B. Twist)

Funktionsprinzip des LAS

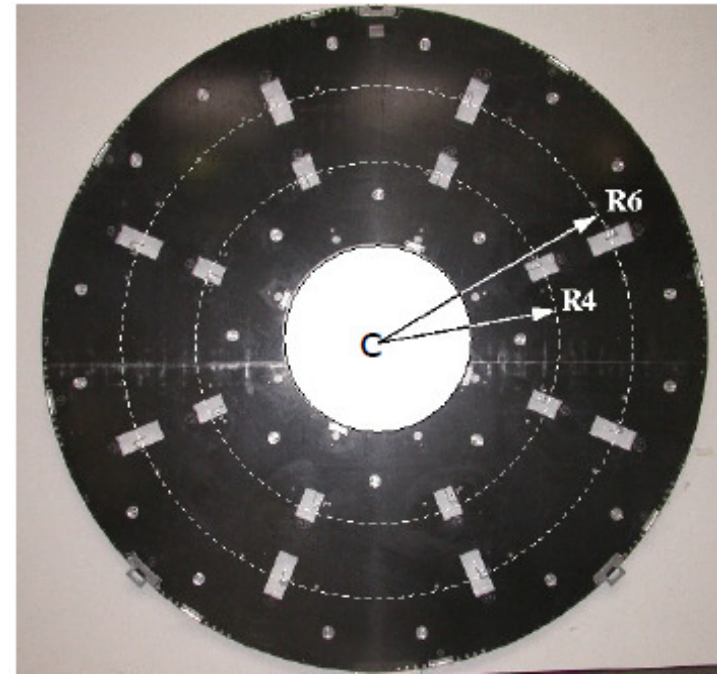


BS: Beam Splitter AT: Alignment tube

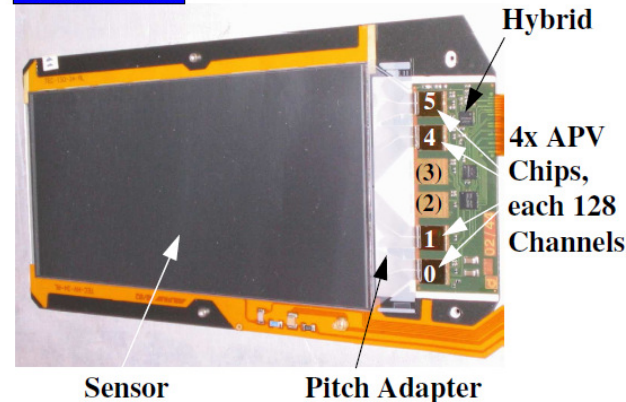
AR: Alignment ring

Scheiben und Module

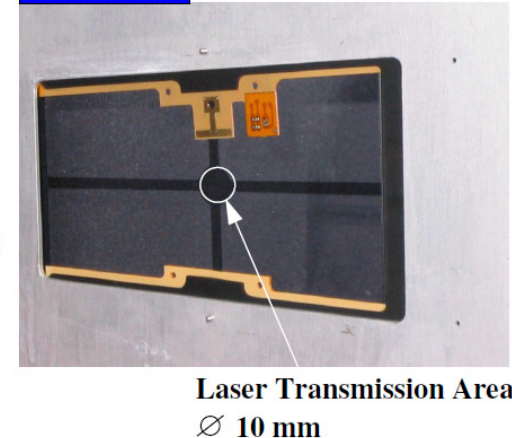
- Löcher in Scheiben, auf denen Module angebracht werden
- 16 pro Scheibe, je 8 in Ring 4 and 6
- Loch in jedem vom Laser getroffenen Modul
- 512 Silizium-Streifen auf jedem Modul
- Größe des Loches:
10 mm ~ 66 Streifen
- Messgrößen: ΔX , ΔY , $\Delta \varphi$ der Scheiben
- Interferenz des Strahls nach Durchlaufen eines Moduls



