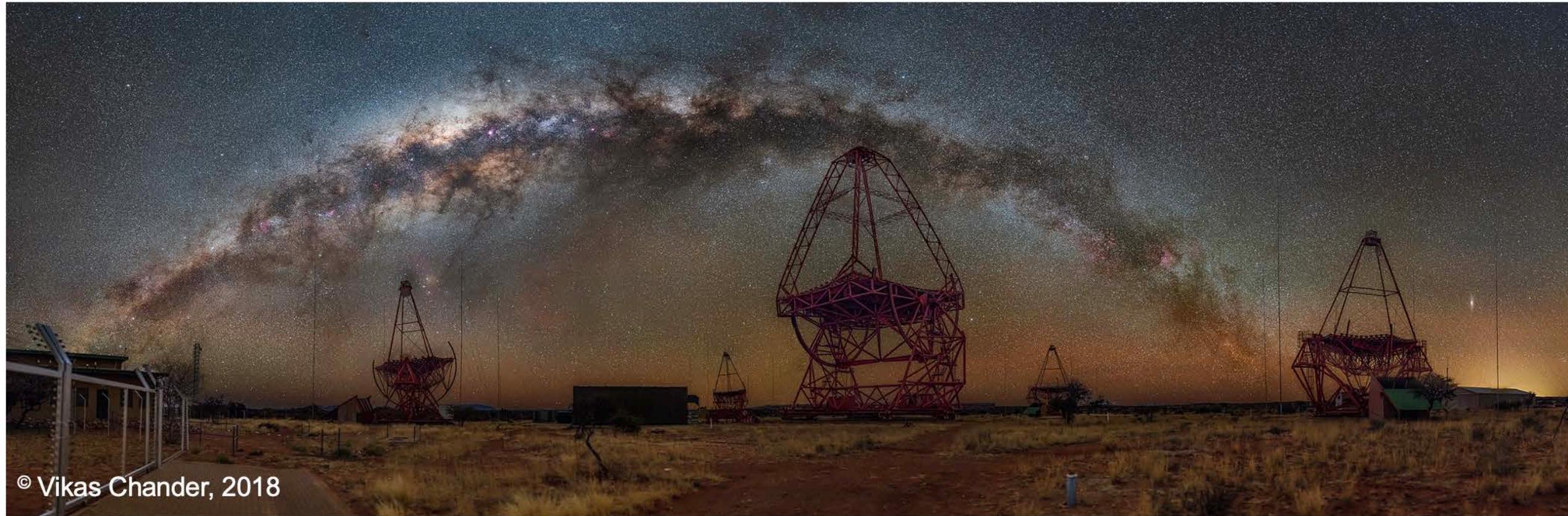




Eine Reise zu den extremsten Beschleunigern des Universums

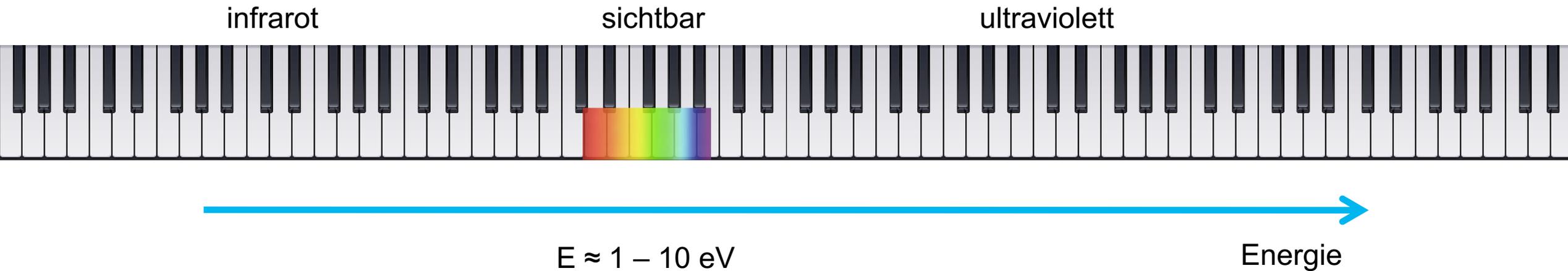
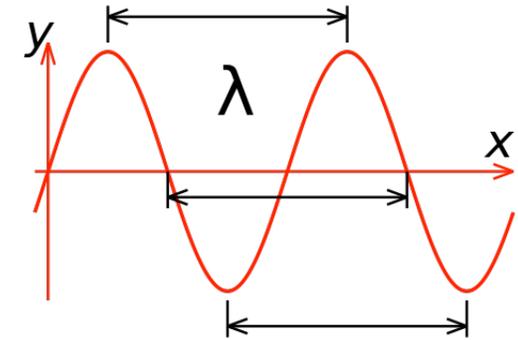
Der Nachthimmel auf der Südhalbkugel



© Vikas Chander, 2018

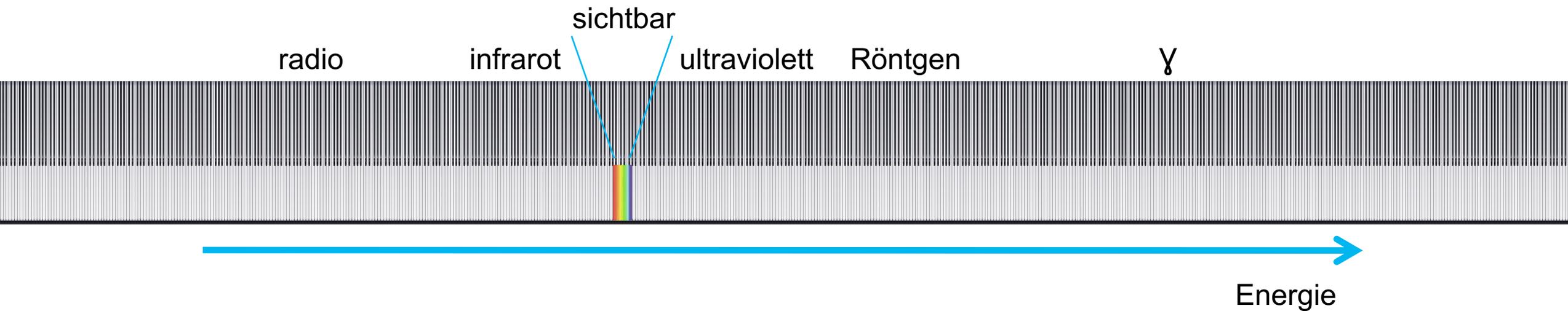
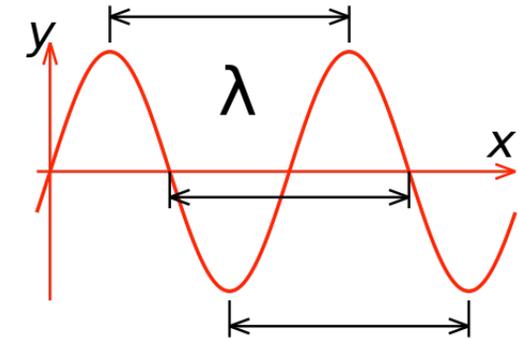
Das Elektromagnetische Spektrum

- Elektromagnetische Welle, mit Wellenlänge λ
- Alternativ: Teilchen (Photon) mit Energie E
- Sichtbares Licht nur kleiner Teil des Spektrums:
($\lambda \approx 400 - 700 \text{ nm}$)



