

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY CTA

EIN NEUES PROJEKT AM DESY

Stefan Schlenstedt



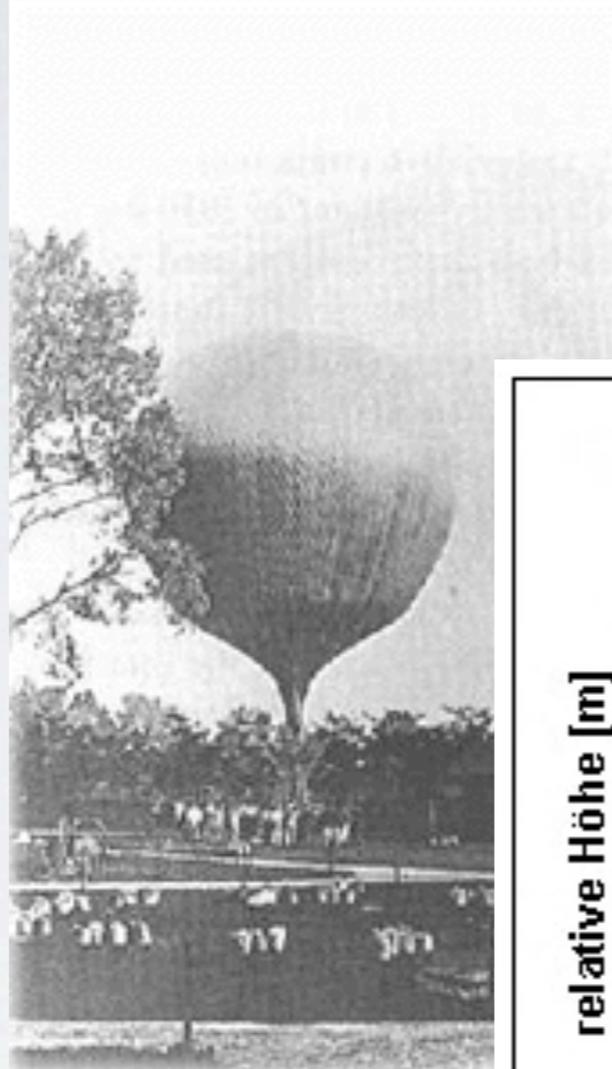
DESY, Zeuthen, Technisches Seminar 12.1.2010

KOSMISCHE STRAHLUNG

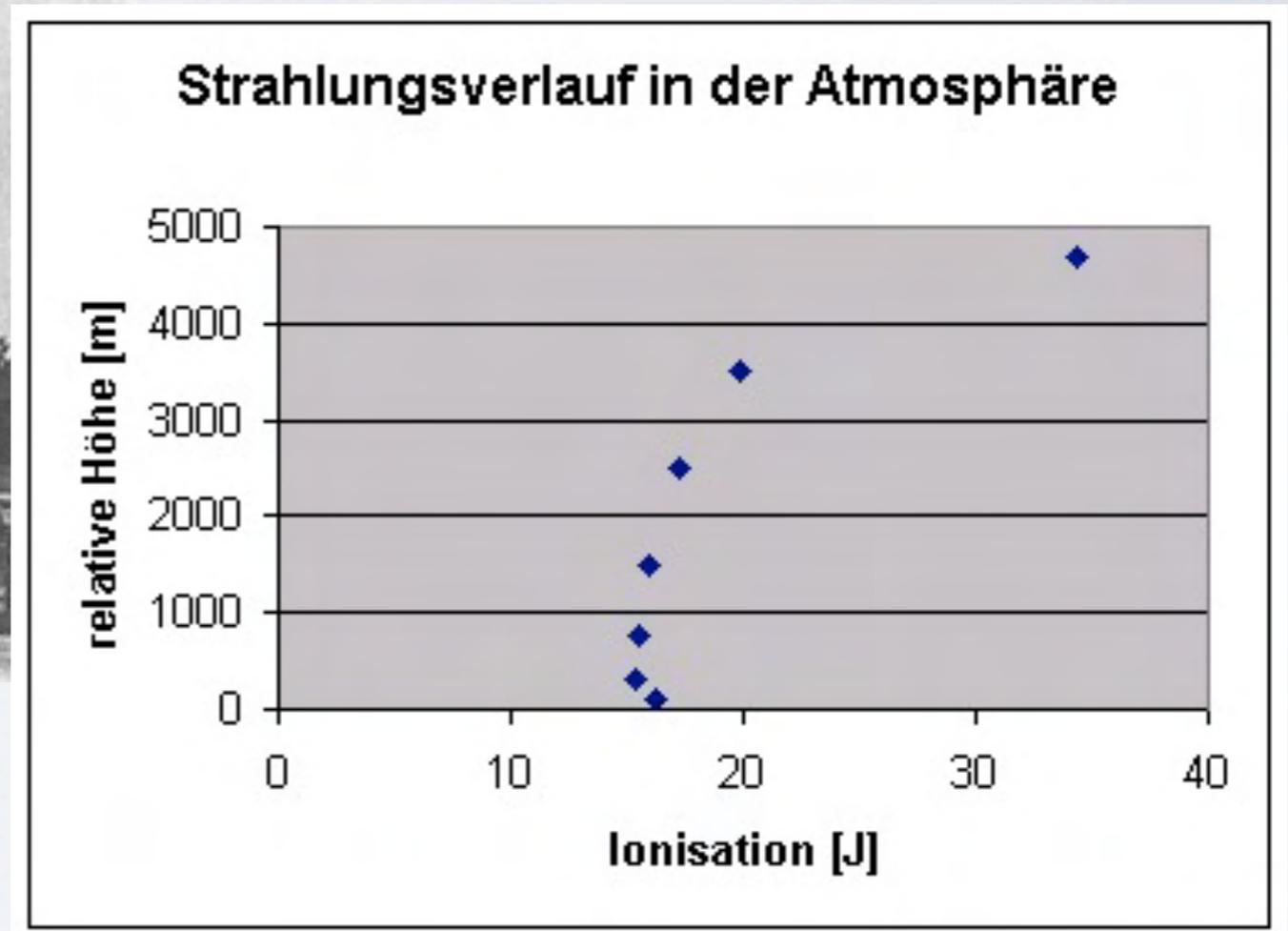


Victor F. Hess 1912
(Nobel-Preis 1936)

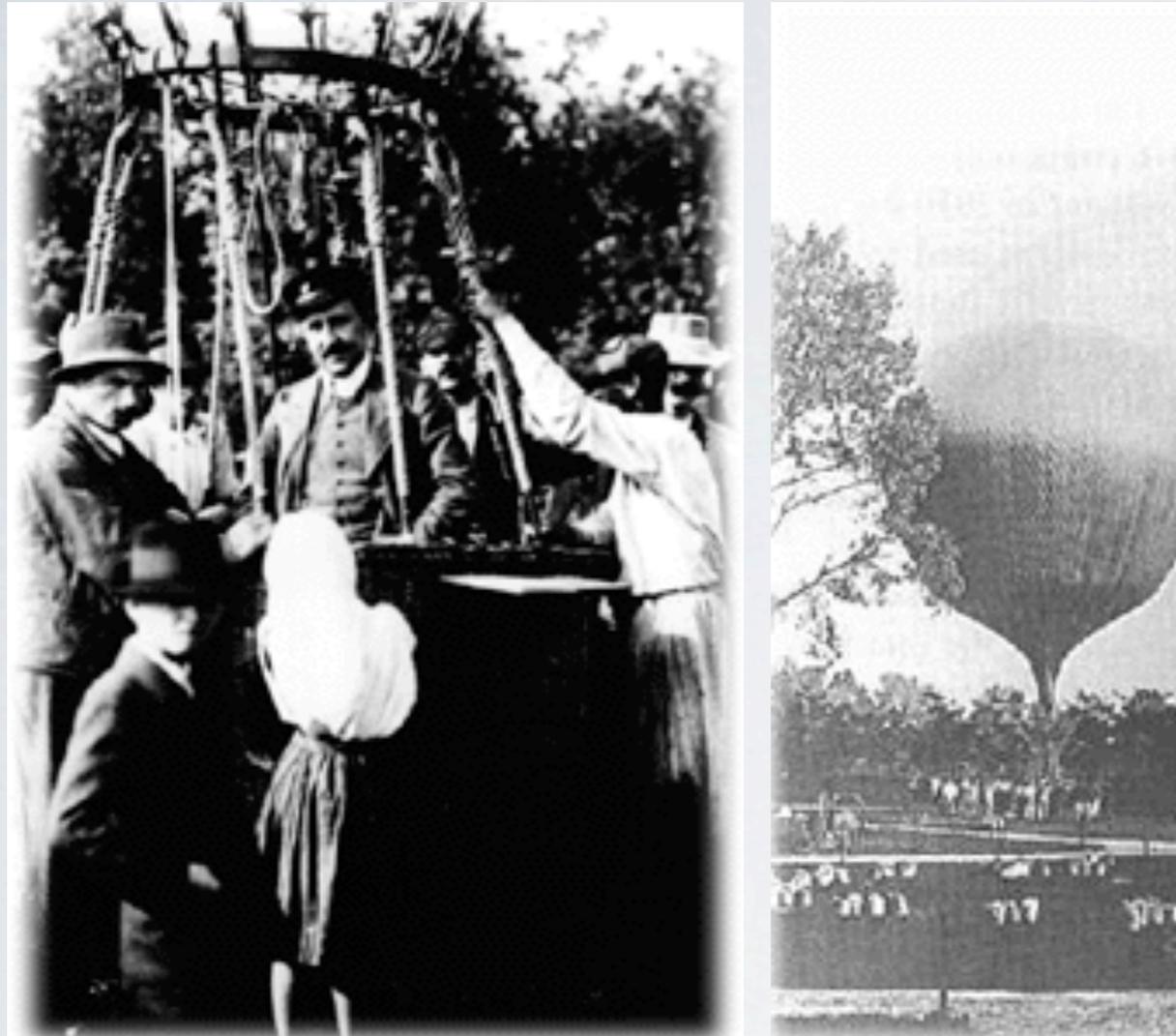
KOSMISCHE STRAHLUNG



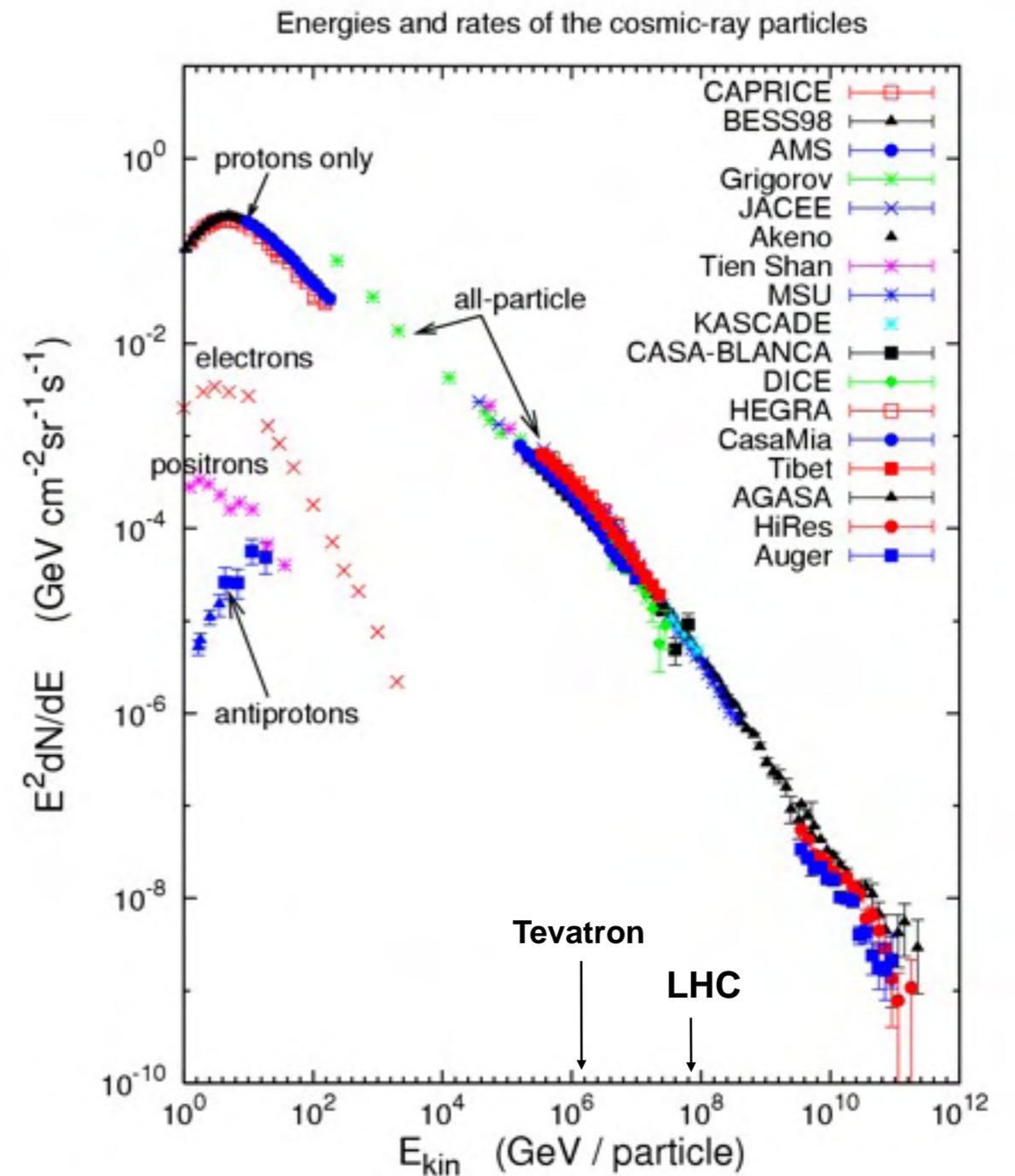
Victor F. Hess 1912
(Nobel-Preis 1936)



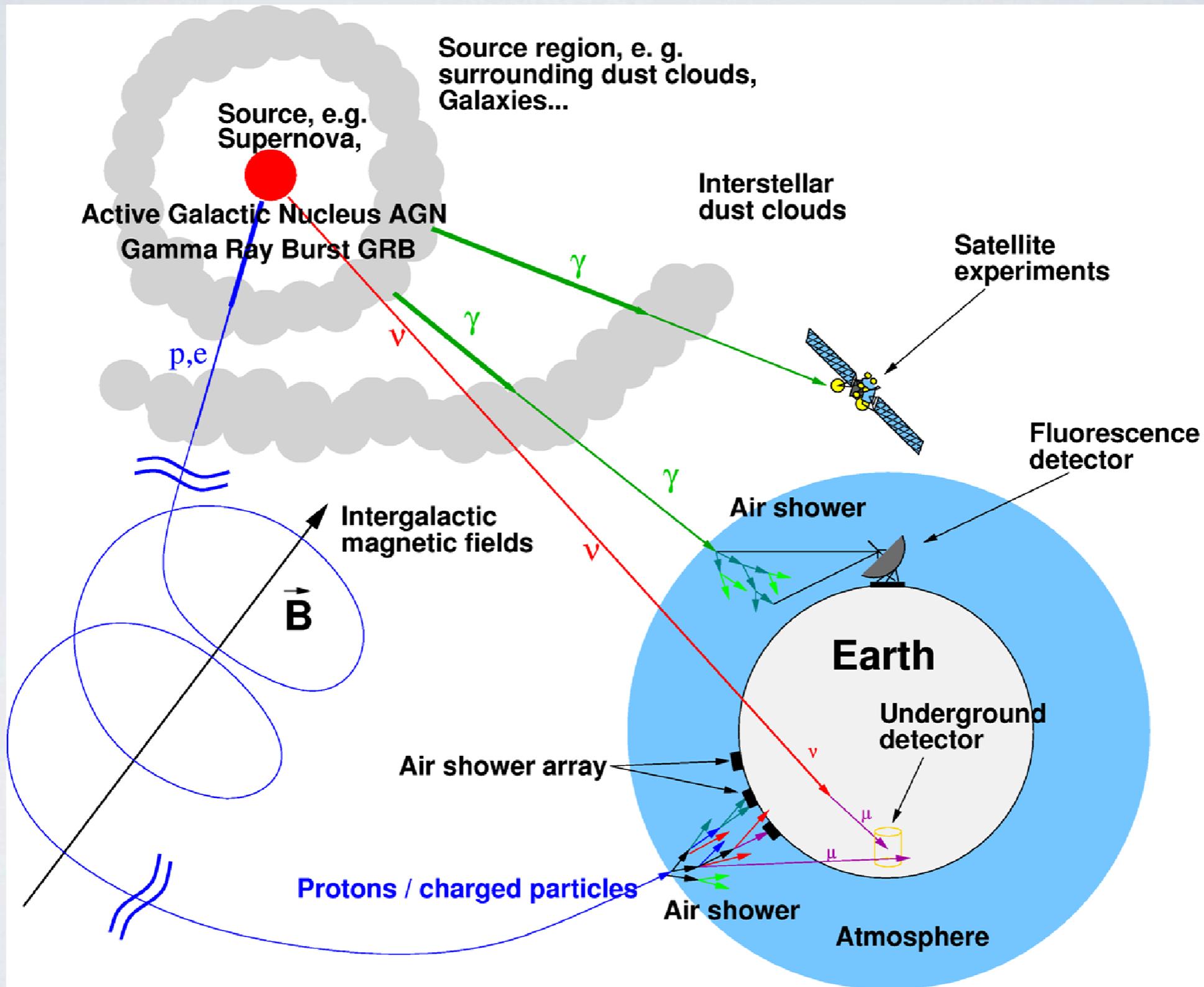
KOSMISCHE STRAHLUNG



Victor F. Hess 1912
(Nobel-Preis 1936)



WOHER KOMMEN DIESE TEILCHEN?



