

# Top-Down Rekonstruktion von ultra hochenergetischen Luftschauern

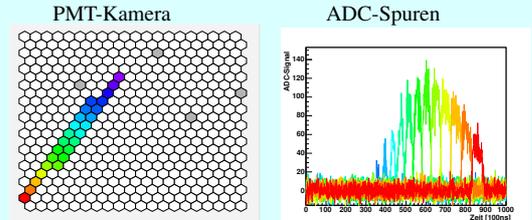
F. Schüssler,<sup>1,2</sup> J. Blümer,<sup>1,2</sup> R. Engel,<sup>2</sup> M. Unger<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institut für Experimentelle Kernphysik, Universität Karlsruhe, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
<sup>2</sup>Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe

## Grundlegende Idee und Ziele

- Rekonstruktion von einzelnen Luftschauer-Messungen mit Hilfe von MC Simulationen
- Ausnutzung der gesamten zur Verfügung stehenden Information → bestmögliche Auflösung
- Realistische Fehlerabschätzung
- Untersuchung von Korrelationen zwischen Parametern

## Fluoreszenzmessungen mit dem Pierre Auger Observatorium

- Für jedes Event stehen folgende Daten zu Verfügung
  - ADC-Spuren aller getriggerten Kamera-Pixel
  - Detektorinformationen (Kalibrationskonstanten, Ausrichtung der Kamerapixel, Rauschen, etc.)
  - Atmosphärische Bedingungen (Profile, Streu-, und Abschwächlängen, Wolken)



## Luftschauer Simulationen

- Longitudinale  $dE/dX(X)$  Profile simuliert mit CONEX [1]: Variation von Primärenergie und Masse
- Emission und Propagation von Fluoreszenzlicht [2]: Variation der Schauergeometrie
- Detaillierte Detektorsimulation: Auflösung, Rauschen durch Hintergrund und Elektronik
- Ausgabe im Auger Datenformat

Parameter	Bereich
Energy	$\pm 25\%$
$R_{core}$	$\pm 2\text{ km}$
$\phi_{SDP}$	$\pm 0.75^\circ$
$\theta$	$\pm 3^\circ$
$\varphi$	$\pm 3^\circ$

## Parameter Phasenraum

- Iterative Bestimmung mit Hilfe von MC Simulationen:  $\approx 3\sigma$  der erreichten Auflösung
- Zentralwerte basierend auf Standard-Rekonstruktion [3]

## Top-Down Rekonstruktionsmethode

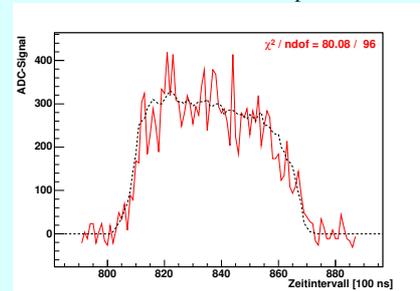
- Große Anzahl von MC-Events ( $\approx 10^6$ )
- $\chi^2$  Berechnung basierend auf den ADC-Spuren aller getriggerten Pixel:

$$\chi_S^2 = \sum_{\text{pixel } i} \sum_{\text{Zeit } t} \frac{(F_D(i, t) - F_{MC}(i, t))^2}{\sigma_B^2(i) + \sigma_{MC}^2(i, t)}$$

$F_D(i, t)$  und  $F_{MC}(i, t)$ : ADC-Signal des  $i$ ten Pixels (Daten und MC)  
 $\sigma_{MC}(i, t)$ : Poisson-Fluktuationen der Photoelektronen  
 $\sigma_B(i)$ : Hintergrund-Fluktuationen

- MC Event mit dem kleinsten  $\chi_S^2 = \chi_{\min}^2$  liefert das Rekonstruktionsergebnis
- Alle MC Events innerhalb  $\chi_S^2 < \chi_{\min}^2 + n^2$  liefern Fehlerabschätzung

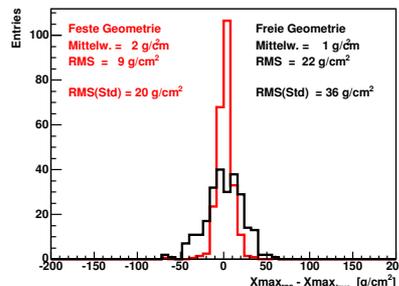
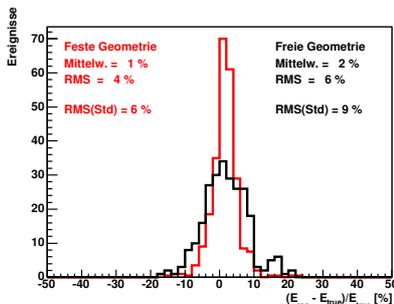
Fit einer einzelnen ADC-Spur



## Ergebnisse von MC-Studien

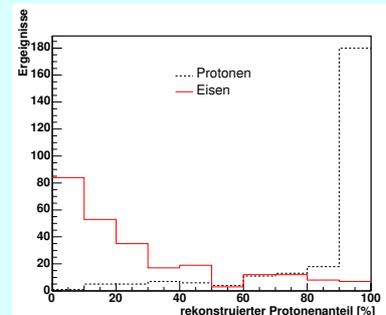
### Proton induzierte Luftschauer ( $E \approx 10^{20.15}$ eV, QGSJET01 [4])

- Auflösung der Primärenergie und  $X_{max}$  (feste und freie Schauergeometrie) im Vergleich zur Standard-Rekonstruktion (Std):



## Massensensitivität

- Protonanteil der 100 besten MC Schauer für Datenschauer ausgelöst von Proton-, bzw. Eisen-Primärteilchen:



## Schlussfolgerungen

- Proof of Principle
- Verbesserte Auflösung im Vergleich zur Standard-Rekonstruktion, z.B. [5]
- Korrelationen zwischen Parametern werden berücksichtigt; Einfluss auf Rekonstruktions-Unsicherheiten kann untersucht werden

## Literatur

- [1] T. Pierog et al. Proc. 29th Int. Cosmic Ray Conf.; see also: astro-ph/0411260.
- [2] L. Prado Jr. et al. Simulation of the fluorescence detector of the Pierre Auger Observatory. *Nucl. Instr. Meth.*, 545:632–642, 2005.
- [3] R. M. Baltrusaitis et al. The Utah Fly's Eye detector. *Nucl. Instr. Meth.*, 240:410–428, 1985.
- [4] N.N. Kalmykov, S.S. Ostapchenko, and A.I. Pavlov. Quark Gluon String Jet Model. *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, 52B:17, 1997.
- [5] L. Perrone et al. for the Pierre Auger Collaboration. Proc. 29th Int. Cosmic Ray Conf..