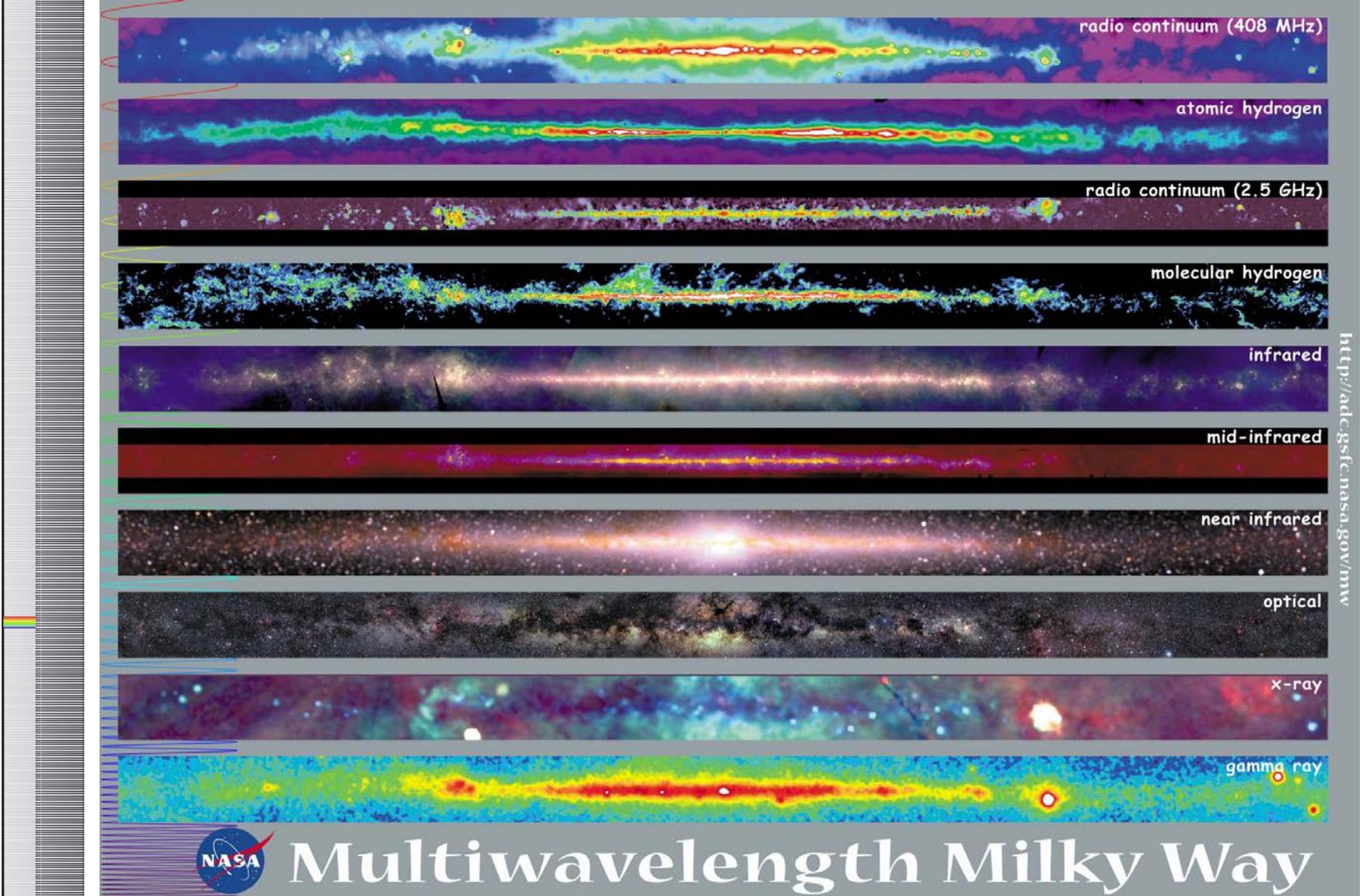
Das Elektromagnetische Spektrum

- Nicht nur sichtbares Licht kommt aus dem Weltall, sondern Photonen des kompletten Spektrums



Strahlung aus dem Kosmos – ein 15 Meter langes Piano

Die Milchstraße „mit anderen Augen gesehen“



Energie

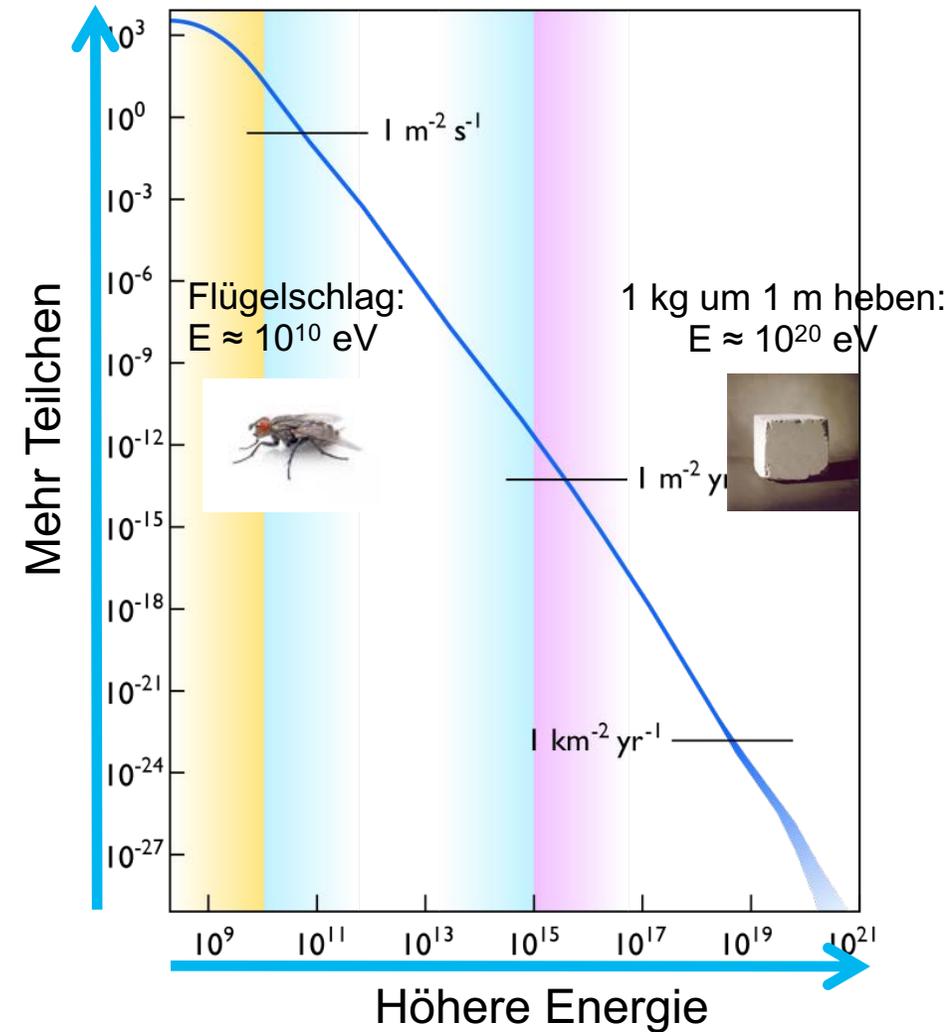
Aber das ist noch nicht alles...

Die kosmische „Strahlung“

- 1912 in einer Serie von Ballonfahrten von Viktor Hess entdeckt
- Elektrisch geladene Teilchenstrahlung
 - Hauptsächlich Protonen
 - außerdem schwerere Kerne, Elektronen...
- Überdeckt riesigen Energiebereich: (Definition: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$)



© Universität Wien



Sven Lafebre, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

Rätsel der Kosmischen „Strahlung“

- Was sind die Quellen?
- Kommt die Strahlung von thermischen Quellen?
 - Temperatur eines Objekts, das Strahlung mit einer Energie von 10^{12} eV abstrahlt?
 - 1.000.000.000.000.000 K = 10^{15} K
 - Nichts im Universum ist/war so heiß (ausgenommen der Urknall)
- Die Teilchen der kosmischen Strahlung sind Boten des **nicht-thermischen** Universums