BESCHLEUNIGER

Große Felder

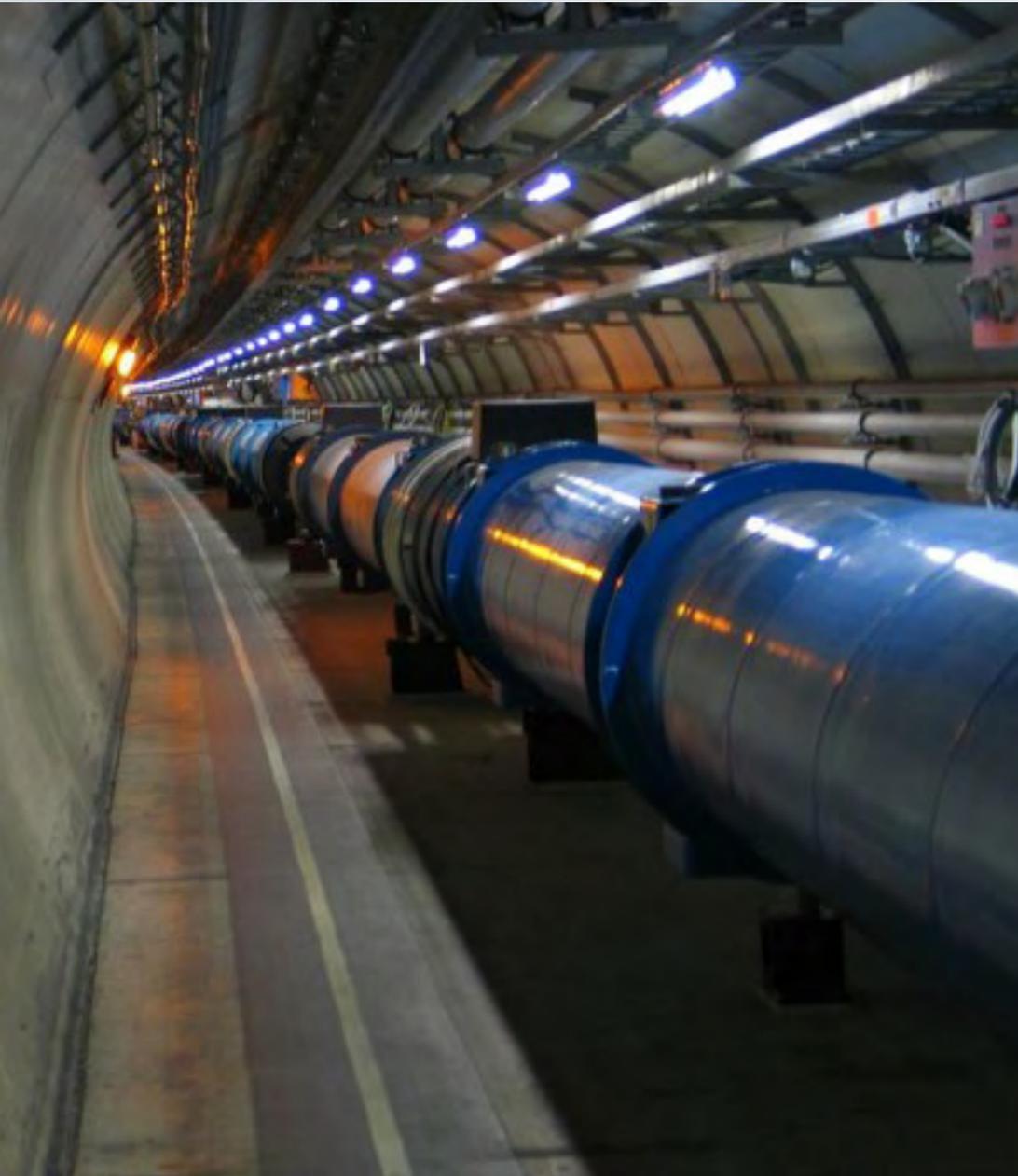


Große Radius

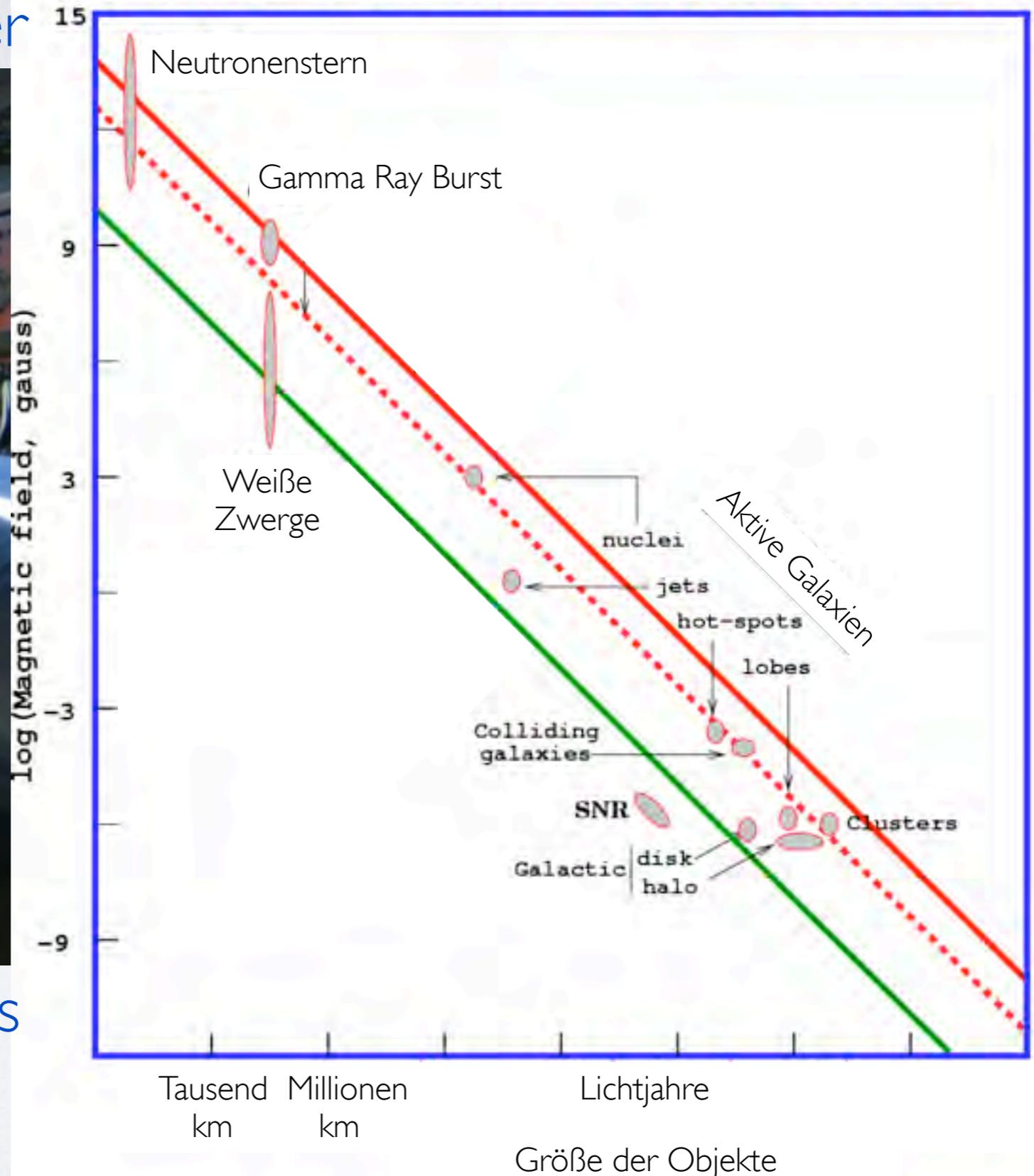
BESCHLEUNIGER

IM KOSMOS

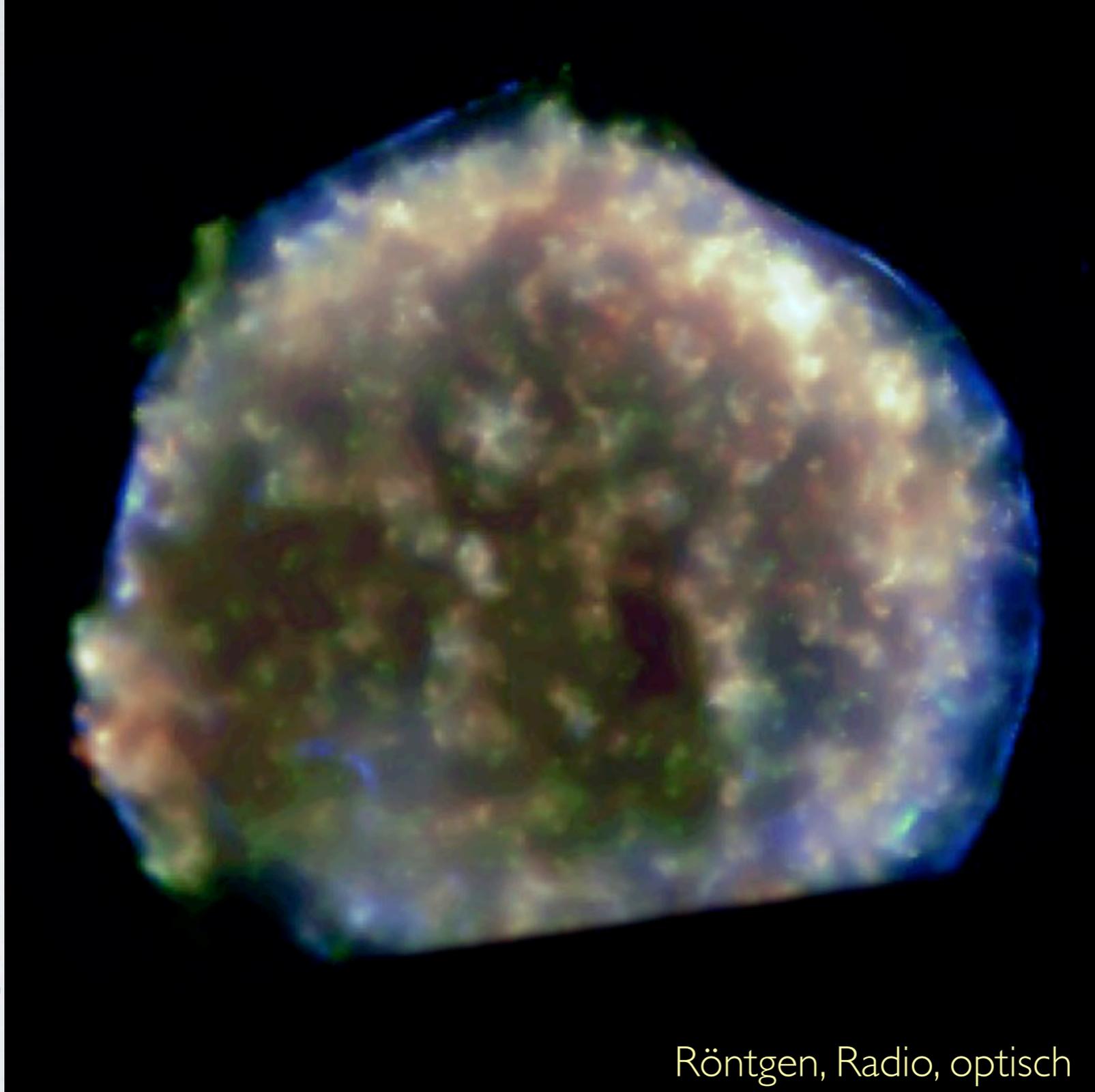
Große Felder



Große Radius



SUPERNOVA RESTE: QUELLEN DER KOSMISCHEN STRAHLUNG?

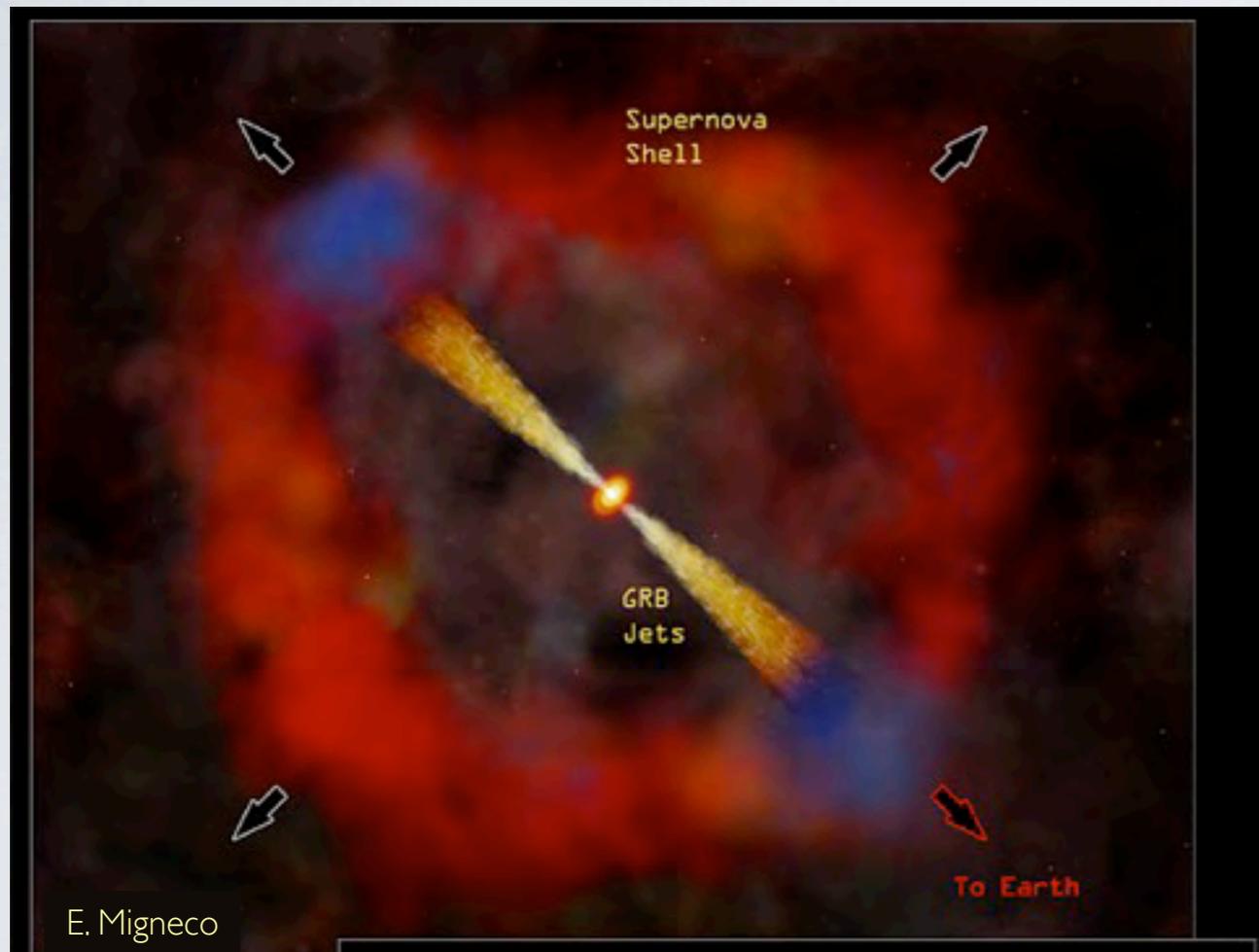


Verbindung
zu Gamma
Ray Bursts

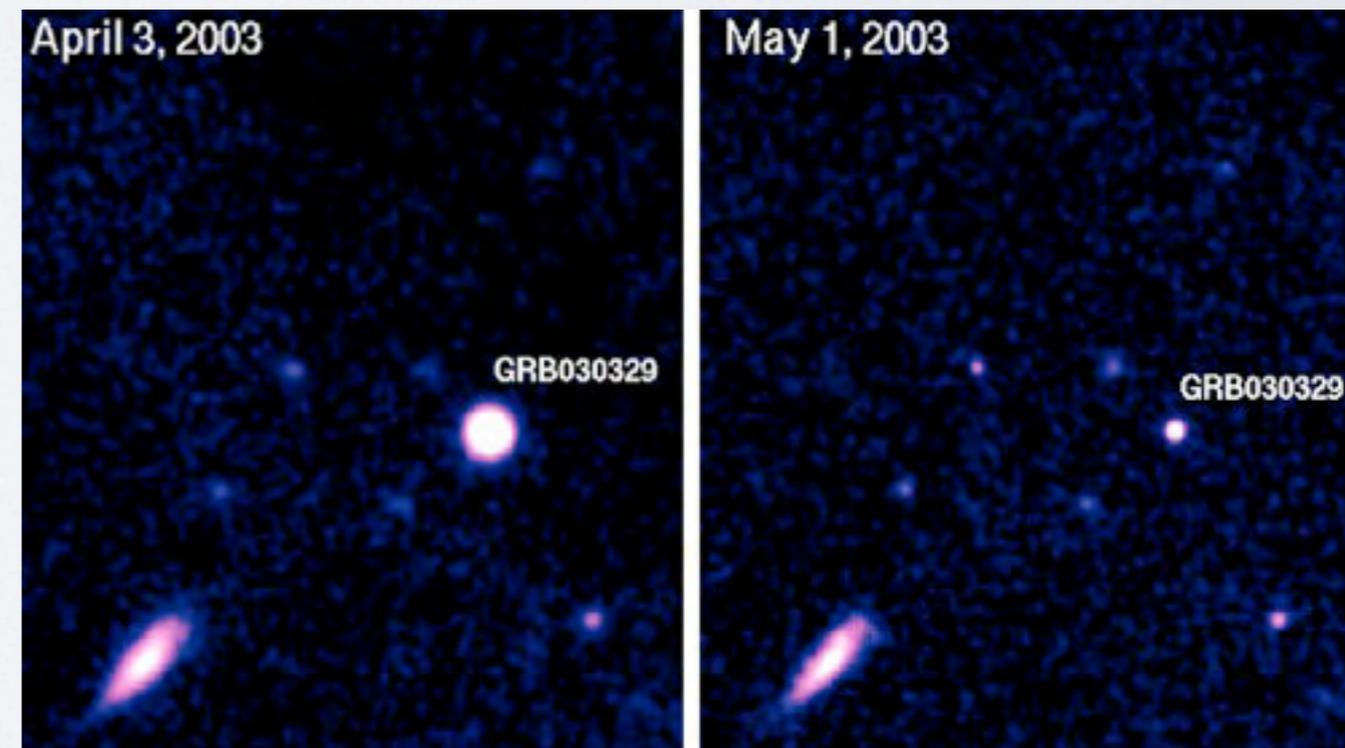
Tycho Brahe,
1572

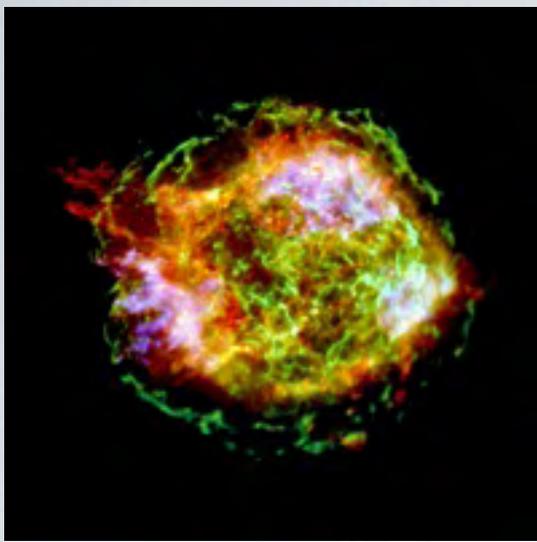
Röntgen, Radio, optisch

GAMMA-RAY BURSTS: QUELLEN DER KOSMISCHEN STRAHLUNG?



Intensivste Ausbrüche von γ -Strahlen mit einer Leuchtkraft von $>$ Milliarden \times Milliarden mal der Sonne in wenigen Sekunden

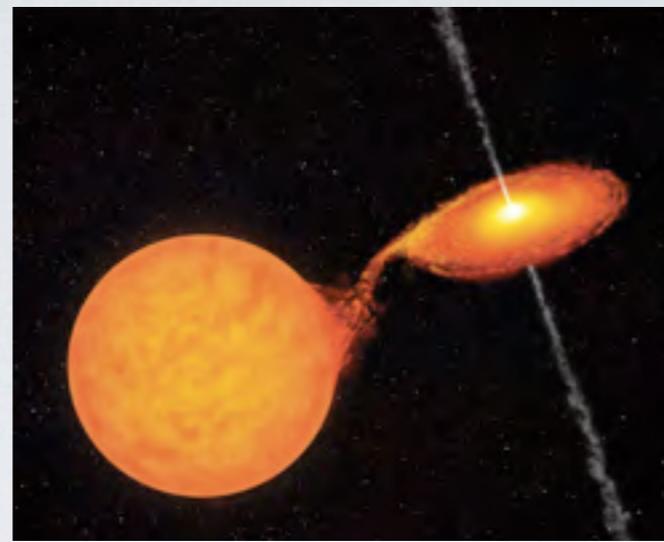




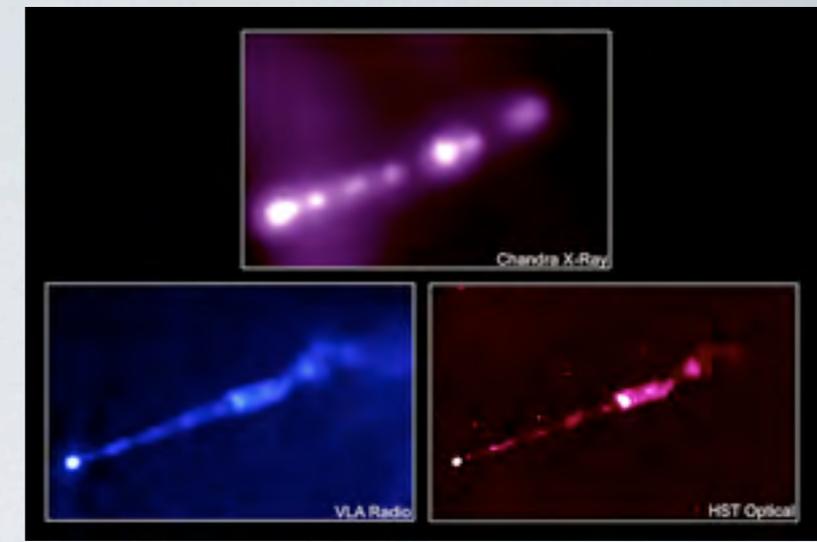
SNR



GRB



Micro quasars

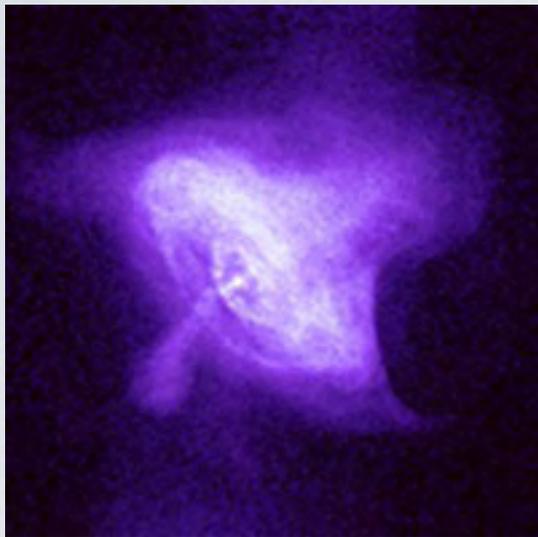


Aktive galaktische Kerne

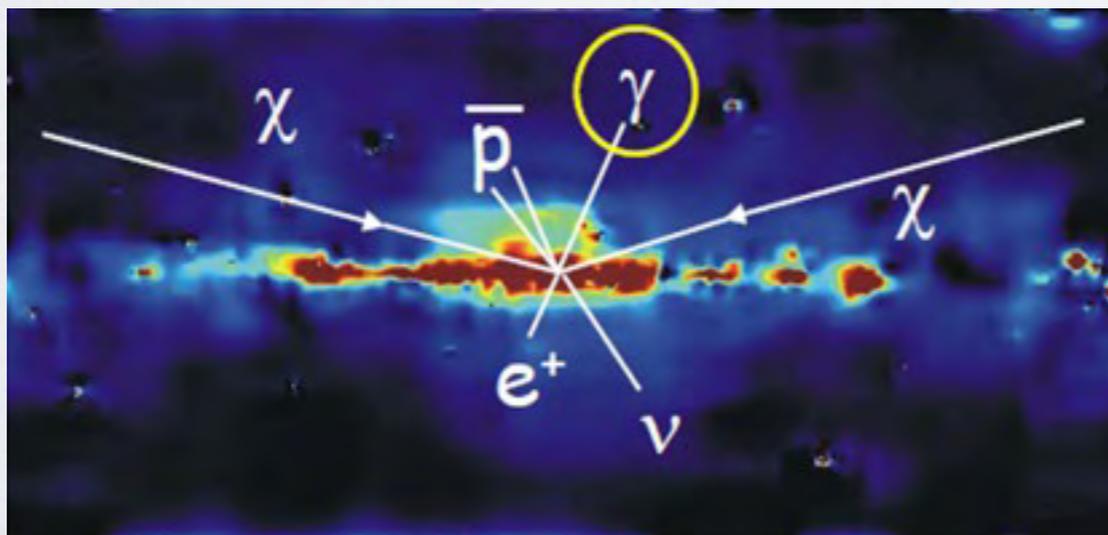
- ▶ Quellen der kosmischen Strahlung
- ▶ Verständnis der Quellen
- ▶ Beschleuniger und Ausbreitung



