

Astroteilchenphysik – I

Wintersemester 2013/14
Vorlesung # 2, 31.10.2012



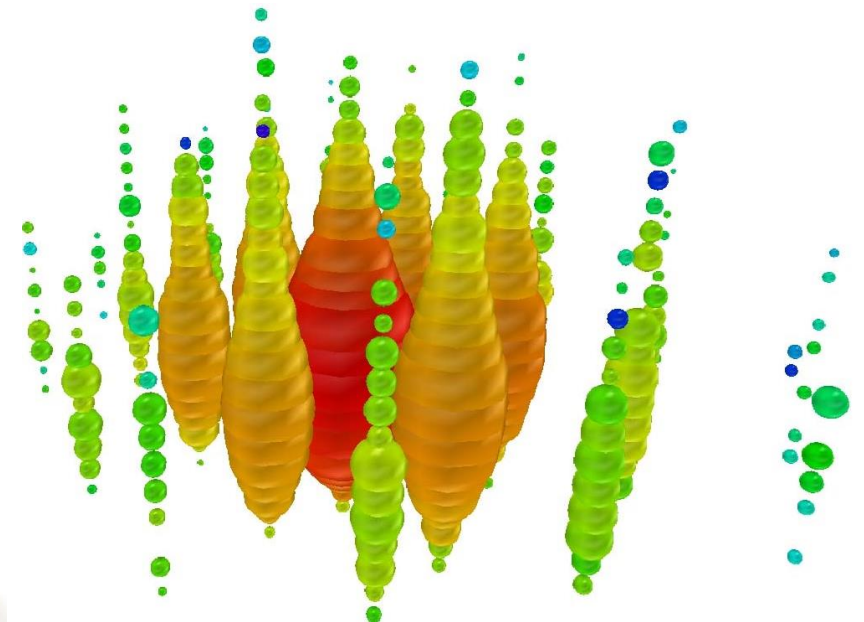
Guido Drexlin, Institut für Experimentelle Kernphysik

Teilchenstrahlung

- aus dem Labor:
pp-Kollider, ν -Strahlen, Reaktoren,
 β - & $\beta\beta$ -Zerfälle

Experimentelle Techniken

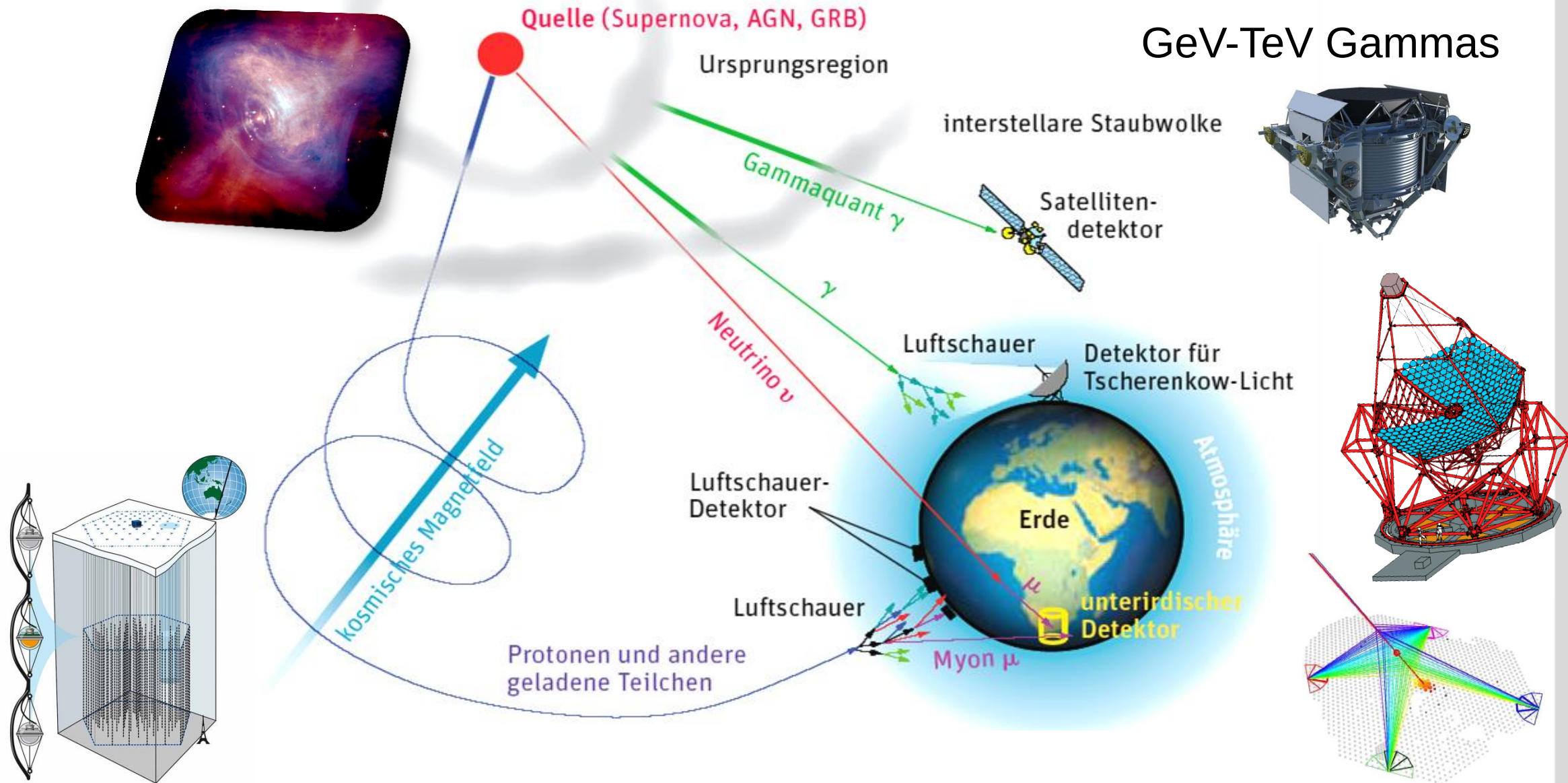
- Multimessenger-Methode
- kosmische Strahlung



Multimessenger-Methoden



■ Teilchenstrahlung aus dem (nicht-thermischen) Universum



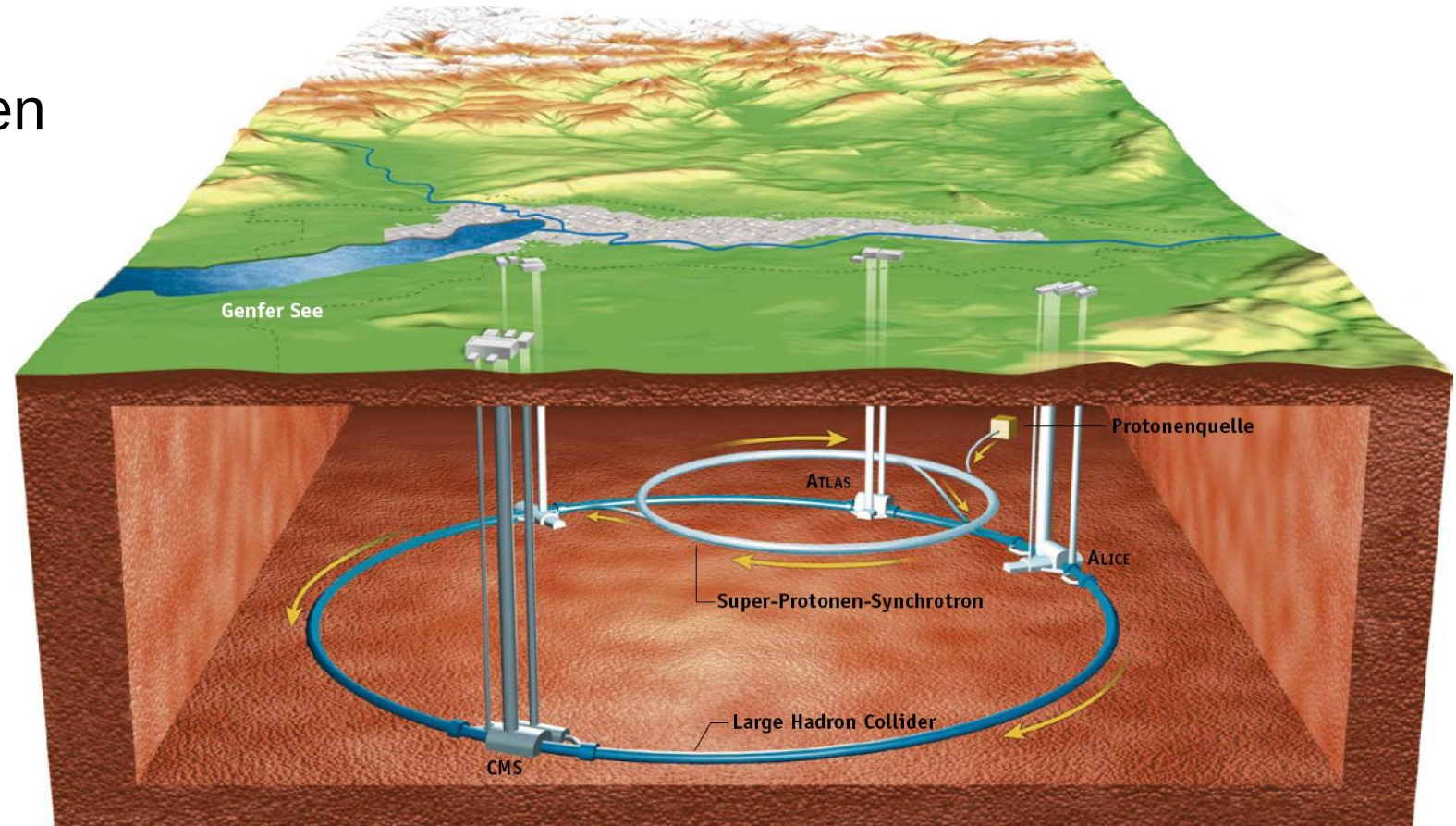
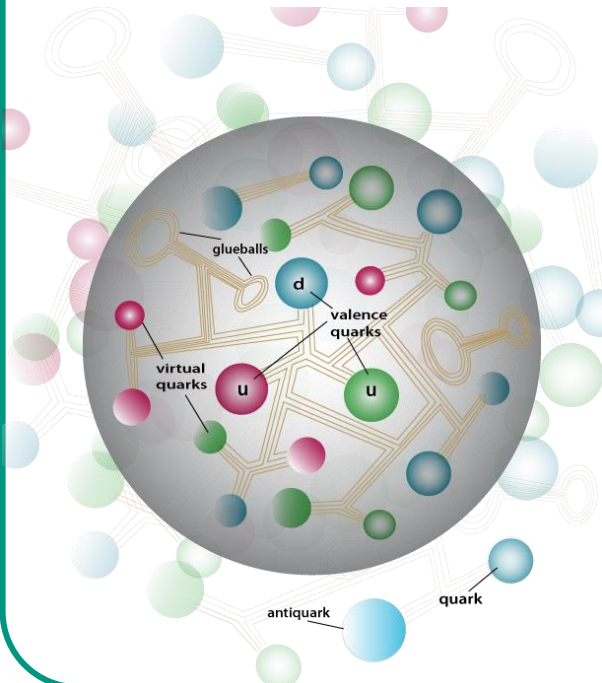
1.2 Teilchenstrahlung aus dem Labor



■ Teilchenstrahlung aus dem Labor - Hochenergiebeschleuniger

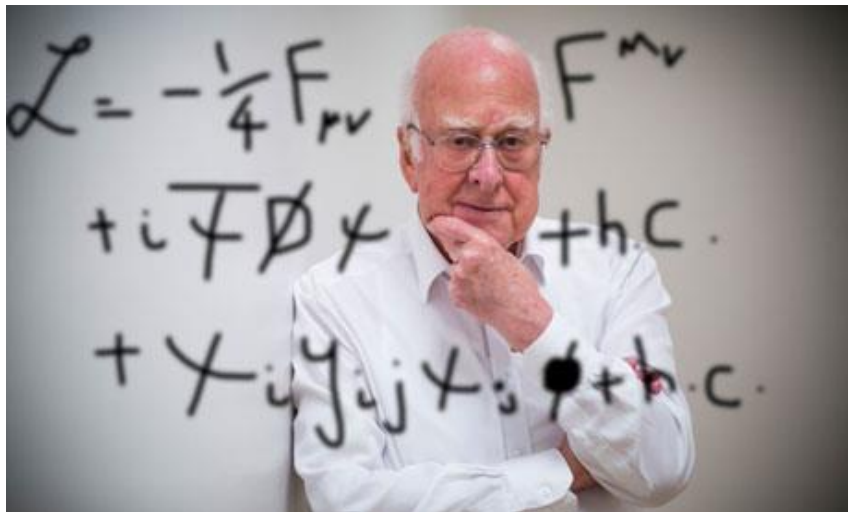
Protonensynchrotrons

- Beispiele: CERN (LHC, SPS), Fermilab
- pp-Kollisionen
- Neutrinostrahlen



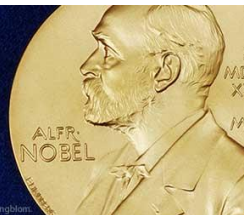
■ Teilchenstrahlung aus dem Labor – Teilchenerzeugung

