

# Elektromagnetische Schauer in einem hochgranularen hadronischen Kalorimeter

Philipp Klenze

Max-Planck-Institut für Physik, München

18. März 2010

- 1 Motivation
- 2 Setup
- 3 Schauerprofile
- 4 Energierekonstruktion und Linearität
- 5 Untergrundreduktion



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



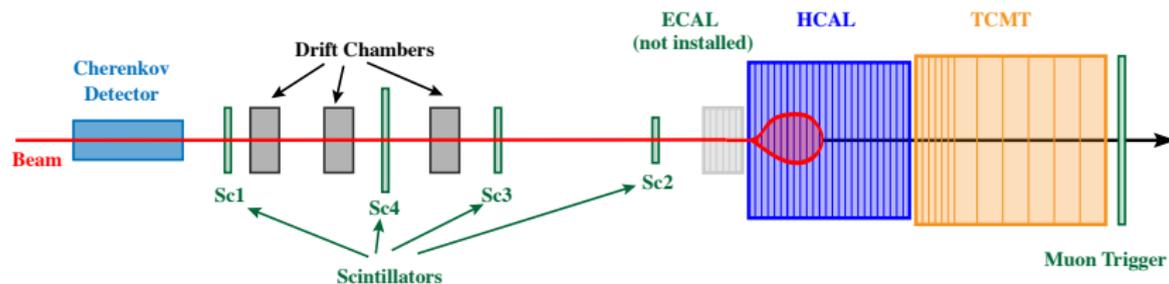
# Motivation

Warum elektromagnetische Schauer in einem Hadronenkalorimeter?

## EM-Schauer

- theoretisch besser verstanden  
⇒ können besser simuliert werden
- konzentrierter und uniformer als hadronische Schauer  
⇒ eignen sich um lokale Effekte zu untersuchen
- Verständnis des HCal-Prototyps und der Beamline  
↔ hilfreich zur Analyse des Verhaltens im Hadronenstrahl
- Gleichzeitig: Überprüfung der Simulation

# Der Testbeam-Aufbau



- Tests des CALICE Kalorimeterprototyps in Sekundärstrahlen
- CERN 2006/2007
  - Daten schon länger untersucht und gut verstanden
- FNAL 2008/2009 (*Fermi National Accelerator Laboratory*)
  - niedrigere Energien (ab 1 GeV)
  - “neue” Daten
  - Simulation ebenfalls noch nicht für FNAL-Daten optimiert



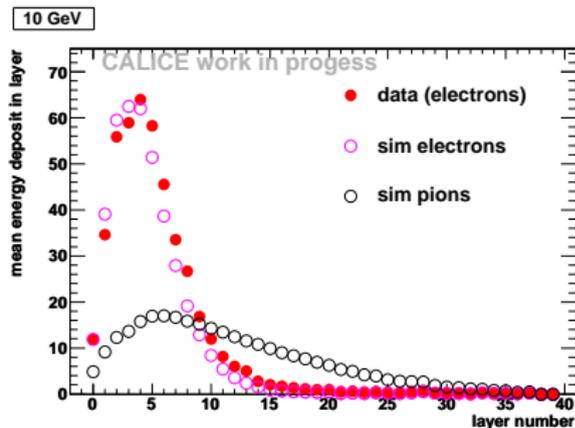
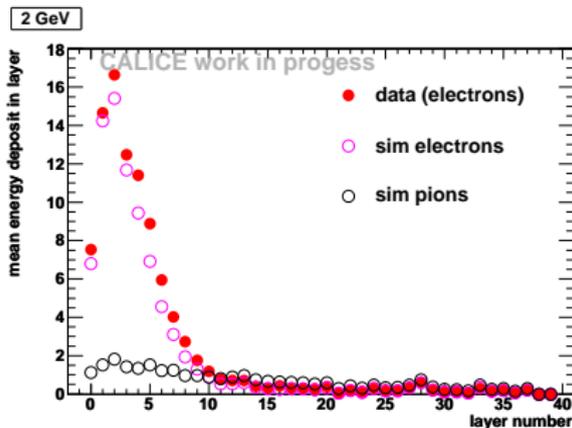
## *sampling calorimeter*

