



Universität Hamburg  
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Institut für Experimentalphysik

# Der HiSCORE Detektor für ultrahochenergetische Gammastrahlung: Simulationen, Ereignisrekonstruktion und Sensitivität

Daniel Hampf

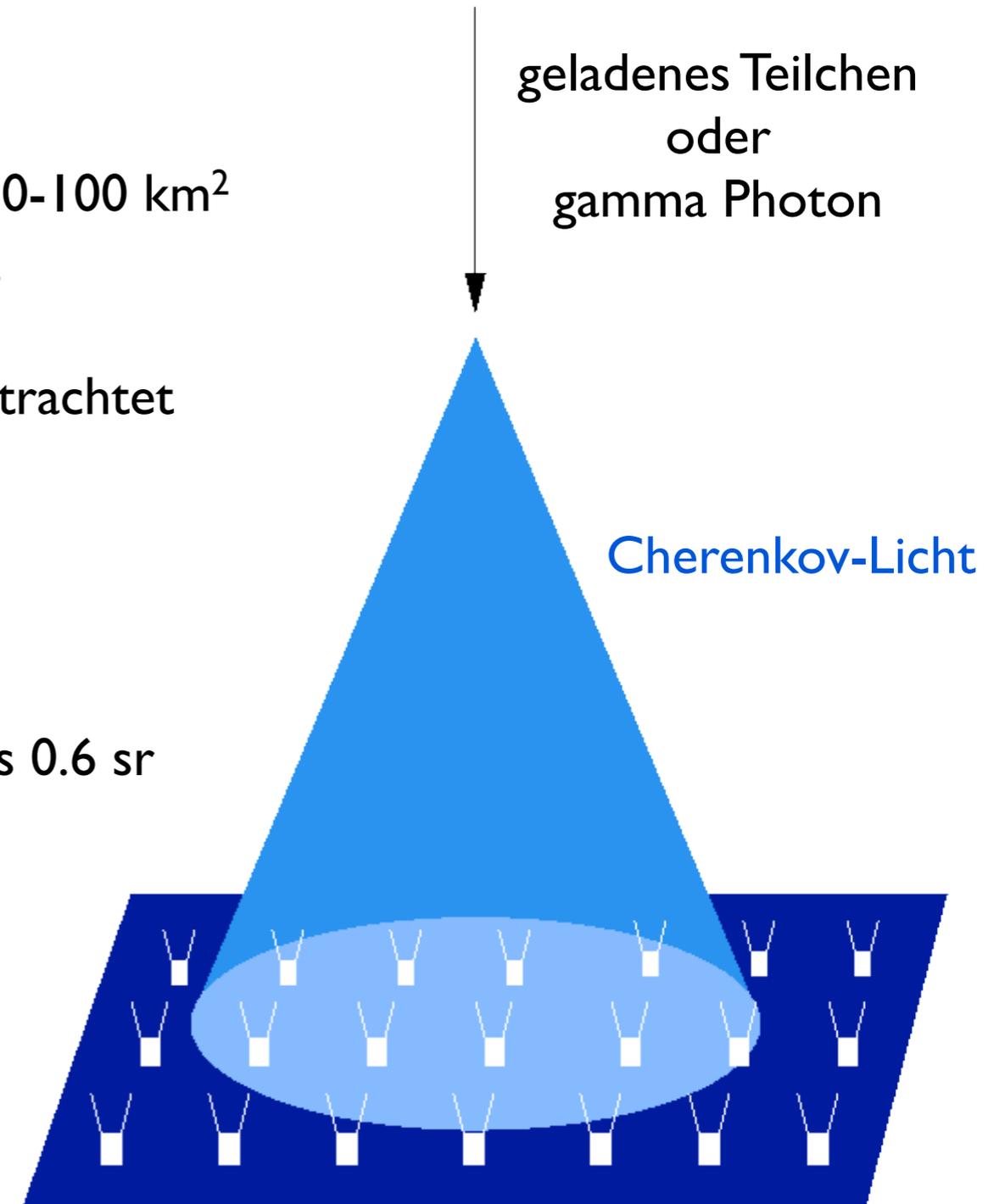
*mit*

Martin Tluczykont, Dieter Horns, Ulrich Einhaus,  
Rayk Nachtigall, Maike Kunas, Michael Büker

# Der HiSCORE Detektor

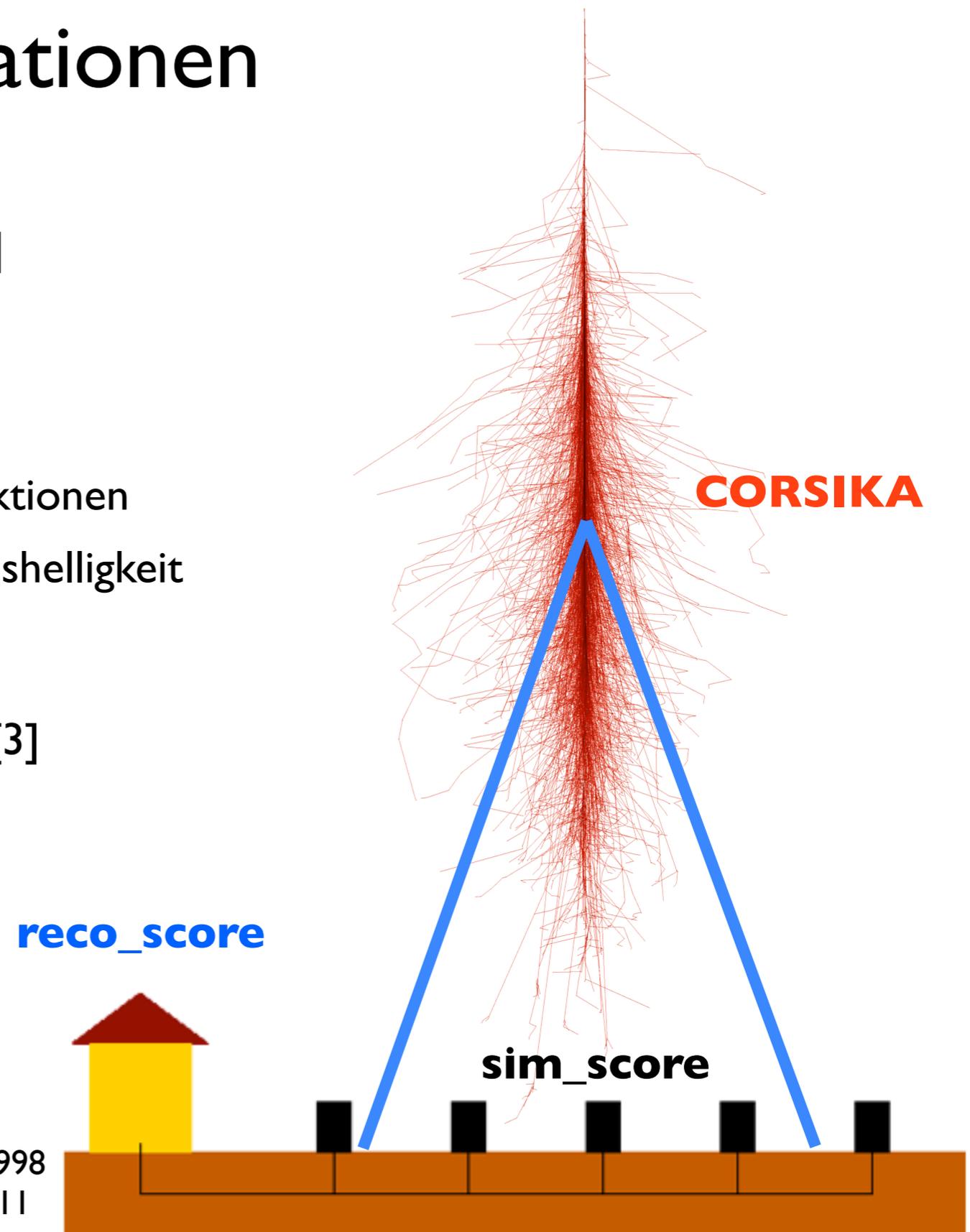
- Großes Array aus kleinen, nicht-abbildenden Cherenkov-Detektoren:
  - Effektive Fläche des Detektorsystems: 10-100 km<sup>2</sup>
  - Lichtsensitive Fläche pro Station: 0.5 m<sup>2</sup>
- Cherenkovlicht-Front wird zeitaufgelöst betrachtet (Shower Front Sampling)
- Rekonstruktion über Intensitäts- und Ankunftszeitverteilung und Signallängen
- Weitwinkeldetektoren: Sichtfeld mindestens 0.6 sr
- Abstand der Stationen: 150 Meter

