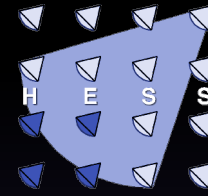




bmb+f - Förderschwerpunkt

Astroteilchenphysik

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

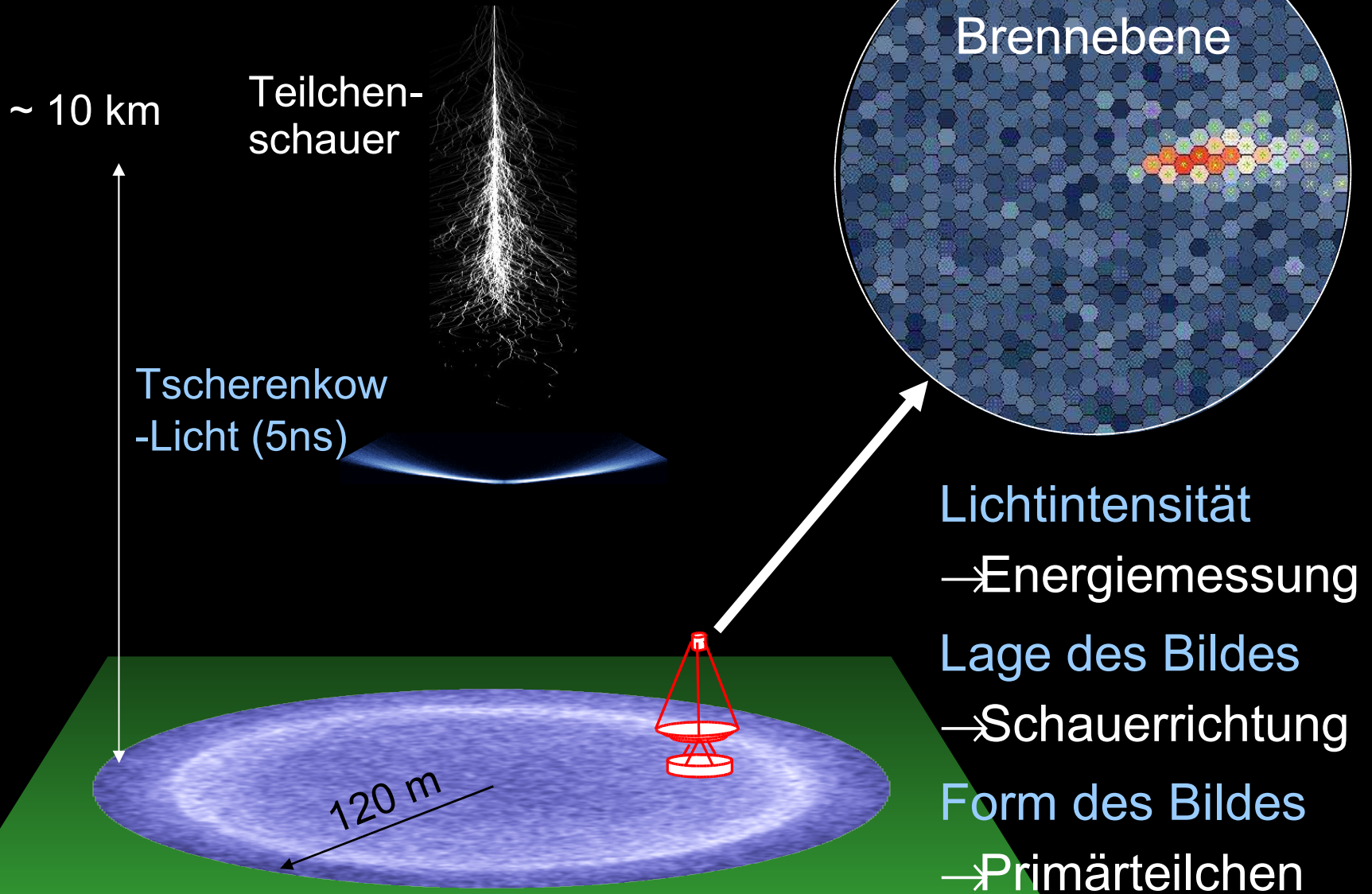


Ausgewählte Ergebnisse des H.E.S.S. Experimentes

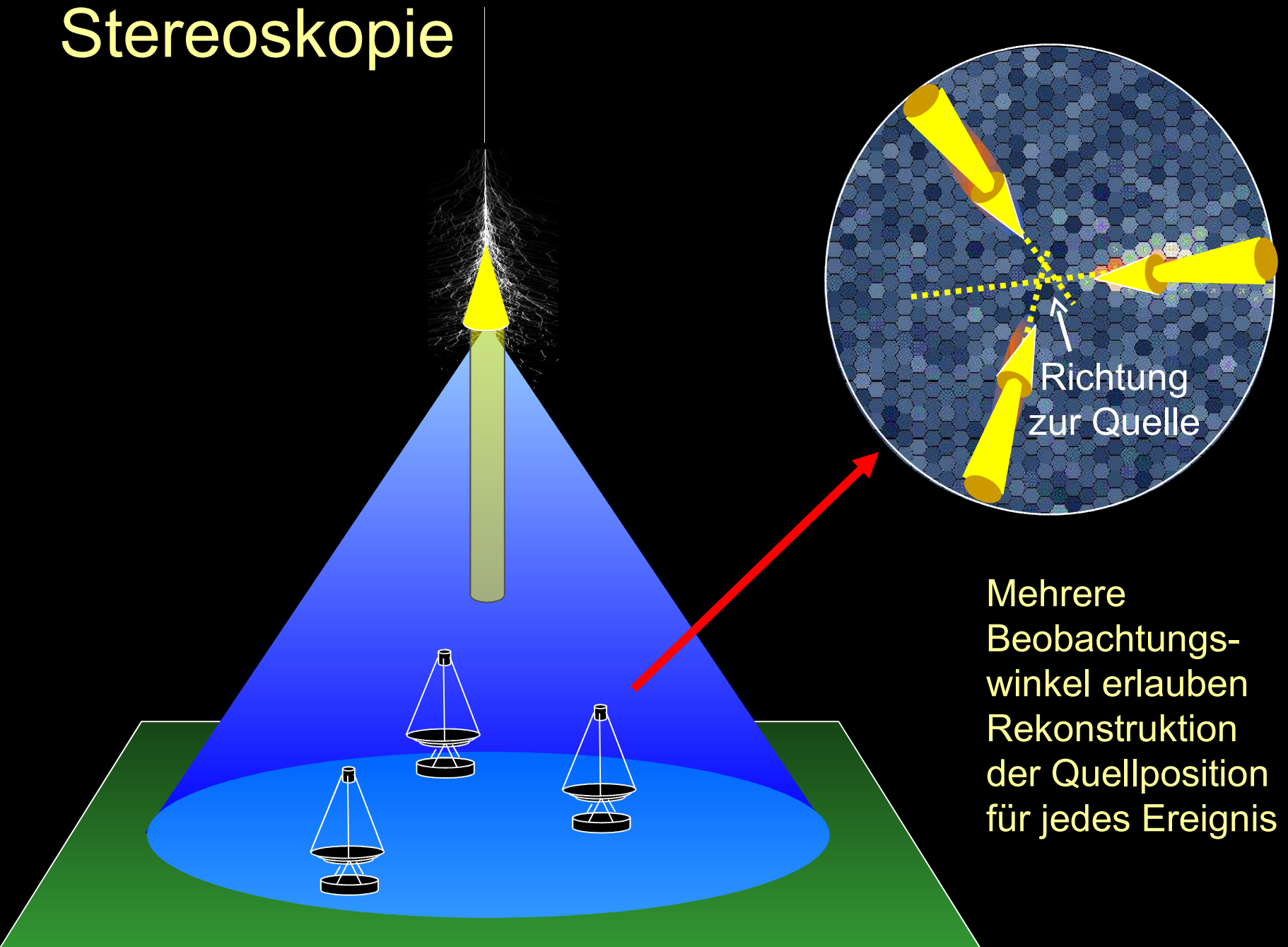
Ullrich Schwanke,
Humboldt-Universität zu Berlin,
für die H.E.S.S. Kollaboration



Schauerdetektion



Stereoskopie



Mehrere
Beobachtungs-
winkel erlauben
Rekonstruktion
der Quellposition
für jedes Ereignis