Protonensynchrotrons



2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs



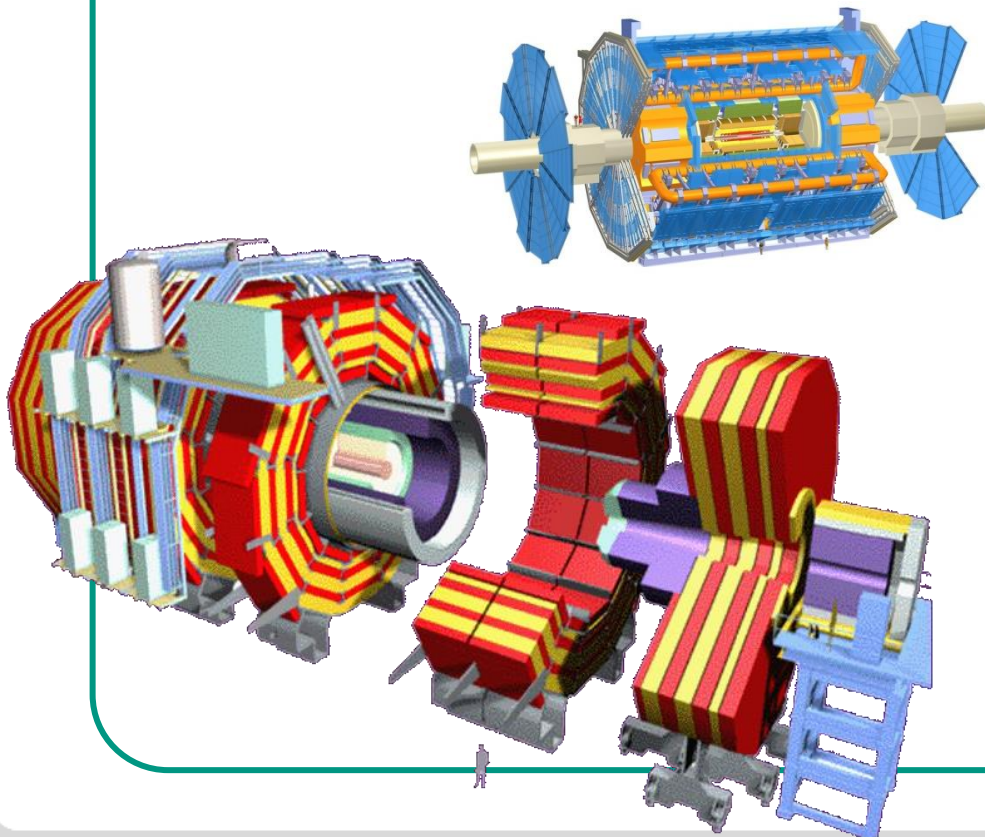
CERN –
In the golden age



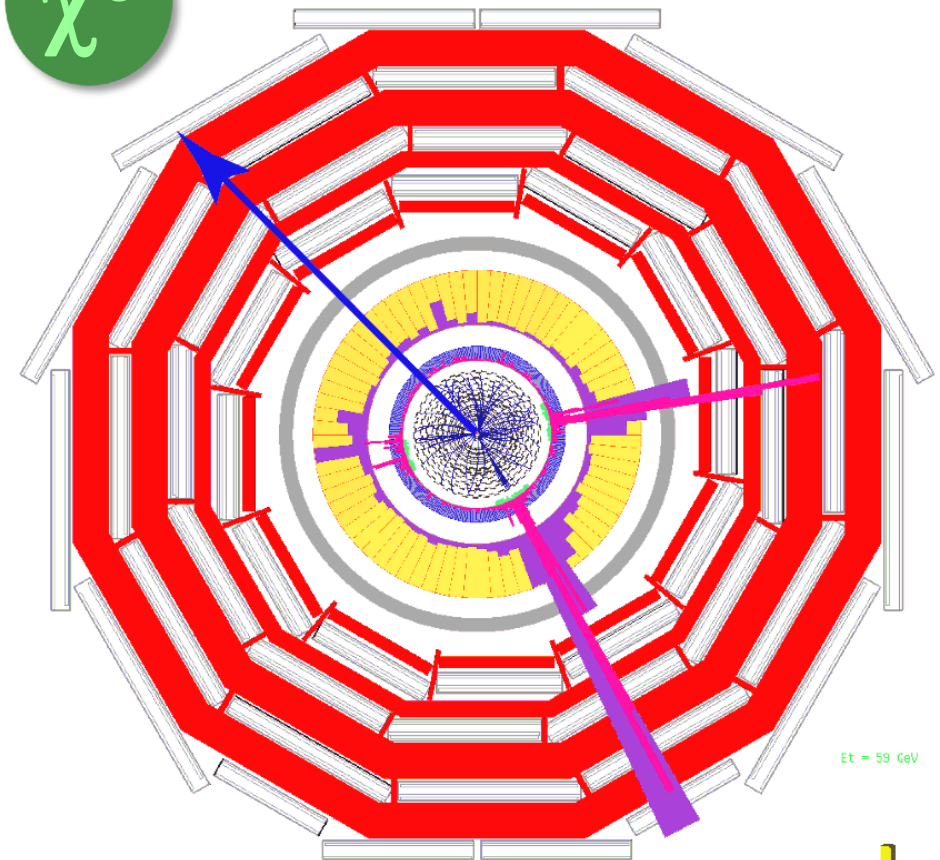
■ Teilchenstrahlung aus dem Labor – Instrumentarium CMS, ATLAS

Protonensynchrotrons

- Suche nach SUSY Teilchen
- WIMP-Erzeugung im Labor



Spurrekonstruktion



CMS – Compact Muon Solenoid

elektromagnetisches Kalorimeter

Hadronkalorimeter

Innerer
Tracker

Magnetjoch

Magnetspule
 $B = 4$ Tesla

Myonkammern

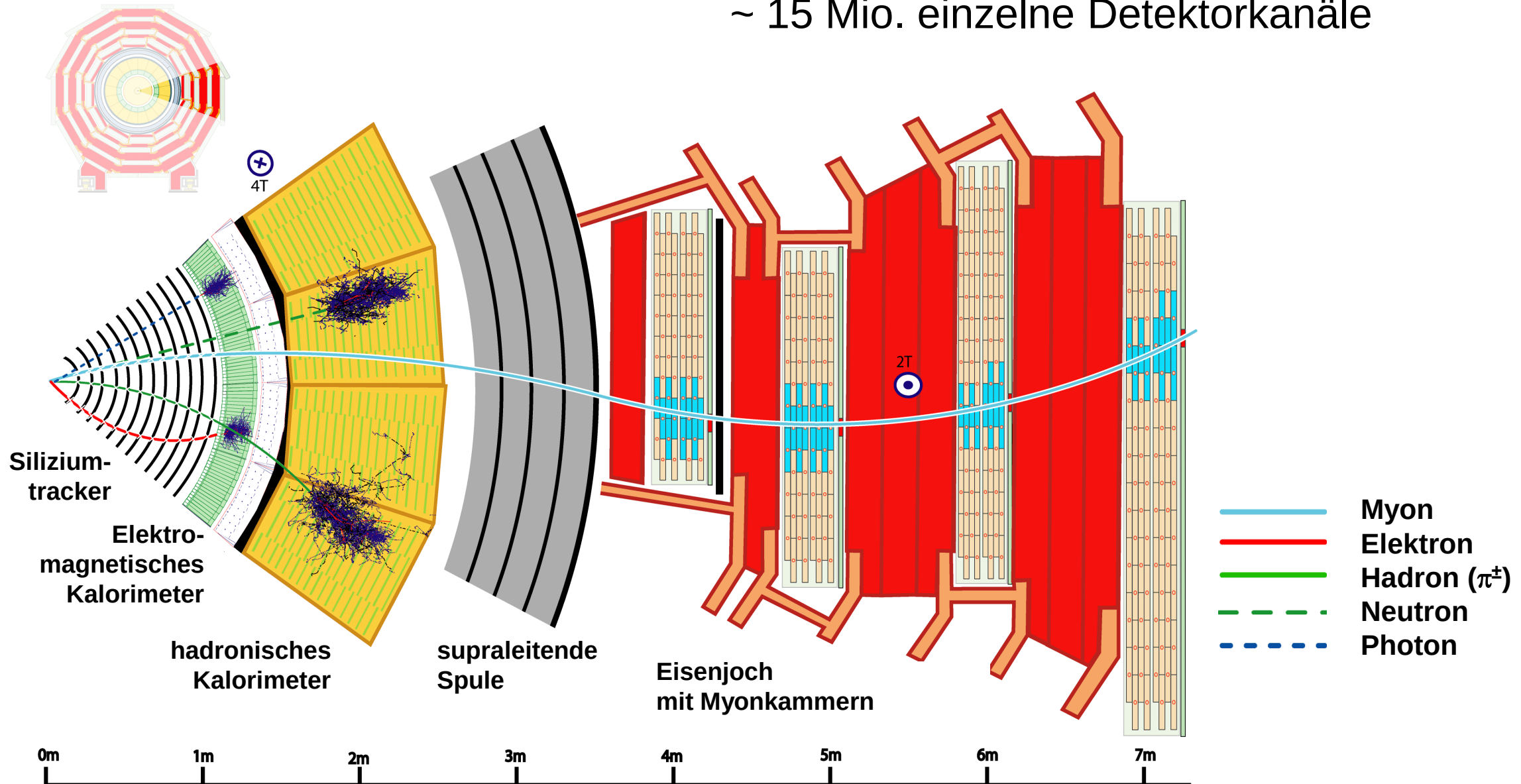


Masse	12.500 t
Durchmesser	14.6 m
Länge	21.6 m



CMS – Compact Muon Solenoid

Teilchensignaturen in den einzelnen CMS Detektorkomponenten
~ 15 Mio. einzelne Detektorkanäle



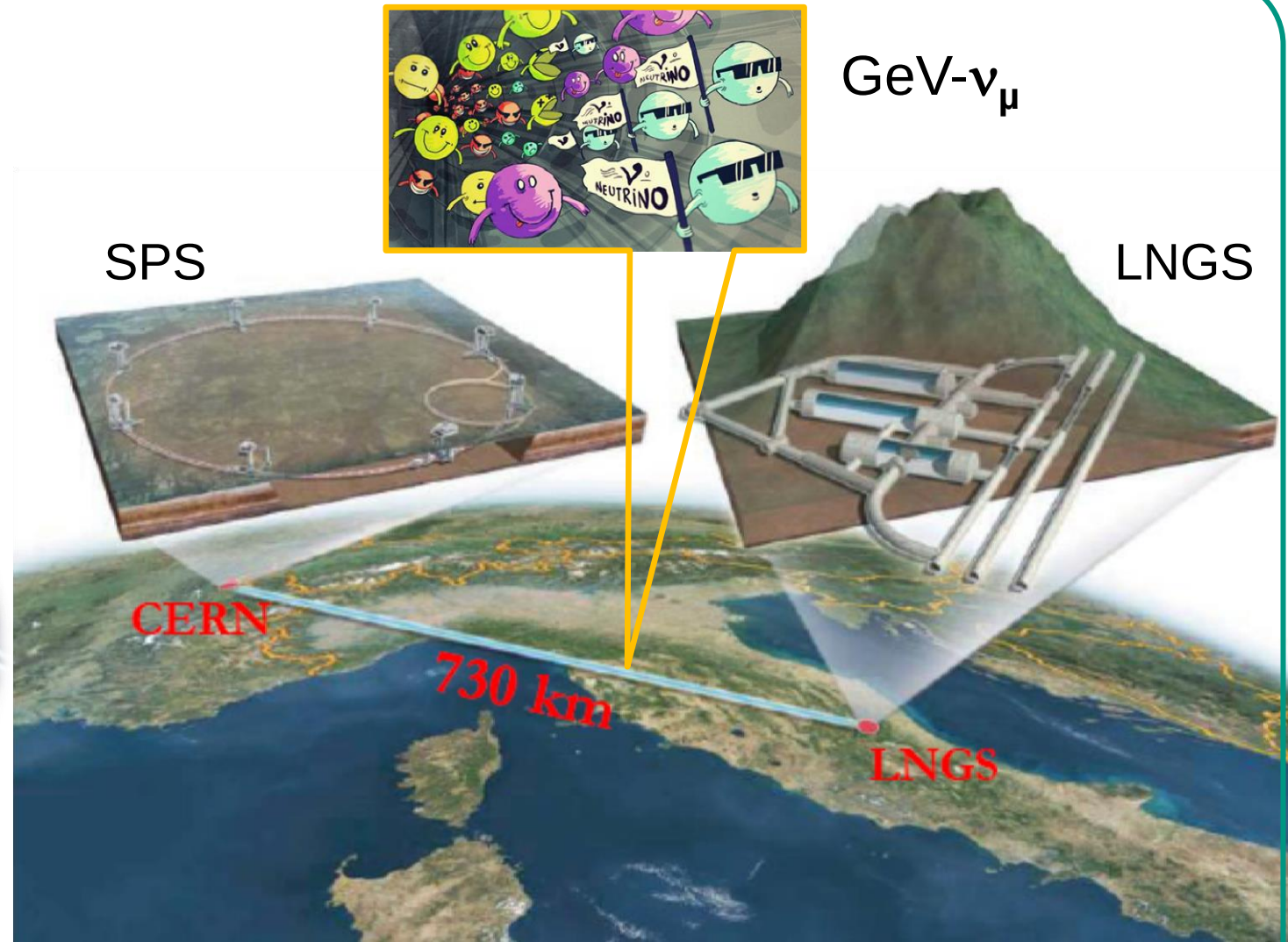
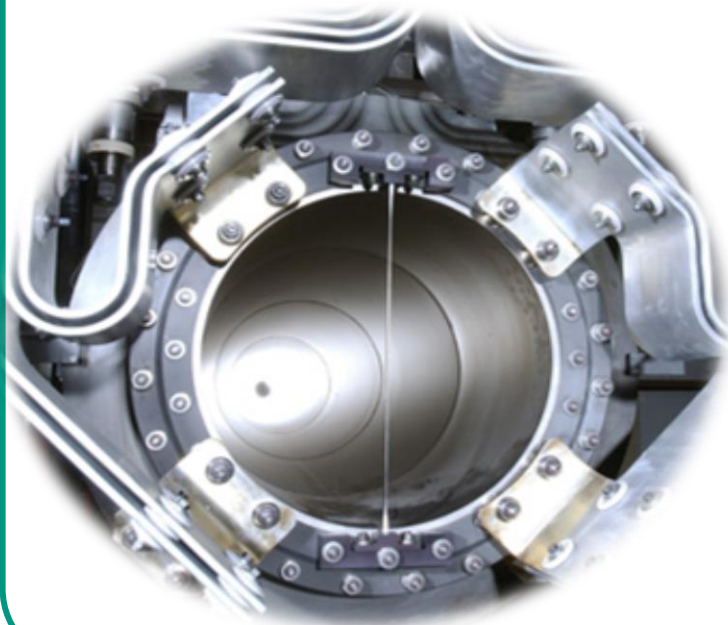
Hochenergie-Neutrinostrahlen



