Das Cherenkov Teleskop System des HEGRA Experiments

vorgetragen von

Andreas Daum
Max-Planck-Institut für Kernphysik Heidelberg
für die HEGRA–Kollaboration

Übersicht:

1) Physikalische Zielsetzung
2) Anforderungen an den Detektor
3) Das HEGRA Teleskop System
4) Leistungsfähigkeit des Systems
5) Zusammenfassung und Ausblick

DPG Frühjahrstagung,
München 17.-21. März, 1997

1) Physikalische Zielsetzung

Untersuchung des nicht-thermischen Universums mit Hilfe von γ Astronomie im TeV Bereich.

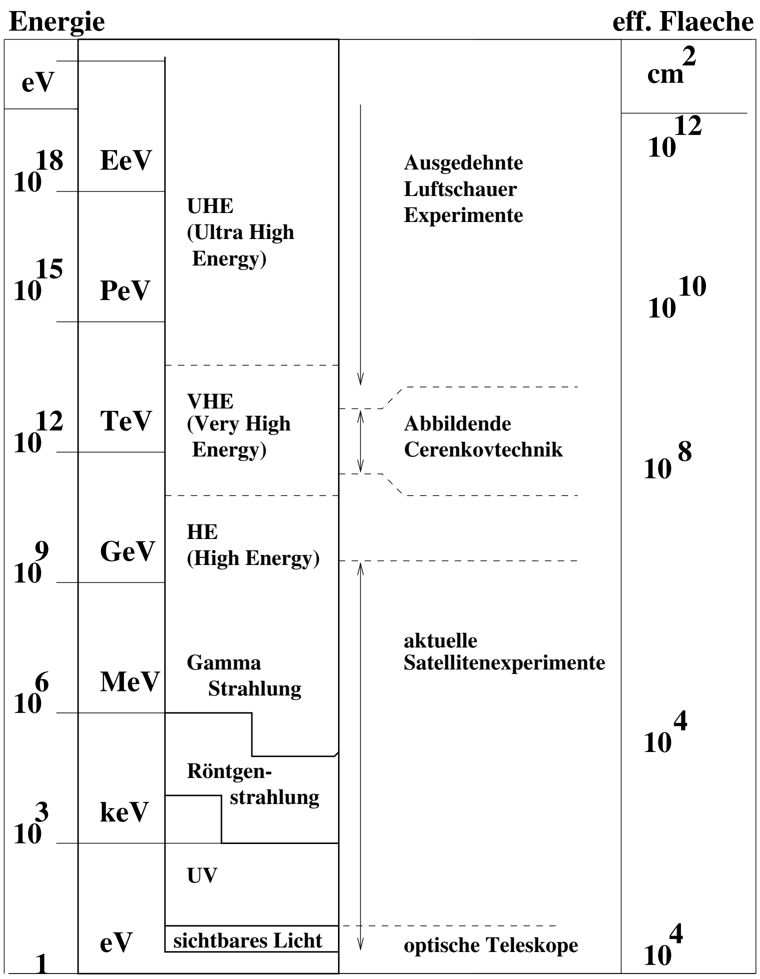
Ursprung der Kosmischen Strahlung ?

Mögliche γ - Quellen:

- Pulsar Nebel
- Super Nova Überreste
- AGN´s
- Doppelstern Systeme
- Interstellare Gaswolken nahe CR-Quellen
- Galaxie-Cluster
- Gamma-Ray-Burst
- .....

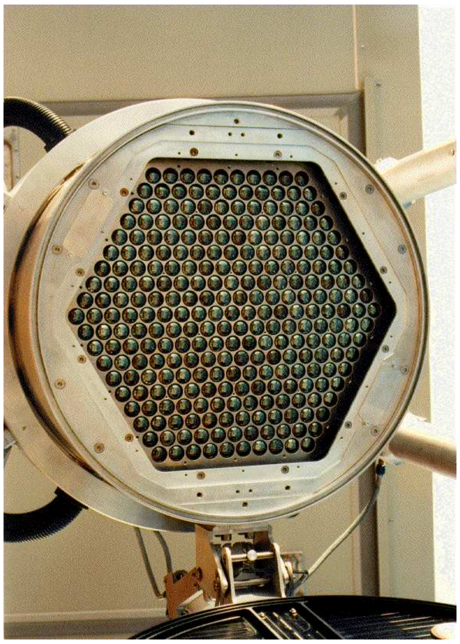
2) Detektor Anforderungen

- Einige Grad Gesichtsfeld
- Richtungs-Rekonstruktion
- Energie Bestimmung $\rightarrow$ Spektroskopie
- TeV Energiebereich
- Effektive Nachweisfläche $\approx 10^8 cm^2$