Methoden

Schauerrekonstruktion
und/oder Gamma-
Hadron-Separation:

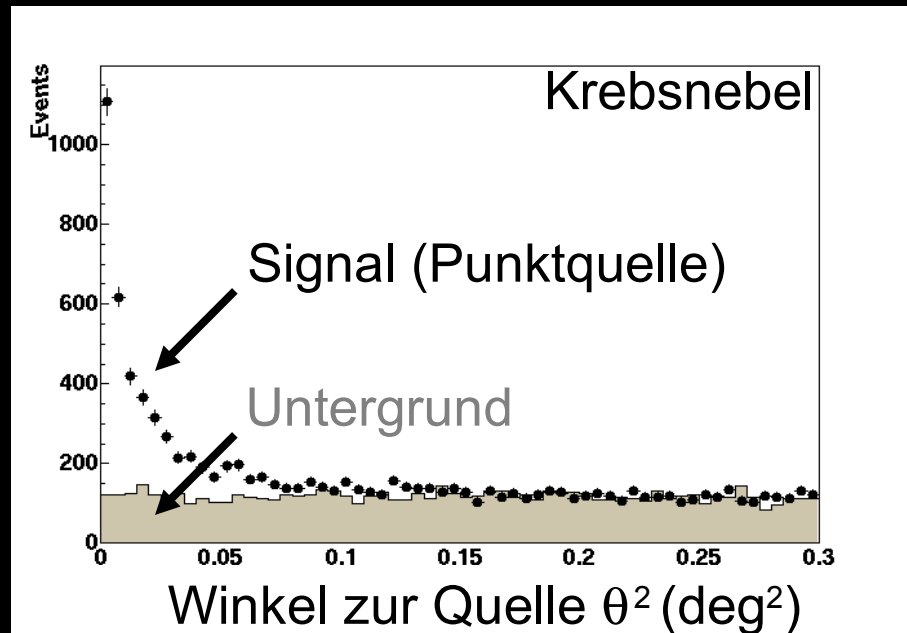
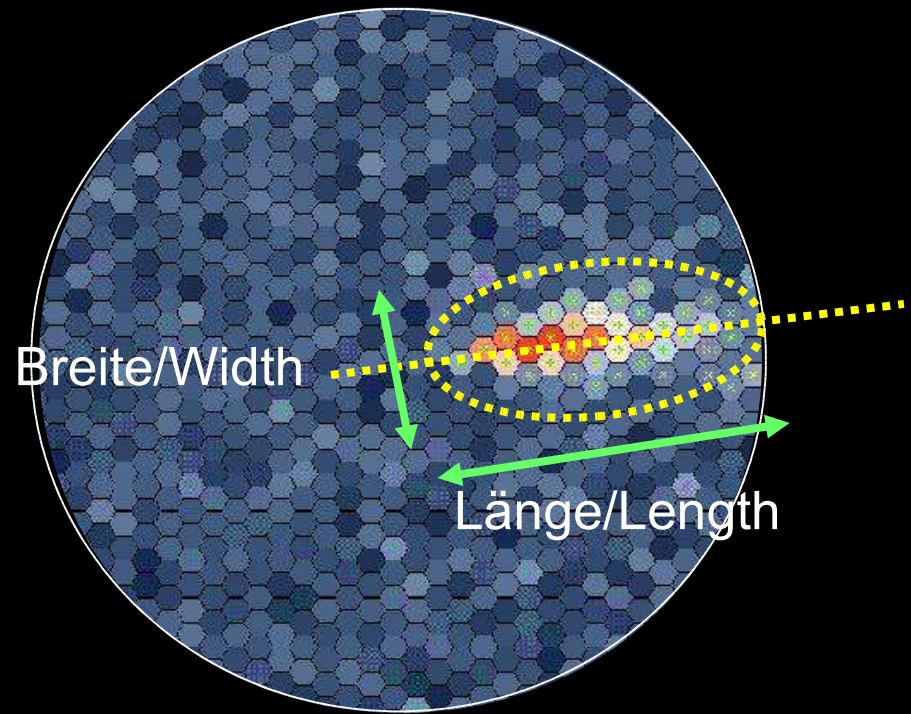
Parameterisierung
der Schauerbilder
als gerichtete
Ellipsen, oder

ML-Fit aller
Kamerabilder an ein
Schauermodell

Energieskalierte box
cuts

Neuronale
Netzwerke

...



Tscherenkow-Systeme

Veritas

Start 10/2006

MAGIC

Datennahme 8/2004

H.E.S.S. Datennahme 12/2003

CANGAROO III

Datennahme 3/2004



High Energy Stereoscopic System

MPI Kernphysik, Heidelberg
Humboldt-Univ. zu Berlin

Ruhr-Univ. Bochum

Univ. Hamburg

LSW Heidelberg

Univ. Tübingen

Ecole Polytechnique, Palaiseau

APC Paris

Univ. Paris VI-VII

Paris Observatory, Meudon

LAPP Annecy

LAOG Grenoble

LPTA Montpellier

CEA Saclay

CESR Toulouse

Durham Univ.

Dublin Inst. for Adv. Studies

Charles Univ., Prague

Yerewan Physics Inst.

North-West Univ., Potchefstroom

Univ. of Namibia, Windhoek



Juni 2002

September 2003

Februar 2003

Dezember 2003

High Energy Stereoscopic System

4 Teleskope seit
12/2003

Gesichtsfeld: 5°

Sensitive Fläche:
 50.000 m^2

Energieschwelle:
100 GeV

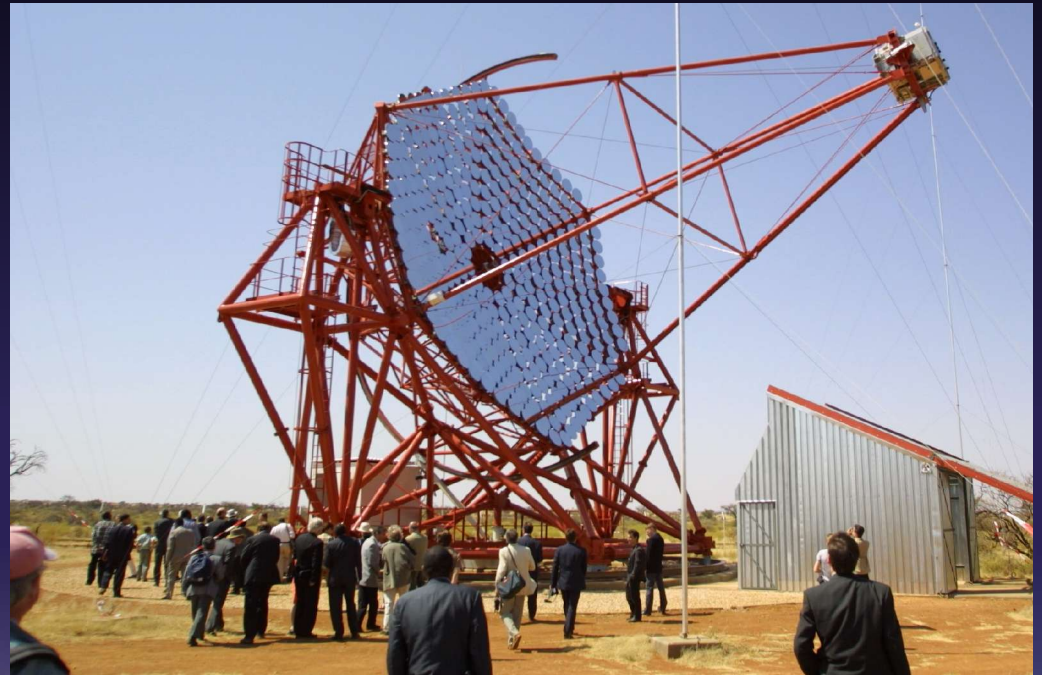
Richtungsauflösung:
 $\sim 0.1^\circ$ (stereoskopisch)

$\Delta E/E < 20\%$

Stark verbesserte
Sensitivität (5σ):

5 % Crab in 1 h

1% Crab in 25 h



H.E.S.S. Resultate – Eine Auswahl

Durchmusterung der Inneren Galaxie nach TeV γ -
Quellen

Unidentifizierte Quellen („Dunkle Beschleuniger“)

Supernova-Reste als mögliche Quellen der
Kosmischen Strahlung

Binärsysteme als TeV γ -Quellen

Das Zentrum der Galaxie als Emmitter von γ -
Strahlung

Aktive Galaxienkerne: Wieviel Licht gibt es im
Universum?



