

# Das (s)T3B Experiment

Die Zeitauflösung hadronischer Schauer  
in hochgranularen Kalorimetern mit Wolfram oder Stahl Absorber

Tungsten Timing



TestBeam



~~Tungsten Timing~~  
<sup>s</sup>Steel



TestBeam

DPG Frühjahrstagung – 28. Februar 2011



Max-Planck-Institut für Physik  
(Werner-Heisenberg-Institut)

C. Soldner, F. Simon, L. Weuste  
Max-Planck-Institut für Physik





# Überblick



- Einführung
- Das T3B Setup (Tungsten Timing Test Beam)
- Methoden zur Datenanalyse
- Timing Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



# EINFÜHRUNG



# Einführung: ILC, CLIC

## Planung eines Linearbeschleunigers für Präzisionsstudien neuer Physik:

**2 Konzepte:** International Linear Collider (ILC) <-> Compact Linear Collider (CLIC)

500 GeV

3TeV

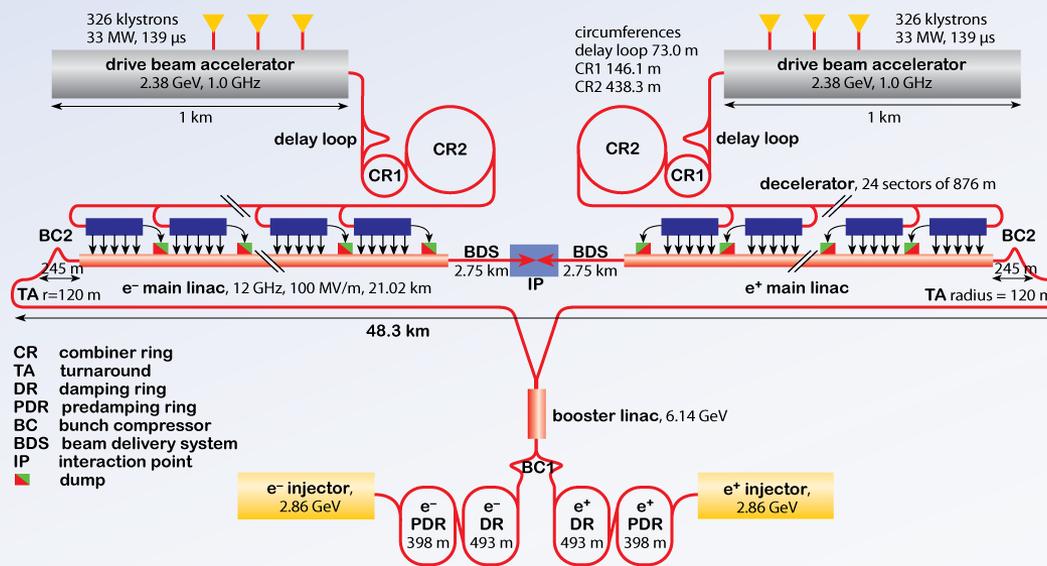
fortgeschrittenes Planungsstadium

in Konzeptionsphase

→ Letztendlich entscheidet LHC

→ Hier thematisiert: Anforderungen an ein Kalorimeter für CLIC

CLIC  
Layout



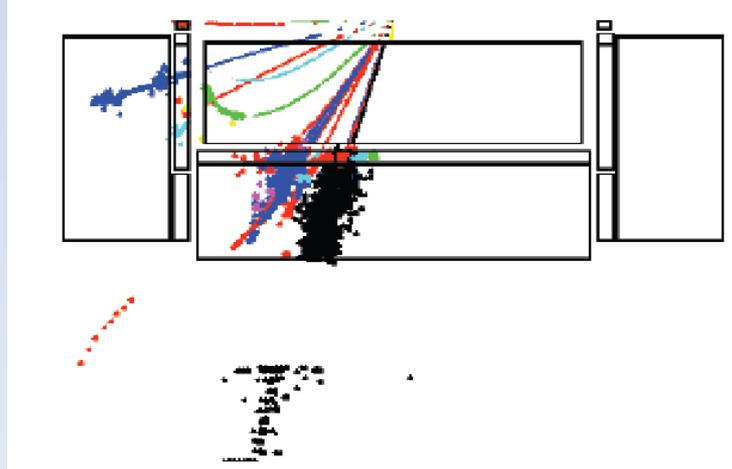


# Die Anforderungen an ein CLIC Kalorimeter



## Besonderheit bei CLIC:

- Kollisionsenergie 3TeV
- Zeitlicher Bunch Abstand: **0.5ns**
- # BX/Bunch Train: **312 (in 156ns)**



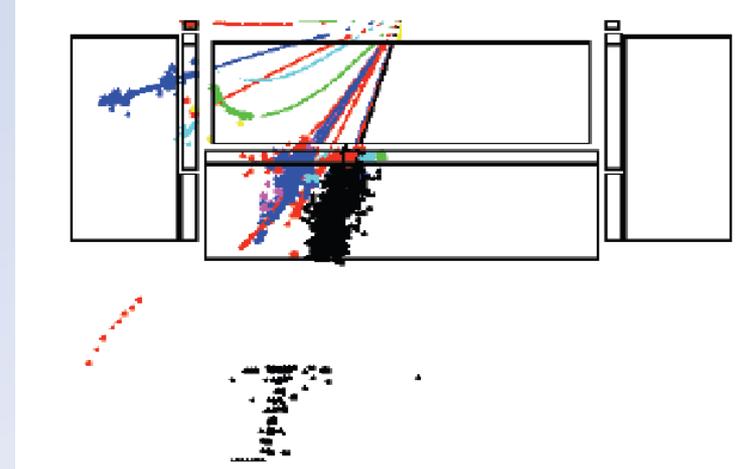


# Die Anforderungen an ein CLIC Kalorimeter



## Besonderheit bei CLIC:

- Kollisionsenergie 3TeV
- Zeitlicher Bunch Abstand: **0.5ns**
- # BX/Bunch Train: **312 (in 156ns)**



## Herausforderungen:

- Hoher Untergrund durch  $\mathcal{N} \rightarrow$  Hadronen  
~ 9 Hadronen / Bunch Crossing in Barrel Region
- Vollständige Vermessung hochenergetischer Jets
- Erfüllung räumlicher Beschränkungen (Magnet)

Untergrundunterdrückung nötig  
→ Versee Ereignisse mit  
Zeitstempel (auch im CAL)

Sehr dichtes HCAL nötig  
→ Wolfram als Absorber  
(statt Stahl)



Potentielle Probleme durch die Eigenschaften von Wolfram



# Ziele des T3B Experiments



Mit welcher zeitlichen Präzision können Teilchenschauer markiert werden?

## Faktoren:

- Was kann die Detektortechnologie leisten?
- Teilchenschauer sind nicht instantan



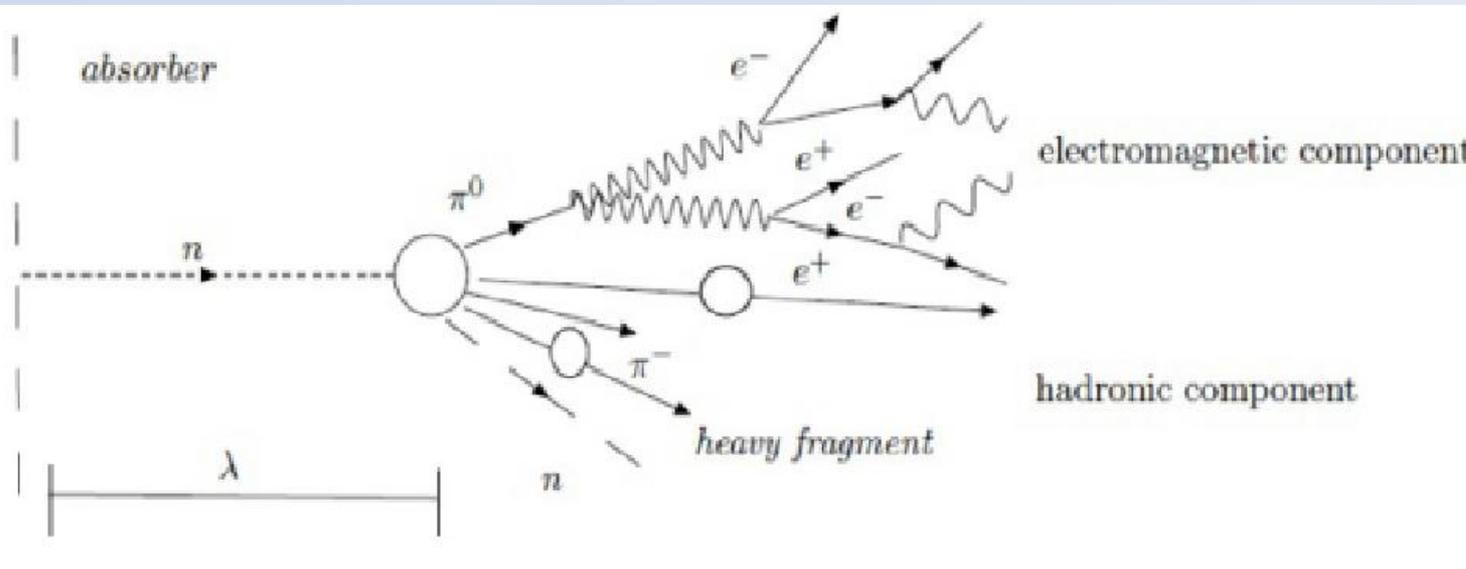
# Ziele des T3B Experiments



Mit welcher zeitlichen Präzision können Teilchenschauer markiert werden?

## Faktoren:

- Was kann die Detektortechnologie leisten?
- Teilchenschauer sind nicht instantan



**Verspätete Komponente:**  
Photonen,  
Neutronen,  
Protonen von  
angeregten Kernen

- Einfluss der verspäteten Komponente abhängig vom Nukleus des Absorbermaterials  
→ Höherer Einfluss bei Wolfram erwartet (schwererer Kern, unabgeschlossene Schalen...)



