

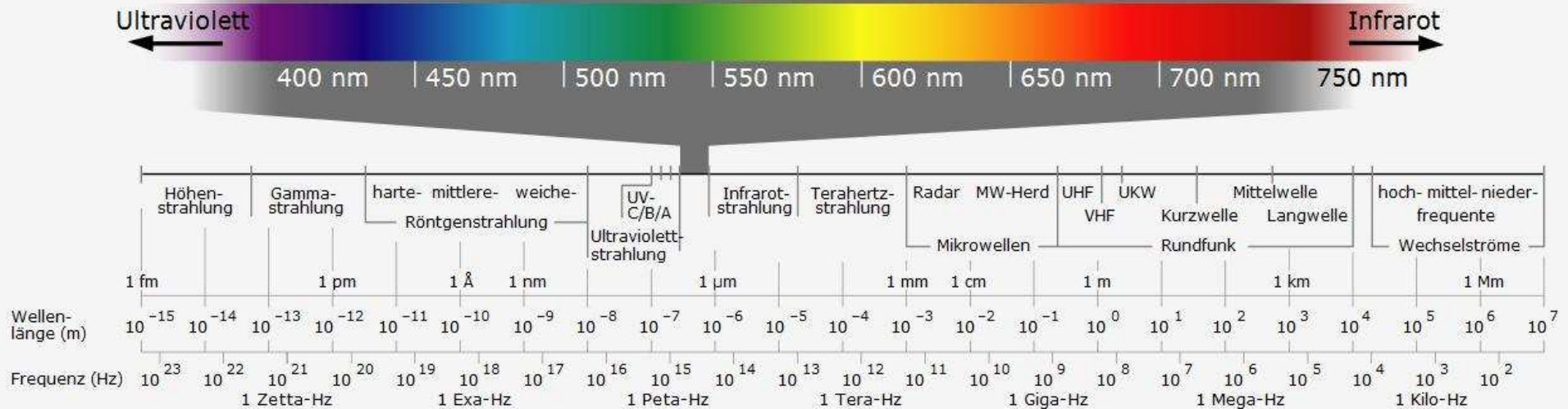
Ergebnisse der TeV Gammastrahlungsastonomie

- Was ist Gammastrahlungsastonomie?
- Detektoren auf der Erde (H.E.S.S., MAGIC)
- Woher kommt Sie?
- Zukunft (MAGIC II, H.E.S.S. II)

Was ist TeV

Gammastrahlungsastronomie?

Das für den Menschen sichtbare Spektrum (Licht)



TeV Bereich

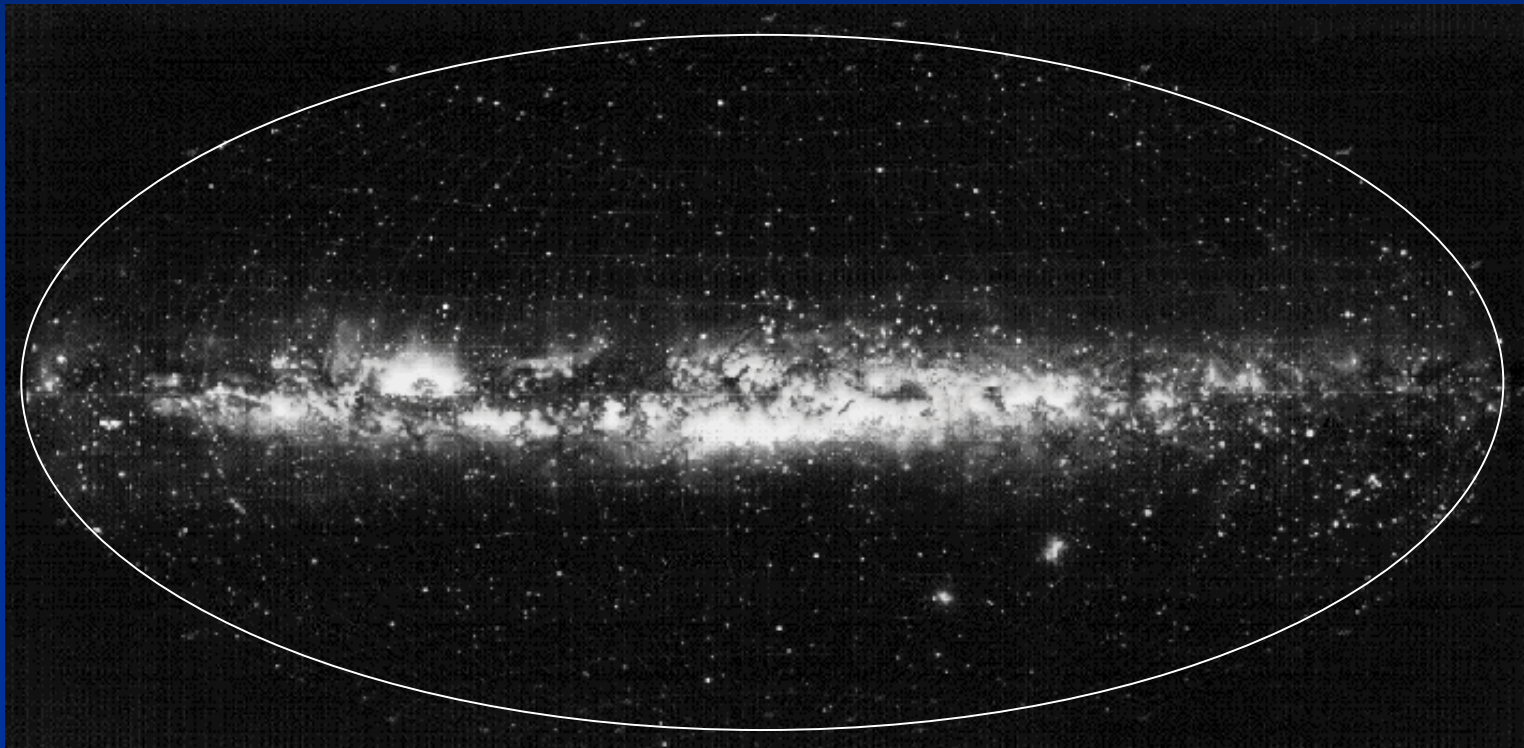
■ Tera Elektronen Volt = 10^{12} eV

■ $E = 1 \text{ TeV} \rightarrow f = 10^{27} \text{ Hz}$

■ sichtbares Licht $\sim 1 \text{ eV}$

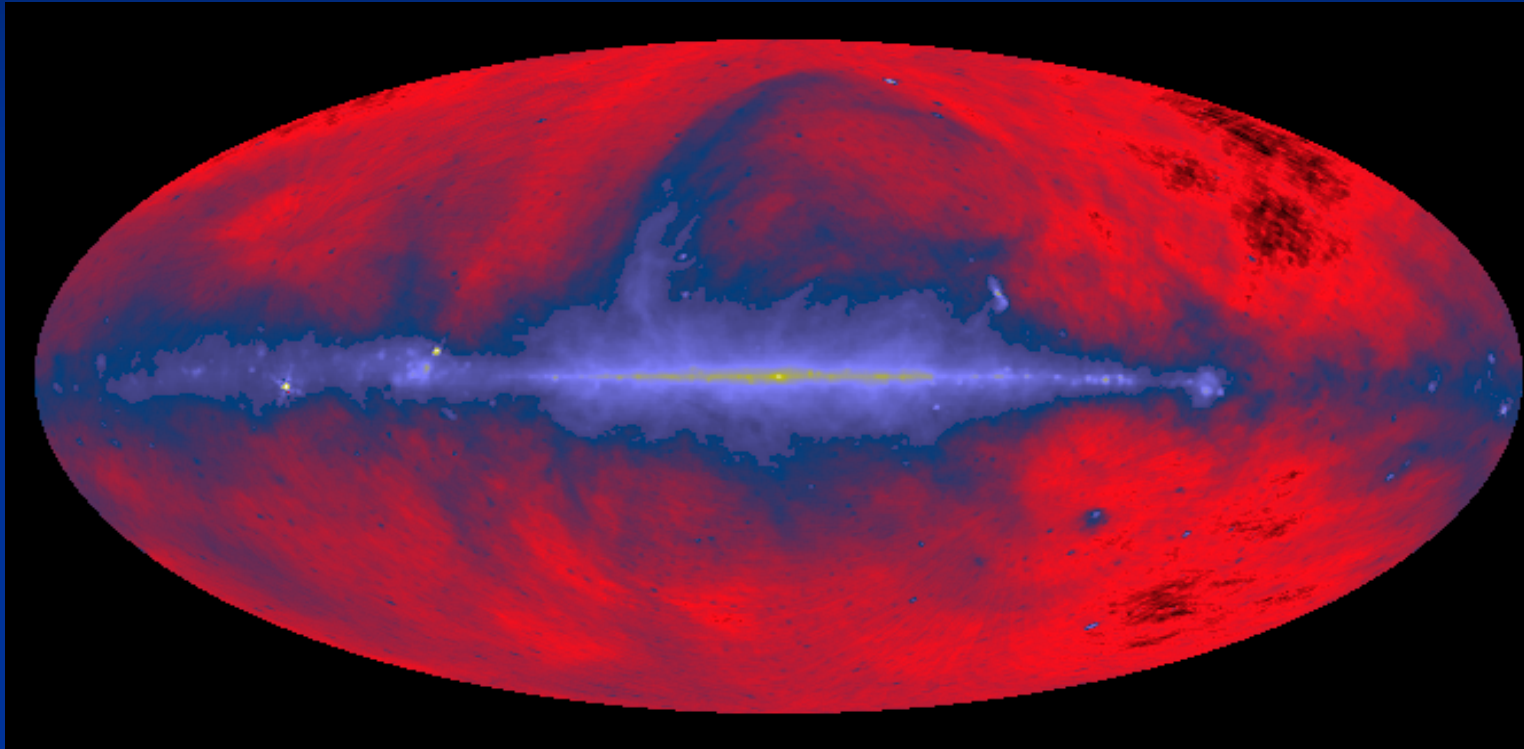
■ TeV – Bereich $\sim f = 10^{27}$ bis 10^{30} Hz

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



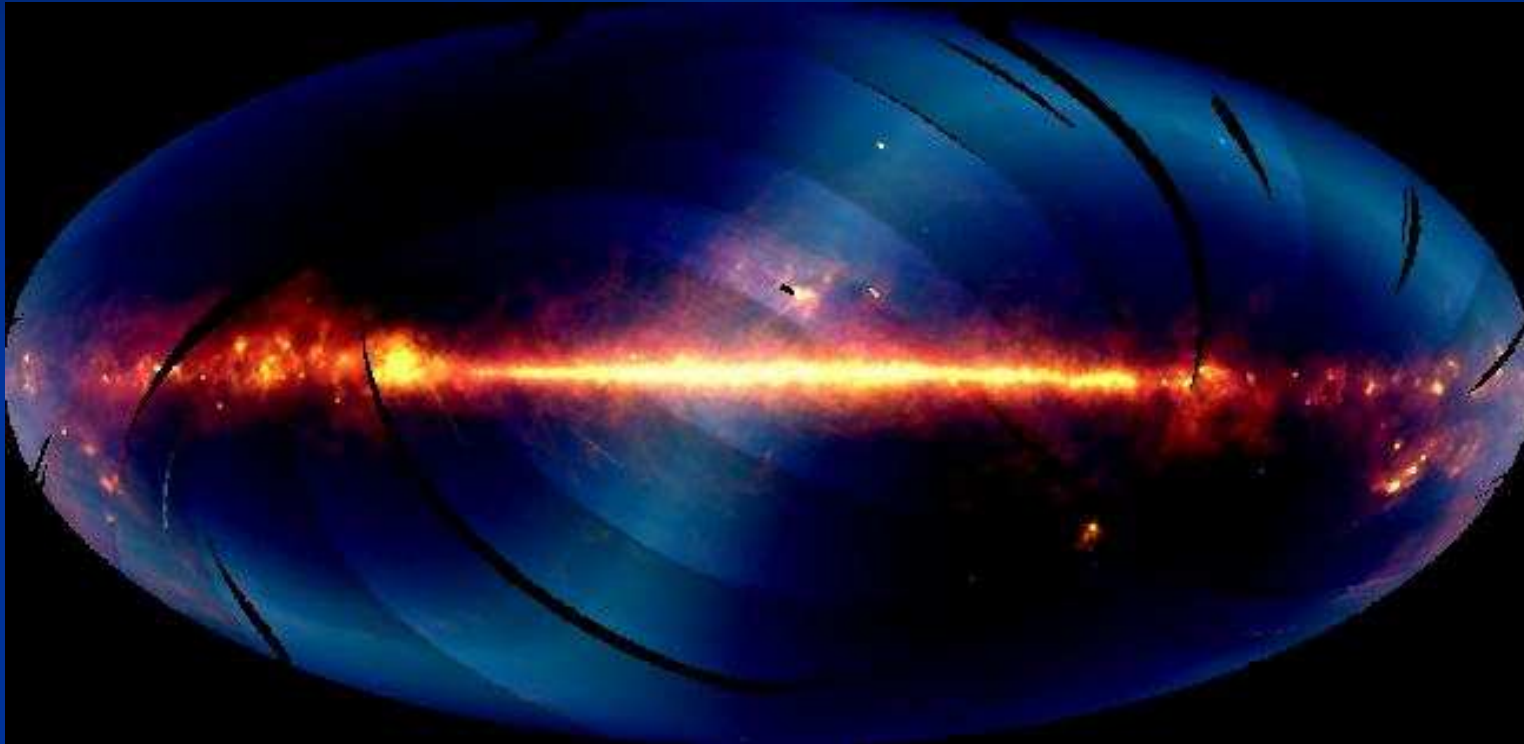
Das Universum im sichtbaren Licht (eV)