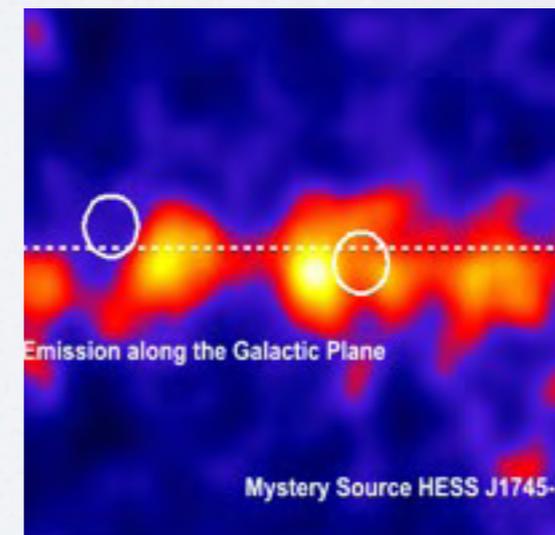
Starburst Galaxien



Pulsar, PWN

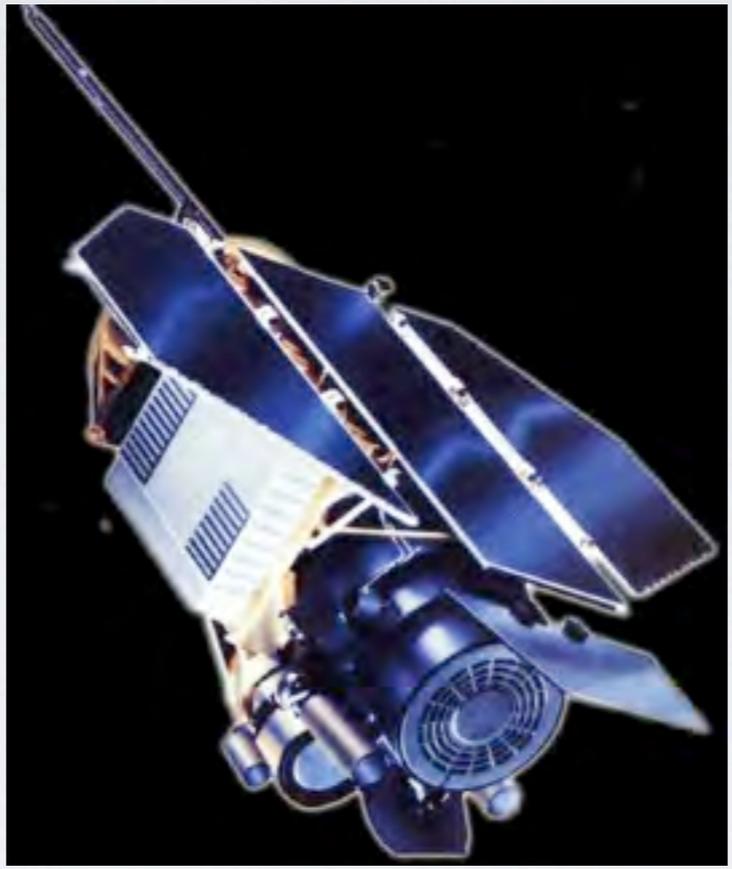
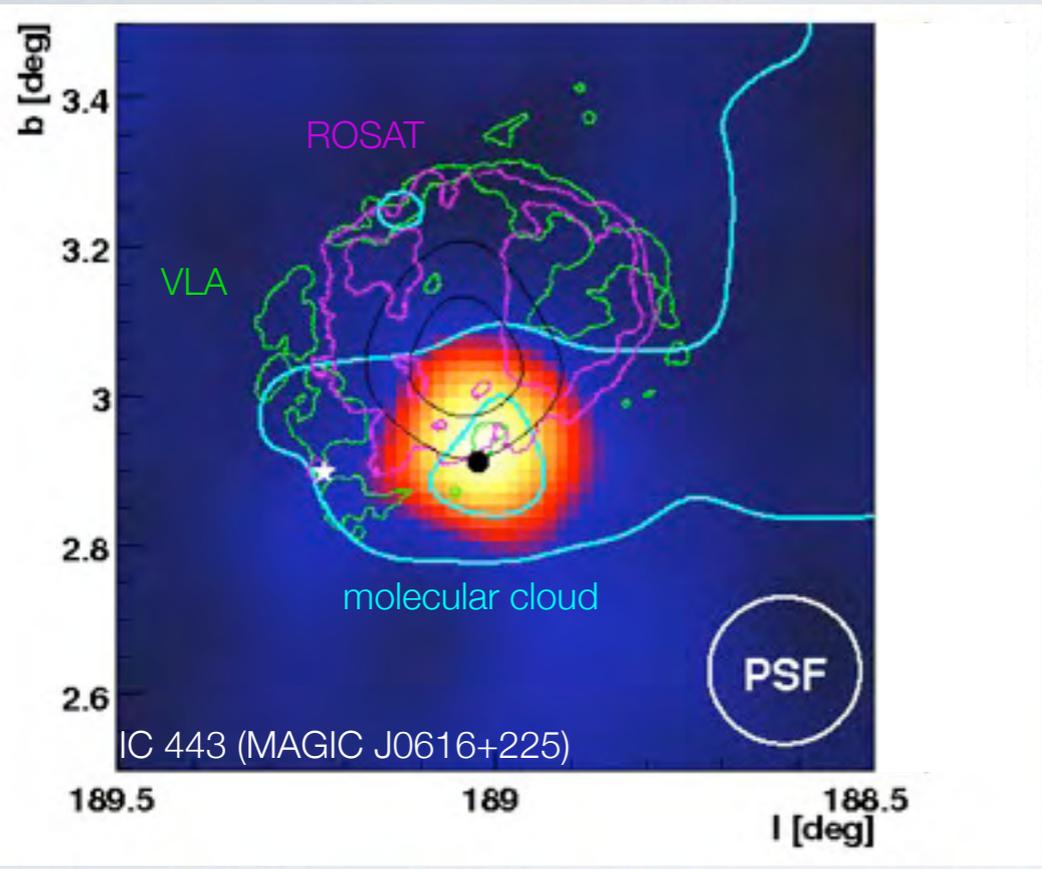


Dark matter

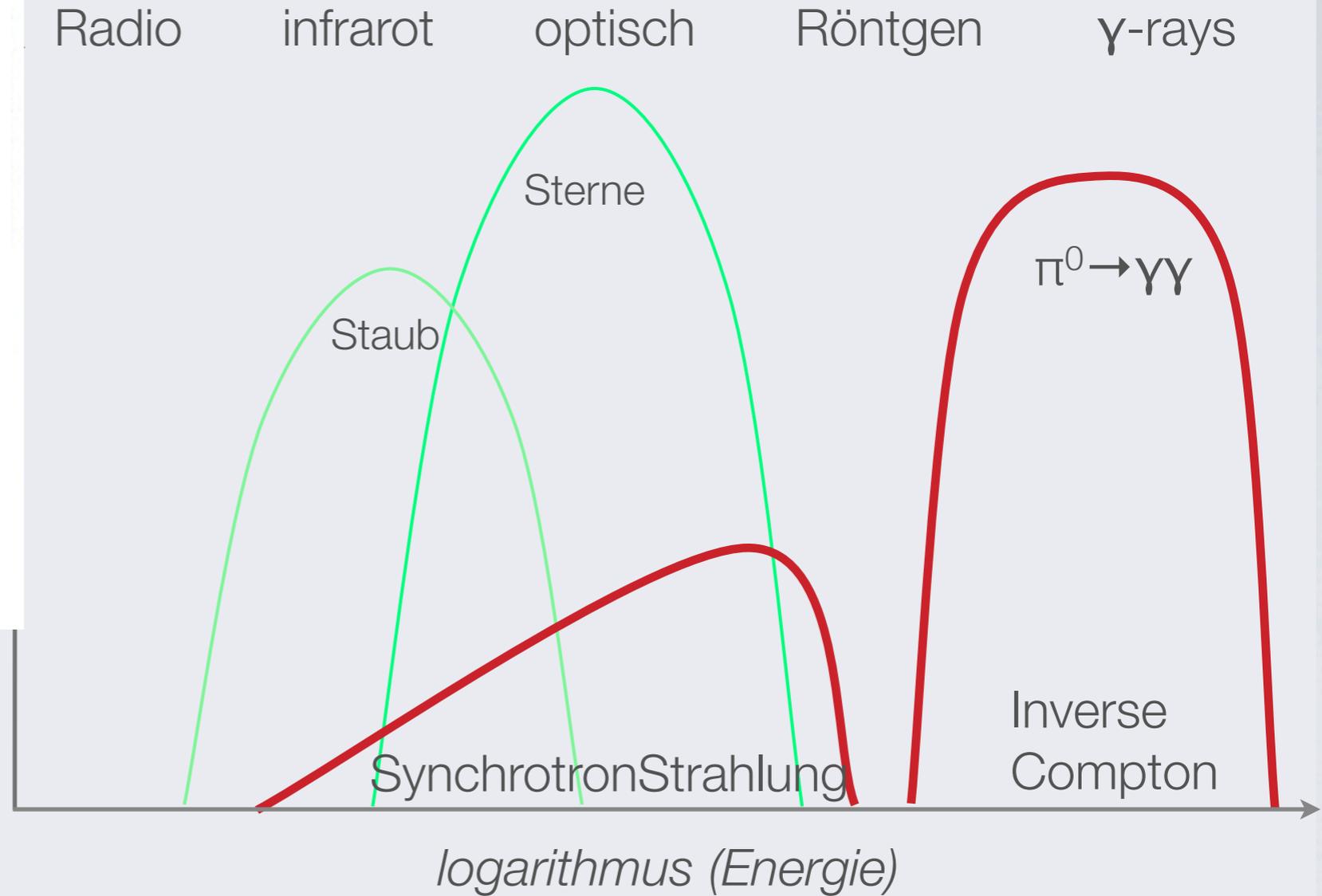
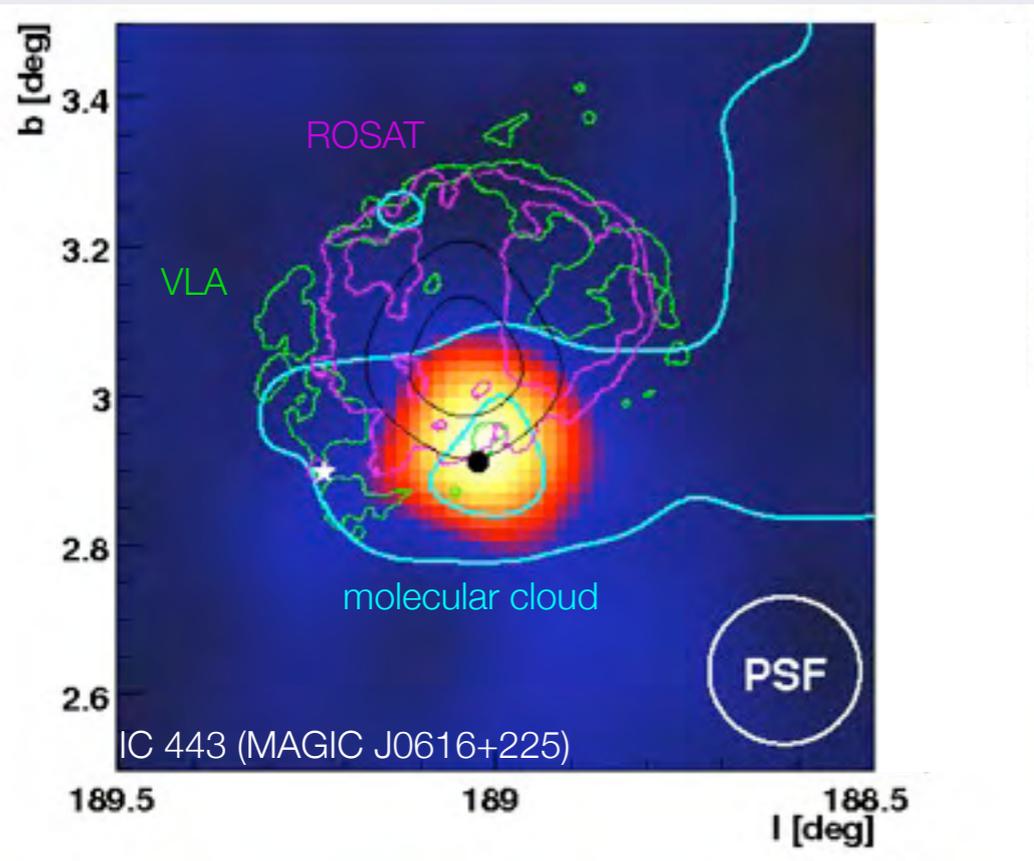


Unbekannte Quellen

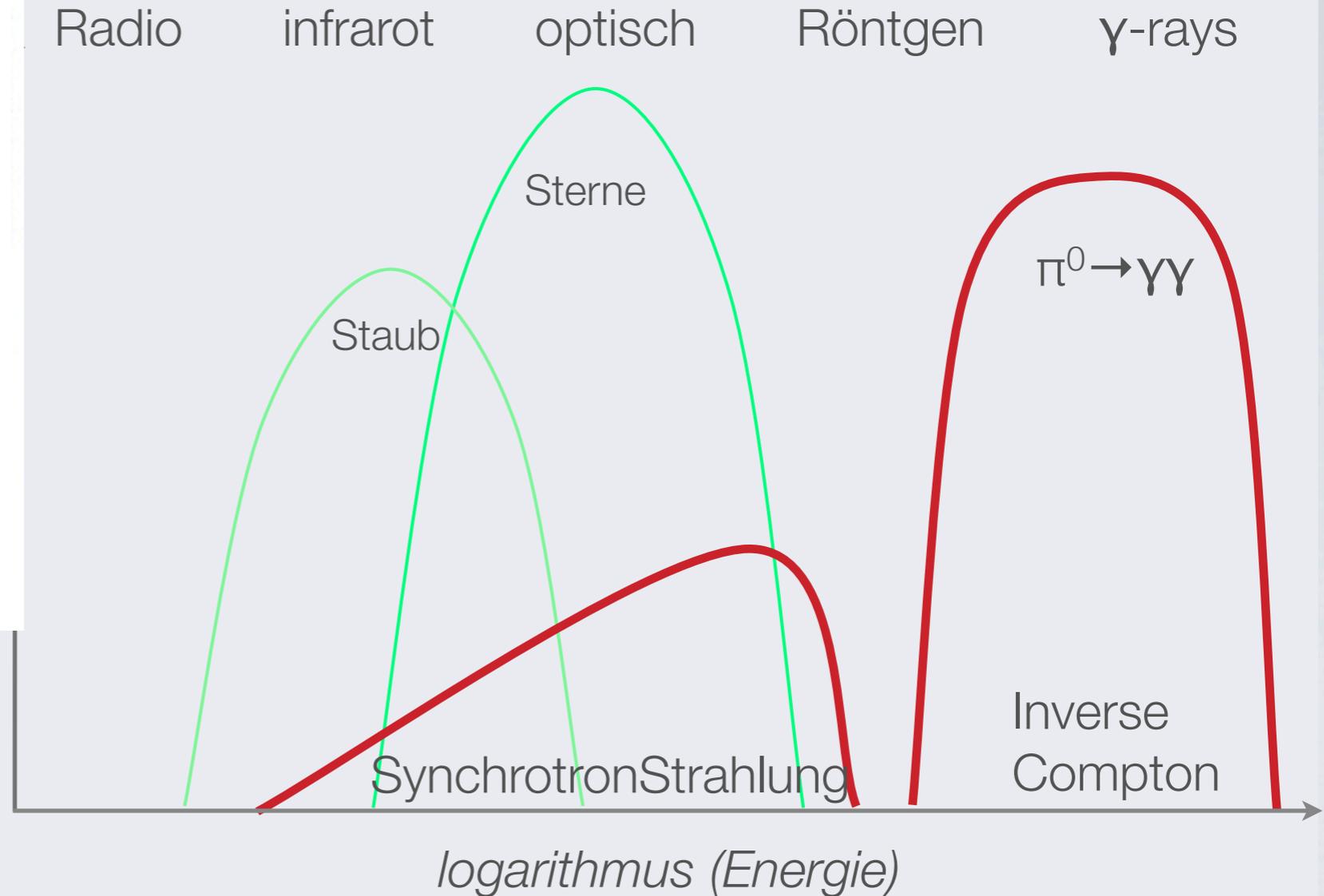
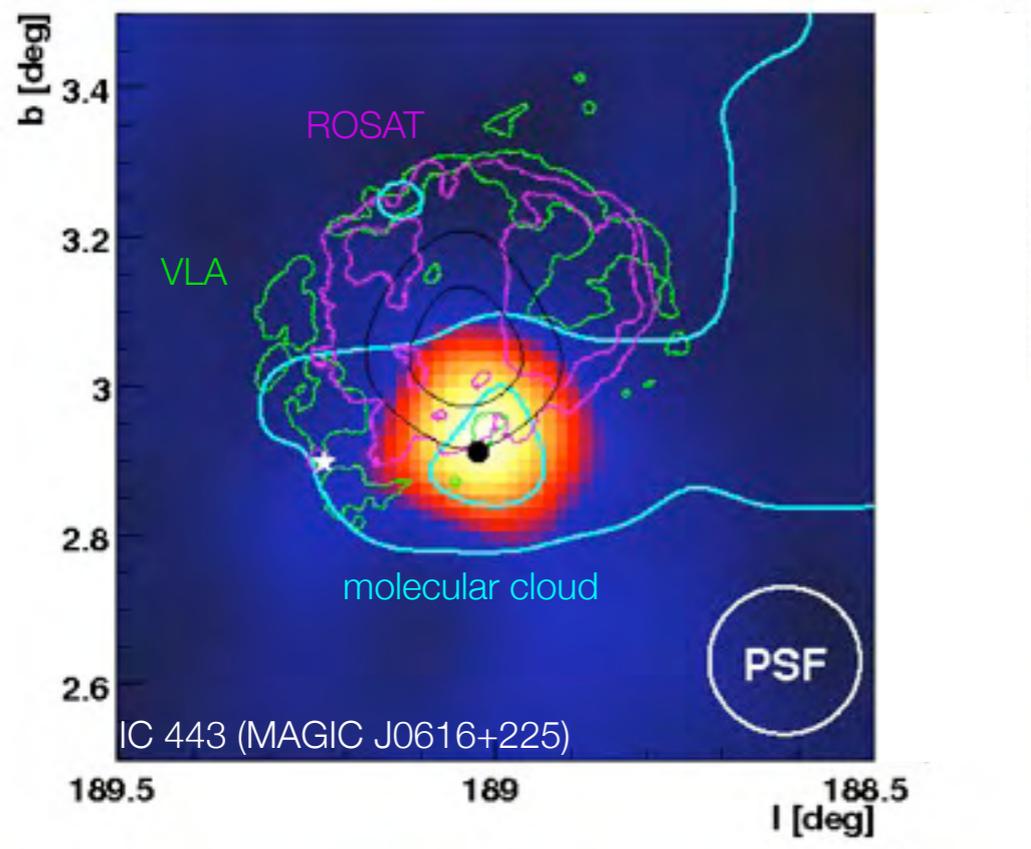
ASTRONOMIE MIT VERSCHIEDENEN ENERGIEN



