

# Rekonstruktion und Analyse von Teststrahl-Daten einer GEM-basierten Zeit-Projektions-Kammer mit Pixel-Auslese für den ILC

Simone Zimmermann  
LC TPC-Kollaboration

Universität Bonn

4. März 2008

DPG-Frühjahrstagung Freiburg 2008

GEFÖRDERT VOM



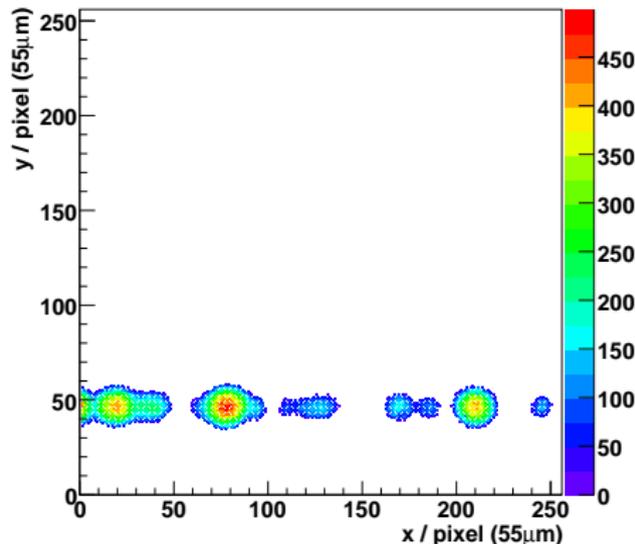
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

- Teststrahlendaten einer Prototypen-Zeitprojektionskammer
- Pixelauslese besteht aus einem TimePix
- Rekonstruktion unabhängig von Versuchsparametern
- Simulationsdaten ebenfalls möglich

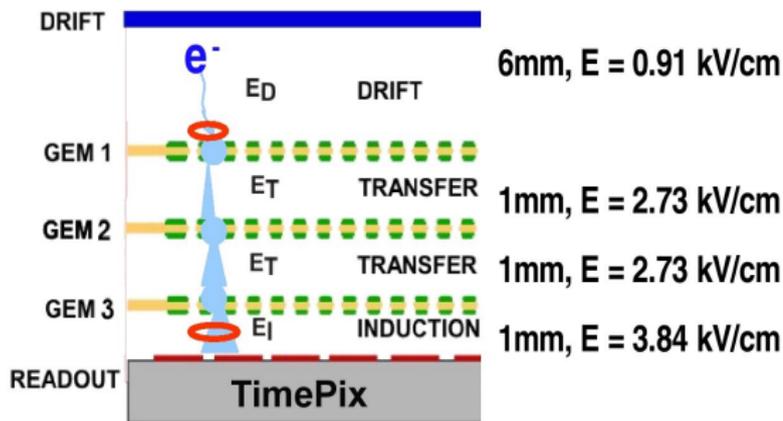
## Ziel der Rekonstruktion und Analyse:

- einzelne Cluster und ihre Schwerpunkte zu rekonstruieren,
- die Schwerpunkte Teilchenspuren zu zuordnen
- und die Punktauflösung zu bestimmen.

Ereignis mit Einzelspur



## Freiburg testbeam set-up



### Aufbau des zweiten TimePix Testbeam am DESY im Juni/Juli 2007

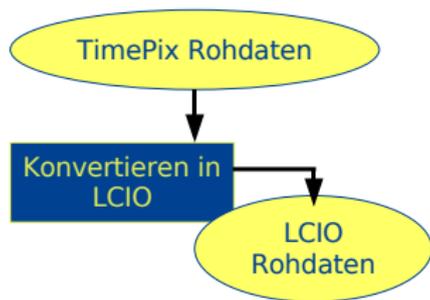
- Elektronen Energie zwischen 3 und 6 GeV
- 6mm Driftvolumen gefüllt mit ArCO<sub>2</sub>(70:30)
- GEM-Stapel aus 3 GEMs