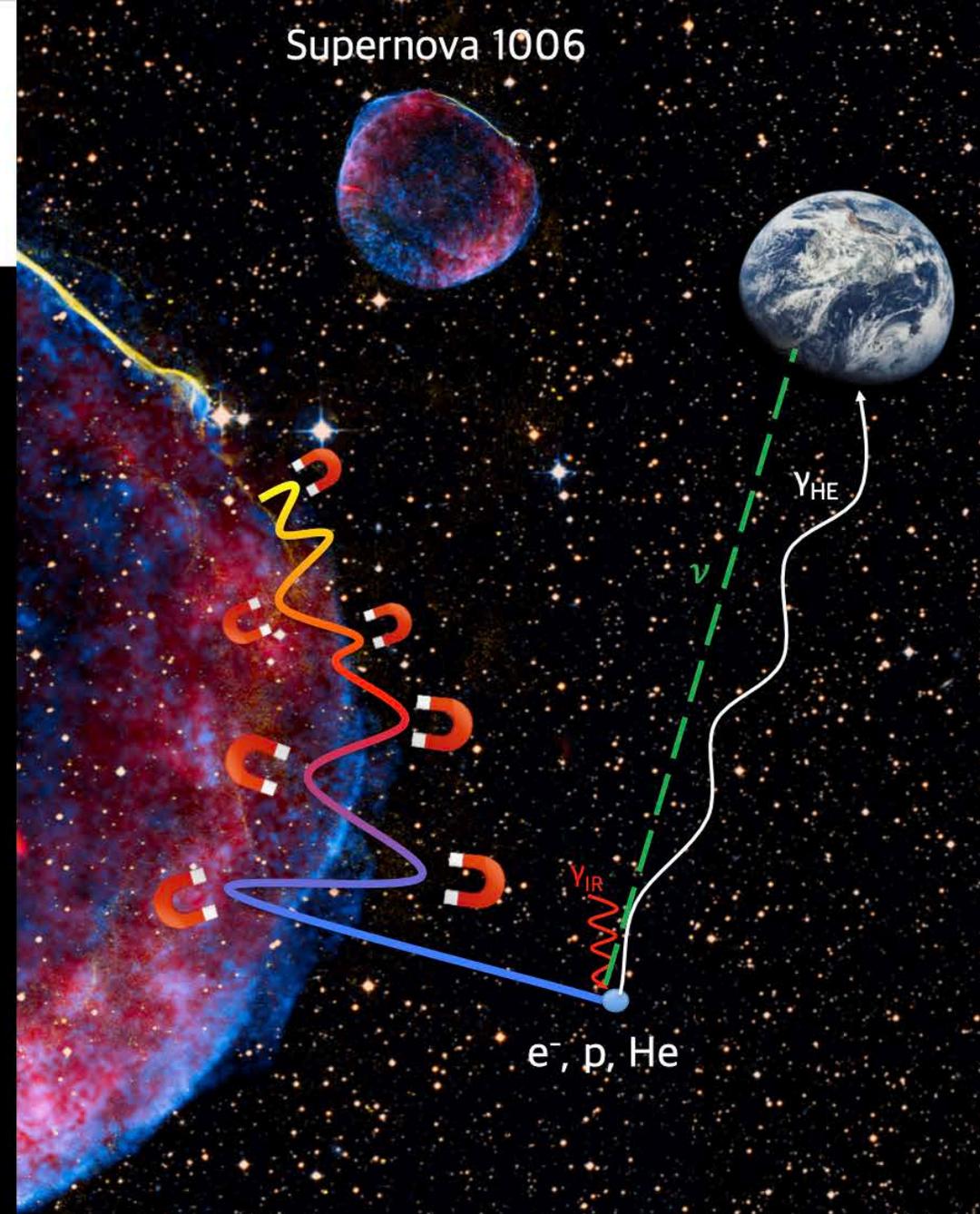


Kosmische Teilchenbeschleunigung

Massive Sterne, Explosionen und was davon übrig bleibt



www.spacetelescope.org

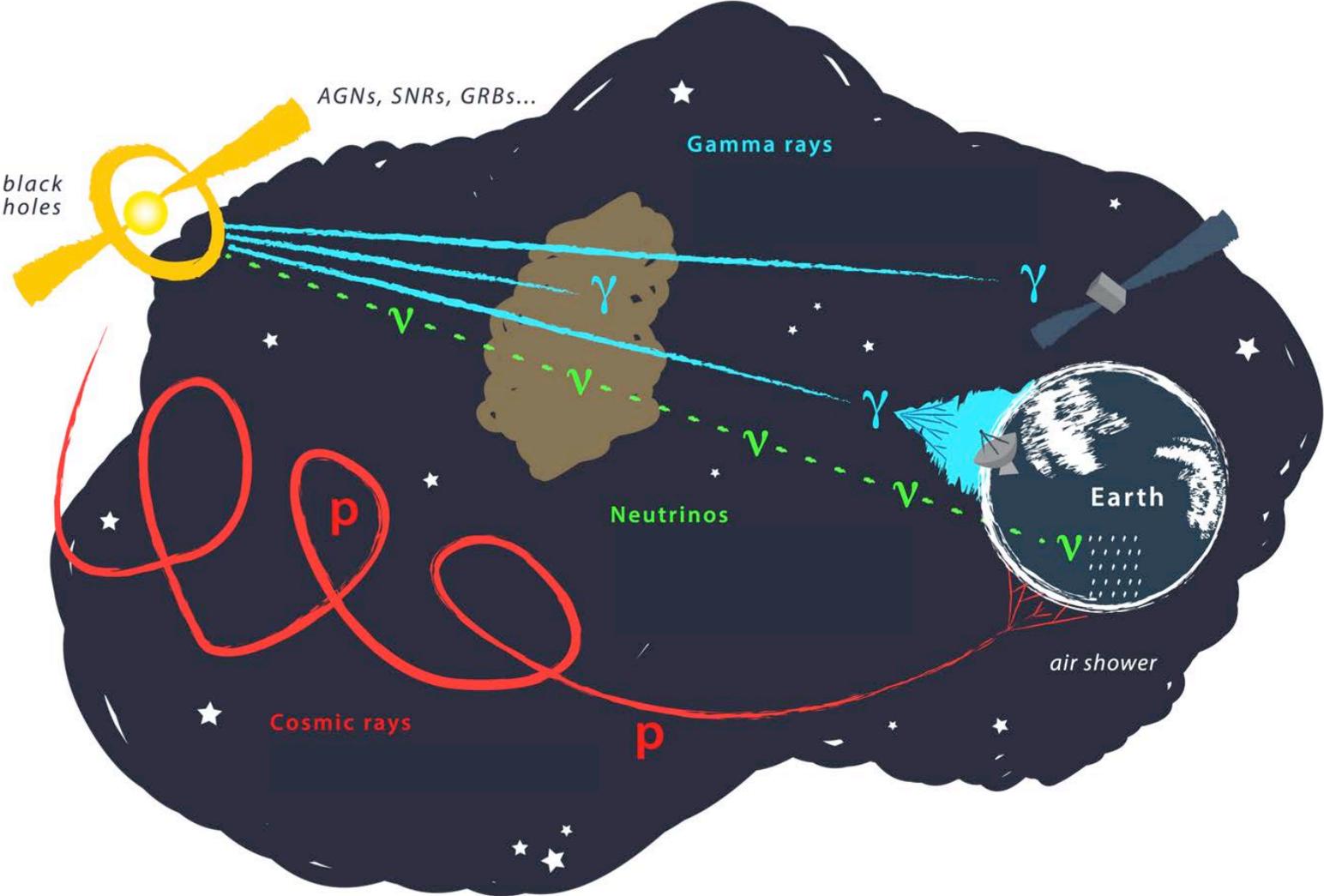
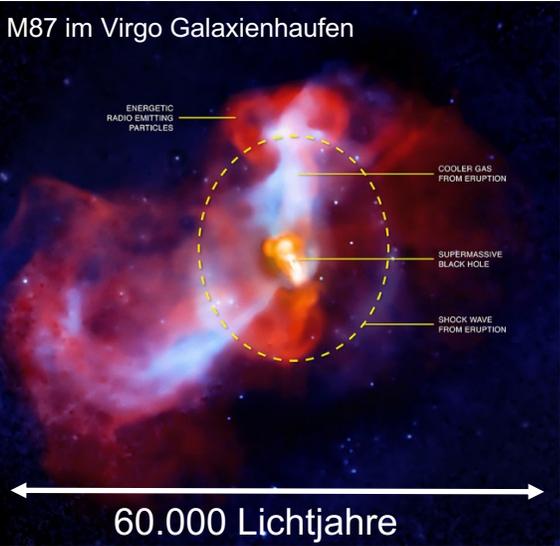


Supernova 1006

Das nicht-thermische Universum und seine Boten



© Chandra Röntgensatellit



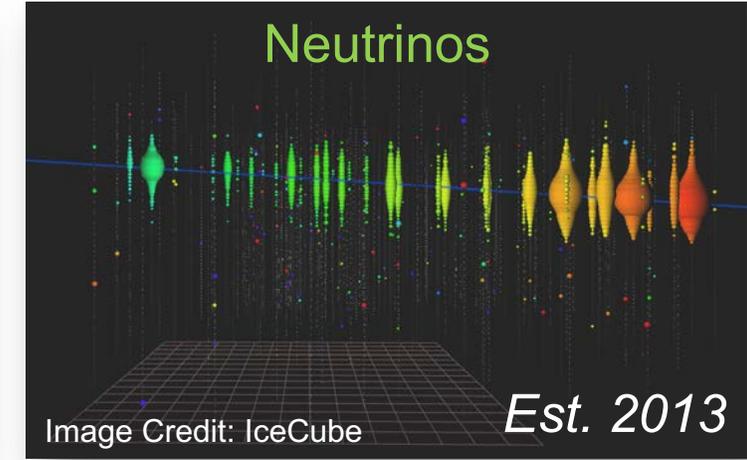
Unsere kosmischen „Boten“ (Messenger)