➔ ca. 49 Stationen pro km<sup>2</sup>



# Simulationen

- **CORSIKA:** Luftschauersimulation [1]
- **sim\_score:** Detektorsimulation [2]
  - Atmosphärische Absorption
  - PMT und Lichttrichter Antwortfunktionen
  - Rauschen, insb. durch Nachthimmelshelligkeit
  - Triggersystem
- **reco\_score:** Ereignisrekonstruktion [3]
  - Richtung
  - Energie
  - Schauertiefe
  - Gamma / Hadron Separation



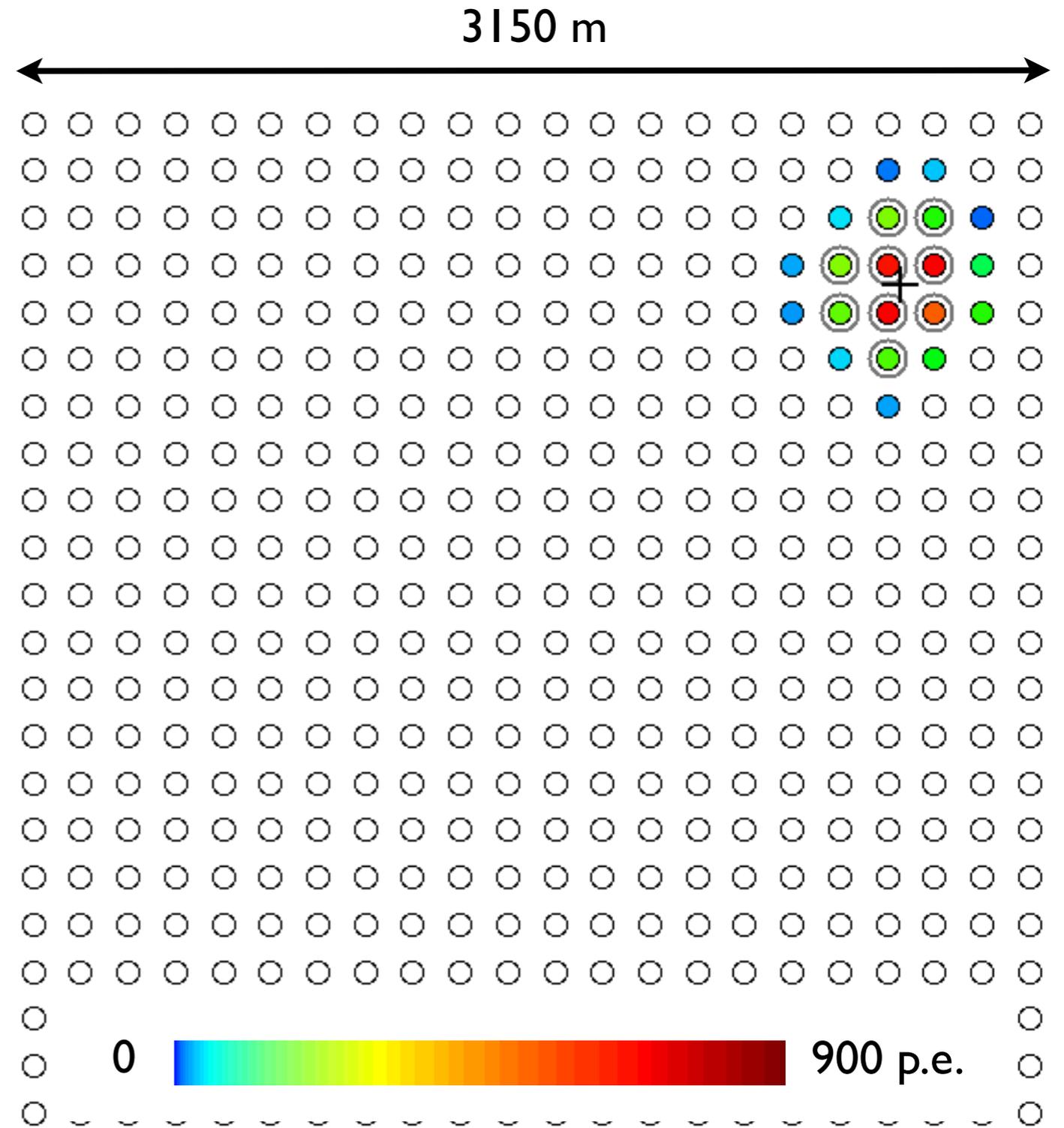
[1] D. Heck et al: CORSIKA - an Air Shower Simulation Program, 1998

[2] M. Tluczykont et al: *Adv. in Space Research* **48**(12):1935-1941, 2011

[3] D. Hampf et al: *Proc. Of Science* 2011 (TEXAS 2010 Proc)