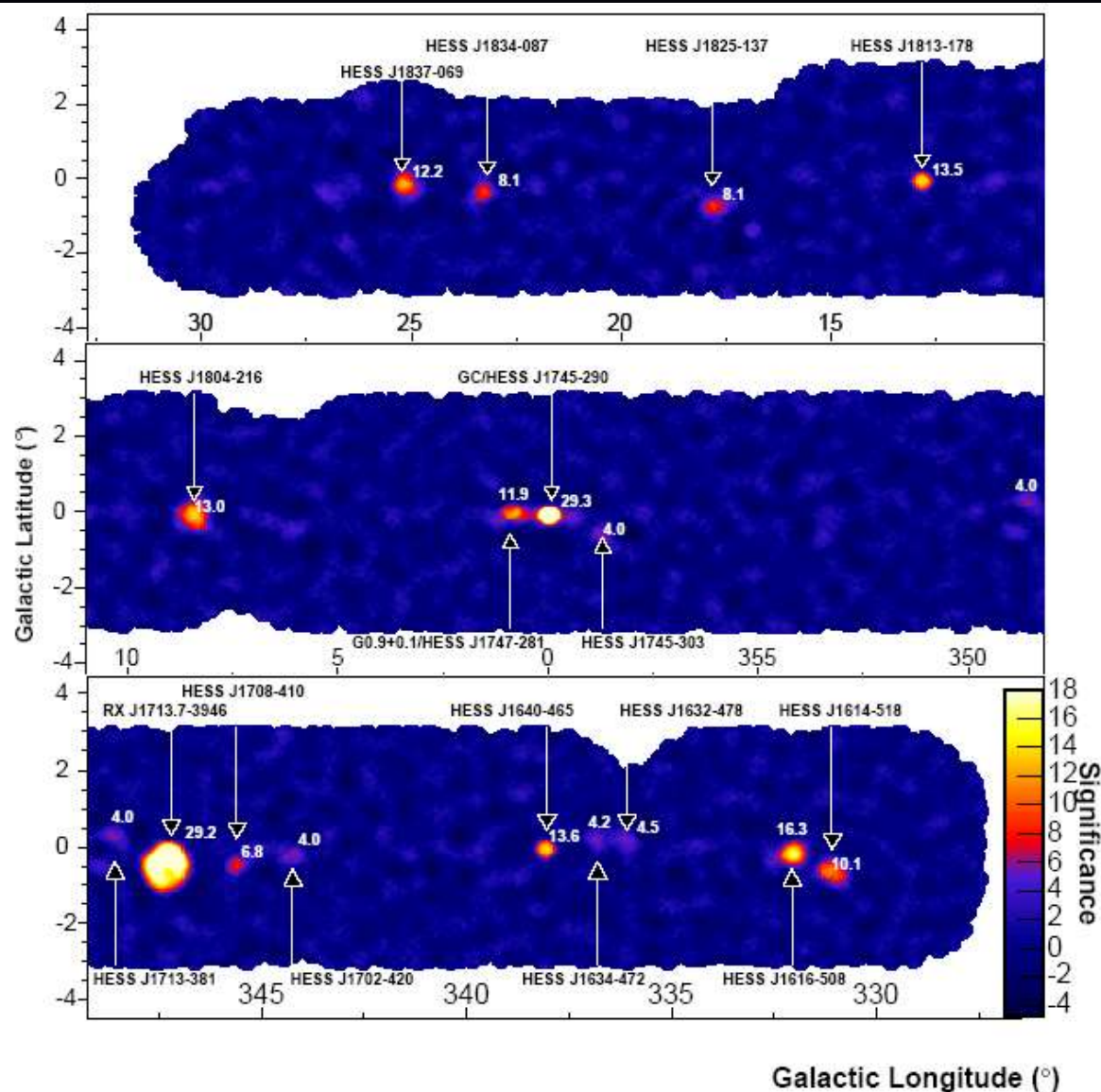
Durchmusterung der galakt. Ebene

Erste sensitive Durchmusterung (~2% Crab) der inneren Galaxie

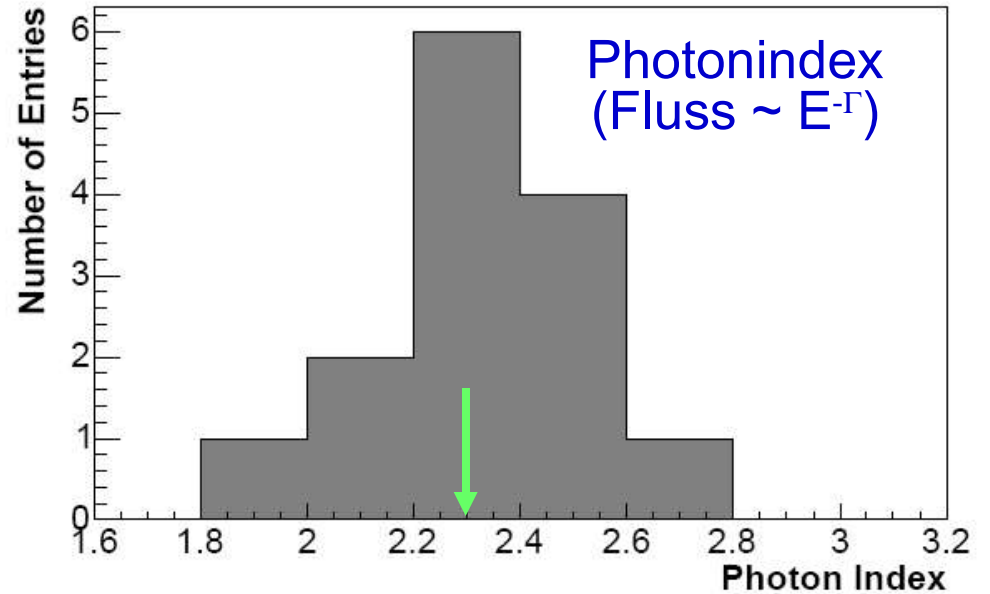
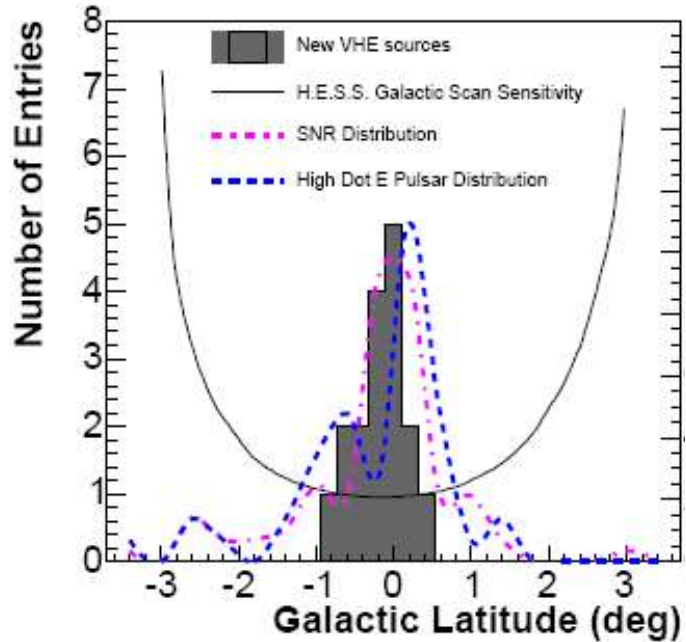
$\pm 30^\circ$ ($\pm 3^\circ$) in galakt. Länge (Breite)

15 neue TeV Gamma-Quellen
+ 3 bekannte

Mehrheit der Quellen ausgedehnt (aufgelöst falls $> 2..3'$)