ASTRONOMIE MIT VERSCHIEDENEN ENERGIEN



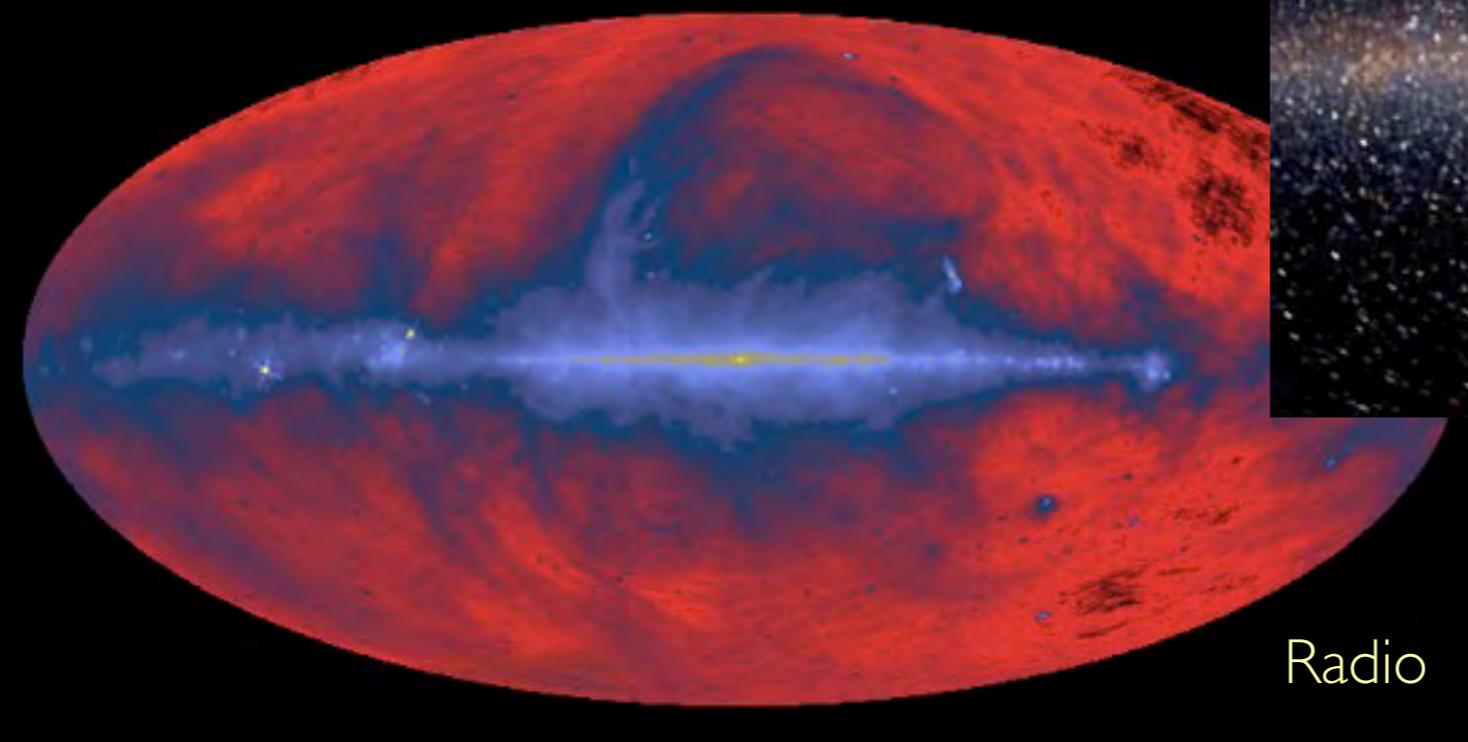
ASTRONOMIE MIT VERSCHIEDENEN ENERGIEN



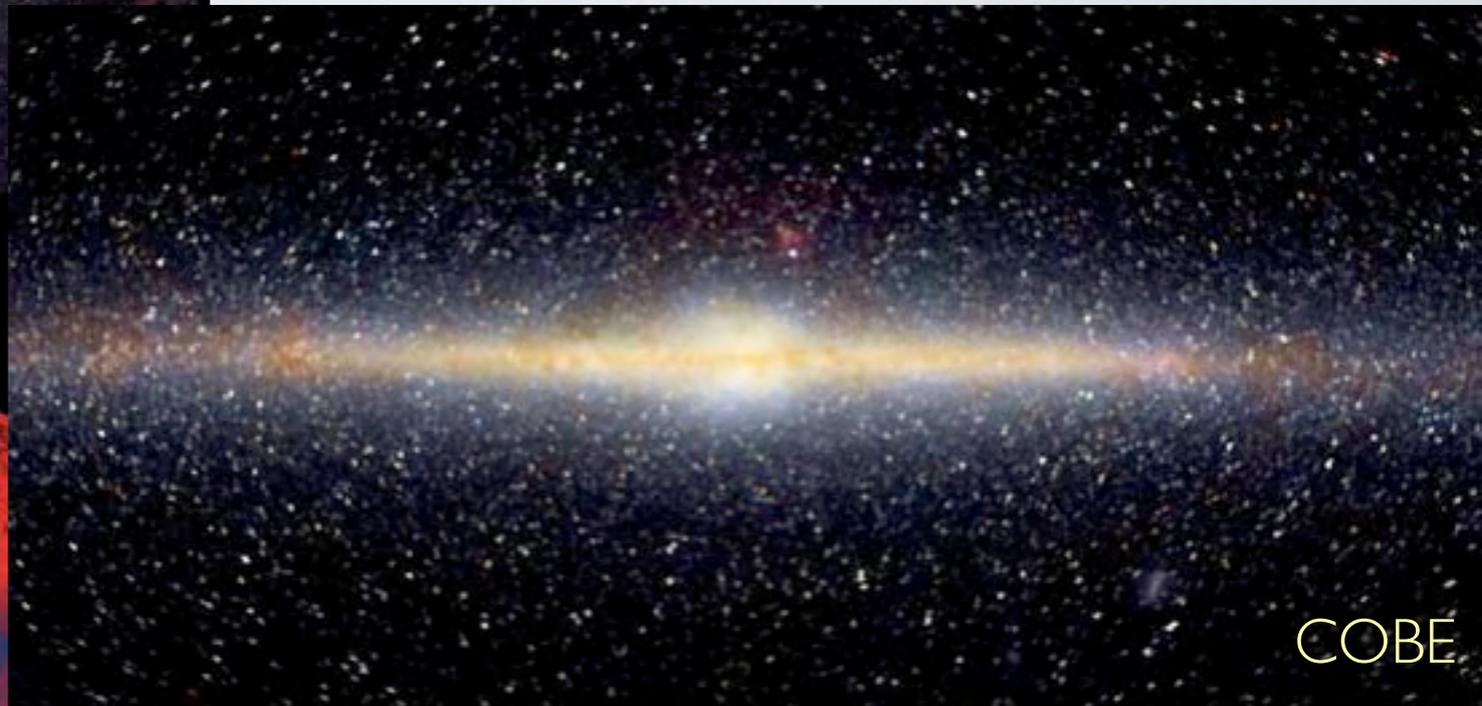
Struktur hängt von der Art der beschleunigten Teilchen (hier Protonen), ihren Energie-Spektren, den Magnet-Feldern und der Materie in der Nähe der Beschleuniger ab



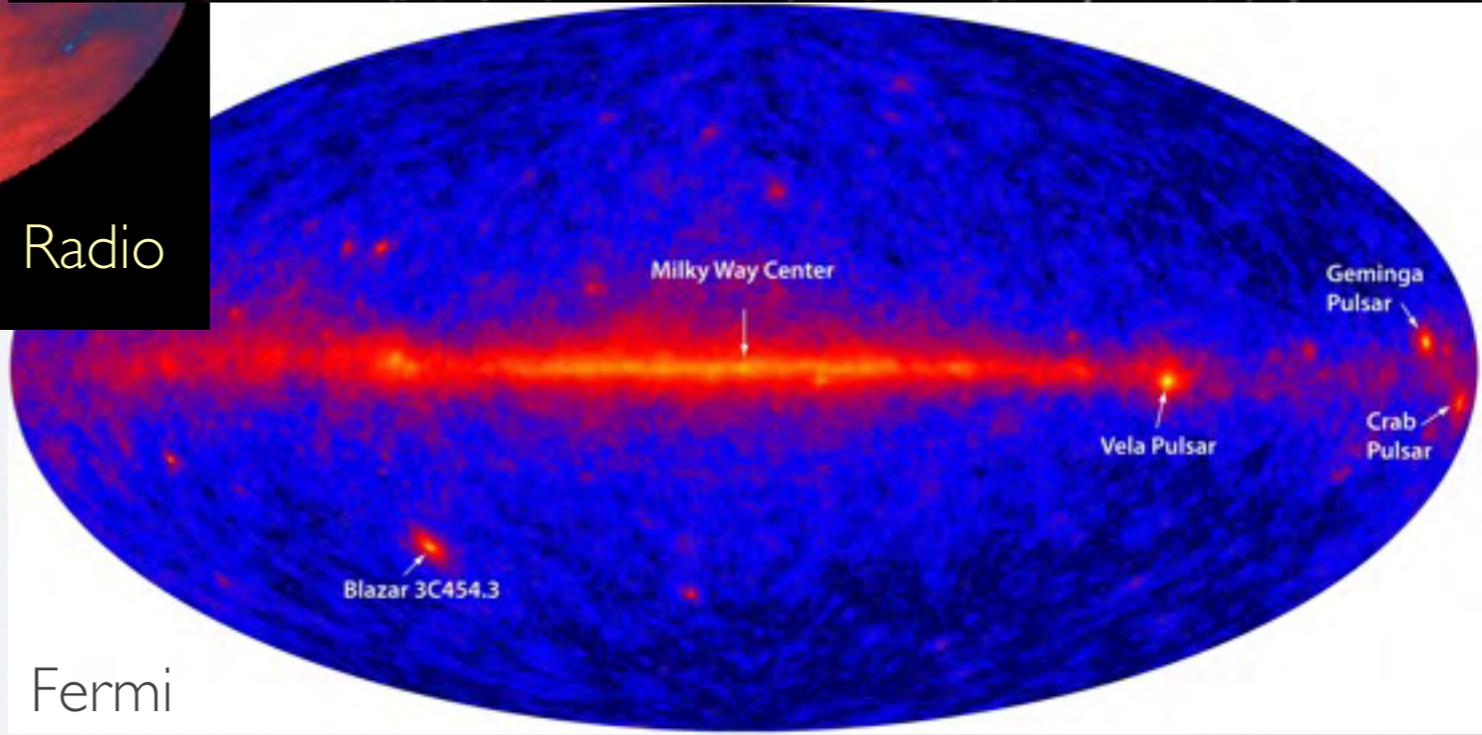
© 2000, Axel Mellinger



Radio

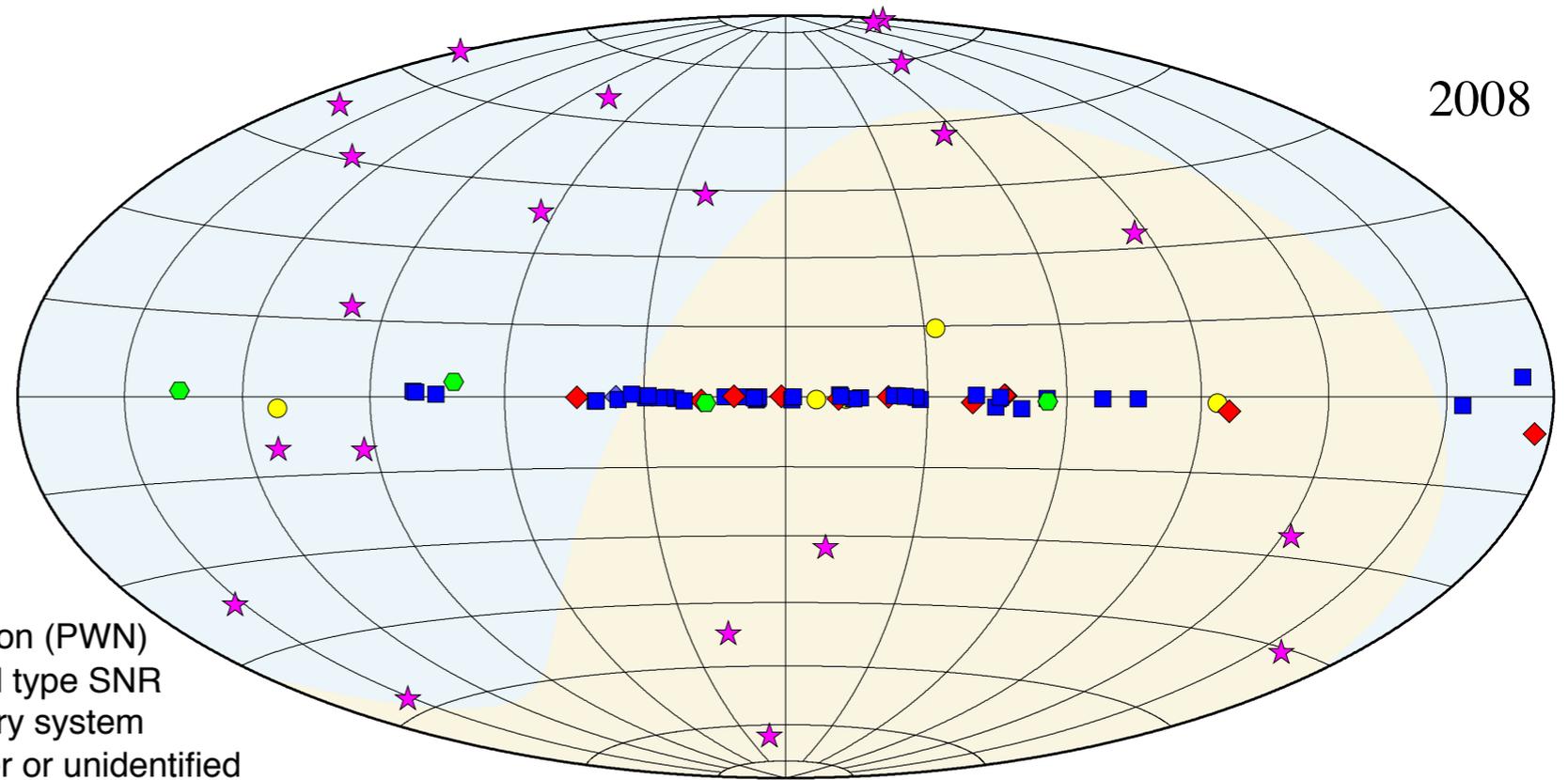
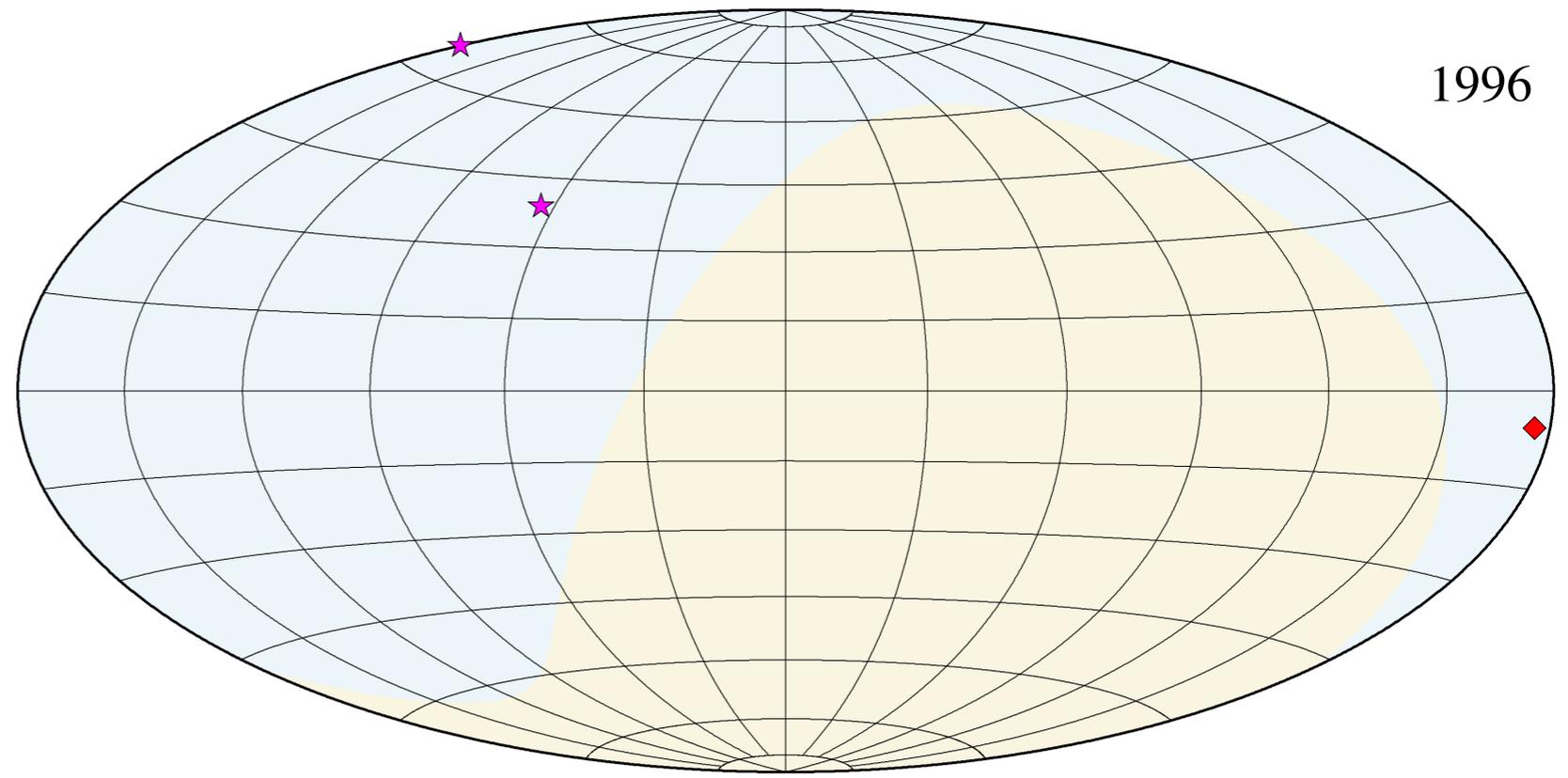


COBE



Fermi

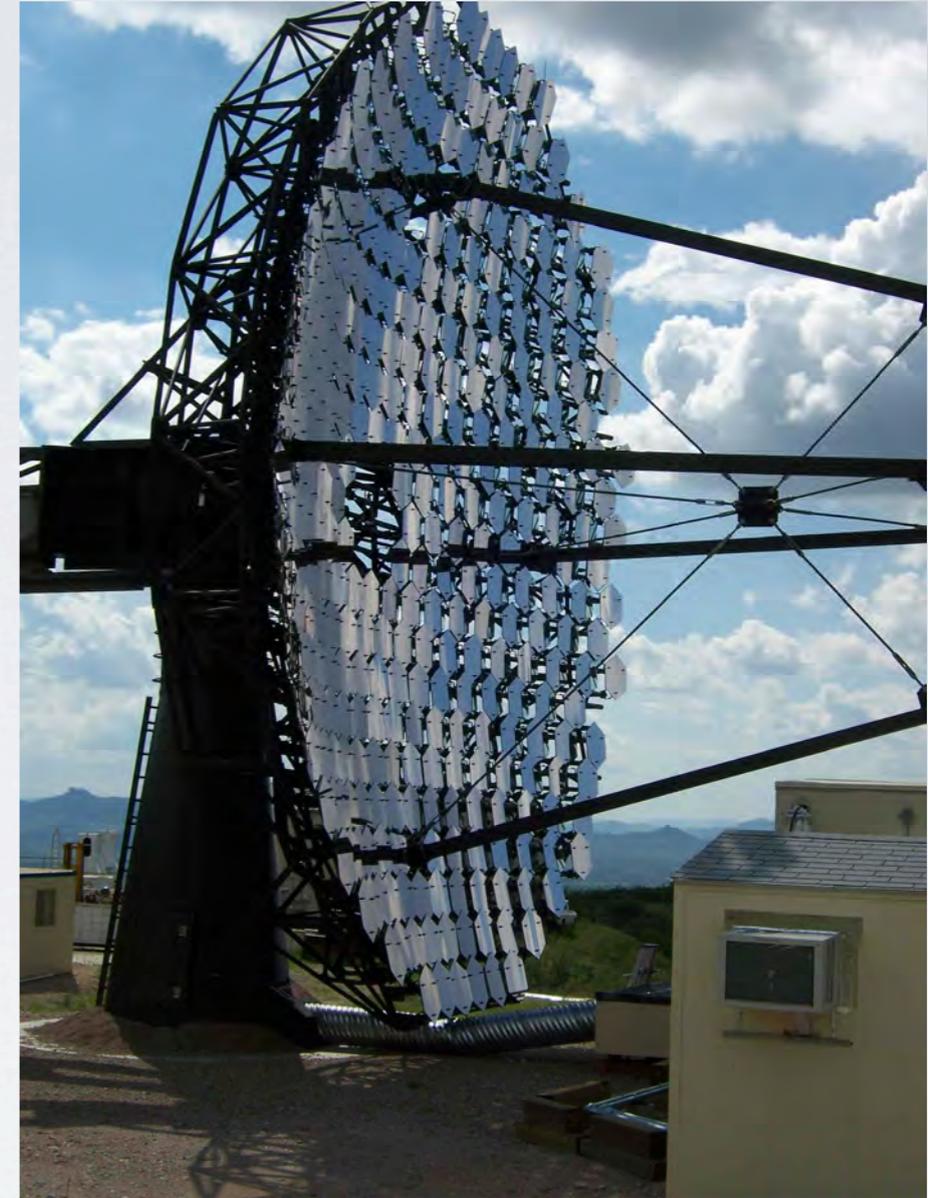
GAMMA- STRAHLUNGS HIMMEL BEI HÖCHSTEN ENERGIEN