# Ziele des T3B Experiments



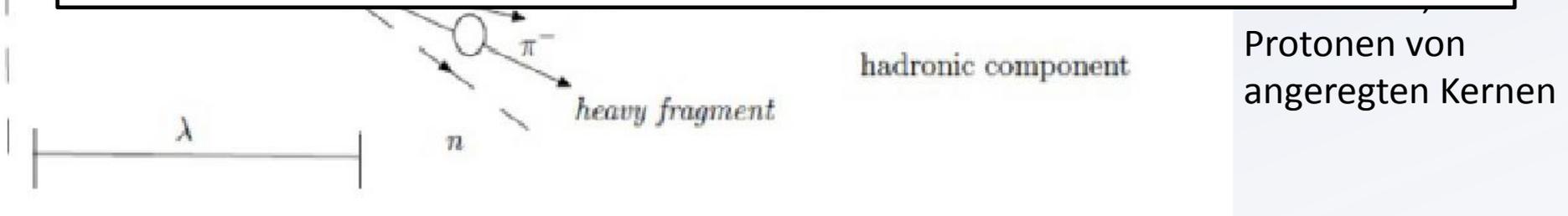
Mit welcher zeitlichen Präzision können Teilchenschauer markiert werden?

## Faktoren:

- Was kann die Detektortechnologie leisten?
- Teilchenschauer sind nicht instantan

## Ziele des T3B Experiments:

- Untersuchung der zeitlichen Struktur hadronischer Schauer im HCAL
- Performance Studien für CLIC Detektor werden mit GEANT4 durchgeführt  
→ Ist die standardmäßig verwendete Physikliste die Richtige?



- Einfluss der verspäteten Komponente abhängig vom Nukleus des Absorbermaterials
- Höherer Einfluss bei Wolfram erwartet (schwererer Kern, unabgeschlossene Schalen...)



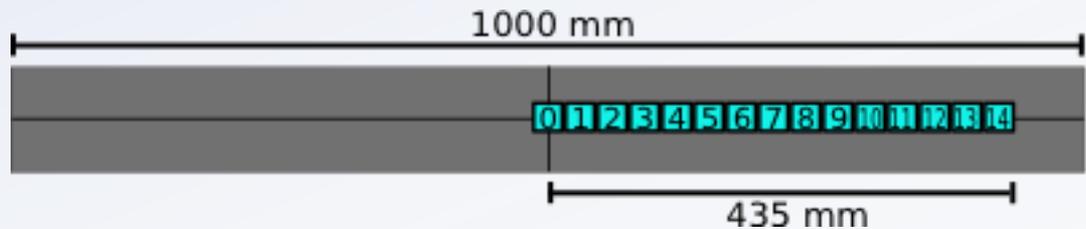
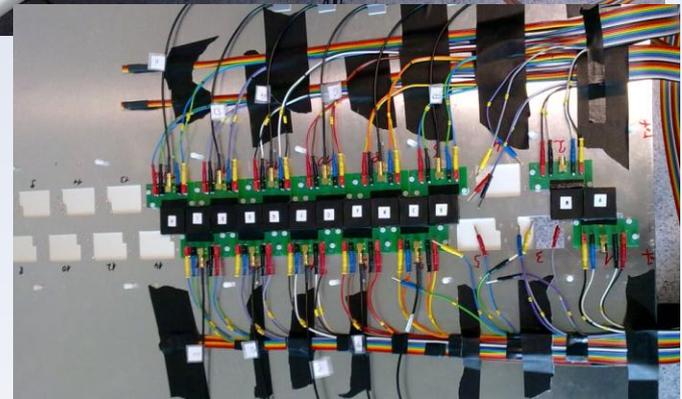
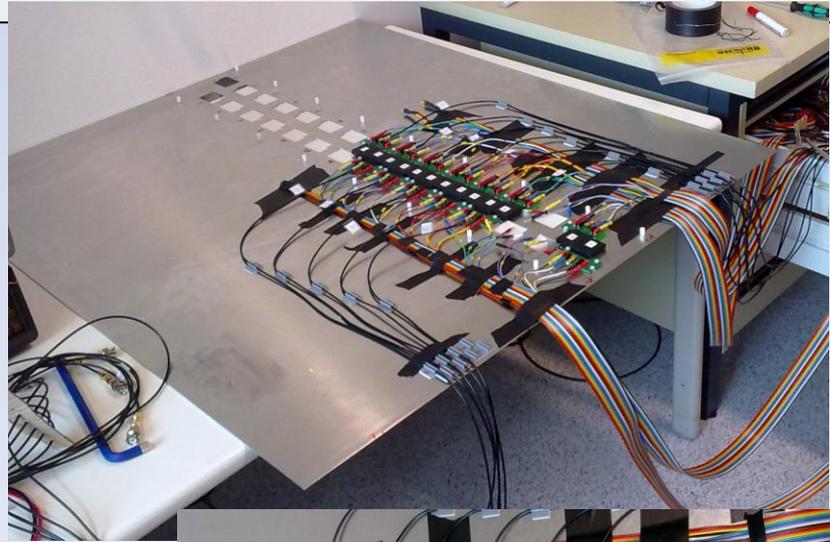
# DAS T3B SETUP (TUNGSTEN TIMING TEST BEAM)



# Der Test Beam Setup von T3B



- Eine Lage mit 15 Szintillatorkacheln
- Kacheldim  $3 \times 3 \times 0.5 \text{ cm}^3$  (wie CALICE)
- SiPM: Hamamatsu MPPC-50C
- Datennahme: 4 x PicoScope 6403
  - Schnelle Digitizer (1.25GSa/s auf 4CH)
  - Speichertiefe von 1GSa
  - Hohe Rate der Datennahme (bis zu 1MHz)

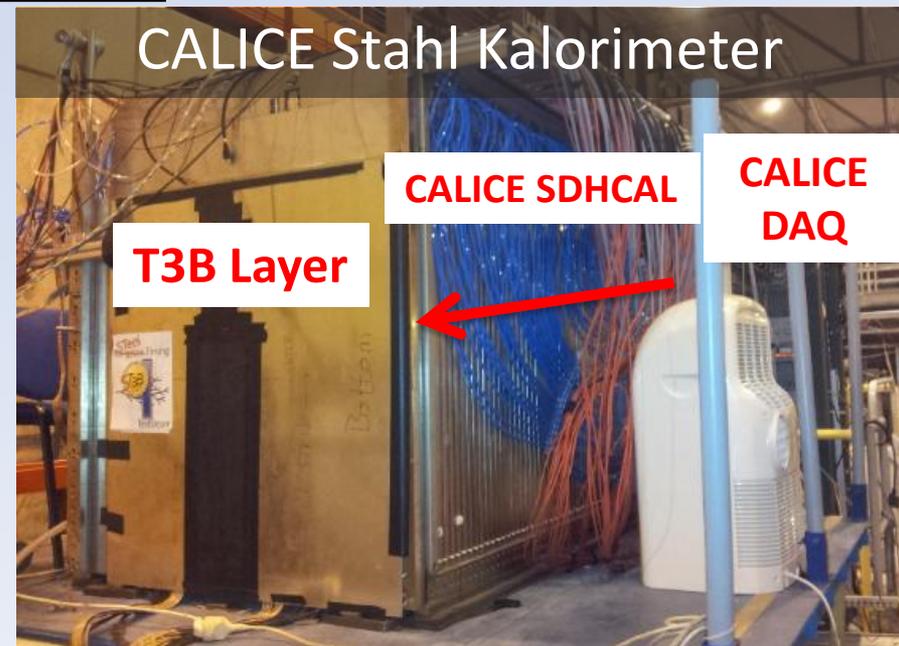
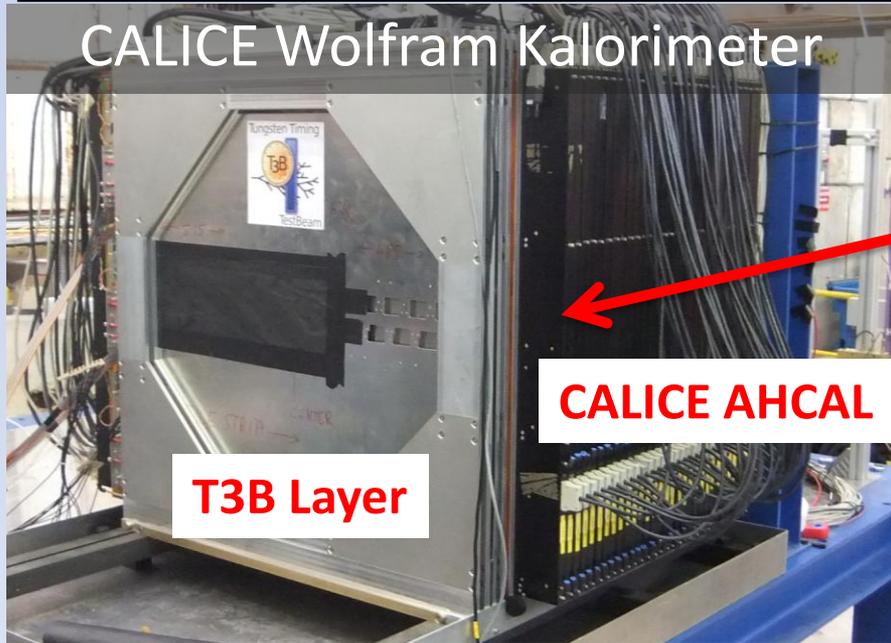




# Das T3B Experiment und CALICE



Die T3B Lage wird positioniert hinter dem:



T3B war Teil des Calice Testbeamprogramms:

- PS: Nov 2010
- SPS: Juni, Juli, Sept 2011
- Energiebereich: 2-300GeV
- Aufgezeichnete Ereignisse: 27 mio