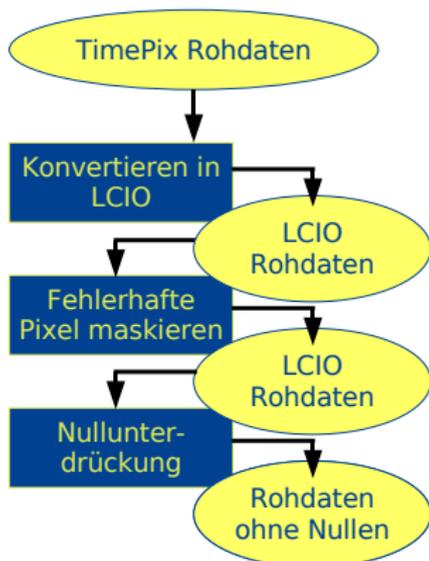


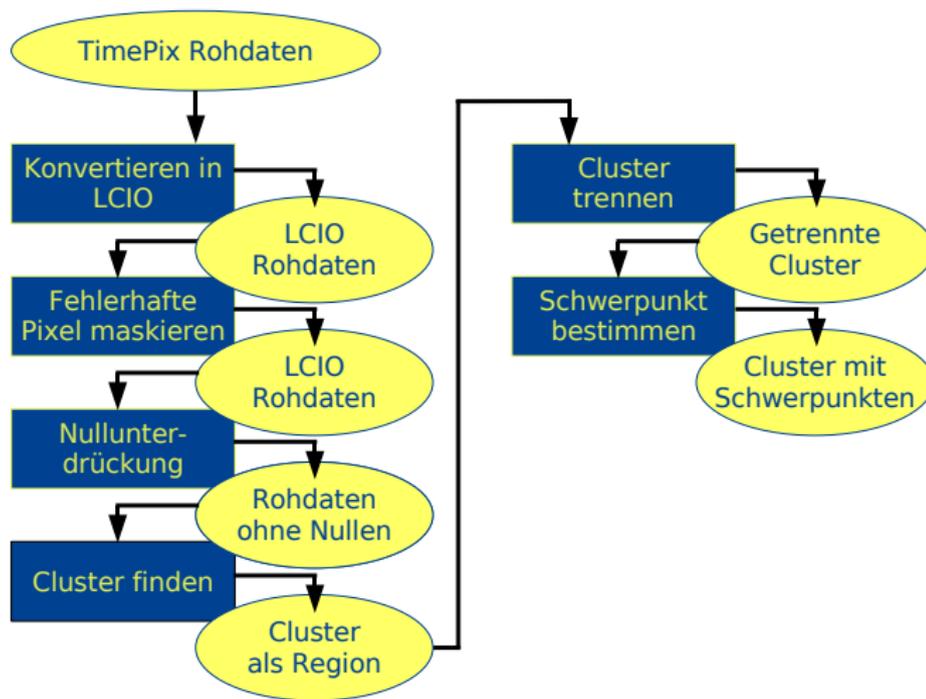
Marlin ist kurz für:

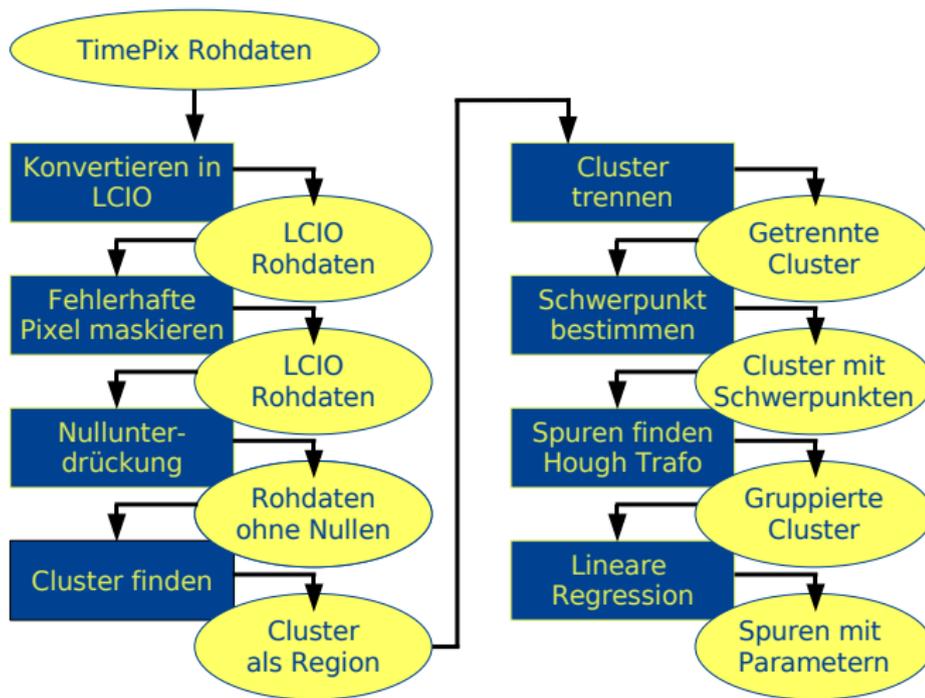
## **Modular Analysis & Reconstruction for the LINear Collider**

- ein Software-Paket für **Analyse**, **Rekonstruktion** und **Simulation** gleichermaßen
- Jeder Rechenschritt ist eigenständiger Prozessor
- Einheitliches Datenmodell (**LCIO**):  
**Linear Collider I/O**:  
definiert Datenklassen für Detektorstudien für den ILC
- Die Daten werden pro Ereignis bearbeitet, zusätzliche Daten werden dem Ereignis hinzugefügt
- Begleitdaten, z.B. Pixelstatus, zur Laufzeit verfügbar
- Parameter und Reihenfolge der Prozessoren in Steuerungsdatei übergeben
- **MarlinTPC**:  
Sammlung von Prozessoren für die Zeitprojektionskammer



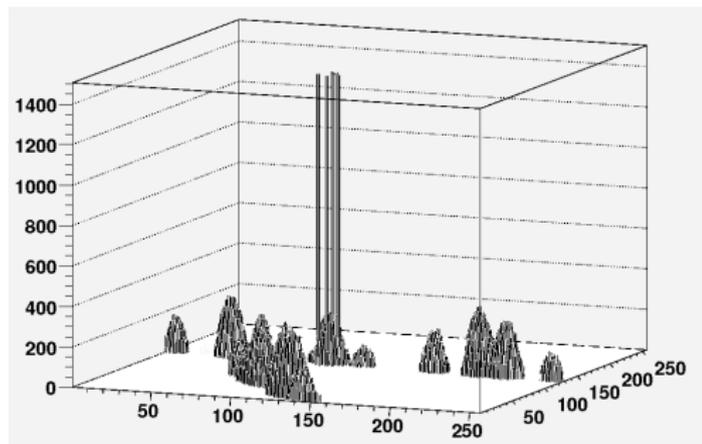






## Fehlerhafte Pixel maskieren:

- Offensichtlich fehlerhafte Pixel beobachtet
- Höchstwahrscheinlich Fehlfunktion der Hardware
- Behalte nur Information dass Pixel getroffen wurde



## Nullunterdrückung:

- Nur Pixel über einer Schwelle werden geschrieben
- Voreinstellung: Schwelle Null



## Cluster finden

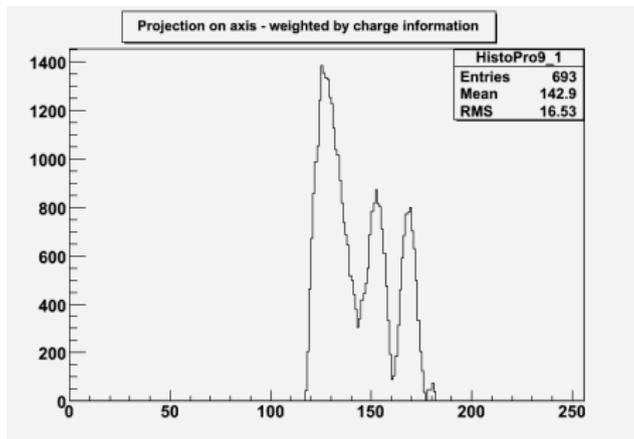
Räumlich benachbarte Pixel werden zu Clustern zusammen gefasst