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



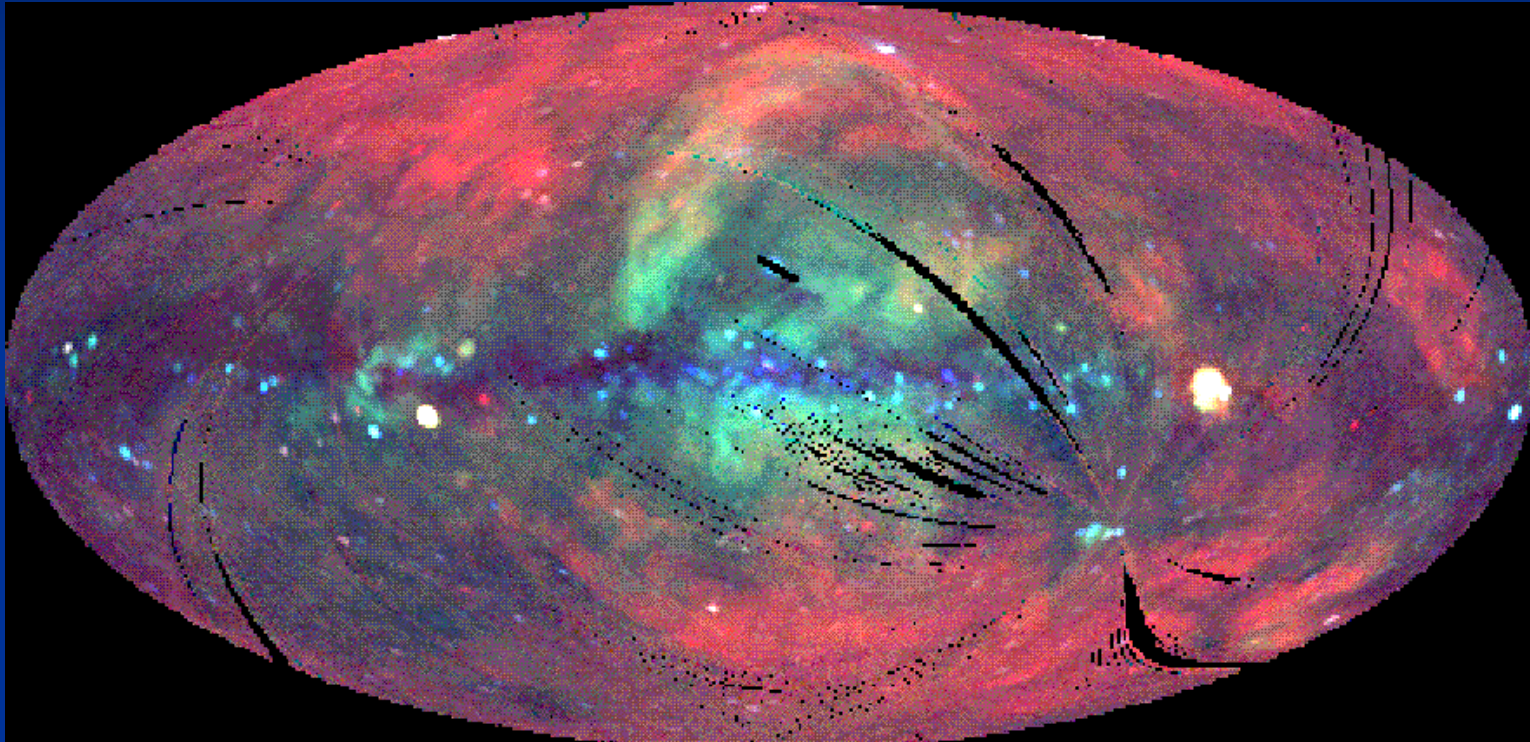
Das Universum im Radio-Bereich (10^{-6} eV)

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



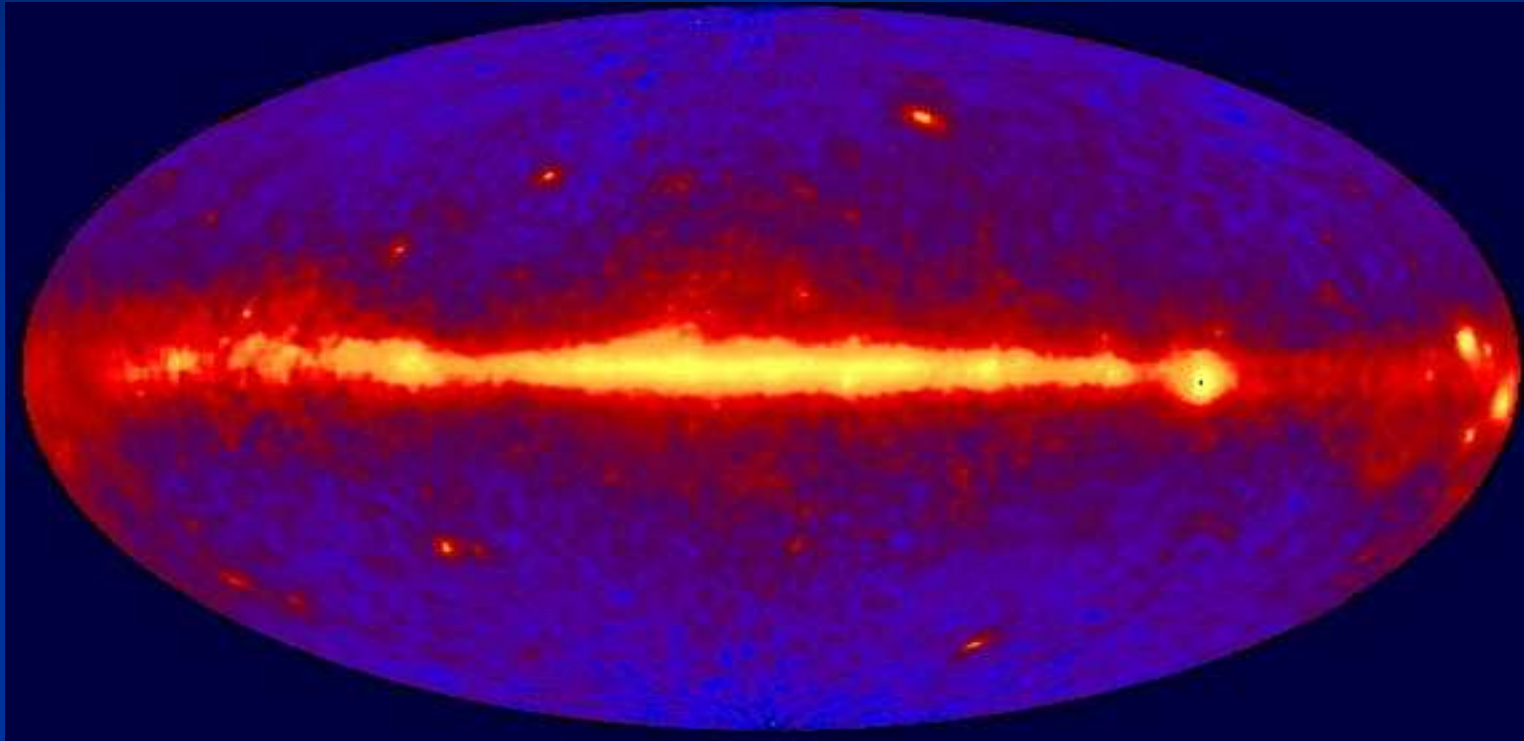
Das Universum im Infrarot-Bereich (10^{-2} eV)

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



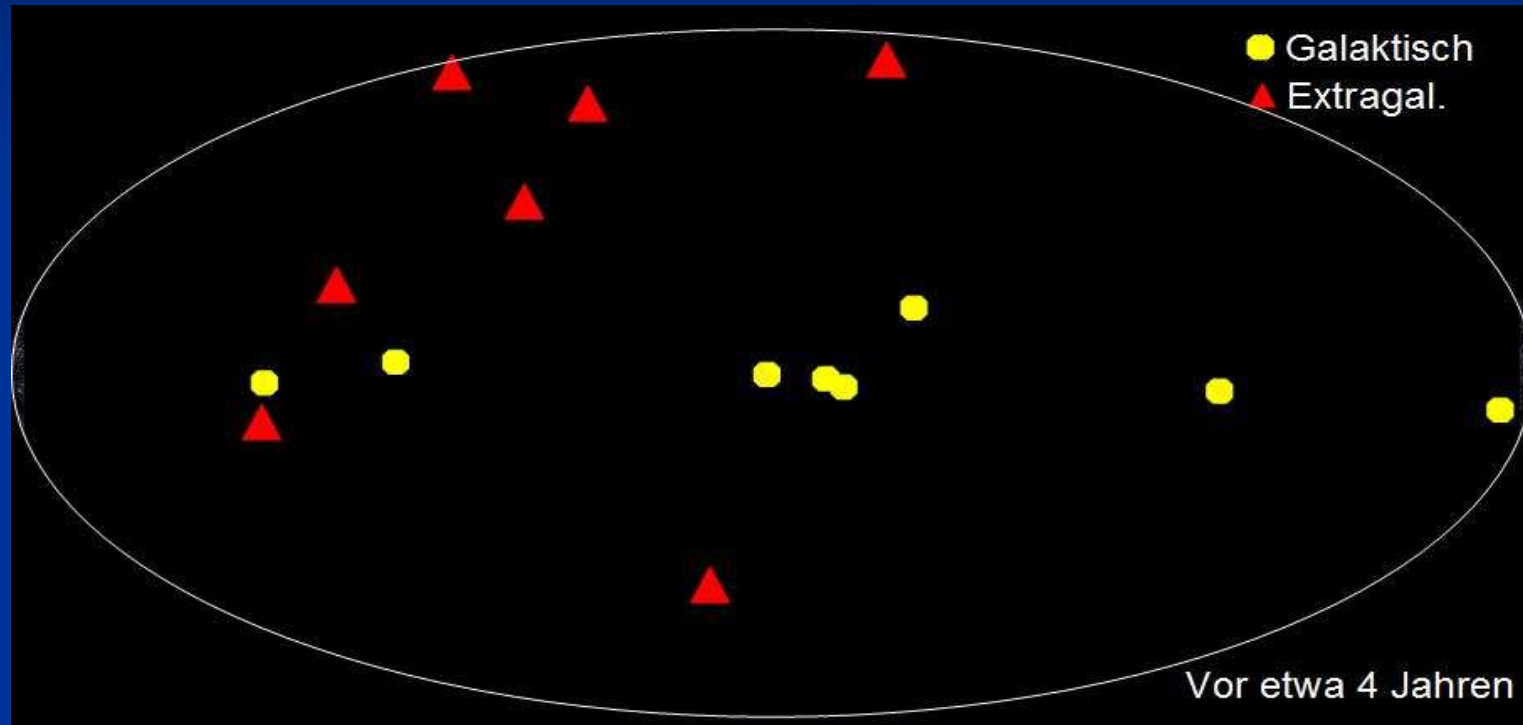
Das Universum im Röntgen-Bereich (10^3 eV)

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



Das Universum im Gammastrahlen-Bereich (10^9 eV)

Was ist TeV Gammastrahlungsastronomie?



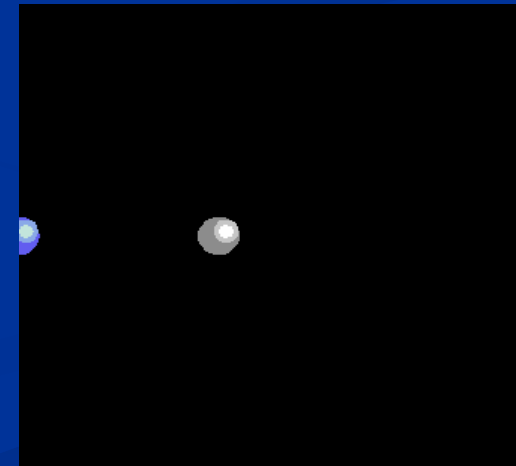
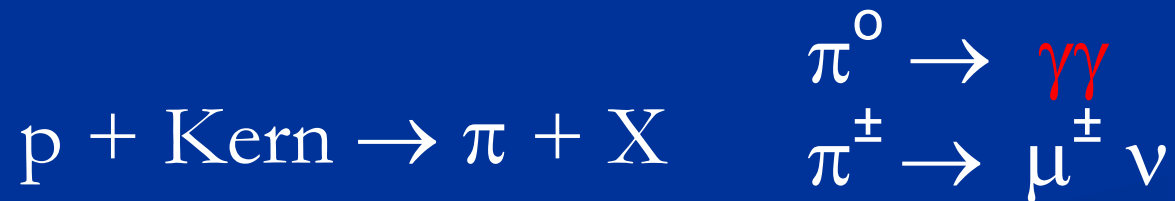
Das Universum im TeV-Bereich

Wie entsteht Gamma-Strahlung:

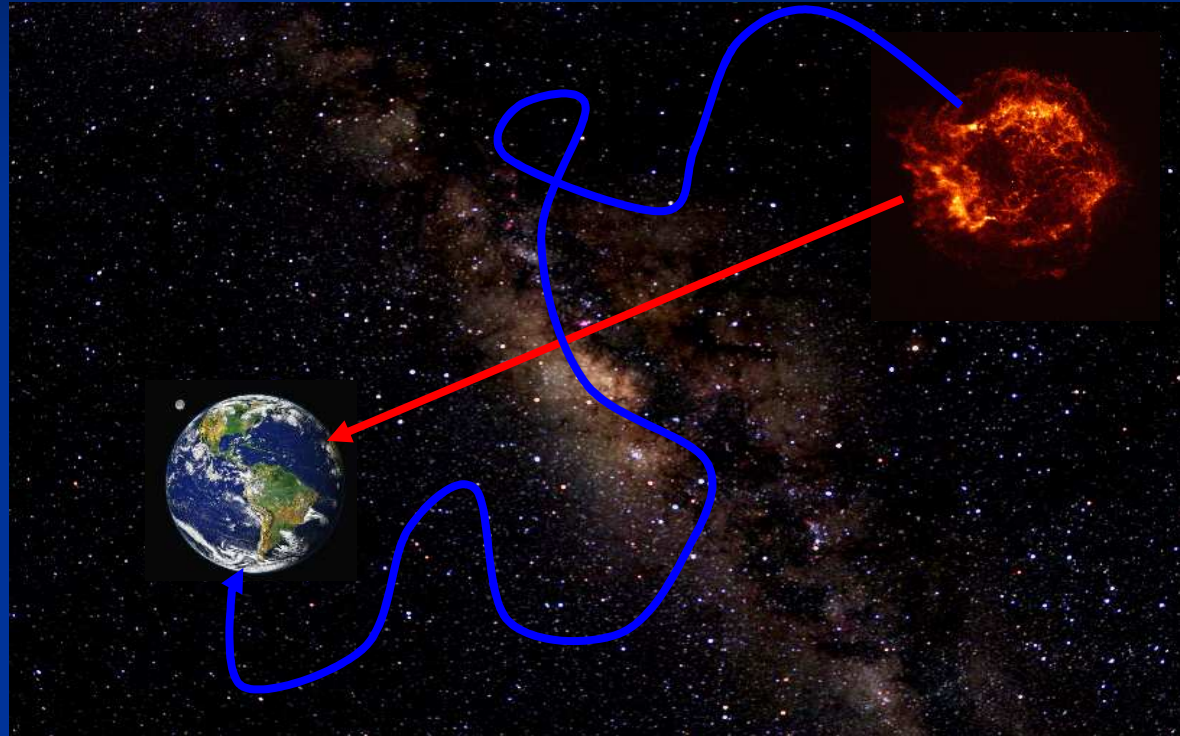
- Inverser Compton-Effekt:



- Zerfall von neutralen Pionen

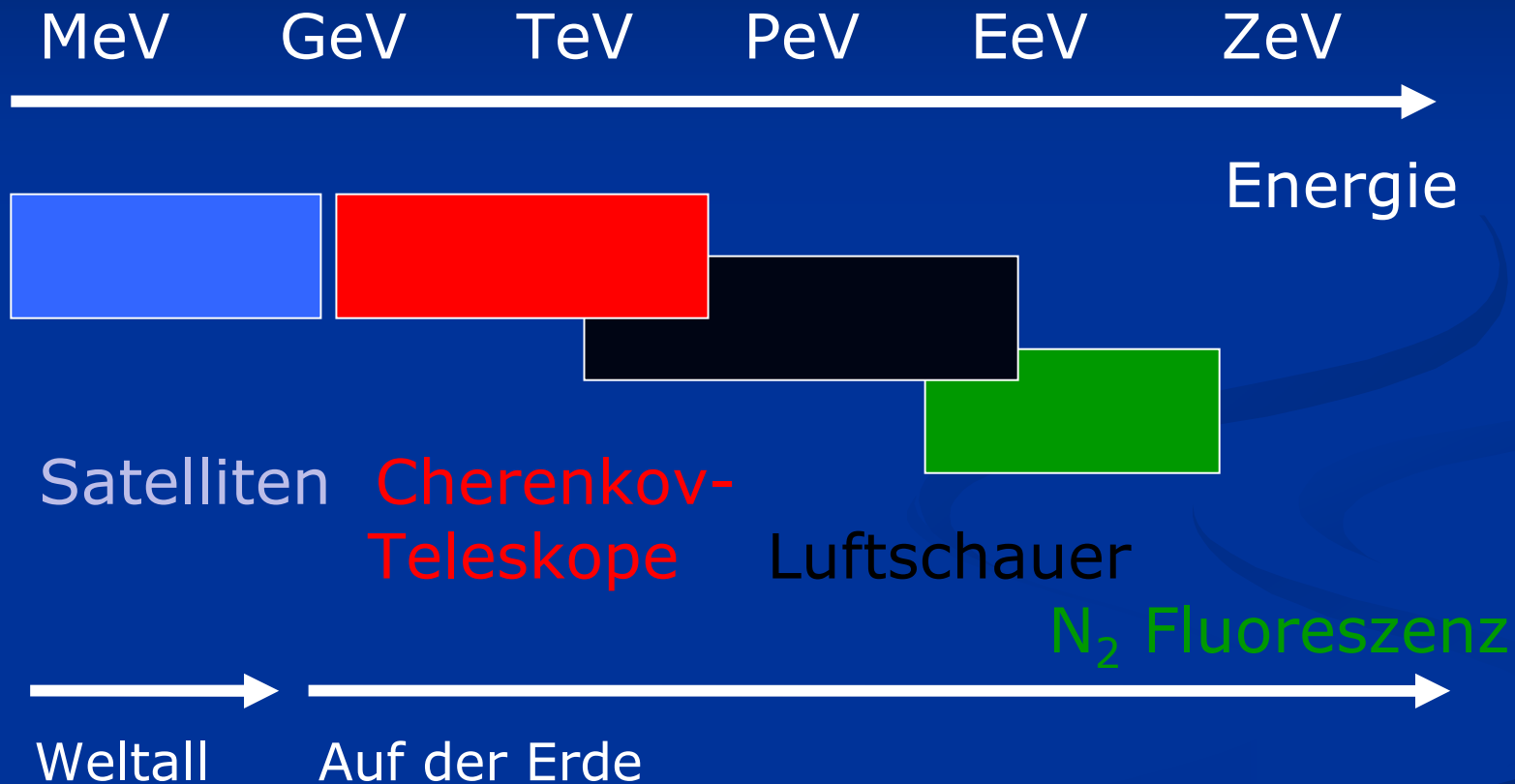


Wie entsteht Gamma-Strahlung:



→ Photonen zeigen direkt zur Quelle

Nachweistechniken:



Nachweistechniken:

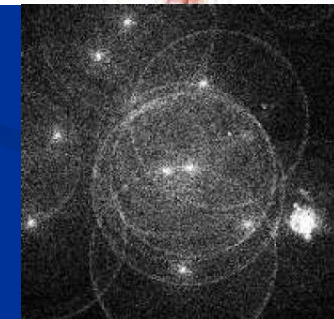
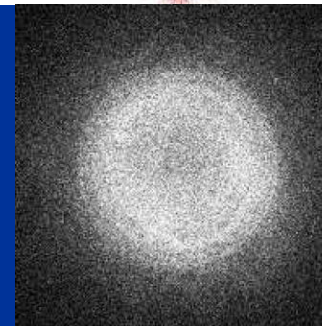
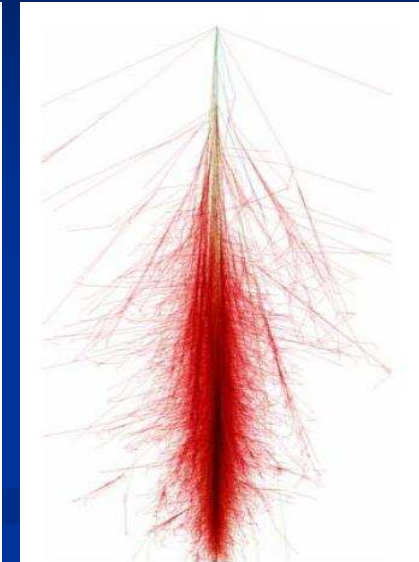
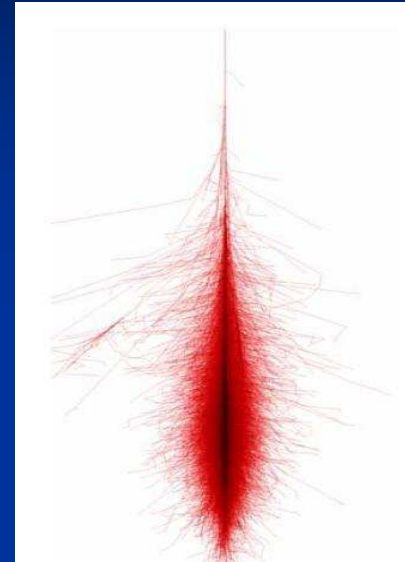
Cherenkov-Schauer

Maßgebliche Prozesse:

- Kern-Kern-Wechselwirkung
- Zerfall von Pionen
- Bremsstrahlung
- Paarbildung

Cherenkov-Effekt

- Teilchen dringt mit TeV ein
- Analog zum Überschallknall

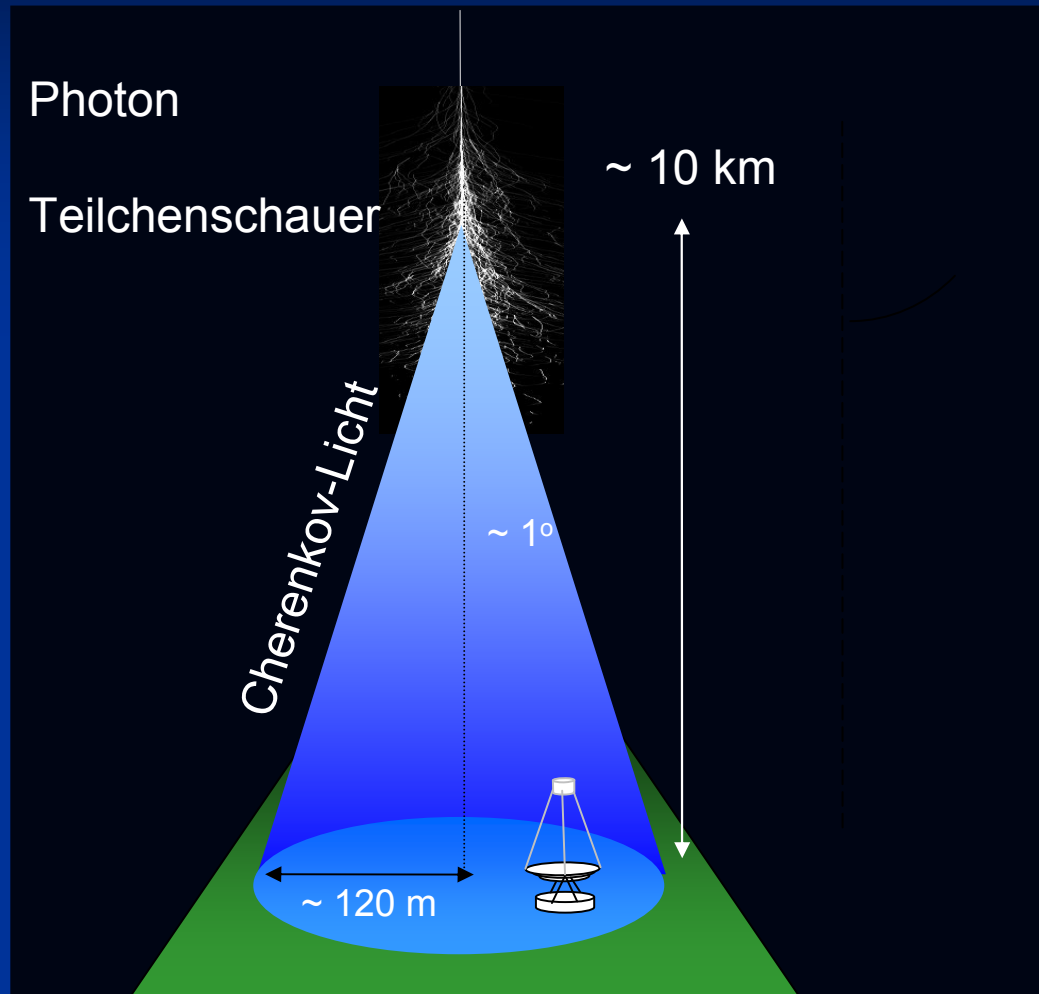
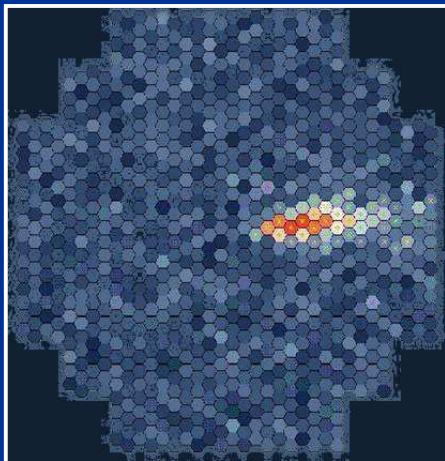


a) Photon

b) Proton

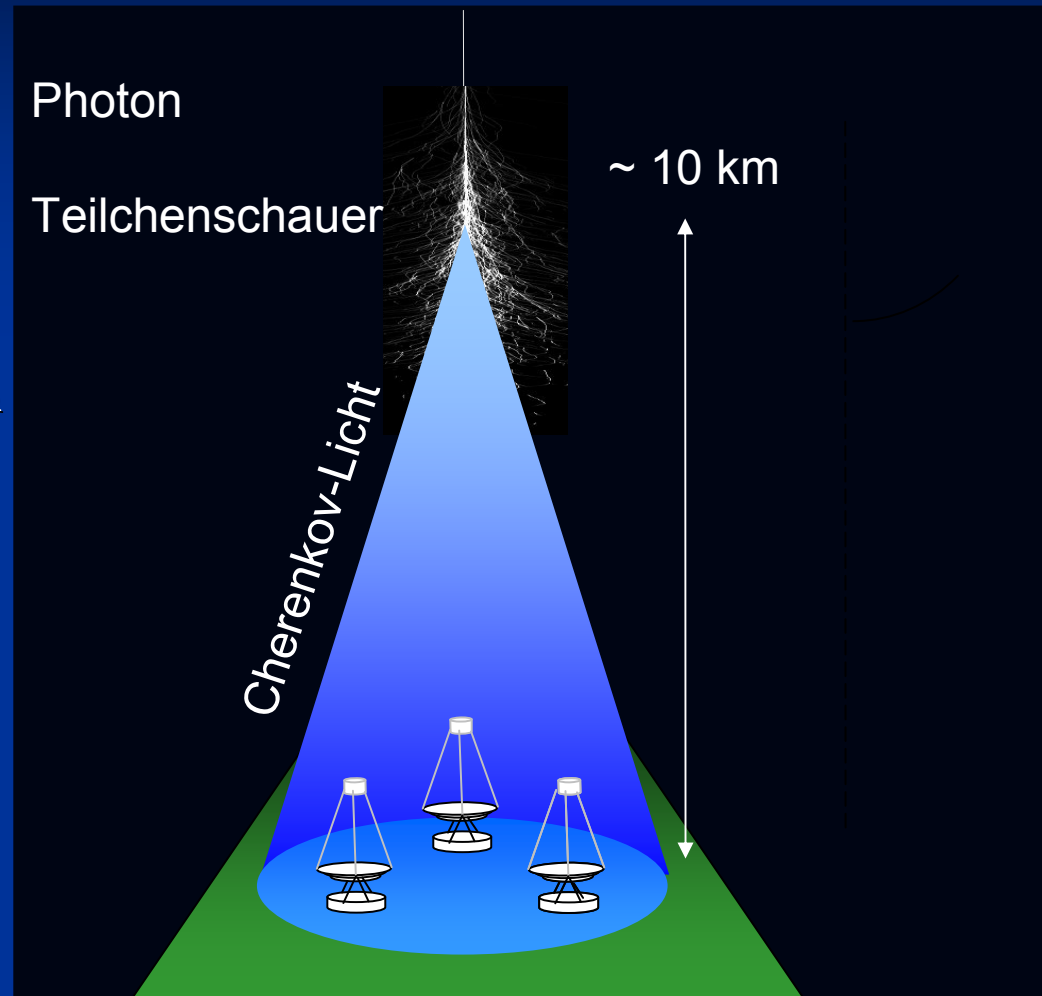
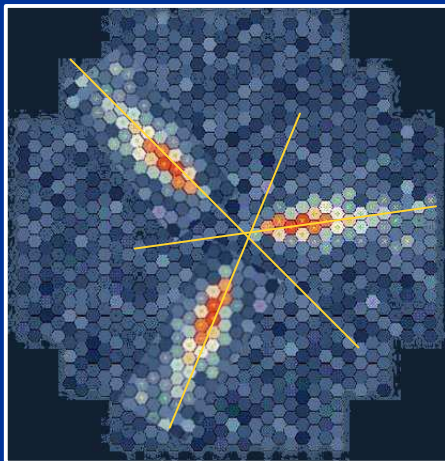
Cherenkov-Schauer:

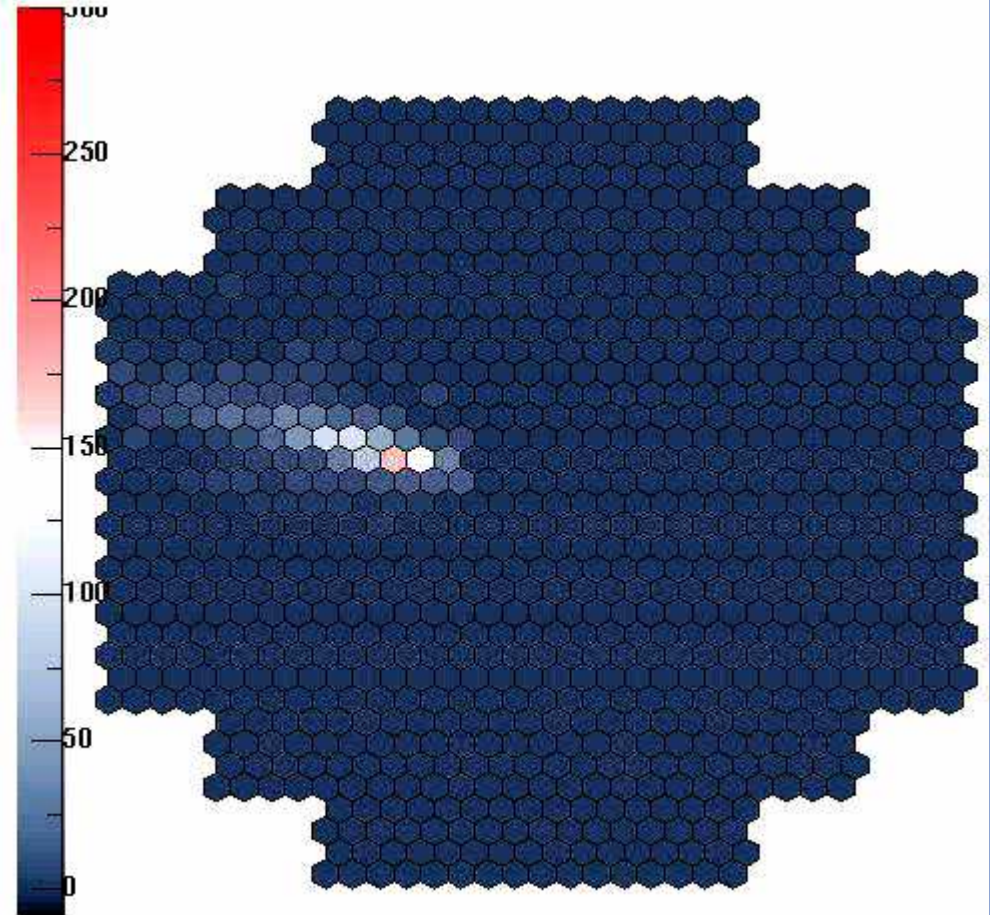
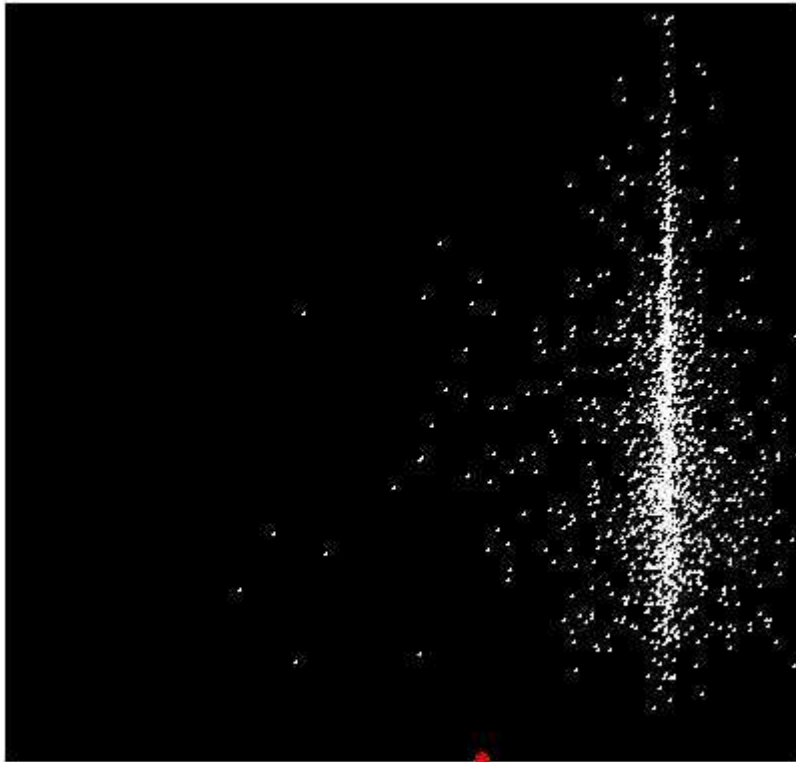
- Photon verursacht Kaskade von Reaktion
- Cherenkov Licht:
 - Dauer 5ns
 - 100 Photonen/m²
- Abgedeckte Fläche
~50.000 m²



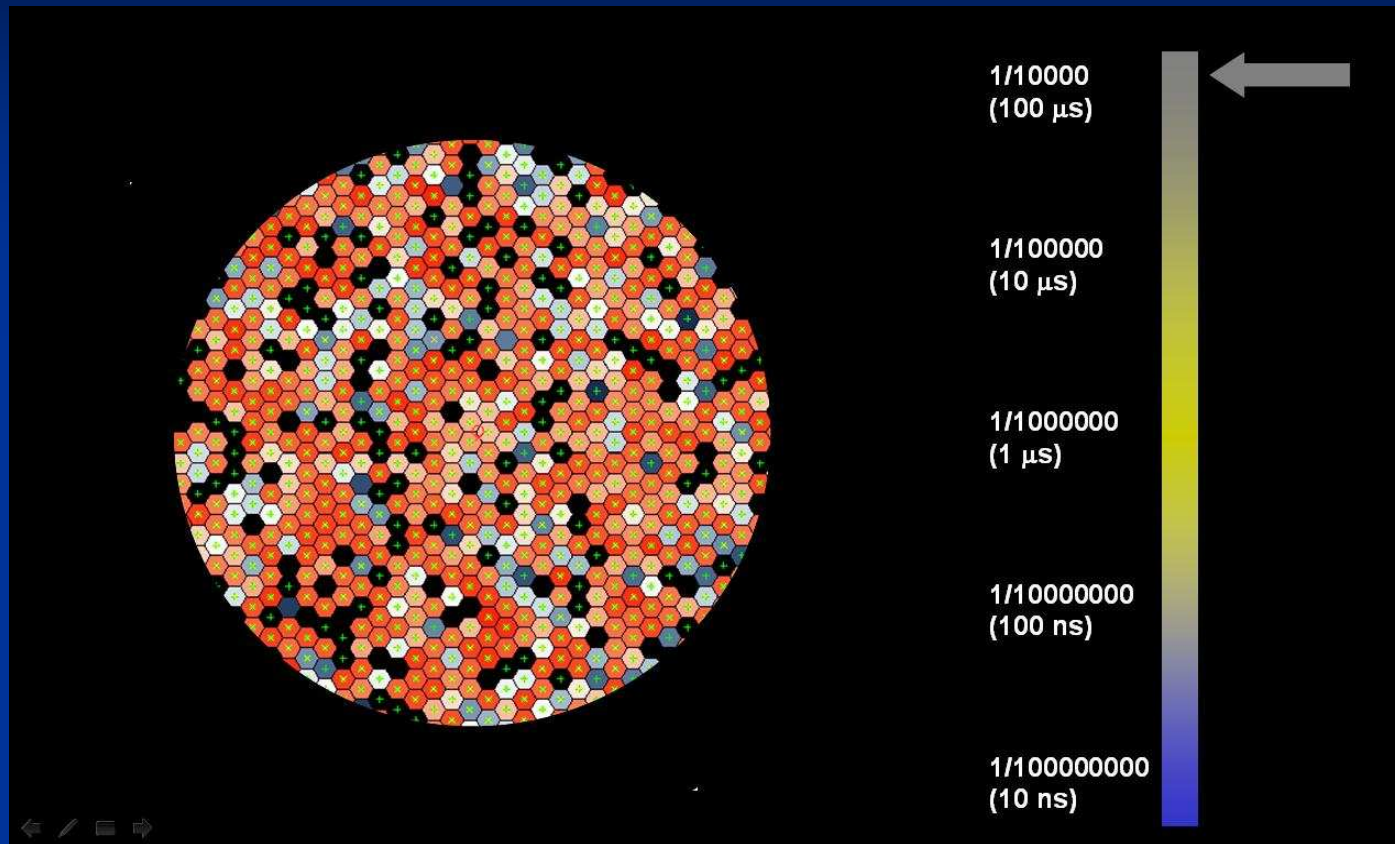
Cherenkov-Schauer:

- Bildintensität
→ **Energie**
- Bildorientierung
→ **Richtung**
- Bildform
→ **Primärteilchen**



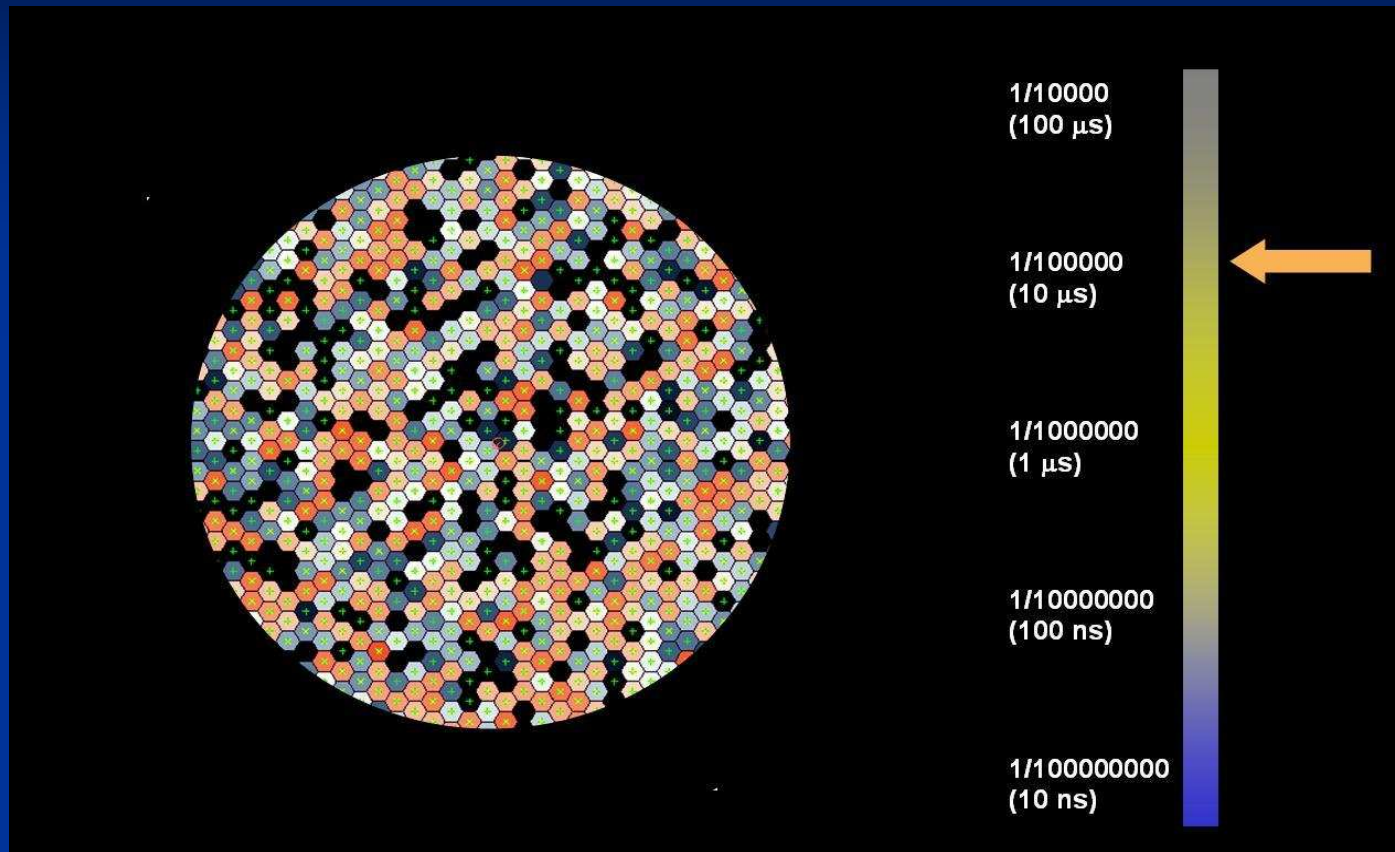


Cherenkov-Schauer:



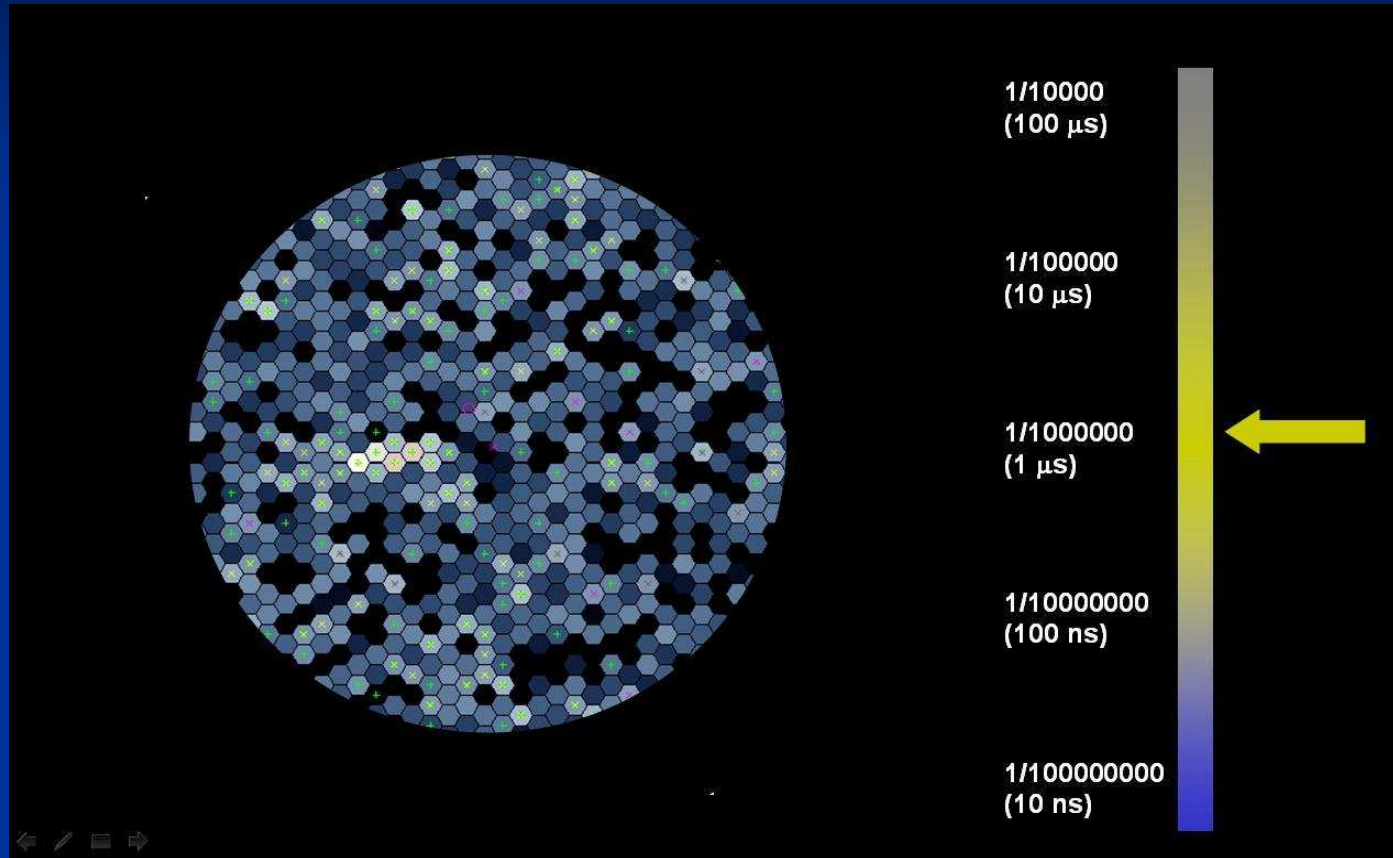
- Das Wichtigste bei den Detektoren ist die Verschlusszeit
- Beste Foto-Kamera: $\sim 100\mu$ s Verschlusszeit

Cherenkov-Schauer:



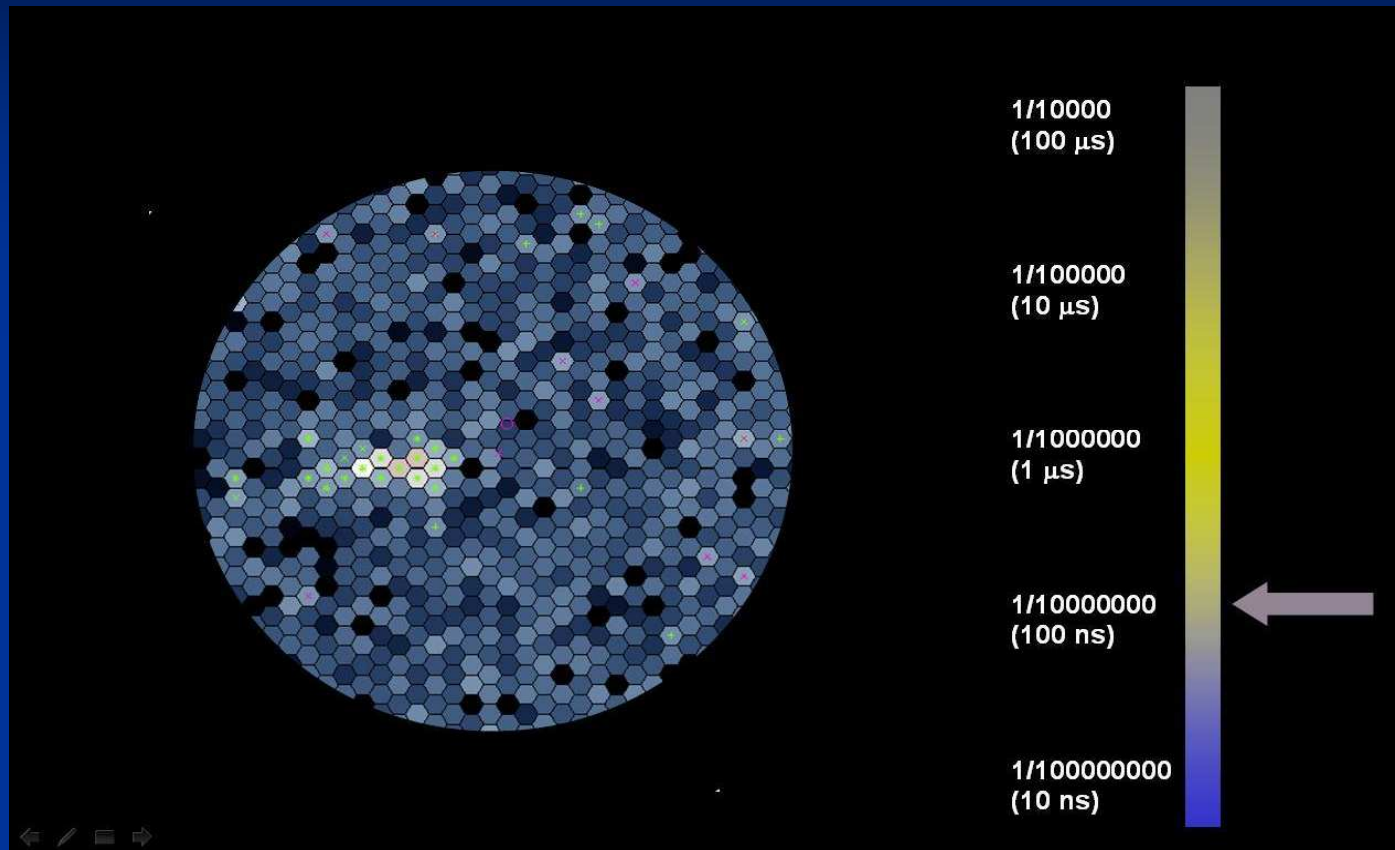
- Das Wichtigste bei den Detektoren ist die Verschlusszeit
- Beste Foto-Kamera: $\sim 100\mu$ s Verschlusszeit

Cherenkov-Schauer:



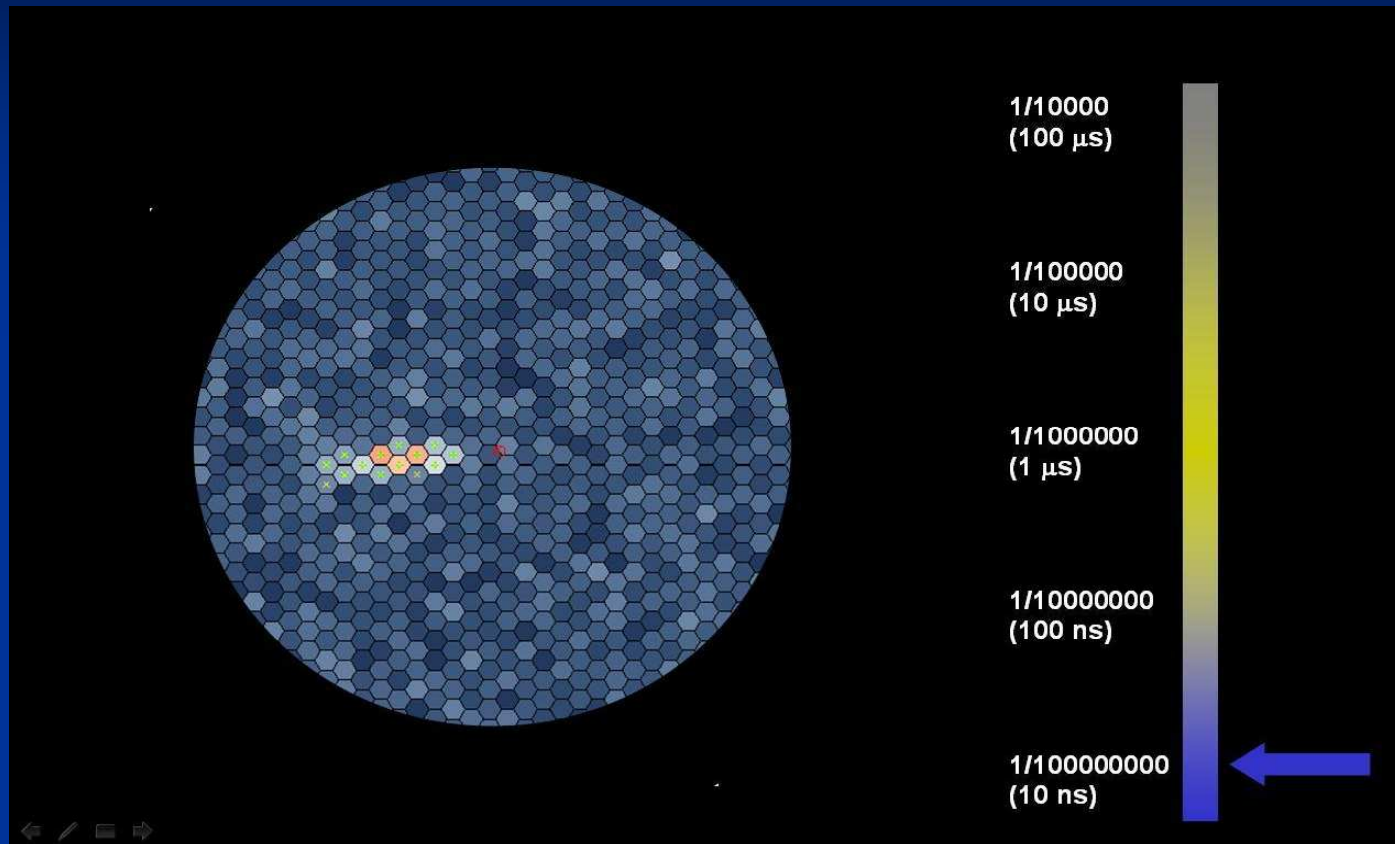
- Das Wichtigste bei den Detektoren ist die Verschlusszeit
- Beste Foto-Kamera: $\sim 100\mu\text{s}$ Verschlusszeit

Cherenkov-Schauer:



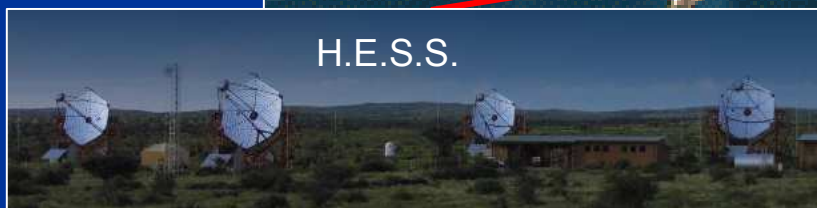
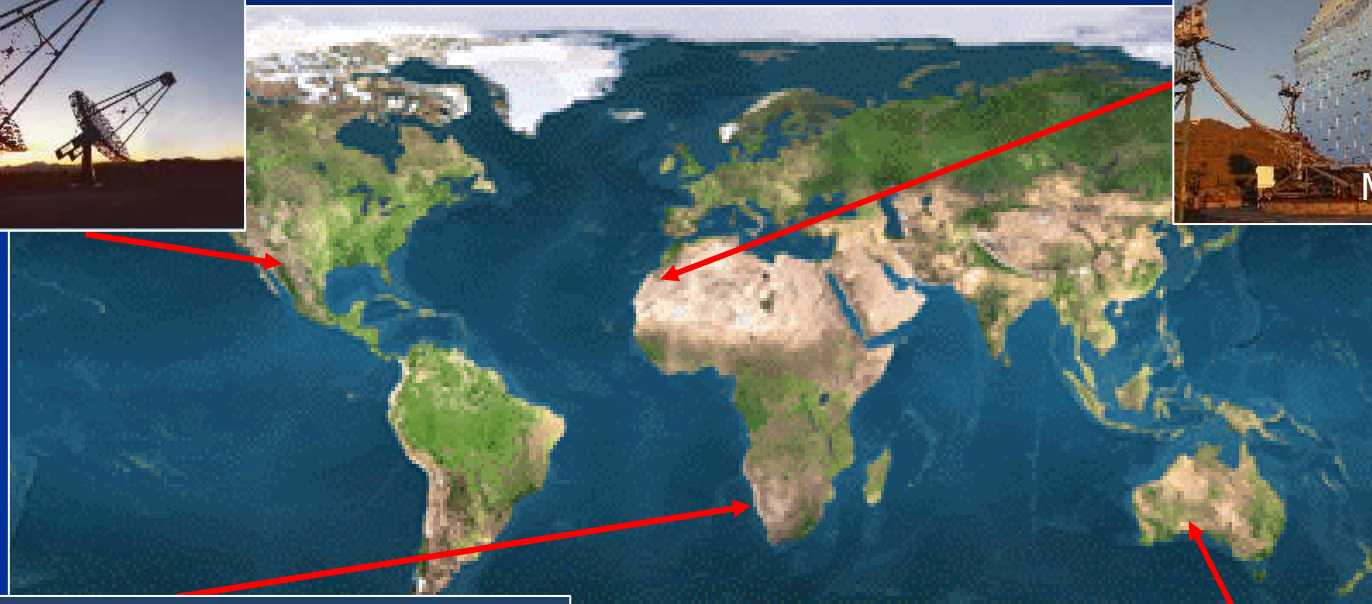
- Das Wichtigste bei den Detektoren ist die Verschlusszeit
- Beste Foto-Kamera: $\sim 100\mu$ s Verschlusszeit

Cherenkov-Schauer:



- Das Wichtigste bei den Detektoren ist die Verschlusszeit: **10ns**
- Beste Foto-Kamera: $\sim 100\mu\text{s}$ Verschlusszeit

Detektoren auf der Erde:



- Beispiele der größten Cherenkov Teleskope
- → Eine weltweite Beteiligung

Detektoren auf der Erde:

H.E.S.S.