- abwechselnd 2 cm Stahl- und Plastiksintilltorlagen
- Mehr als 47 Strahlungslängen ( $X_0$ ) in 38 Lagen
  - mehr als ausreichend für em-Schauer
- Auslesen der Szintillatorkacheln mit SiPMs

## Analyse

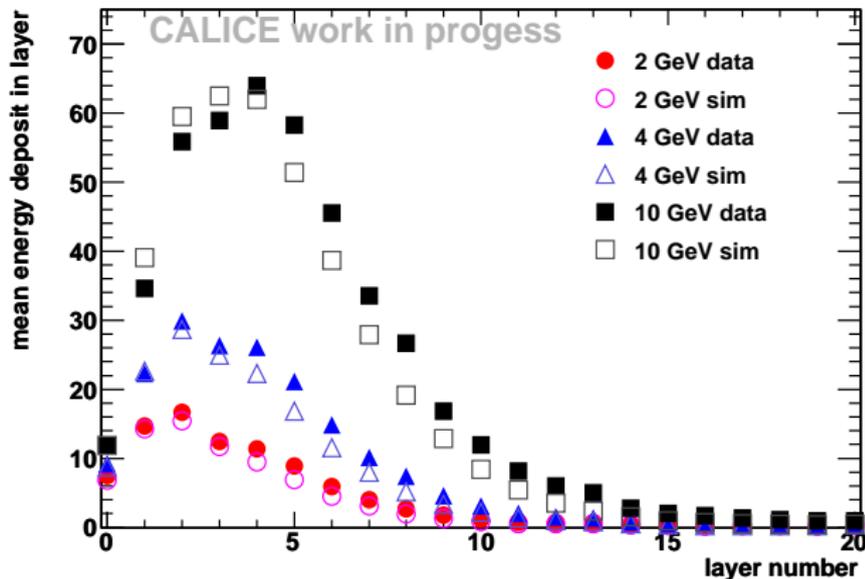
- Detektor wird hier ohne elektromagnetisches Kalorimeter betrieben
- Cherenkov-Detektor und Tailcatcher werden z.T. für cuts genutzt, um Pionen und Muonen auszuschließen
- Vergleich mit Simulation:
  - Geant 4 und Mokka
  - Untergrund (elektronisches Rauschen) aus realer Untergrundmessung
  - Analyse mit Marlin (wie die Daten)

# FNAL-Schauerprofile für $e^-$ und $\pi$ bei 2 und 10 GeV



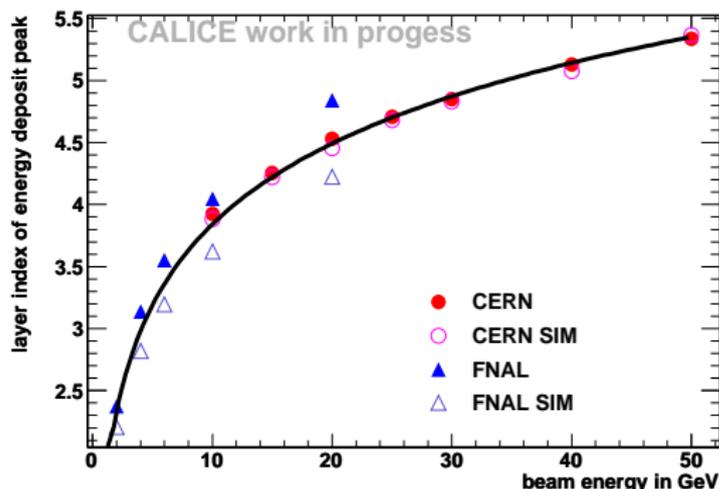
- EM-Schauer nur in der vorderen Hälfte des HCals
- Kaum Pionen-Kontamination im Beam bei 10 GeV
- Einzelne Pionen von Elektronen zu unterscheiden bei niedrigen Energien schwierig