- Pro
 - Erreicht die höchsten Energien
 - Leicht nachzuweisen
- Kontra
 - Elektrisch geladen → Ablenkung in kosmischen Magnetfeldern
 - Leichte Vernichtung auf dem Weg zur Erde



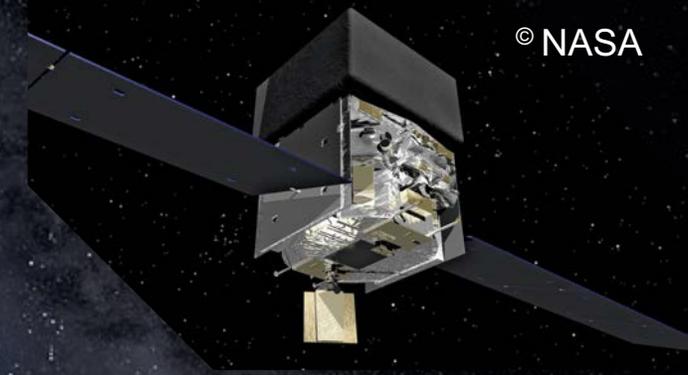
- Pro
 - Zahlreich
 - Nicht abgelenkt
- Kontra
 - Können im Beschleuniger "stecken bleiben"
 - Leichte Vernichtung auf dem Weg zur Erde



- Pro
 - Wechselwirken kaum → Entkommen Beschleuniger
 - Nicht abgelenkt
- Kontra
 - Wechselwirken kaum → schwer zu messen

Messung von Gammastrahlung

Vom Boden und aus dem All



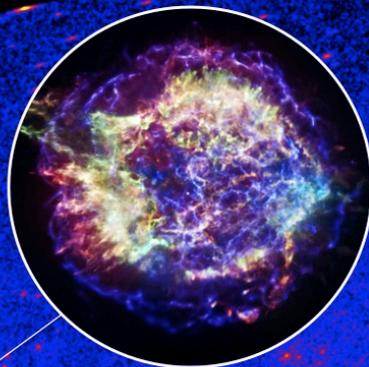
Cherenkov-Teleskope

- Verwenden Atmosphäre als Teil des Detektors
- Sammeln Cherenkov Strahlung von geladenen Teilchen in einem Schauer
- Optische Reflektoren im Cherenkov-Lichtkegel fokussieren Licht auf schnelle Kamera im Fokus

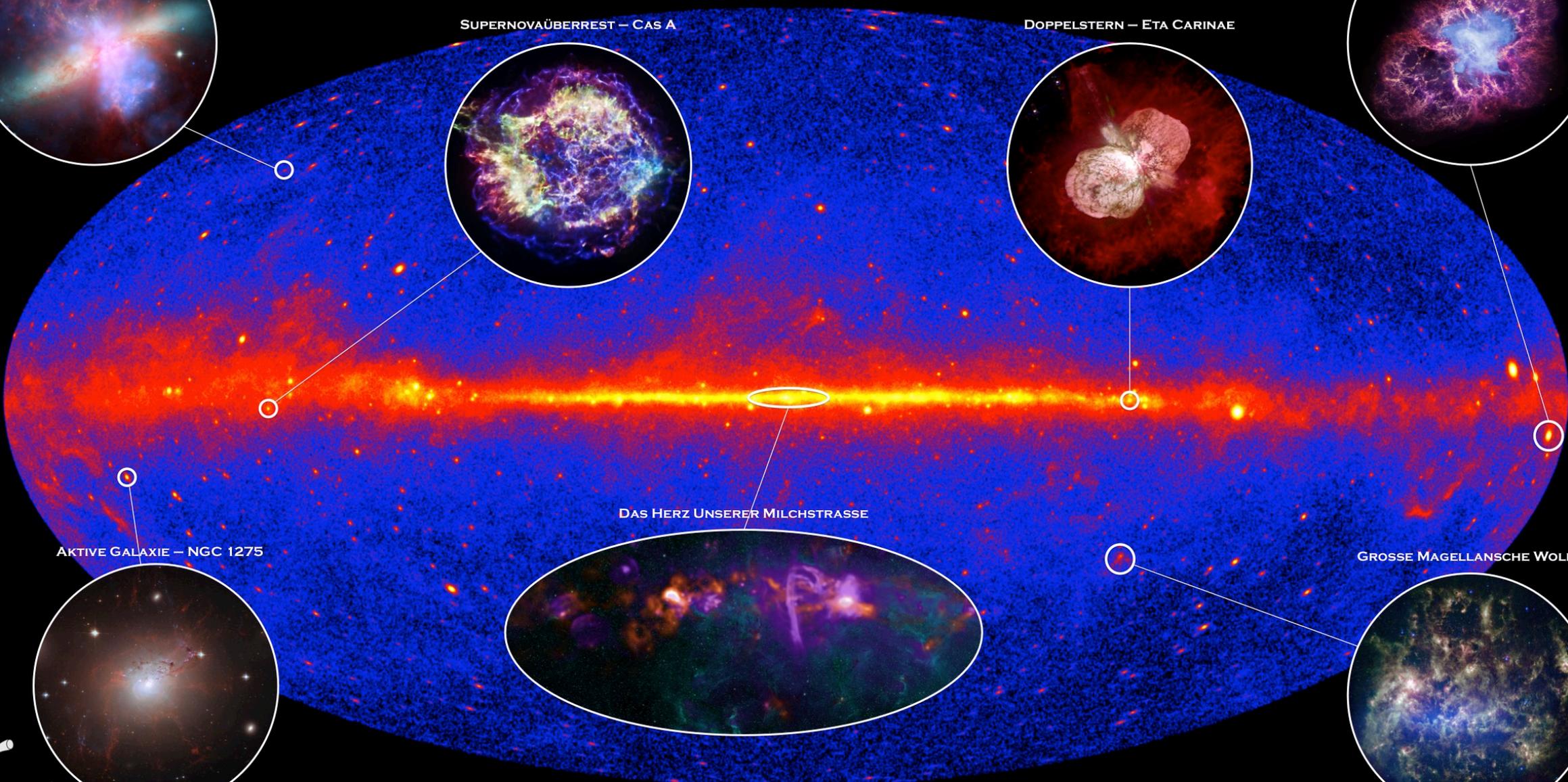
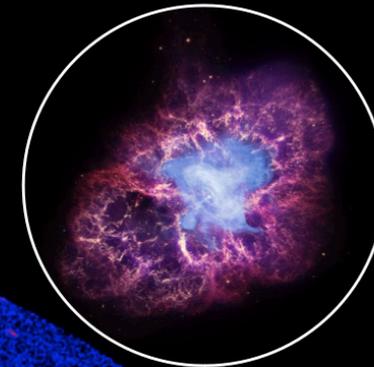
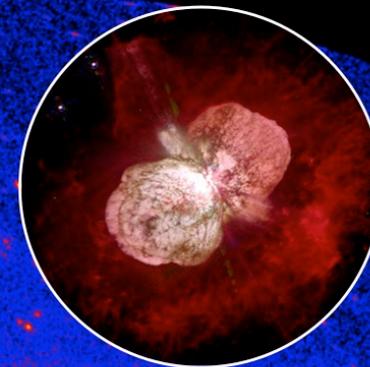
DER NACHTHIMMEL IN GAMMASTRAHLUNG