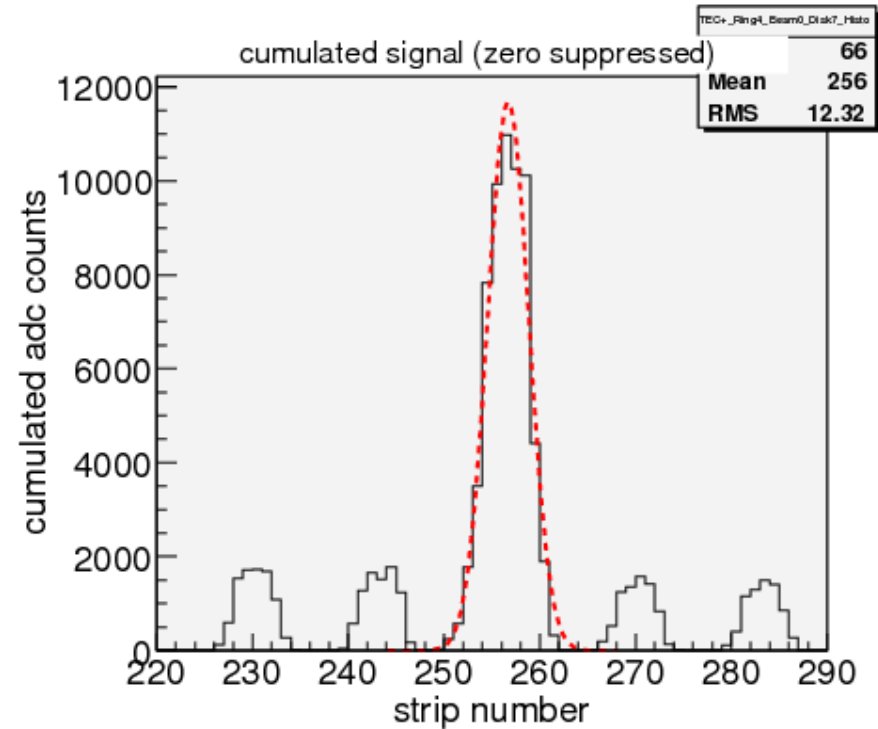
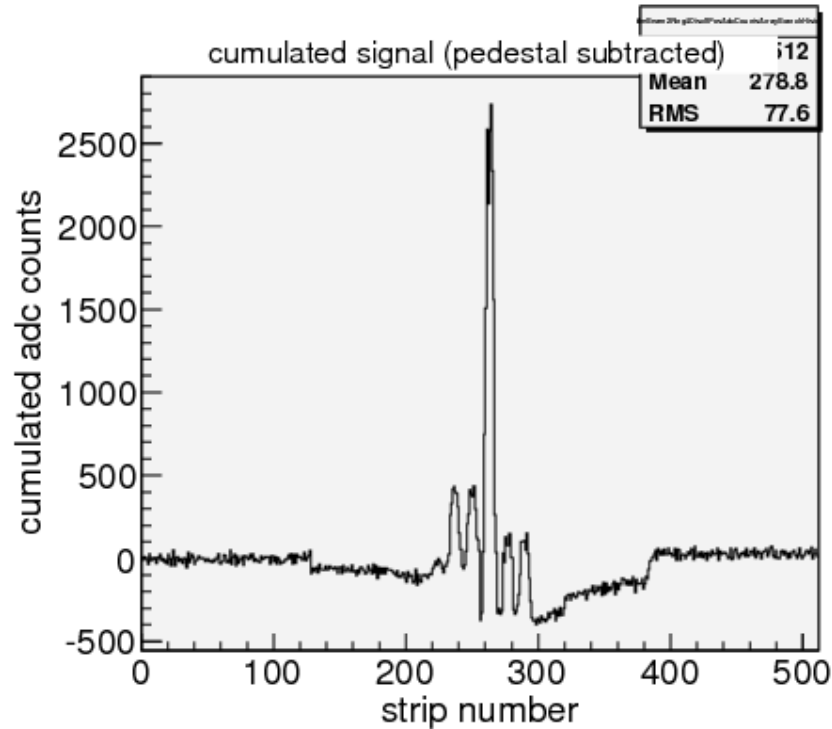
Front Side



Back Side



Daten



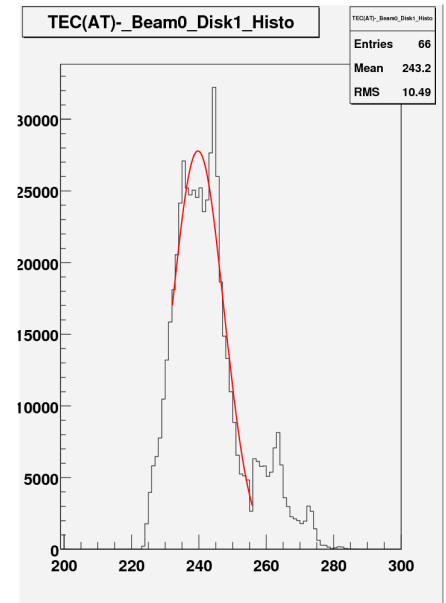
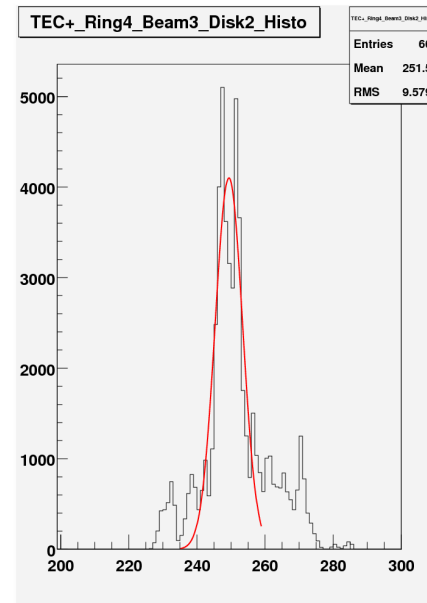
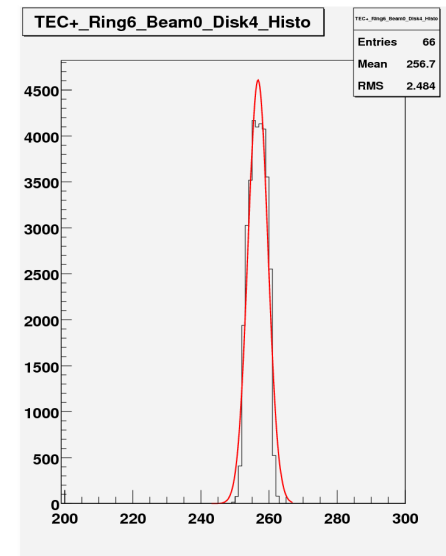
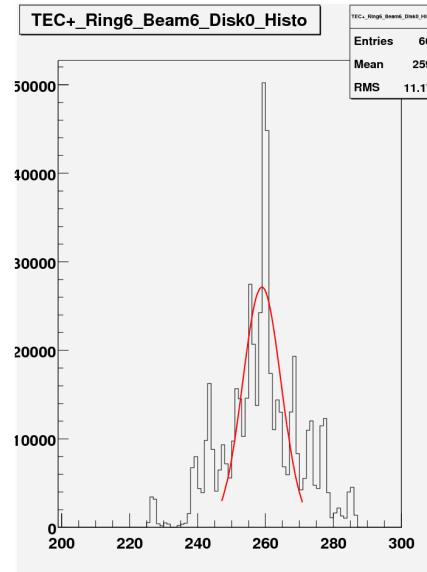
- Elektronische Datenverarbeitung gibt nur Werte oberhalb eines bestimmten Niveaus aus
- > Unterer Teil des Signals abgeschnitten
- Position des Laserstrahls wird angenommen als Erwartungswert einer angepassten Gauß'schen Kurve