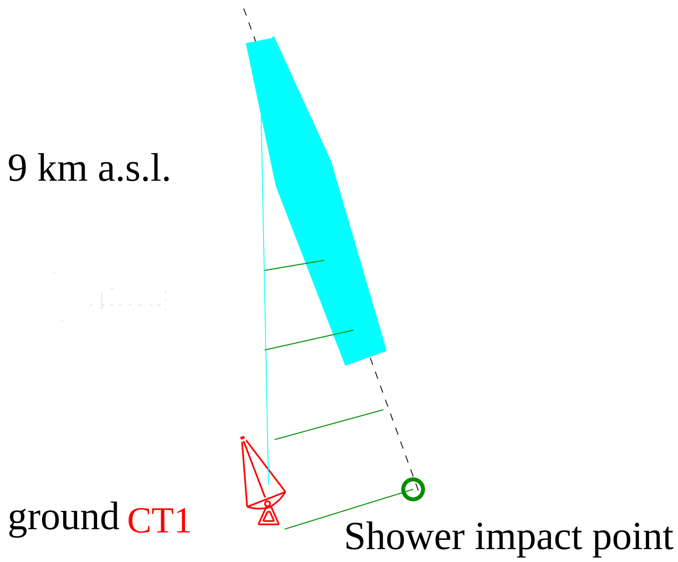


Aufbau eines Cherenkov Teleskops

HEGRA
CT3:
Spiegel
mit
Kamera
in der
Fokalebene



Kamera:
Matrix aus PMTs


9 km a.s.l.
ground
CT1
Shower impact point

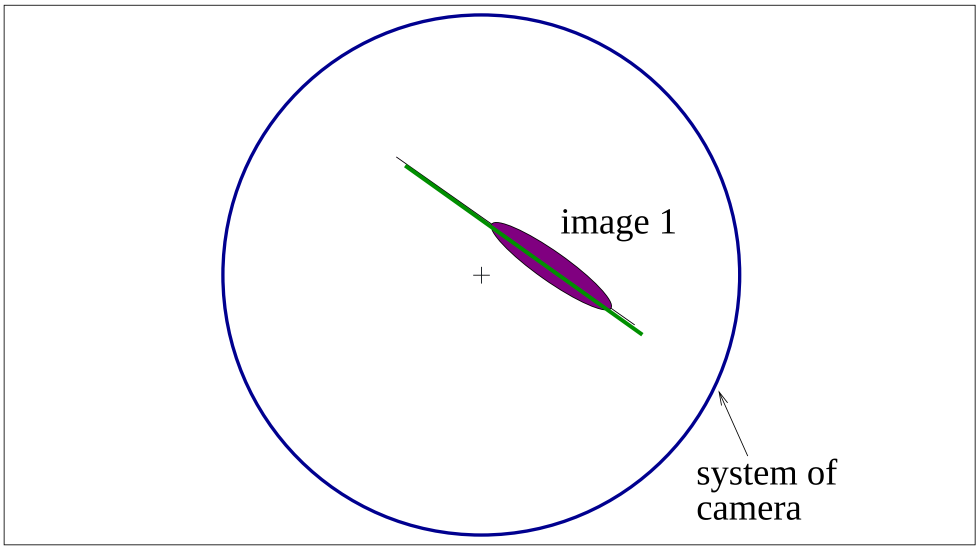


image 1
system of
camera

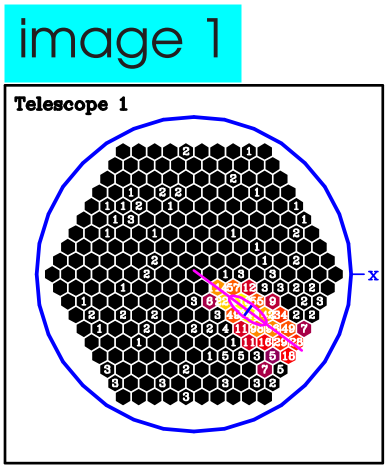
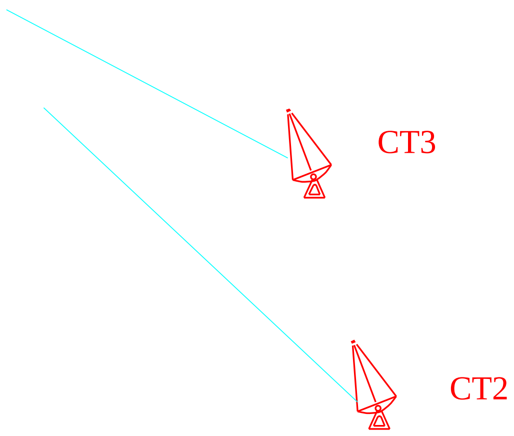
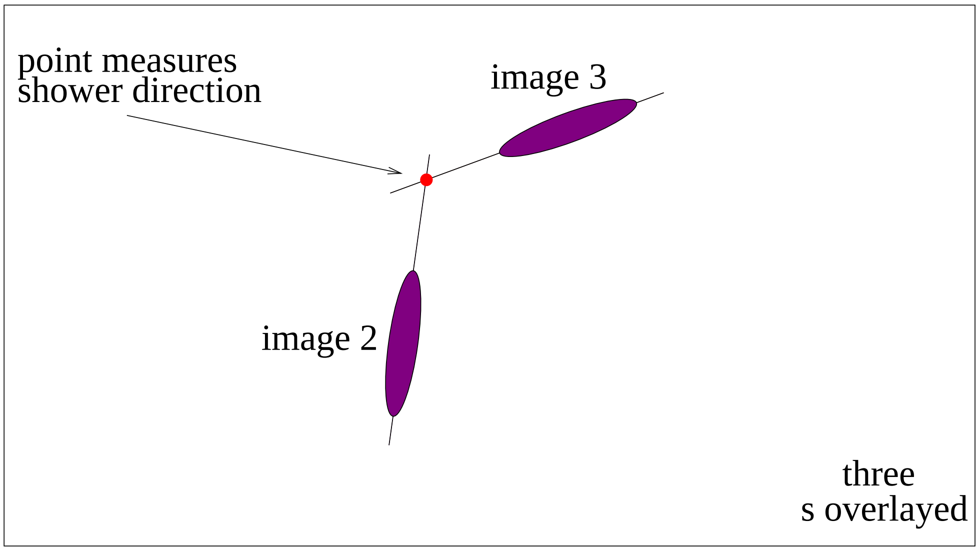


image 1
Telescope 1
x


CT3
CT2


point measures
shower direction
image 3
image 2
three
s overlayed

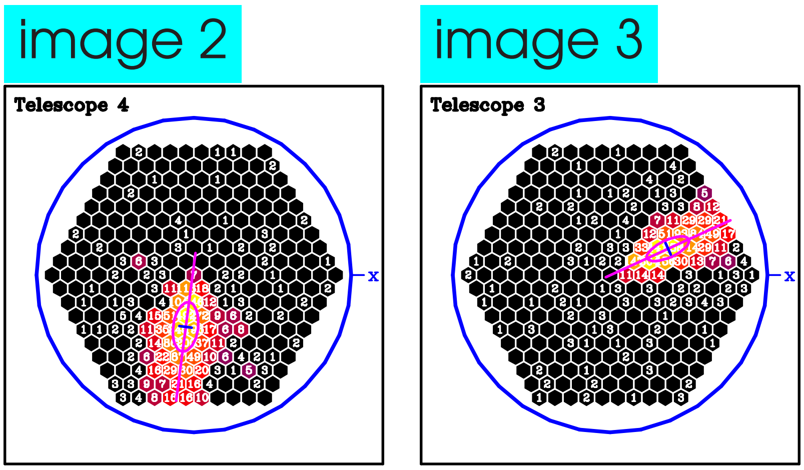
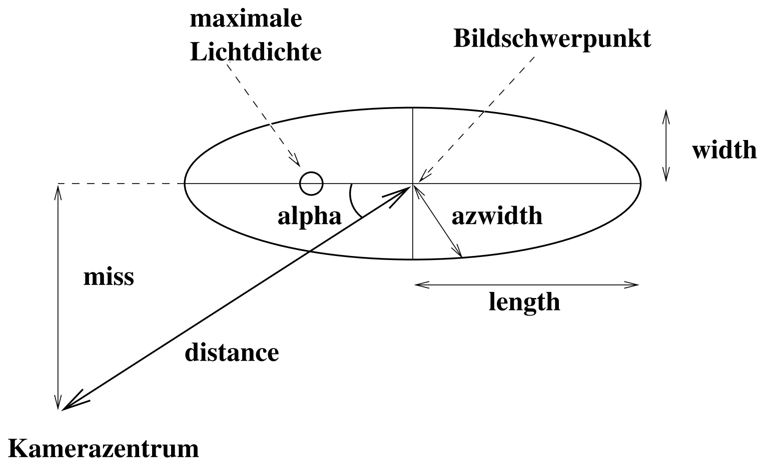
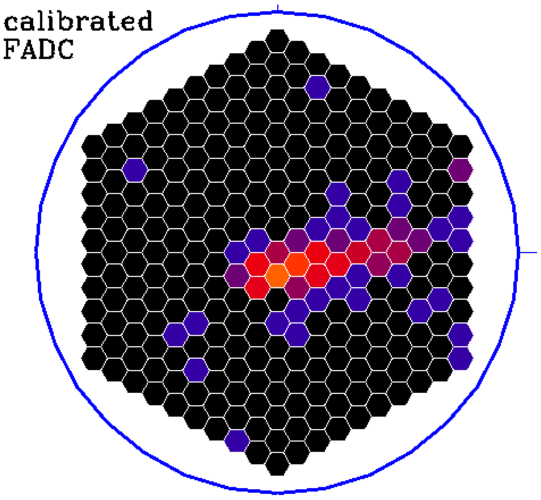