# Simulierte Ereignisse

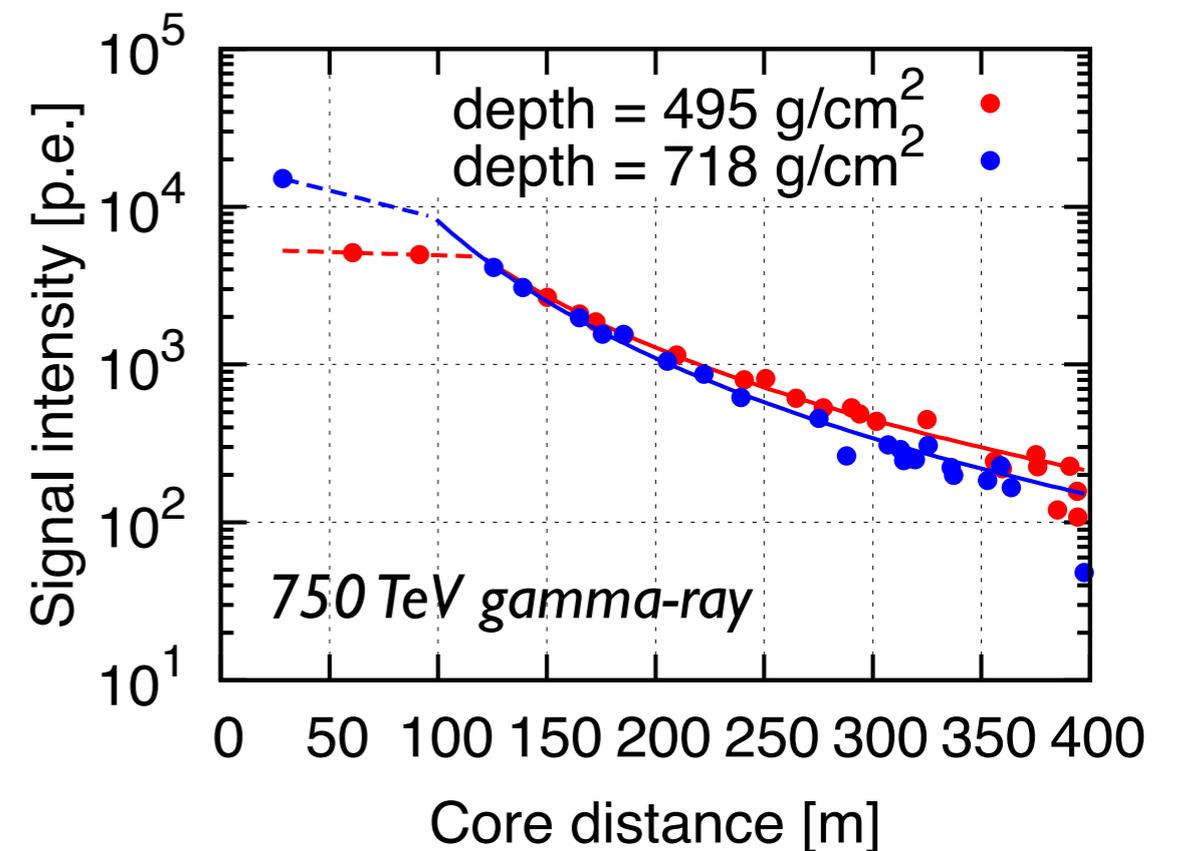
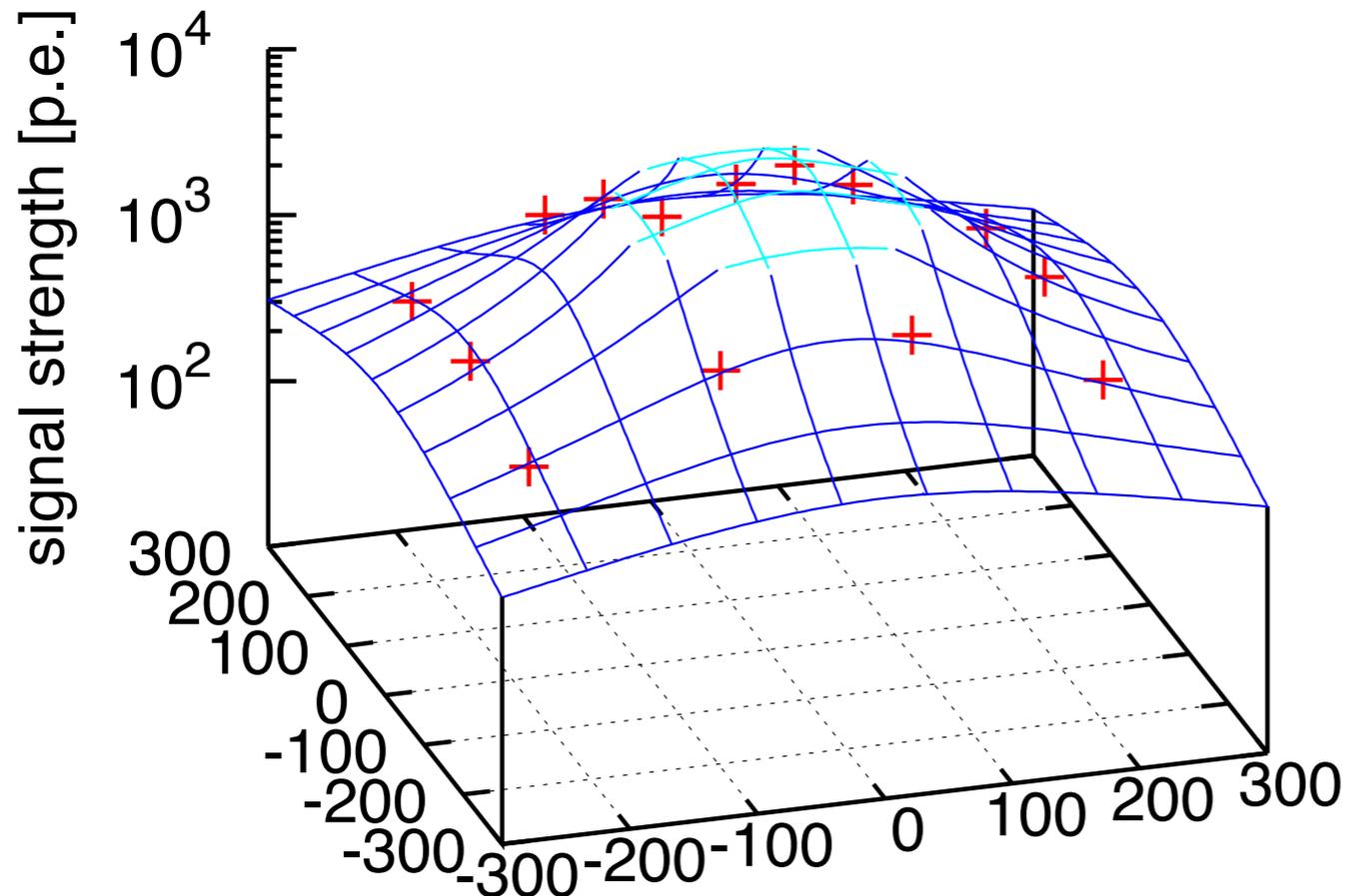
- Simulierter Detektor:
  - 10 km<sup>2</sup>
  - 150 m Abstand
- Simulierter Energiebereich:  
10 TeV bis 5 PeV
- Spektrum  $dN/dE \sim E^{-1}$
- 25 000 Gamma-Ereignisse
- Als Untergrund: 120 000  
Ereignisse mit Protonen,  
Helium-, Stickstoff- und  
Eisenkernen



*Event display: 187 TeV gamma-ray*

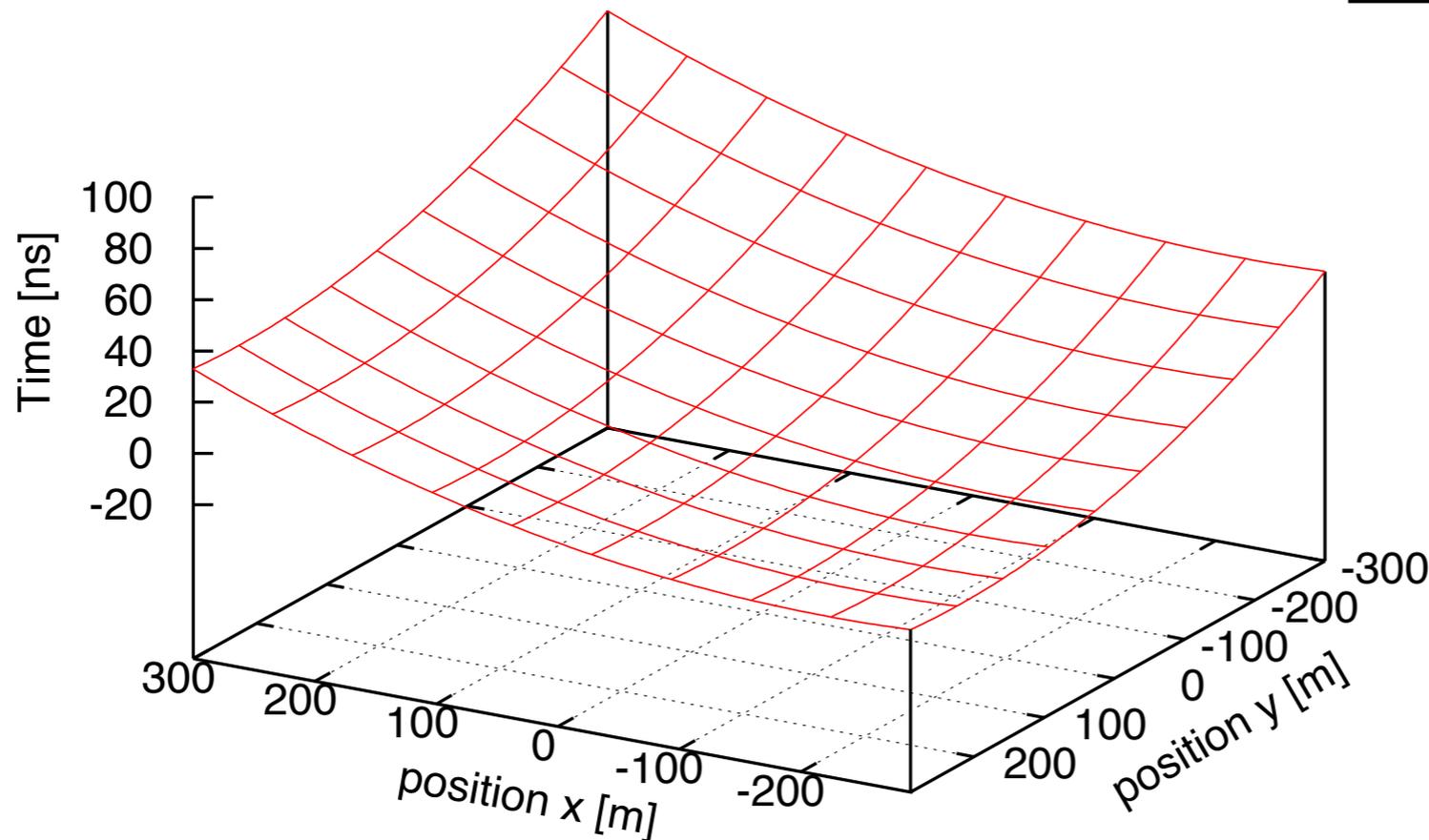
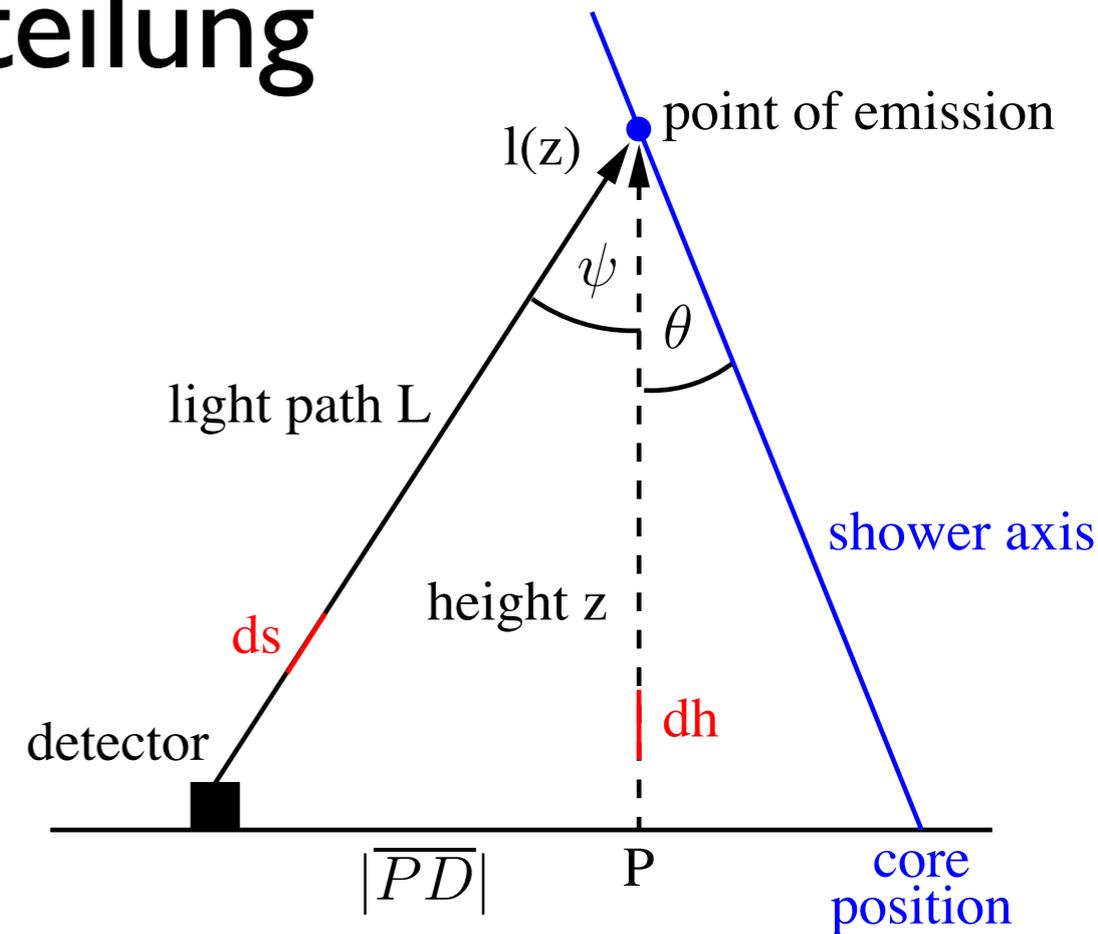
# Lichtverteilung