## Cluster trennen

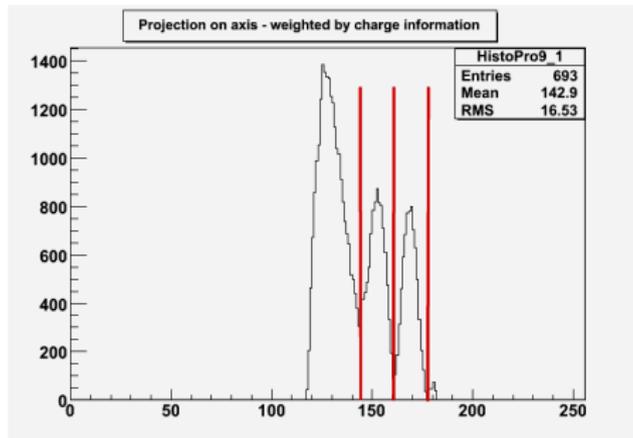
- Berechnung der Ausgleichsgerade durch alle Pixel eines Cluster
- Projektion der Pixel auf diese Achse
- Schnitt an lokalen Minima gefolgt von lokalen Maxima





## Cluster trennen

- Berechnung der Ausgleichsgerade durch alle Pixel eines Cluster
- Projektion der Pixel auf diese Achse
- Schnitt an lokalen Minima gefolgt von lokalen Maxima





## Cluster trennen

- Berechnung der Ausgleichsgerade durch alle Pixel eines Cluster
- Projektion der Pixel auf diese Achse
- Schnitt an lokalen Minima gefolgt von lokalen Maxima

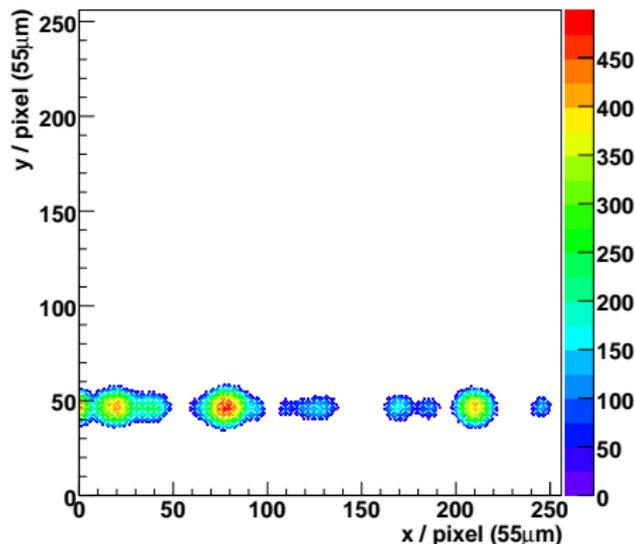


## Clusterschwerpunkte bestimmen

Bestimmung geometrischen Schwerpunkt der Cluster

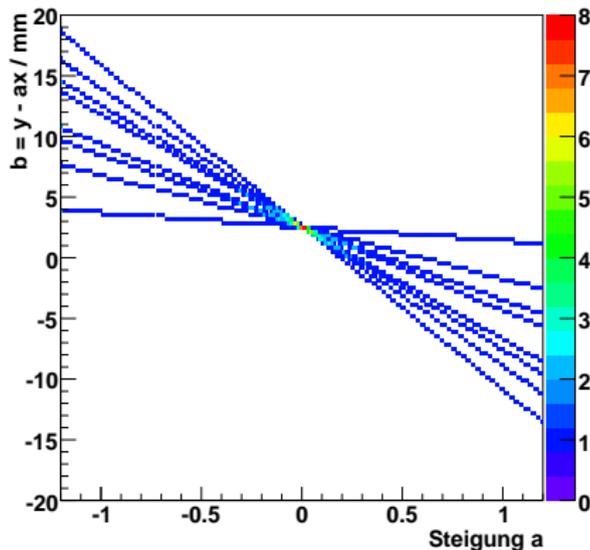
- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Ereignis mit Einzelspur