# Gemitteltetes $e^-$ Schauerprofil (FNAL)

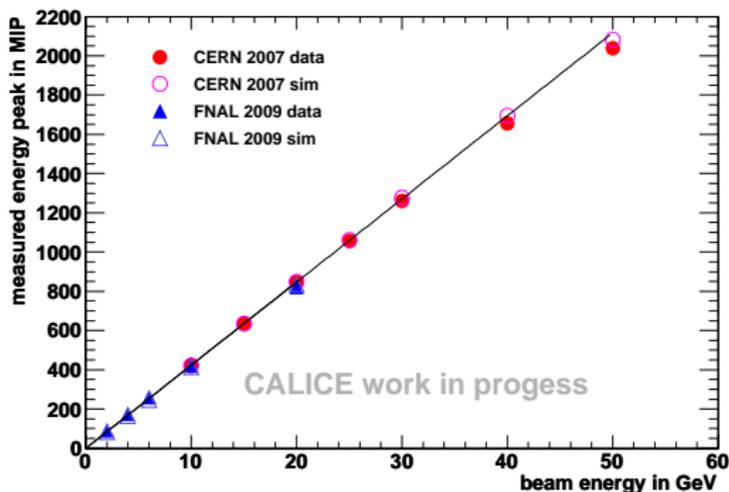


- Schauertiefe und Energie pro Lage nimmt mit der Energie zu

# Energieabhängigkeit des Schauermaximums

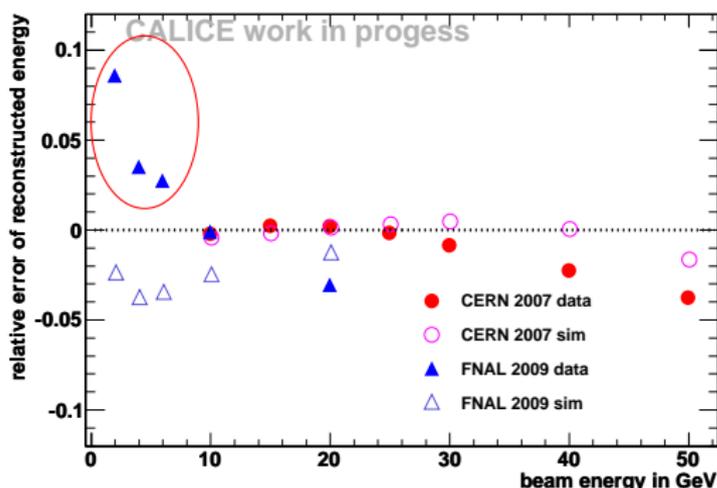


- Erwartung:  $x_{max} = X_0 \left( \log \frac{E}{E_c} - 0.5 \right)$
- Experiment reproduziert logarithmisches Verhalten
- höhere Abweichungen zwischen Simulation und Daten bei FNAL als bei CERN

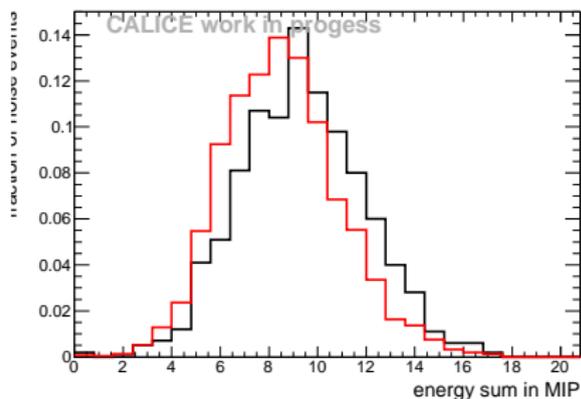


- Linearität: entscheidende Grösse des Kalorimeters
- Fit geht durch alle Datenpunkte bis 20 GeV
- über 20 GeV: Sättigungseffekte
- GeV-to-MIP-Faktor:  $42.35 \frac{\text{MIP}}{\text{GeV}}$