- Fitte Lichtintensitätsverteilung an gemessene Signalstärken
  - Innerer Bereich: Exponentialfunktion:  $P \exp(d \cdot r)$
  - Äußerer Bereich: Power Law:  $Q r^k$
- Benutze für Rekonstruktion von Kernort, Energie und Schauertiefe



# Ankunftszeitverteilung

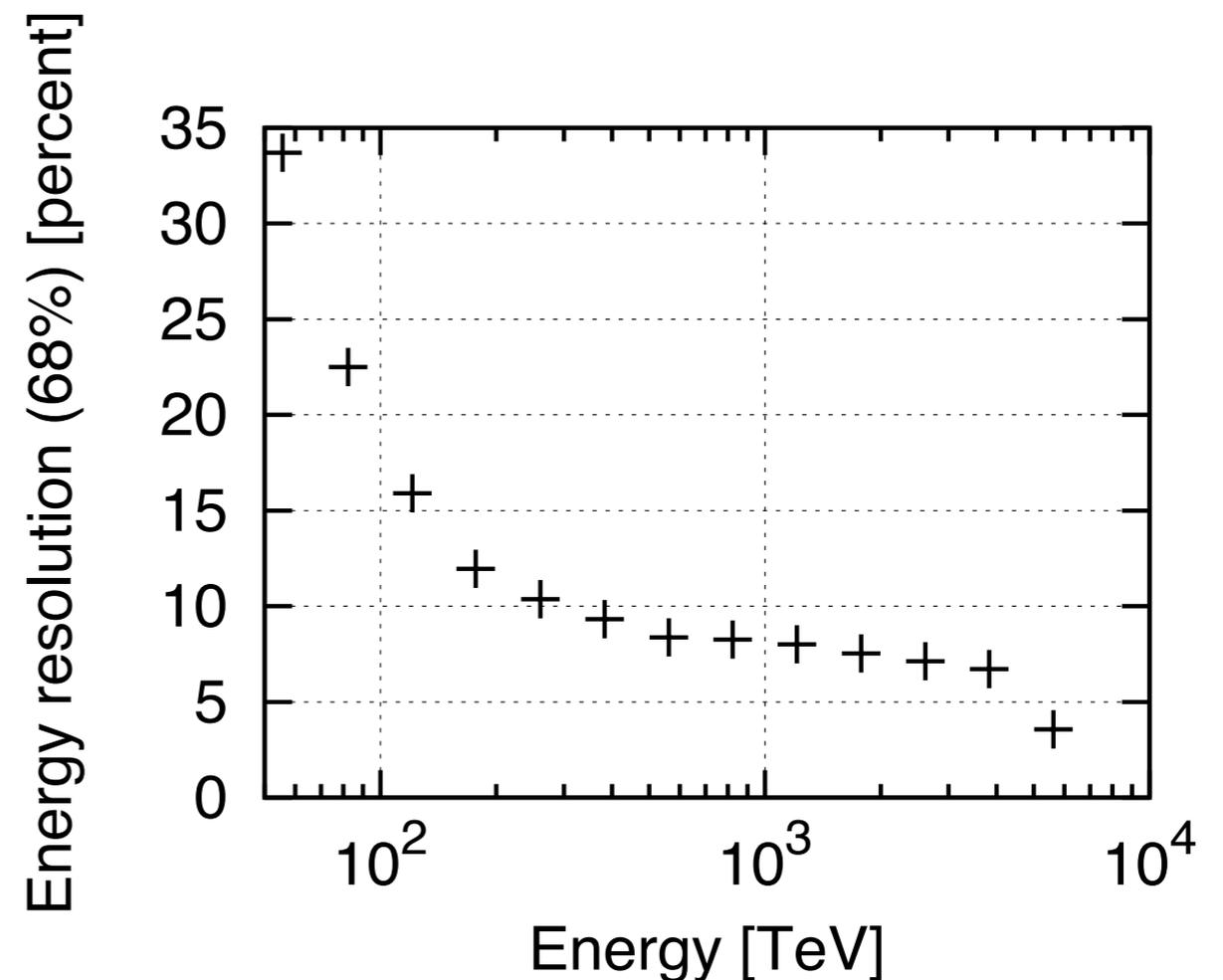
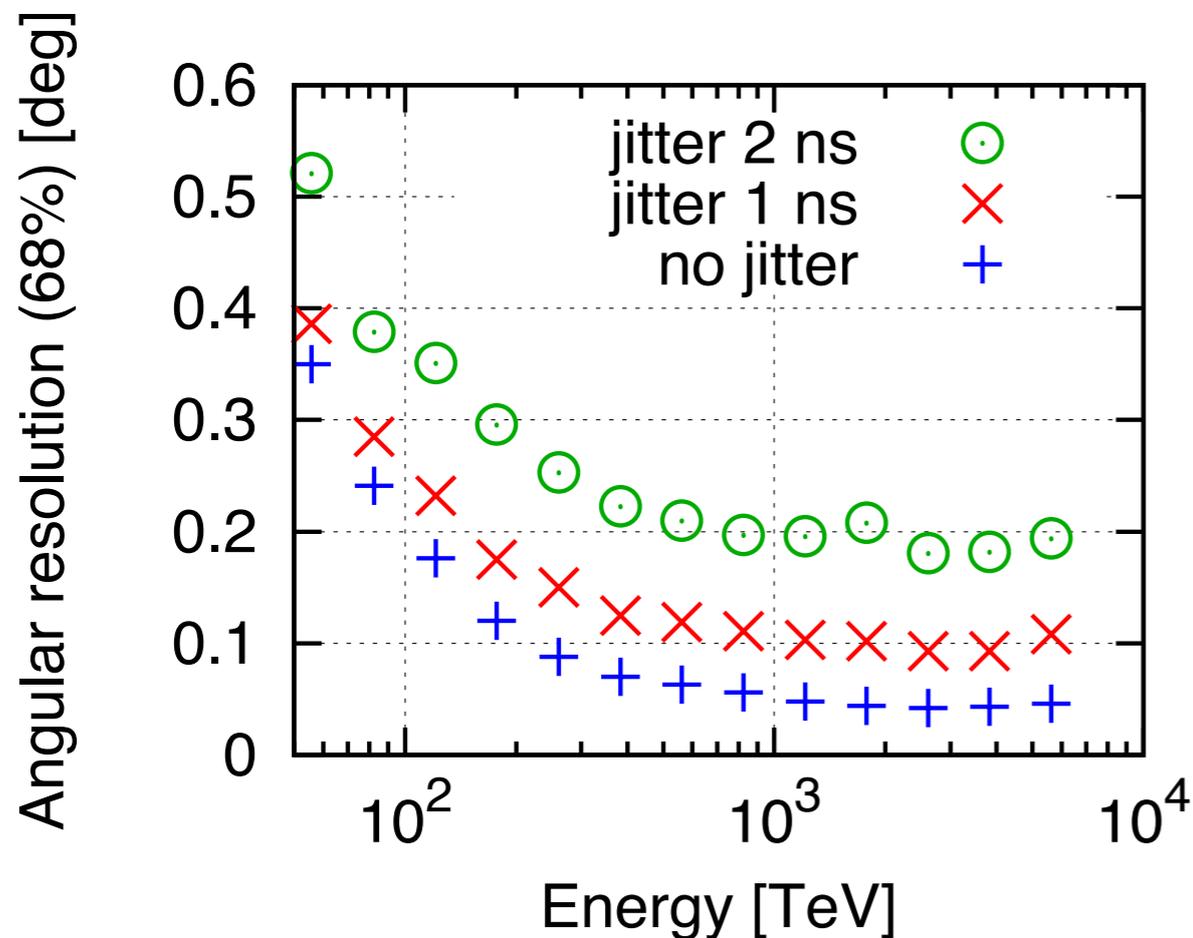
- Benutze Cherenkovlicht-Zeitmodell [1], um Krümmung der Lichtfront zu berücksichtigen
- Fitte Funktion an gemessene Ankunftszeiten
- Benutze für Bestimmung der Herkunftsrichtung und der Schauertiefe