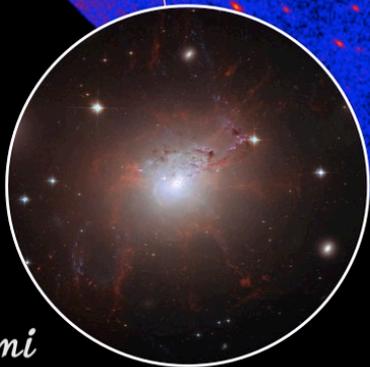
SUPERNOVAÜBERREST – CAS A



DOPPELSTERN – ETA CARINAE



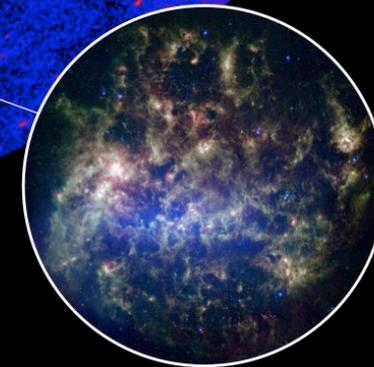
AKTIVE GALAXIE – NGC 1275



DAS HERZ UNSERER MILCHSTRASSE



GROSSE MAGELLANSCH WOLKE



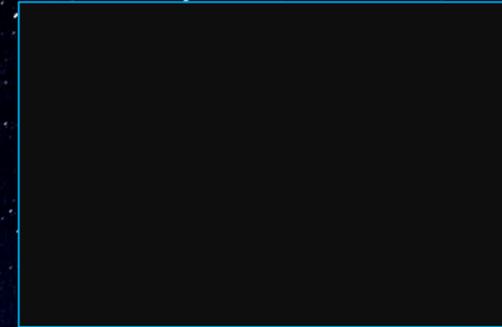
HELLERE REGIONEN ENTSPRECHEN HELLEREN GAMMASTRAHLUNGSQUELLEN

BILDQUELLEN: NASA/ESA/FABIAN ET AL./D. A. AGUILAR

Der Nachthimmel mit den H.E.S.S. Teleskopen



Pulsar-Windnebel



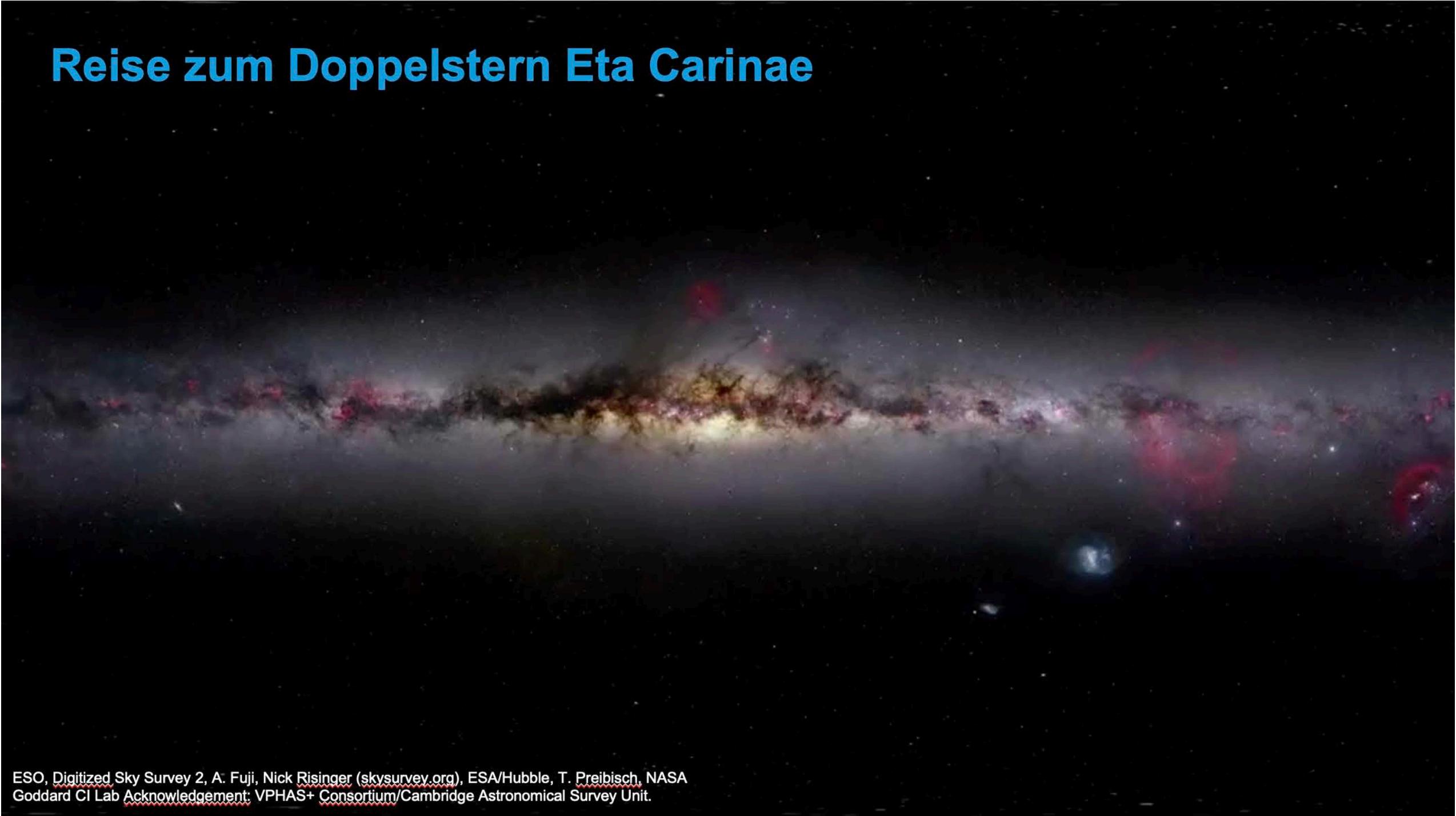
Supermassive Schwarze Löcher



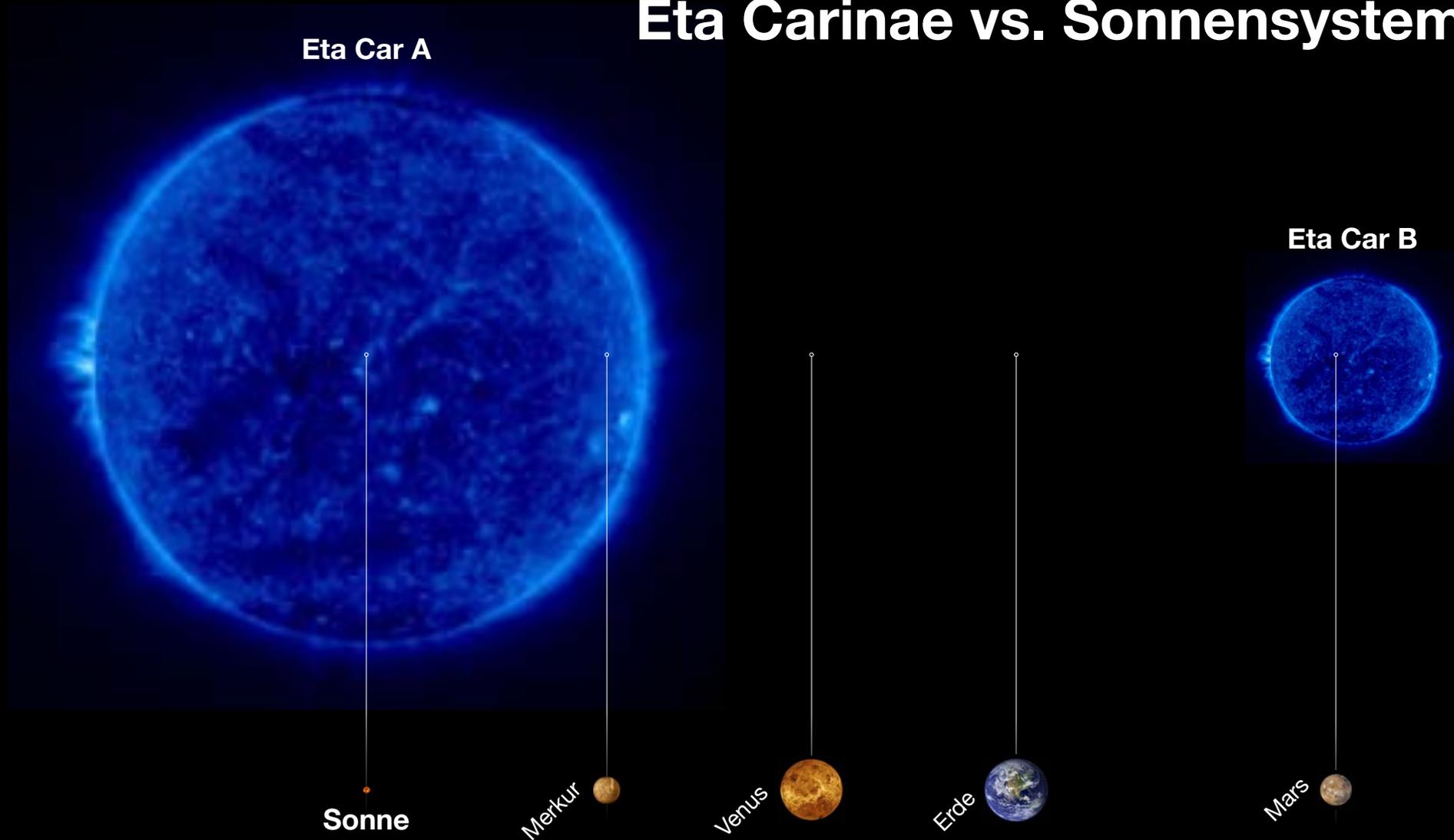
Supernovaüberreste



Reise zum Doppelstern Eta Carinae



Eta Carinae vs. Sonnensystem



Quellen:
NASA/JPL/SDO/Earth Observatory
Stefan Ohm