■ Teilchenstrahlung aus dem Labor – HE Neutrinostrahlen

Protonensynchrotrons

- Neutrino-Oszillationen
- CP Verletzung im leptonischen Sektor



Hochenergie-Neutrinostrahlen



■ Teilchenstrahlung aus dem Labor

Protonensynchrotrons

- Neutrino-Oszillationen
- CP Verletzung im leptonischen Sektor



controllo
elettronico
della velocità



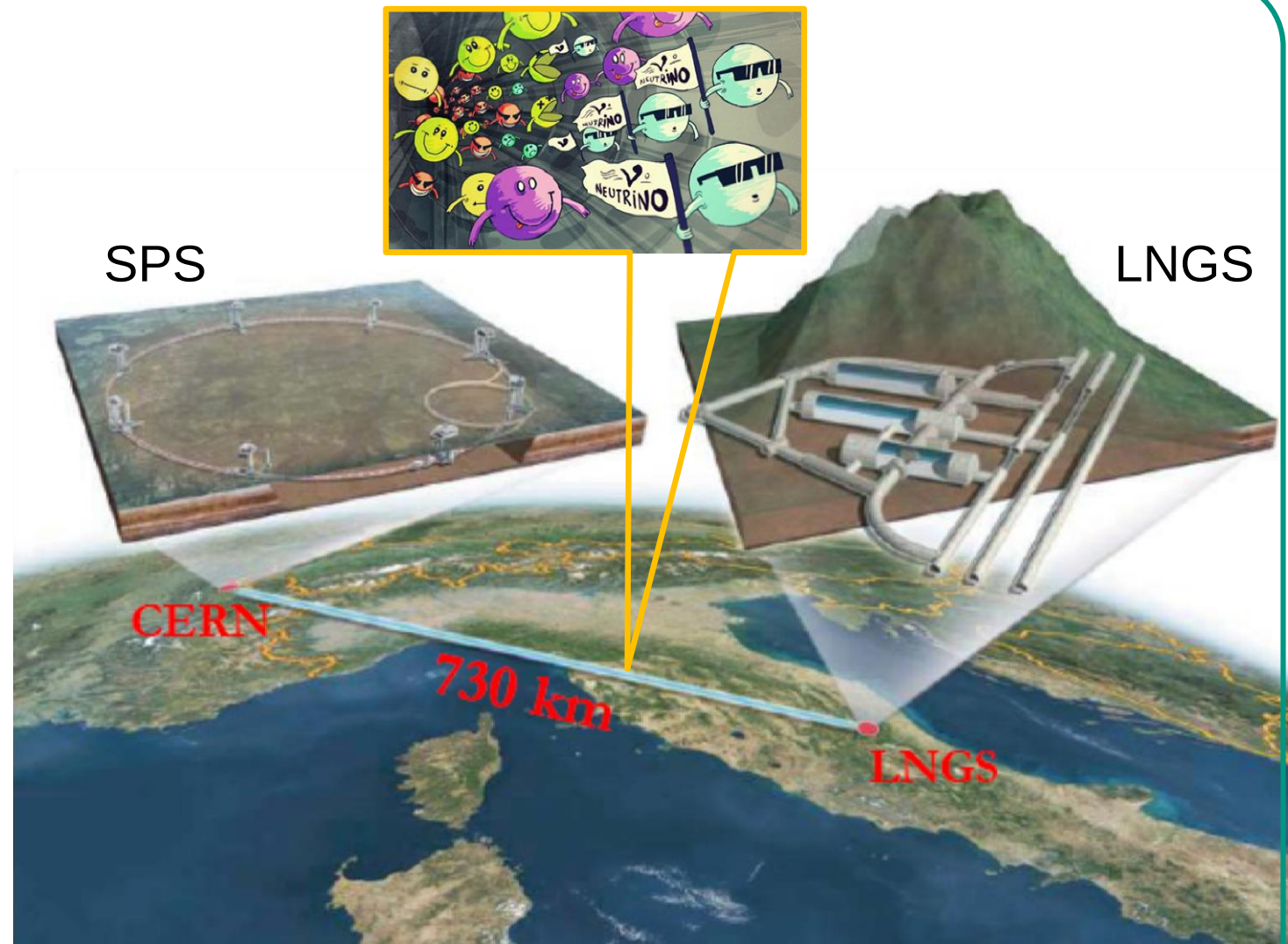
Hochenergie-Neutrinostrahlen



■ Teilchenstrahlung aus dem Labor

Protonensynchrotrons

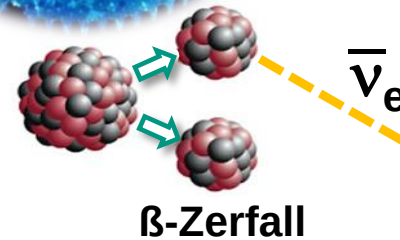
- Neutrino-Oszillationen
- CP Verletzung im leptonischen Sektor



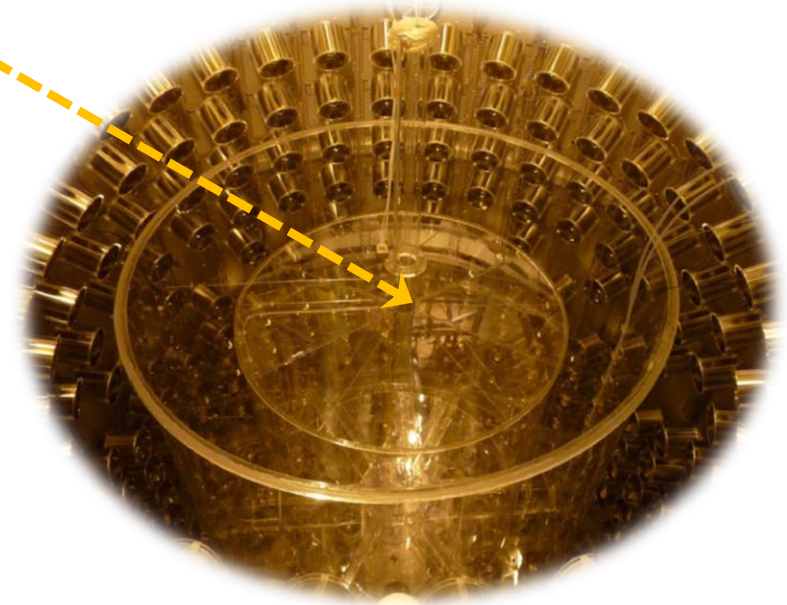
■ Teilchenstrahlung aus dem Labor

β -Zerfälle instabiler Kerne

- Neutrino-Oszillationen
- Massenhierarchie von Neutrinos



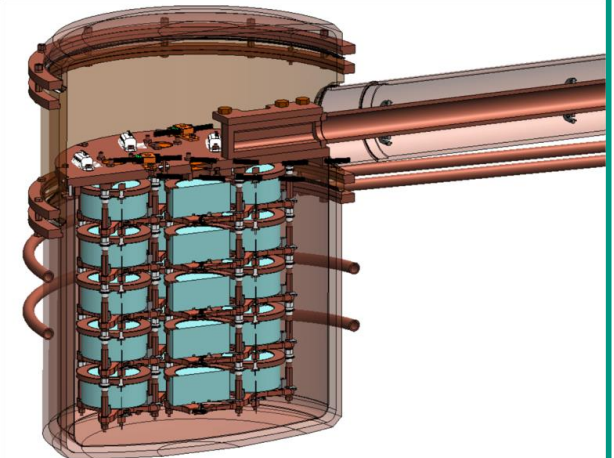
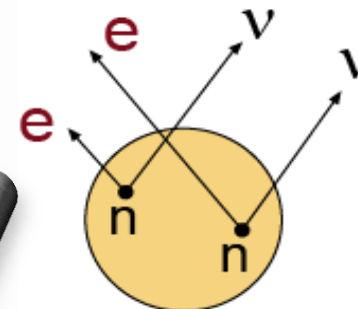
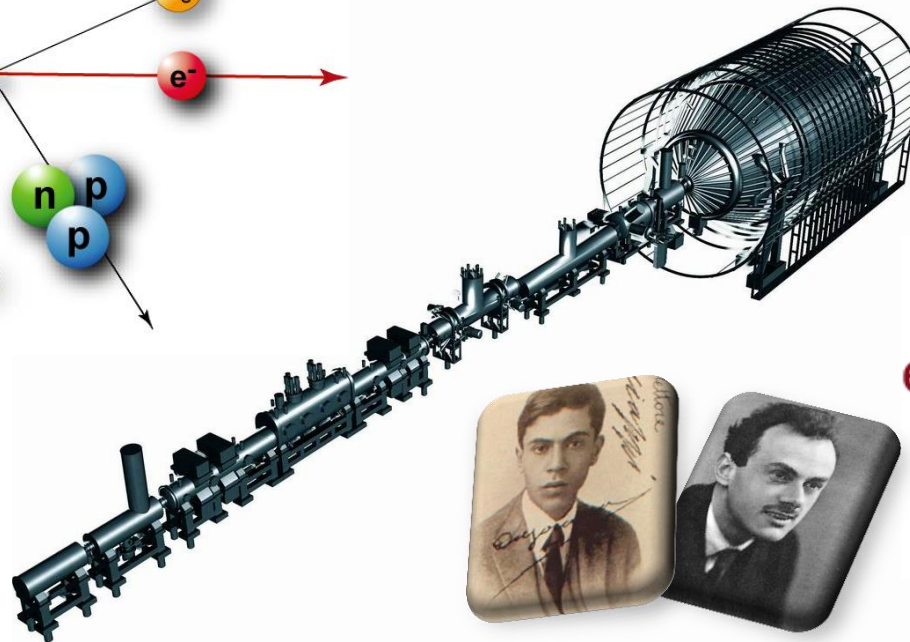
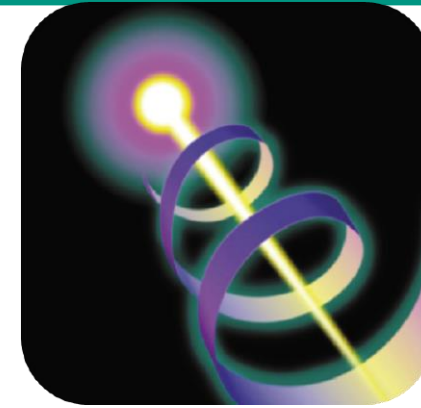
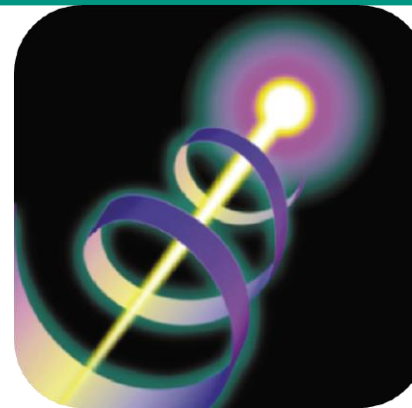
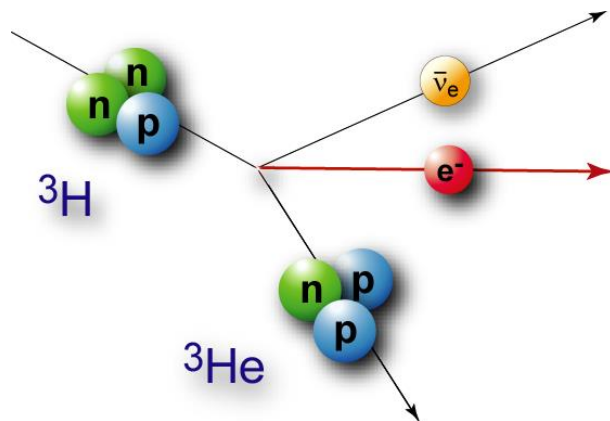
β -Zerfall