- ★ AGN
- ◆ Plerion (PWN)
- Shell type SNR
- Binary system
- Other or unidentified or ambiguous identification

Background colours indicating northern / southern sky

Graphics by Konrad Bernlöhr 2008



DIE NÄCHSTE GENERATION

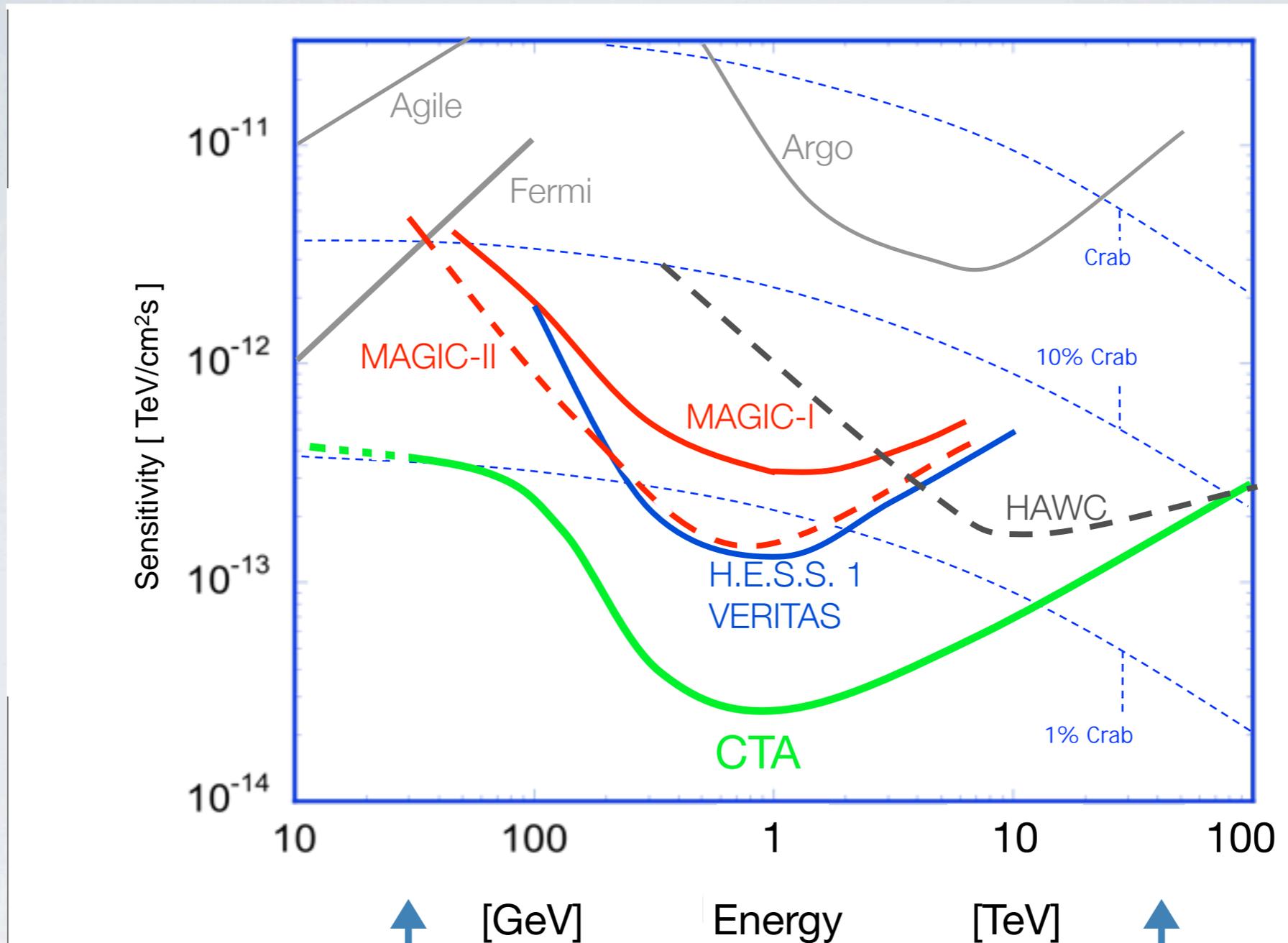
CTA – CHERENKOV TELESCOPE ARRAY

- ▶ Verbesserte Empfindlichkeit
- ▶ Erweiterter Energie-Bereich
- ▶ Verbesserte Winkel-Auflösung
- ▶ Observatorium mit flexiblem und robotischem Betrieb
- ▶ Anlagen im Norden und Süden



Grosse,
mittlere
und kleine
Teleskope

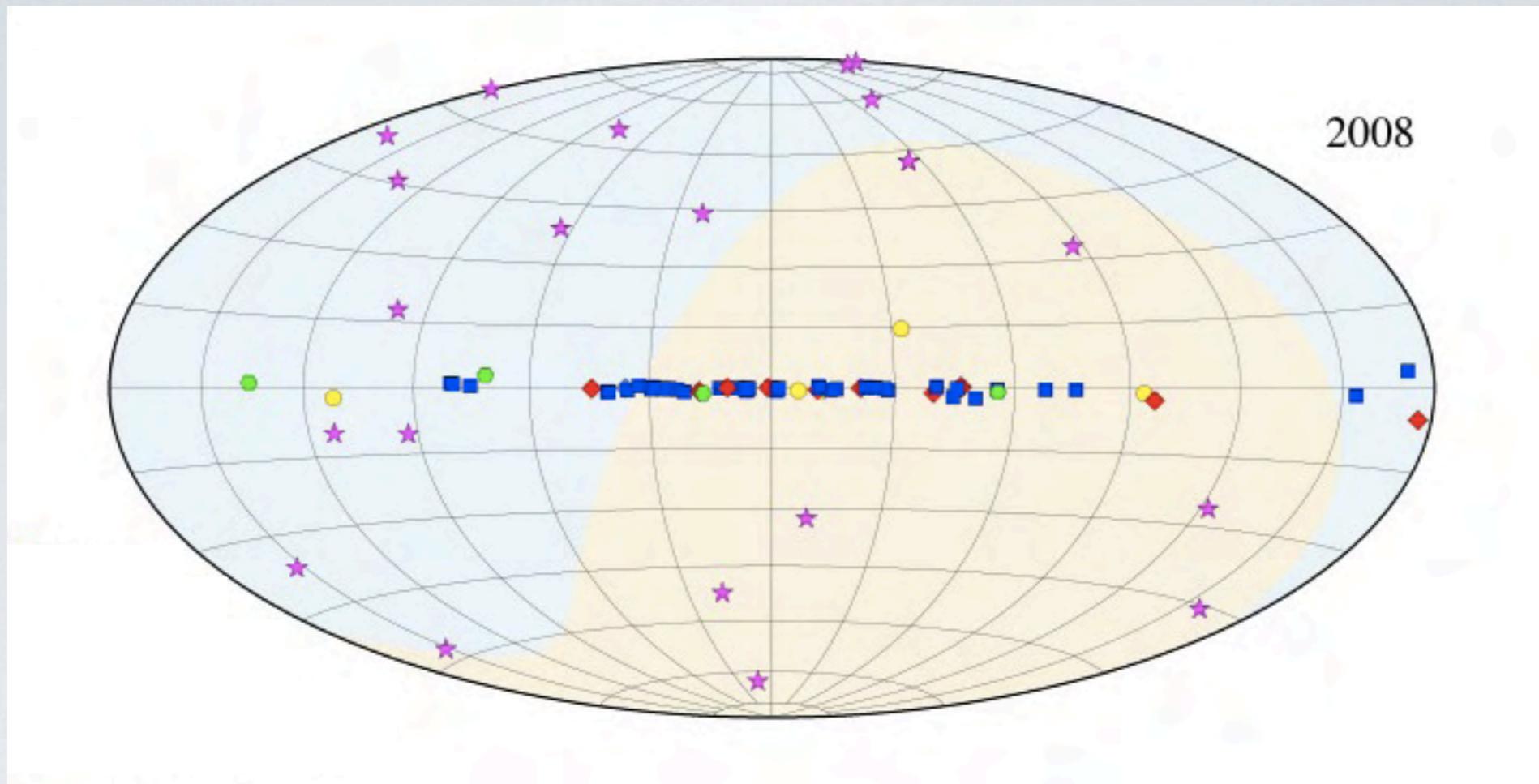
SENSITIVITÄT



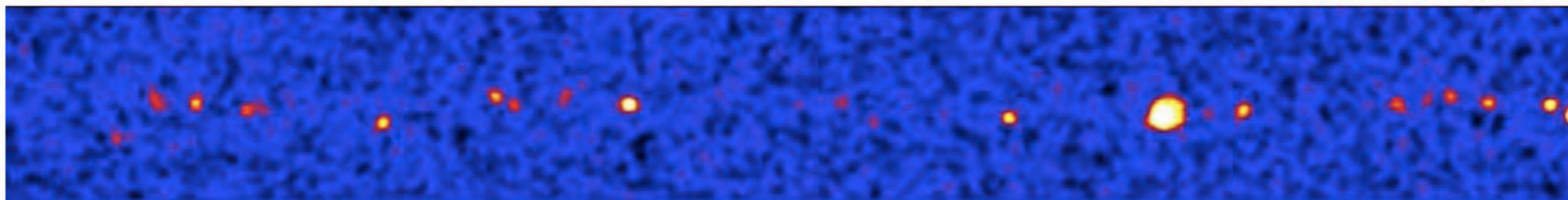
AGN
Pulsare
GRB

TeV-
Himmel

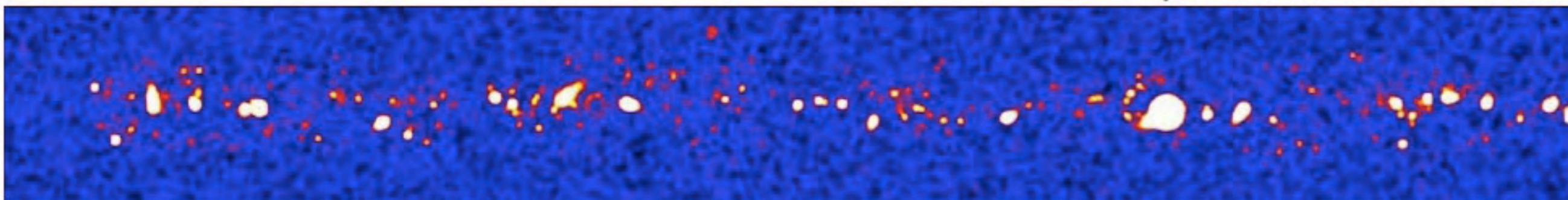
Galaktische
Quellen
(Knie)



H.E.S.S. ~500 h

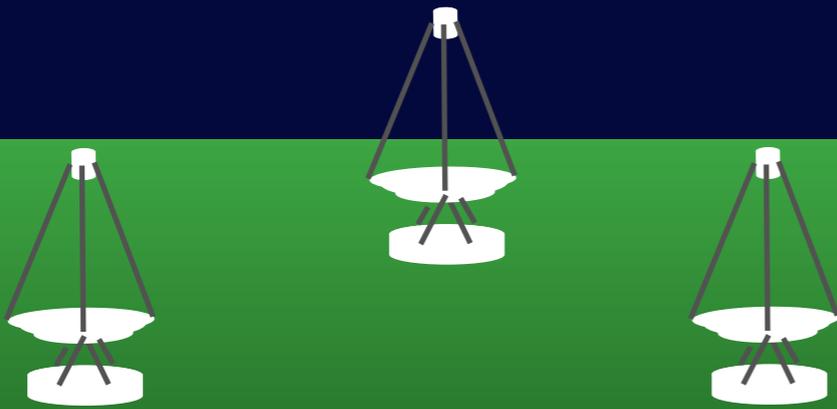
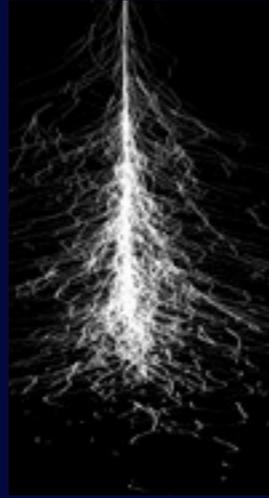


Expected with CTA ~500 h



Gamma

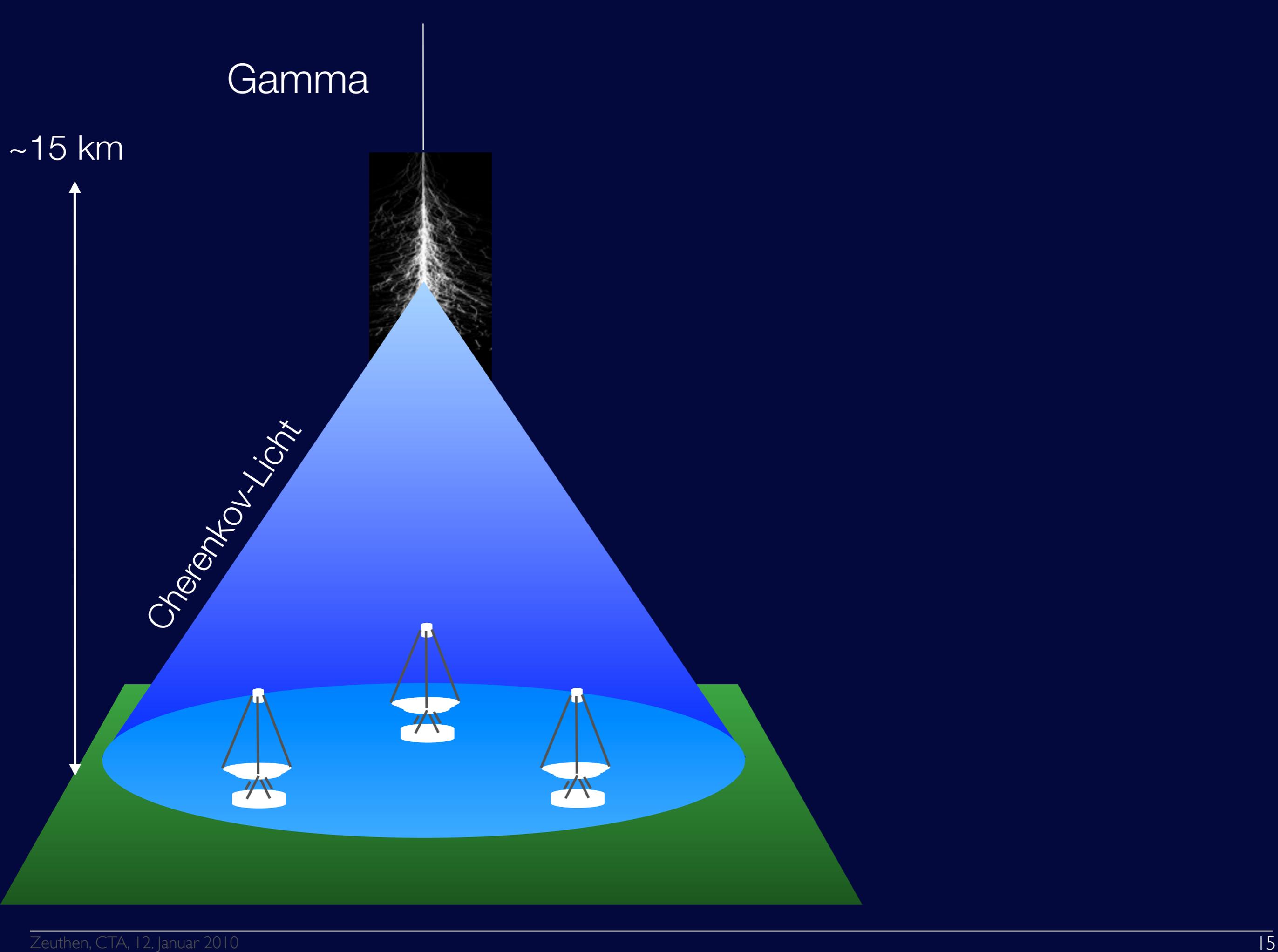
~15 km

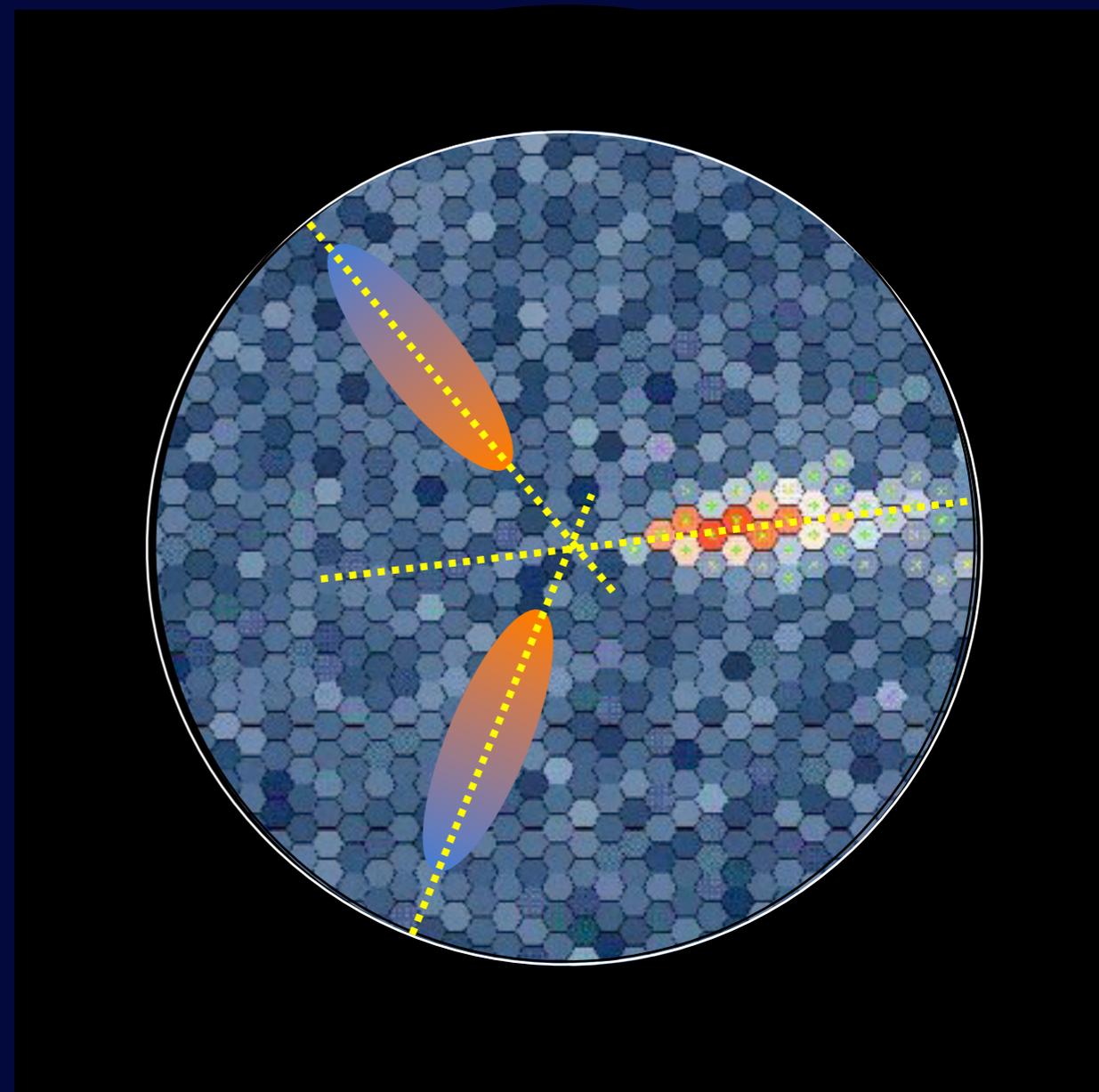
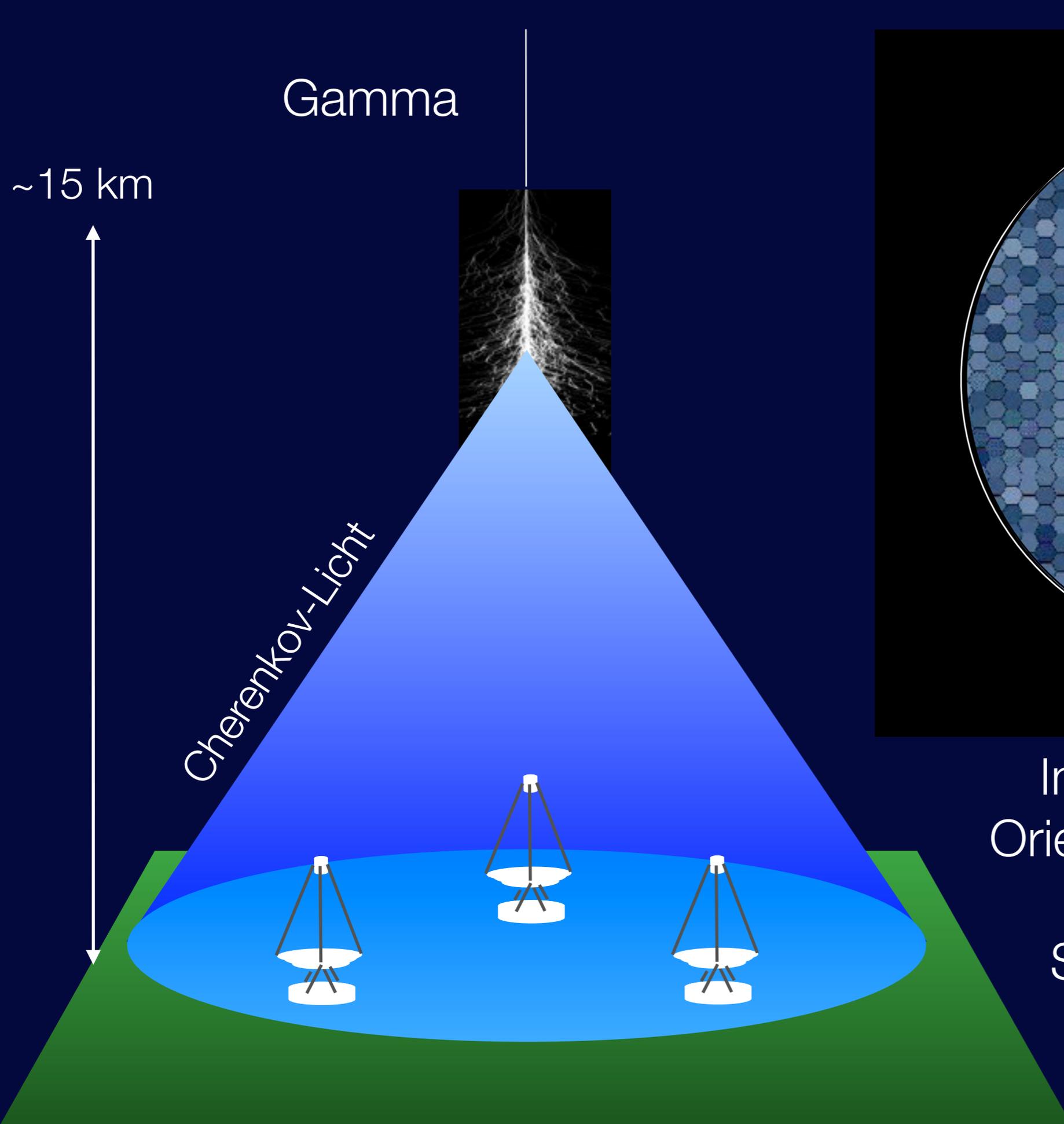