Aufgabe

1. Untersuchung der vorhandenen Routine zur Durchführung der Anpassung auf Schwachstellen
2. Kategorisierung und Verbesserung dieser Schwachstellen
3. Validierung der Verbesserung durch die neue Routine

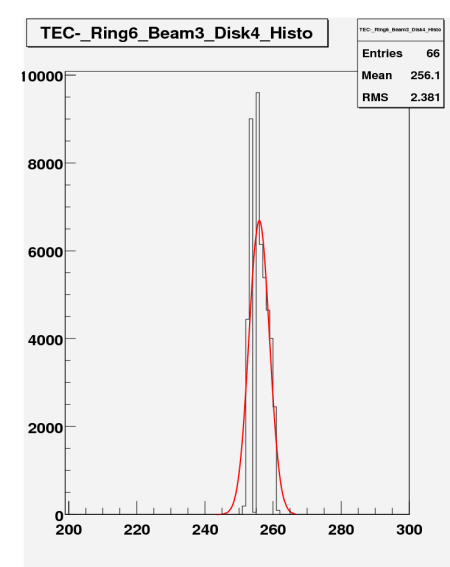
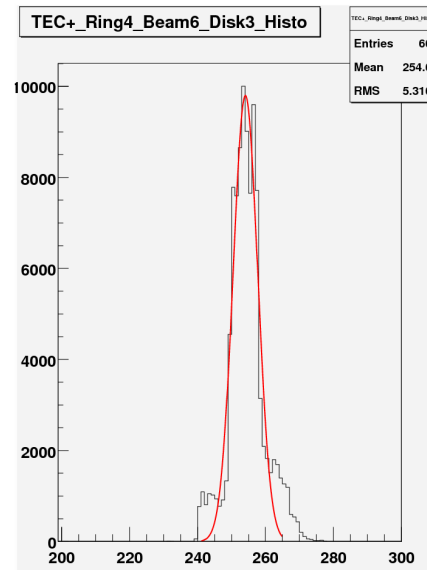
Schwachstellen

1. Hauptmaximum nicht angepasst
2. Abgeschnittene Spitze des Signals (Sättigungsverhalten)
3. Doppelstrukturen
4. Unverwertbares Signal

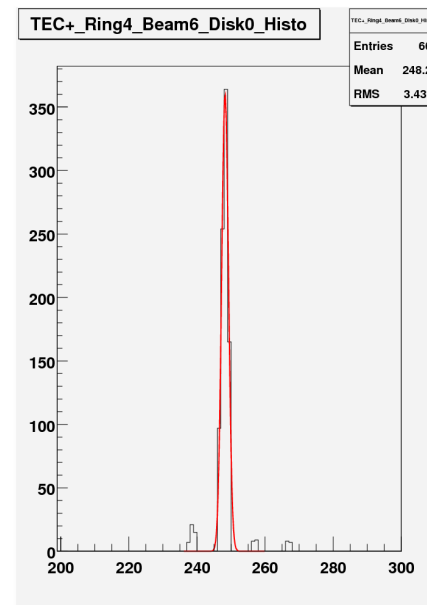


Schwachstellen

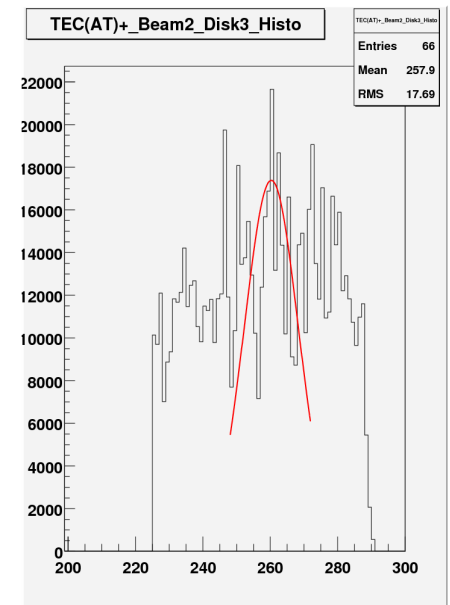
5. Fehlfunktion der Streifen
(Rauschen bzw. kein Signal)