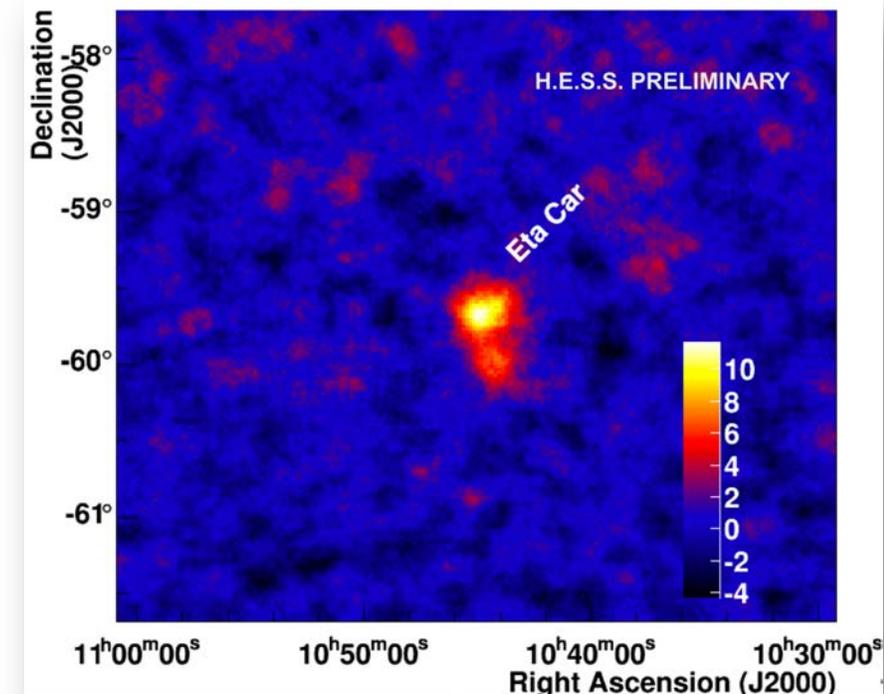
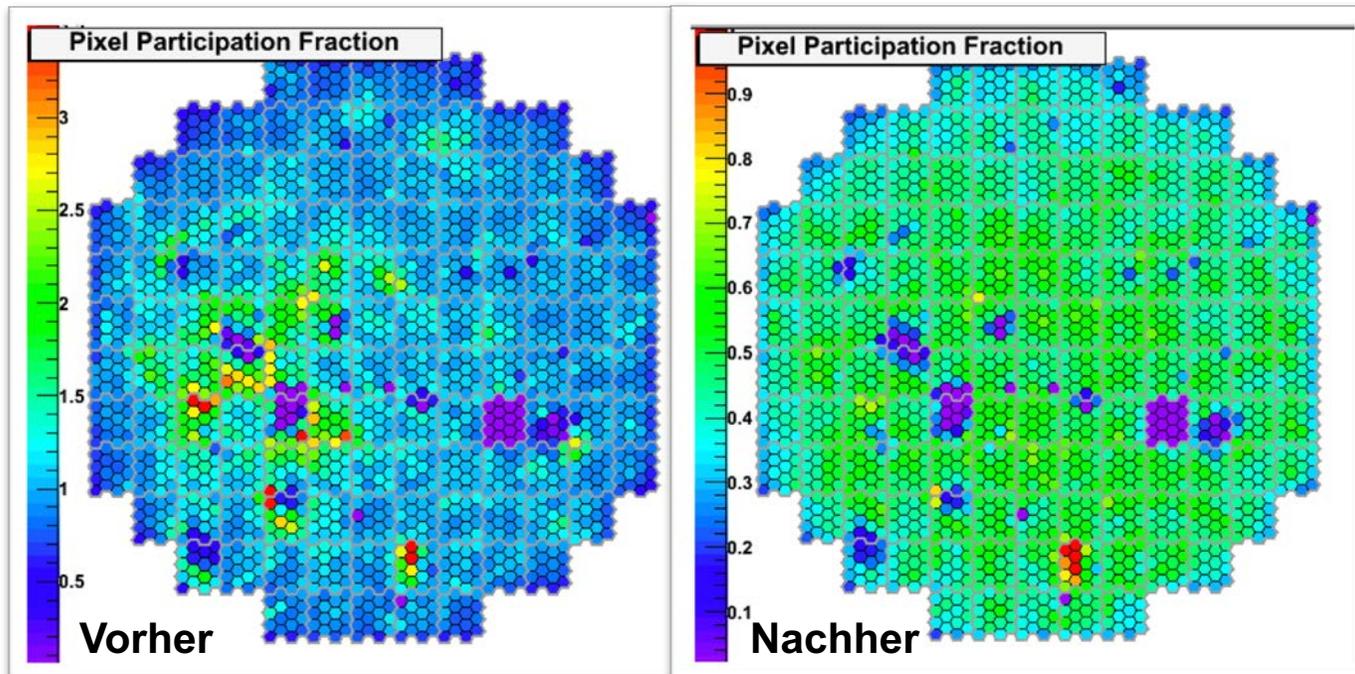
- Alle Entfernungen, Stern- und Planetengrößen im Verhältnis
- Stern-zu-Planetgrößen **nicht** im Verhältnis
- UV Bild der Sonne als Vorlage für die Eta Car Sterne

Time for a nice video 😊

Was hat man mit H.E.S.S. gemessen?

- Optisches Licht des Carina Nebels stört die Messung des Cherenkovlichts
- Optimierte Analyse erlaubt Messung von sehr hochenergetischer Gammastrahlung von Eta Carinae
- Gammastrahlung wird direkt vor und nach der engen Passage beider Sterne gemessen
- H.E.S.S. hat eine neue Kamera installiert und beobachtet Eta Carinae weiter

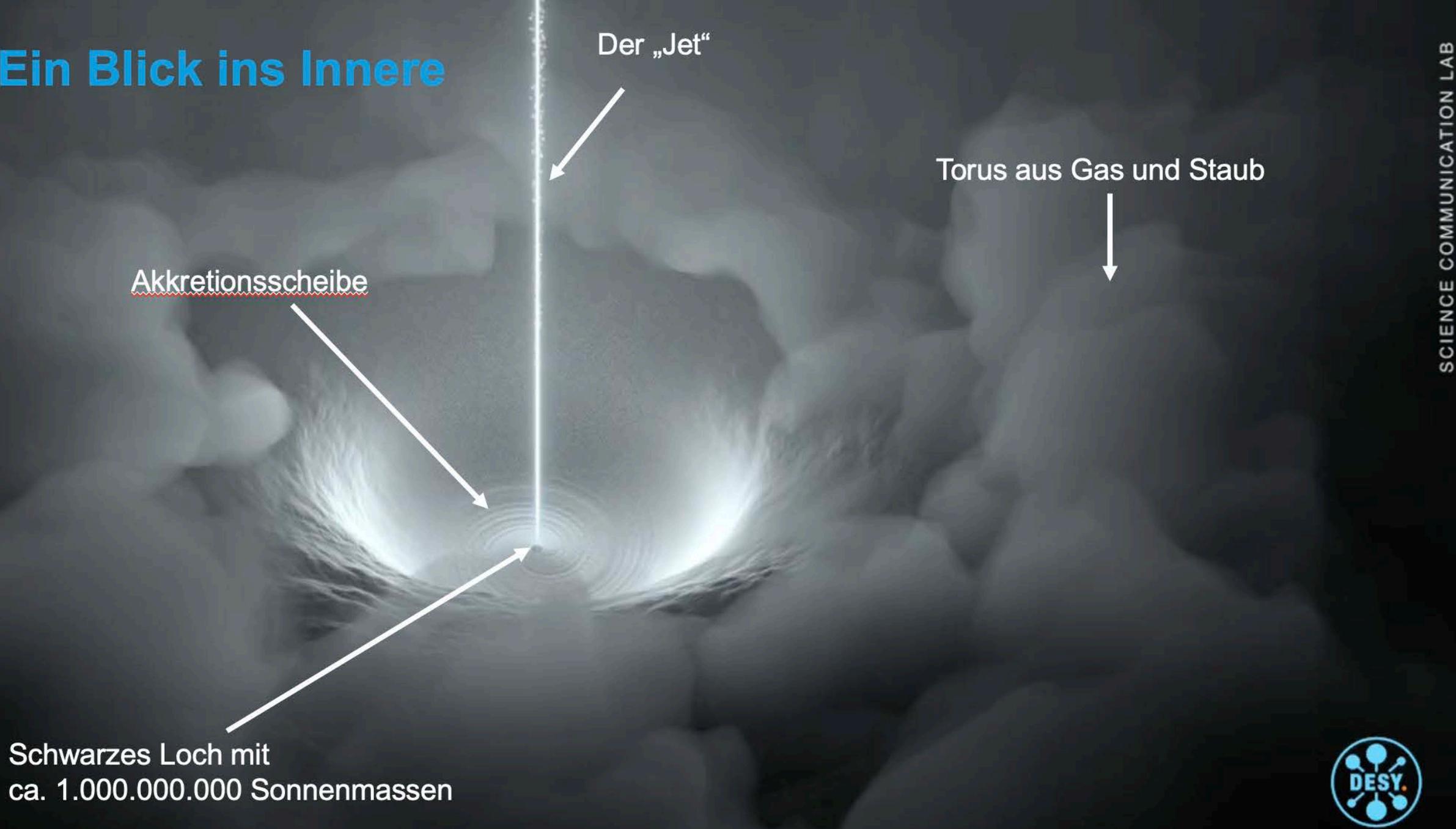
Rauschen in der Kamera des großen Teleskops