Gamma

~15 km

Cherenkov-Licht



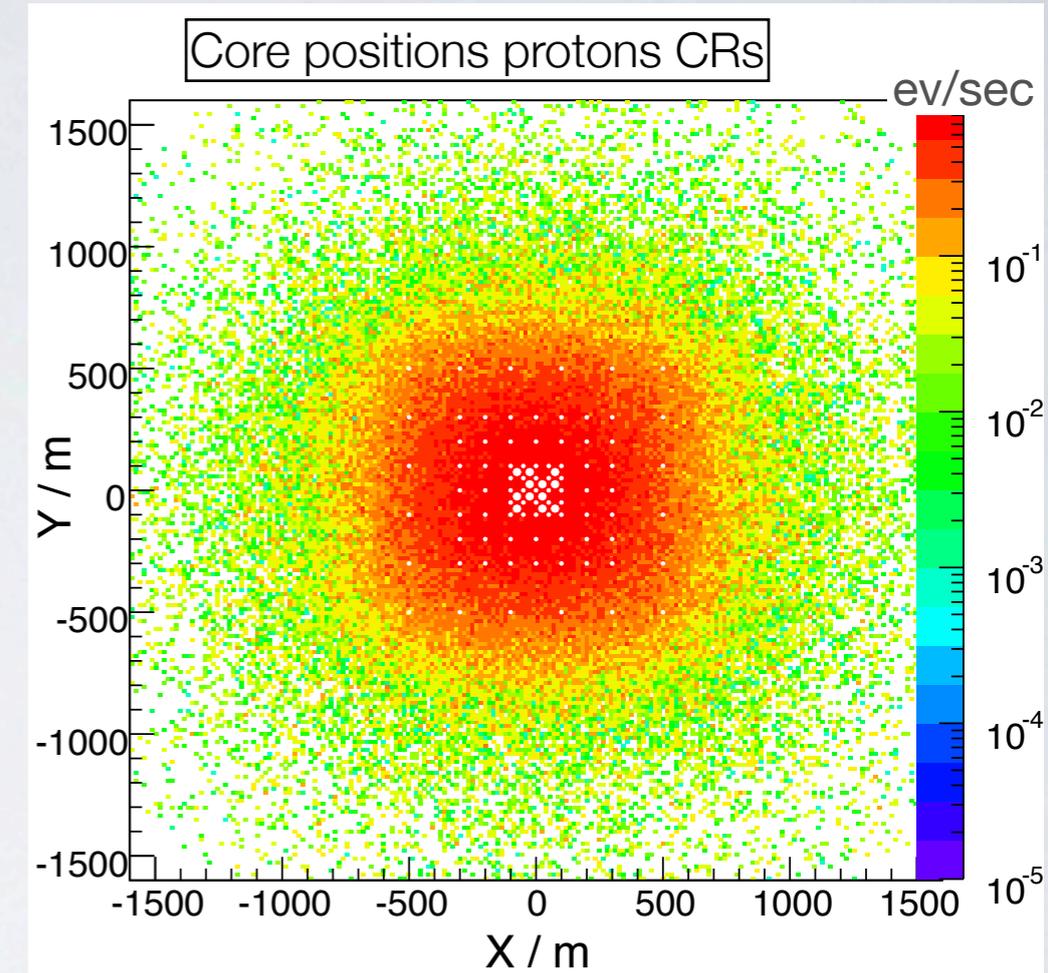


- Intensität → Energie
- Orientierung → Richtung
- Form → Teilchen
- Stereo → Quell-Ort

OPTIMIERUNG VON CTA



- ▶ Durchmesser und Brennweite der Teleskope
 - ▶ Spiegelanordnung
 - ▶ Teleskop-Abstände
 - ▶ Kamera-Größe und Pixel-Größe
 - ▶ Auslese-Geschwindigkeit
 - ▶ Höhe der Anlage
- Beste Sensitivität, Winkelauflösung, Energieschwelle in einem gegebenen Budget



- ▶ 10^9 Gammas mit grid and Batch

TELESKOP-KONSTRUKTION



- ▶ Entwürfe für verschiedene
 - ▶ Durchmesser
 - ▶ Brennweite
 - ▶ Himmelsausschnitt
 - ▶ Spiegel-Anordnung
- Analyse der Leistungs-Parameter und Kosten



- ▶ Entwürfe für verschiedene

- ▶ Durchmesser

- ▶ Brennweite

- ▶ Himmelsausschnitt

- ▶ Spiegel-Anordnung

- Analyse der Leistungs-Parameter und Kosten

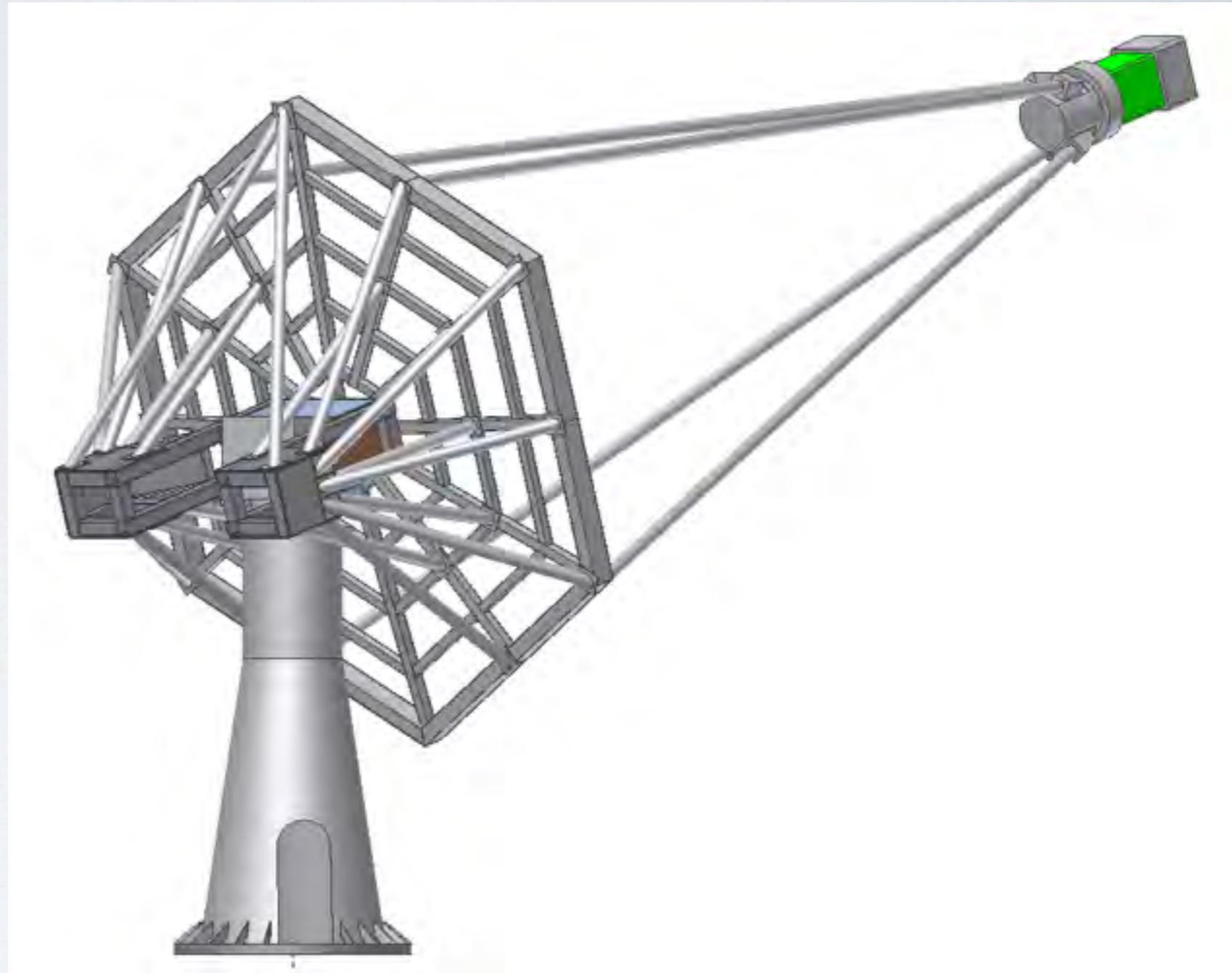
- ▶ 3 Durchmesser der Spiegelträger

- ▶ Antriebs-und Kontroll-System

- ▶ Energie-Management

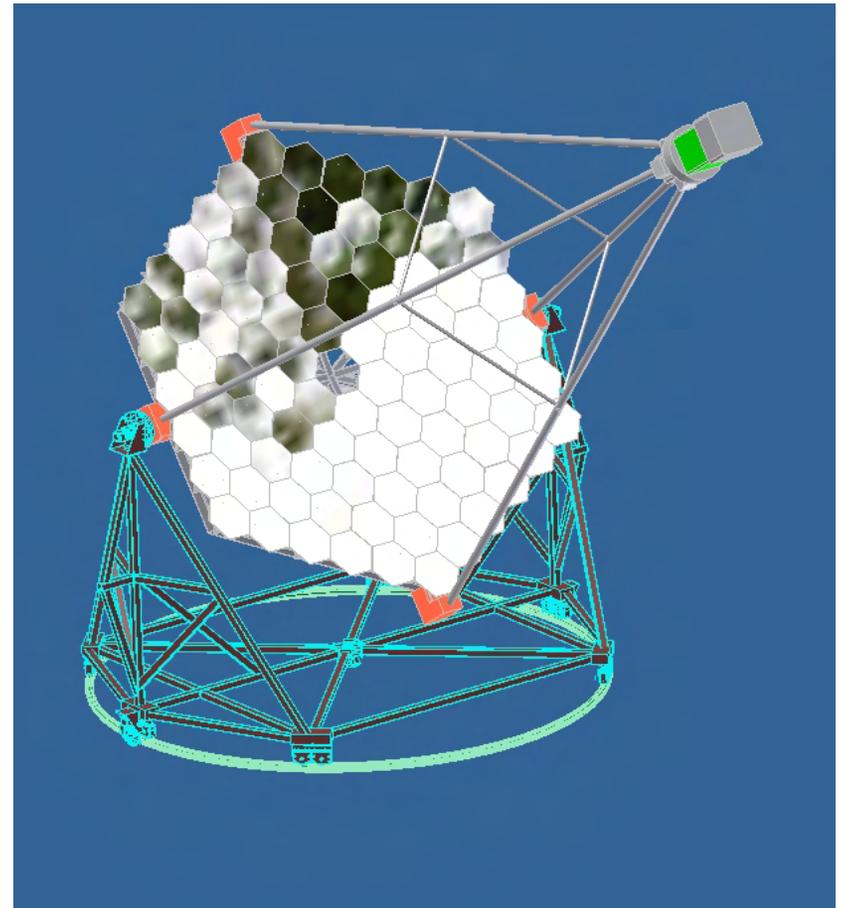
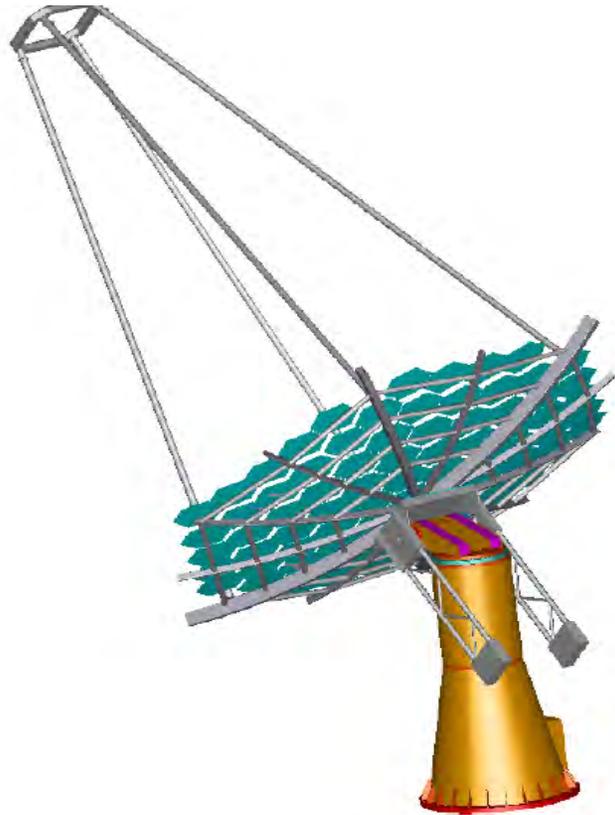
MITTEL-GROSSE TELESKOPE

- ▶ Spiegelträger
Durchmesser 12 m
- ▶ Brennweite 16 m
- ▶ Himmelsausschnitt 8°
- ▶ Preis und
Konstruktion vor Ort
- ▶ Kleine Deformationen



12m-Teleskop

Prinzipieller Aufbau

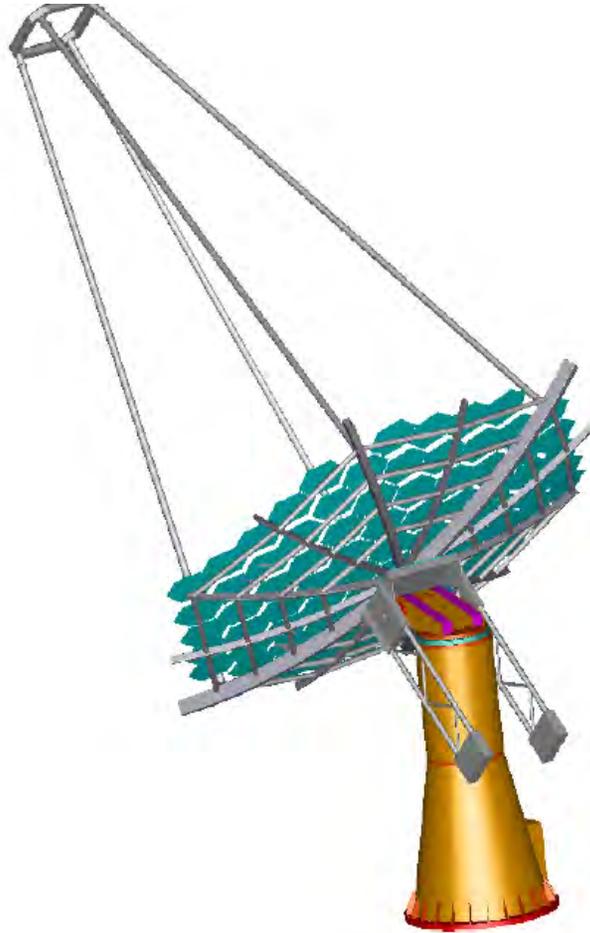


Reiner Heller, Mechanik Zeuthen

Design Anforderungen

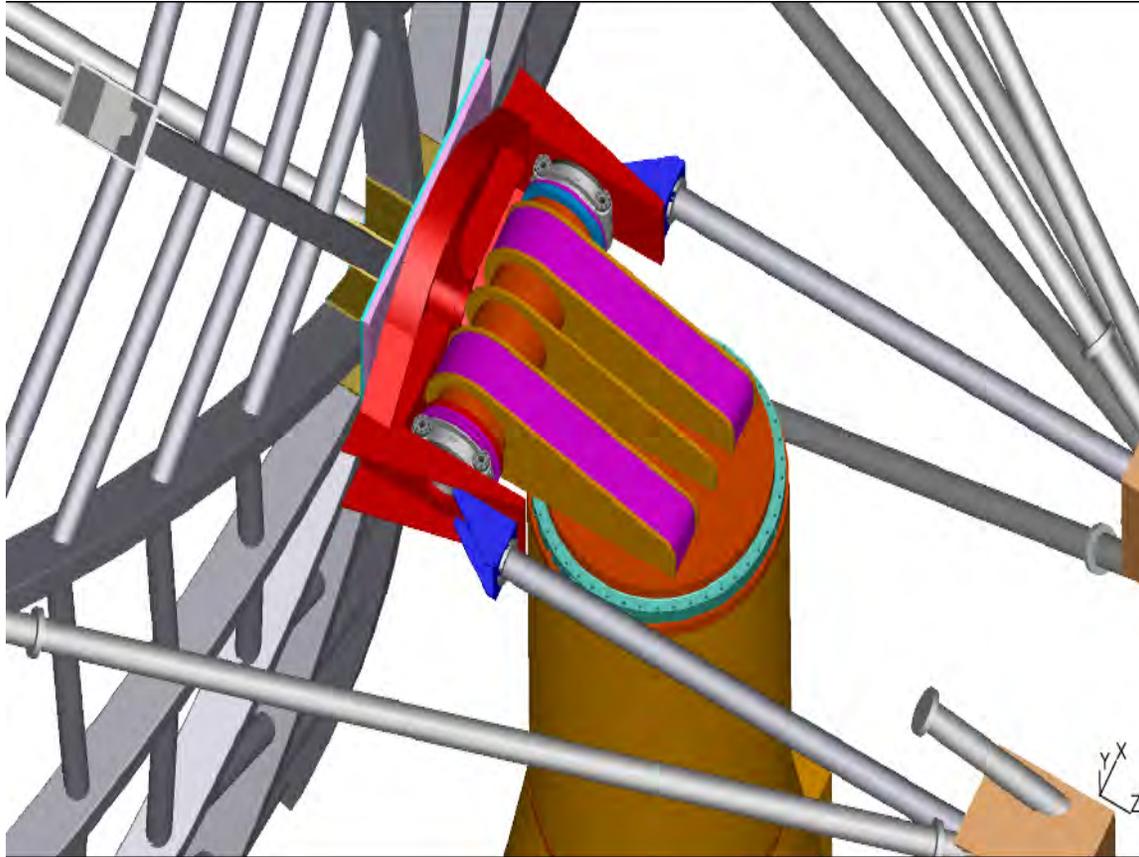
- Spiegelfläche: ~ 12 Durchmesser
- Einzelspiegel: Sechseck, 1,20m SW
- F/D: 1,4 -> Abstand Kamera-Spiegel ~17m
- Hohe Steifigkeit: Spiegelverlagerungen und Kameraabweichungen gering (mm) (point spread function)
- Winkelgeschwindigkeit: 5°/s (Azimut und Elevation)

Vorschlag für Design (ANL – DESY)



- Hexagon – Tragstruktur
- D. Cotton Design,
- kein Fachwerk für Spiegeltragstruktur
- Aufbau aus Profilstahl, verschweißte Dreiecke, gebogene Kastenprofile
- Kamera-Träger: Kohlefaser Rohr
- Elevationsantrieb: Schwenktrieb mit Schneckengetriebe
- Azimutantrieb: Großwälzlager mit Verzahnung

Antriebe



Azimut $\sim 400^\circ$

Elevation $> 90^\circ$

$\sim 1 \text{ min.}/360^\circ \text{ max.}$
 $15^\circ \text{ pro Stunde}$

Details:

- Not „Aus“
- Kabelhandling/
Wegbegrenzung
- Notbetrieb

-Kameraabdeckung?
(Pneumatik?)