6. Geringe Einträge

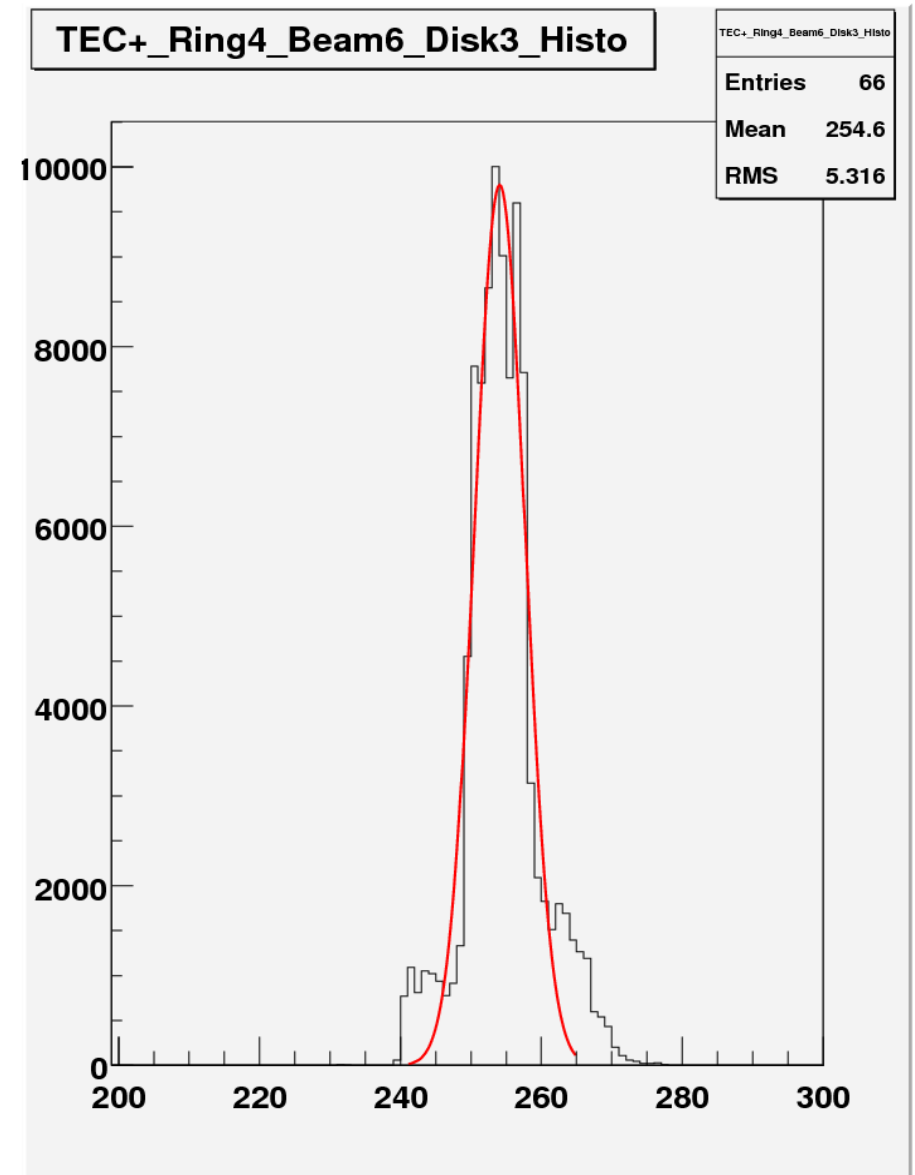


7. Rauschen



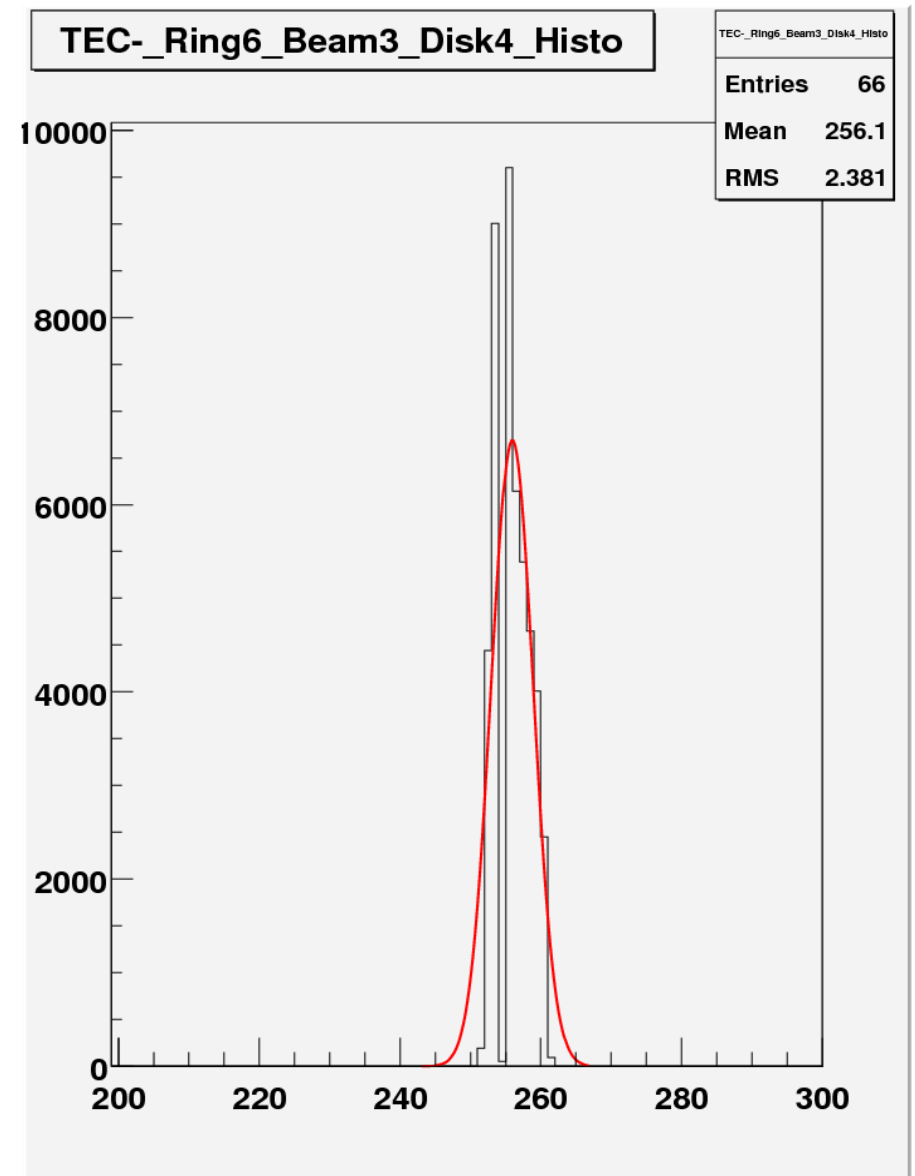
Schwachstellen

- 5. Fehlfunktion der Streifen
(Rauschen bzw. kein Signal)