Eigenschaften



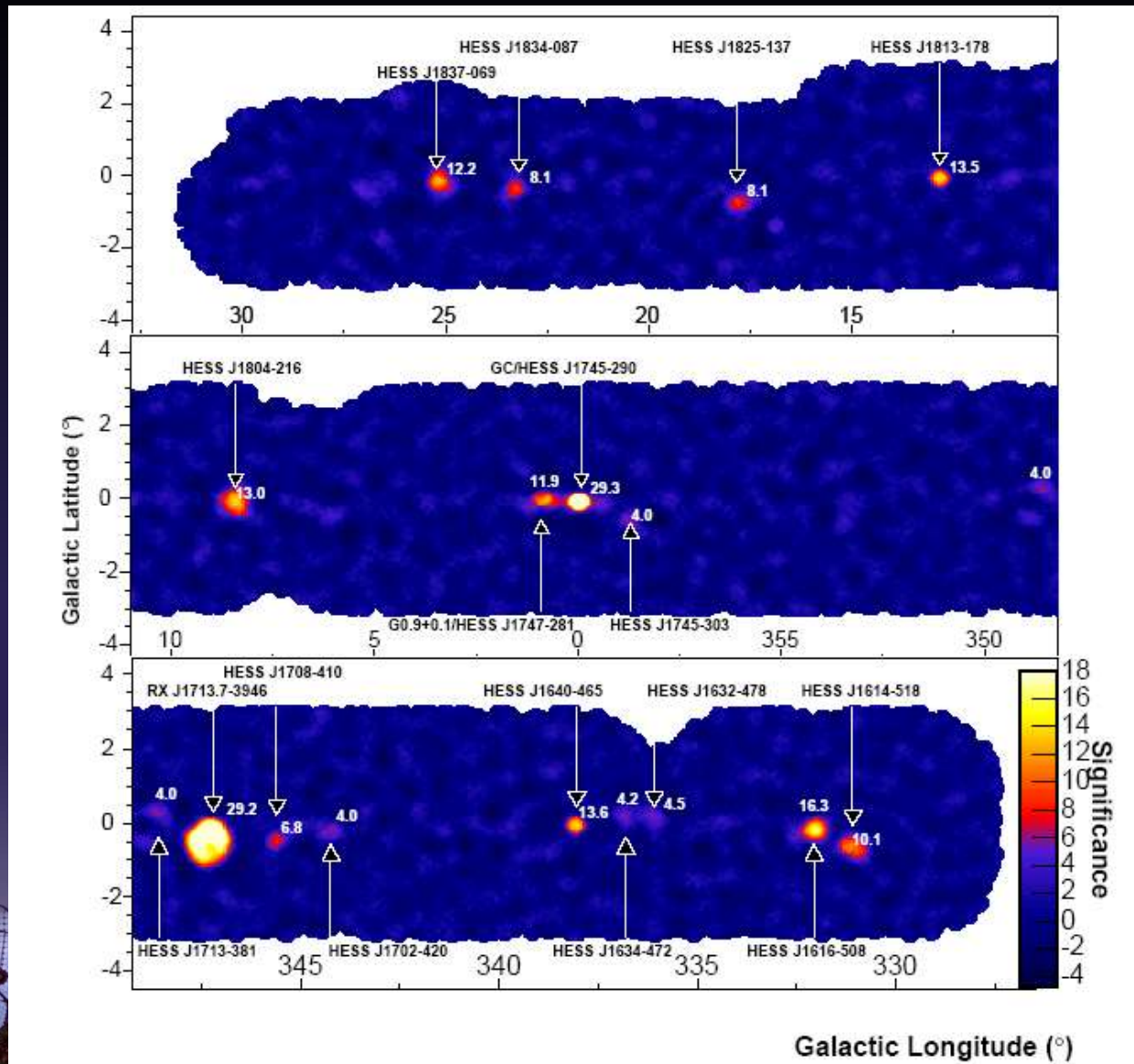
Skalenhöhe $\approx 0.3^\circ \approx \text{Gas}$

Relative harte Spektren



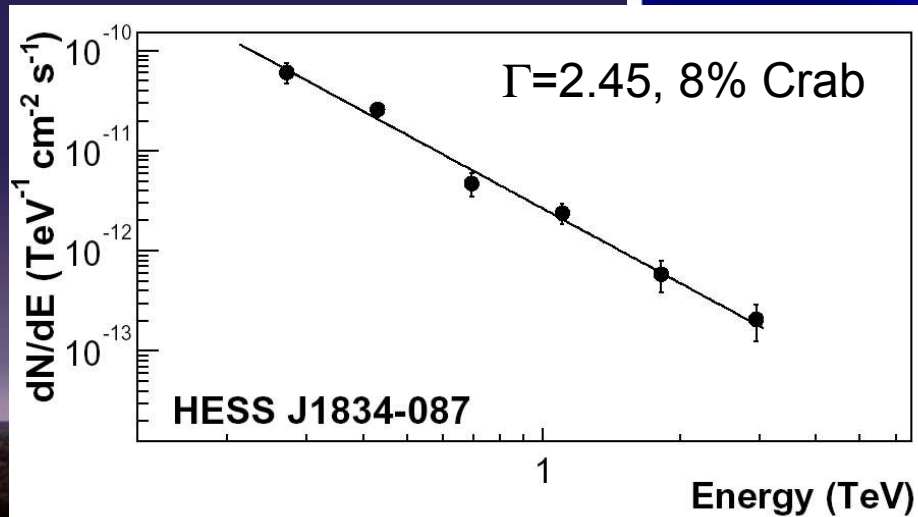
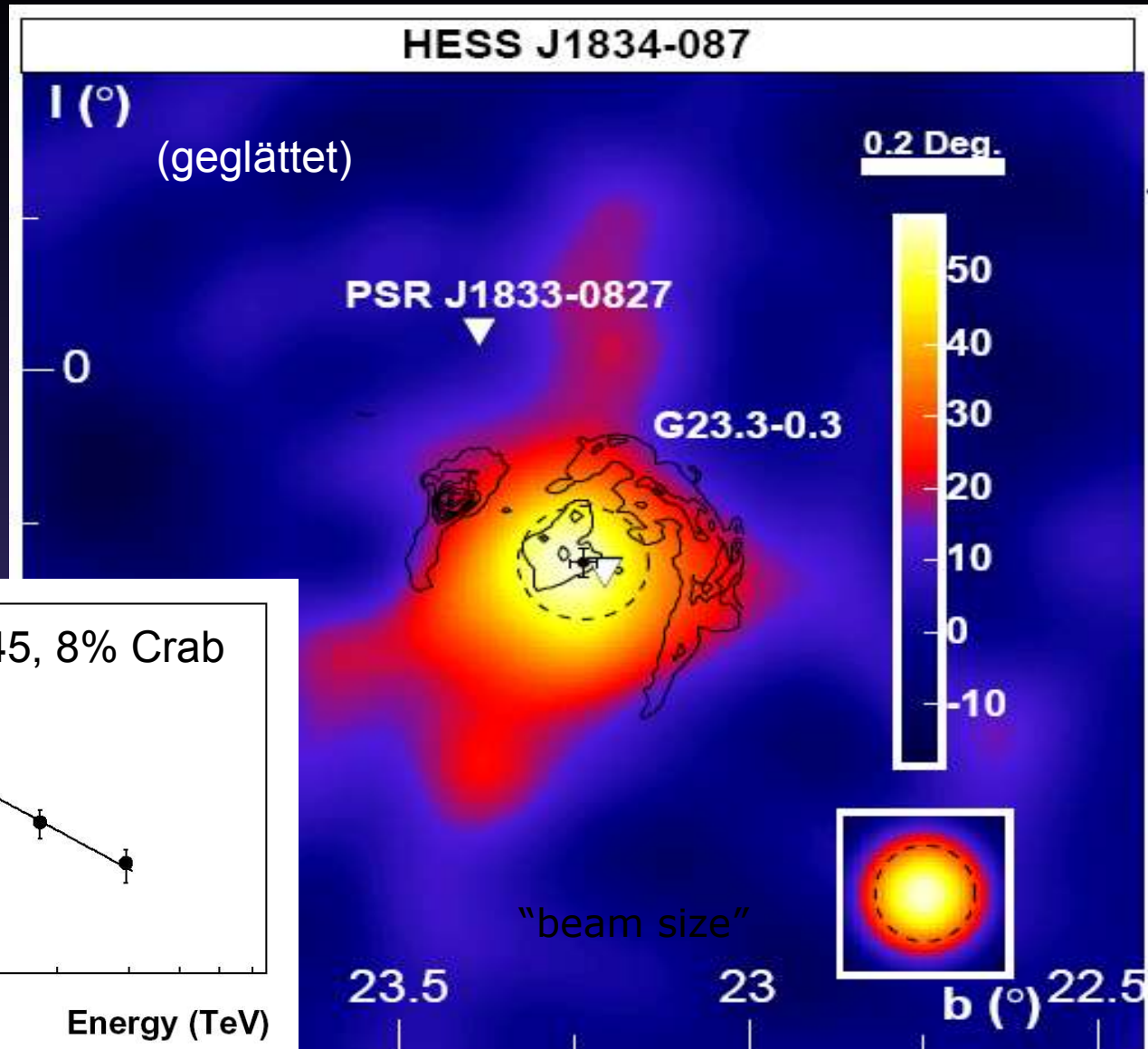
Klassifizierung

