

# Messung an einer TPC mit GEM-basierter Gasverstärkung und hochgranularer Pixelauslese

**Christoph Brezina**, Klaus Desch, Jochen Kaminski,  
Martin Killenberg, Thorsten Krautscheid und  
Radion Ulman

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

DPG Frühjahrstagung  
Vom 28. März bis zum 1. April 2011  
in Karlsruhe

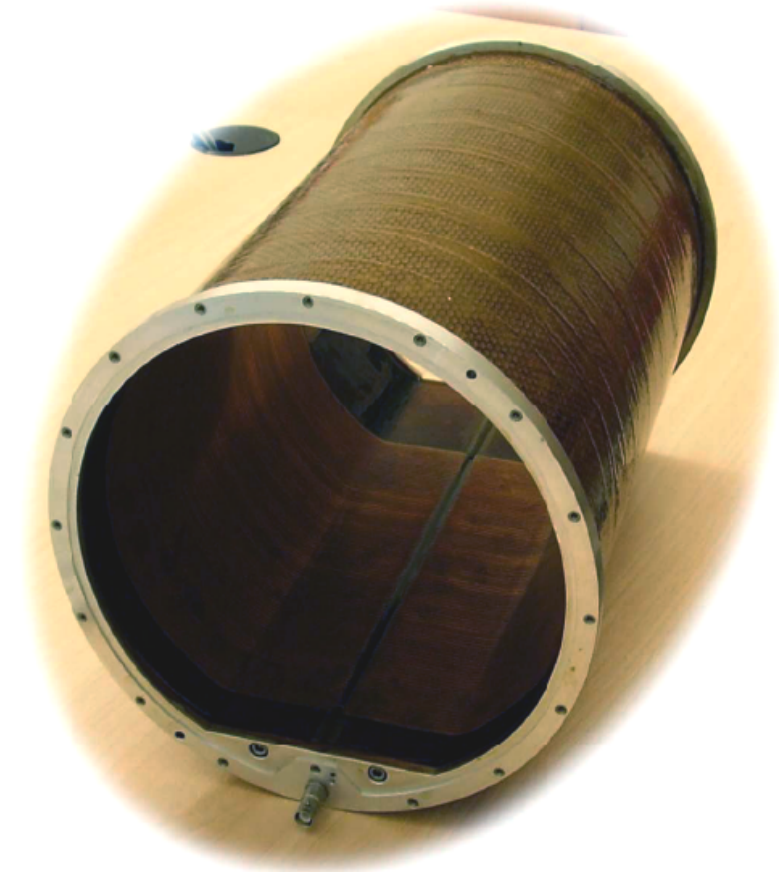
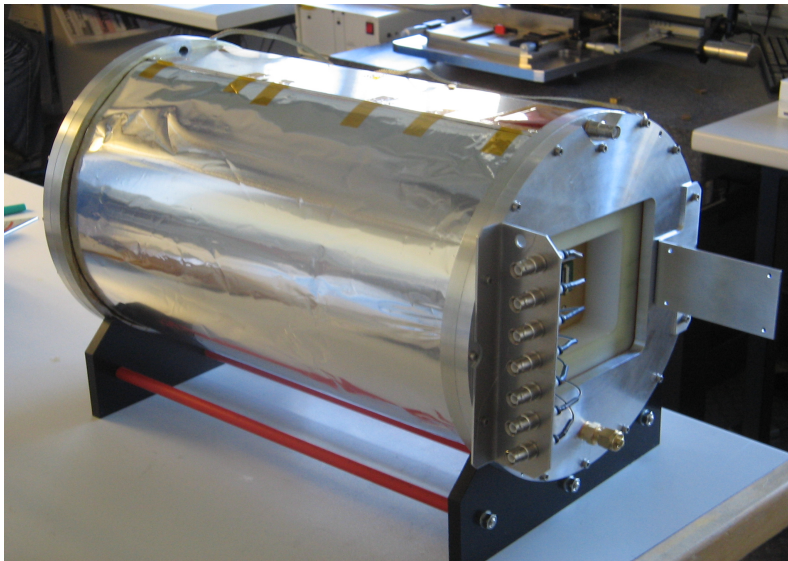


- Prinzip und Aufbau des Detektors
  - Triggersystem
- Analyse der Daten
  - MarlinTPC
  - Betrachtung der Rohdaten
  - Kalibration
  - Ortsauflösung
- Ausblick

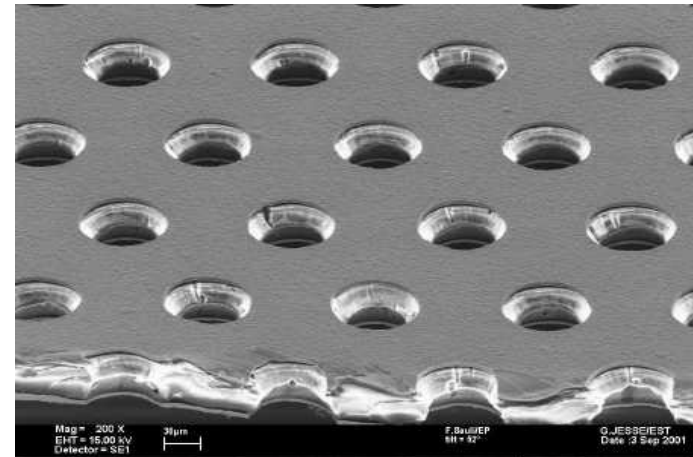
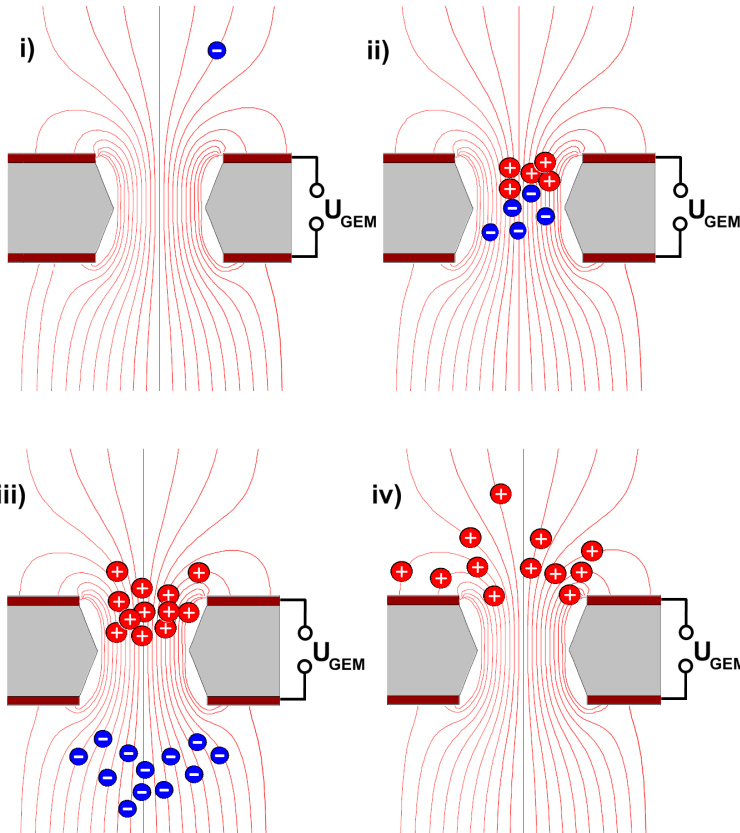
# Feldkäfig



- Feldkäfig entworfen an der RWTH Aachen
  - Materialbelegung:  $1\% X_0$
  - Durchmesser: 23 cm
  - Driftstrecke: 26 cm
  - Driftfeld: bis zu 1 kV/cm
  - Feldhomogenität: Besser als  $10^{-3}$



- Signalverstärkung im Gas durch GEMs  
(**G**as **E**lectron **M**ultiplier – kupferbeschichtete Kaptonfolie)