- Ort: Namibia Wüste
(1800m Höhe)
- Eigenschaften:
 - Spiegelfläche $\sim 107\text{m}^2$
(pro Einheit)
 - Durchmesser 13 m
 - 5° Gesichtsfeld
 - Energieschwelle:
100 GeV – 10 TeV
- Aufbau:
 - 4 Teleskope seit 2003

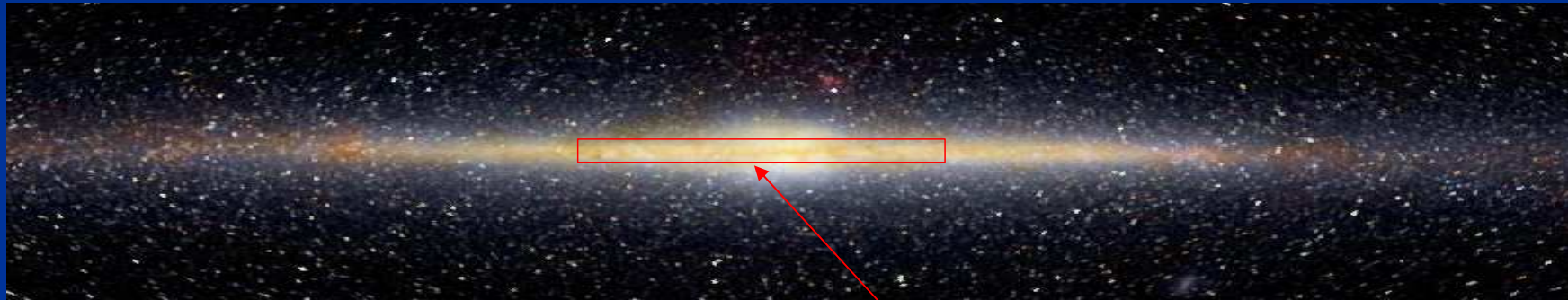


Detektoren auf der Erde: Magic

- Ort: 2200 m Höhe auf der Kanarischen Insel La Palma
- Eigenschaften:
 - Spiegelfläche $\sim 239\text{m}^2$
 - Durchmesser 17 m
 - $3,5^\circ$ Gesichtsfeld
 - Energieschwelle:
30 GeV – 30 TeV
- Aufbau:
 - Im Einsatz seit 2003



Was sind die Quellen der TeV Gammastrahlungsastronomie?

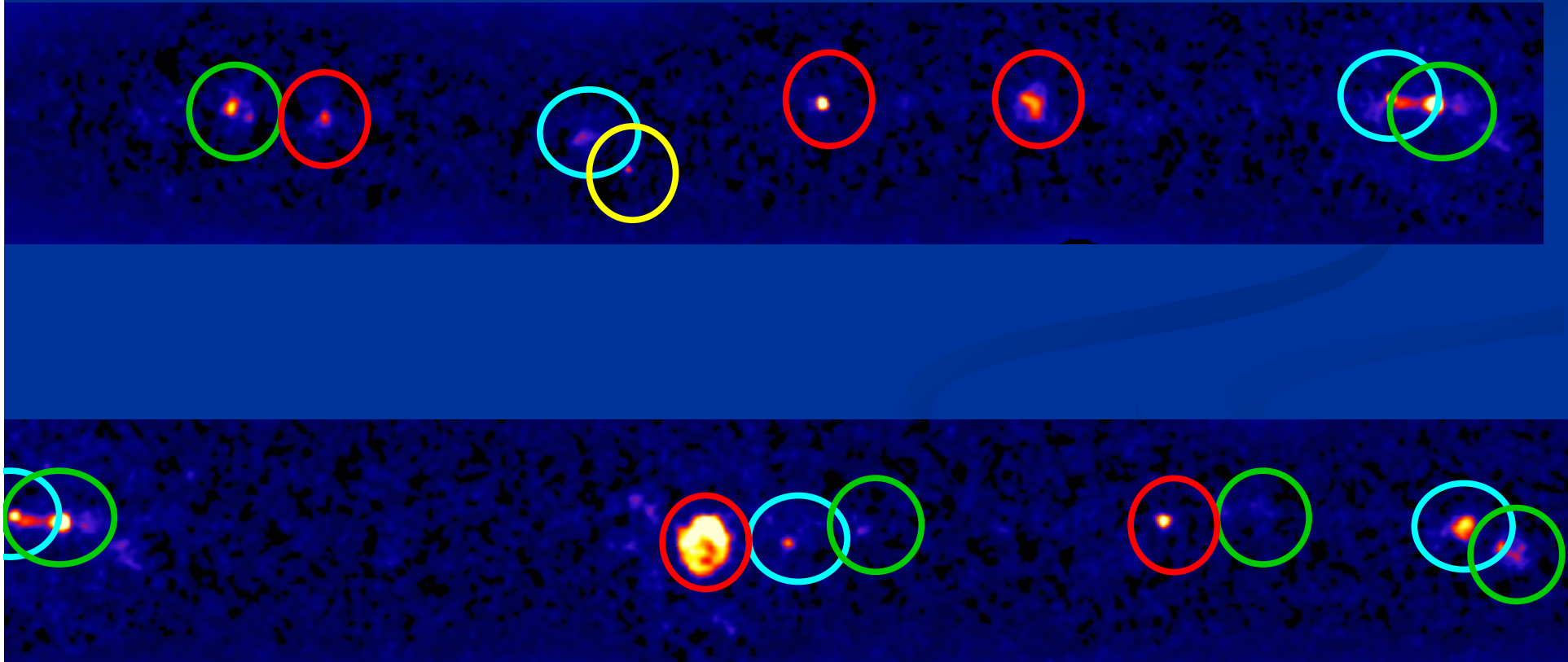


Durchmusterungsregion

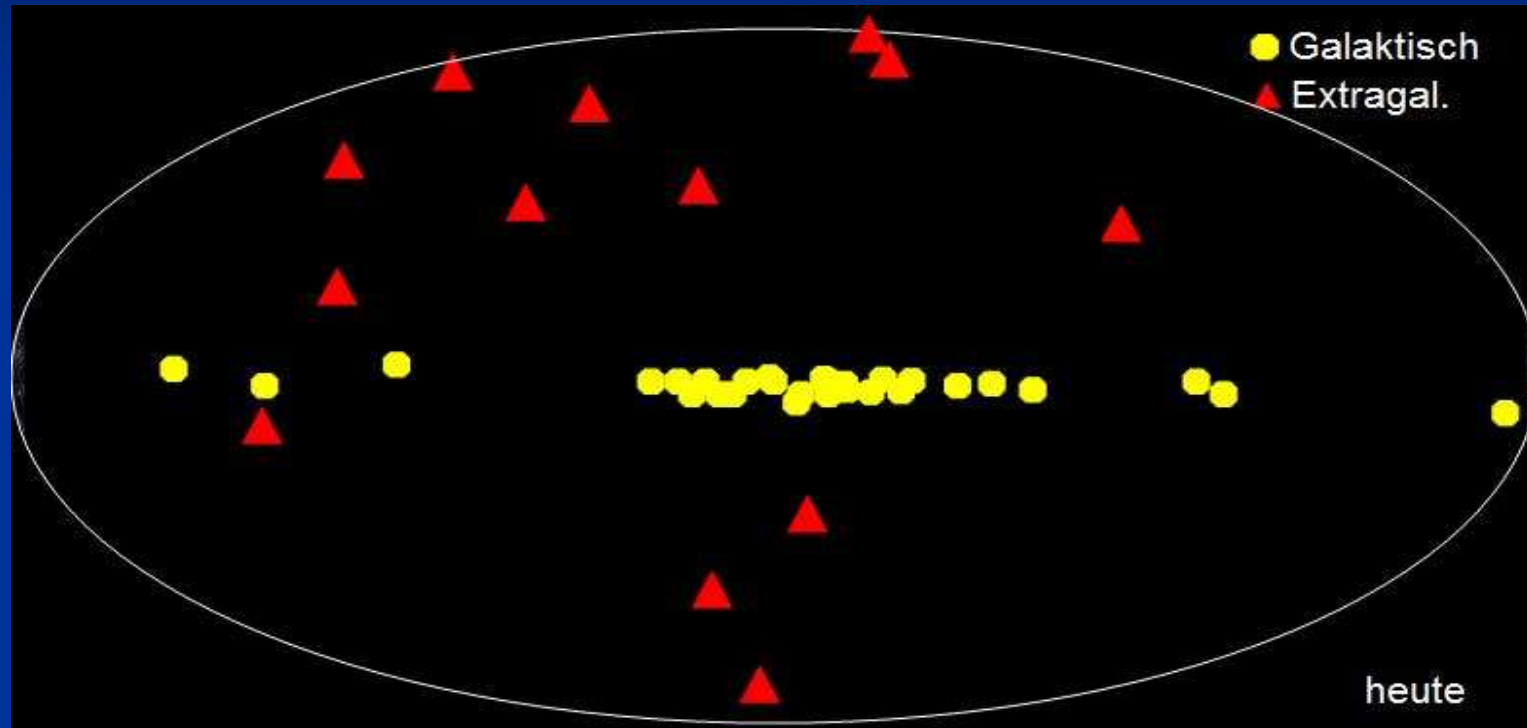
- Erste sensitive Durchmusterung nach neuen galaktischen Quellen
- Sicht auf das Milchstraßenzentrum

Was sind Ihre Quellen?

Pulsar Wind Nebel,
Röntgen-Binärsysteme, Unbekannt,
Supernova Überreste;



Was sind Ihre Quellen?

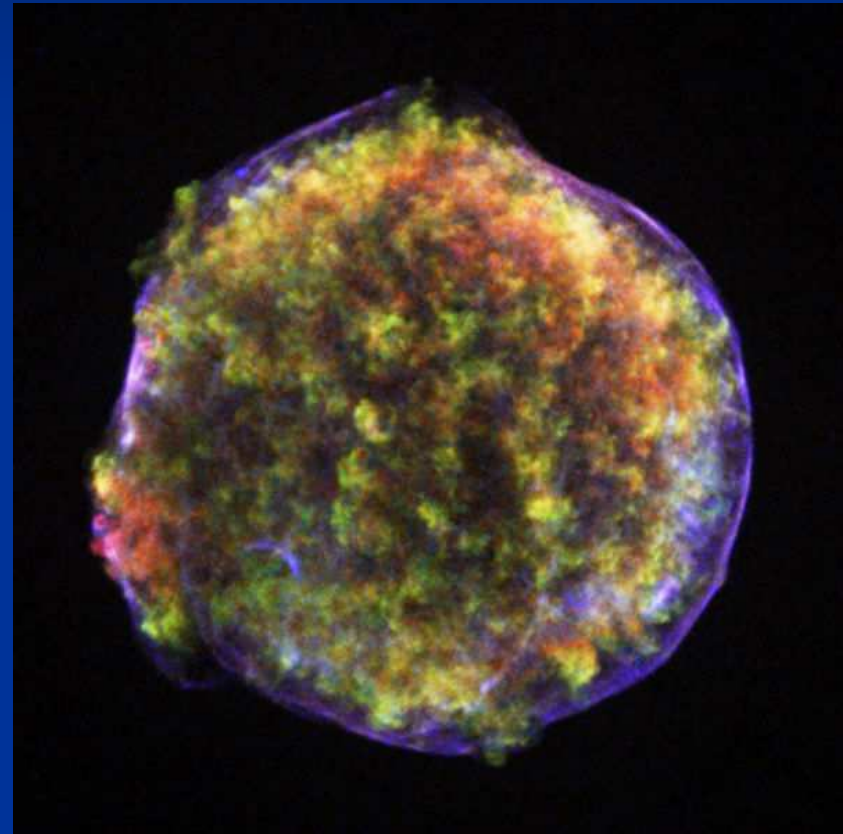


Das Universum im TeV-Bereich

Was sind Ihre Quellen?

