

Top-Down Rekonstruktion von ultra hochenergetischen Luftschauern

F. Schüssler,^{1,2} J. Blümer,^{1,2} R. Engel,² M. Unger²

¹Institut für Experimentelle Kernphysik, Universität Karlsruhe, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

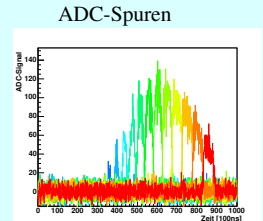
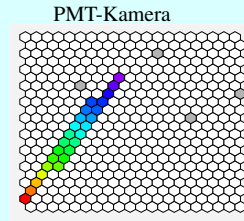
²Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe

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 Phasenraum

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

Parameter	Bereich
Energy	$\pm 25\%$
R_{core}	$\pm 2\text{ km}$
ϕ_{SDP}	$\pm 0.75^\circ$
θ	$\pm 3^\circ$
φ	$\pm 3^\circ$

Top-Down Rekonstruktionsmethode

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

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

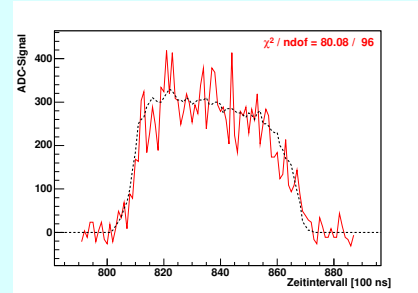
$F_D(i, t)$ und $F_{MC}(i, t)$: ADC-Signal des i ten Pixels (Daten und MC)

$\sigma_{MC}(i, t)$: 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

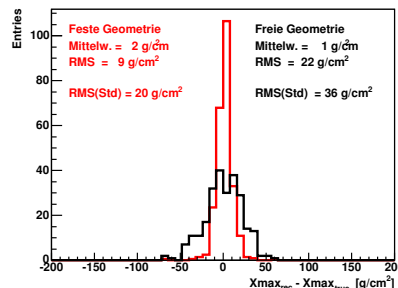
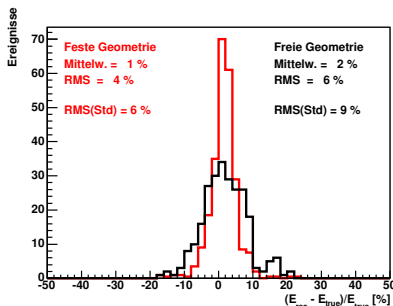
Fit einer einzelnen ADC-Spur



Ergebnisse von MC-Studien

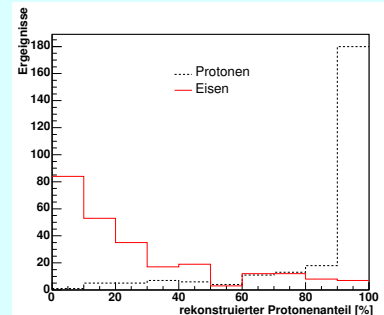
Proton induzierte Luftschauer ($E \approx 10^{20.15}$ eV, QGSJET01 [4])

- 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..