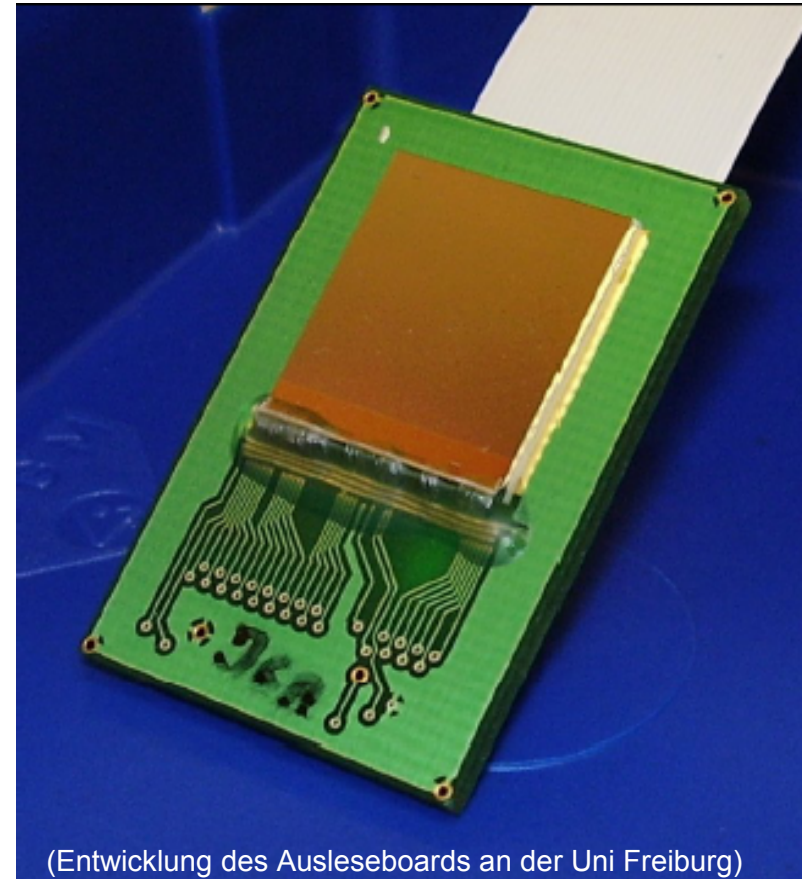
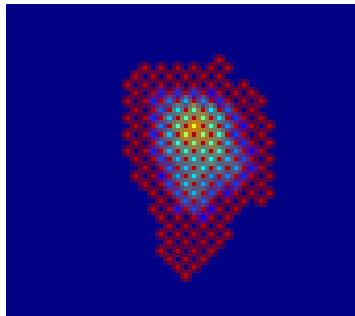
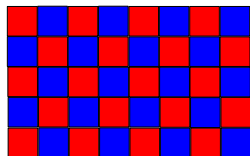
- Elektronen driften durch ein starkes E-Feld in den GEM Löchern und erzeugen dort sekundäre Elektronen



# Auslese – hoch integriert



- Timepix mit 256 x 256 Pixel
  - Jeweils  $55 \times 55 \mu\text{m}^2$
- 2 verschiedene Modi genutzt:
  - Deponierte Ladung
  - Zeit zwischen Treffer und Trigger
- Schwelle bei  $\sim 400 e^-$
- Takt bei 55 MHz ( $T = 18 \text{ ns}$ )
- Für die Messungen Pixel in Schachbrettanordnung konfiguriert:  
**Zeit-** oder **Ladungsmessung**

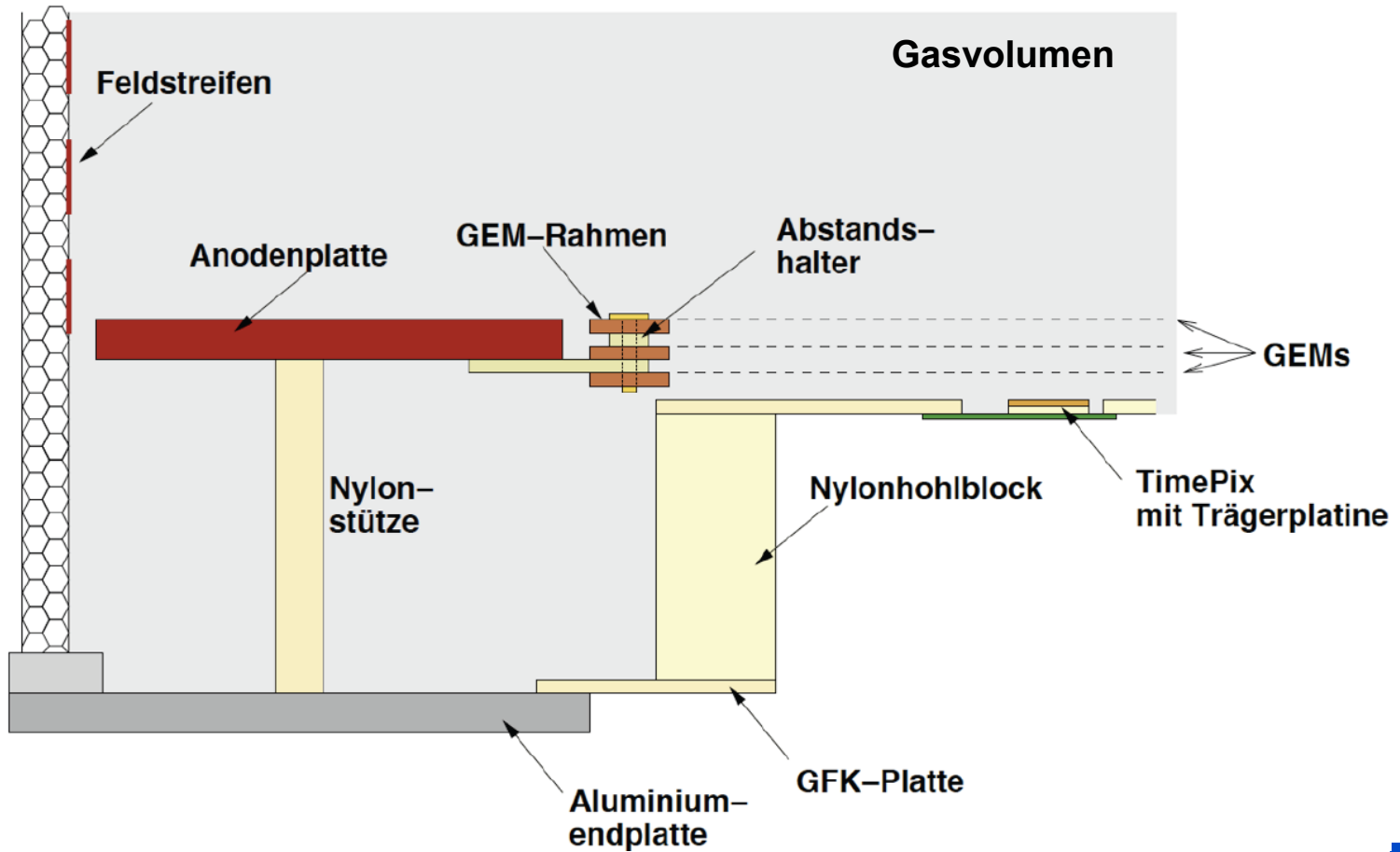


(Entwicklung des Ausleseboards an der Uni Freiburg)