■ Teilchenstrahlung aus dem Labor

β -Zerfälle instabiler Kerne

- Neutrino-Massen-Skala
- CP-Eigenschaften



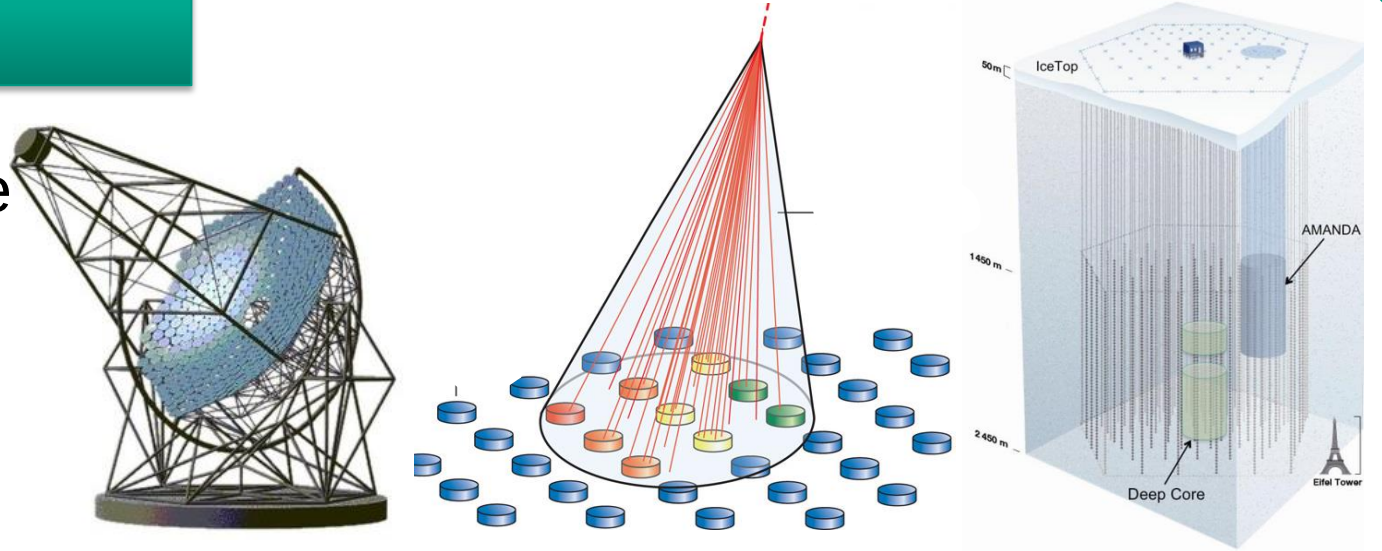
2. Experimentelle Methoden



■ Teilchenstrahlung aus dem Universum und dem Labor

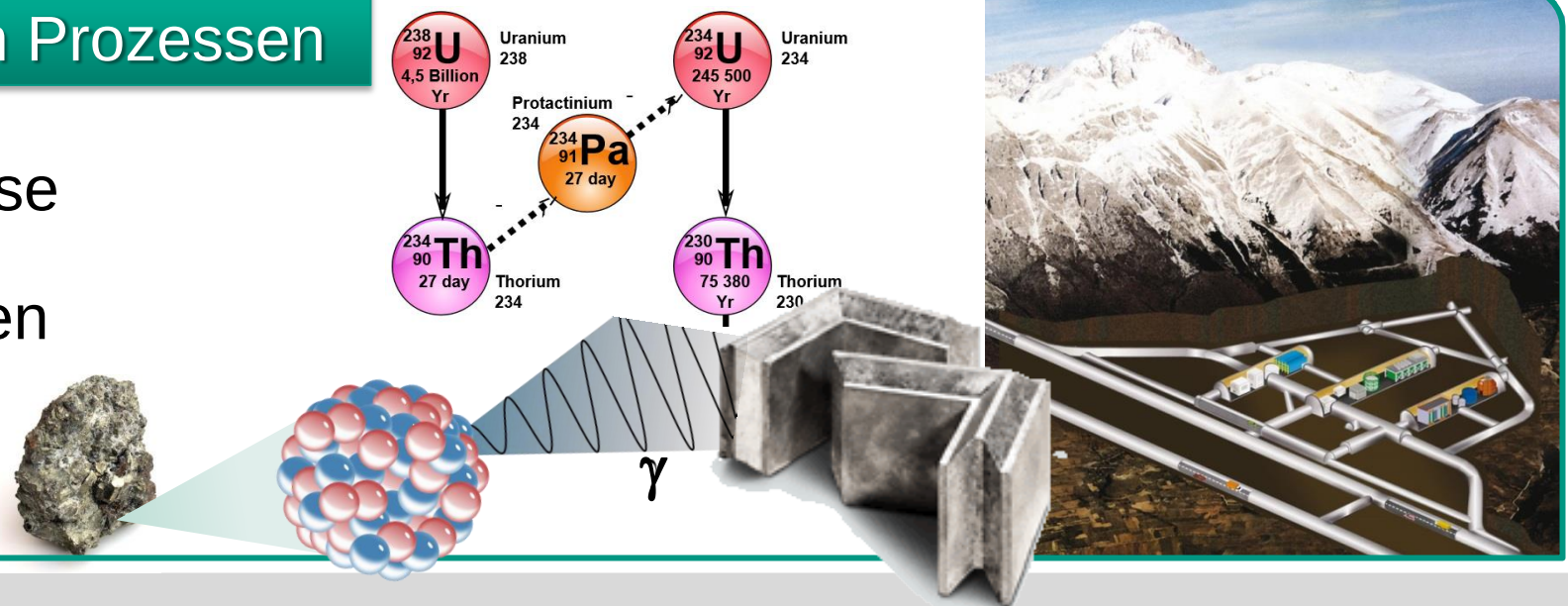
Multimessenger-Methoden

- Luftschauder-Experimente
- Gamma-Teleskope
- Neutrino-Teleskope



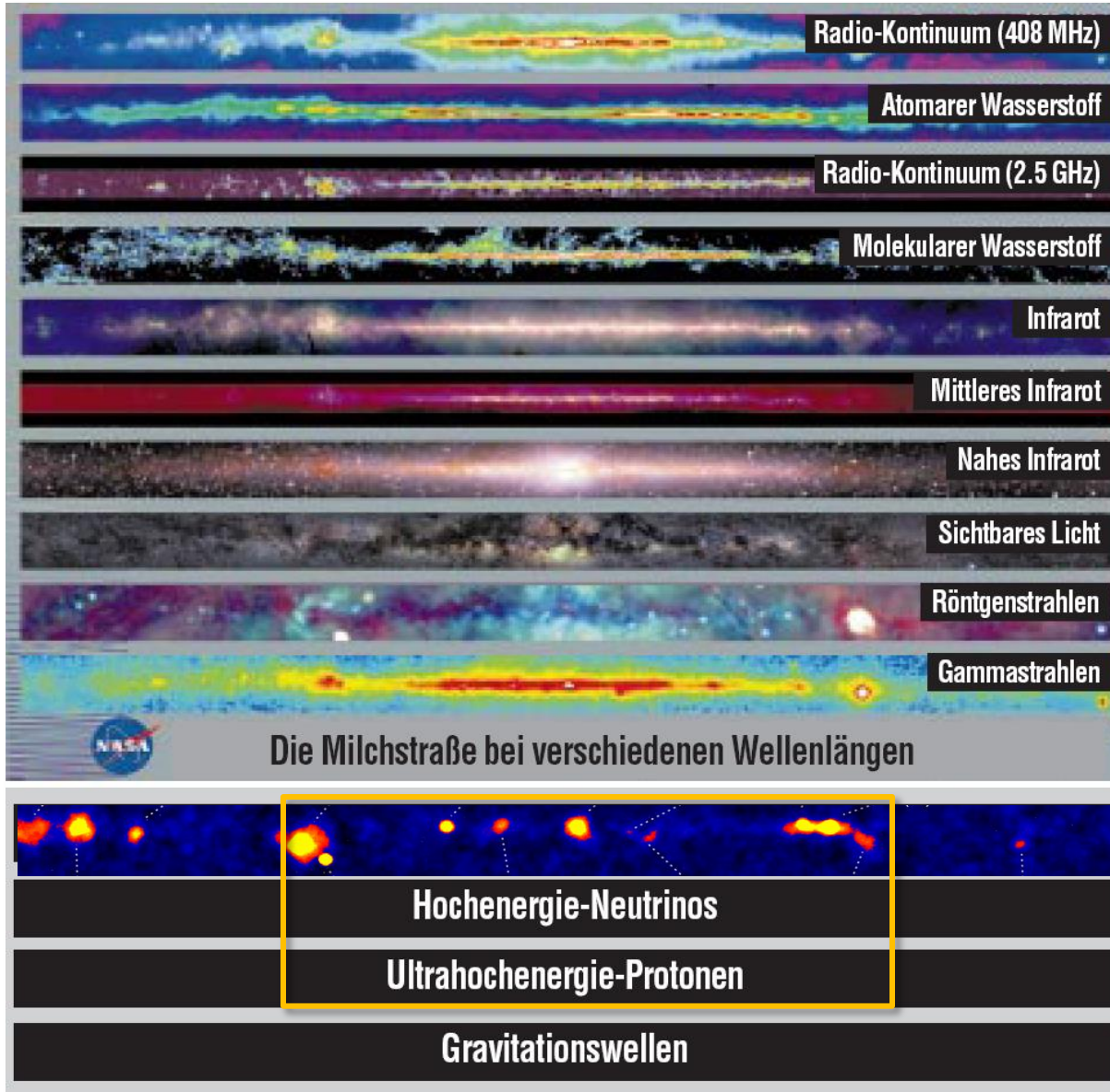
Suche nach seltenen Prozessen

- Untergrundprozesse
- Abschirm-Methoden
- Zerfalls-Ketten



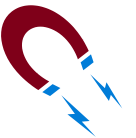
2.1 Multimessenger-Methoden

■ Multi-Messenger-Methoden: Beobachtungen mit Strahlung & Teilchen



Nicht-Thermisches Universum:

Synchrotron-Strahlung, inverser Compton-Effekt, Moleküle



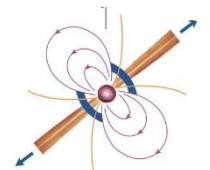
Thermisches Universum:

Sterne, Molekülwolken, Staub



Nicht-Thermisches Universum:

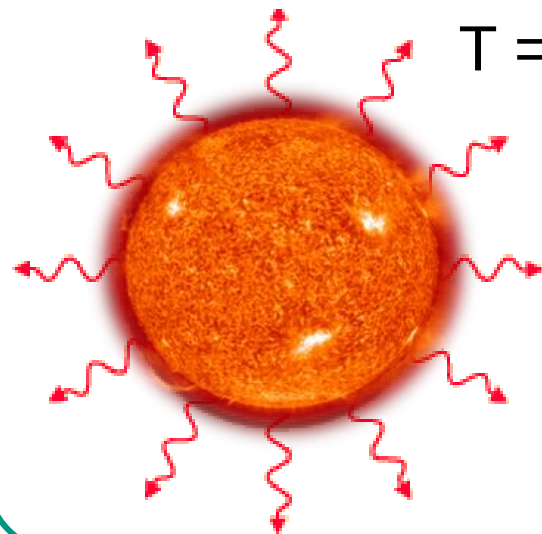
Supernovae-Schockfronten, Pulsare, Black Holes, kompakte binäre Objekte, ... ?