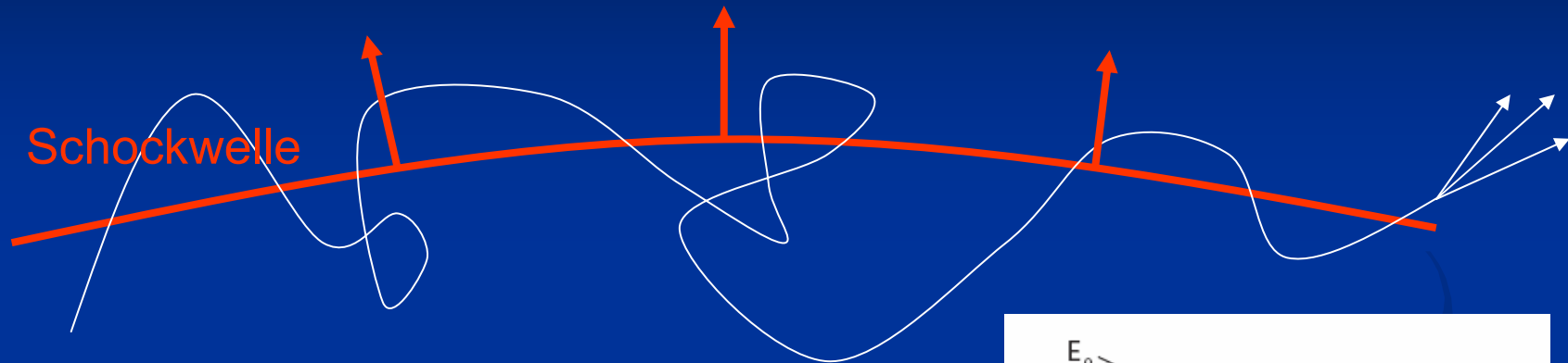
→ Supernova Überreste

- Massereiche Sterne implodieren am Ende eines relativ kurzem Lebens
- Abgeworfene Gashülle trifft auf das Material des Vorläufersterns (intensiver aber relativ langsamer Sternwind)
- → **Schockfront**
- ~ 15% Ihrer kin. Energie werden zur Beschleunigung geladener Teilchen verbraucht → bis zu **100TeV**
- Bild: **Supernova SN 1572**



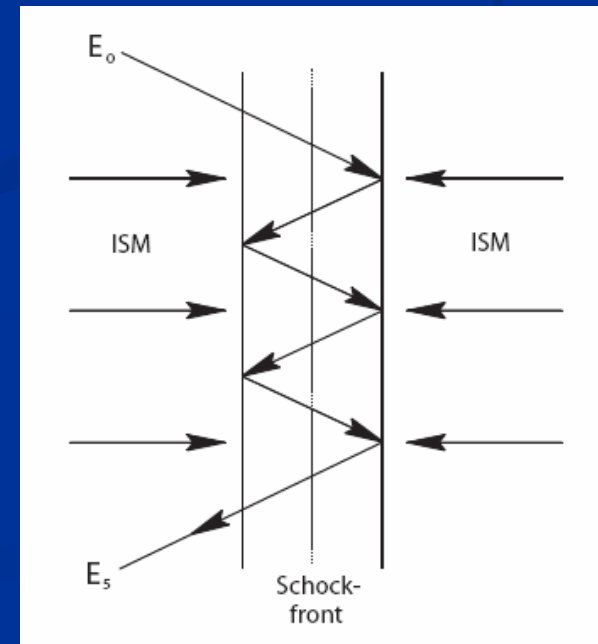
Was sind Ihre Quellen?

→ Supernova Überreste



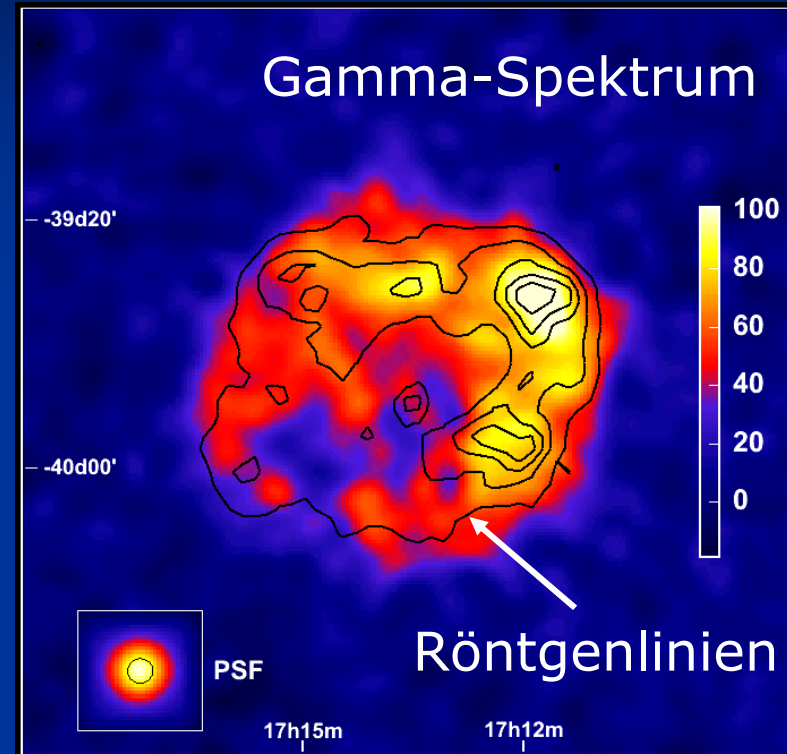
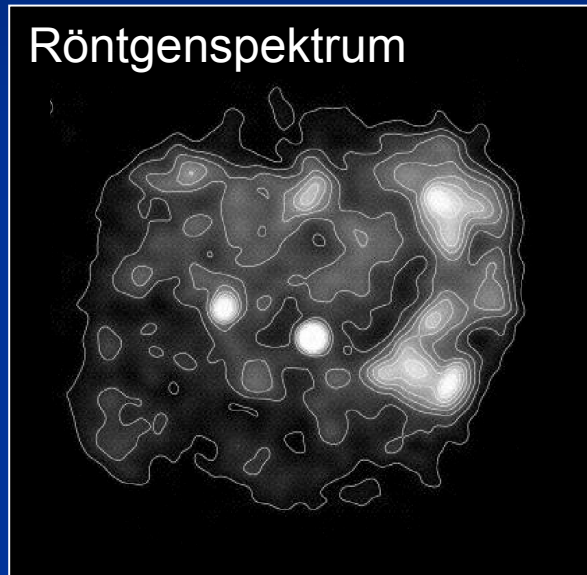
Schockwellenfront:

- Wiederholte Streuung geladener Teilchen an bewegtem magnetisiertem Plasma
- Vergleichbar mit **“Reiten auf einer Welle”**
- Beschleunigungen der Teilchen bis ca. **100 TeV**
- Energien bis zum **“Knie”** erklärbar



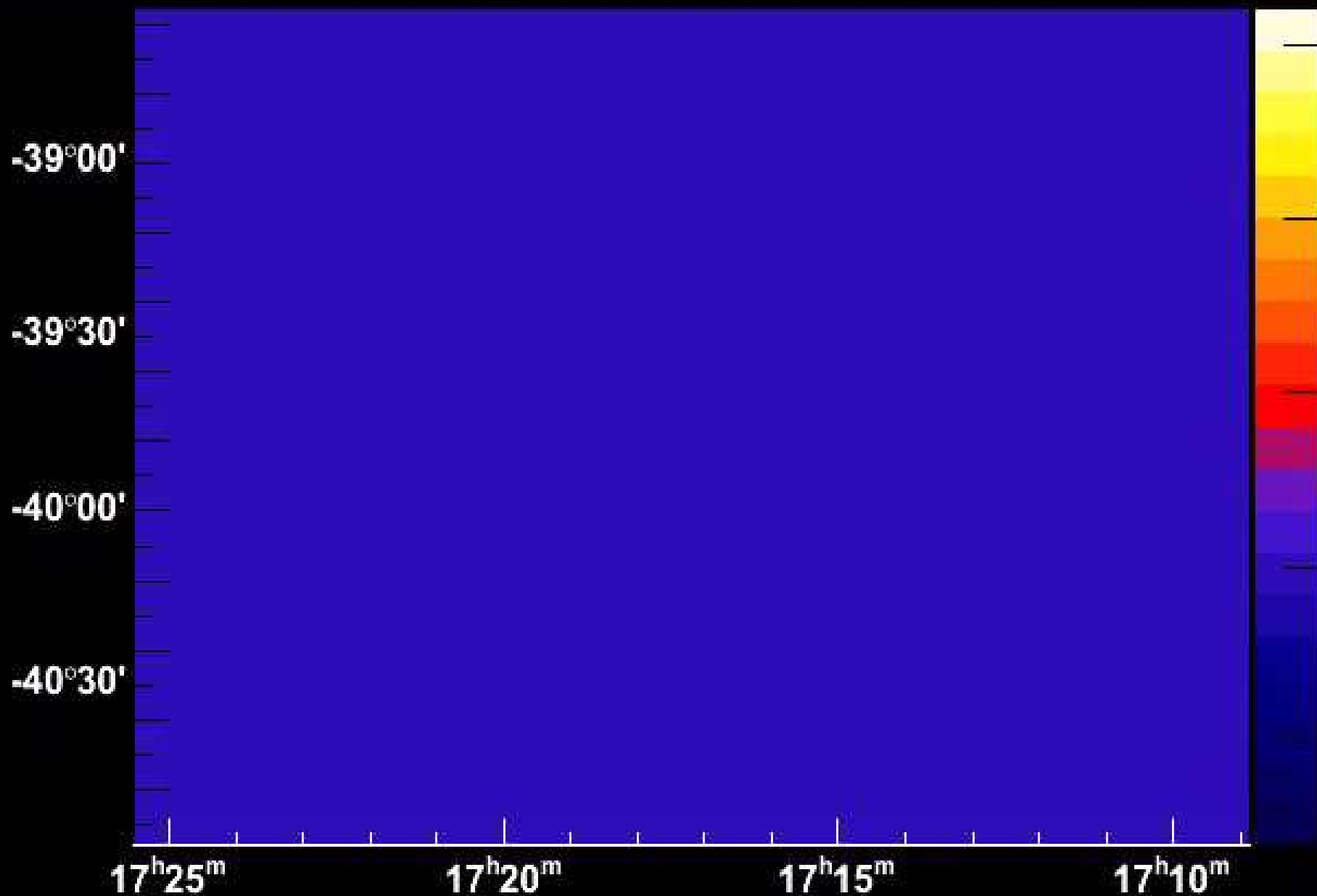
Was sind Ihre Quellen?

→ Supernova Überreste



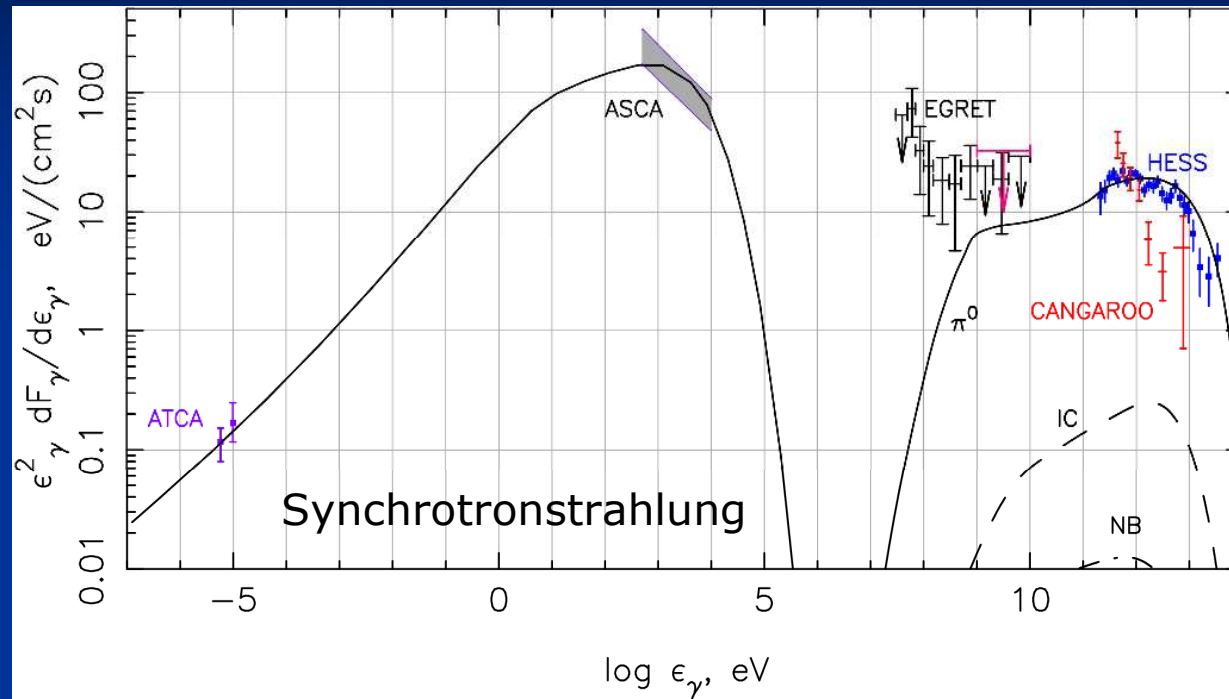
- Entdeckung vom Supernova Überresten z.B.: **RX J1713-3946**
- Korrelation mit Röntgenlinien

supernova remnant: RX J1713-3946



Was sind Ihre Quellen?