# Aufbau des Detektors



- Schematischer Aufbau der Ausleseebene

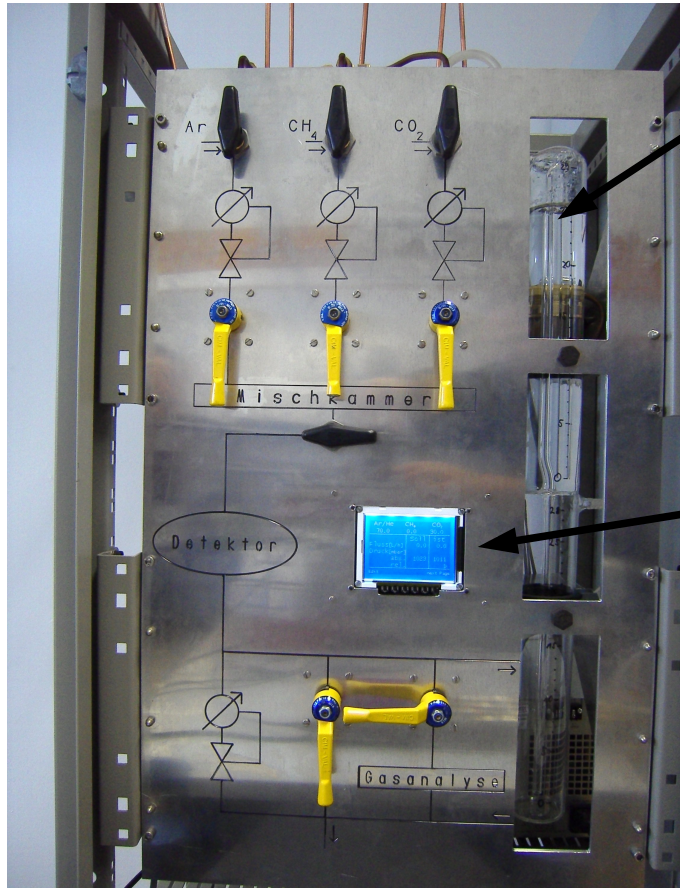


- Triple GEM-Stack: jeder Spalt 1 mm breit

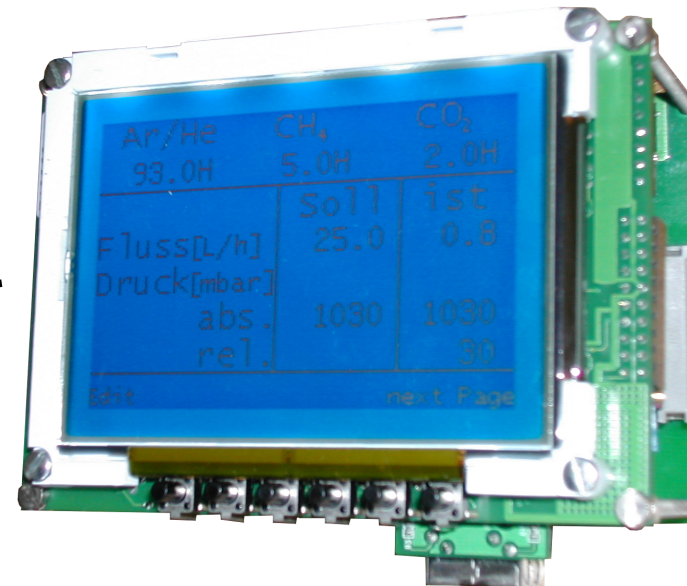
# Gasversorgung



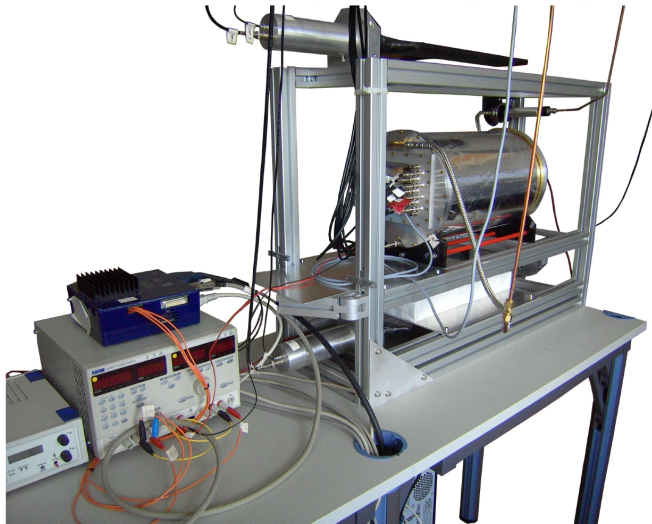
- Gassystem mischt bis zu 3 Gase
  - He/CO<sub>2</sub> und Ar/CO<sub>2</sub> jeweils 70:30 genutzt
- Steuerung von Fluss und Druck durch hochauflösende ADC / DAC
  - Überwachung von Temperatur und Luftdruck
  - Fehler der einzelnen Flüsse kleiner als 1% des Sollwertes



Zweiseitiger Bubbler als mech. Überdruckventil  
2011 Ersetzt durch mechanische Überdruckventile

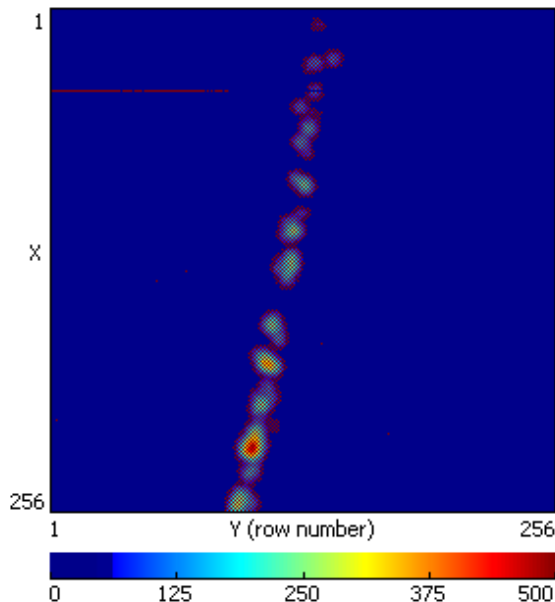


# Kosmische Myonen

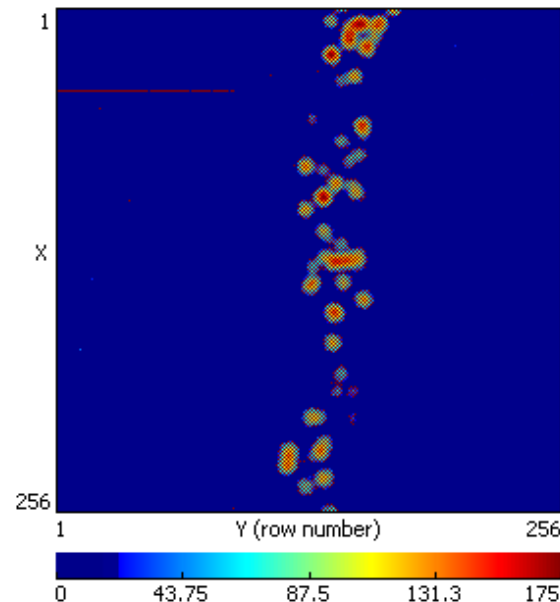


- Trigger aus Koinzidenz von zwei Szintillatoren
- Multielektron-Cluster Spalten während der Drift auf

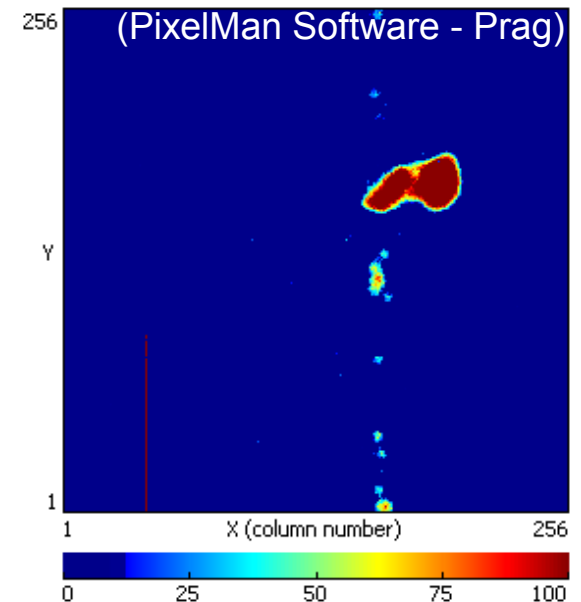
kurze Driftstrecke



lange Driftstrecke



$\delta$ -Elektron



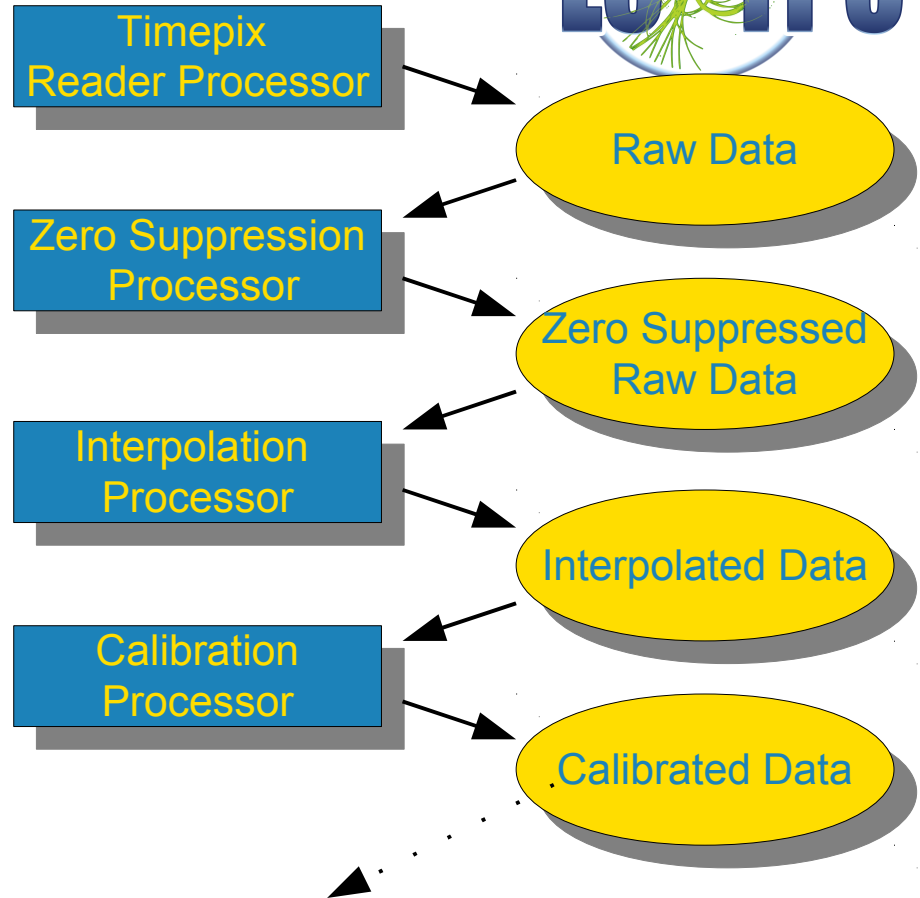


# Datenanalyse mit MarlinTPC

# MarlinTPC & LCIO



- Modular **A**nalysis & **R**econstruction for the **L**inear **C**ollider
- Datenverarbeitung erfolgt durch austauschbare Algorithmen (Prozessoren)
- Einheitliches Datenmodell LCIO (**L**inear **C**ollider **I/O**)
- Reihenfolge und Parameter der einzelnen Prozessoren werden in einer Steuerdatei festgelegt
- MarlinTPC ist eine Sammlung von Prozessoren für TPC-Daten