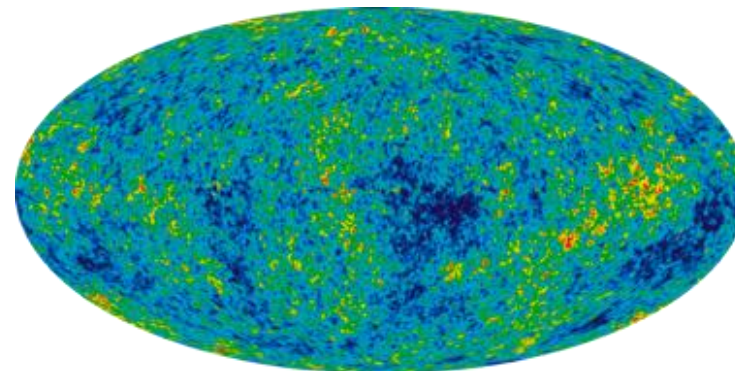
■ thermische Teilchenstrahlung aus dem Universum

Thermische Strahlung

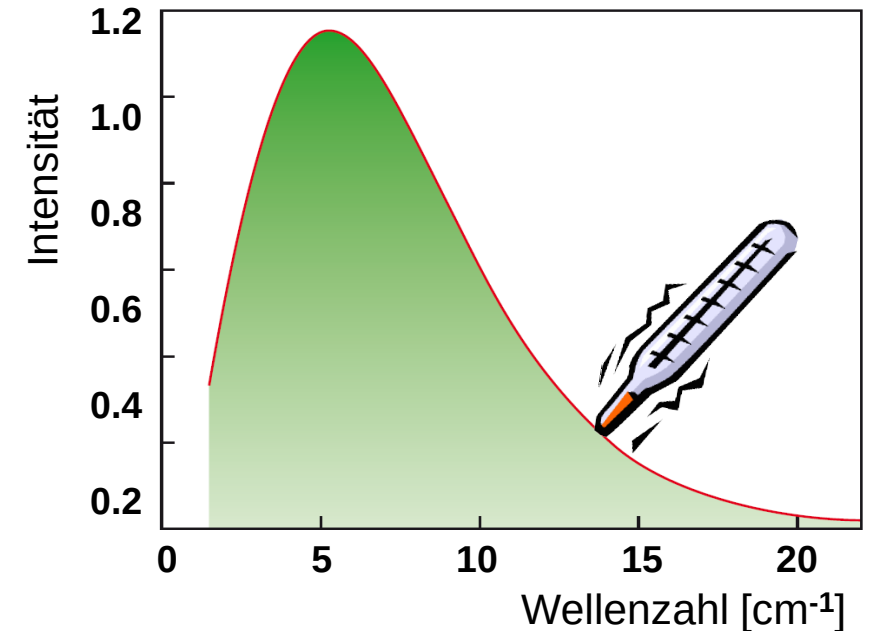
- Thermodynamisches Gleichgewicht
- Boltzmann-Verteilung (Parameter: T)
- Sterne, Hintergrundstrahlung (CMB)



$T = 6000 \text{ K}$



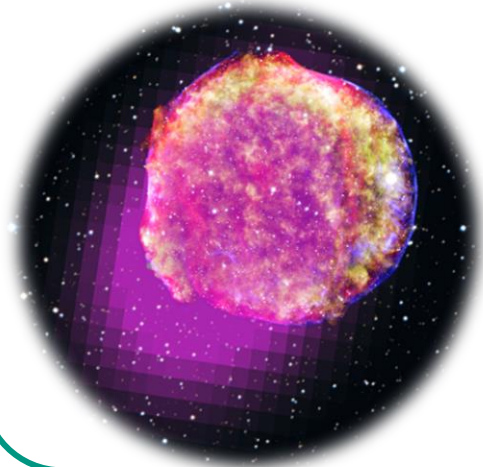
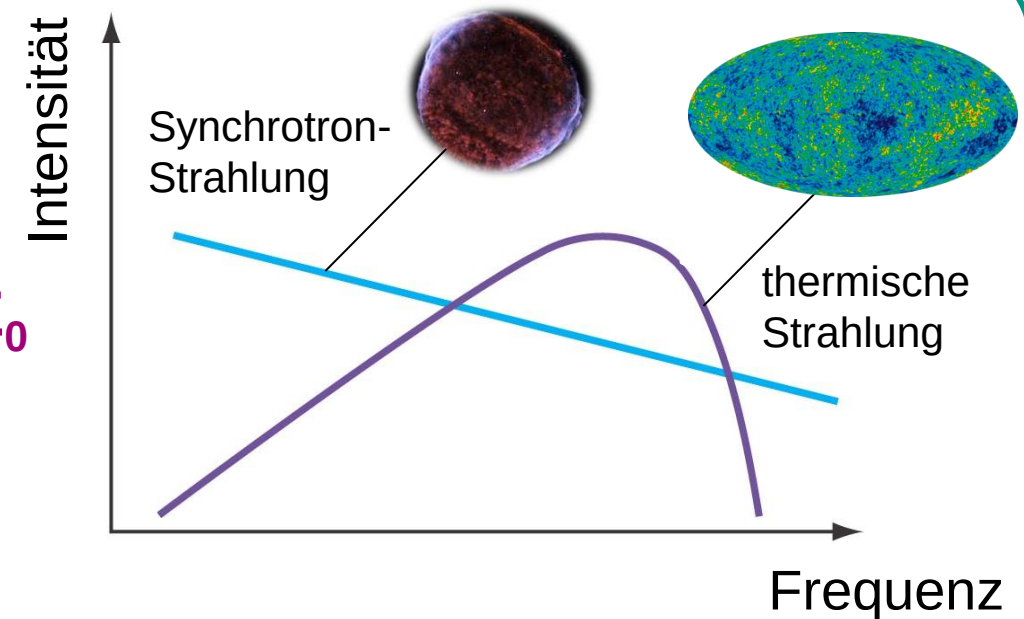
$T = 2.7 \text{ K}$



■ nicht-thermische Teilchenstrahlung aus dem Universum

nicht-thermische Strahlung

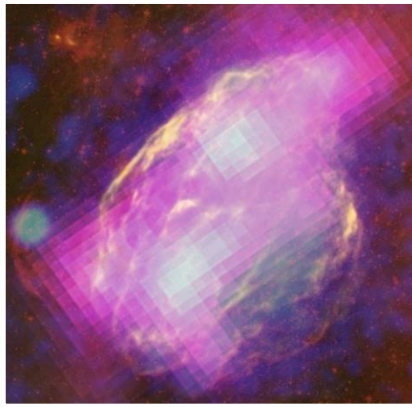
- kein thermodynam. Gleichgewicht
- anderer Ordnungsparameter: B , ρ , E_0
- Pulsare, SN-Schockfronten, Zerfälle



■ Multi-Messenger-Methoden sind wichtig zur Modellierung

nicht-thermische Strahlung: Teilchenzerfälle & Wechselwirkungen

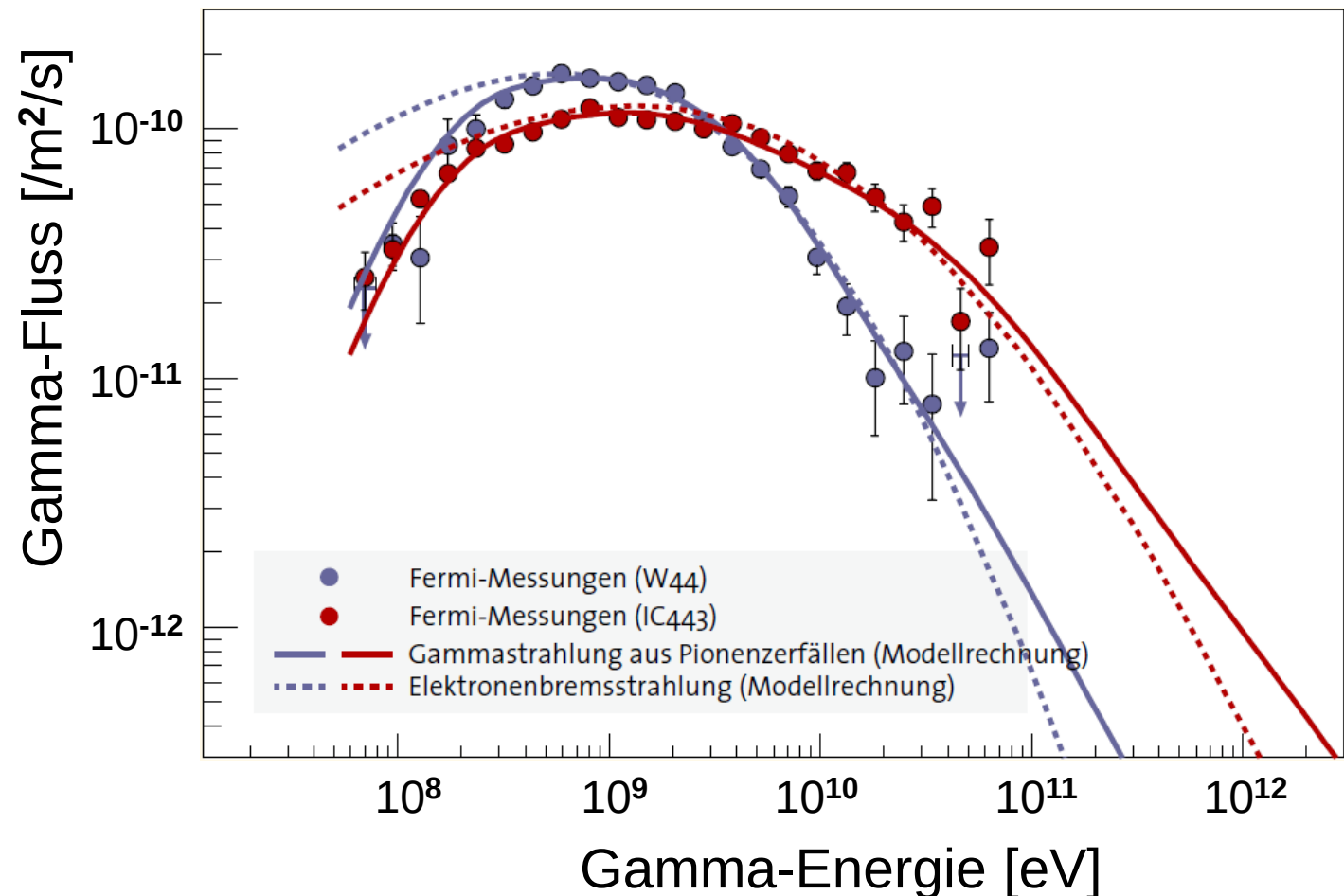
- Modellierung der Eigenschaften von individuellen Quellen