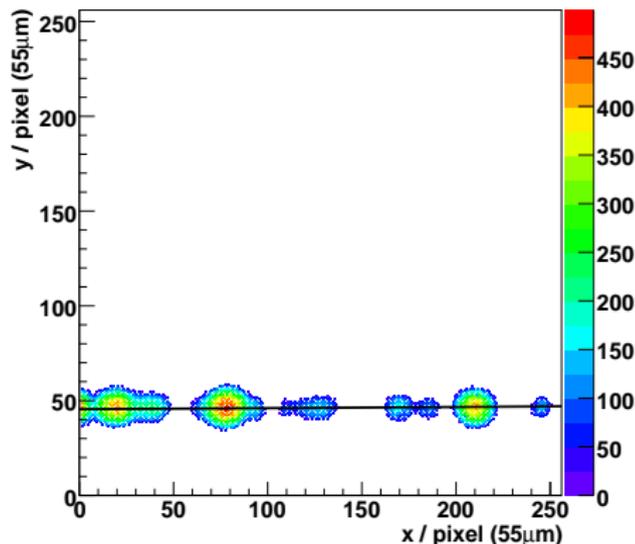
- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Hough Raum



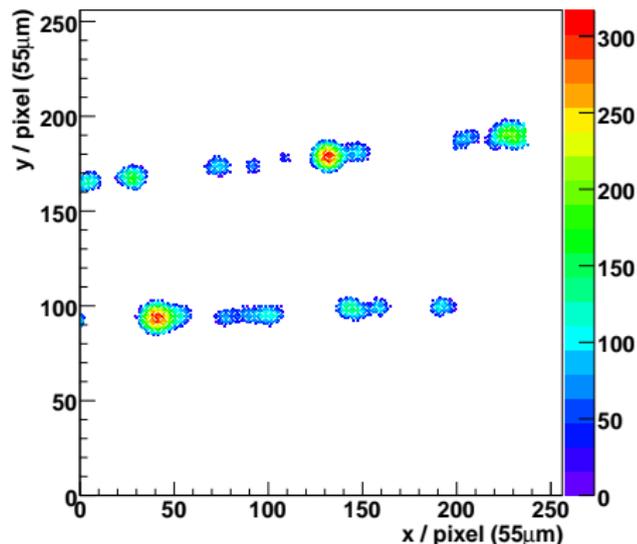
- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Ereignis mit Einzelspur



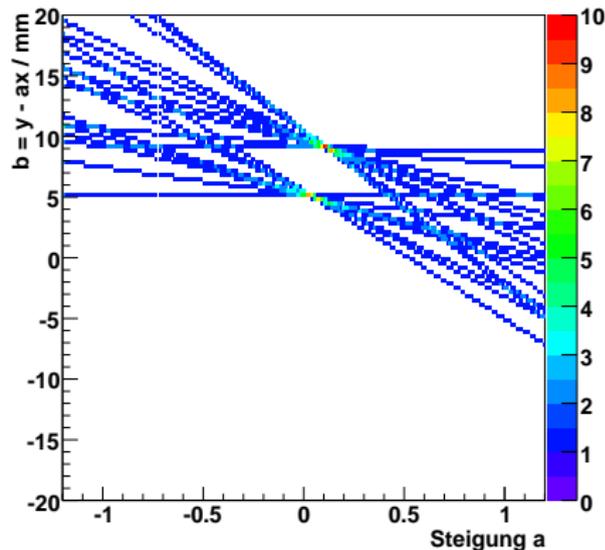
- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Ereignis mit Doppelspur