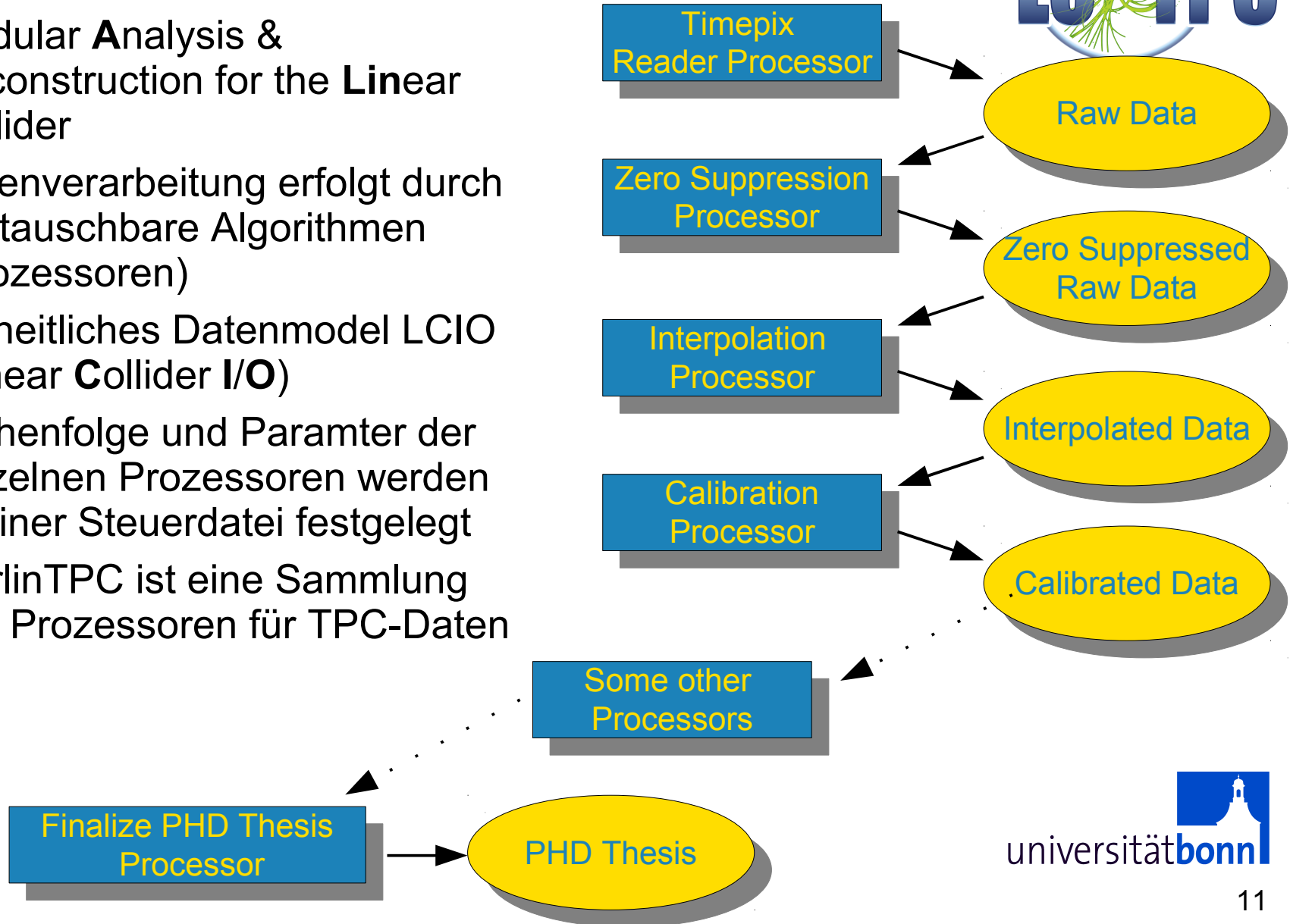




# MarlinTPC & LCIO



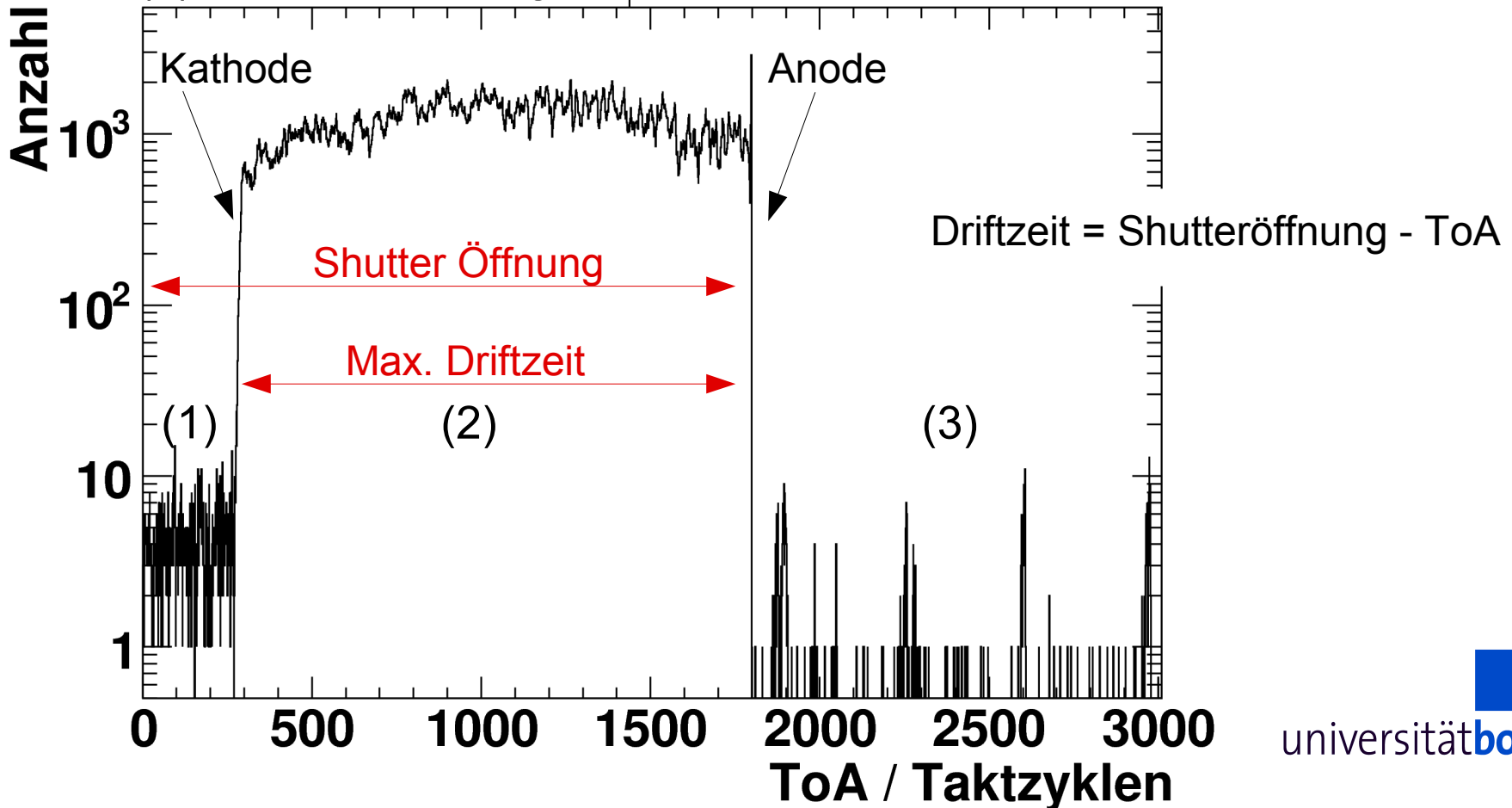
- Modular **A**nalysis & **R**econstruction for the **L**inear **C**ollider
- Datenverarbeitung erfolgt durch austauschbare Algorithmen (Prozessoren)
- Einheitliches Datenmodell LCIO (**L**inear **C**ollider **I/O**)
- Reihenfolge und Parameter der einzelnen Prozessoren werden in einer Steuerdatei festgelegt
- MarlinTPC ist eine Sammlung von Prozessoren für TPC-Daten