- 6. Geringe Einträge
- 7. Rauschen



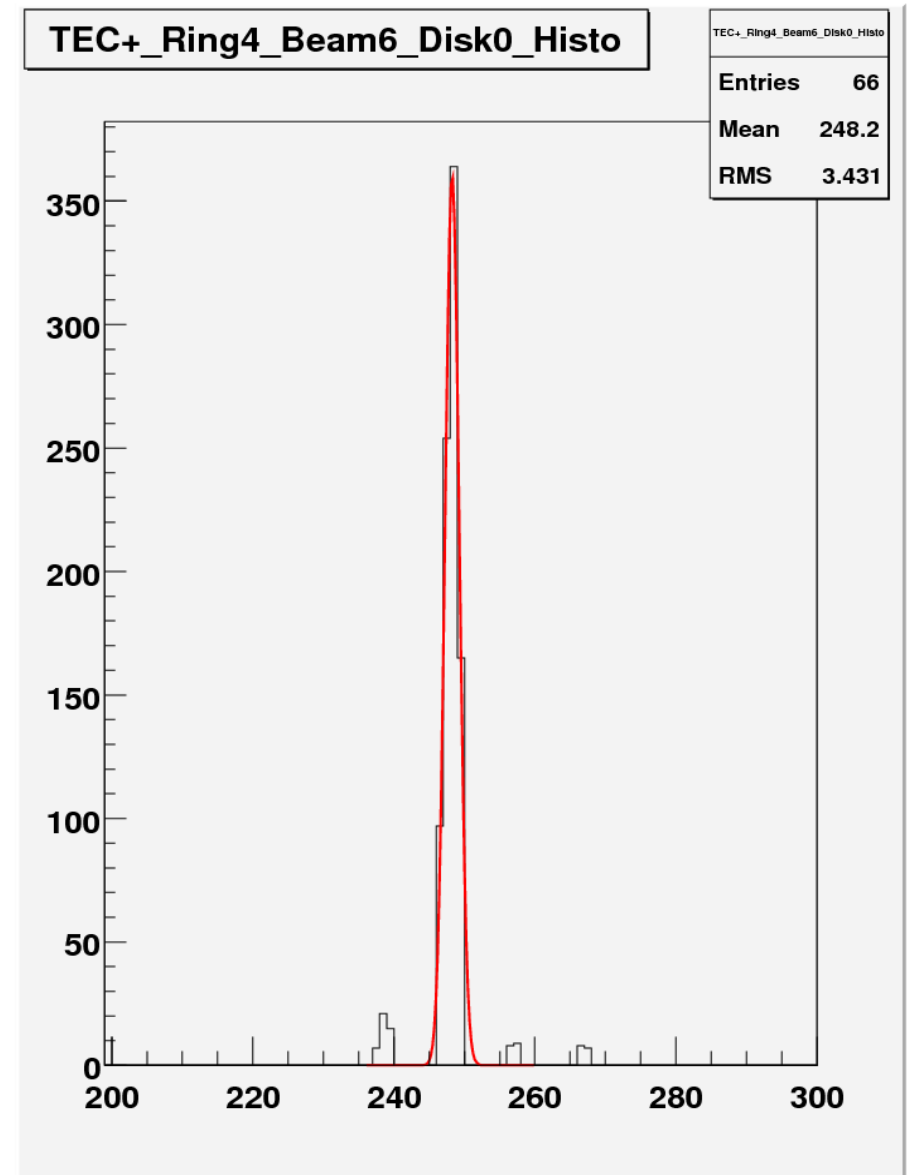
Schwachstellen

- 5. Fehlfunktion der Streifen
(Rauschen bzw. kein Signal)
- 6. Geringe Einträge
- 7. Rauschen