Elevationsantrieb

Schwenktrieb:

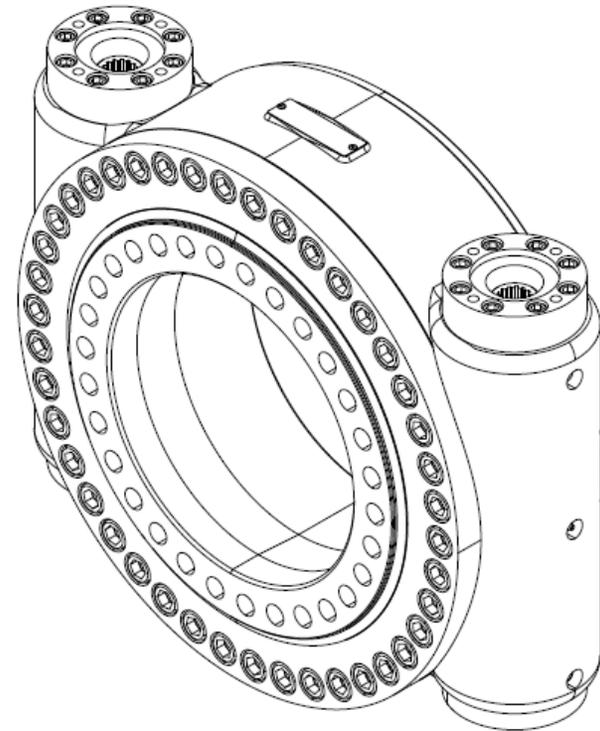
Kombination

zwischen

Kugeldrehkranz und

Schneckengetriebe

- Außendm.: 950mm
- Drehmoment:
150kNm

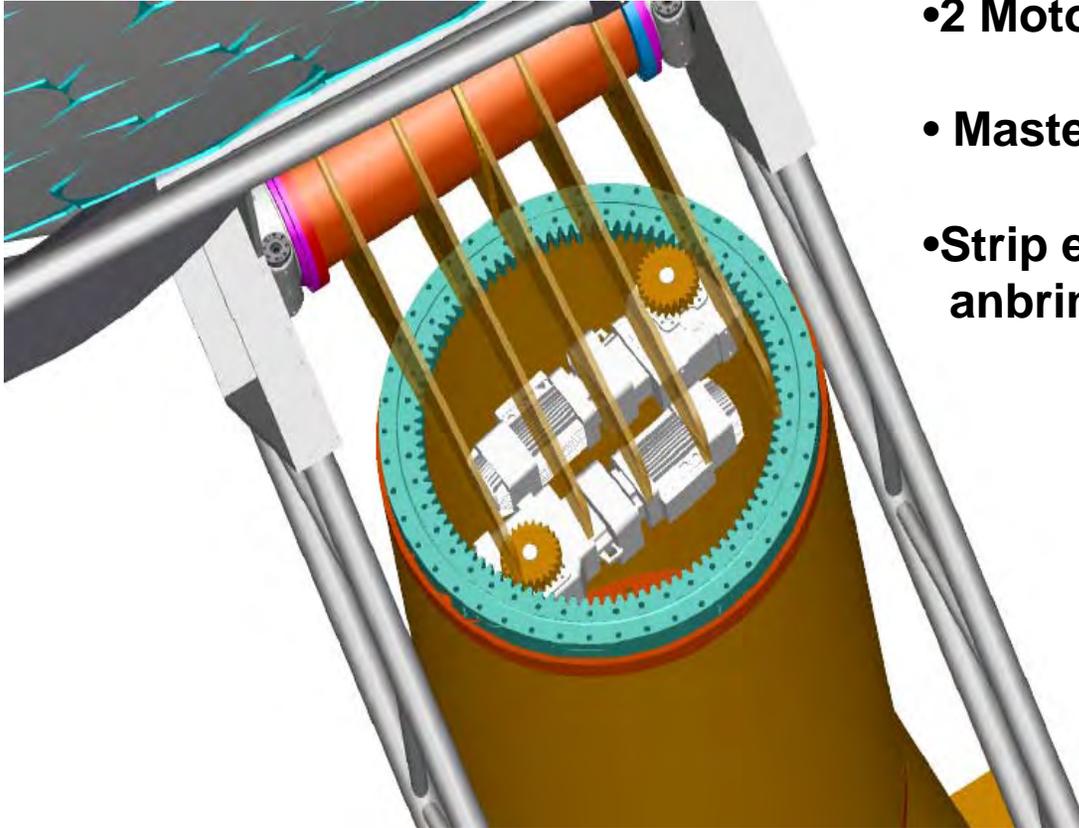




Worm Drive

09/08/2009

Azimutantrieb



- 2 Motoren a 6 kW
- Master /Slave Betrieb
- Strip encoder am Lager anbringen

Massenabschätzung

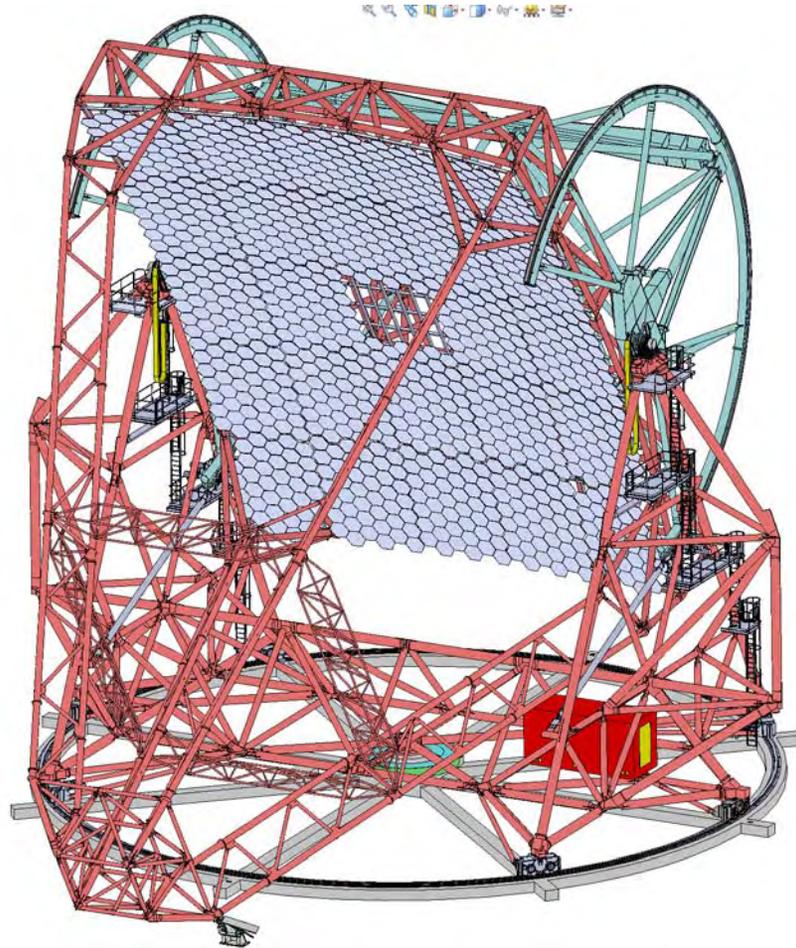
- Spiegelsupport 10t
- Spiegel 3t (Sandwich)
- Kamerasupport 5t
- Kamera 2,5t
- Turm und Kopf 15t
- Gegengewicht 17t
- Gesamtmasse ~ 60t (incl. Motoren...)

Azimutantrieb bei MAGIC

- Antriebskette -



H.E.S.S. II



Im Bau

560 Tonnen

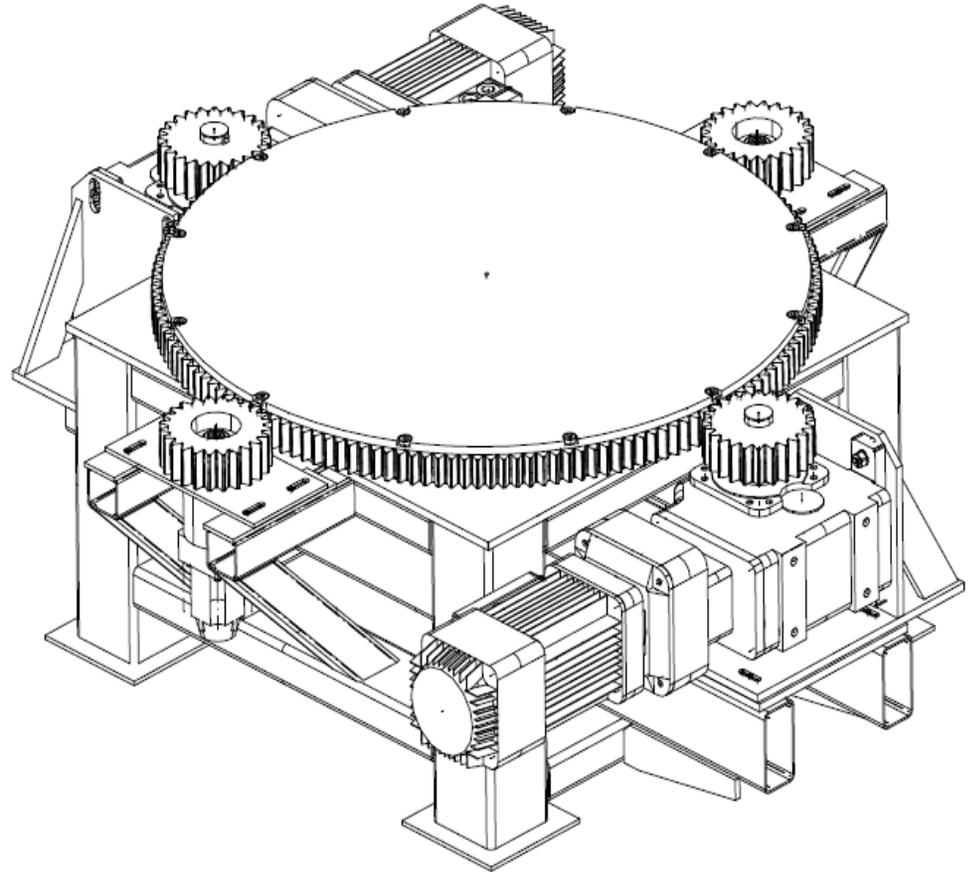
Motor Test setup

Stahlgestell 2mx2m
(Fertigung DESY HH)
Lager- Durchm. 1,5m

Motoren:
(DEMAG oder) **SEW**
und
Bosch Rexroth

Test der Steuerung
(master/slave)

Last geplant 1...2t
(Beton Block)



Motorauswahl

Elevation:

Massenträgheitsmoment: $I_{xx} = 9 \times 10^5 \text{ kgm}^2$

Max. Winkelgeschwindigkeit: $= 5^\circ/\text{s}$

Max. Winkelbeschleunigung: $= 1,67^\circ/\text{s}^2$ (3s)

Zusätzliches Balancemoment: 45 kNm

Getriebe: 1:3000

2 Motoren a 6kW, 12Nm

Motorauswahl

- Azimut:

Schiennenradius: 7m

Trägheitsmoment: 26kNm (3D-Modell, I_{xx} mal Beschleunigung)

Reibmoment: 63kNm ($R \times 0.02 \text{Masse}$)

Getriebe: 1:60

2 Motoren a 6kW, 8,5Nm

Nächste Schritte

1. Präzisierung des 3D-Modells:
 - exakte Berechnungen
 - Ableitung von ersten Zeichnungen (grob, Übersichtszeichnungen)
2. Kontakte mit Firmen
 - IMO, Rothe Erde: erste Abschätzungen liegen vor, Präzisierung
 - Stahlbau

Nächste Schritte (2)

3. Präzisierung der Anforderungen an den Prototypen
 - Was wollen wir testen?
 - Standort, Platzbedarf, Infrastruktur

MAGIC

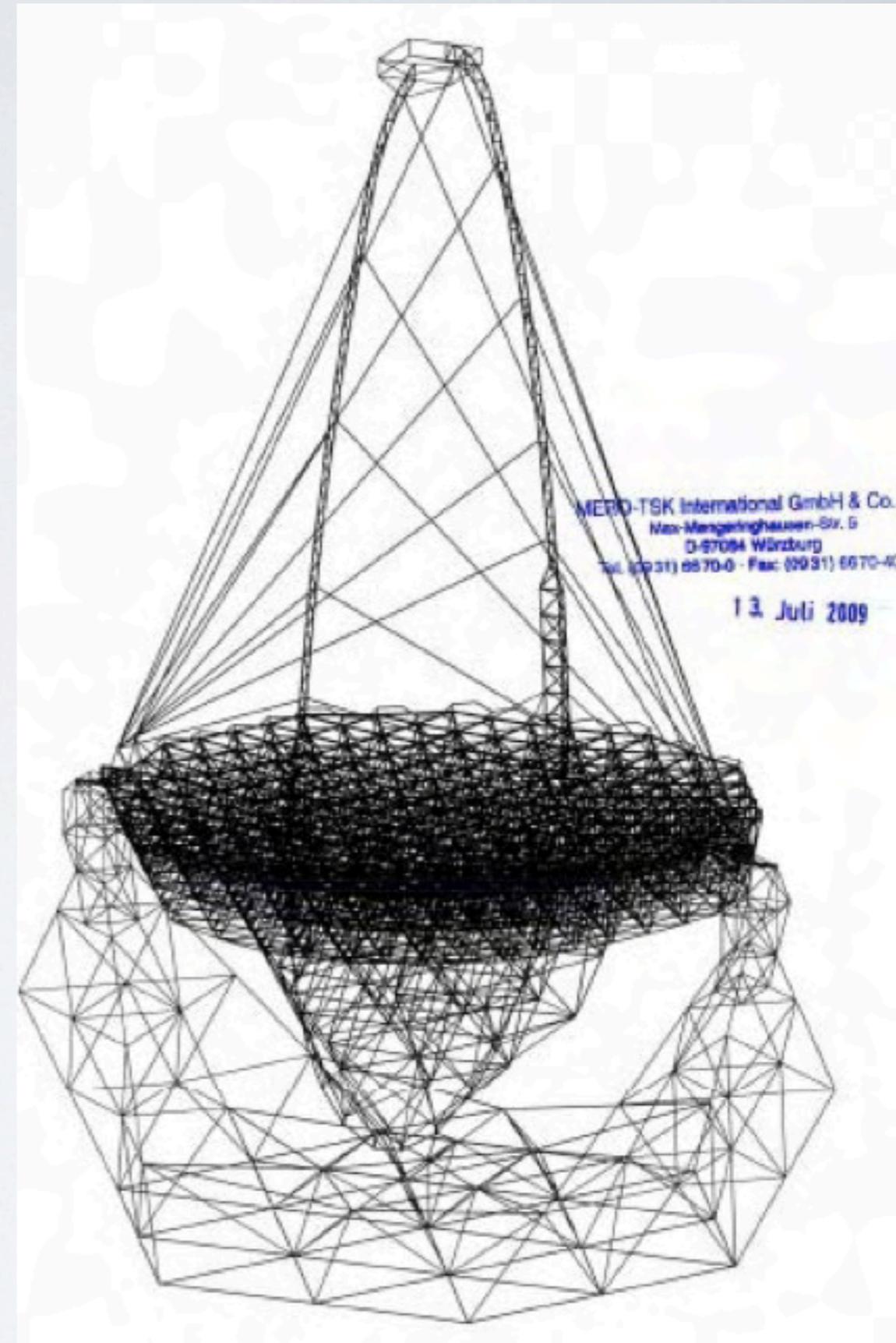
„EINDRUCKSVOLL“



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

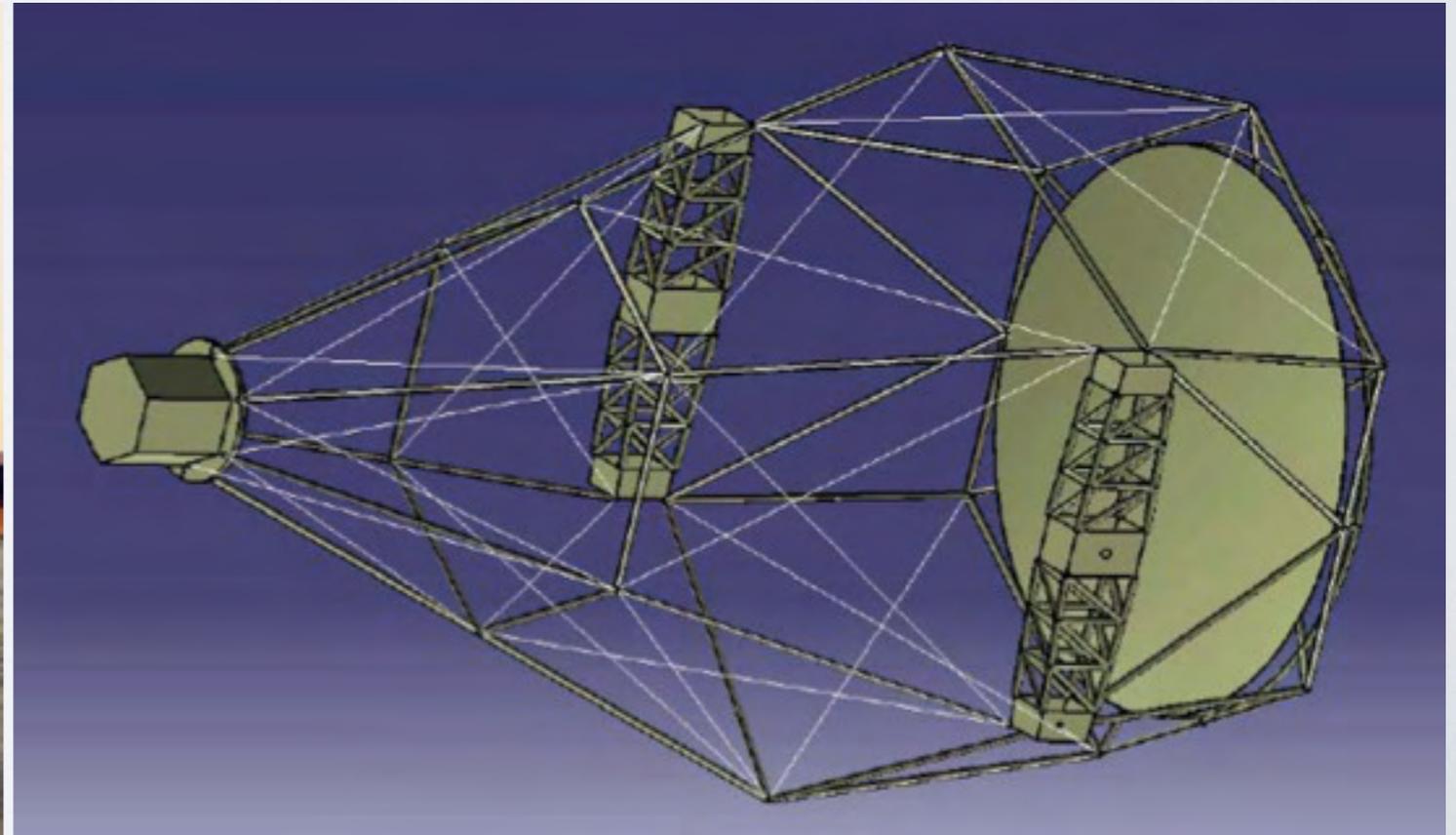
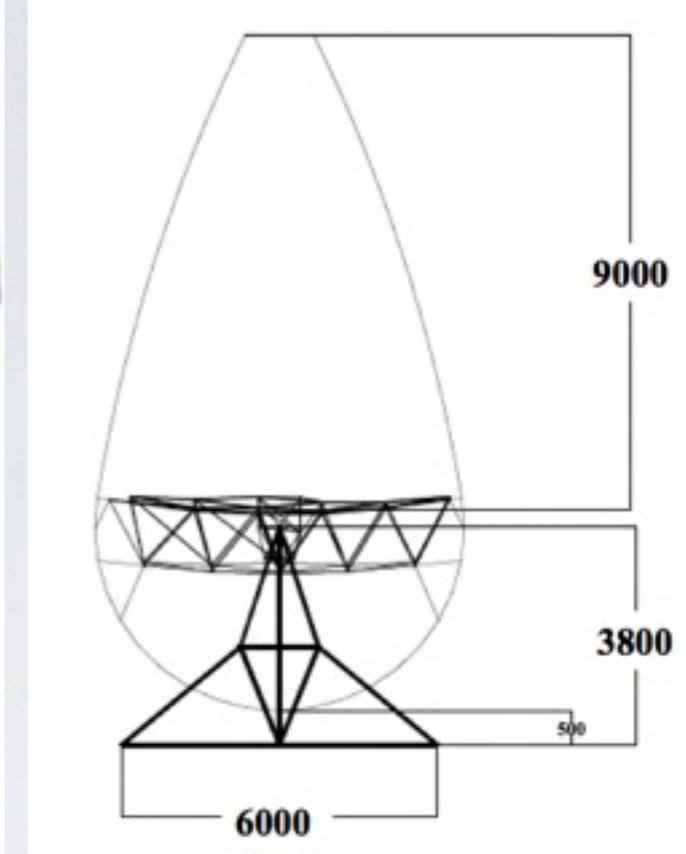
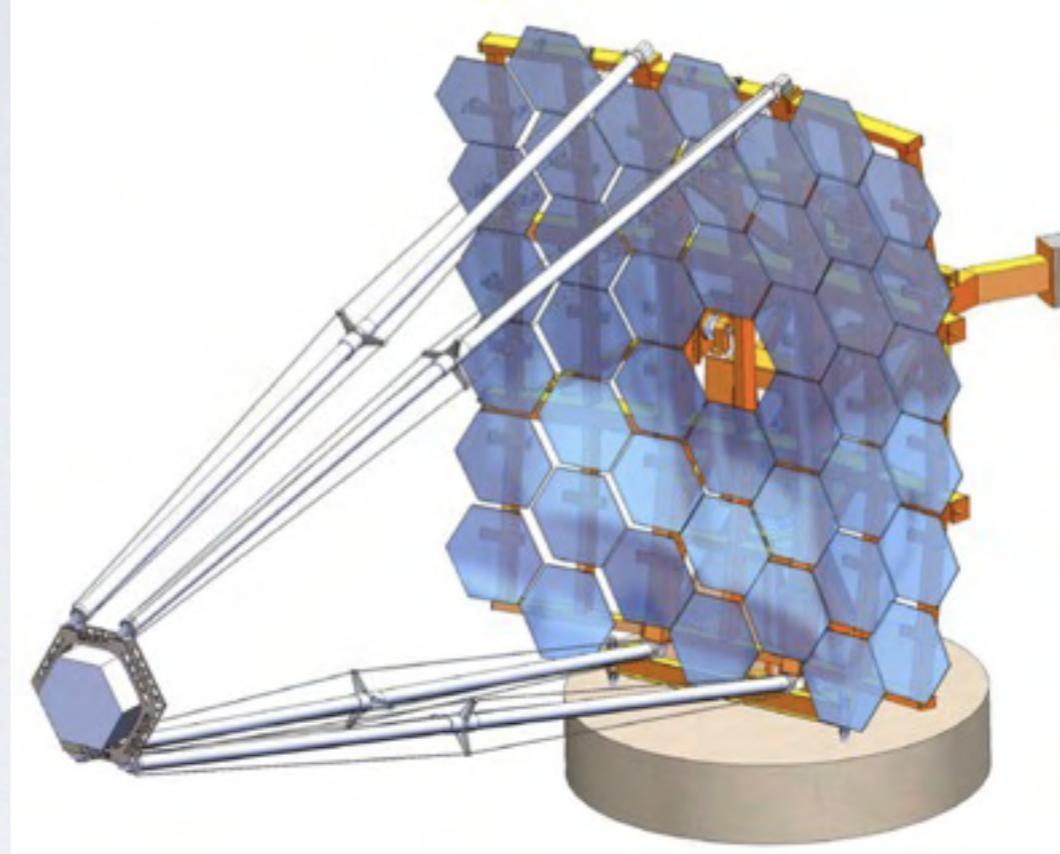
GROSSE TELESKOPE