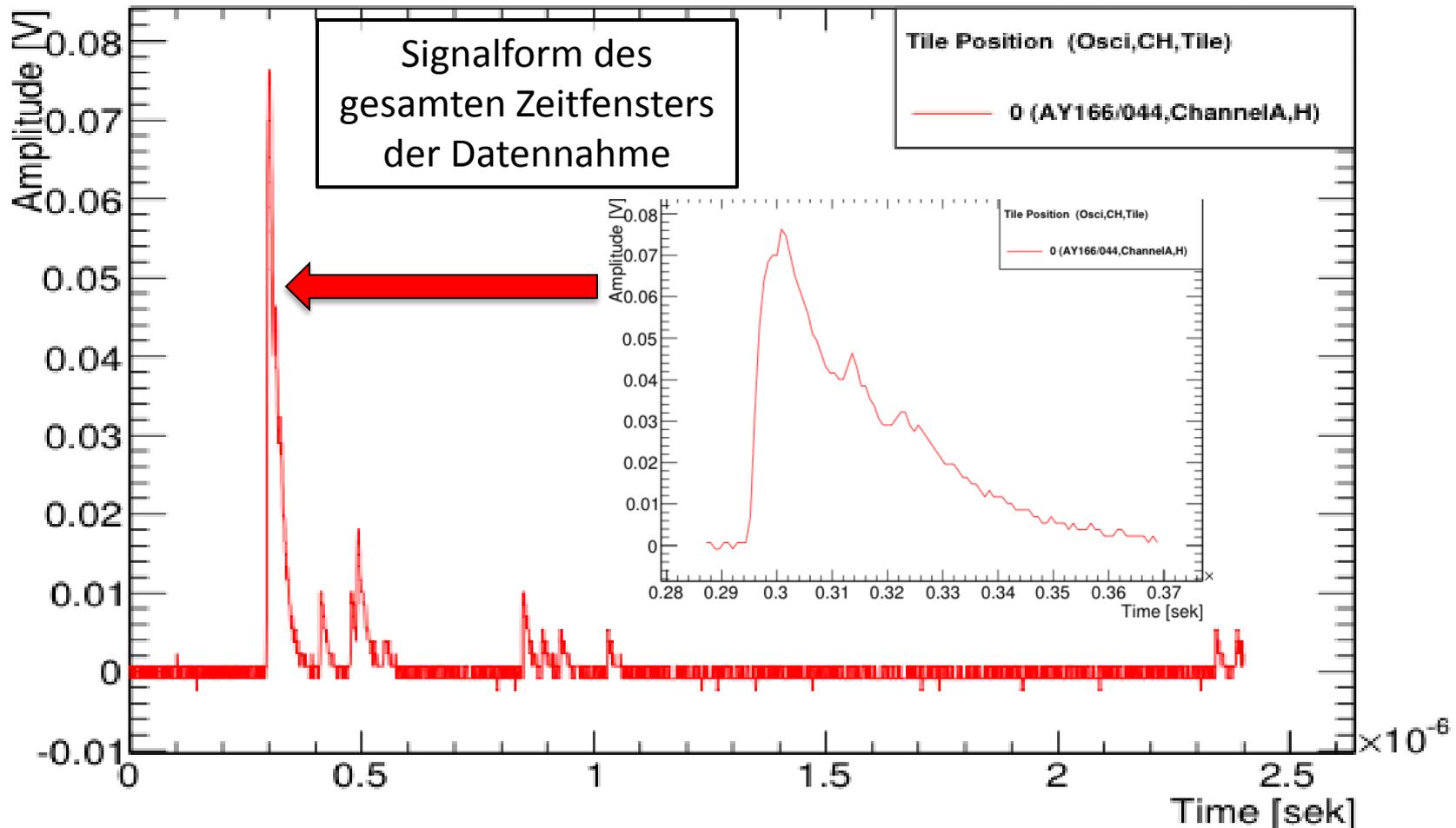
- SPS: Oktober 2011
- Energiebereich: 60-180GeV
- Aufgezeichnete Ereignisse: 5 mio



# METHODEN ZUR DATENANALYSE



# Methoden zur Datenanalyse



Signalform eines typischen T3B-Ereignisses auf einem Kanal:

- Charakteristika:
- Hohe primäre Energiedeposition
  - gefolgt von späten Signalen