5 Quellen fallen mit Supernova-Resten (SNR) zusammen



Klassifizierung

5 Quellen fallen mit Supernova-Resten (SNR) zusammen



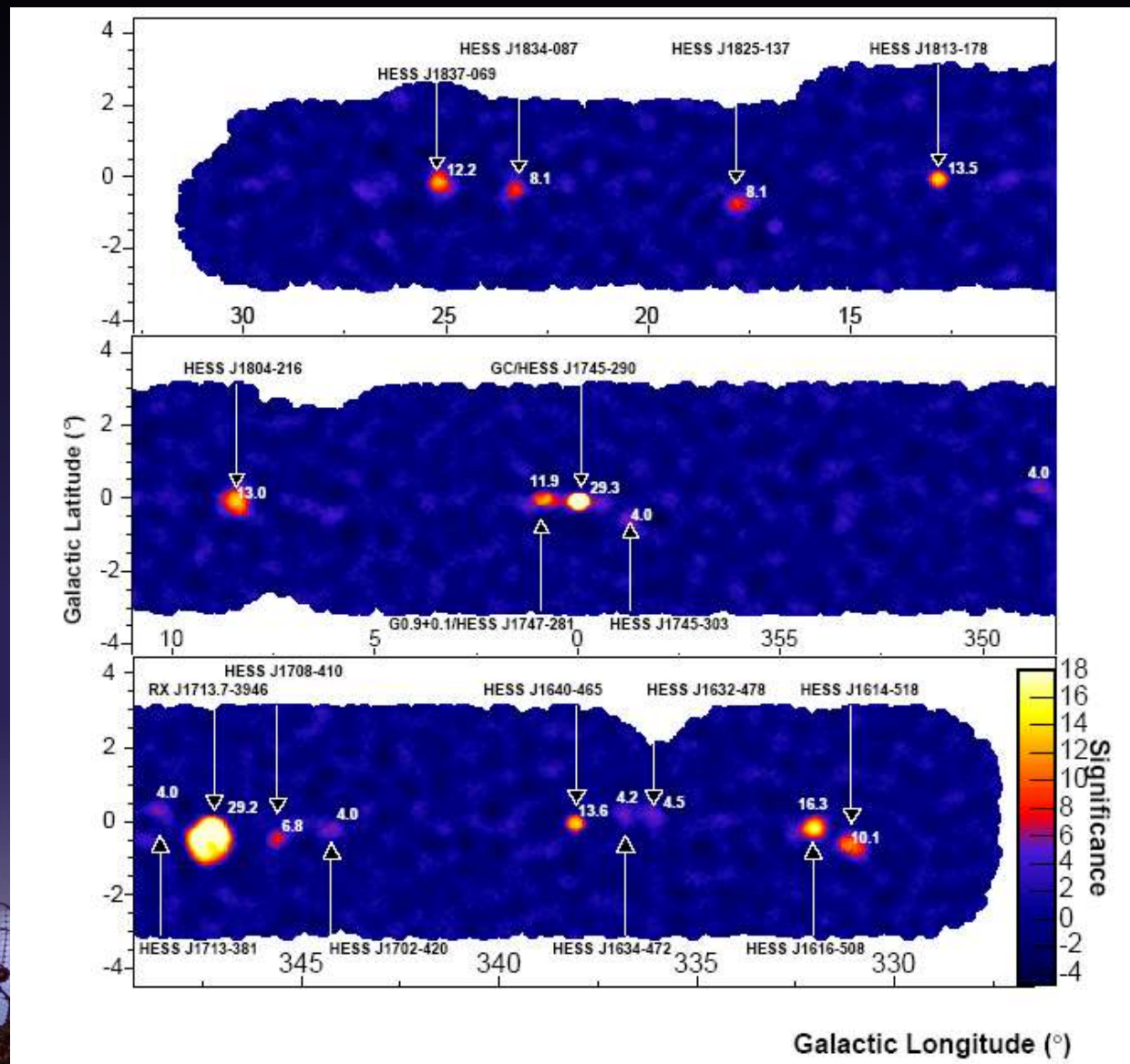
Klassifizierung

5 Quellen fallen mit Supernova-Resten (SNR) zusammen

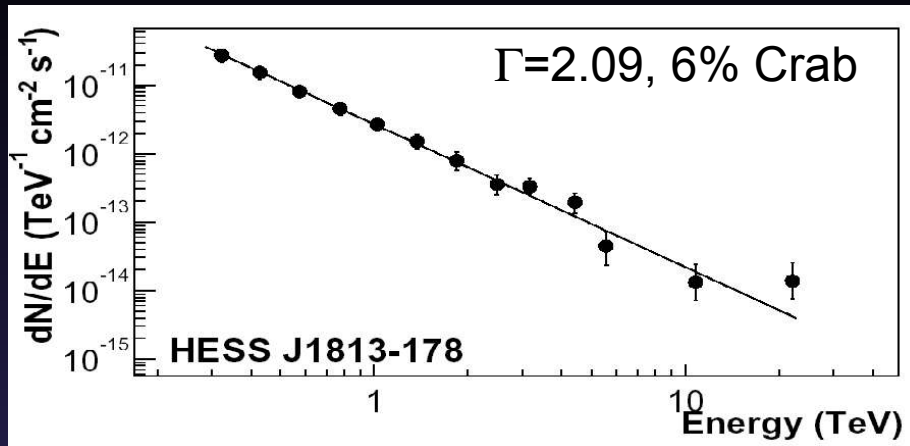
3 könnten (vom Pulsar entfernte) Pulsarwind-Nebel (PWN) sein

Einige fallen mit unid. EGRET oder ASCA-Quellen zusammen

3 Quellen ohne Gegenstück in anderen Wellenlängen

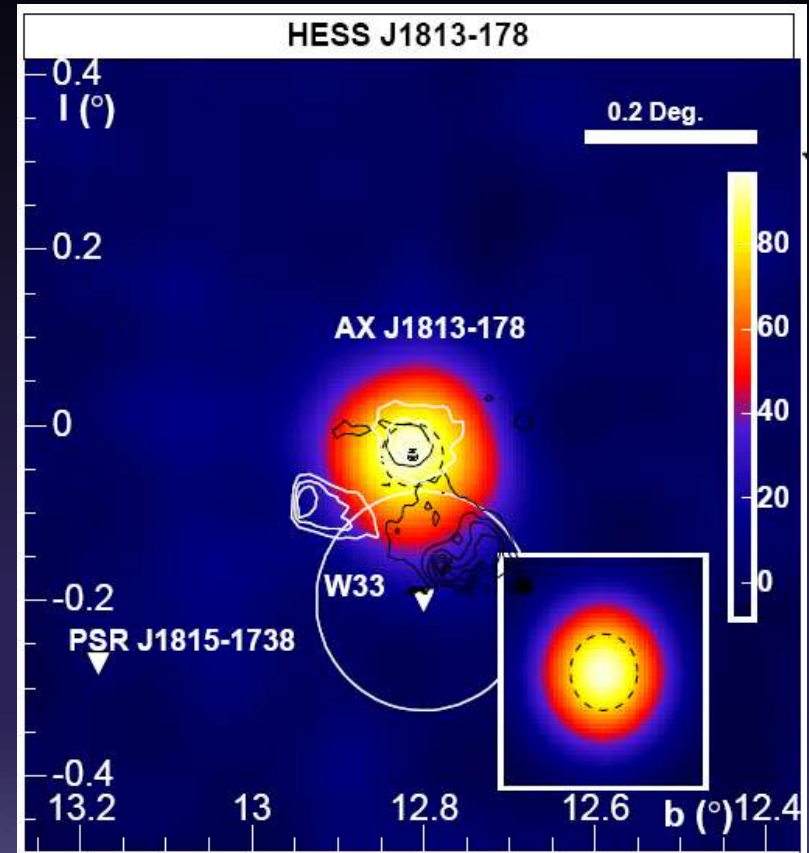


Jetzt identifiziert: HESS J1813-178



Anfangs nicht identifiziert, jetzt
Assoziationen mit Röntgen
(ASCA u. Integral) und Radio
(VLA)