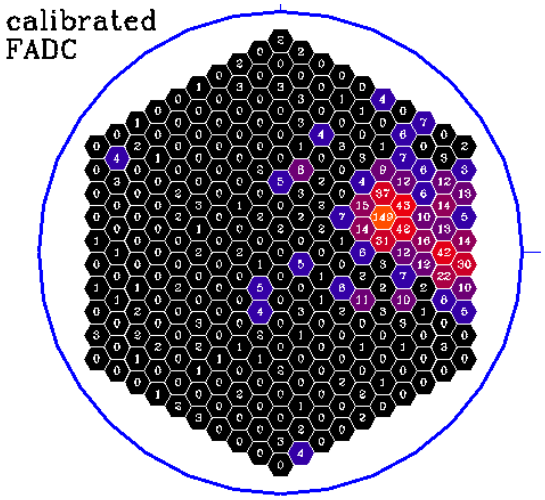
image 2
Telescope 4
x
image 3
Telescope 3
x

Hillas Parameter zur Beschreibung der Kamerabilder





Gamma Kandidat



Hadron Kandidat

Stereoskopische Beobachtungen

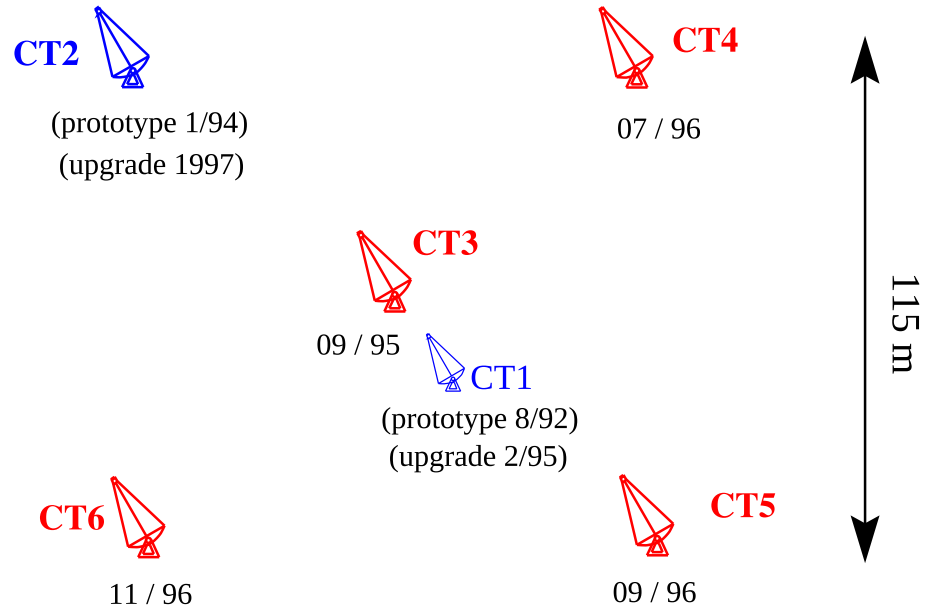
$\Rightarrow$ 3–dimensionale Rekonstruktion von Luftschauern auf event by event Basis und exakte Bestimmung der Schauer Parameter

$\rightarrow$ Richtung	0.1^o
Impakt Position	15 m
Energie	20 %
Schauer Maximum	1 X_0

Was bedeutet dies ?

- Verbesserte Sensitivität für punktförmige Quellen
- Auflösung ausgedehnter Quellen
- OFF-axis Messung von Quellen ermöglicht
- Genaue Messung der Spektren
- Verbesserte Untergrund Unterdrückung:
  - $\longrightarrow$ keine Nachthimmels-Trigger
  - $\longrightarrow$ keine Trigger durch lokale Müonen
  - $\longrightarrow$ Verbesserte Hadron Unterdrückung, da Energie/Distance abhängige Selektionskriterien möglich.

3) Das HEGRA CT System



System Teleskope: CT3 – CT6, (CT2)

Spiegel: 8.5 m^2
Kamera: 271 Pixels (0.25^o), FoV: 4.3^o

Prototyp Teleskop CT1:

Spiegel: 5.0 m^2
Kamera: 127 Pixels (0.25^o), FoV: 3.2^o

Prototyp Teleskop CT2:

Spiegel: 8.5 m^2
Kamera: 61 Pixels (0.43^o), FoV: 3.6^o

Technisches Konzept

- Elektronik lokal vor Ort (VME Standard)
- 'autarke' Einzelteleskope
- lokales Ethernet $\rightarrow$ online event building
- 'intelligenter', mehrstufiger Trigger:

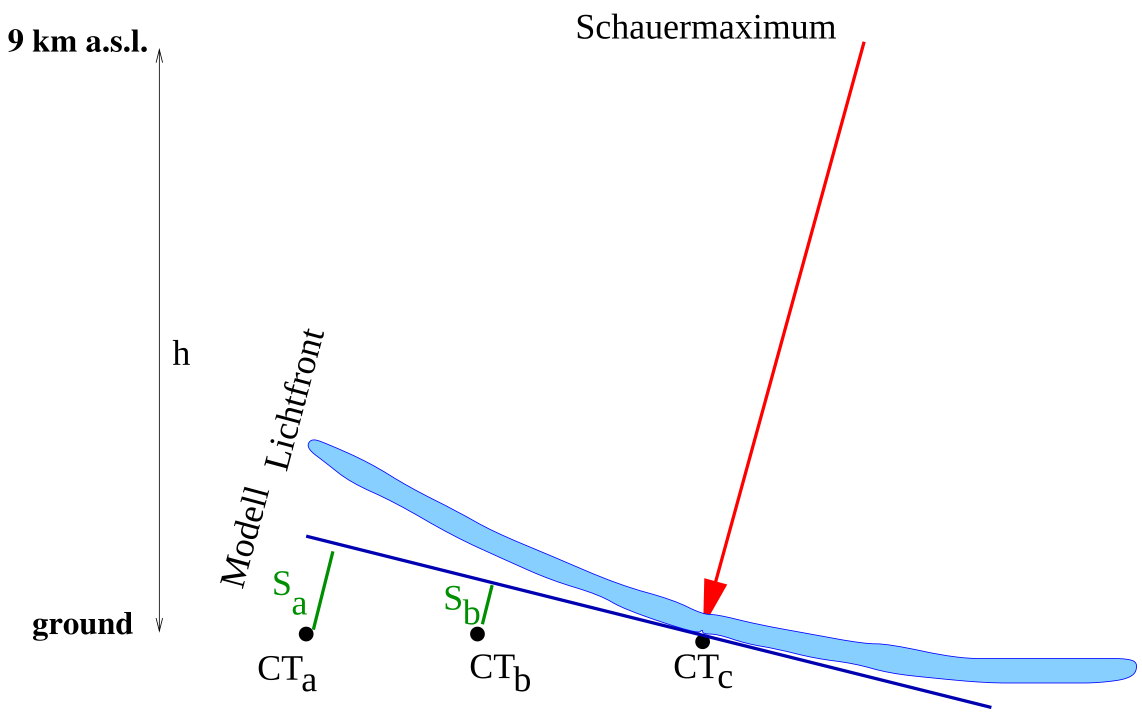
  Teleskop: 2/271 $>$ 8 p.e.