- ▶ Spiegelträger Durchmesser 23 m
- ▶ Empfindlichkeit bis zu 20 GeV
- ▶ Niedriges Gewicht für GRBs
- ▶ Kohlefaser-Structuren
- ▶ Leichte Kamera
- ▶ Aktives Kamera-Kontrol-System



KLEINE TELESKOPE

- ▶ Spiegelträger
Durchmesser 4-7 m
- ▶ Verschiedenste
Ideen



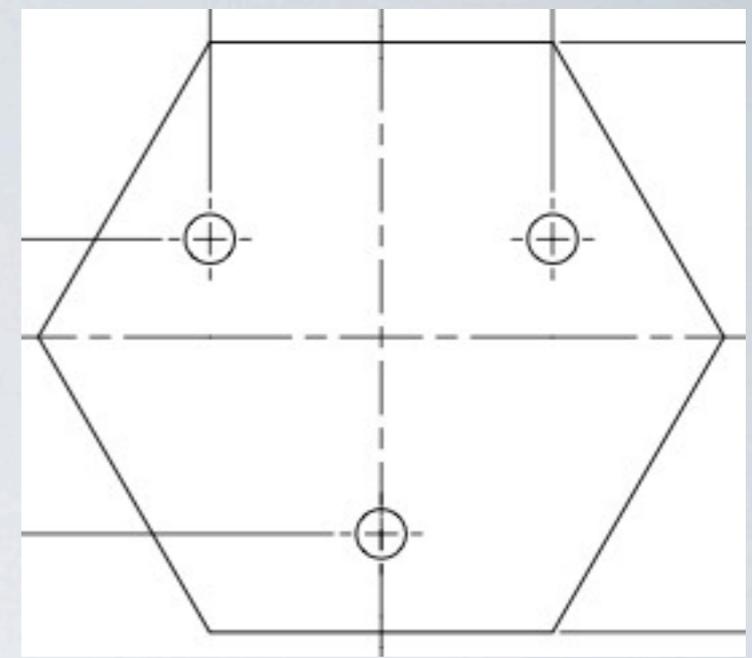
ANTRIEBS UND SICHERHEITS-SYSTEM

- ▶ Motoren → Test-Stand
- ▶ Regelungstechnik
- ▶ Antriebe
- ▶ Endlagen-Schalter
- ▶ Not-Systeme



SPIEGEL ENTWICKLUNG

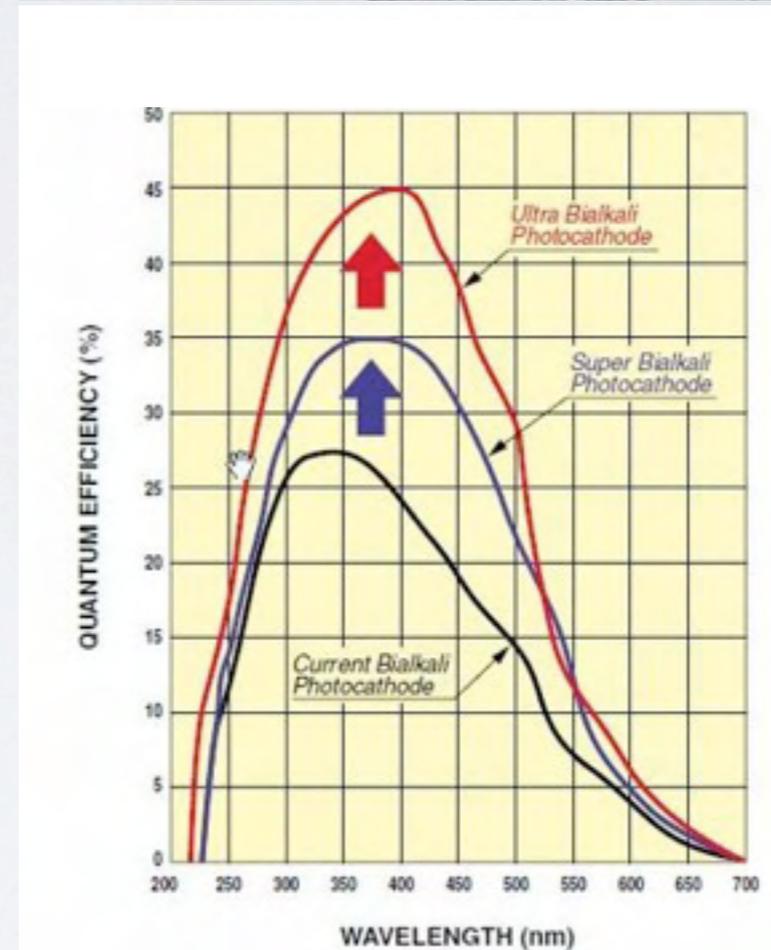
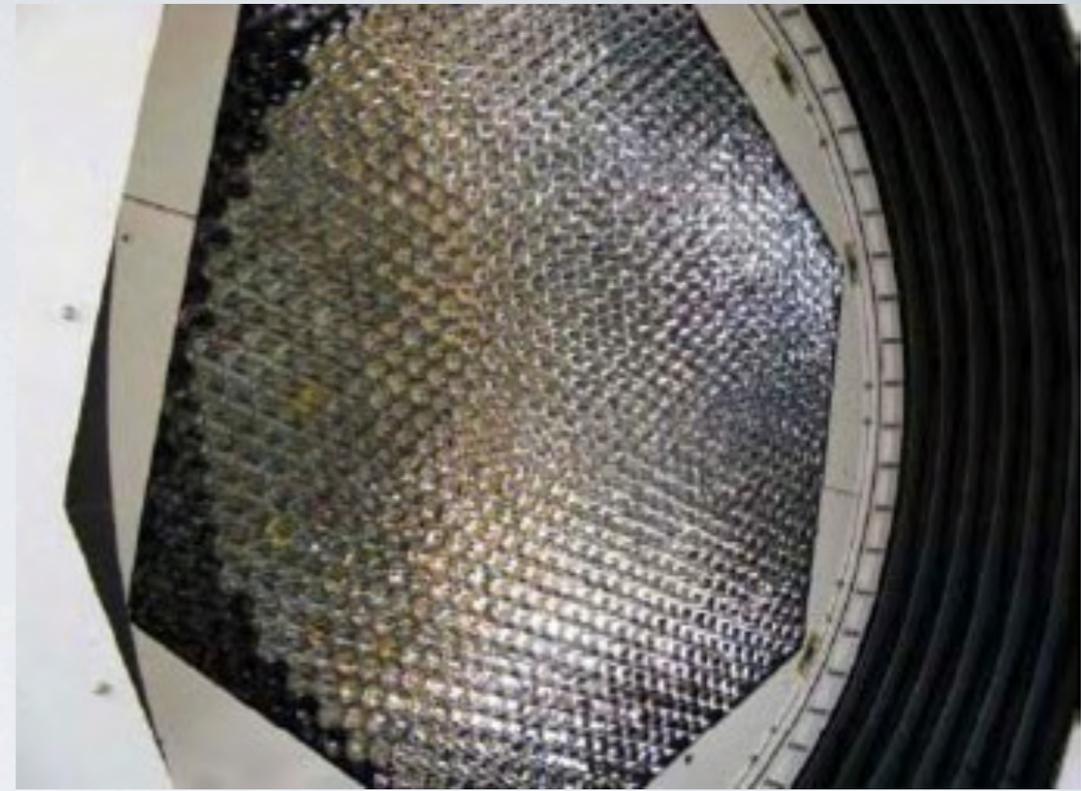
- ▶ Hexagonal 1.2 m
- ▶ Reflektivität $> 80\%$ (300-600 nm)
- ▶ Verschiedene Technologien für Massenproduktion bei niedrigen Kosten (Alu, Glas, Carbon/glas fiber Materialien)
- ▶ Beschichtungen (SiO_2 mit/ ohne C Beimischung, Al_2O_3)
- ▶ Spiegel-Tests: Langlebigkeit, Temperatur, Feuchtigkeit...
- ▶ Aktive Spiegel Kontrolle



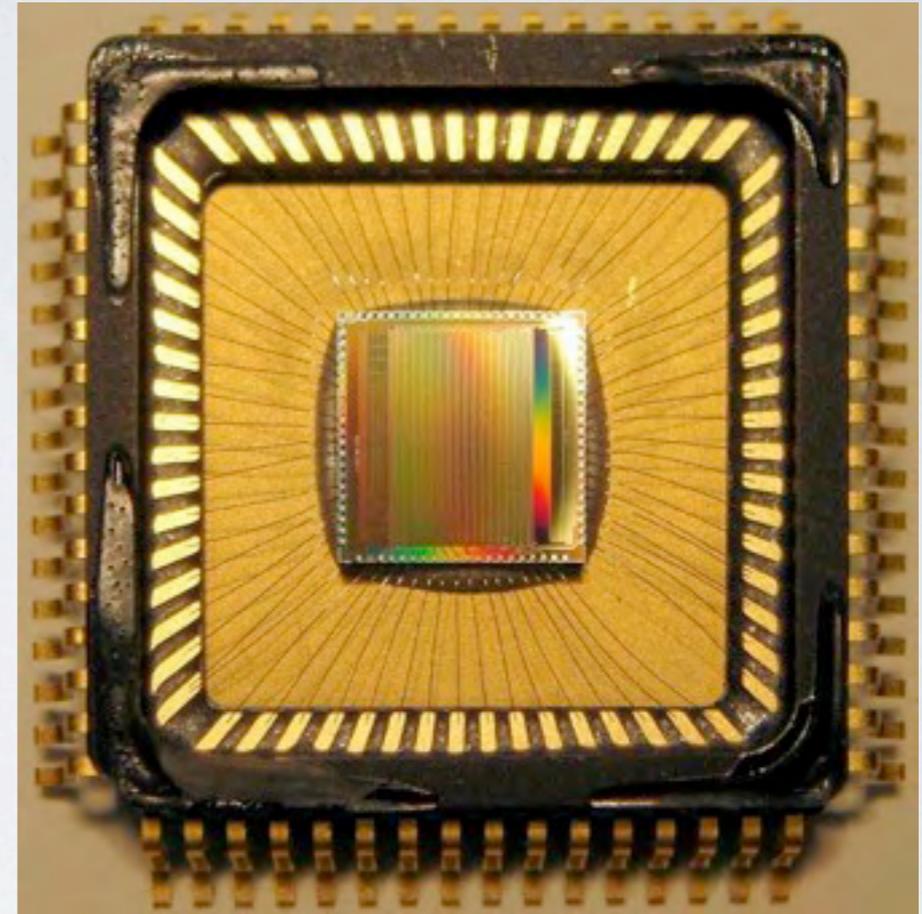
KAMERA

- ▶ Zuerst: Verbesserung der klassischen Photoröhren
 - ▶ super-bialkali und ultra-bialkali Kathoden

- ▶ Alternativen: Silicon-Sensoren
 - ▶ Photon-Detection efficiency
 - ▶ Einsatz-Charakteristiken, Kosten



- ▶ Verschiedene Techniken
 - ▶ Speichertiefe
 - ▶ Geschwindigkeit
 - ▶ Präzision (#bits)
 - ▶ Bandbreite
- Analyse der Leistungs-Parameter und Kosten

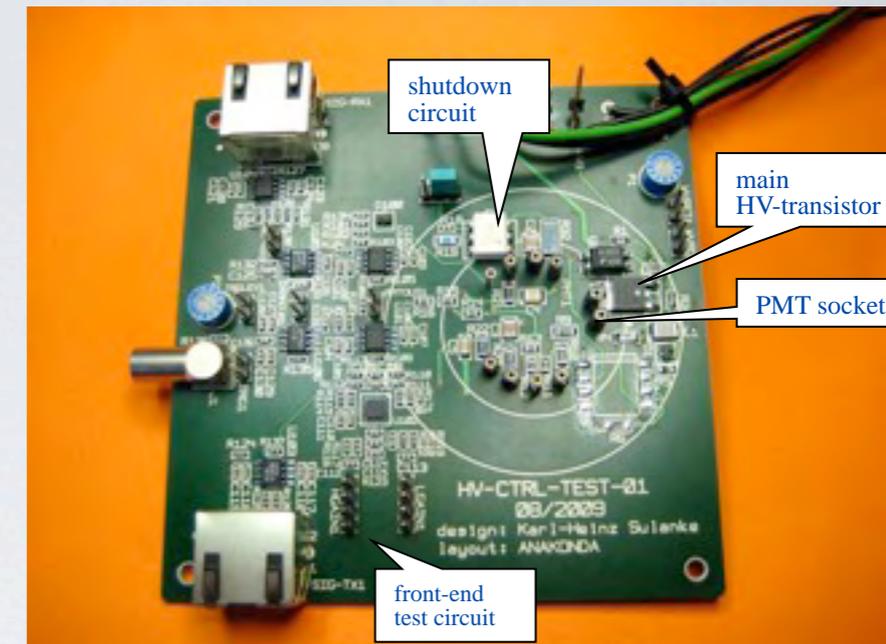


Beispiel

FADC System basierend auf
Domino Ring Sampler

ELEKTRONIK

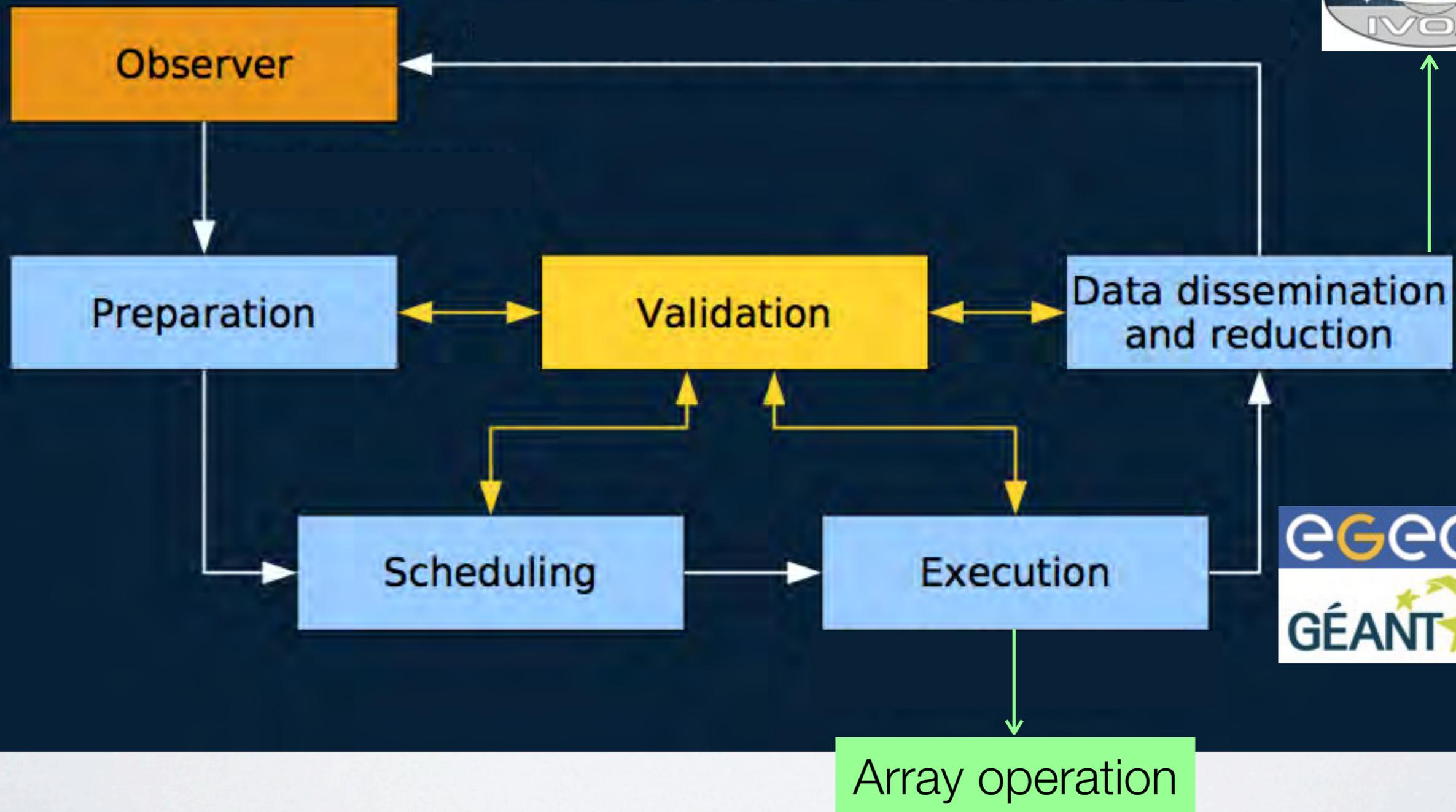
- ▶ Hochspannungs-System für Kamera-Röhren
 - ▶ special on control, safety, power
- ▶ Kamera-Trigger
 - ▶ verschiedene Analog-Lösungen (comparators, clipper)
 - ▶ FPGA basierender digitaler Trigger
- ▶ Array-Trigger



ARRAY OPERATION CENTER



ARRAY OPERATION CENTER



DAS PROJECT



- ▶ CTA Konsortium – Zusammenarbeit von Kollegen aus H.E.S.S., MAGIC + aus 20 Ländern in Europa, Americas, Japan
- ▶ Prioritäts-Projekt der Europäischen Planungs-Gremien ASPERA und ASTRONET → ASPERA call
- ▶ European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) Roadmap 2008
- ▶ EU Anträge für ESFRI Projekte für die Vorbereitungs-Phase, und für e-Infrastructure