# Timepix Raw Data (ToA)



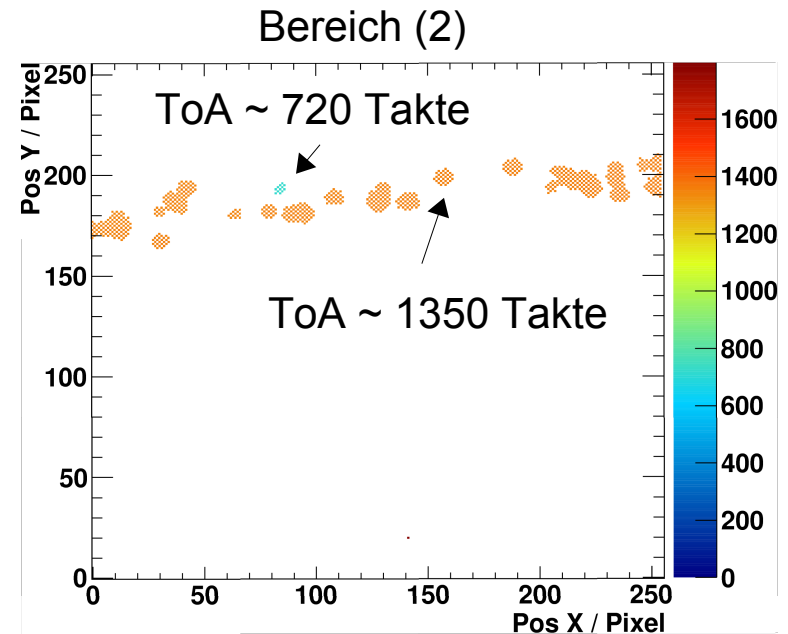
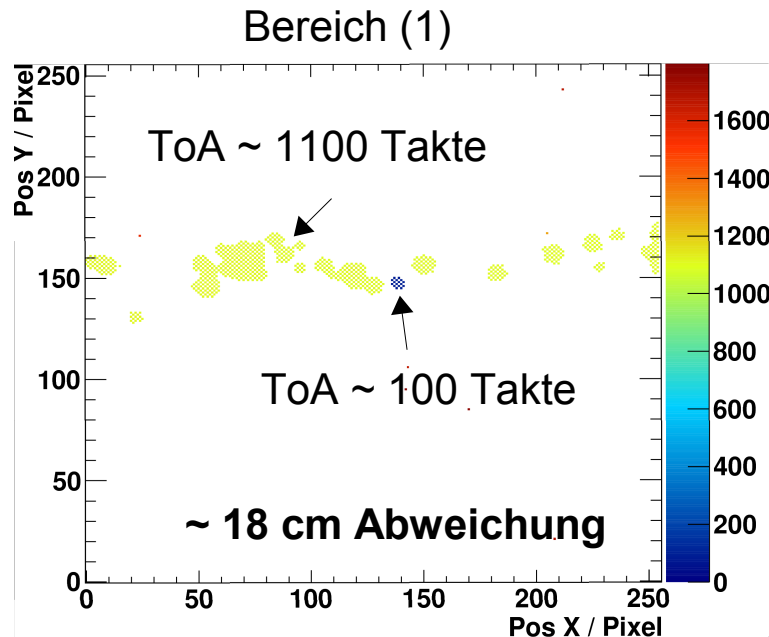
- ToA Spektrum ist unterteilt in drei Bereiche
  - (1) Pixel die kürzer gezählt haben als erwartet
  - (2) Pixel die sich normal verhalten
  - (3) Pixel die weiter gezählt haben als erwartet



# Betrachtung von Bereich (1)



- Pixel, die zu wenig gezählt haben, befinden sich in Clustern auf normalen Spuren im Detektor



Die Ankunftszeit in gezählten Taktzyklen ist Farbkodiert (großer Wert = frühe Ankunft)

- Da ganze Cluster verspätet detektiert werden liegt vermutlich ein physikalischer und kein elektronischer Effekt zu Grunde:

**verspätete primäre Elektronen ?**

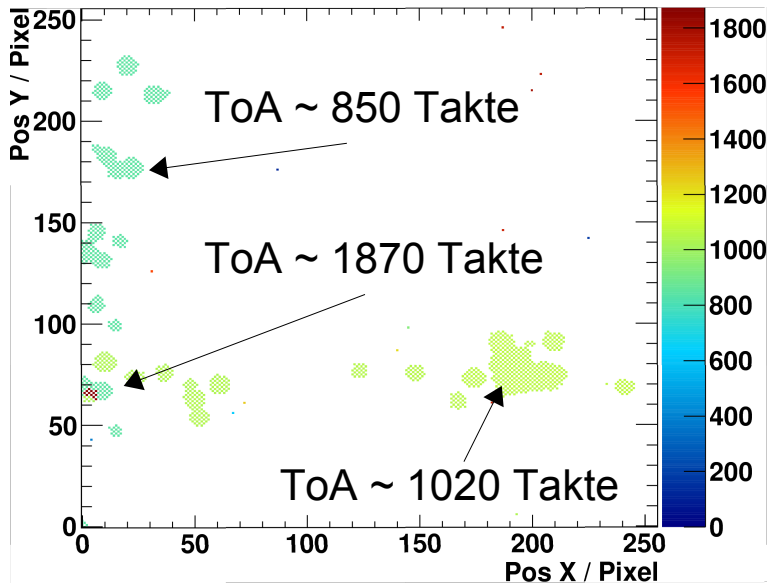
**Atachment / Detachment ?**

# Betrachtung von Bereich (3)

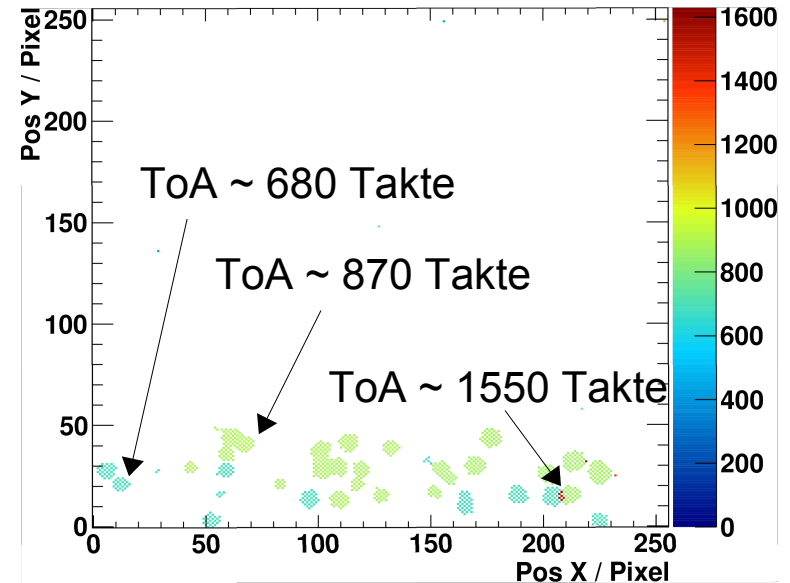


- Pixel, die zu weit gezählt haben, liegen ausschließlich in Bereichen in denen sich zwei Spuren überlappen

Bereich (1)



Bereich (2)



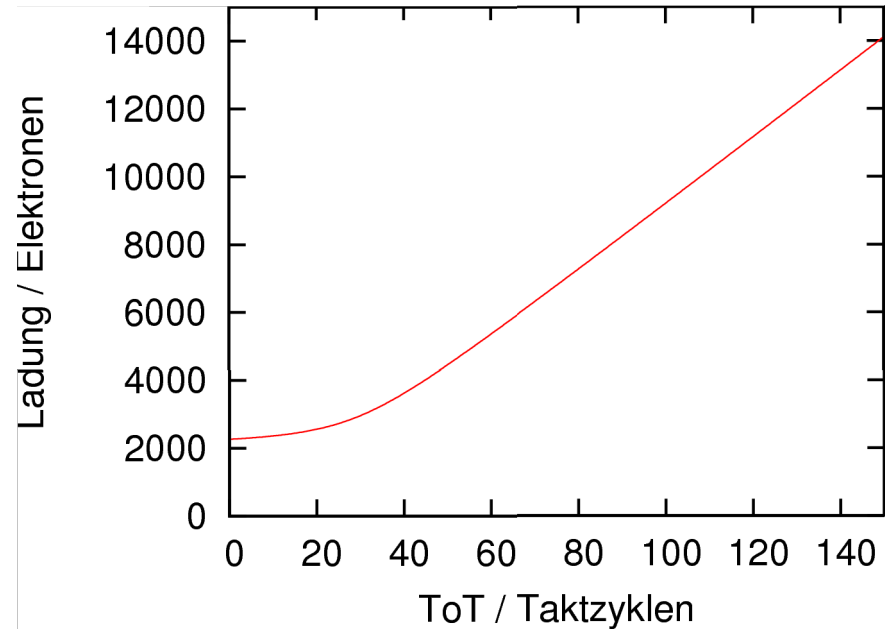
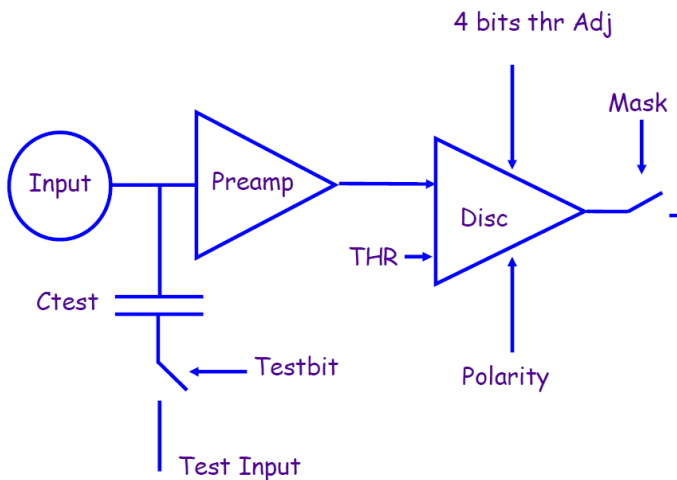
Die Ankunftszeit in gezählten Taktzyklen ist Farbkodiert (großer Wert = frühe Ankunft)