$$t_{\text{det}} = f(x, y, \vartheta, \varphi, z) + t_0$$

# Auflösung des Detektors

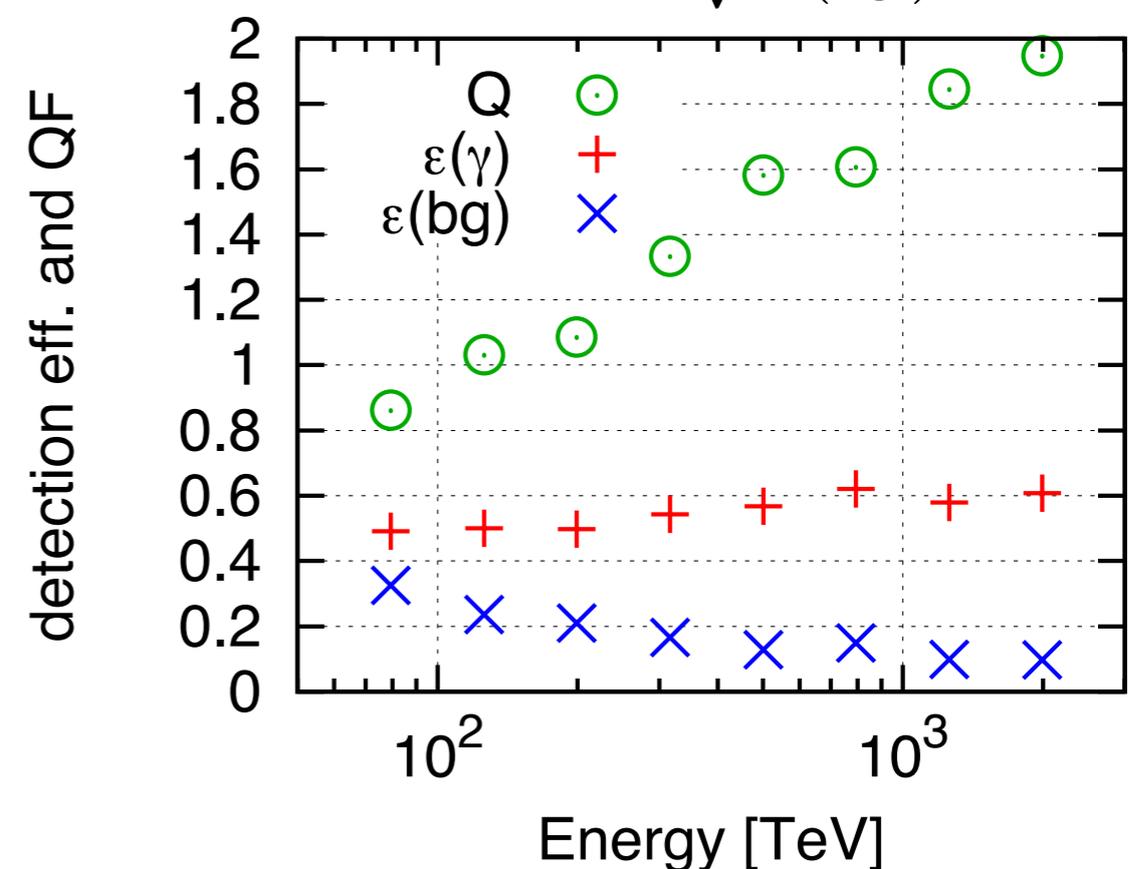
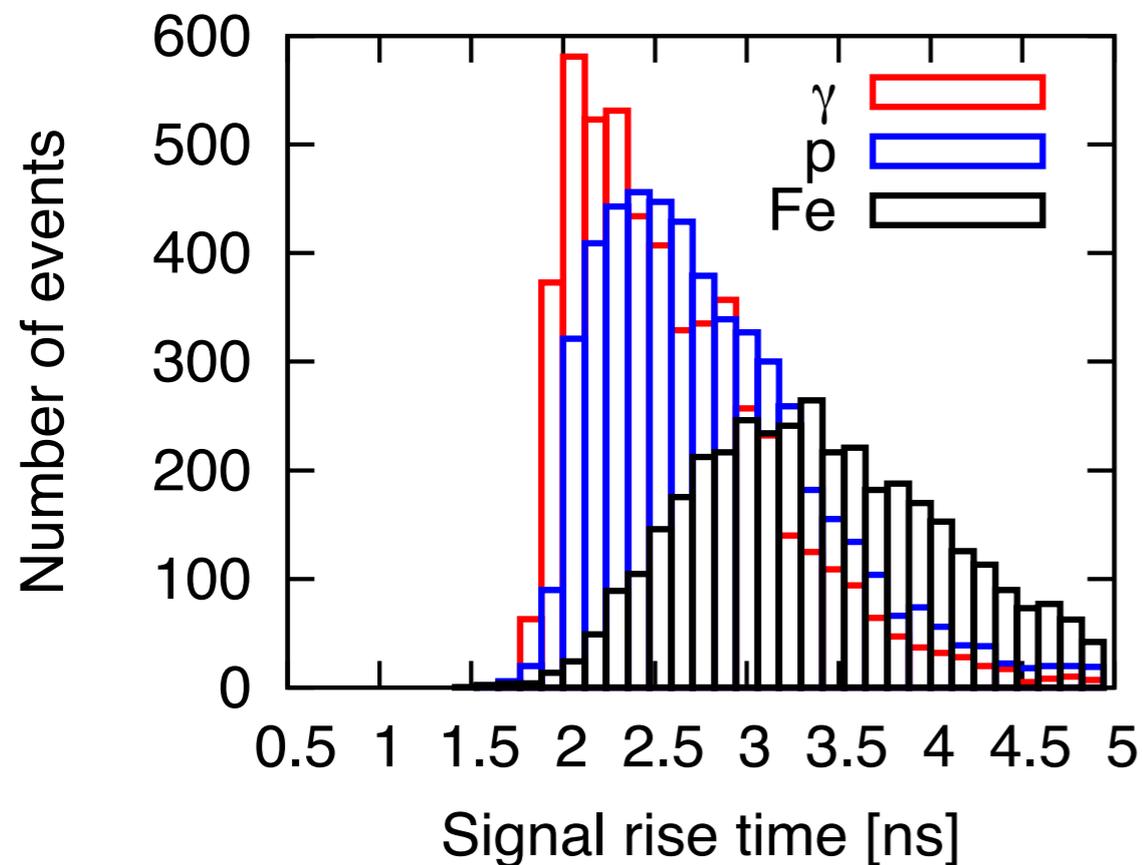
- Vergleiche rekonstruierte Größe mit simulierter Größe (Richtung, Energie, ...)
- Auflösung: Wert, bei dem 68% der Ereignisse enthalten sind
- Ergebnis: Auflösungen ähnlich wie bei anderen Observatorien (Satelliten, Cherenkov-Teleskope)