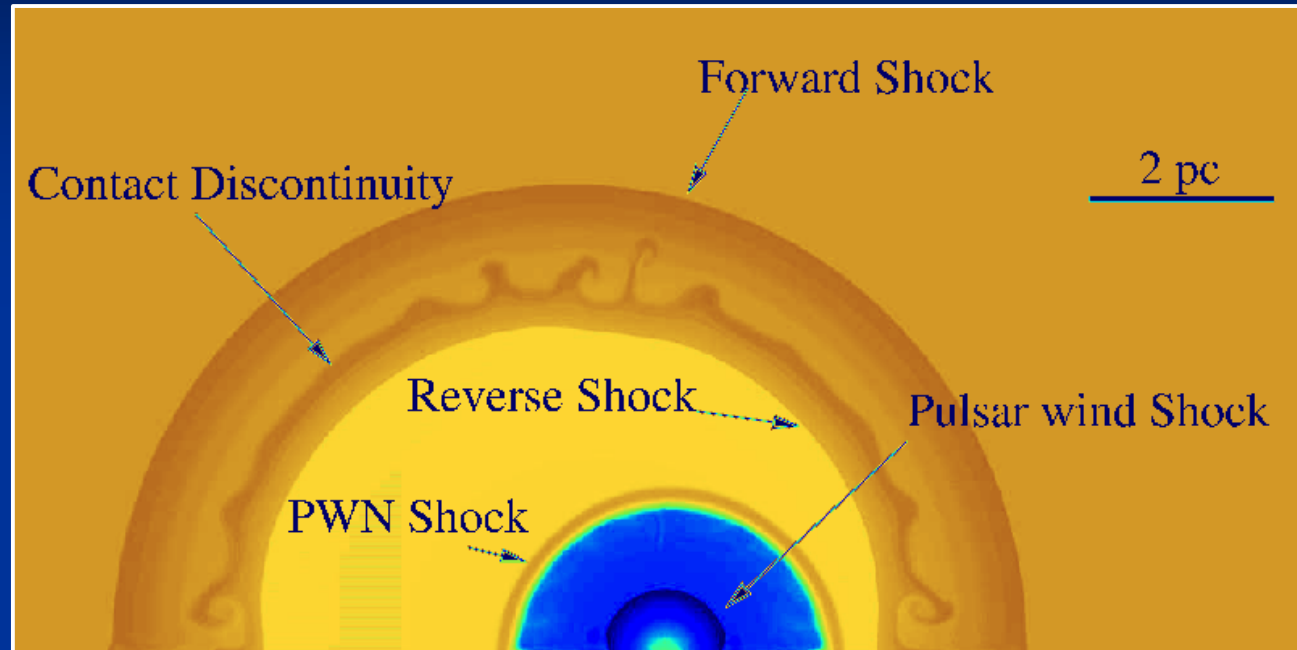
→ Supernova Überreste



Neutraler
Pion-
Zerfall
+
Inverser
Compton-
Prozess

- Spektrum von der Supernova **RX J1713-3946**
- Radio & Röntgenstr. = Synchrotronstr. aus hochenergetischen Elektronen
- Synchrotronstrahlung (z.B. bei Neutronenst.) liefert nötige Energie für **IC** und **neutralem Pion-Zerfall**
- **SSC-Model:** Synchrotron-Self-Compton-Modell

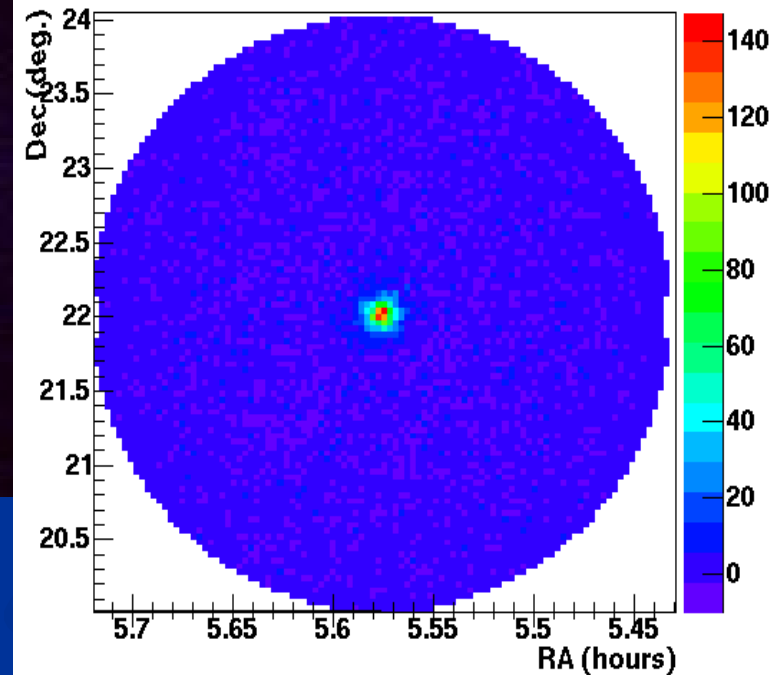
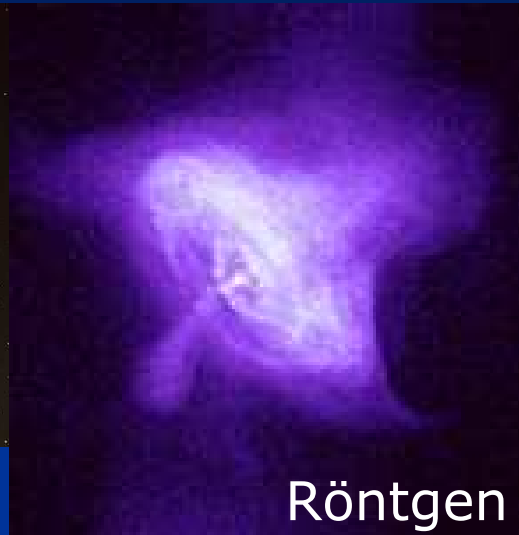
Was sind Ihre Quellen? → Plerionen/Pulsarwindnebel (PWN)



Plerionen/Pulsarwindnebel (PWN):

- Supernova mit Pulsar in der Mitte, dadurch leuchtender Plasmanebel
- Das relativistische Elektronenplasma wird gespeist durch einen zentralen Pulsar

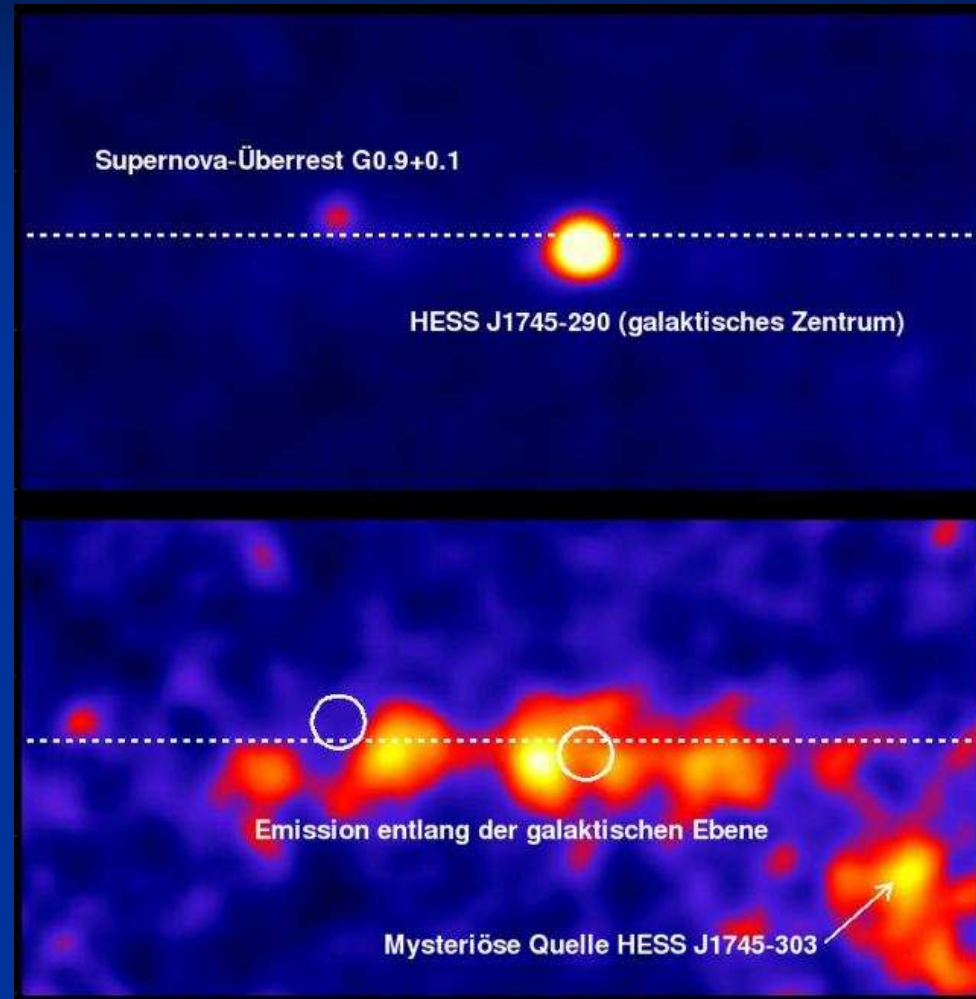
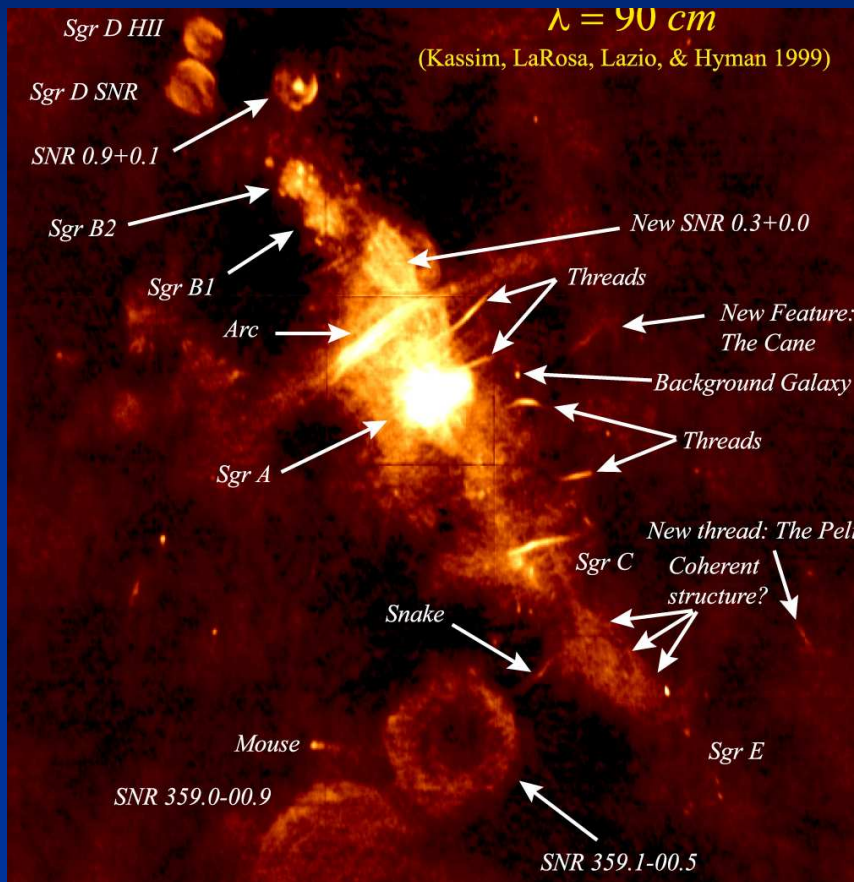
Was sind Ihre Quellen? → Plerionen/Pulsarwindnebel (PWN)



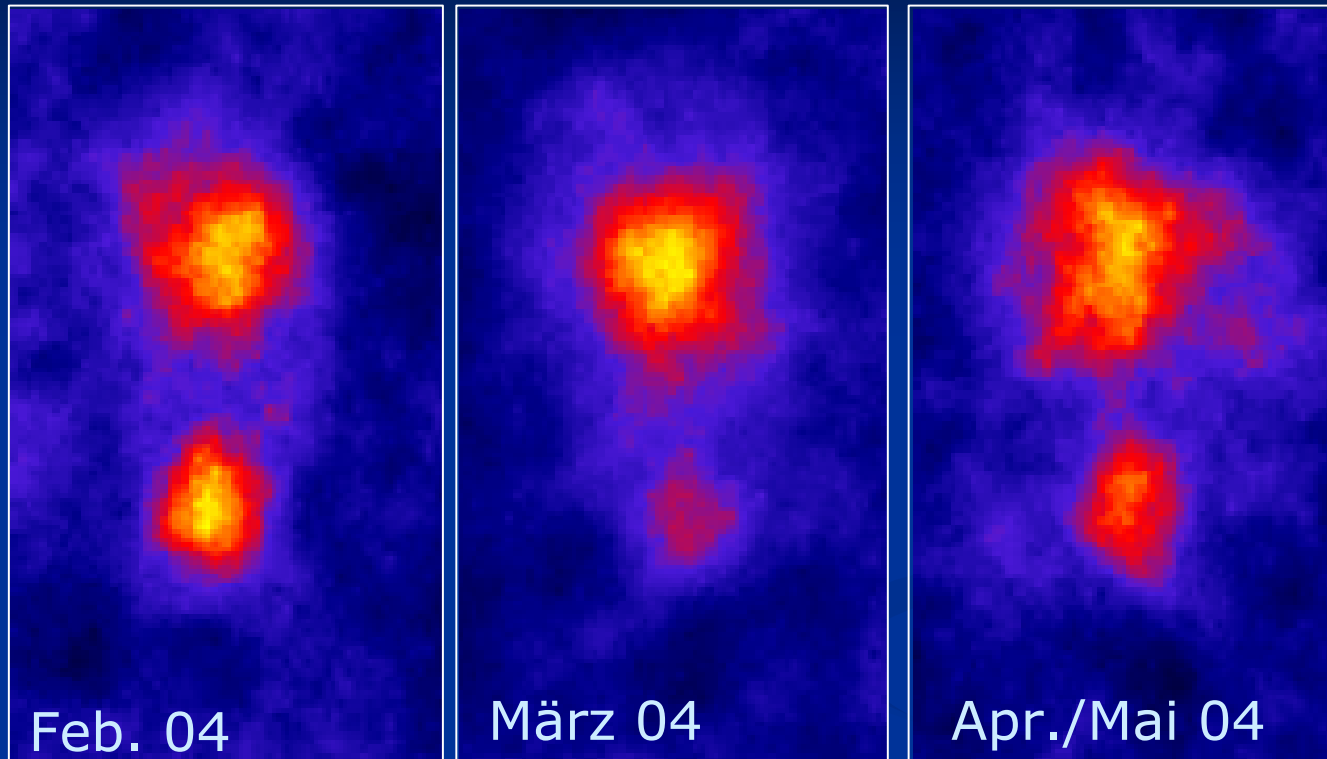
Beispiel: Krebs-Nebel

- Stärkste TeV-Quelle
- Standardkerze der Gammastrahlungsastronomie

Entdeckungen: z.B.: Im Galaktischen Zentrum



Entdeckungen:



- Untere Quelle: Binärsystem mit Pulsar **PSR B1259-63**
- Umlaufzeit: 3,4 Jahre

- Obere Quelle: **J2032+4130**
- Noch unbekannt
- Nur im TeV- Bereich sichtbar

Zukunft: H.E.S.S. II

- **Verbesserte Sensitivität:**
4 Kleine + 1 Großes
≥ 8 Kleine
- **Reduzierte Schwelle:**
 $O(20 \text{ GeV})$
- **Fertigstellung: 2008 - 09**
- **Spiegeldurchmesser: 30m**
- **Spiegelfläche: ca. 600m²**



Zukunft: Magic II

- Verbesserte Photosensoren mit **höherer Sensitivität**
- Weiterentwickelte Kamera mit **kleineren Pixels**
- Ausmaße die Gleichen wie bei Magic I
- Fertigstellung **2008**
- Insgesamte Spiegelfläche: **478m²**