Eine aktive Galaxie



Ein Blick ins Innere



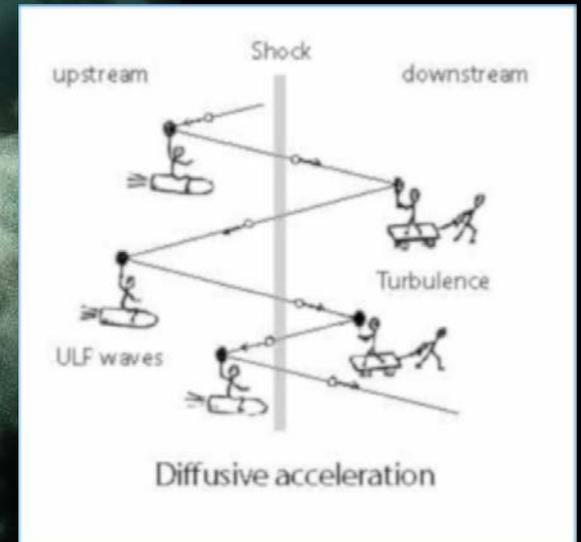
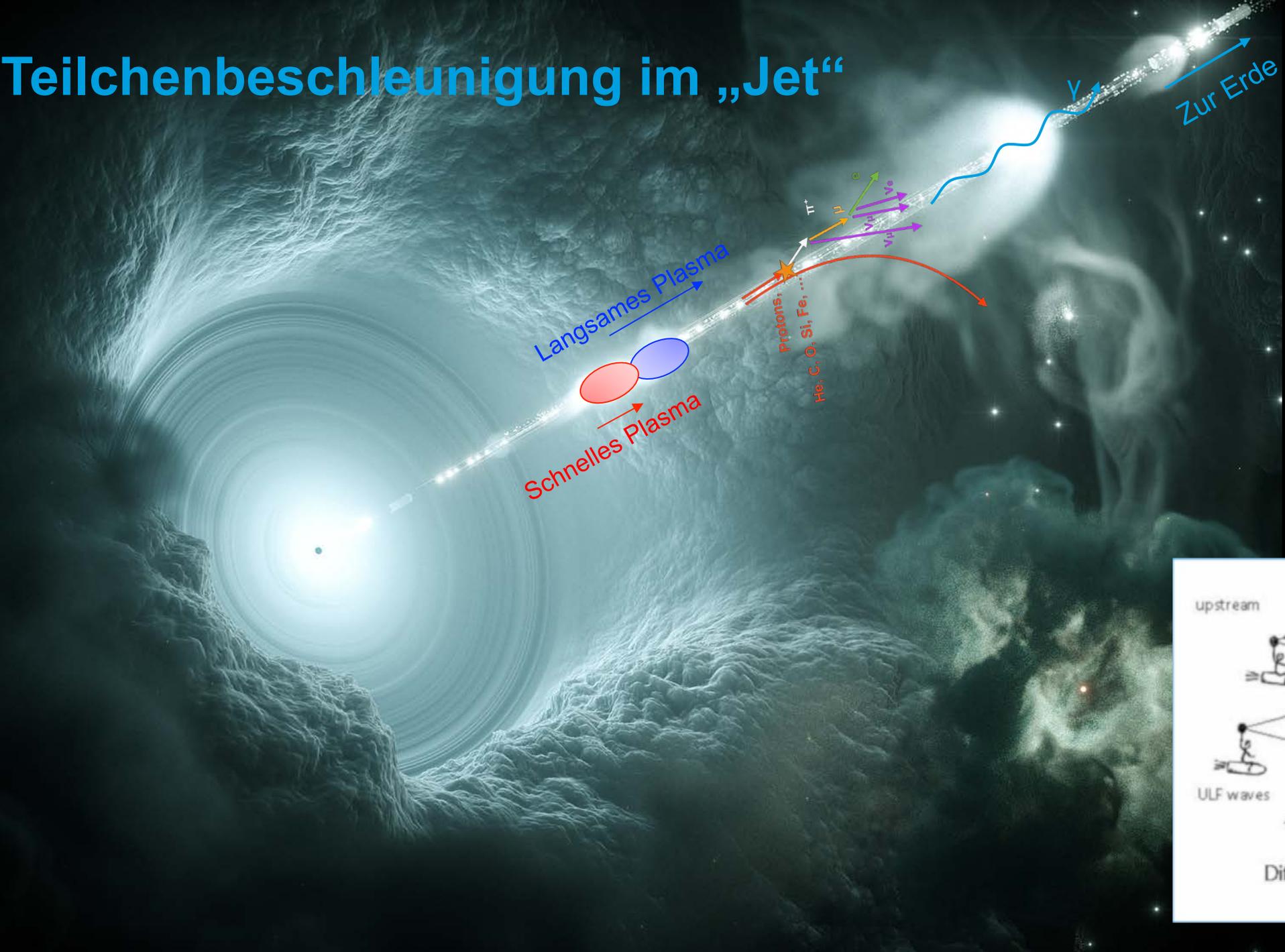
Der „Jet“

Torus aus Gas und Staub

Akkretionsscheibe

Schwarzes Loch mit
ca. 1.000.000.000 Sonnenmassen

Teilchenbeschleunigung im „Jet“



Ein paar Milliarden Jahre später...



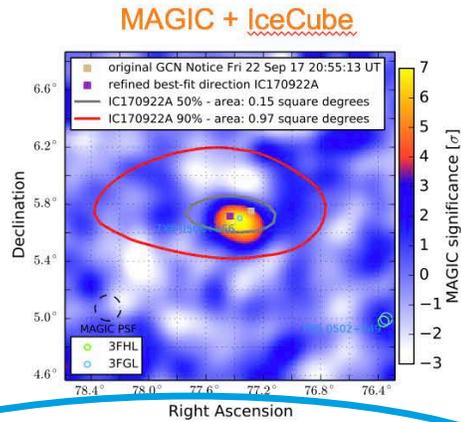
Ein paar Milliarden Jahre später...



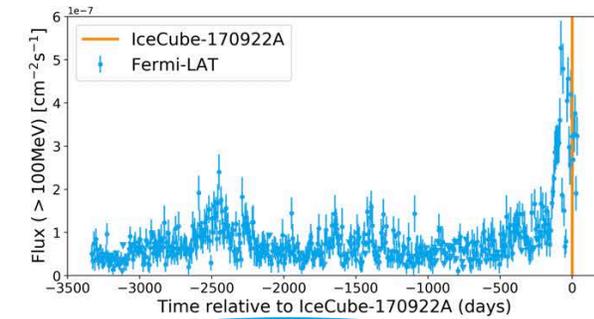
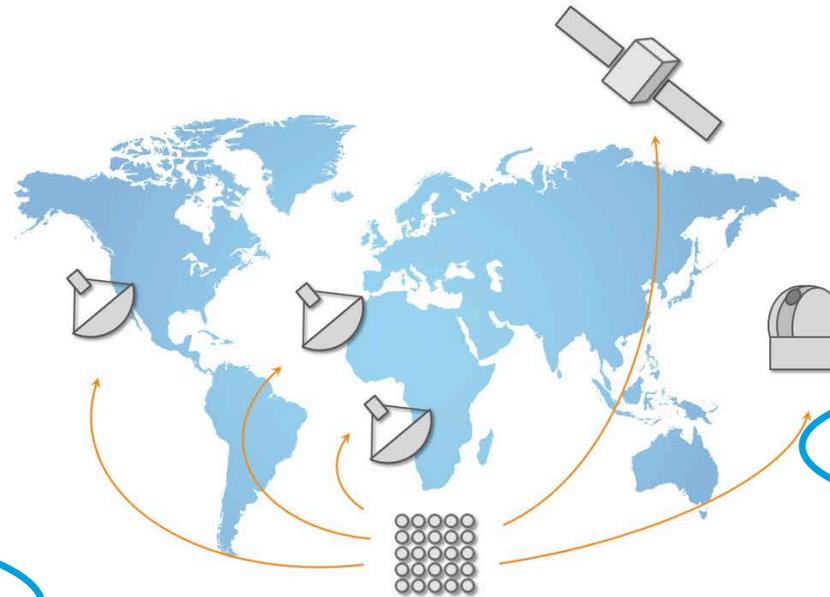
Der Multimessenger Ansatz