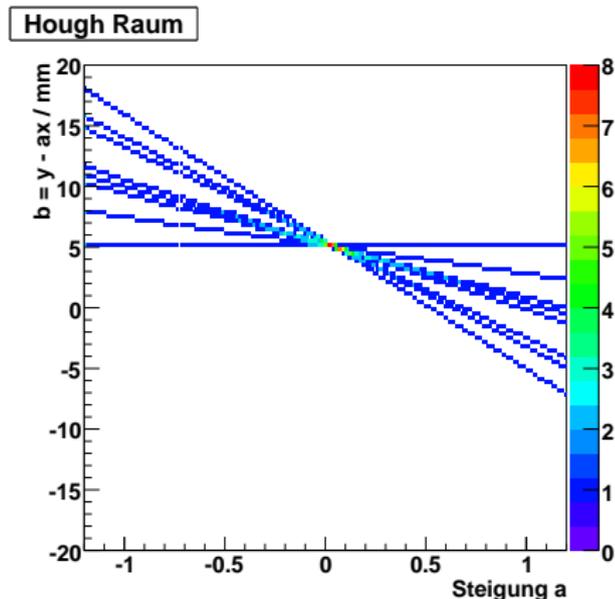


- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Hough Raum

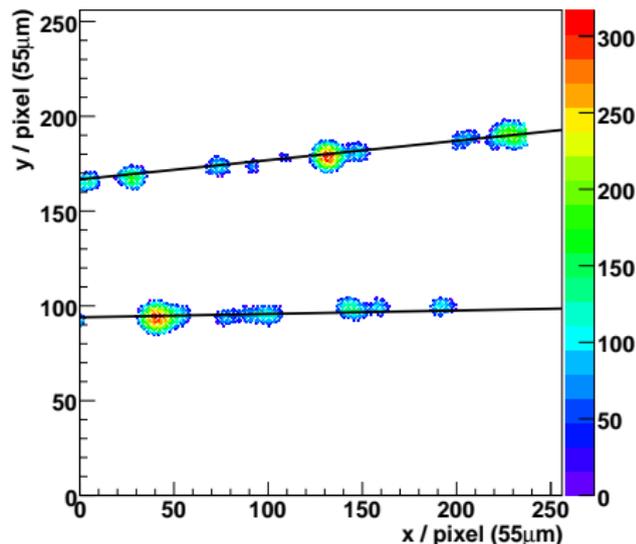


- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima



- Lineare Spur  $y = a \cdot x + b$
- Parameterraum:  $b = y - a \cdot x$
- Für einige  $a$ -Werte  $\in (-1,1)$  trage  $b$  für alle Schwerpunkte in ein Histogramm
- Jeder Schwerpunkt entspricht einer Gerade im Hough-Raum
- Maximum bei  $(a,b)$ -Wert der die Spur am besten beschreibt
- Wiederholung für vertauschte Achsen um gesamten Raum abzudecken
- Nur Spuren ab fünf Clustern
- mehrere Spuren ergeben mehrere Maxima