# Abweichung von Linearität



- CERN 2006/2007 runs: okay
- FNAL 2009 runs: Hohe Abweichung bei kleinen Energien
- (ca 200 MeV  $\approx$  10 MIP)  
⇒ Verdacht: Untergrund



■ 20 GeV-Run

■ 2 GeV-Run

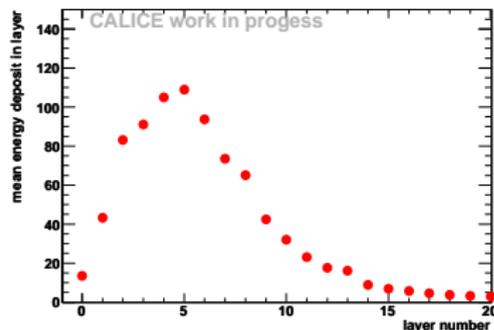
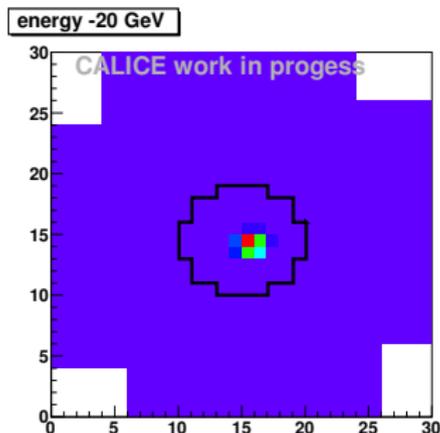
- Events sind durch *random trigger* aufgenommen

- etwa 9 MIP, also 200 MeV
- Rauschen energieunabhängig, aber abhängig von anderen Faktoren (z.B. Temperatur)
- Untergrund wird für jeden Run separat bei Simulation addiert
- Einfluss von Untergrund durch elektronisches Rauschen besonders stark bei niedrigen Teilchenenergien
- Untergrundreduktion verbessert Linearität

# Untergrundreduktion

durch einfaches Schauerwahlverfahren

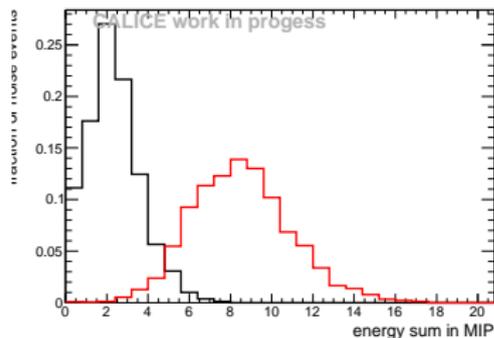
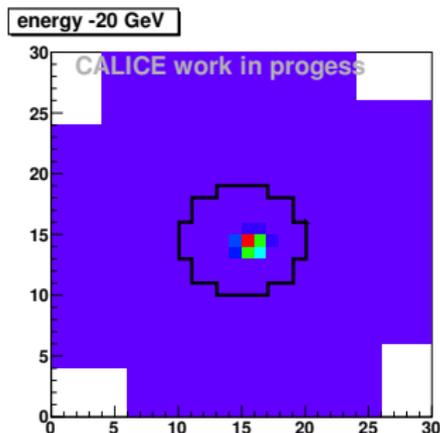
- Methode: Summation der Energie nur innerhalb einer Box
- Beschränkung auf die ersten 19 Lagen
- Folge: aufsummiertes Detektorvolumen wesentlich kleiner, damit weniger Rauschen
- ca. 1400 der 7608 Zellen werden aufsummiert (knapp 20%)