  Teleskop: Nächster-Nachbar-Trigger

  CT-System: 2/N Teleskop Koinzidenz
- 120MHz FADC System,

  Buffer für einige μsec in Hardware
- Messung der Licht-Ankunfts-Zeiten
- Steuerung des Systems von einem Terminal

System Trigger



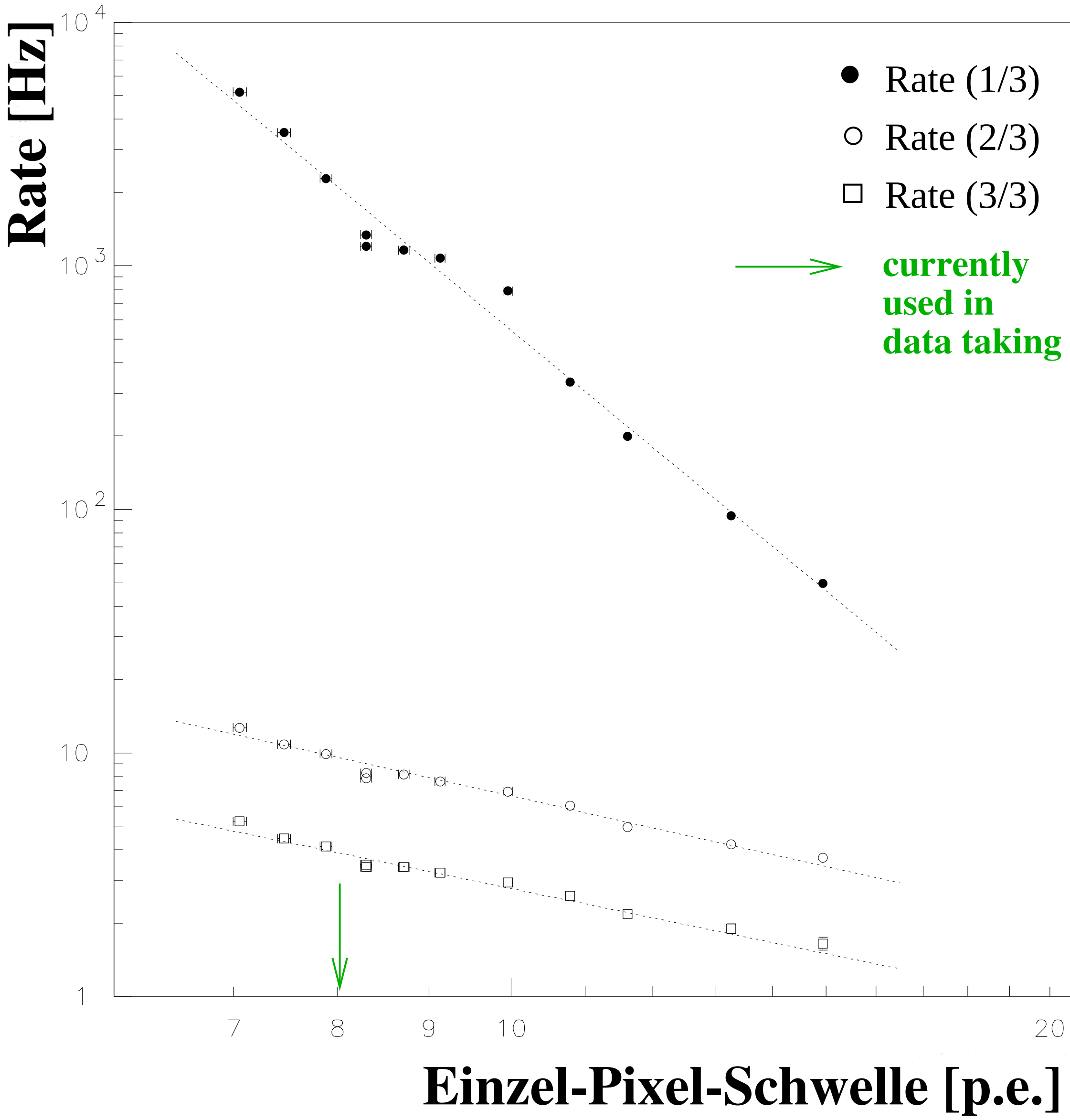
Online Timing Aspekte:

- Ebene Schauerfront $\rightarrow$ Timing unabhängig von Schauer Impact point
- ALT-AZM Richtungsabhängige Verzögerungen der Teleskop Trigger Signale

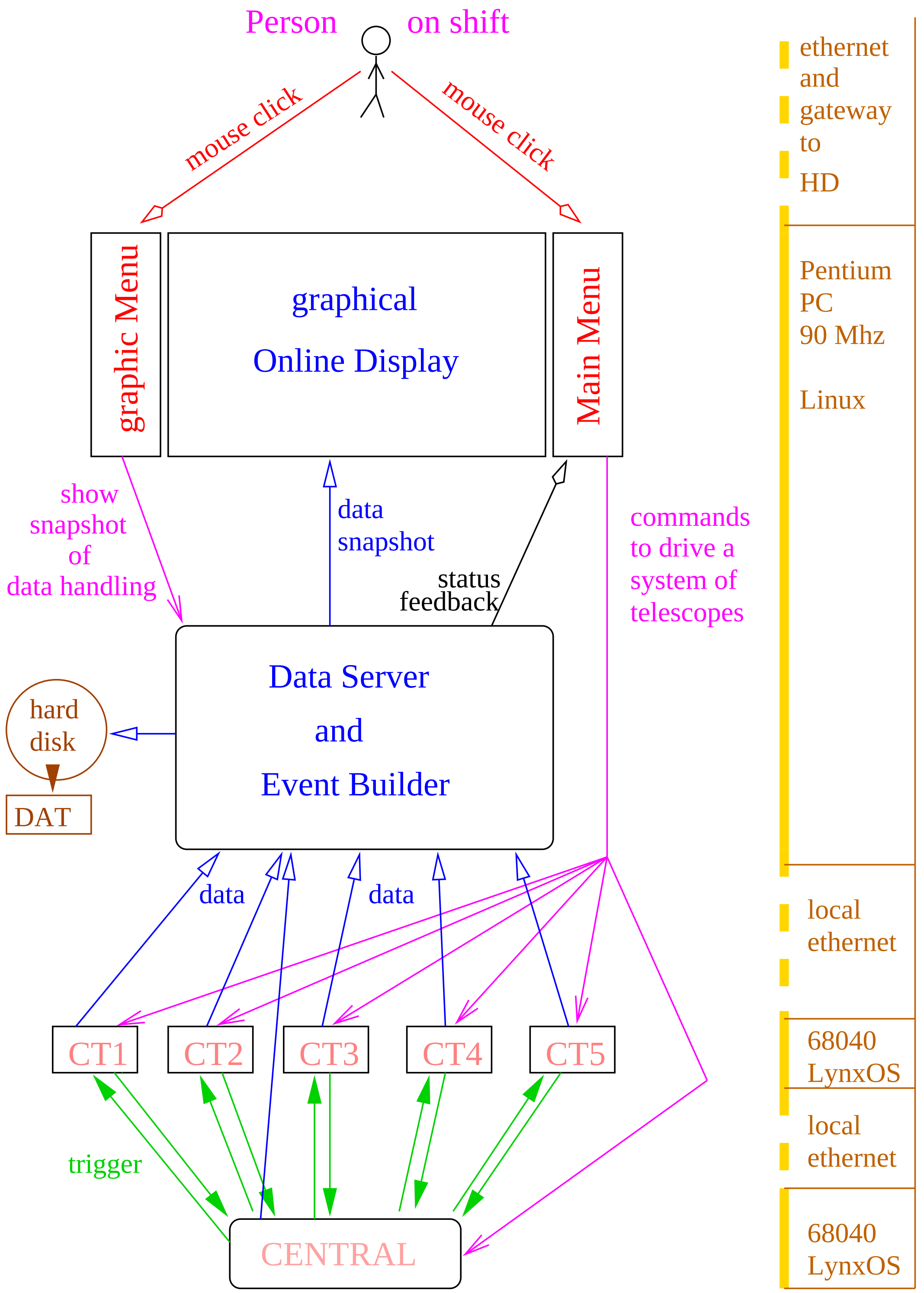
Offline Timing Aspekte:

- Konsistenztest für Richtungs-Rekonstruktion aus stereoskopischem Imaging $\rightarrow$ T109.3
- Richtungs-Rekonstruktion aus Timing $\rightarrow$ kombinierte Rekonstruktion Imaging+Timing

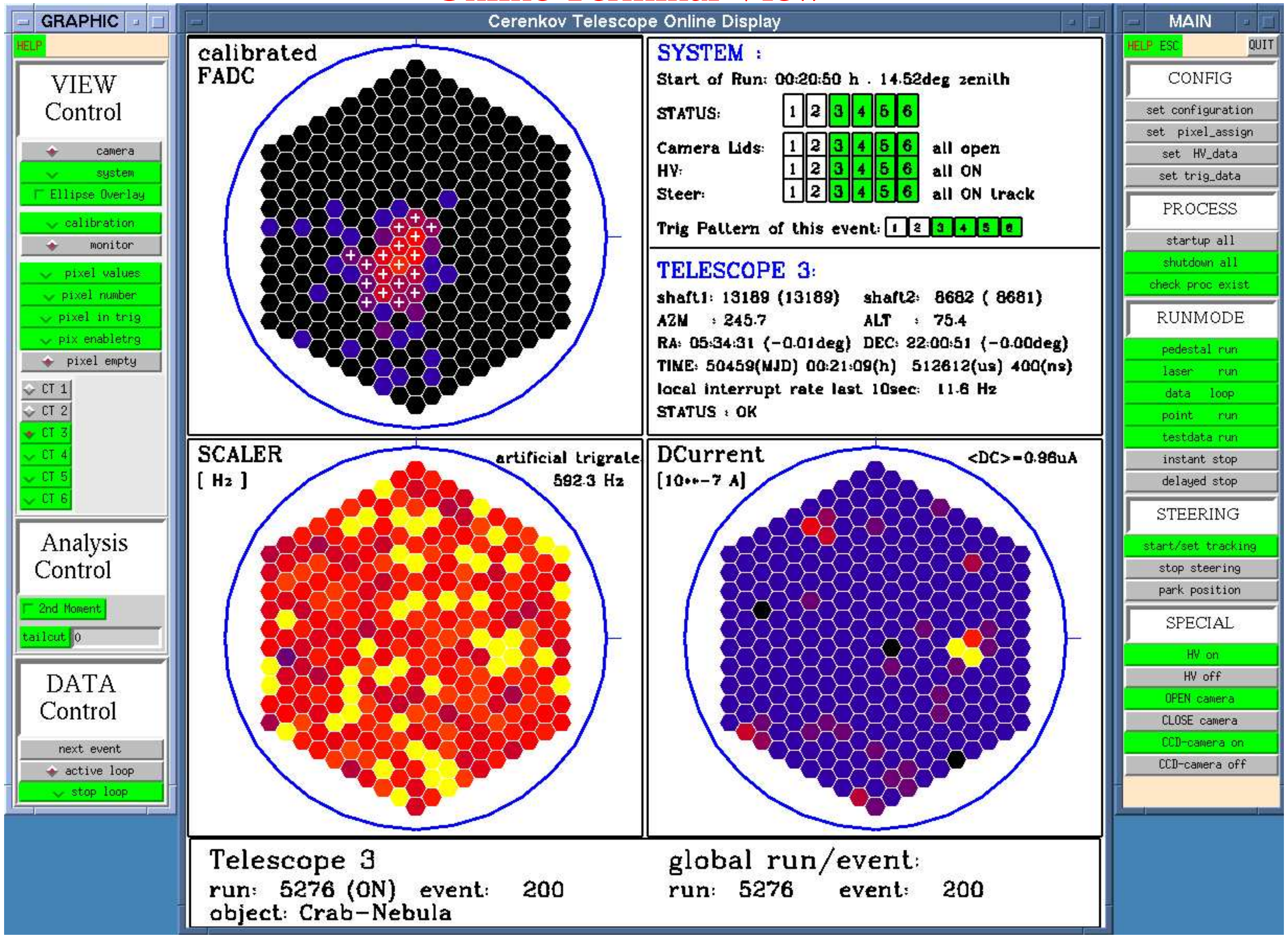
Trigger Raten



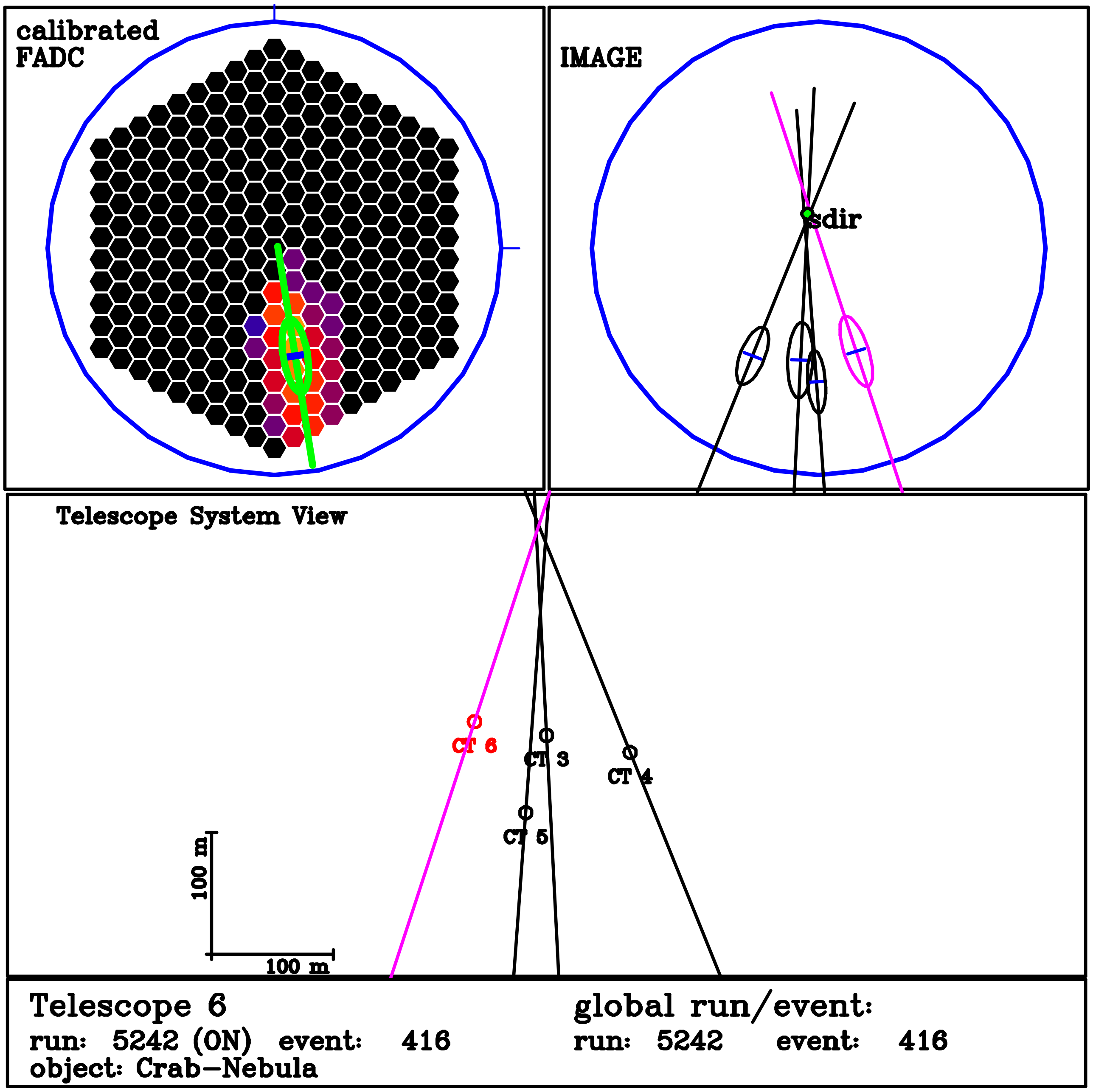
Architektur der DAQ



Online Terminal View



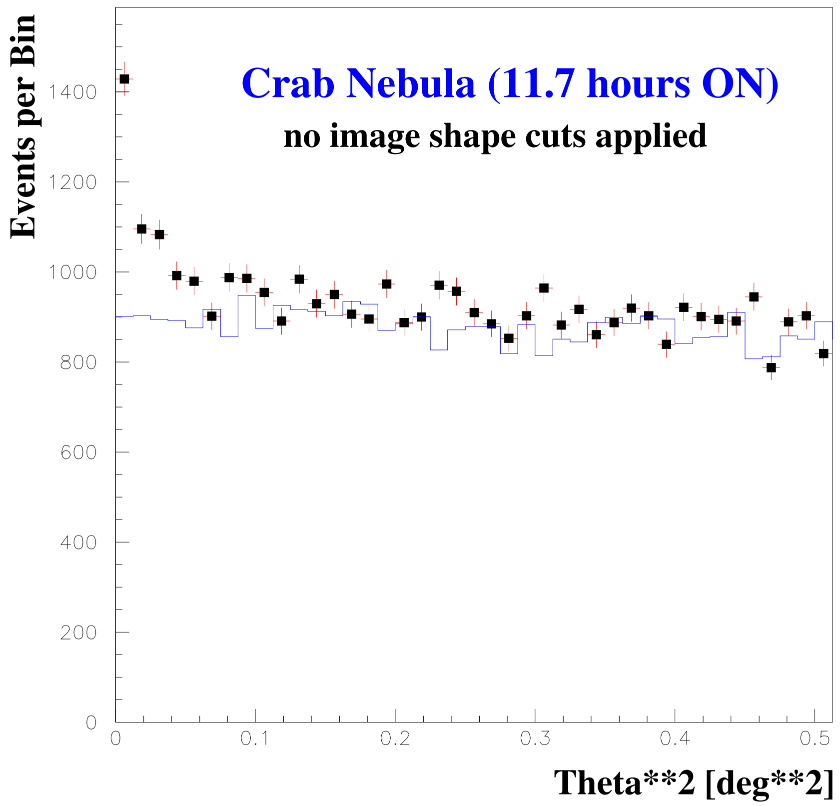
4-Teleskop Event



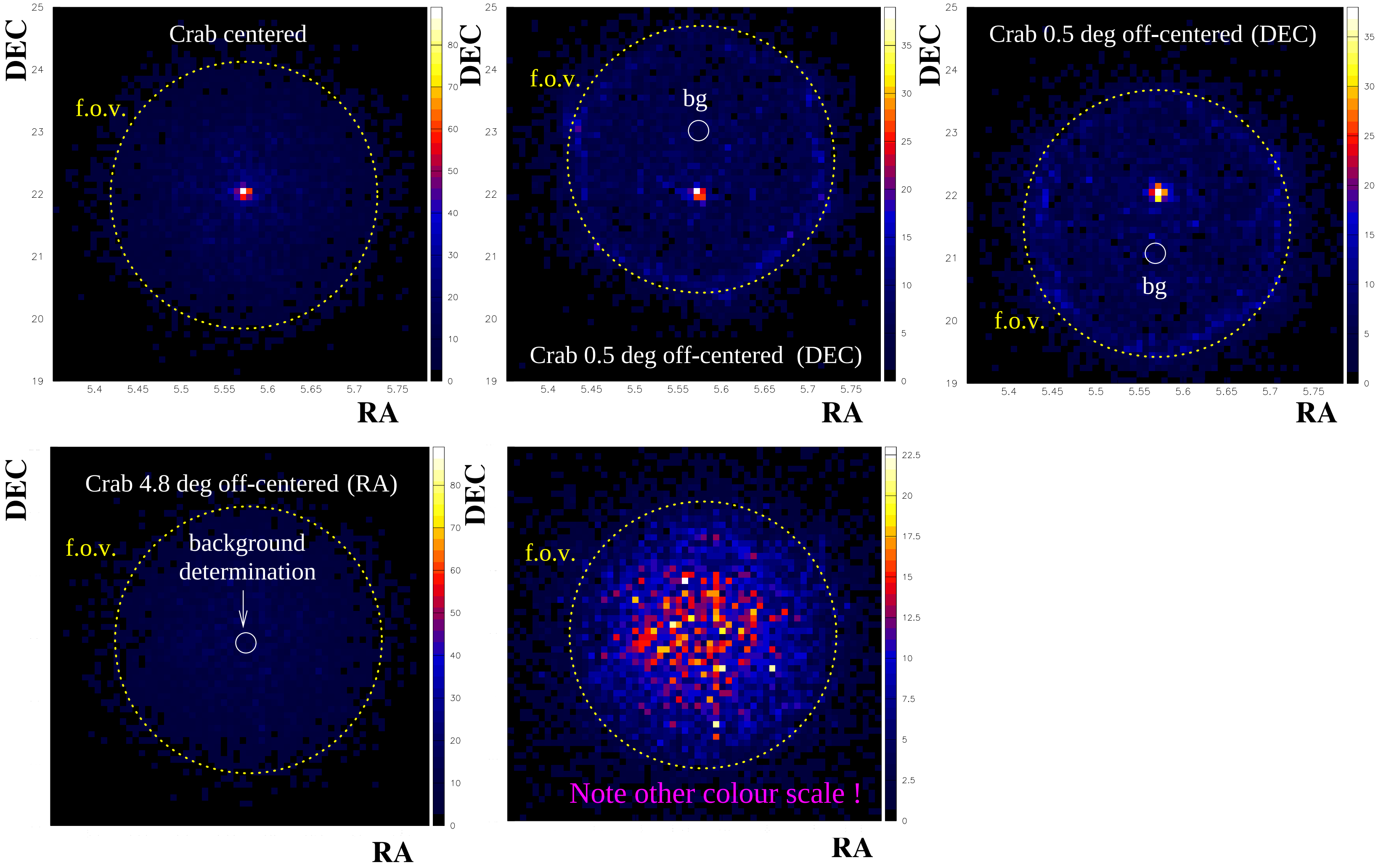
→ T109.2