- Die betroffenen Pixel zählen Taktzyklen für zwei Ereignisse
  - Ein (selten auftretender) Fehler in der Elektronik

# Kalibration - Ladung



- Ein Testpuls-Eingang erlaubt es den Timepix ASIC zu kalibrieren und gezählte ToT-Taktzyklen in Elektronen umzurechnen
- Es ist so möglich eine Aussage über die Gasverstärkung zu treffen

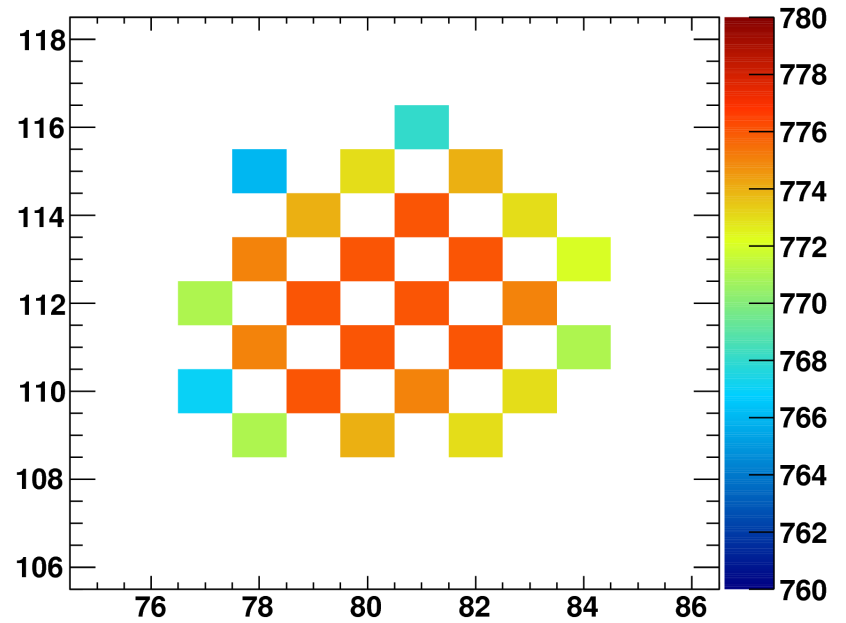
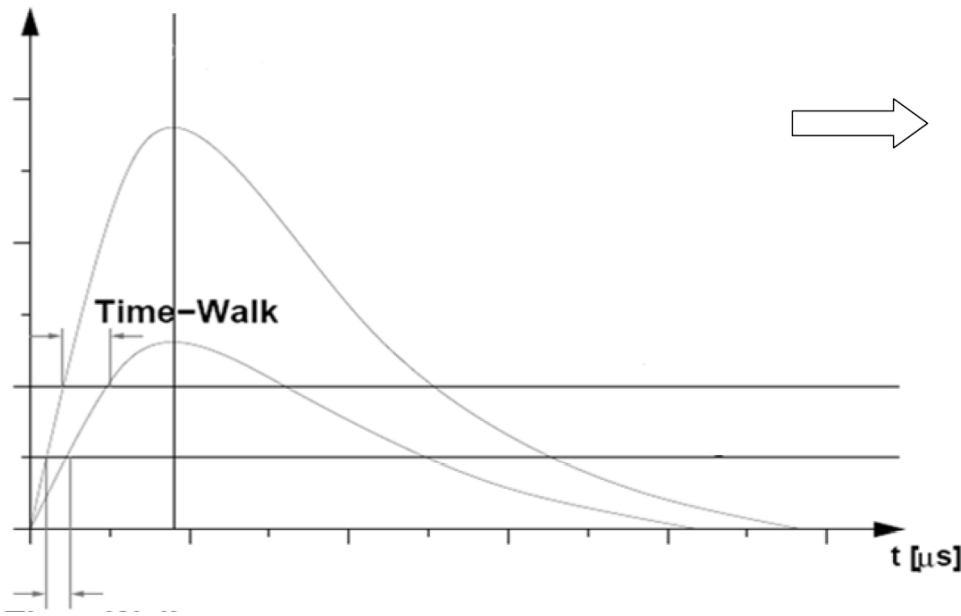


$$Q(T) = \frac{50}{2a} \cdot (T - b - at) + \sqrt{(b - at - T)^2 + 4 \cdot (abt + ac - at \cdot T)}$$

# Kalibration – Zeit



- Die Zeit bis zum Erreichen der Schwelle hängt von der Pulshöhe ab: **Time Walk**
- Für die korrekte Bestimmung der z-Koordinate ist es nötig, den Time Walk zu korrigieren



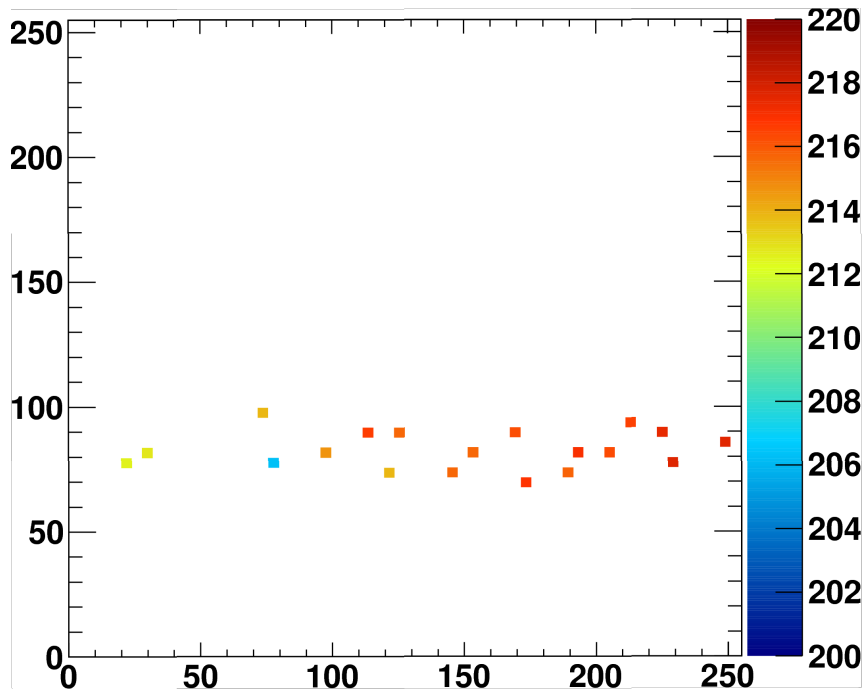
z-Position farbkodiert in Taktzyklen



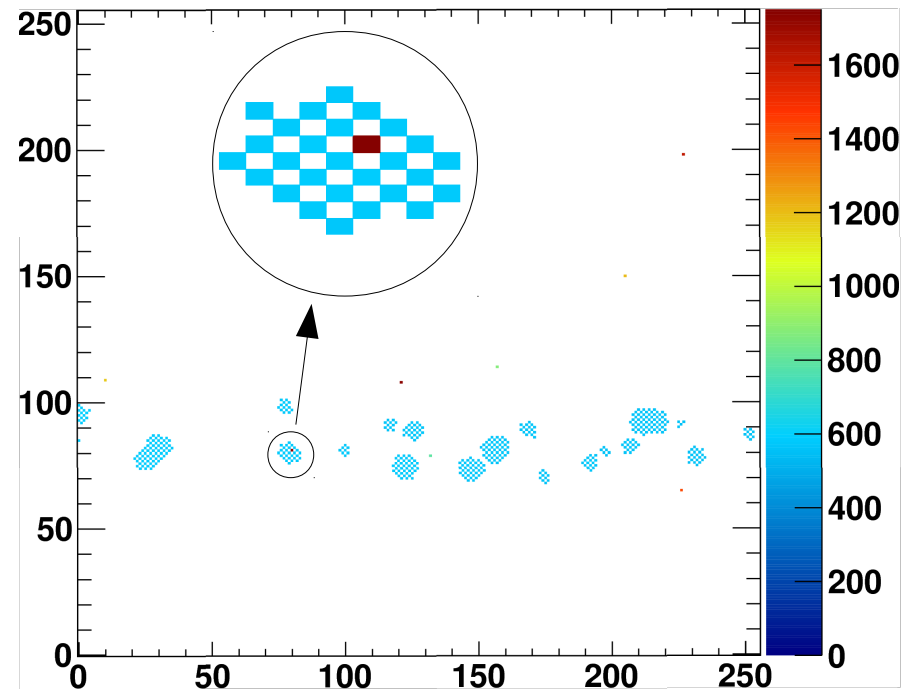
# Rekonstruktion – Z-Position



- Z-Position aus Mittelwert aller Pixel eines Clusters kann verfälscht werden durch Rauschtreffer