W44 – Supernova-Überrest



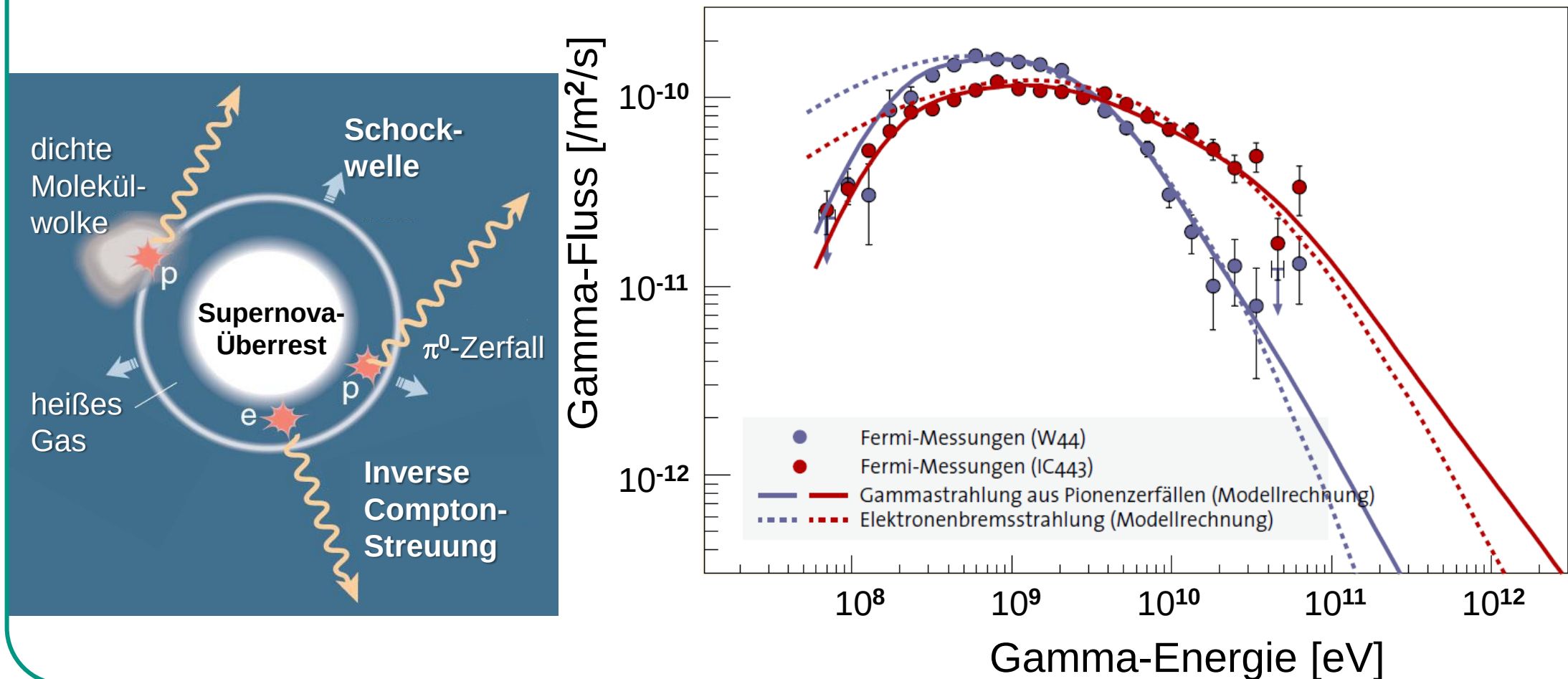
IC443 – Supernova-Überrest



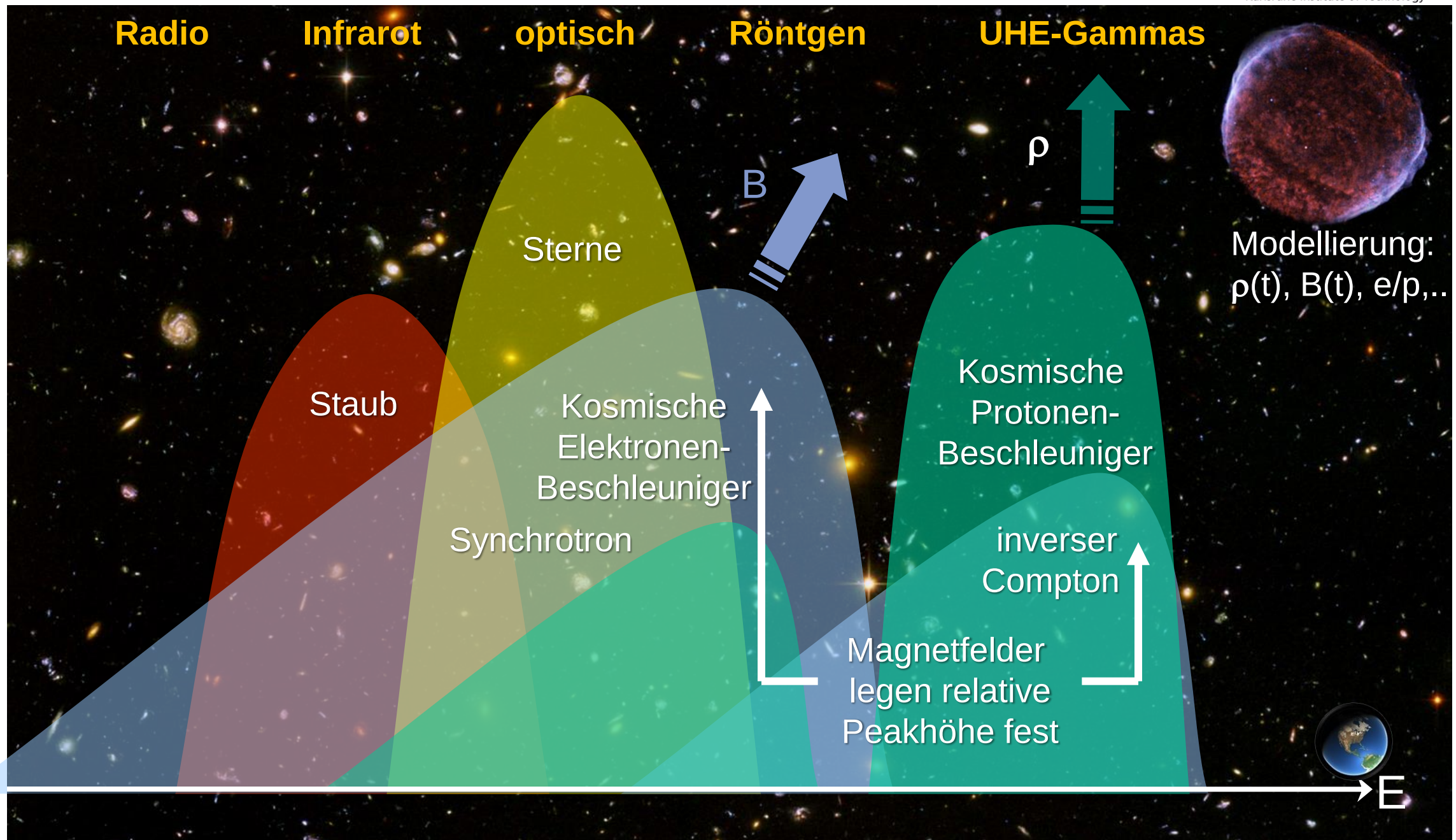
■ Multi-Messenger-Methoden sind wichtig zur Modellierung

nicht-thermische Strahlung: Teilchenzerfälle & Wechselwirkungen

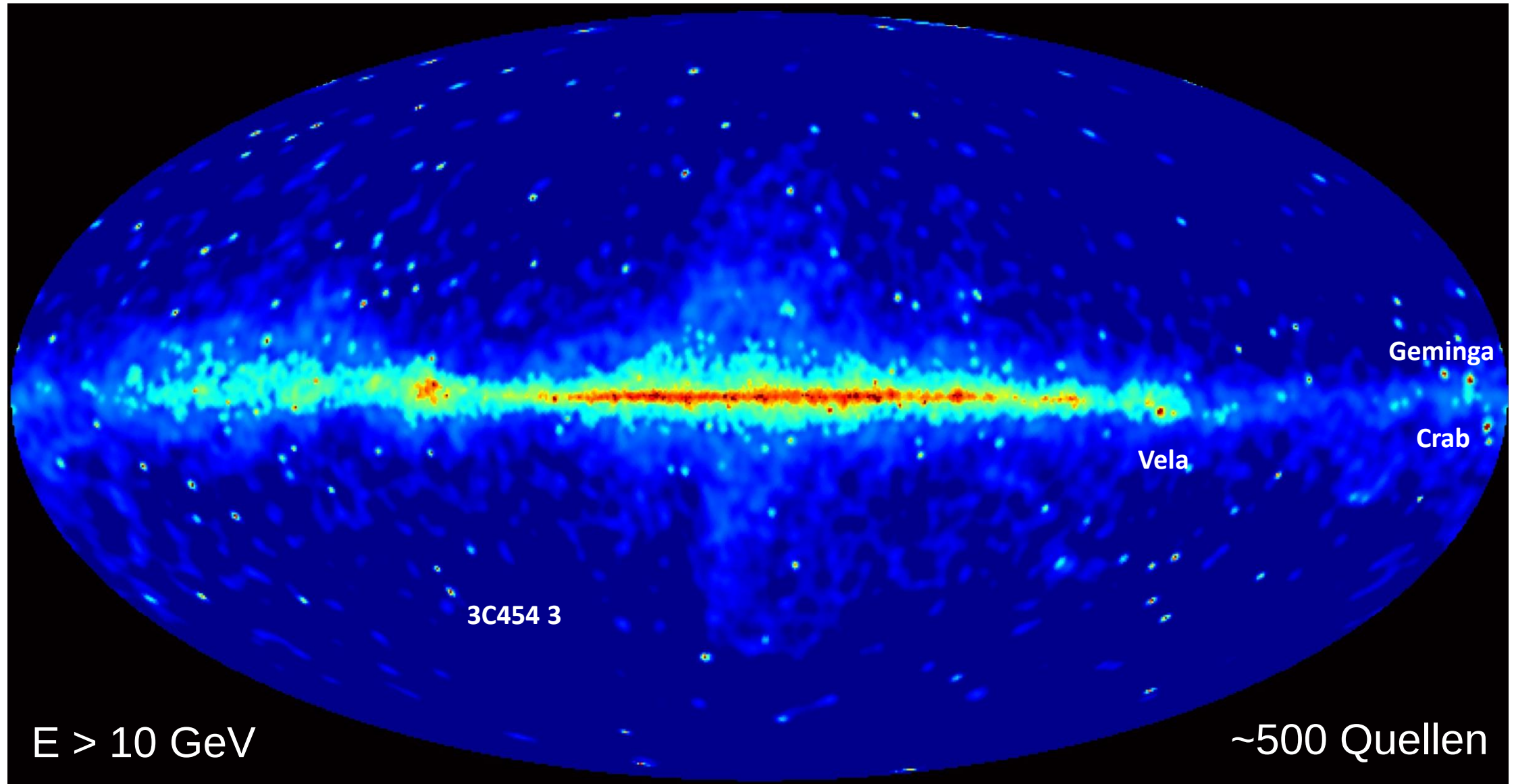
- Modellierung der Eigenschaften von individuellen Quellen



Photonenspektren & Ordnungsparameter

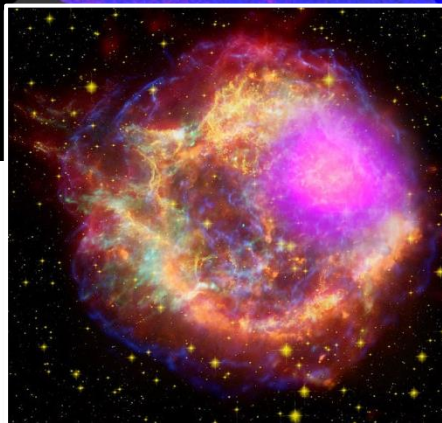
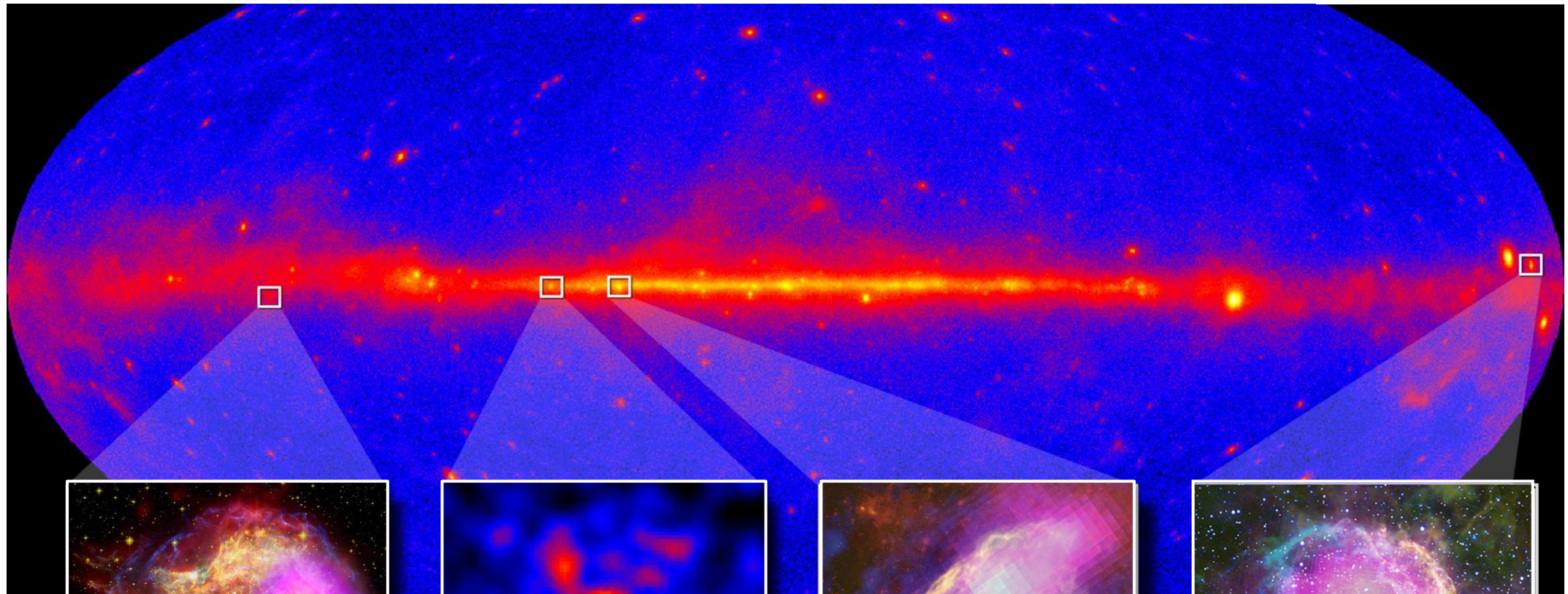


■ drei Jahre Datennahme mit Fermi – Himmelskarte im multi-GeV Gammalicht

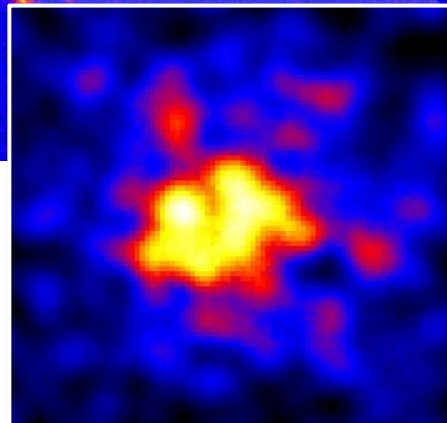


Supernovae: expandierende Hüllen

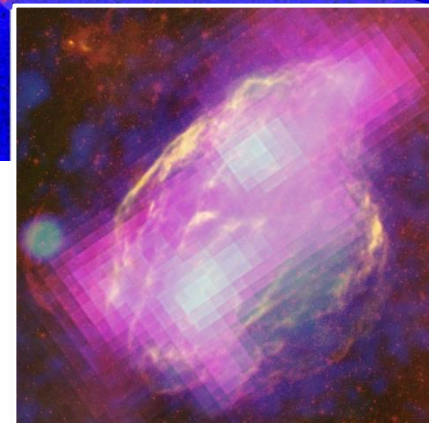
- SN-Überreste erzeugen Gamma-Quanten im **GeV Bereich**