MAGIC, H.E.S.S. & VERITAS
γ-ray Telescopes (> 30 GeV)

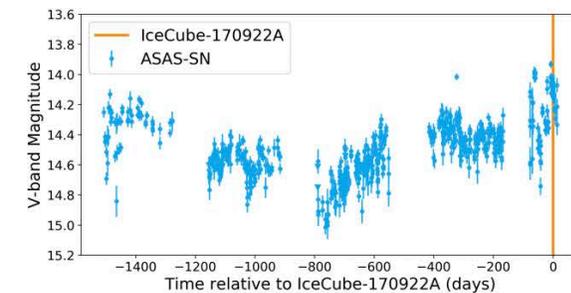
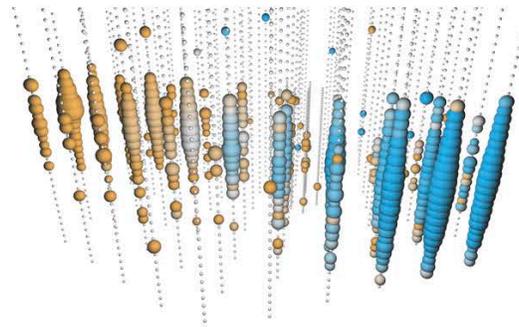
Fermi-LAT γ-ray Satellite
(20 MeV – 300 GeV)



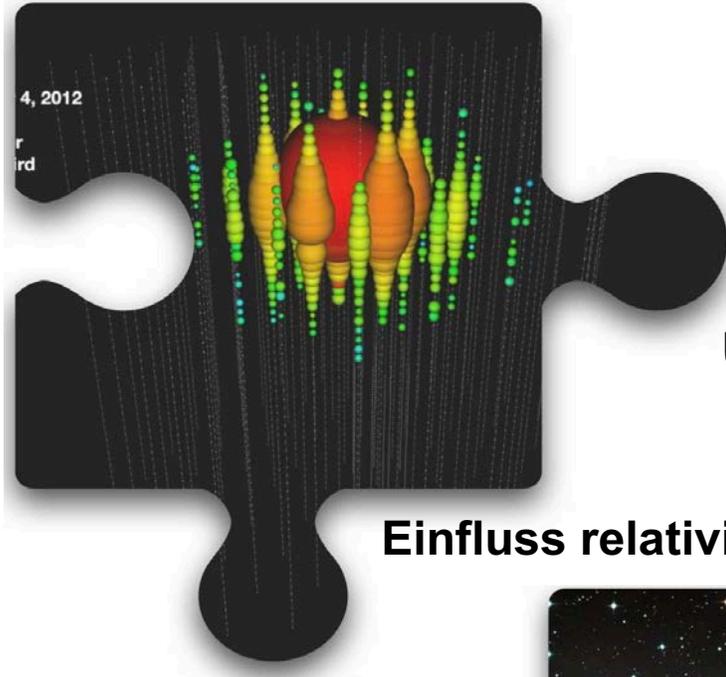
IceCube Neutrino Observatory
(TeV — PeV Neutrinos)



ASAS-SN
Optical Telescopes Network



Große Fragen der Astroteilchenphysik

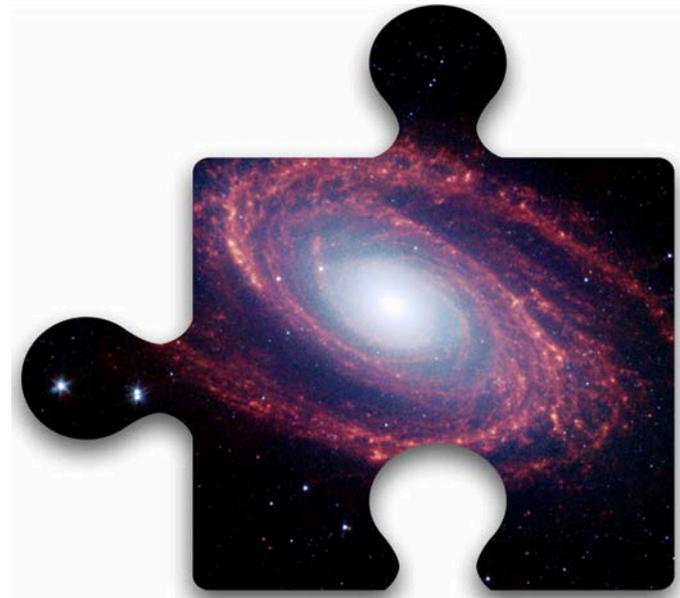
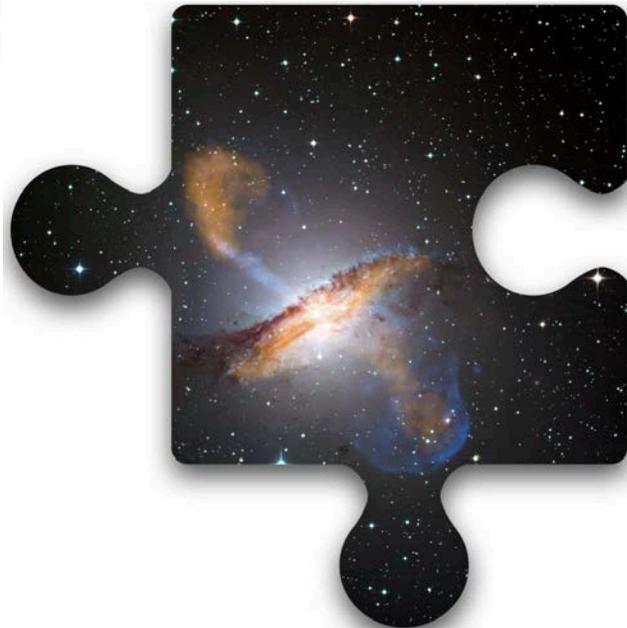
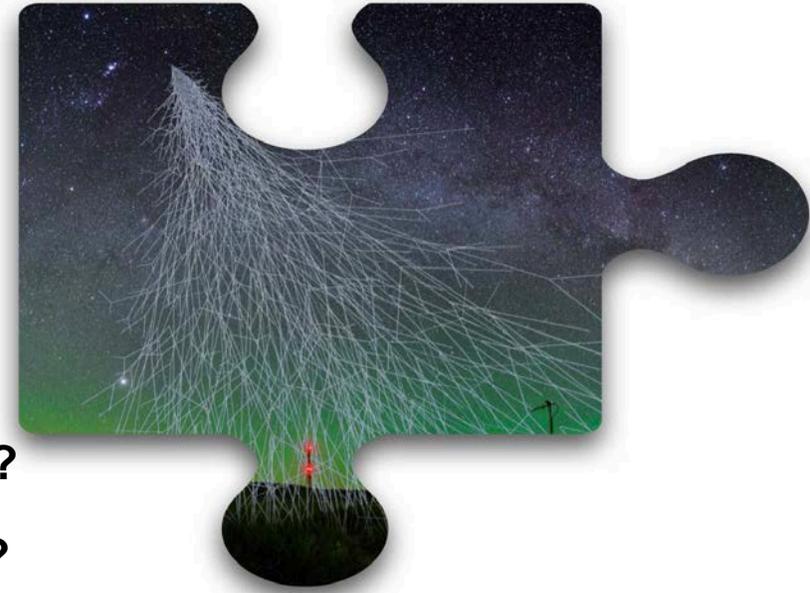


Ursprung der kosmischen Strahlung?

Ursprung astrophysikalischer Neutrinos?

Teilchenbeschleunigung bis auf 10^{20} eV?

Einfluss relativistischer Teilchen auf die Dynamik und Evolution des Universums?



Die Zukunft

Das Cherenkov Telescope Array