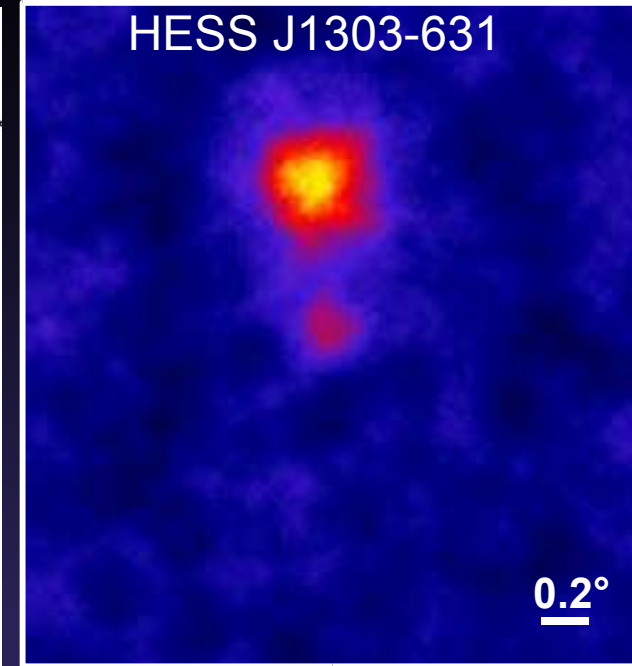
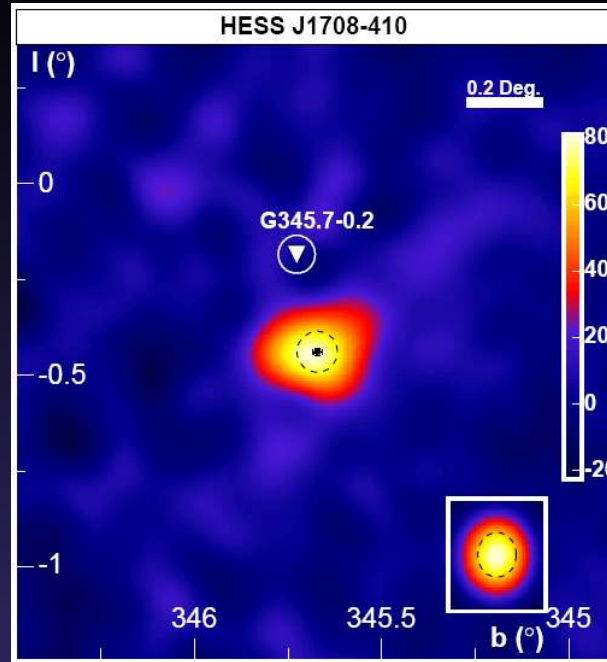
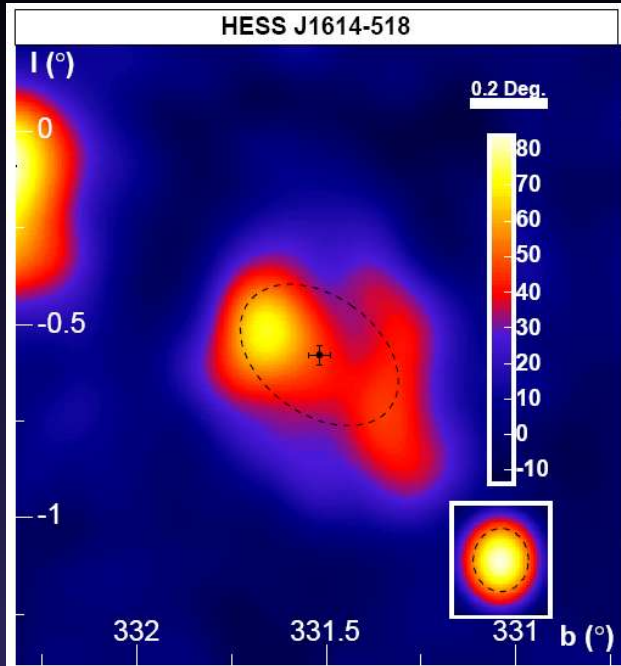
Wohl ein Supernovarest



Konturen (weiß): ASCA 0.7-10 keV
Konturen (schwarz): VLA 20 cm



Nicht identifizierte Quellen



Dunkle Hadron-Beschleuniger ?

Wechselwirkung Kosmischer Strahlung mit Molekülwolken?

Klumpen Dunkler Materie ?

Sterne (Wolf-Rayet, OB) ?

→ 5 Quellen dieser Art (4x HESS, 1x HEGRA)