Ereignis mit Doppelspur

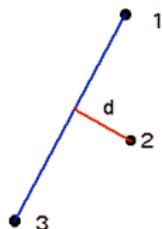


## Lineare Regression

- Bestimmt Spurparameter neu durch lineare Regression

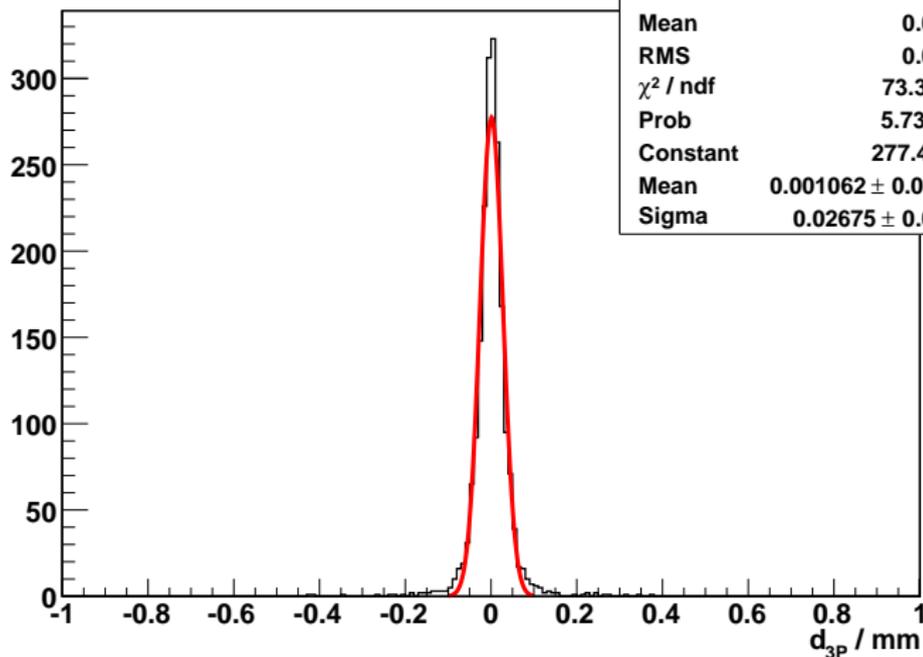
## Analyse:

### Drei-Punkt-Auflösung



- Fülle d in Histogramm für alle benachbarten Spurpunkte
- Gaußverteilung
- Auflösung  $\sigma_{3P} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \sigma_{Gau\beta}$
- Formel gilt exakt nur für äquidistante Punkte

## Drei-Punkt-Auflösung



$$\text{Gau\ss: } y \propto e^{\left(\frac{\text{Mean} - d_{3P}}{\text{Sigma}}\right)^2}$$

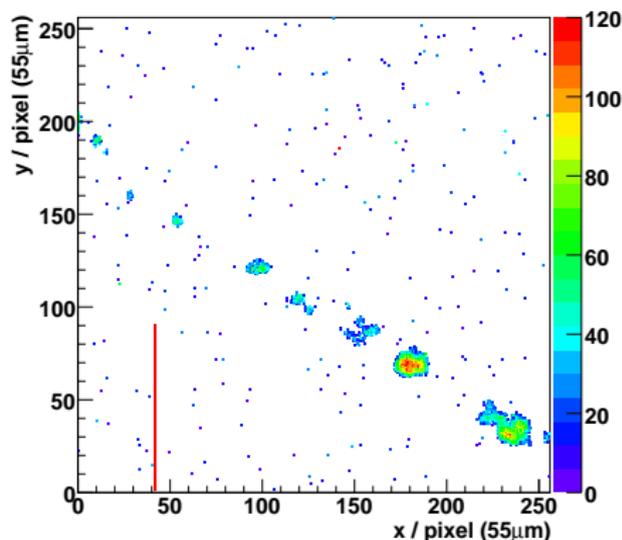
## Zusammenfassung

- Rekonstruktionkette für TimePix-Daten weitgehend fertiggestellt
- Erster Analyseprozessor

## Ausblick

- weitere Analyse der TimePix-Daten aus Freiburg
- Analyse der TimePix-Daten aus Bonn

Rekonstruierte Spur aus Bonner TPC



- a chip of 256x256 single pixels of  $55\mu\text{m} \times 55\mu\text{m}$   
⇒ chip dimensions 1.408cm x 1.408cm
- each pixel can be set individually to one of the modes:
  - **MEDIPIX:**  
Hit counting  
Gives measure for **number of hits**
  - **TOT-Mode:**  
"Time Over Threshold"  
Gives measure for **accumulated charge**
  - **TimePix-1Hit:**  
**Boolean information** about hit
  - **TIME-Mode:**  
Time from hit to end of shutter  
Gives measure for **drift time**