# Gamma-Hadron Separation

- Cherenkov-Signale von Gammas zeigen (nah am Kernort) kürzere Anstiegszeit
- Bei gleicher Energie dringen Gammas tiefer in die Atmosphäre ein
- Bei gleicher Eindringtiefe machen Hadronen längere Lichtpulse (weit vom Kernort entfernt)
- Benutze Kombination der verschiedenen Parameter

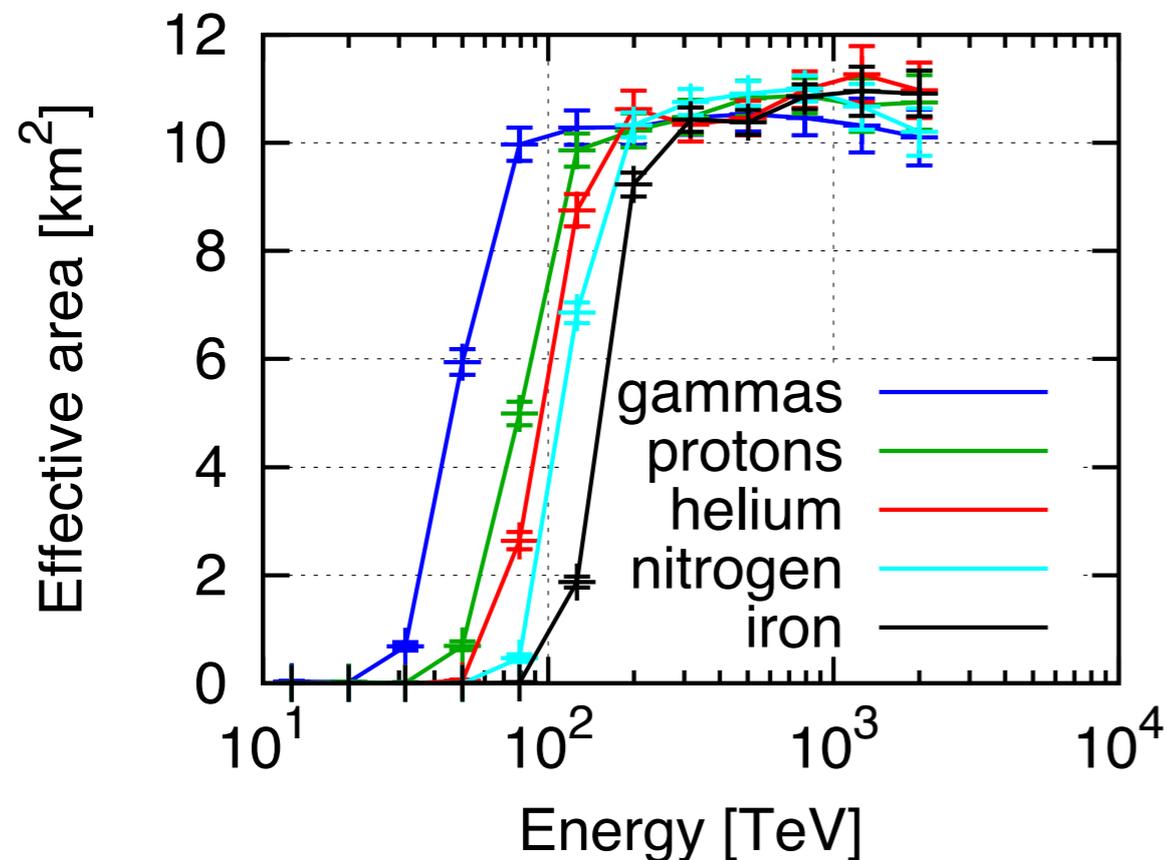
$$Q = \frac{\varepsilon(\gamma)}{\sqrt{\varepsilon(bg)}}$$



# Effektive Flächen

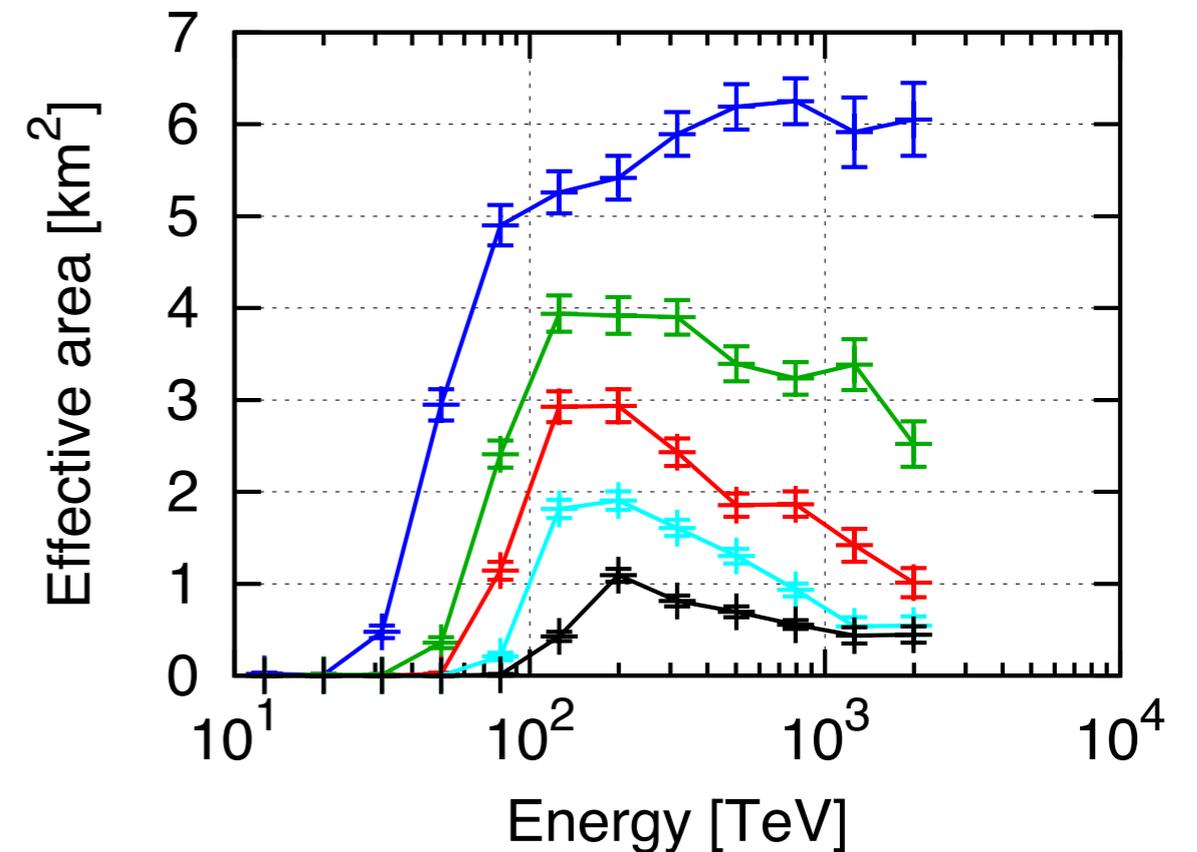
Nach Acceptance - Cuts:

- 3 getriggerte Stationen
- Kernort innerhalb des Arrays
- Zenit-Winkel bis  $25^\circ$