Cas A



W51C

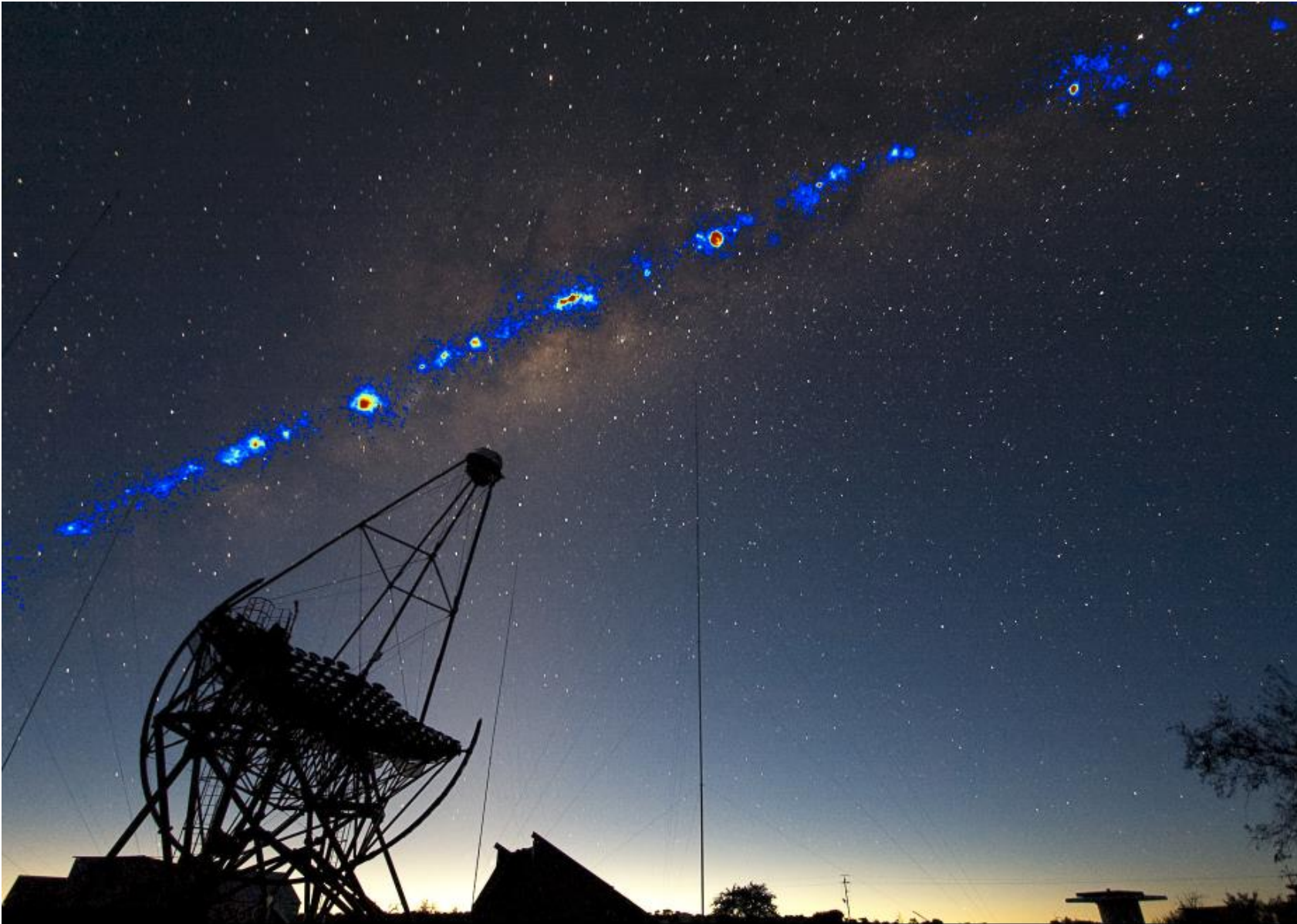


W44



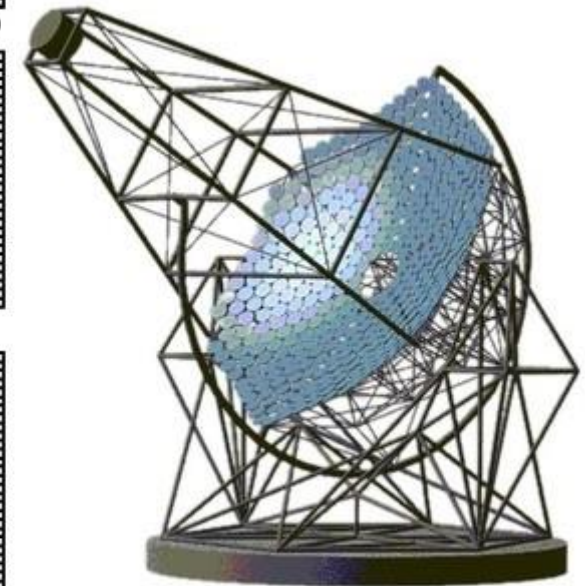
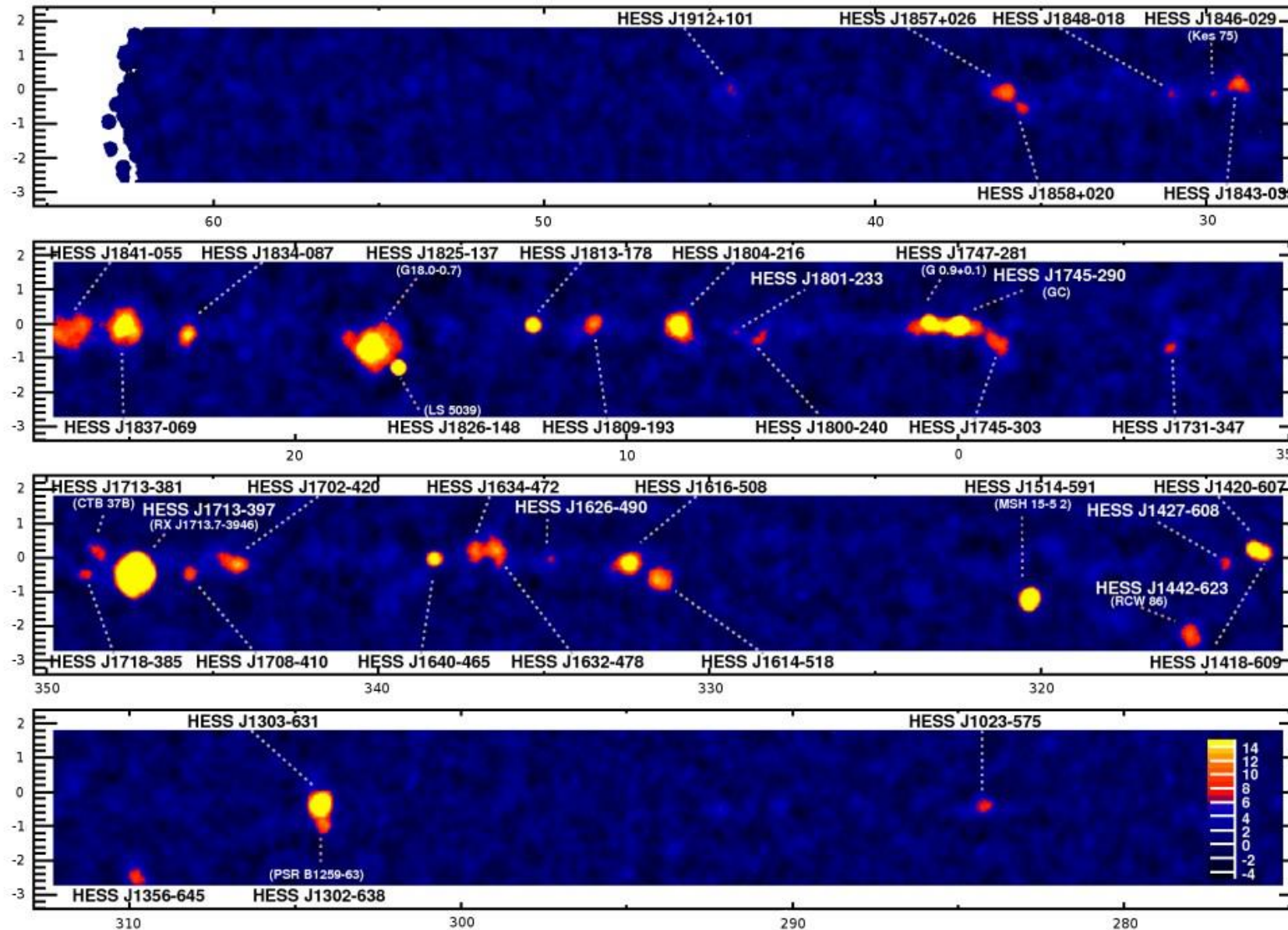
IC 443

- SN-Überreste erzeugen Gamma-Quanten auch im **TeV Bereich** (H.E.S.S.)

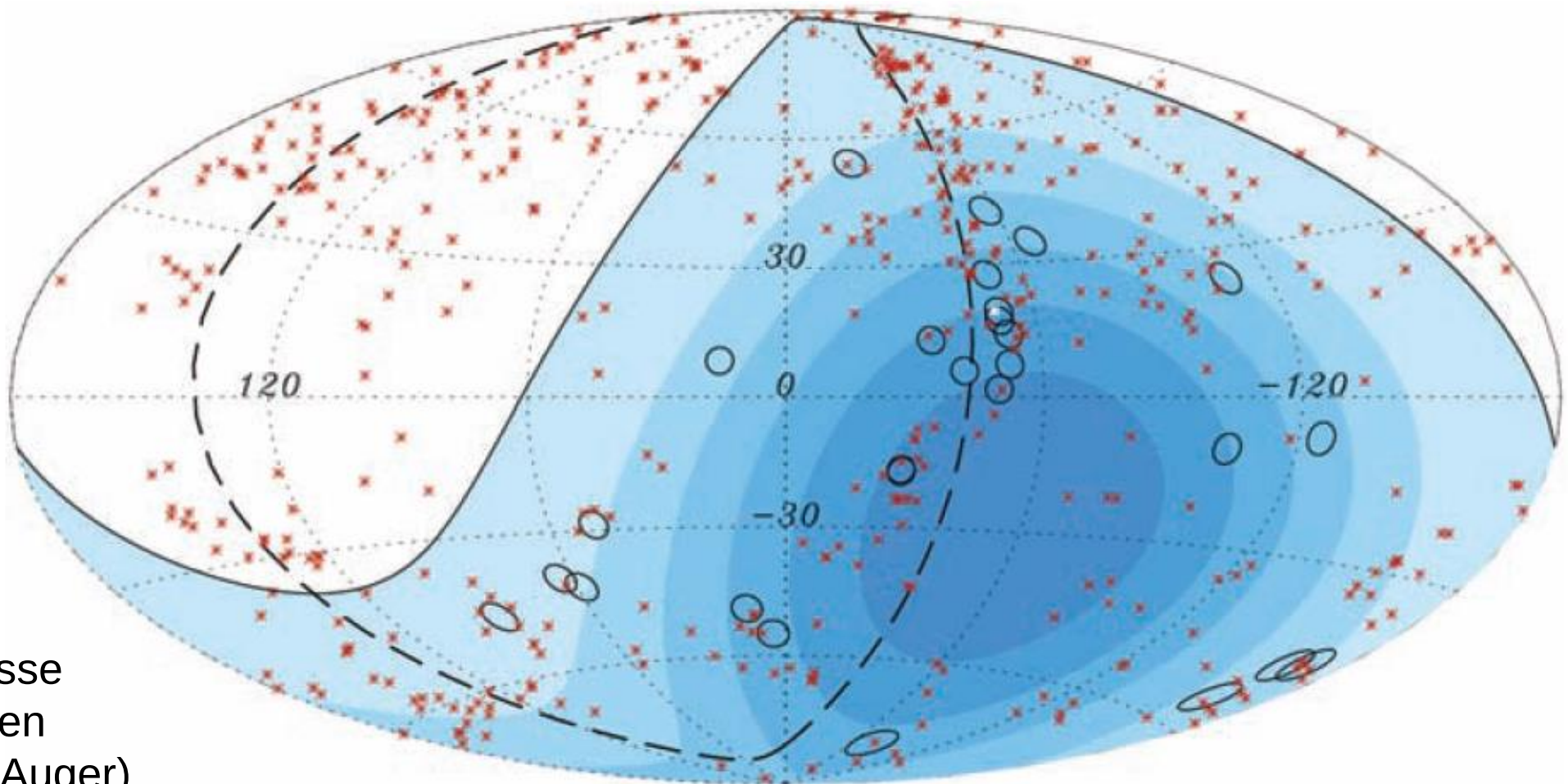


Supernovae: expandierende Hüllen

- SN-Überreste erzeugen Gamma-Quanten im **TeV Bereich** (H.E.S.S.)