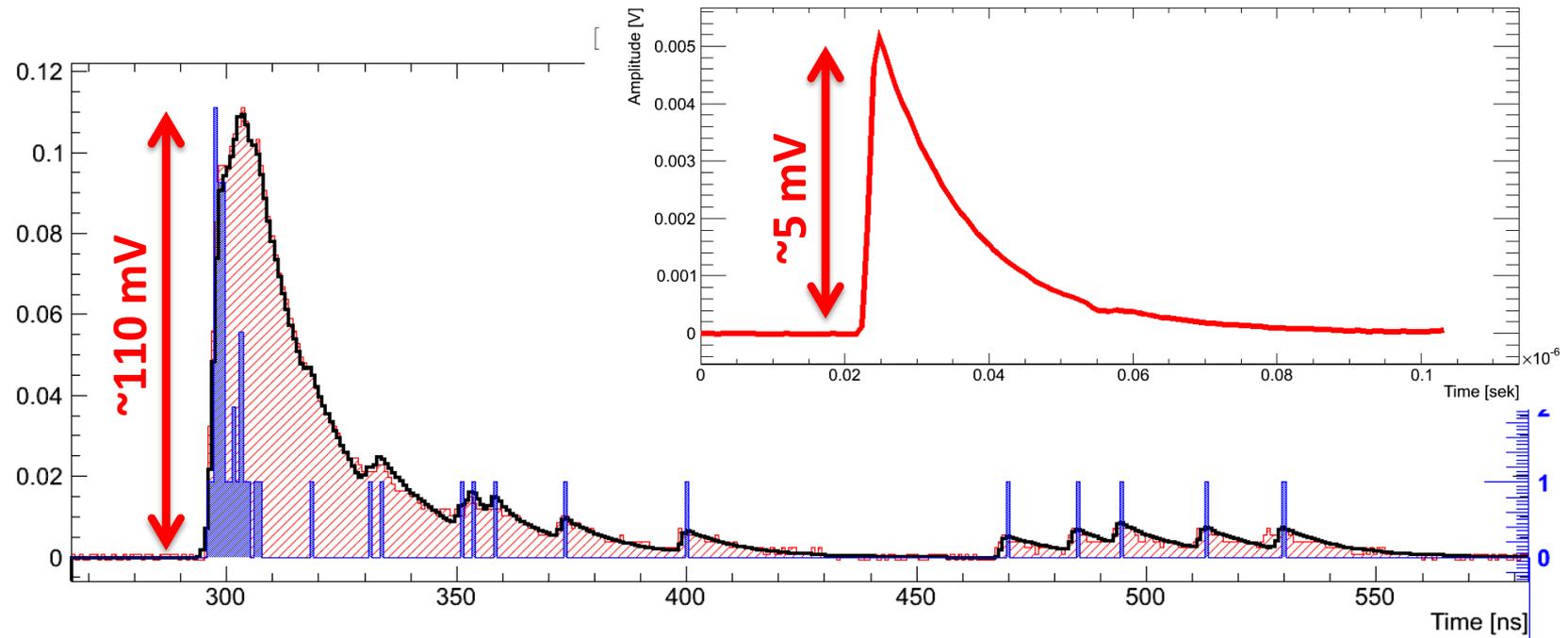
# Zerlegung der Waveforms



Kenntnis der mittleren typischen Signalform eines gefeuerten SiPM pixels

→ Iterative Subtraktion dieses Templates vom globalen Maximum der Waveform

→ Zerlegung der Waveforms in seine 1 pixel Komponenten



→ Präzise Angabe der Ankunftszeiten der Photonen auf dem Photosensor möglich

→ Die Analyse wird im Folgenden auf dem 1p.e. Hit Histogramm ausgeführt



**TIMING ERGEBNISSE:**  
**ZEITLICHES VERHALTEN HADRONISCHER**  
**ENERGIEDEPOSITIONEN**

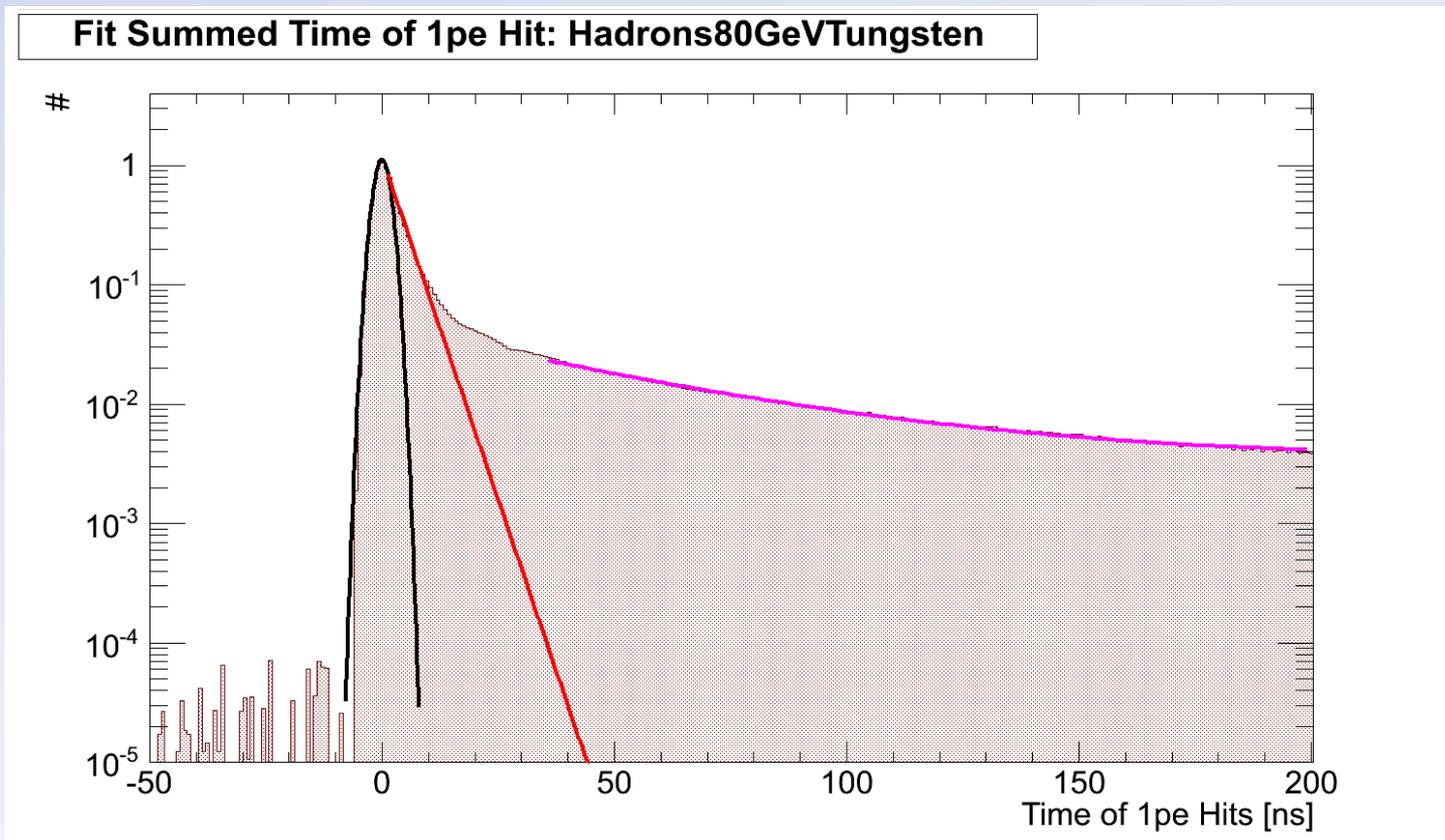


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm



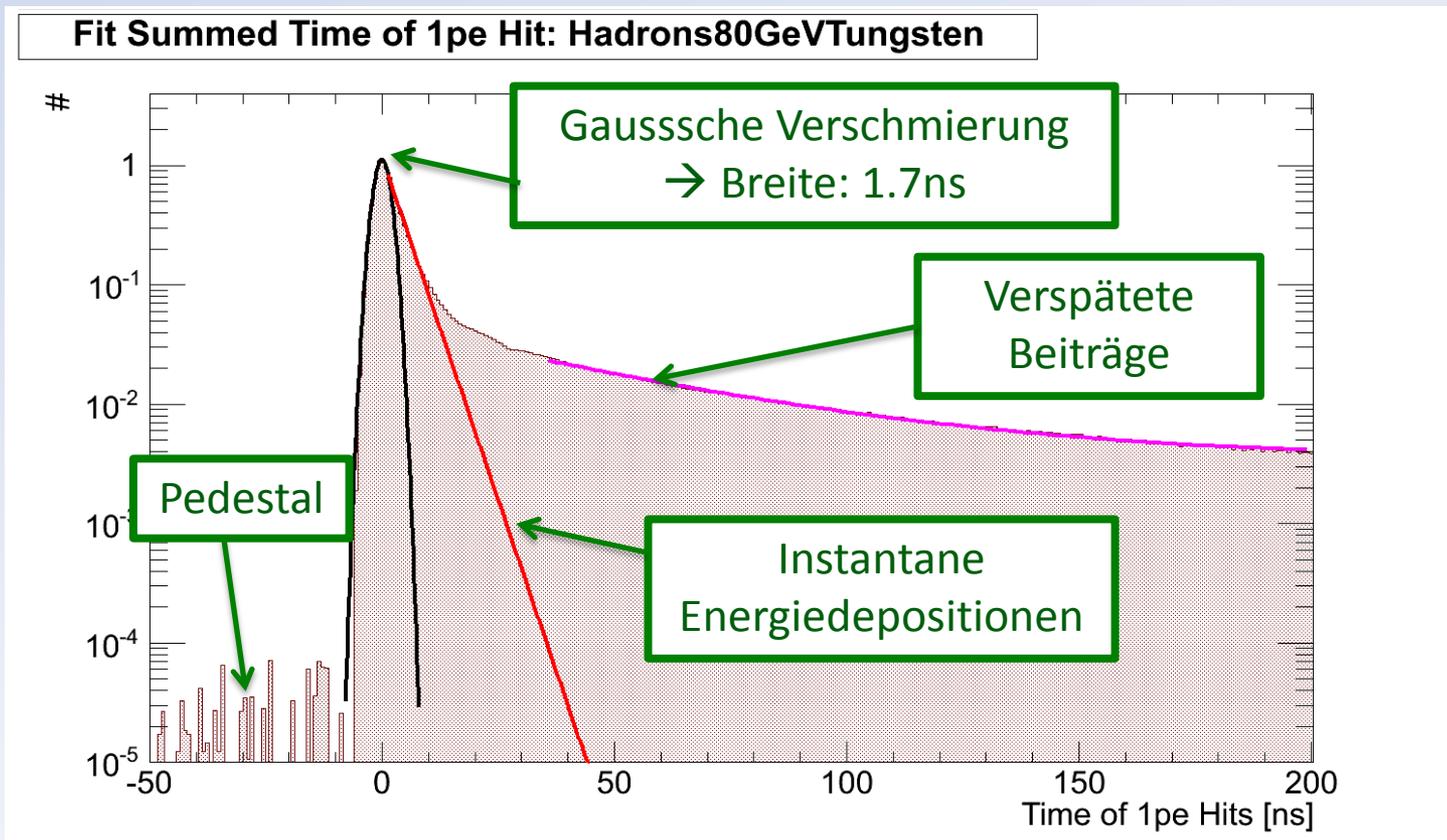


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm



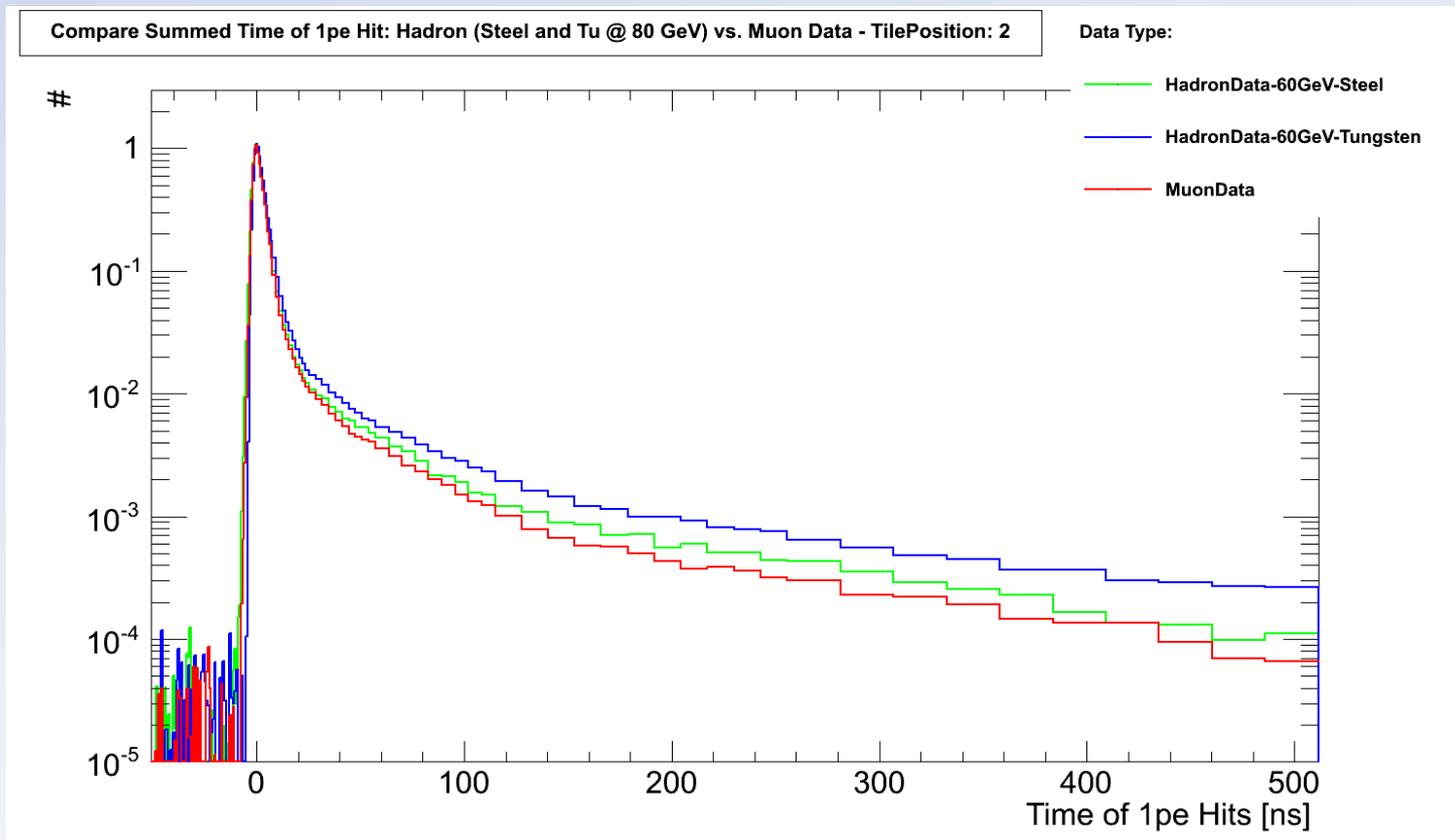


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm
- Wende verschieden Kalibrationsalgorithmen an: Pedestal Subtraction, Afterpulsing Korrektur...
- Vergleiche das Ergebnis für Daten mit Stahl, Wolfram Absorber und Myon Daten bei 60GeV



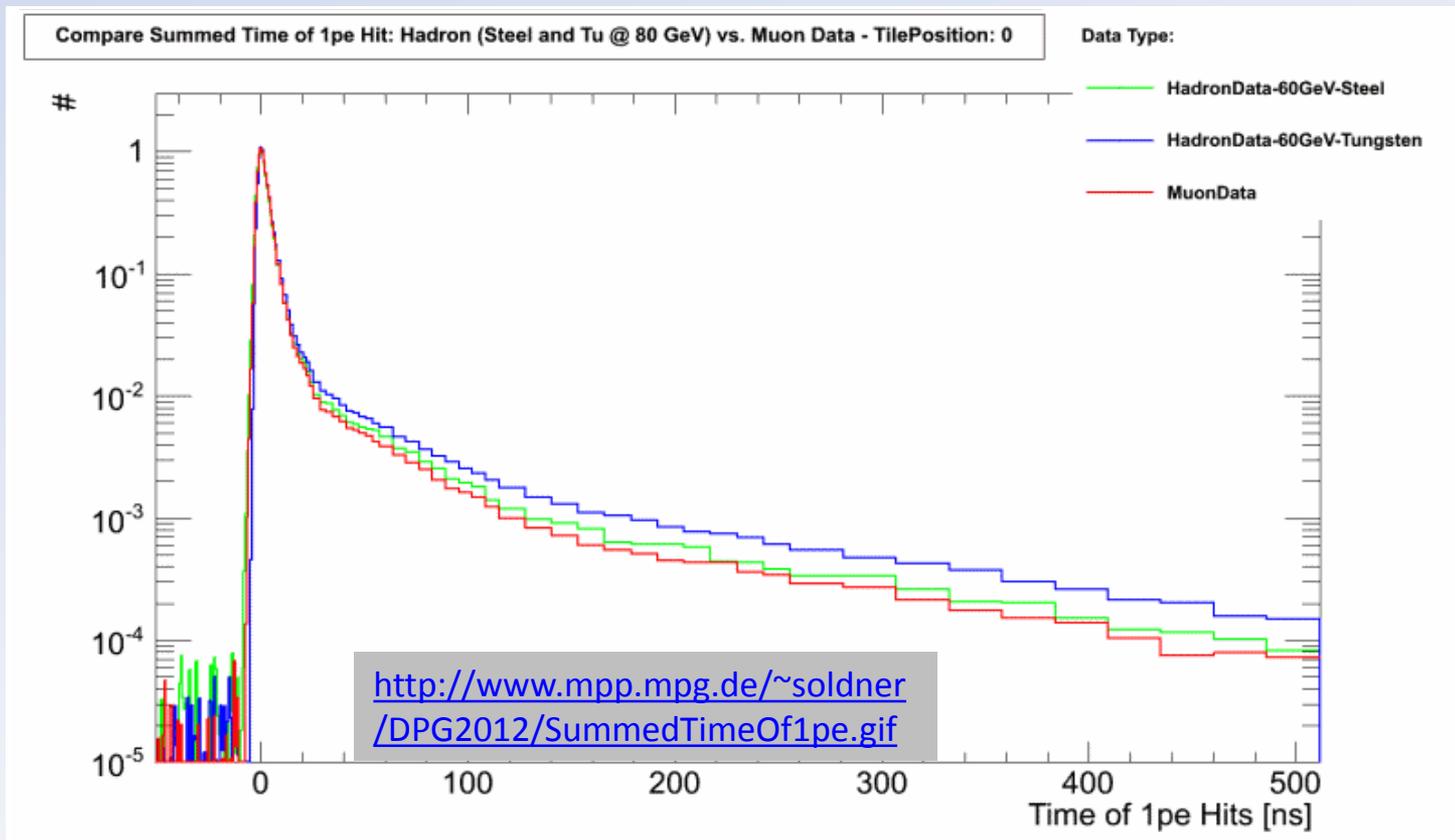


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm
- Wende verschieden Kalibrationsalgorithmen an: Pedestal Subtraction, Afterpulsing Korrektur...
- Vergleiche das Ergebnis für Daten mit Stahl, Wolfram Absorber und Myon Daten bei 60GeV
- Untersuche zeitliche Entwicklung vom Schauerzentrum zum Rand des Kalorimeters