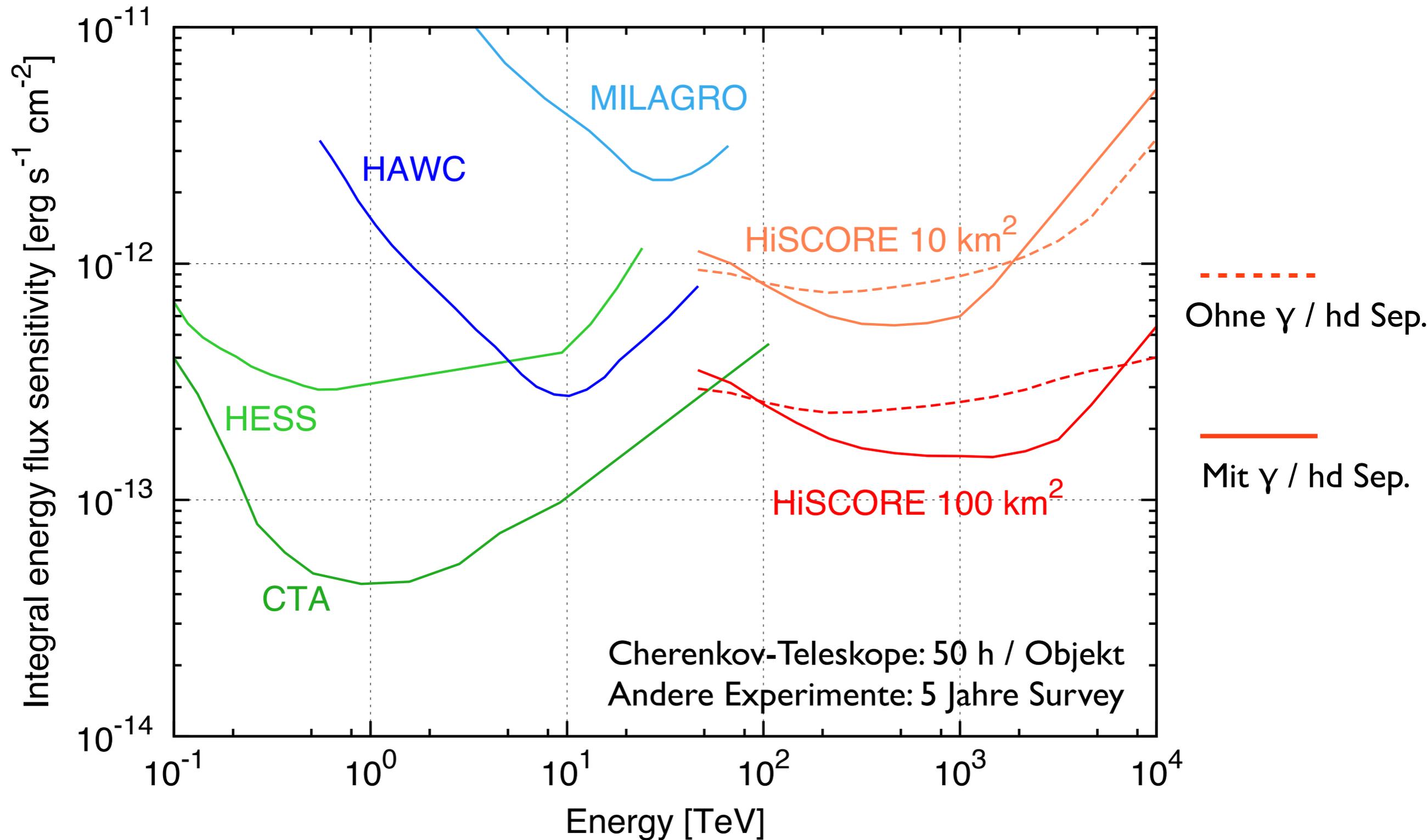


Nach Gamma / Hadron - Cuts:

- Schwere Kerne werden gut unterdrückt
- Messung der Zusammensetzung der cosmic rays auch möglich



# Punktquellensensitivität



# Zusammenfassung & Ausblick

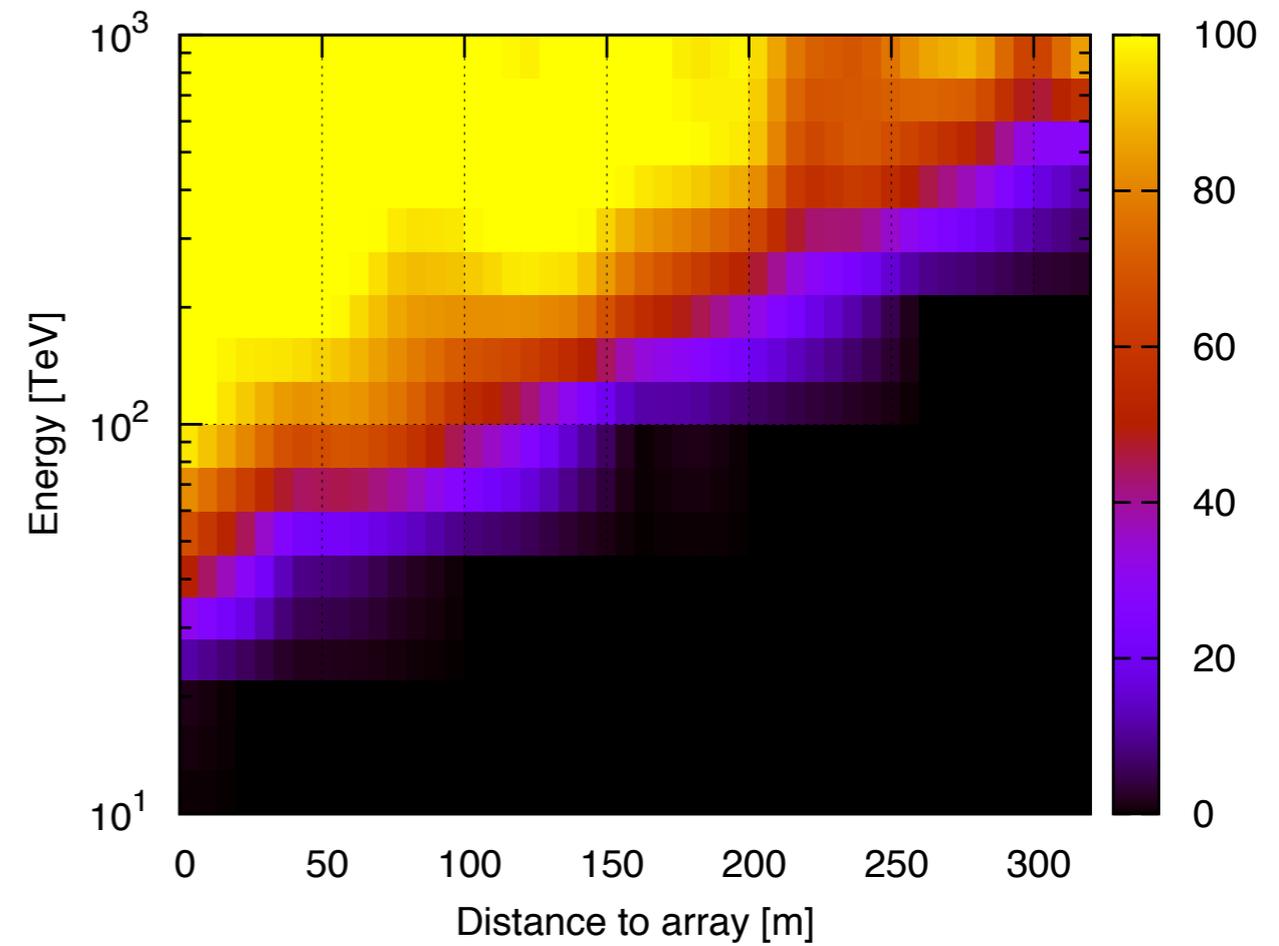
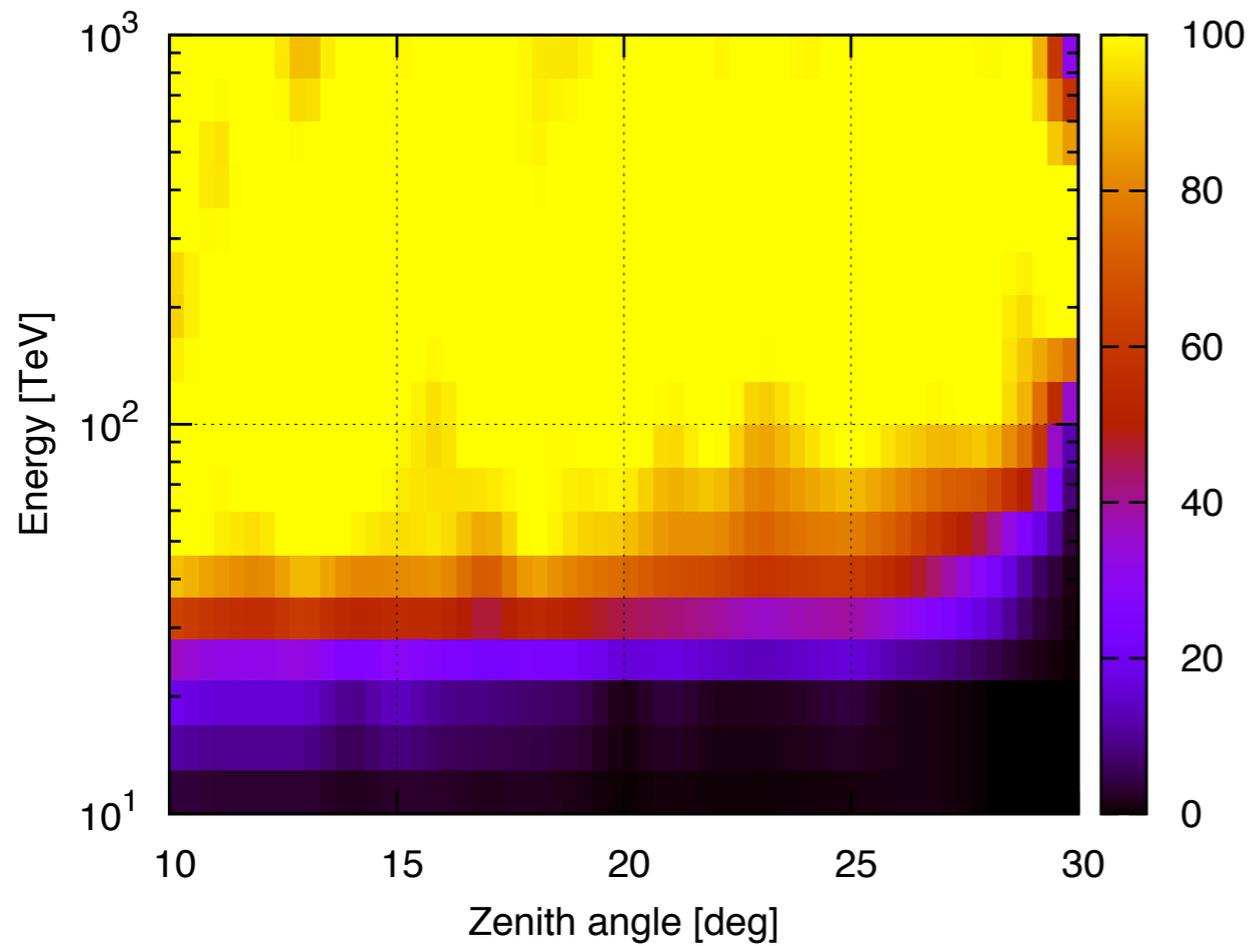
- Winkel- und Energieauflösung wie bei Cherenkov-Teleskopen
- Punktquellen-Sensitivität von etwa  $10^{-13}$  erg / s / cm<sup>2</sup>
- Bekannte VHE Gamma-Quellen können bei  $\sim 100$  TeV untersucht werden
- Großes Blickfeld => hohes Potenzial für neue Entdeckungen