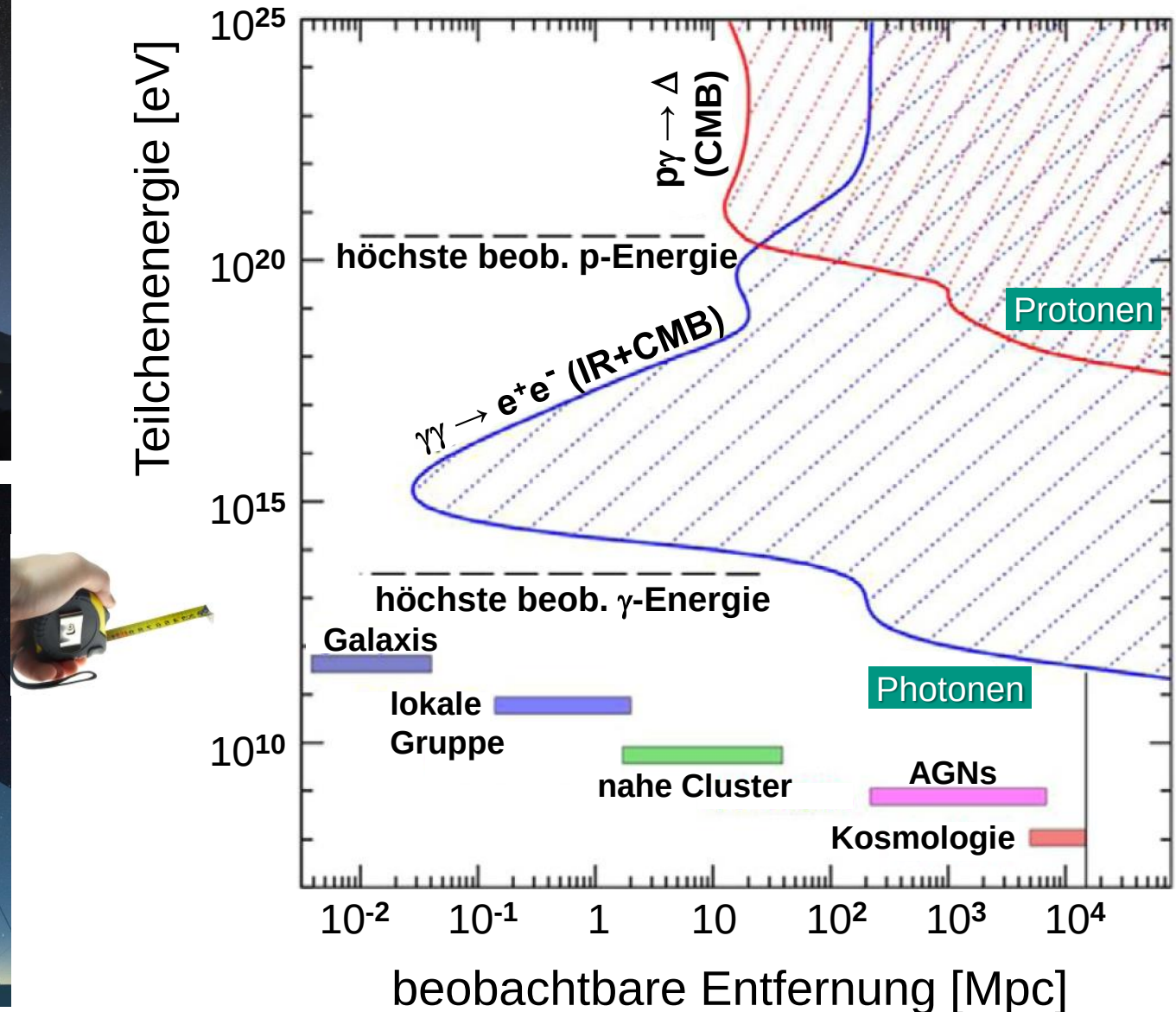
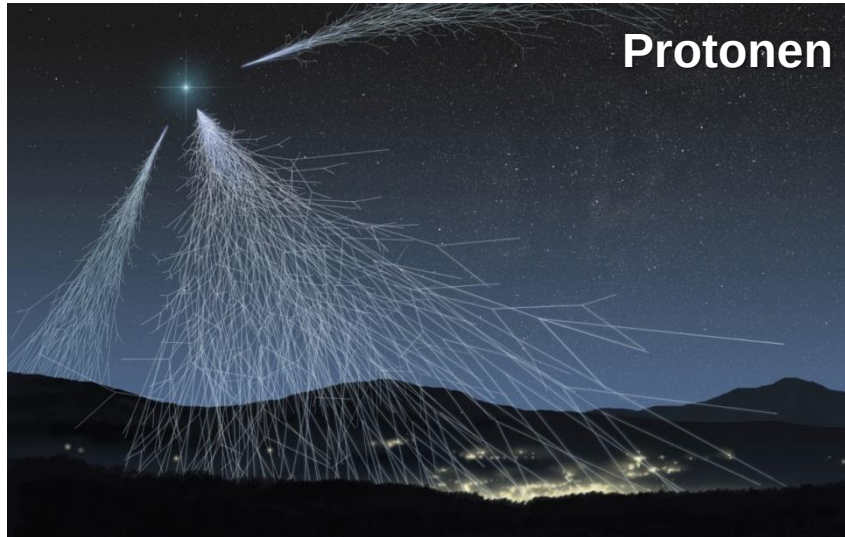
- **Kosmische Strahlung** bei den allerhöchsten Energien > 60 EeV
Anzeichen für Korrelation mit großräumigen Materiestrukturen
(**Protonen-Astronomie**)



27 Ereignisse
mit höchsten
Energien (Auger)

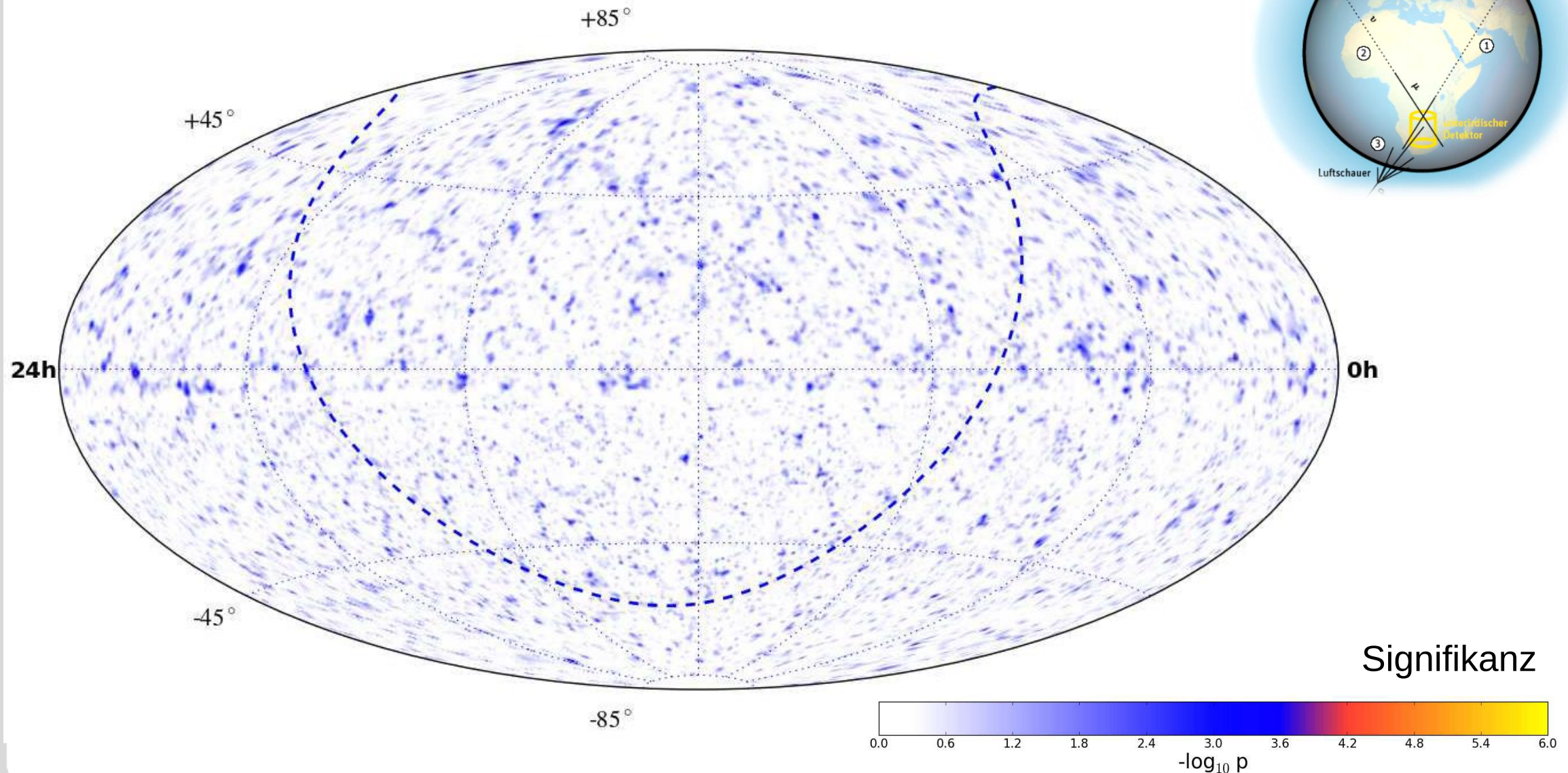
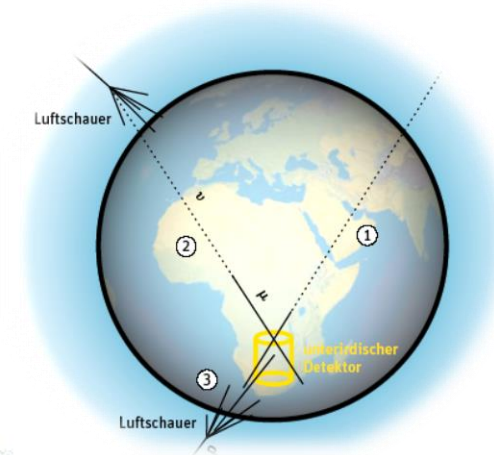
Reichweite von Gammas & Protonen

■ Wechselwirkung mit Hintergrundfeldern (CMB, IR) begrenzt Reichweite



TeV-PeV Neutrino-Astronomie

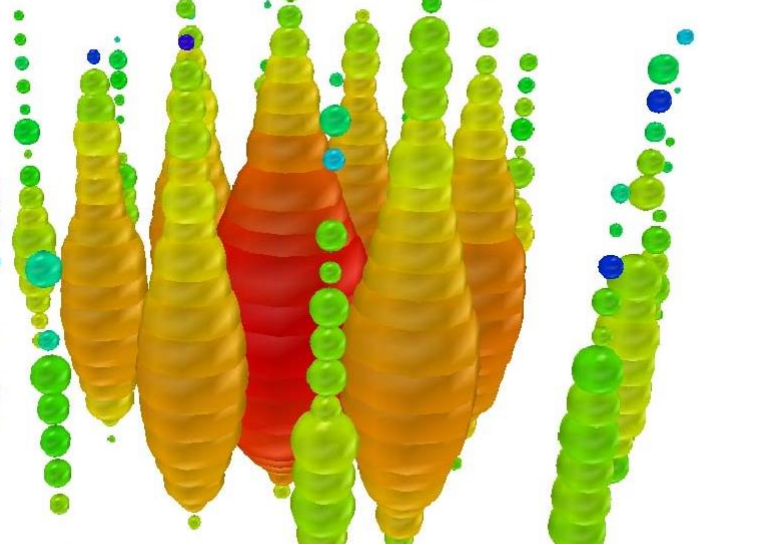
- Statistische Fluktuationen durch atmosphärische Neutrinos (aus Pion- und Myonzerfällen in $h = 15\text{-}30\text{ km}$)



KIT
Karlsruhe Institute of Technology

-

ARTICLE



Ernie

Bert

Bert



Neutrinoquellen – astrophysikalisch

astrophysikalische ν -Quellen	Energien
Urknall (thermisch, $T_\nu = 1.9$ K)	einige μeV
Sonne (Kernfusion, pp, ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{B}$)	< 15 MeV
Supernova (thermisch, Protoneutronstern)	< 50 MeV
Atmosphäre (kosmische Strahlung)	$< 10^4$ GeV
galaktische Beschleuniger (μ -Quasare)	$< 10^5$ GeV
extragalaktische Beschleuniger (AGN,...)	$> 10^5$ GeV