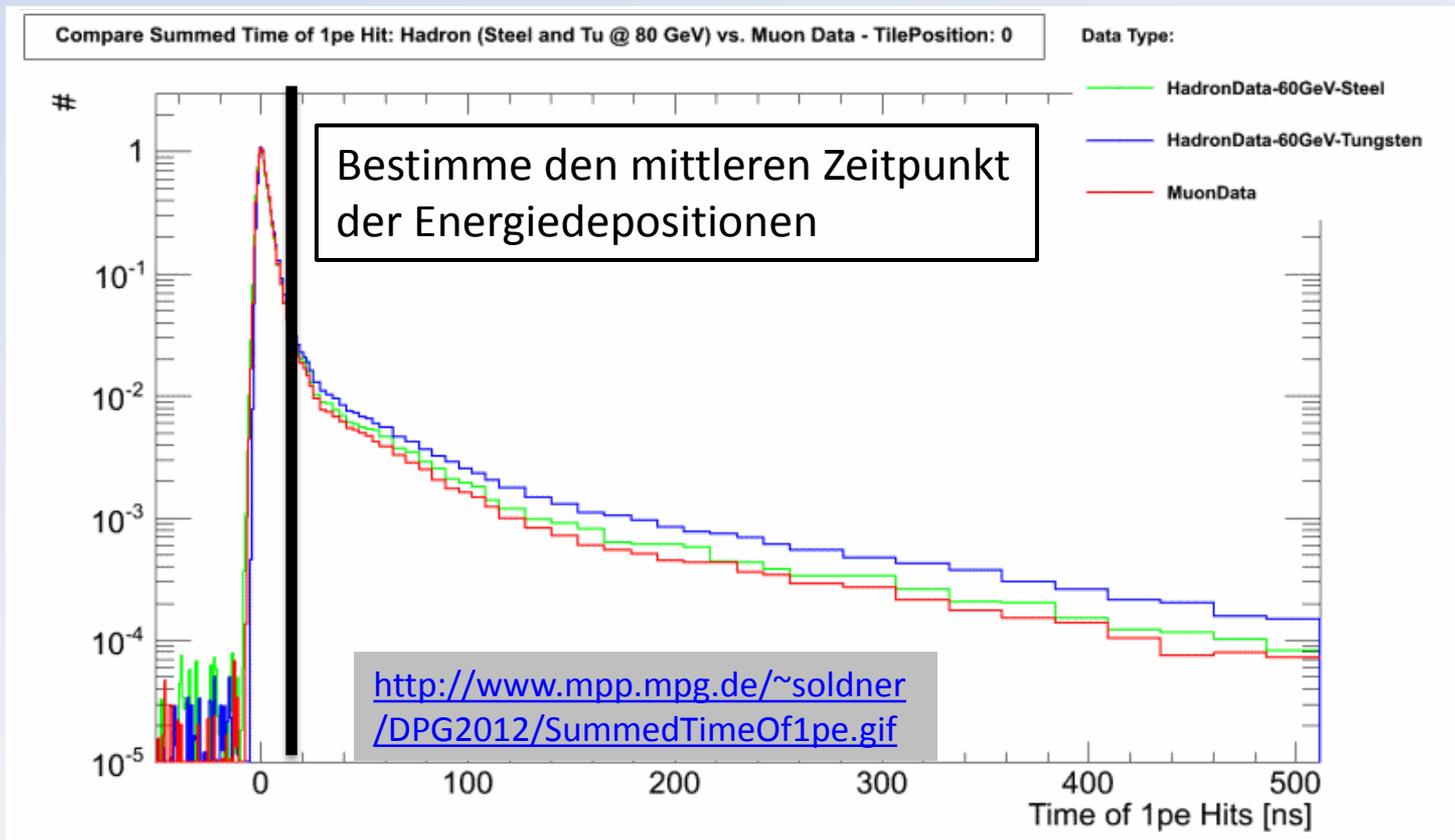


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm
- Wende verschieden Kalibrationsalgorithmen an: Pedestal Subtraction, Afterpulsing Korrektur...
- Vergleiche das Ergebnis für Daten mit Stahl, Wolfram Absorber und Myon Daten bei 60GeV
- Untersuche zeitliche Entwicklung vom Schauerzentrum zum Rand des Kalorimeters





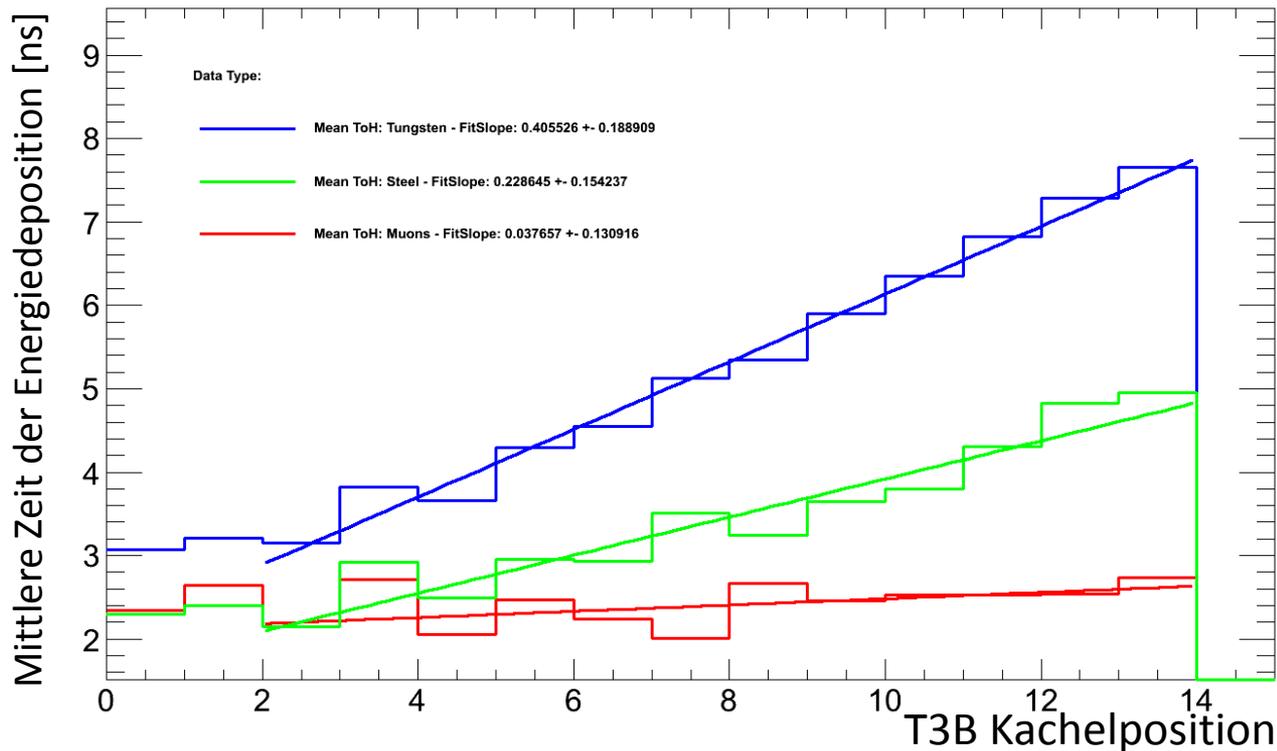
# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm
- Wende verschieden Kalibrationsalgorithmen an: Pedestal Subtraction, Afterpulsing Korrektur...
- Vergleiche das Ergebnis für Daten mit Stahl, Wolfram Absorber und Myon Daten bei 60GeV
- Untersuche zeitliche Entwicklung vom Schauerzentrum zum Rand des Kalorimeters