z-Position farbkodiert in mm

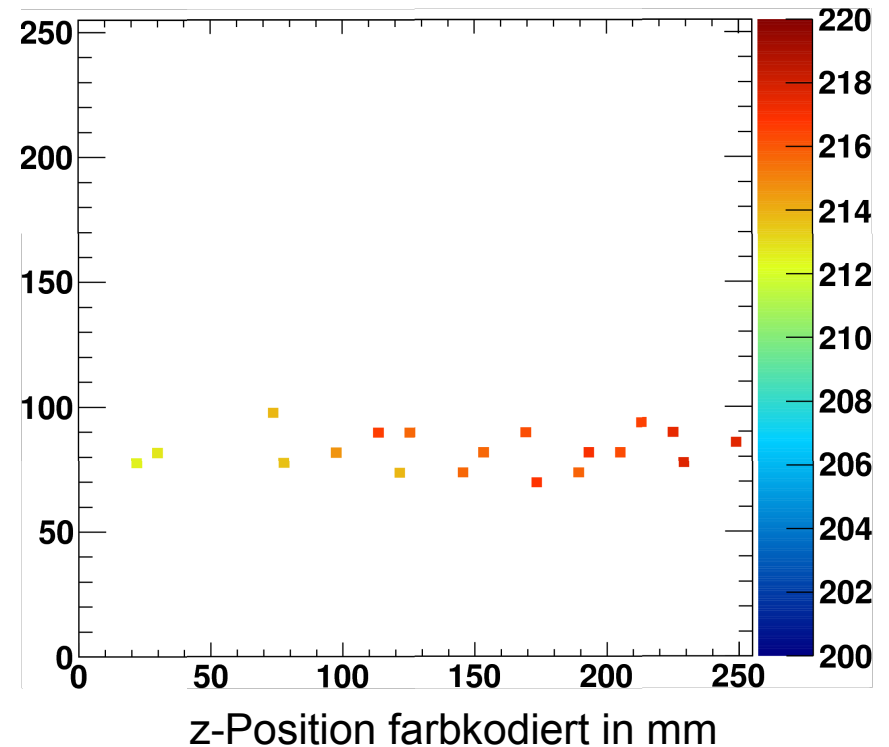
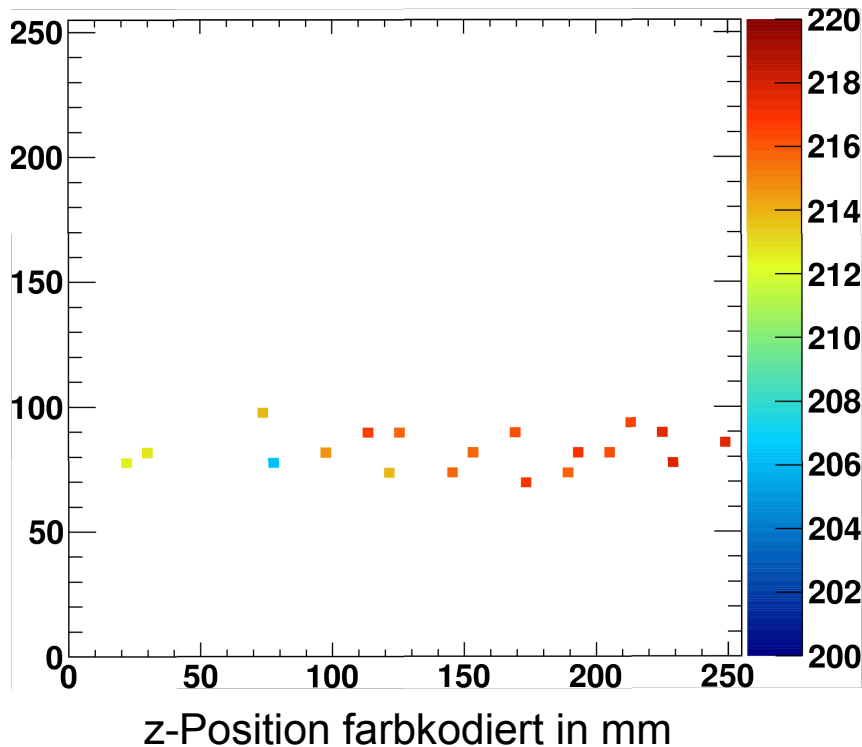


z-Position farbkodiert in Taktzyklen

# Rekonstruktion – z-Position



- Z-Position aus Mittelwert aller Pixel eines Clusters kann verfälscht werden durch Rauschtreffer



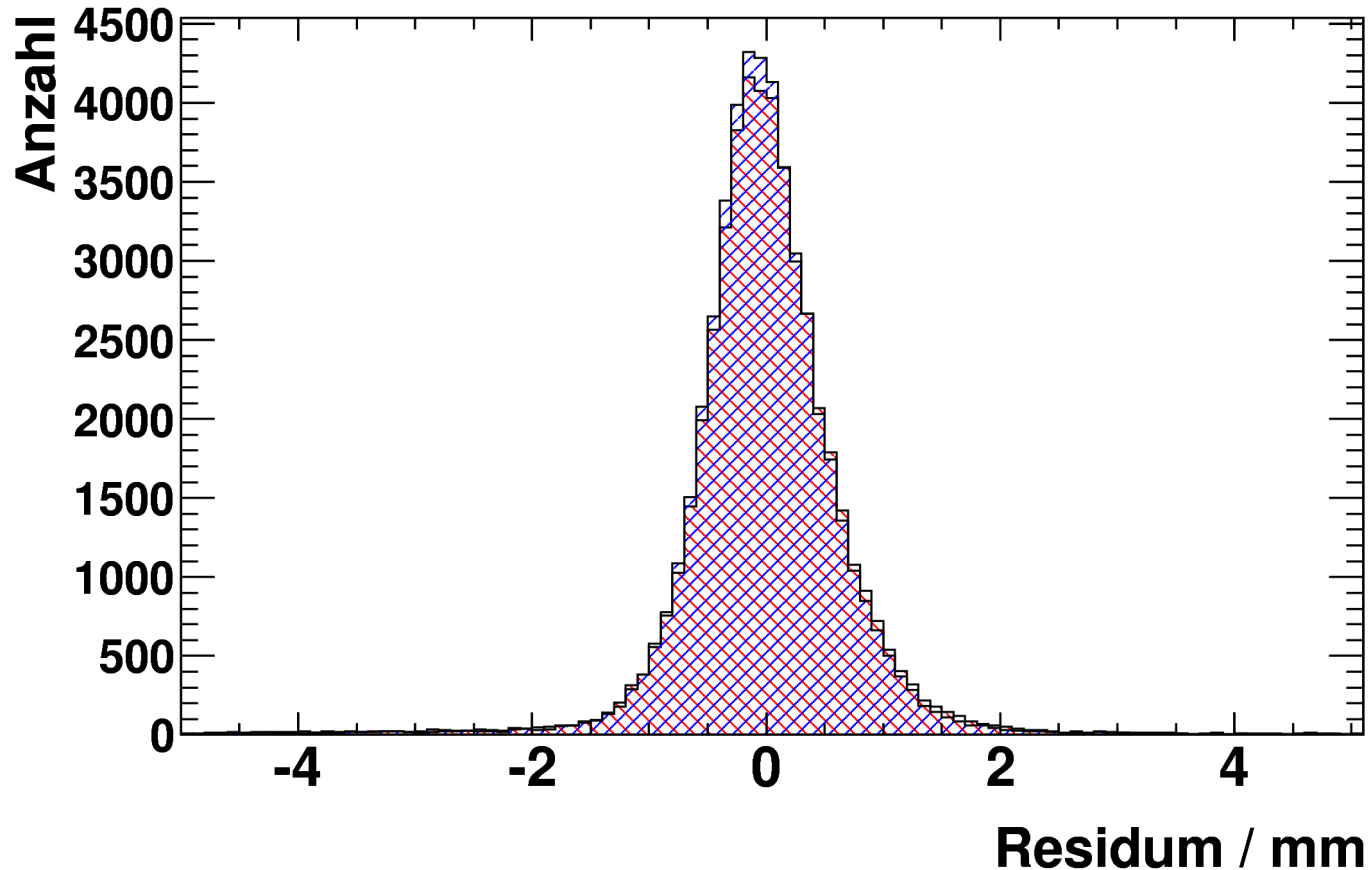
- Neuer Algorithmus erkennt und ignoriert solche Pixel