4) Leistungsfähigkeit des Systems

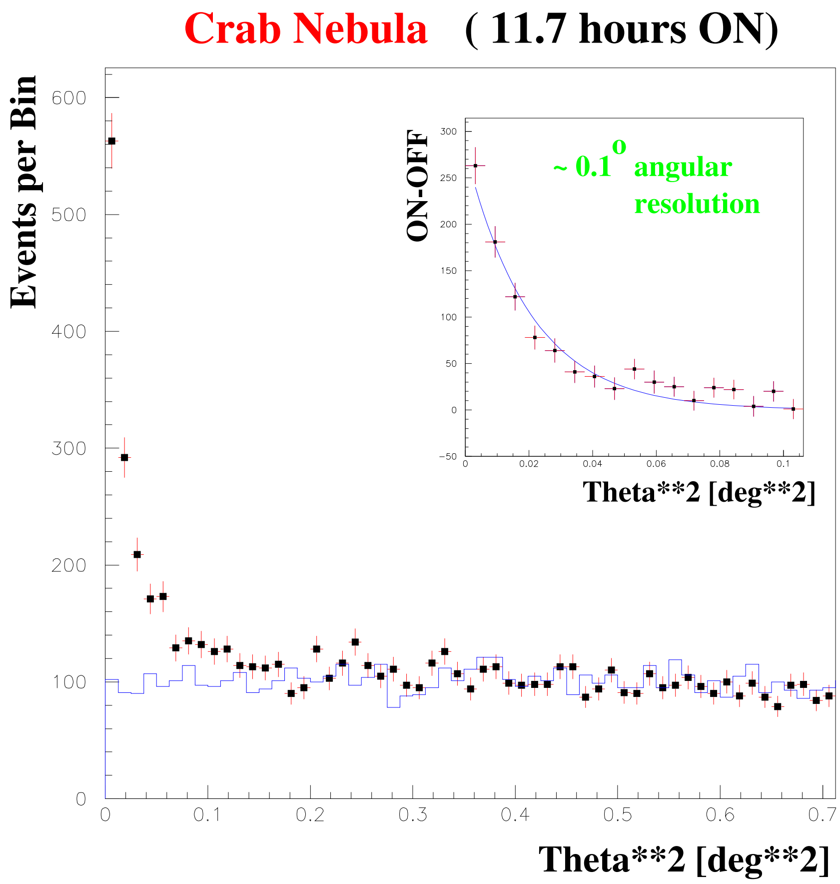
Teleskope:	CT3,4,5,6 System
Objekt:	Krebs-Nebel
Periode:	Dez. 1996 – Jan. 1997
Mode:	ON/OFF und OFF-CENTER
Trigger:	2 Kamera-Pixel > 8 p.e.
	2 Teleskop-Koinzidenz
Prefilter:	2-level tailcut (3,6) p.e.
	3.tes Pixel im Bild
Analyse:	Stereoskopische Rekonstruktion



Study of stereoscopic reconstruction of shower directions



Krebs-Nebel 4 Teleskop-System