Quellen der Kosmischen Strahlung

SNR als Beschleuniger
der Kosmischen
Strahlung

Diffuse Schockwellen-
Beschleunigung sagt
Potenzgesetz $E^{-2.0..2.2}$
vorher

Effizienz $O(10\%)$

Abbildung der SNRs
durch sekundär erzeugte
Gamma-Strahlung



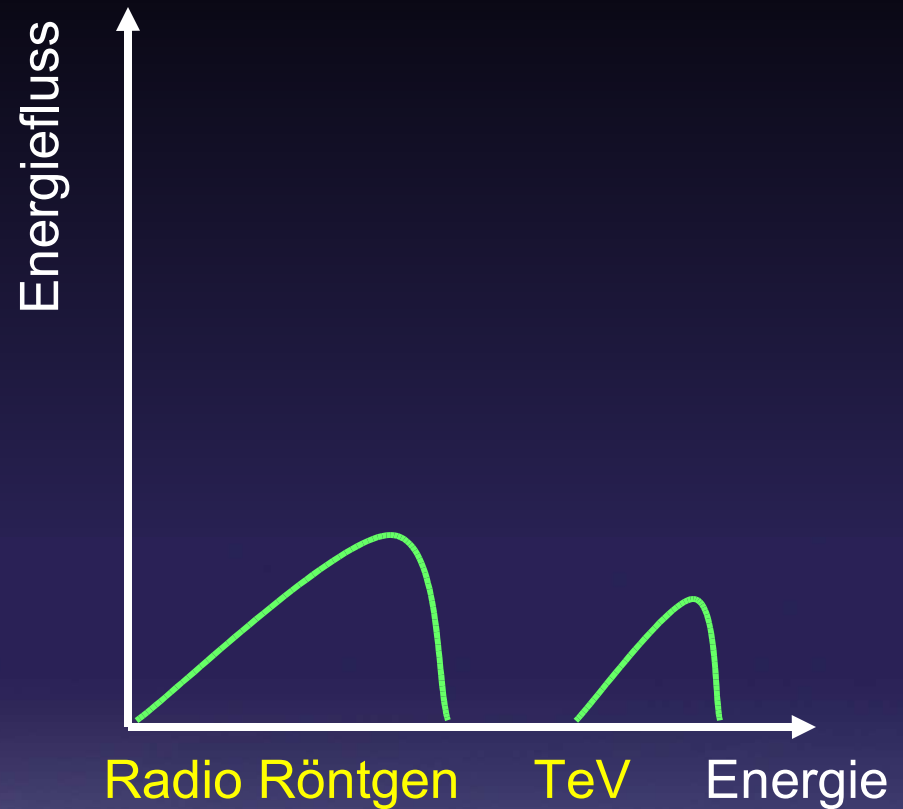
Quellen der Kosmischen Strahlung

SNR als Beschleuniger
der Kosmischen
Strahlung

Diffuse Schockwellen-
Beschleunigung sagt
Potenzgesetz $E^{-2.0..2.2}$
vorher

Effizienz $O(10\%)$

Abbildung der SNRs
durch sekundär erzeugte
Gamma-Strahlung



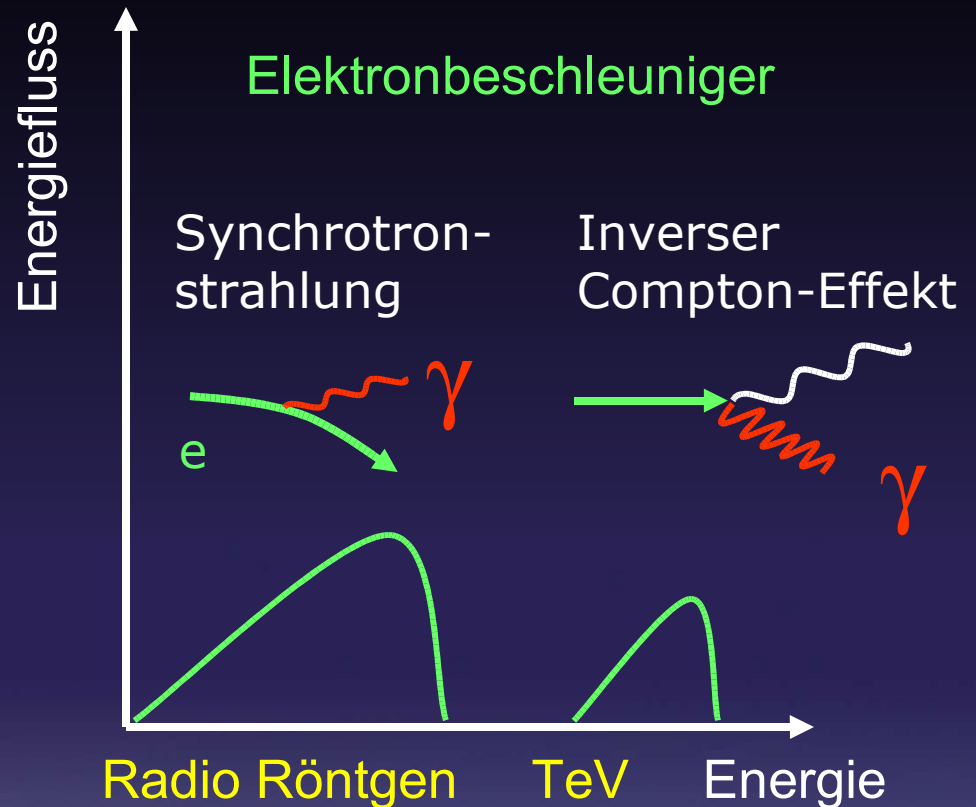
Quellen der Kosmischen Strahlung

SNR als Beschleuniger
der Kosmischen
Strahlung

Diffuse Schockwellen-
Beschleunigung sagt
Potenzgesetz $E^{-2.0..2.2}$
vorher

Effizienz $O(10\%)$

Abbildung der SNRs
durch sekundär erzeugte
Gamma-Strahlung



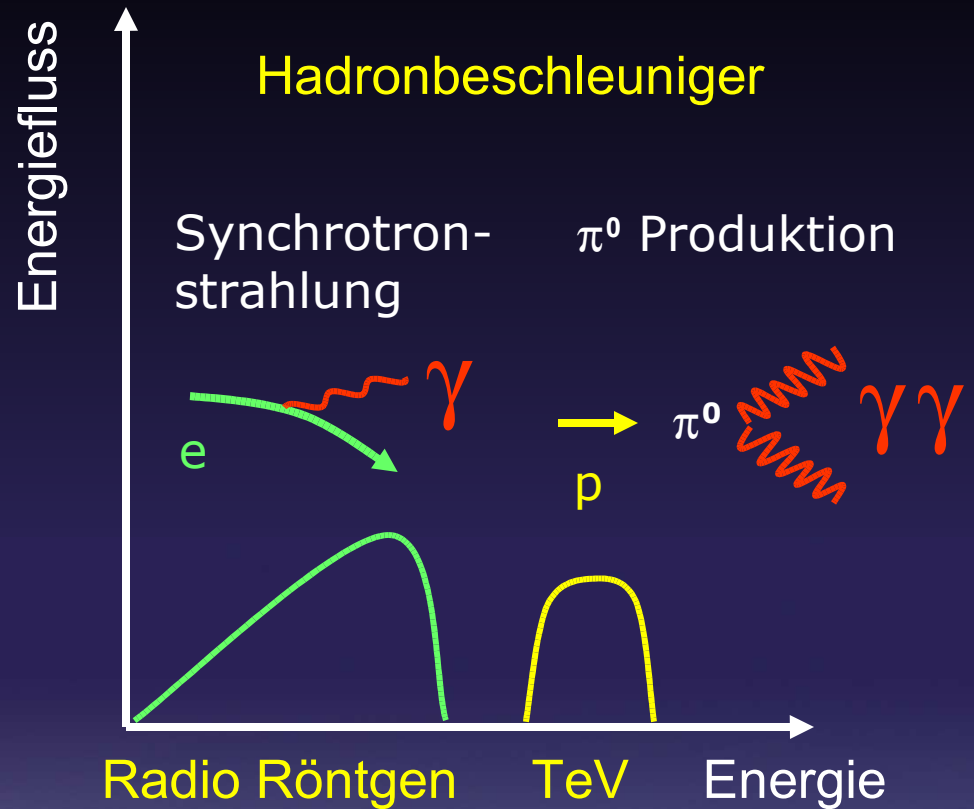
Quellen der Kosmischen Strahlung

SNR als Beschleuniger
der Kosmischen
Strahlung

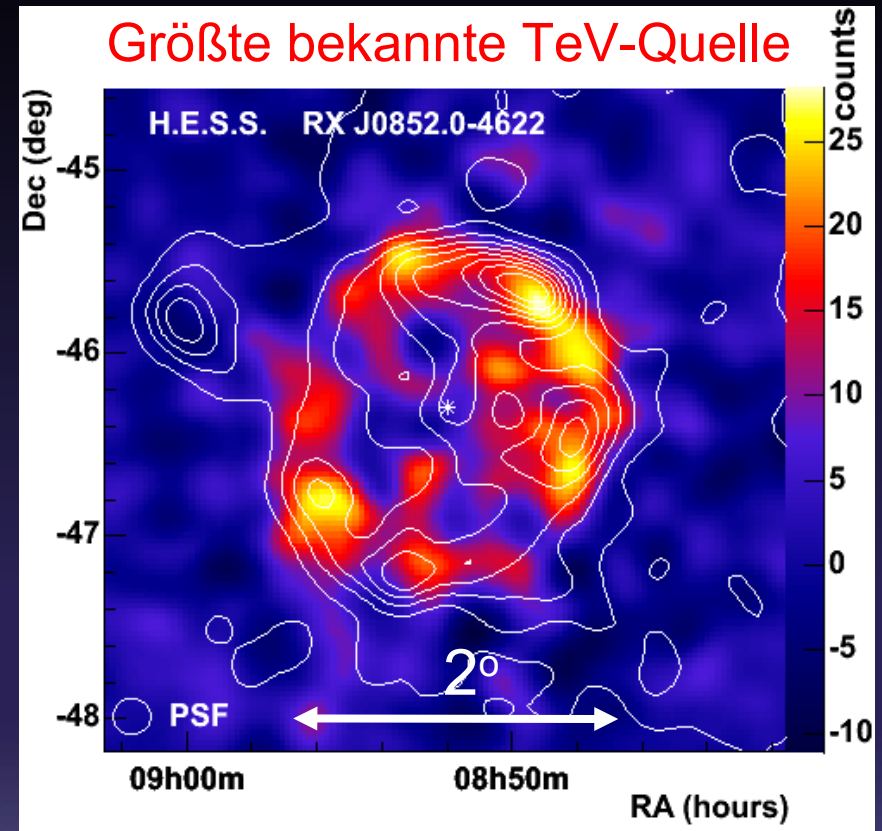
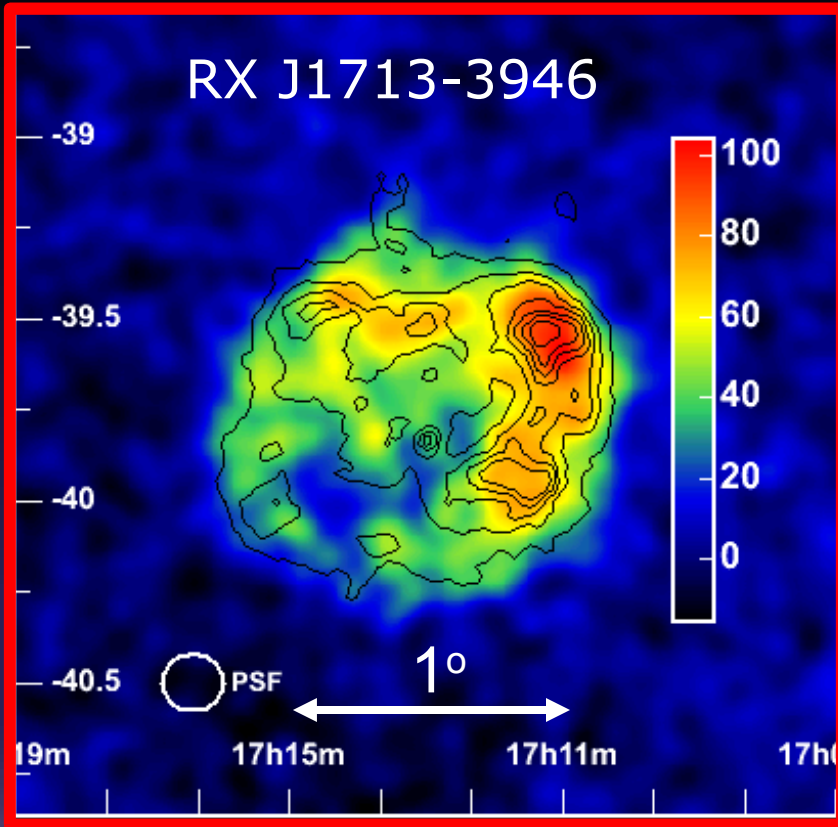
Diffuse Schockwellen-
Beschleunigung sagt
Potenzgesetz $E^{-2.0..2.2}$
vorher