Mean time of Hit: Muons -> -20ns to 200ns



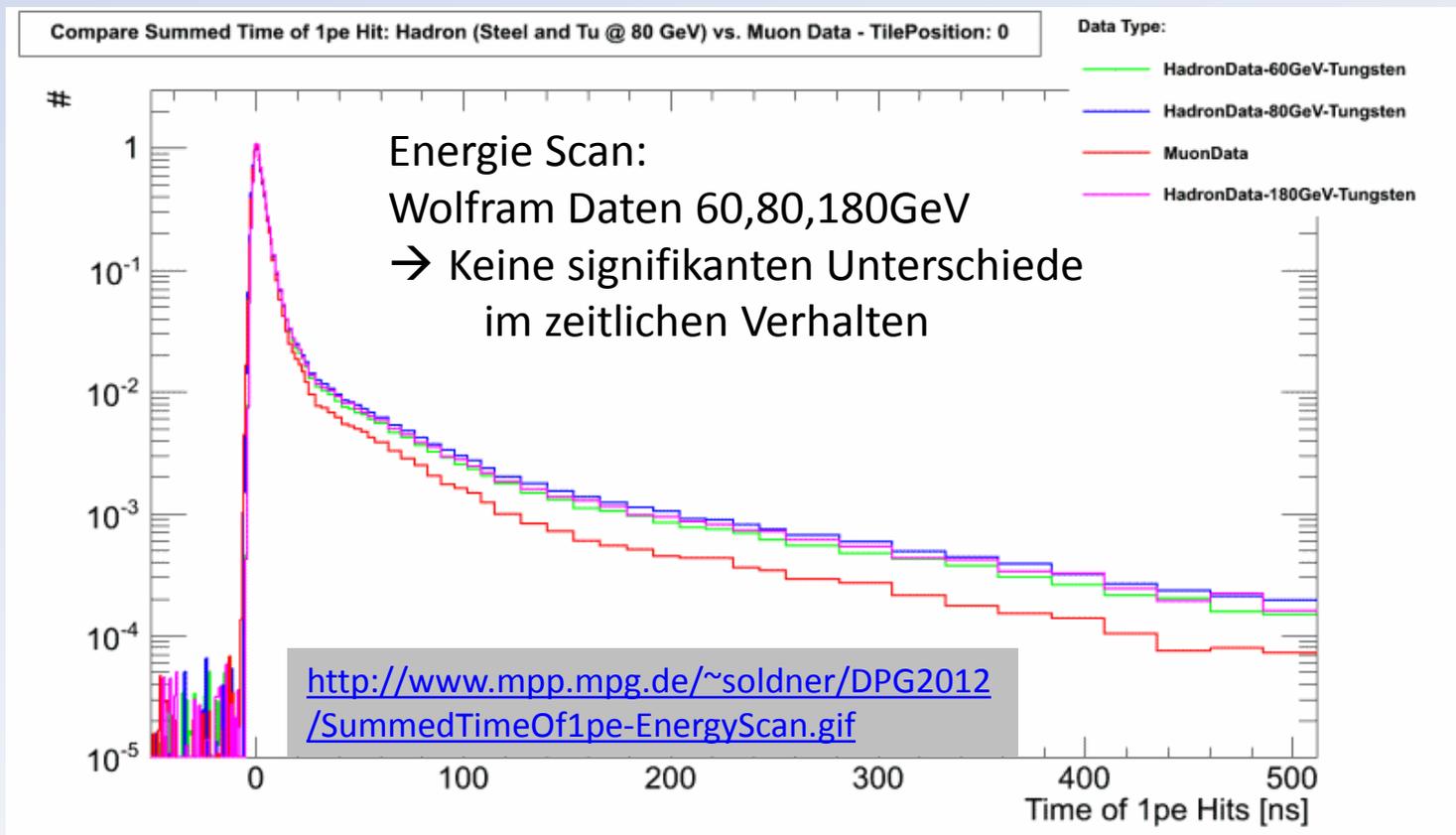


# Zeitliches Verhalten hadronischer Energiedepositionen



Pro Run Energie und T3B Kachel:

- Fülle den Zeitpunkt jedes einzelnen gefeuerten Pixels in ein Histogramm
- Wende verschieden Kalibrationsalgorithmen an: Pedestal Subtraction, Afterpulsing Korrektur...
- Vergleiche das Ergebnis für Daten mit Stahl, Wolfram Absorber und Myon Daten bei 60GeV
- Untersuche zeitliche Entwicklung vom Schauerzentrum zum Rand des Kalorimeters





# **TIMING ERGEBNISSE: SYNCHRONISATION UND GEWINNUNG DER LONGITUDINALEN SCHAUERINFORMATION**



# Synchronisation: Calice <-> T3B

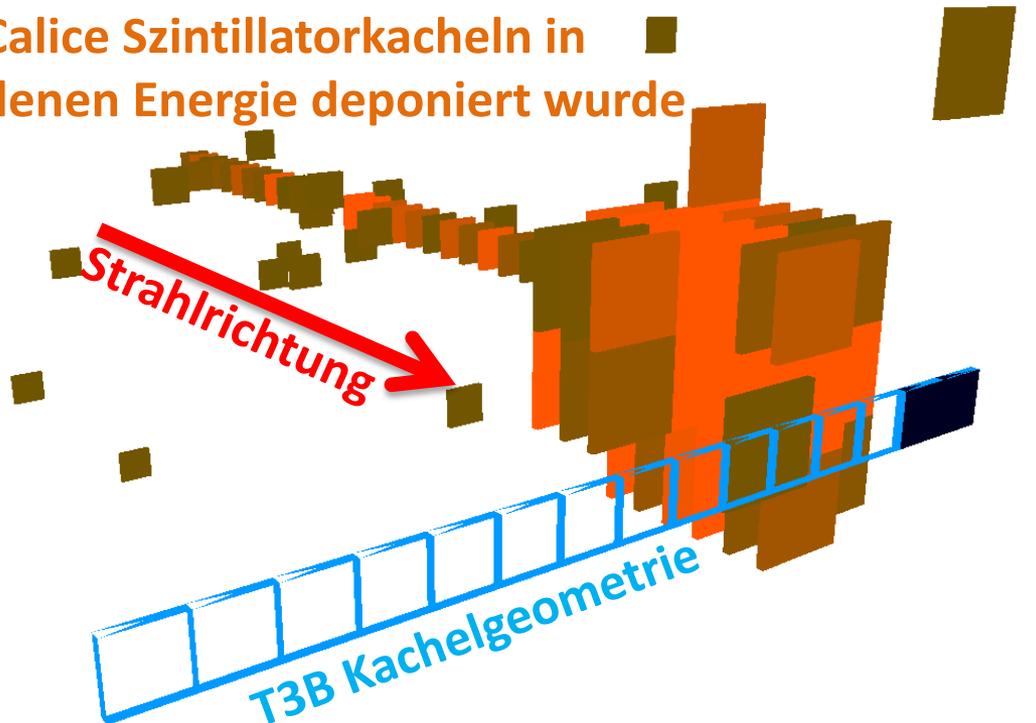


Verwendung des gleichen Triggersignals durch CALICE W-HCAL und T3B

→ Daten können nachträglich synchronisiert werden

Eventdisplay: Hadron Daten mit Tungsten Absorber @ 60GeV

**Calice Szintillatorkacheln in  
denen Energie deponiert wurde**





# Synchronisation: Calice <-> T3B

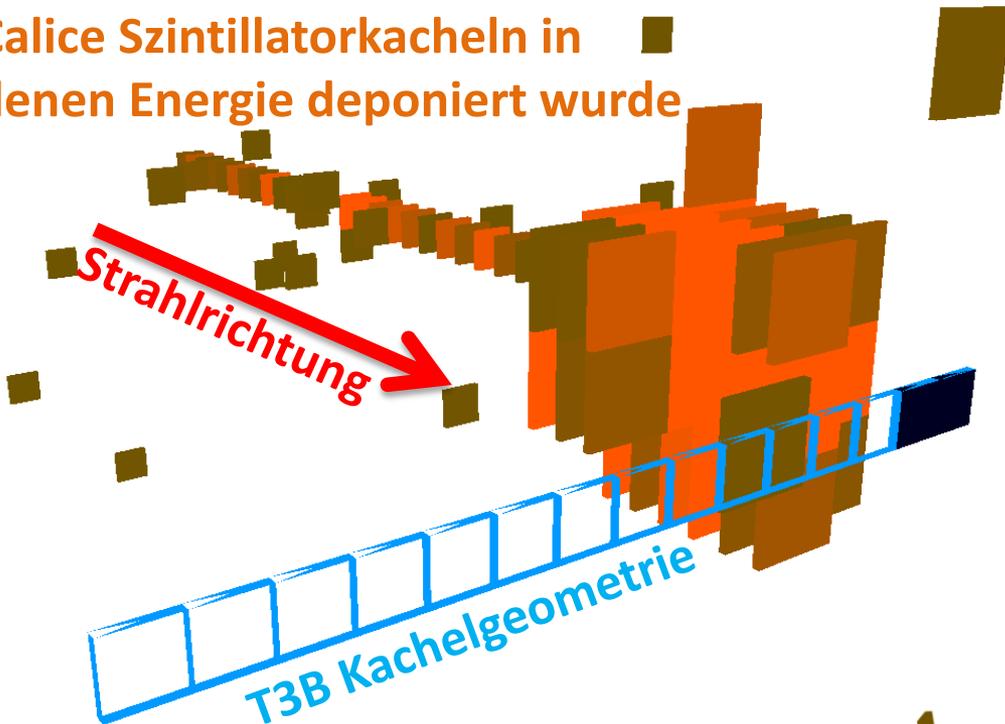


Verwendung des gleichen Triggersignals durch CALICE W-HCAL und T3B

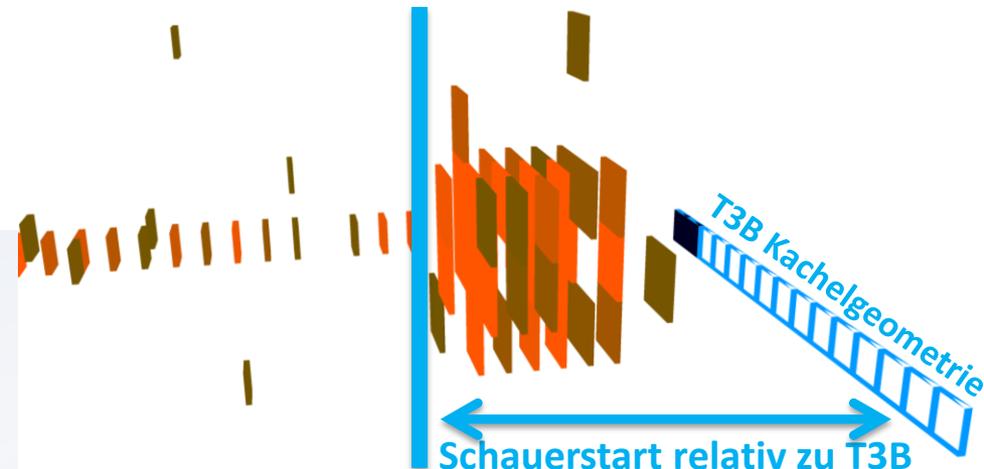
→ Daten können nachträglich synchronisiert werden

Eventdisplay: Hadron Daten mit Tungsten Absorber @ 60GeV

**Calice Szintillatorkacheln in denen Energie deponiert wurde**



Die erste hadronische Wechselwirkung findet in in einer gewissen Tiefe im Kalorimeter statt  
→ Synchronisation erlaubt es T3B Energiedepositionen relativ zum Schauerstart zu ordnen  
→ Longitudinale Raumdimension gewonnen