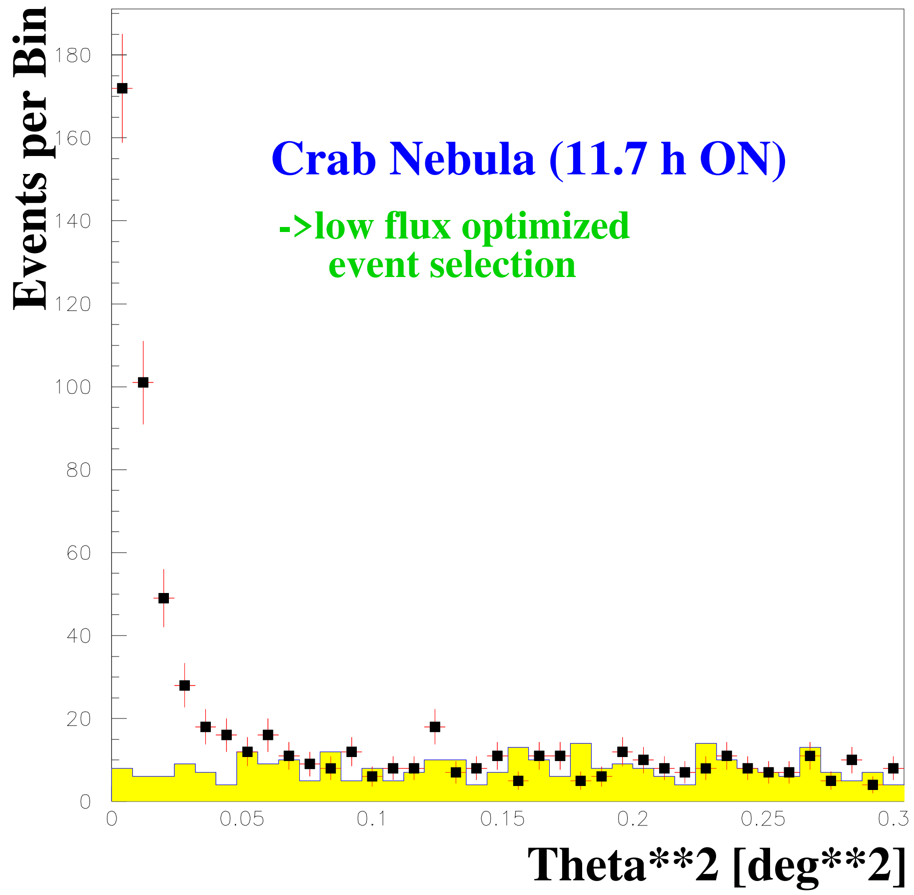
$$\left(\frac{dN}{d\Theta^2}\right)_{CR} = konstant, \qquad \left(\frac{dN}{d\Theta^2}\right)_{Source} \propto e^{-\Theta^2/2\sigma^2}$$

Zenit-Winkel abhängiger cut auf $< width >$:

$\rightarrow$ 708 $\pm$35 Überschuß Ereignisse in $\Theta^2 < 0.03 Grad^2$
61 Ereignisse/Stunde

$\rightarrow$ $> 20\ \sigma$ stat. Signifikanz des Signals

Studie für Quellen mit kleinem γ Fluß



In $\Theta < 0.13$ Grad:

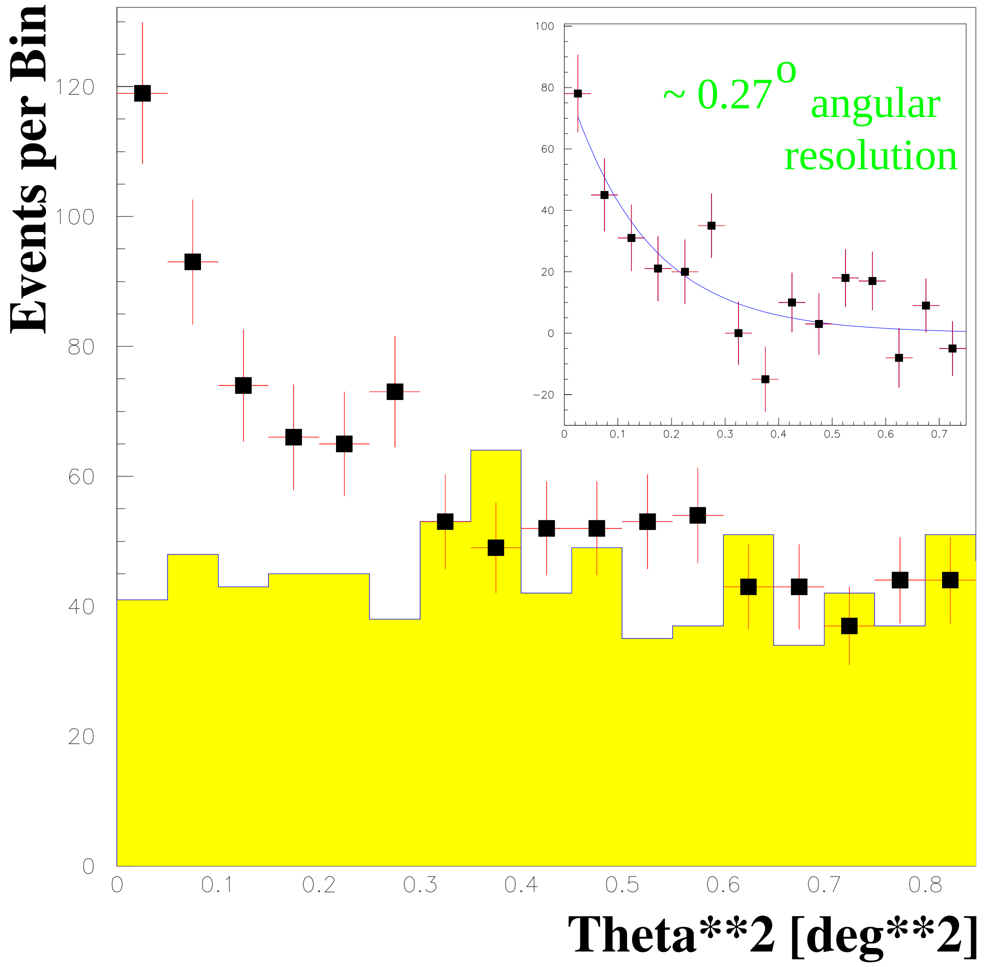
$\rightarrow$ 23 Überschuß Ereignisse pro Stunde

1.2 Untergrund Ereignisse pro Stunde

$\rightarrow$ Punkt-Quelle mit 3% Fluß des Krebs-Nebels wäre in 100h ON mit $\approx 5\ \sigma$ Signifikanz zu sehen

Richtungs-Rekonstruktion aus Timing

Schauer-Impact-point aus Imaging
Schauer-Richtung aus Timing-Fit



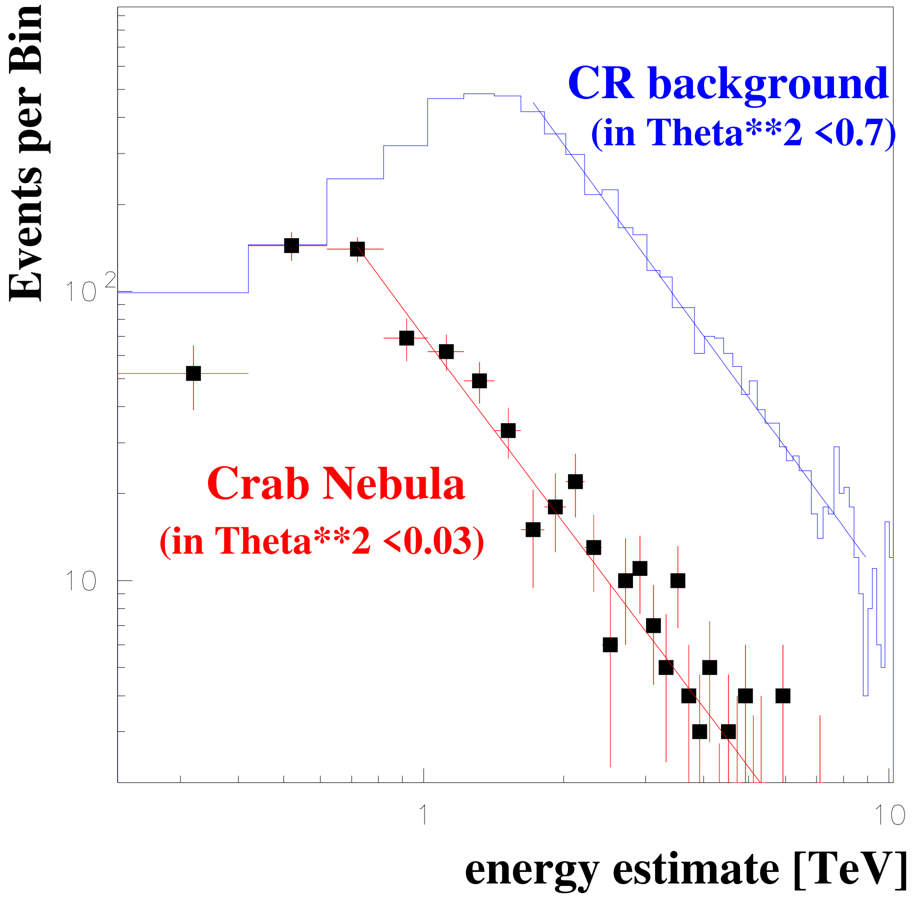
$\longrightarrow$ Rekonstruktion aus Timing funktioniert

Energie Schwelle

Monte Carlo γ's

$\rightarrow$ kombinierter Fit der Schauer

Richtung, Core, Energie



$\rightarrow$ γ-Energie Schwelle $\approx$ 500 GeV

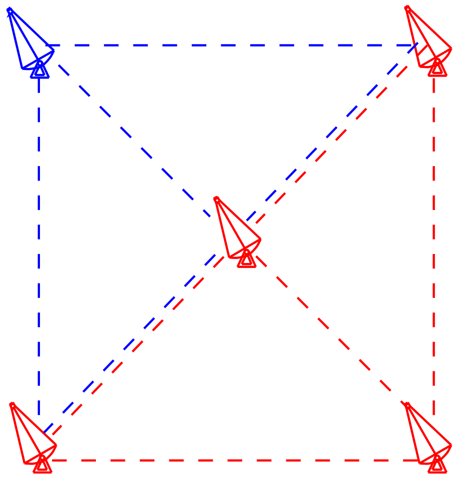
5) Zusammenfassung und Ausblick

Stereoskopische Beobachtung funktioniert !

Winkel Auflösung	$\approx 0.1^o$
Sensitivität	$\approx$ 3% Krebs-Nebel γ Fluß
Energie-Schwelle	$\approx$ 500 GeV

Off-center Beobachtung funktioniert

Richtungs-Rekonstruktion aus Timing funktioniert



$\rightarrow$ **Erwartung für 5 CT–System :**

Winkel Auflösung $< 0.1^o$

Sensitivität: Φ_{min} (E>1 TeV)$< 5 \cdot 10^{-13}$ cm^{-2}s^{-1}