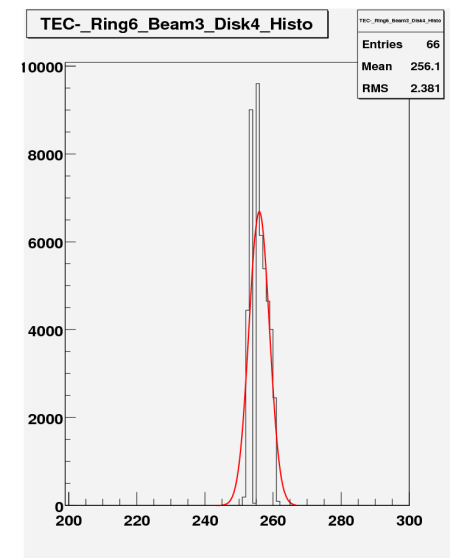
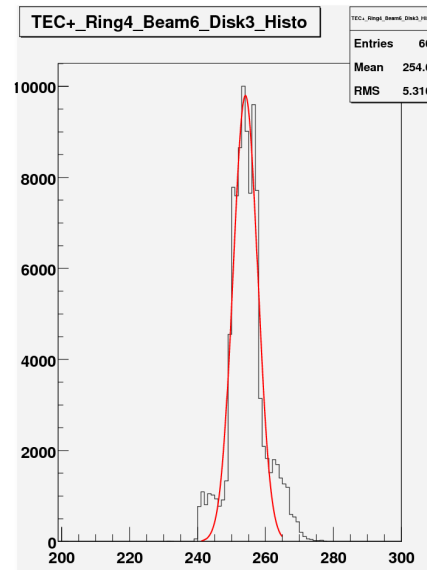
Schwachstellen

- 5. Fehlfunktion der Streifen
(Rauschen bzw. kein Signal)
- 6. Geringe Einträge
- 7. Rauschen

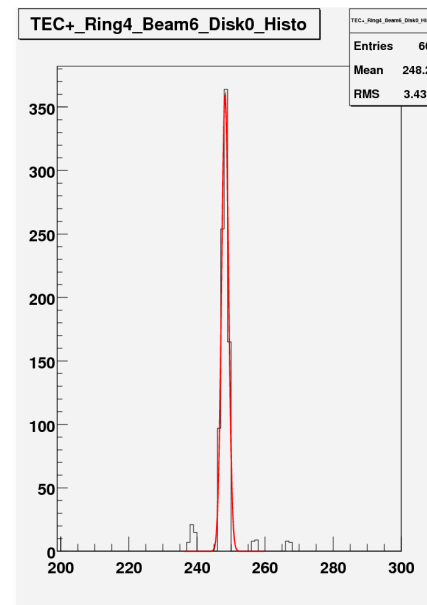


Schwachstellen

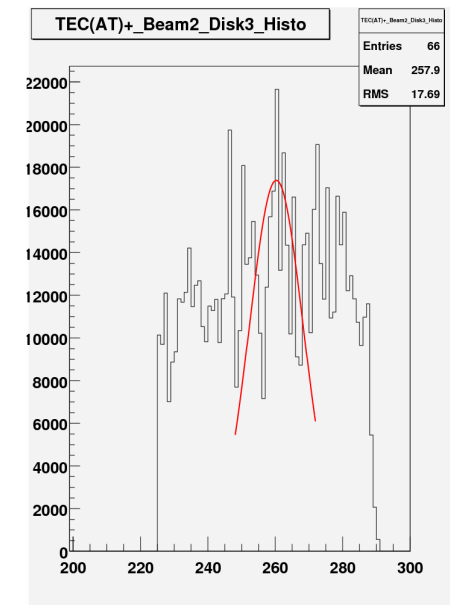
5. Fehlfunktion der Streifen
(Rauschen bzw. kein Signal)



6. Geringe Einträge



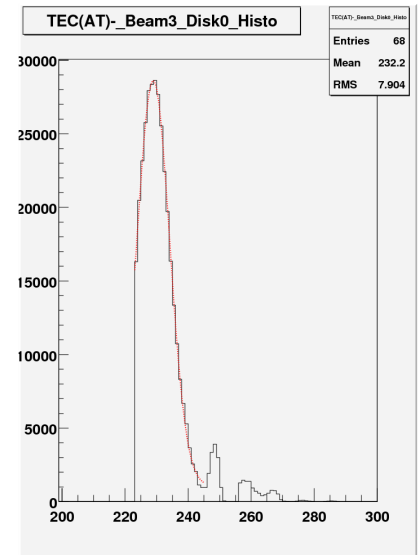
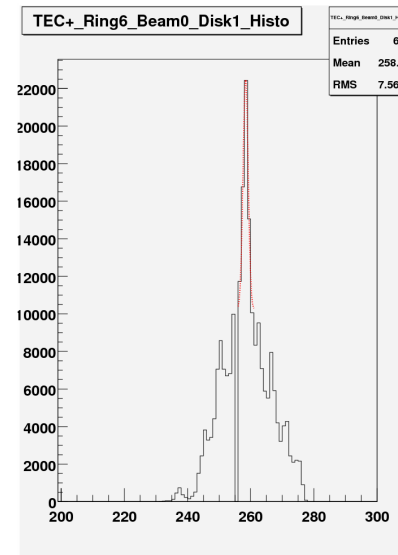
7. Rauschen