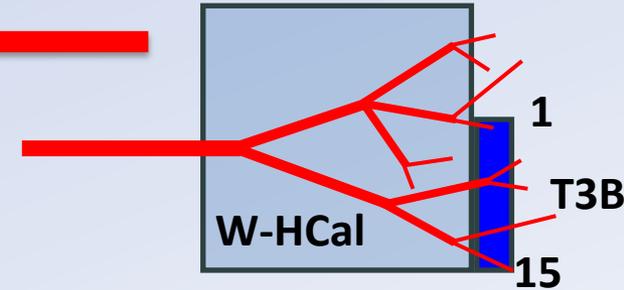
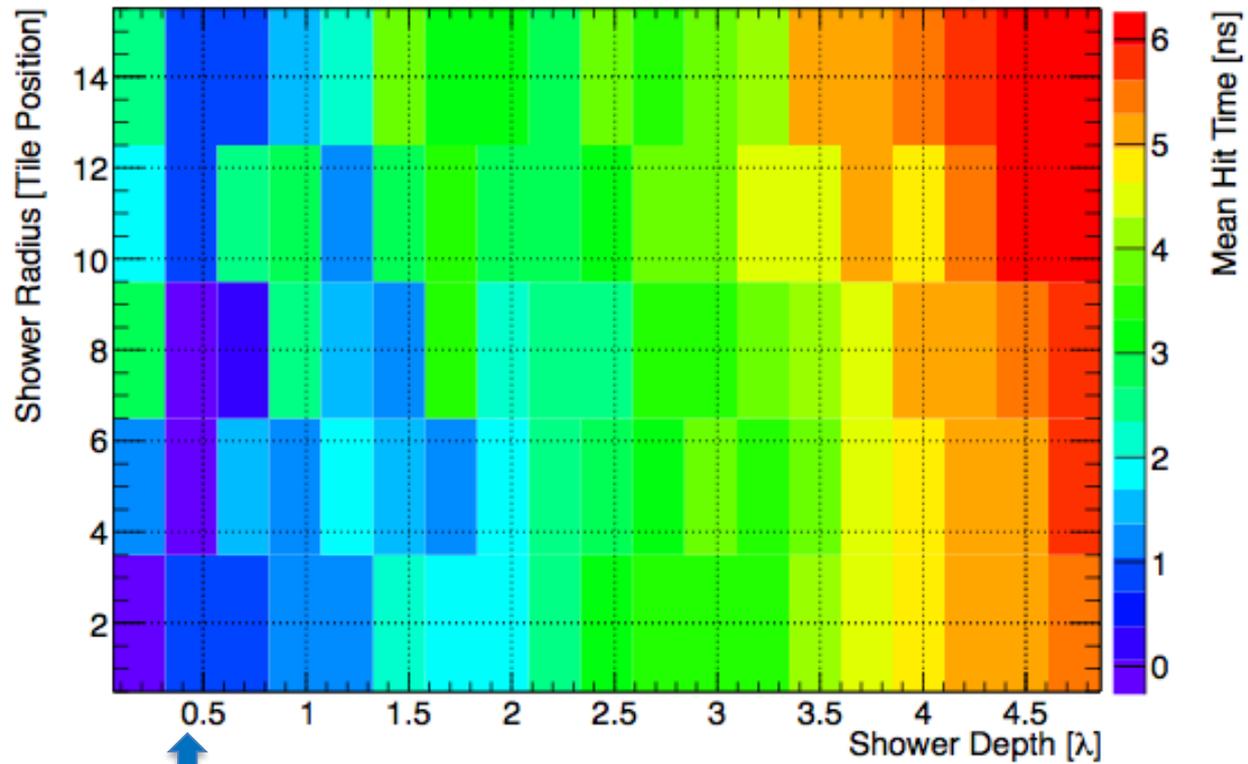




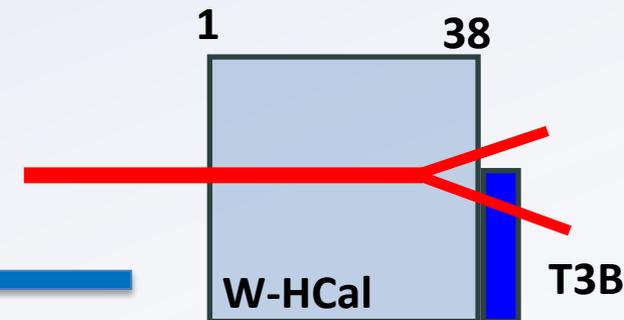
# Mittlerer Zeitpunkt der Energiedepositionen relativ zum Schauerstart



Time of Flight:  $\approx 3.3\text{ns}$



**T3B kann hadronische  
Schauer zeitaufgelöst  
lateral UND longitudinal  
vermessen**



Mittlerer Zeitpunkt der Energiedepositionen signifikant verspätet:

- In hoher Schauertiefe
- In großer Entfernung vom Strahlzentrum



# ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK



# Zusammenfassung und Ausblick



## Zusammenfassung:

Präsentiert wurden Ergebnisse zur Zeitstruktur hadronischer Schauer

**Setup:** Wir untersuchten Hadron Ereignisse mit dem T3B Timing Layer in 2 verschiedenen CALICE Kalorimetern mit unterschiedlichen Absorben Materialien

**Analyse:** Der mittlere Zeitpunkt der ersten Energiedepositon wurde untersucht

- Lateral für verschiedene Absorber (Stahl, Wolfram) und Energien (60-180 GeV)
- Longitudinal durch erfolgreiche Synchronisation der Daten von T3B und Calice (Hadronen bei 60 GeV, Wolframabsorber)



# Zusammenfassung und Ausblick



## Zusammenfassung:

Präsentiert wurden Ergebnisse zur Zeitstruktur hadronischer Schauer

**Setup:** Wir untersuchten Hadron Ereignisse mit dem T3B Timing Layer in 2 verschiedenen CALICE Kalorimetern mit unterschiedlichen Absorben Materialien

**Analyse:** Der mittlere Zeitpunkt der ersten Energiedepositon wurde untersucht

→ Lateral für verschiedene Absorber (Stahl, Wolfram) und Energien (60-180 GeV)

→ Longitudinal durch erfolgreiche Synchronisation der Daten von T3B und Calice (Hadronen bei 60 GeV, Wolframabsorber)

## Ausblick:

**Geant4:** Simulationsstudien müssen mit den experimentellen Ergebnissen verglichen, und Unterschiede zur Verbesserung der Physics Lists identifiziert werden

**Kalibration:** Verschiedene Kalibrationsalgorithmen (SiPM afterpulsing, Waveform clipping) müssen verfeinert werden



# BACKUP



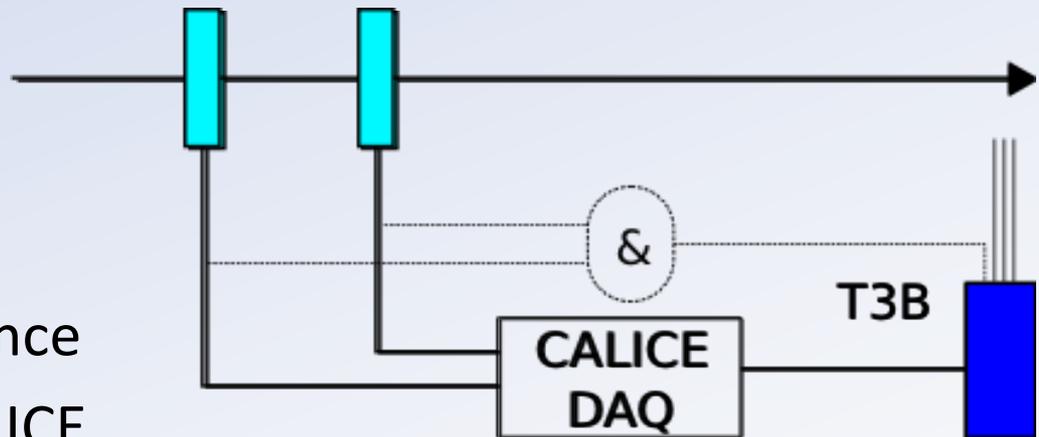
# CALICE <-> T3B: Synchronisation



- Goal: Use CALICE HCAL to determine shower start information
  - T3B events need to be in sync with CALICE

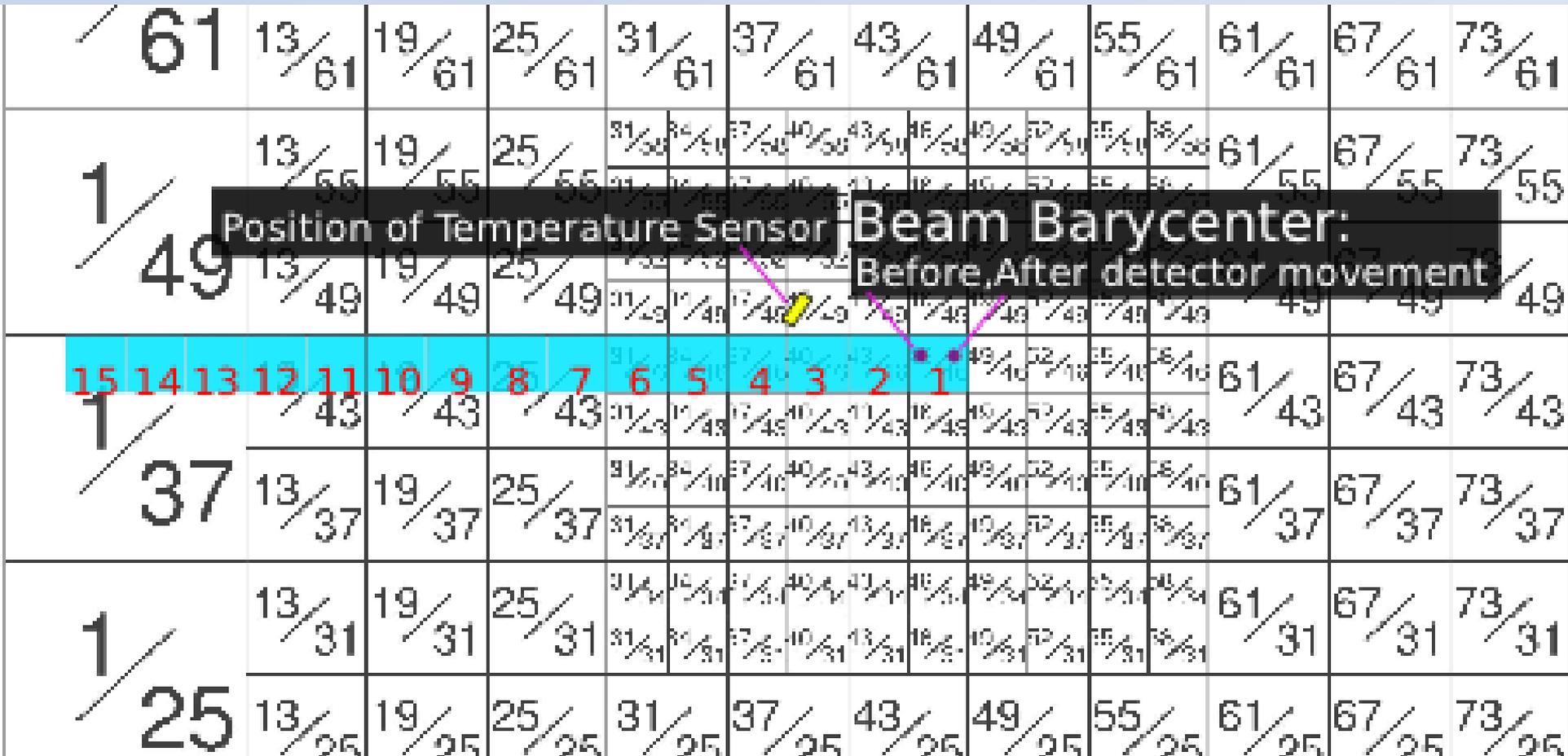
- Trigger Setup:

- CALICE Trigger on Scintillator Coincidence
- T3B Trigger on CALICE
- T3B monitors Scintillator Coincidence on one channel



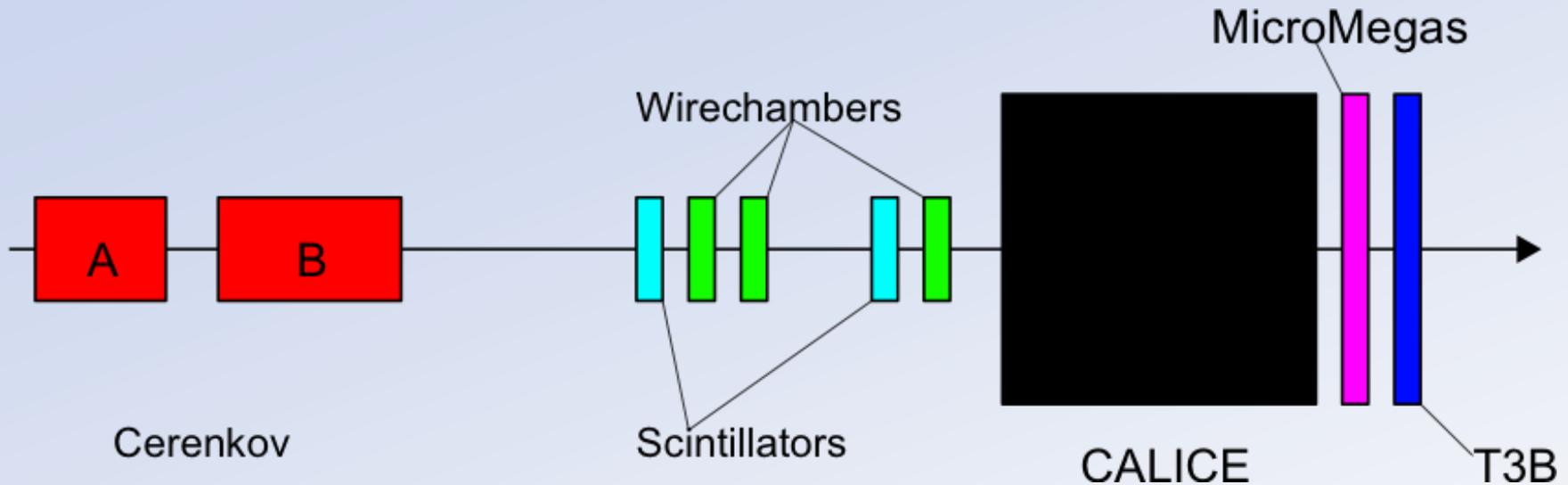


# T3B Strip Position





# Testbeam Setup November 2010



- Cerenkov used for particle ID
- MicroMegas in front of T3B



# Methoden zur Datenanalyse



Schritte der Datenprozessierung (wird immer zellenweise durchgeführt):

**Pedestal Subtraktion**



# Methoden zur Datenanalyse

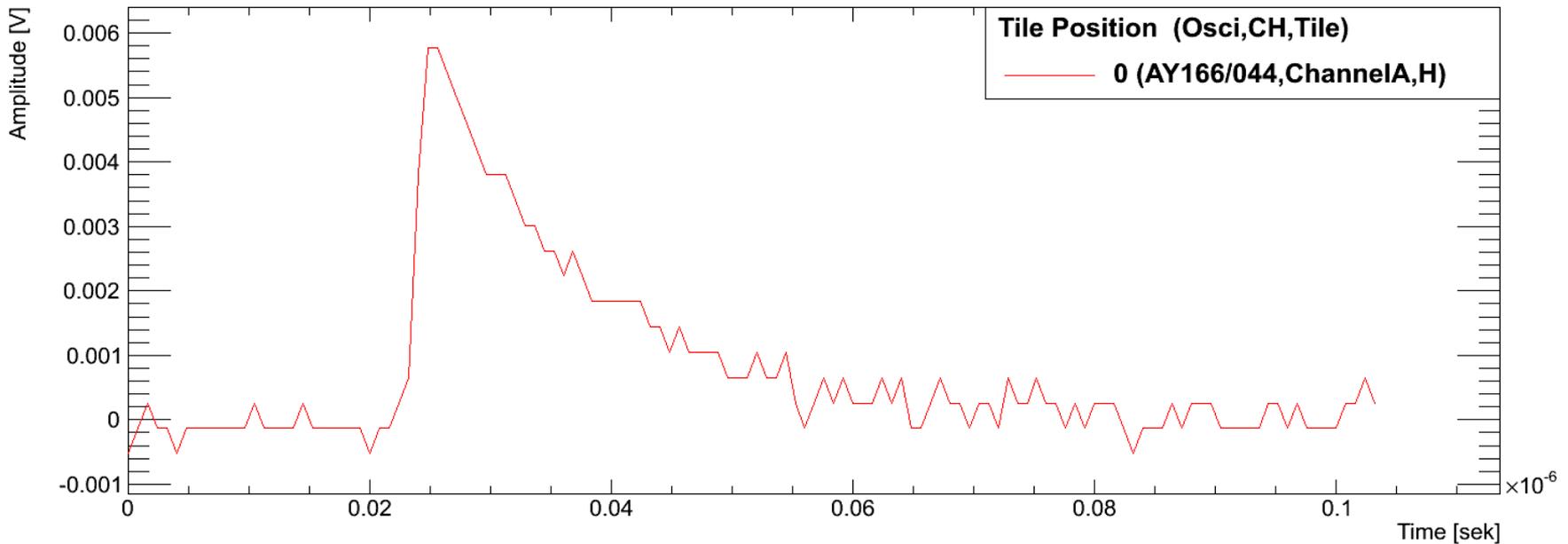


Schritte der Datenprozessierung (wird immer zellenweise durchgeführt):

Pedestal Subtraktion → **Mittelung**

- **Mittelung** von 1p.e. Waveforms (entspricht 1 gefeuerten SiPM Pixel)

Typical 1 p.e. Waveform @ Tile Position: 0





# Methoden zur Datenanalyse

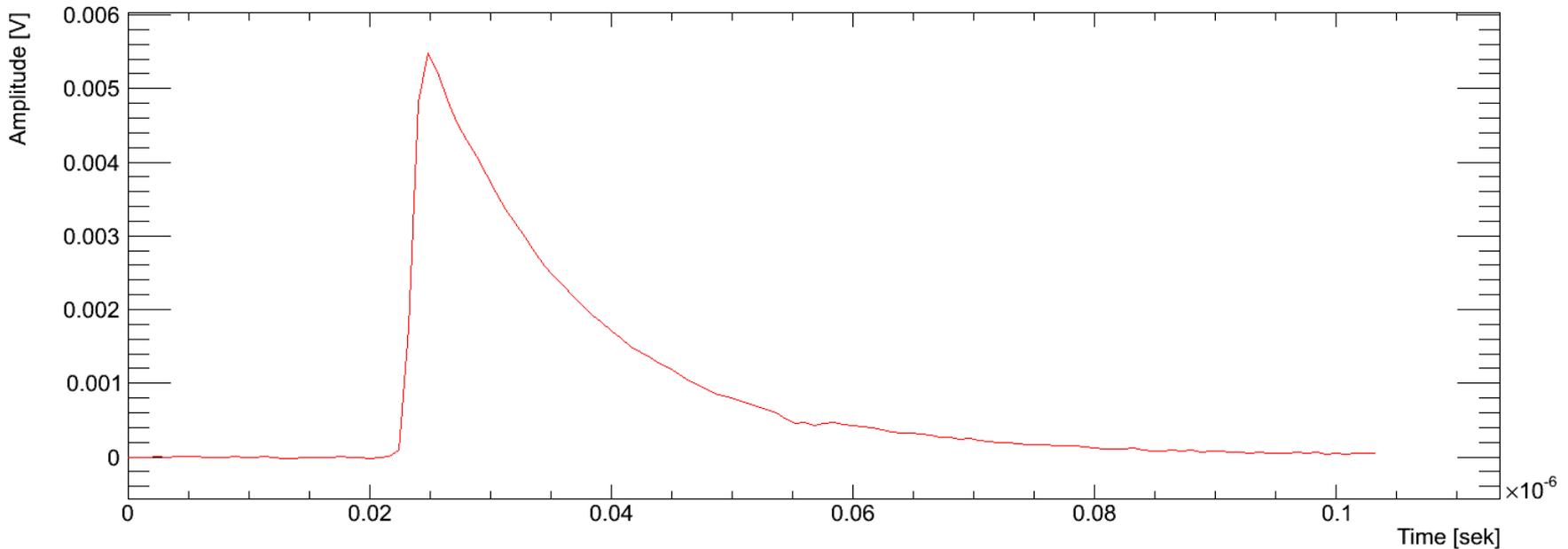


Schritte der Datenprozessierung (wird immer zellenweise durchgeführt):

Pedestal Subtraktion → **Mittelung**

- **Mittelung** von 1p.e. Waveforms (entspricht 1 gefeuerten SiPM Pixel)

Averaged 1 p.e. Waveform @ Tile Position: 0





# Methoden zur Datenanalyse



Schritte der Datenprozessierung (wird immer zellenweise durchgeführt):

Pedestal Subtraktion → Mittelung → **Zerlegung der Waveforms**

- **Zerlegung der Waveforms:** Iterative Substraction der gemittelten 1p.e. Waveforms vom lokalen Maximum der Waveform.

Event1212 Tile Position0 - Step1