# Rekonstruktion – Z-Position



- Durch das Ignorieren der Rausch-Pixel wird der Spurfitt besser und die Verteilung der Z-Residuen schmaler

	Vor der Korrektur	RMS: 0,74mm
	Nach der Korrektur	RMS: 0,69mm



- Es wurden mit  $\text{Ar}/\text{CO}_2$  und  $\text{He}/\text{CO}_2$  Messungen durchgeführt
- Die Datenanalyse erfolgt mit dem MarlinTPC Paket
  - Analyse des  $\text{He}/\text{CO}_2$  Datensatzes wird derzeit durchgeführt
  - Analyse des  $\text{Ar}/\text{CO}_2$  Datensatzes folgt
  - Einige Verbesserungen in den Algorithmen wurden bereits ausgeführt, andere stehen noch aus
- Der Effekt der verspäteten Primären Elektronen muss noch genauer untersucht werden
- Die Kalibration liegt im Prinzip vor und wird zu einer verbesserten Rekonstruktion der z-Koordinate führen

GEFÖRDERT VOM

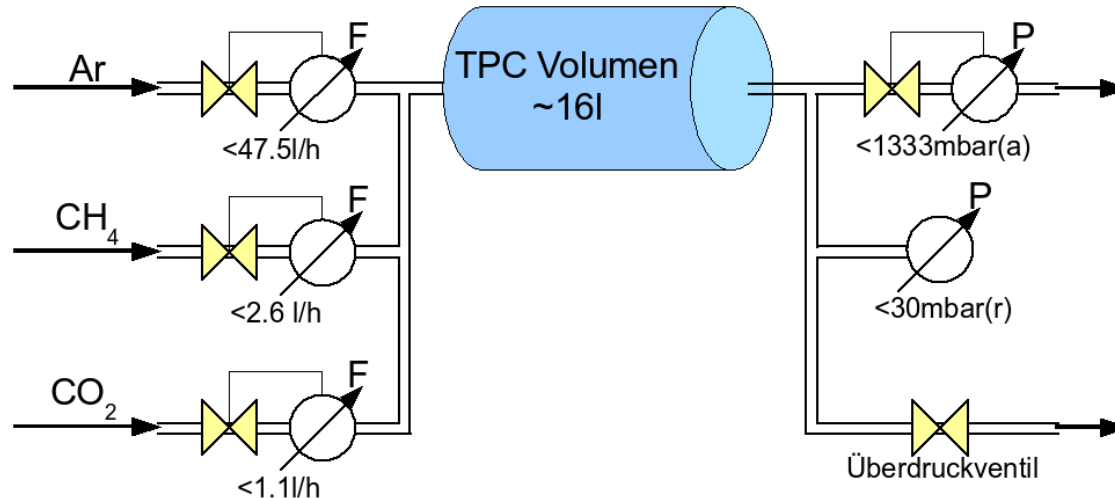


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

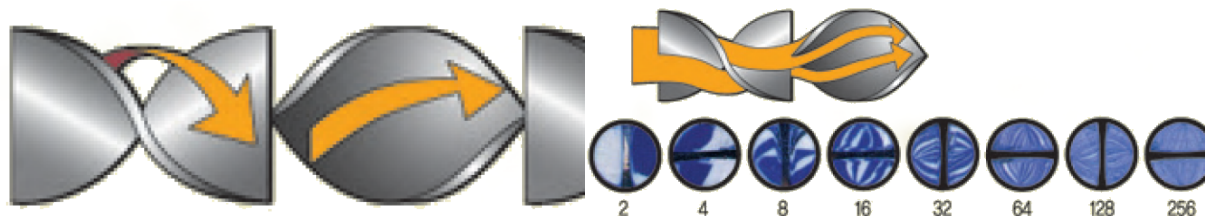
# Aufbau des Detektors



- Gassystem
  - Mischt mit Massenflussreglern bis zu 3 Gase dynamisch



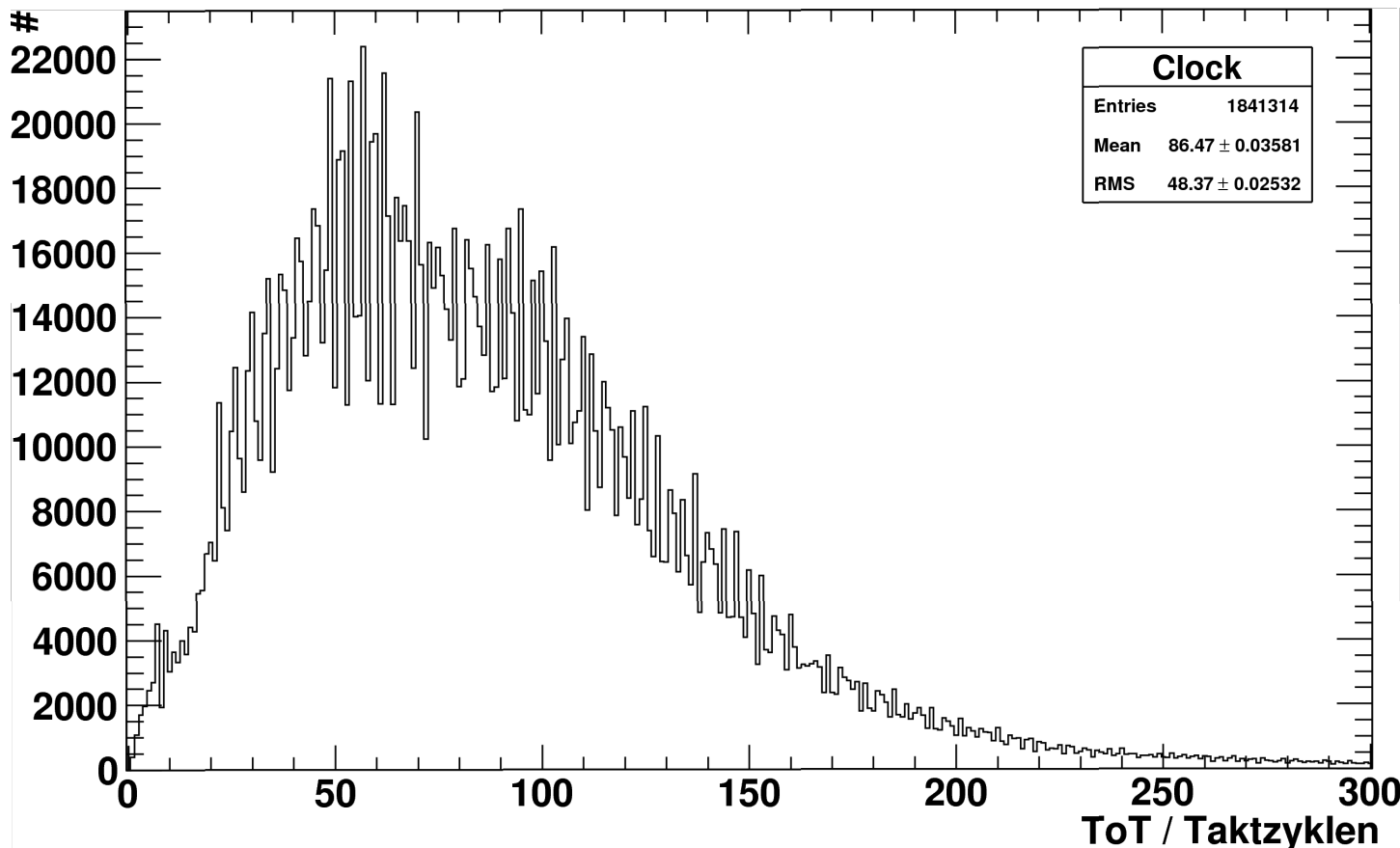
- <math>< 1\%</math> Fehler an den einzelnen Flüssen
- Mischkammer ohne bewegliche Teile



# TimePix Raw Data (ToT)



- ToT Spektrum zeigt keine groben Auffälligkeiten
- Schulter am linken Rand (geringe Ladung) wird durch Pixel am Clusterrand erzeugt
- Einzelne Zählerstände scheinen bevorzugt zu sein





# Kalibration - Ladung



- Ein Testpuls-Eingang erlaubt es den Timepix ASIC zu kalibrieren und gezählte ToT-Taktzyklen in Elektronen umzurechnen