	HiSCORE	H.E.S.S.
Effective area	100 km <sup>2</sup>	up to 1 km <sup>2</sup>
Energy range	50 TeV to 10 PeV	100 GeV to $\sim 30$ TeV
Field of view	0.59 sr	0.006 sr
Angular resolution	0.1° to 0.25°	0.1°
Energy resolution	10% to 15%	15%
Point source sensitivity	$2 \times 10^{-13}$ ergs s <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	$4 \times 10^{-13}$ ergs s <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>

Weitere Infos und Dokumente: [wwiexp.desy.de/groups/astroparticle/score/](http://wwiexp.desy.de/groups/astroparticle/score/)

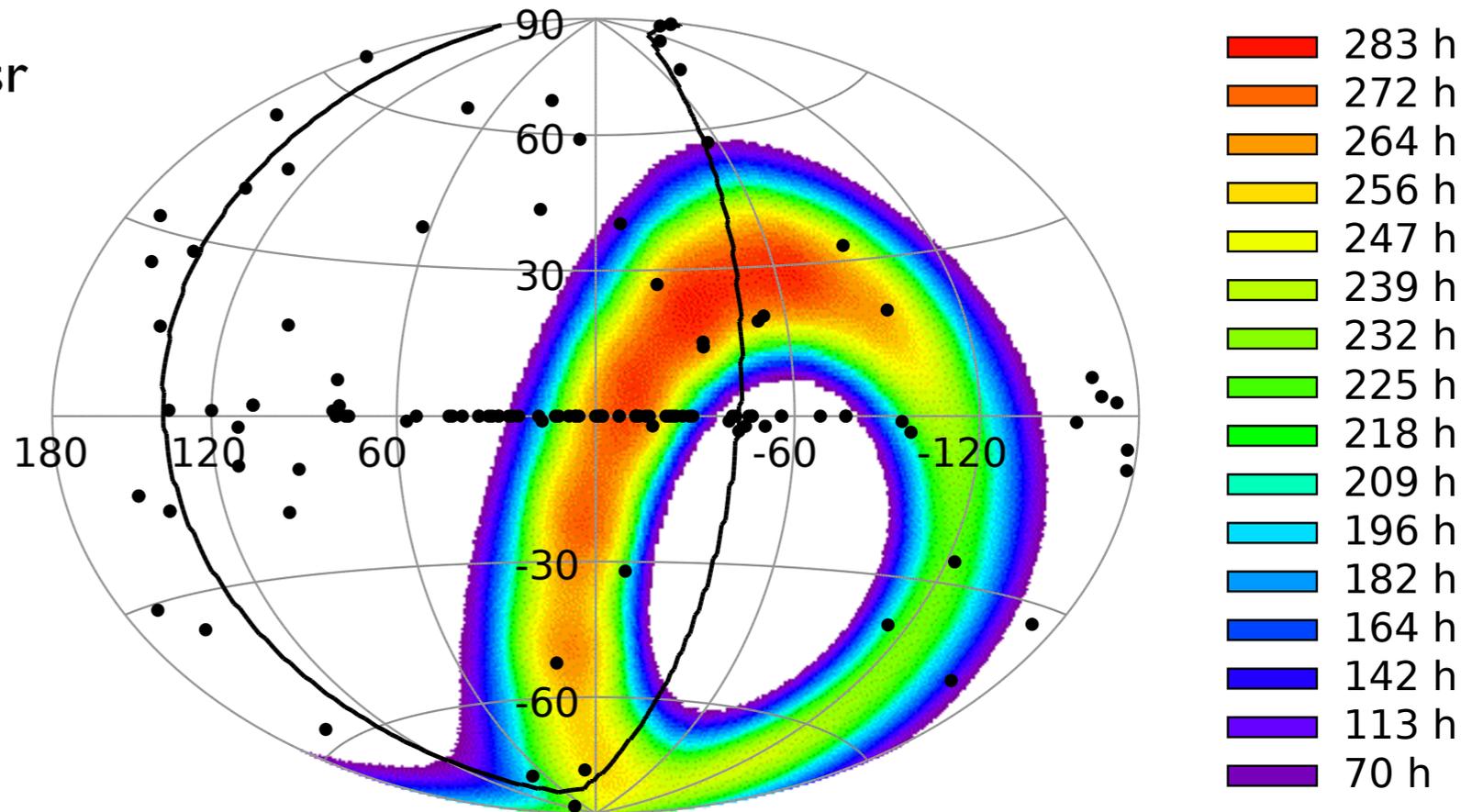
# Backup

# Detektorakzeptanz



# Beobachtbare Himmelsregionen

- Beobachtung nur bei astronomischer Dunkelheit
- Zu jedem Zeitpunkt etwa 0.6 sr
- Berücksichtige zusätzlich etwa 25% Nächte mit bedecktem Himmel
- => bis ~200 Stunden Beobachtungszeit / Jahr
- Galaktische Ebene / Galaktisches Zentrum werden gut abgedeckt



*Simulierte Beobachtungszeiten für  
Fowler's Gap, Südaustralien (31° S)*

# Simulierte Gamma-Spektren

- Extrapoliere gemessene Gamma-Spektren in den UHE Bereich
- Benutze 10 km<sup>2</sup> Detektor
- Schon nach einem Jahr ist Krebsnebel gut sichtbar
- Vela X gut sichtbar nach 5 Jahren (800 h), trotz Cut-Off im Spektrum und Ausdehnung (hier  $r = 0.8^\circ$ )