# Untergrundreduktion

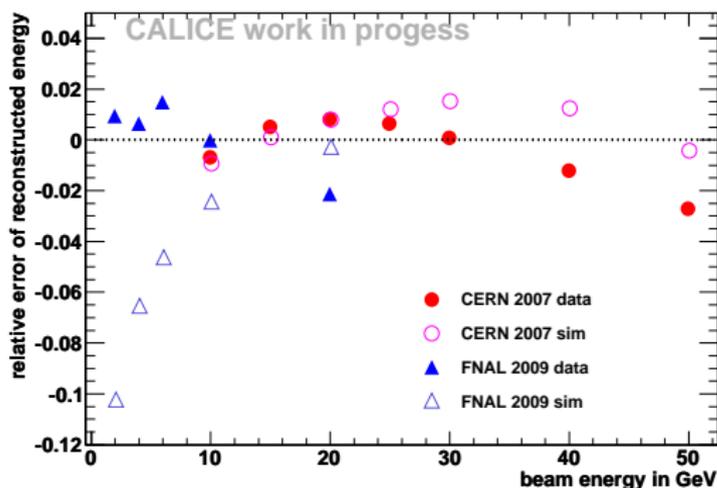
durch einfaches Schauerauswahlverfahren

- Methode: Summation der Energie nur innerhalb einer Box
- Beschränkung auf die ersten 19 Lagen
- Folge: aufsummiertes Detektorvolumen wesentlich kleiner, damit weniger Rauschen
- ca. 1400 der 7608 Zellen werden aufsummiert (knapp 20%)

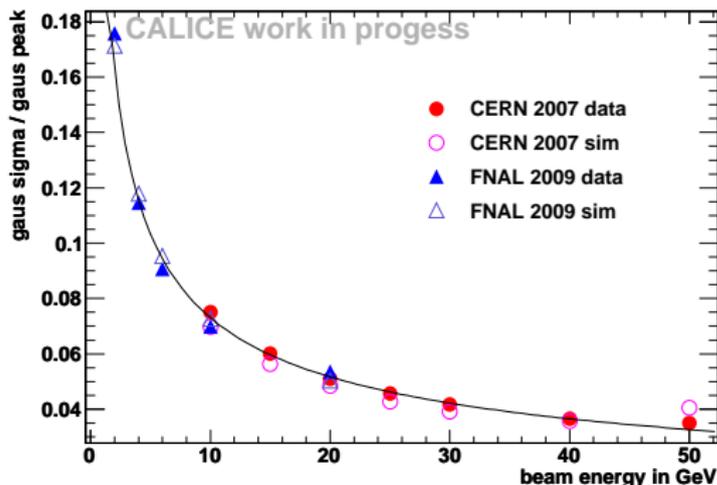


■ ohne Box  
■ mit Box

# Abweichung von Linearität mit Box



- Linearität der FNAL-Daten durch Box verbessert
- MC hat bei geringen Energien noch Abweichungen
- erster Versuch, die runs zu analysieren
- *work in progress*



- Aus Zählstatistik (Photonen):  $\frac{1}{\sqrt{E}}$ -Verhalten erwartet
- Fit der Energieauflösung:  $\frac{0.231}{\sqrt{\frac{E}{\text{GeV}}}}$

- Erste Untersuchung der neu genommenen FNAL  $e^-$ -Daten
- Untergrundreduktion ist nötig
- Linearität der FNAL-Elektronen nach Untergrundreduktion gut
- Erwartete Energieauflösung
- Monte Carlo: global gute Beschreibung, aber Abweichungen von der Simulation bei niedrigen Energien noch unverstanden
- Allgemein bei FNAL-Runs noch höhere Diskrepanzen zwischen Daten und MC als bei CERN-Runs (wie zu erwarten)