Maßnahmen zur Verbesserung

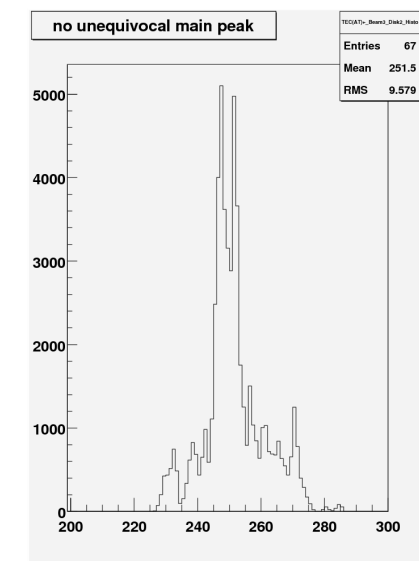
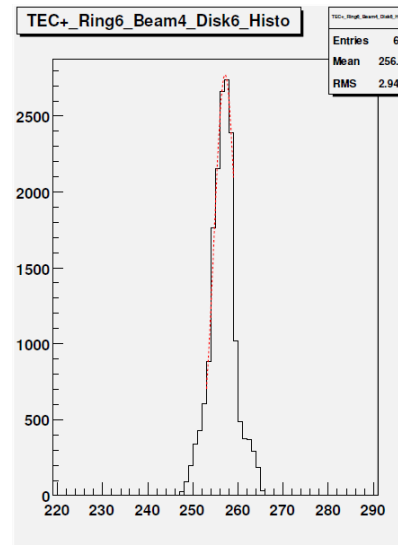
1. Flexibler Anpassungsbereich

- Passt sich Spitze an
- Unterer Teil nicht mitangepasst



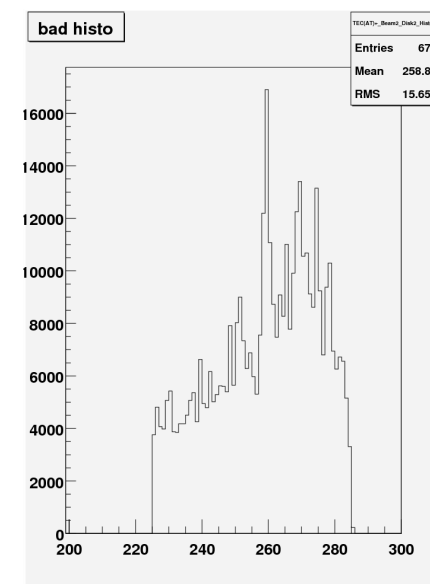
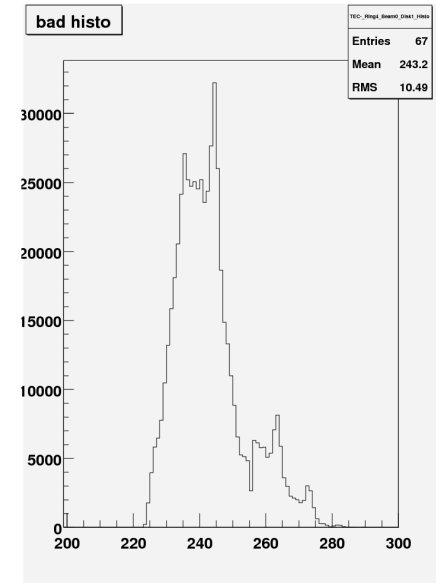
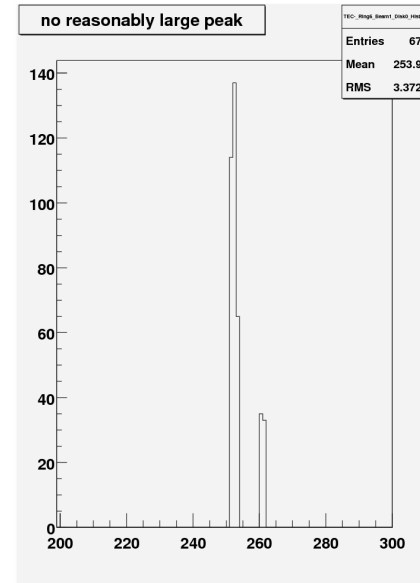
2. Doppelstrukturen werden aussortiert

- Keine Anpassung
- Ausgeschlossen von weiterem Alignment



Maßnahmen zur Verbesserung

3. Signale mit geringen Einträge aussortiert
 - $\text{Integral} < 2000$
4. Unverwertbare Signale und Rauschen aussortiert
 - Verhältnis aus Integral und Maximalwert
 - Breite



Maßnahmen zur Verbesserung

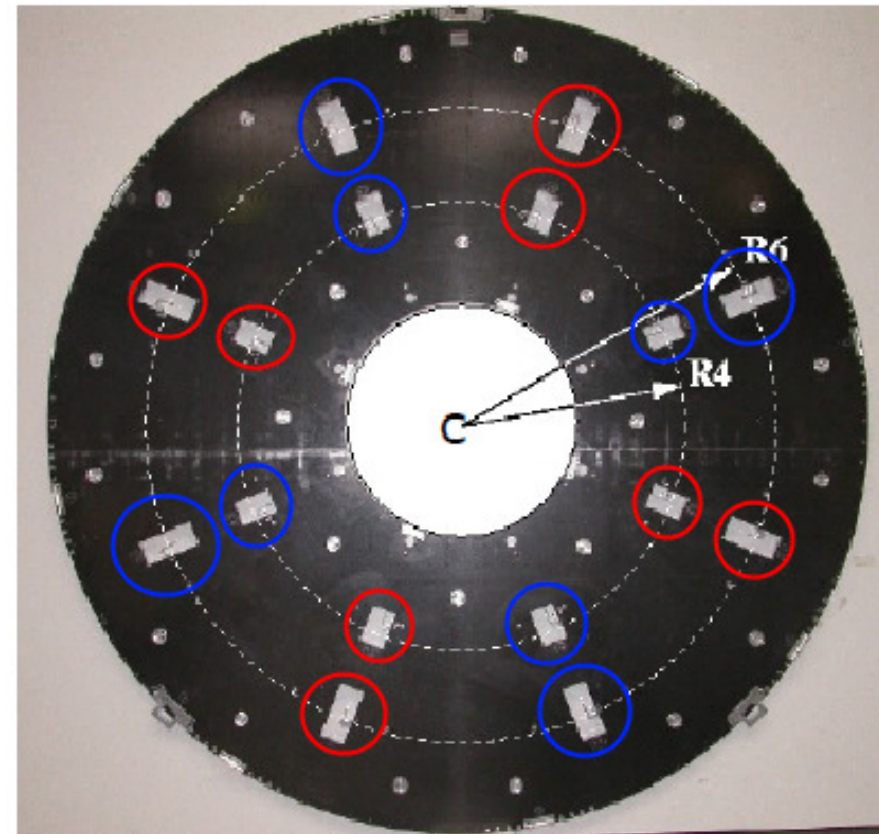
5. Rauschende Streifen bzw. Streifen ohne Signal
 - Funktionalitätstests der einzelnen Streifen zwischen den Durchläufen
 - Nachschlagen in Datenbank, ob Streifen fehlerhaft
 - Ausschluss von der Anpassung
6. Optimierung
 - Durchführung der Anpassung mittels einer selbst definierten Funktion:

$$g(x) = A \cdot e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} + B; \quad A, B \in R$$

Validierung

Methode:

- Durchführung eines Alignments mit den Strahlen 0, 2, 4, 6 (rot) und eines Weiteren mit den Strahlen 1, 3, 5, 7 (blau)
 - Resultat: Position der Scheibe in bereits alignierter Umgebung
 - Vergleich der erhaltenen Größen: Δx , Δy und $\Delta \varphi$
- => Mittelwert der Differenzen zwischen den verschiedenen Δx sollte näher bei Null liegen unter Verwendung der neuen Routine



Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_{\Delta}}$ [cm]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	-0.00260
		RMS	0.00330

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_{\Delta}}$ [cm]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	-0.00260
		RMS	0.00330

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_{\Delta}}$ [cm]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	-0.00260
		RMS	0.00330

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_{\Delta}}$ [cm]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	-0.00260
		RMS	0.00330
Run139411_38_F21	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	0.00197
		RMS	0.00300

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_\Delta}$ [cm]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	-0.00260
		RMS	0.00330
Run139411_38_F21	old	Average	0.01933
		RMS	0.01000
	new	Average	0.00197
		RMS	0.00300

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_\Delta}$ [cm]	$\overline{y_\Delta}$ [cm]	$\overline{\Phi_\Delta}$ [mrad]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933	-0.01607	-0.00022
		RMS	0.01000	0.00810	0.00007
	new	Average	-0.00260	0.00590	-0.00013
		RMS	0.00330	0.00440	0.00005
Run139411_38_F21	old	Average	0.01933	-0.01607	-0.00022
		RMS	0.01000	0.00810	0.00007
	new	Average	0.00197	-0.00013	-0.00010
		RMS	0.00300	0.00520	0.00004

Validierung

Durchlauf	Routine		$\overline{x_\Delta}$ [cm]	$\overline{y_\Delta}$ [cm]	$\overline{\Phi_\Delta}$ [mrad]
Run139411_38_F43	old	Average	0.01933	-0.01607	-0.00022
		RMS	0.01000	0.00810	0.00007
	new	Average	-0.00260	0.00590	-0.00013
		RMS	0.00330	0.00440	0.00005
Run139411_38_F21	old	Average	0.01933	-0.01607	-0.00022
		RMS	0.01000	0.00810	0.00007
	new	Average	0.00197	-0.00013	-0.00010
		RMS	0.00300	0.00520	0.00004
Run139411_38_F64	old	Average	0.01933	-0.01607	-0.00022
		RMS	0.01000	0.00813	0.00008
	new	Average	-0.01254	0.00547	-0.00014
		RMS	0.00432	0.00457	0.00005
Run139370_38_F407	old	Average	0.01104	-0.03648	0.00012
		RMS	0.00800	0.01010	0.00007
	new	Average	-0.00711	-0.00300	-0.00008
		RMS	0.00300	0.00260	0.00003

Zusammenfassung

- Schwachstellen in folgenden Bereichen gefunden
 - Hauptmaximum nicht angepasst
 - Nicht-Gaußförmiges Signal
 - Doppelstrukturen
 - Unverwertbares Signal
 - Fehlfunktionen einzelner Streifen
 - Geringe Einträge
 - Rauschen
- Verbesserungen wurden eingebaut
- Validierung wurde durchgeführt
 - Zeigte erhebliche Verbesserung des Alignments

Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit!

Verwendete Daten

- CRAFT08_Run70664
 - Einer der cosmic ray runs während 2008 und 2009
 - Laser wurden manuell eingestellt und gefeuert
 - Run70664: erstes Auftauchen brauchbarer Daten
- Run139370_38_F407,
Run139407_38_F112,
...
 - Einige zufällige aktuelle Durchläufe aus der Datenbank

Maßnahmen zur Verbesserung

5. Verteilungen

- Geringe Einträge, unverwertbare Signale und Rauschen sind markiert
- Geringe Einträge:
 - Alle Integrale unter 2000
 - Signifikante Lücke
 - > Aussortieren falls $\text{Integral} < 2000$
- Unverwertbar und Rauschen:
 - Bedingungen gefunden
 - $\text{maxClusterSize} > 60$
 - $\text{integralOverMax} > 17$
 - Aber: brauchbare Daten evtl. Mit aussortiert