Effizienz $O(10\%)$

Abbildung der SNRs
durch sekundär erzeugte
Gamma-Strahlung



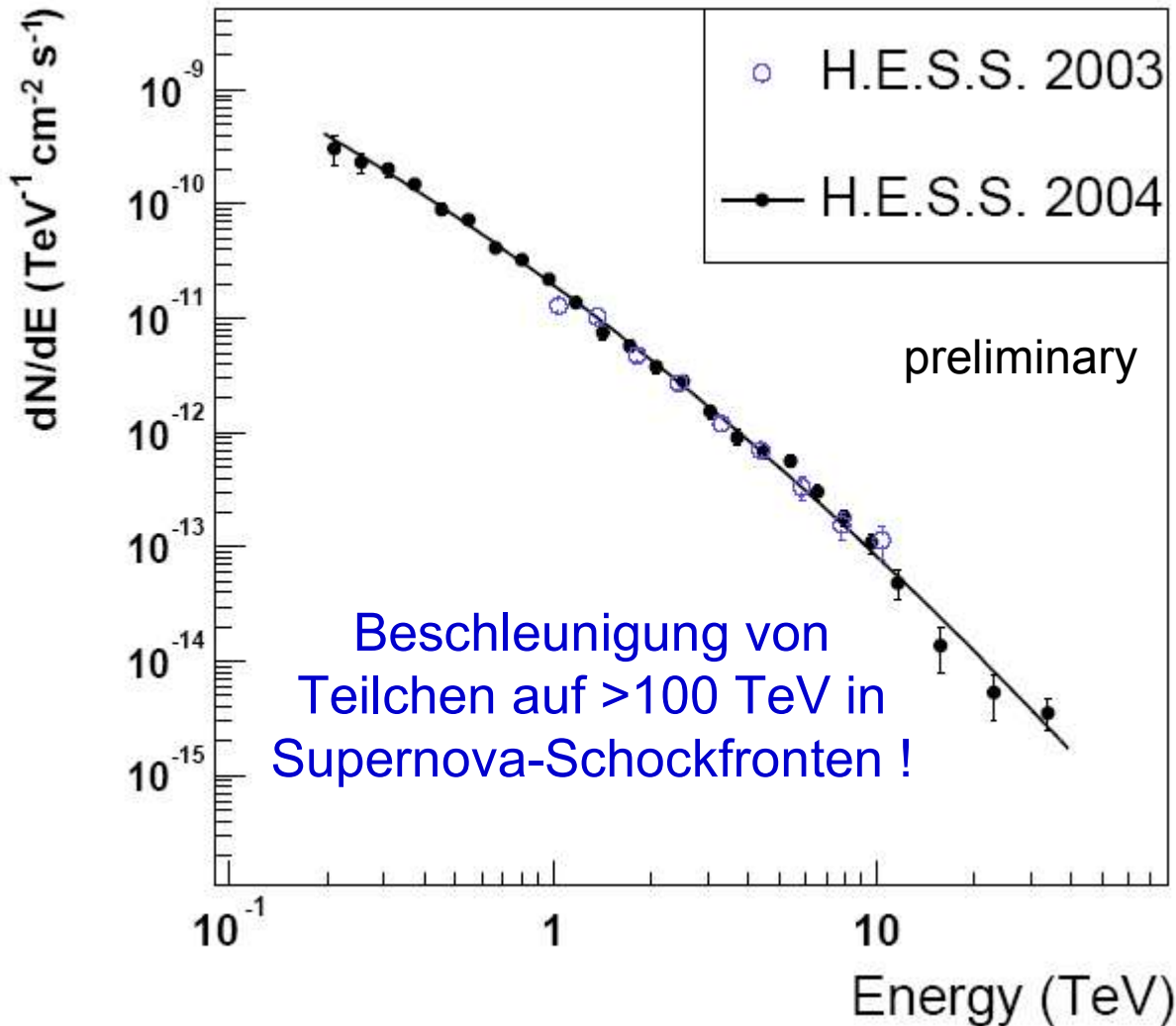
Aufgelöste SNR



Konturen: Röntgen-Daten (ASCA bzw. ROSAT)



RX J1713: Energiespektrum



Index $\sim 2.1-2.3$

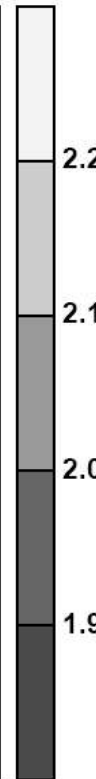
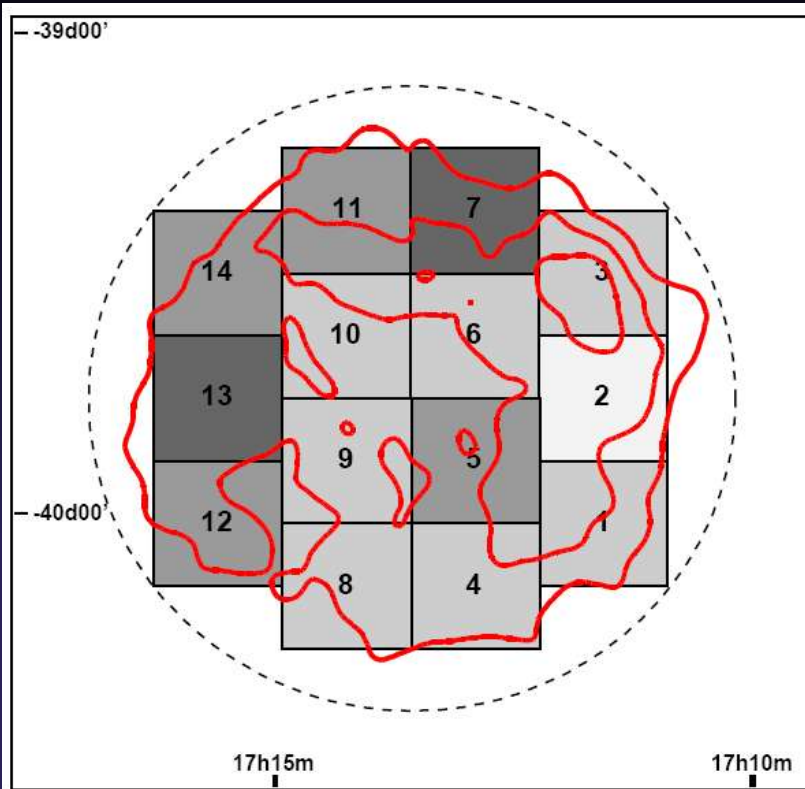
Gekrümmtes
Spektrum



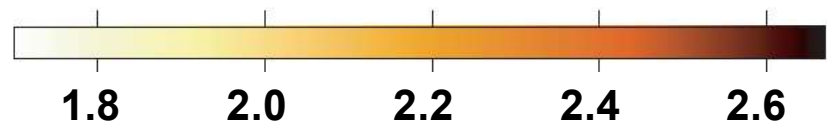
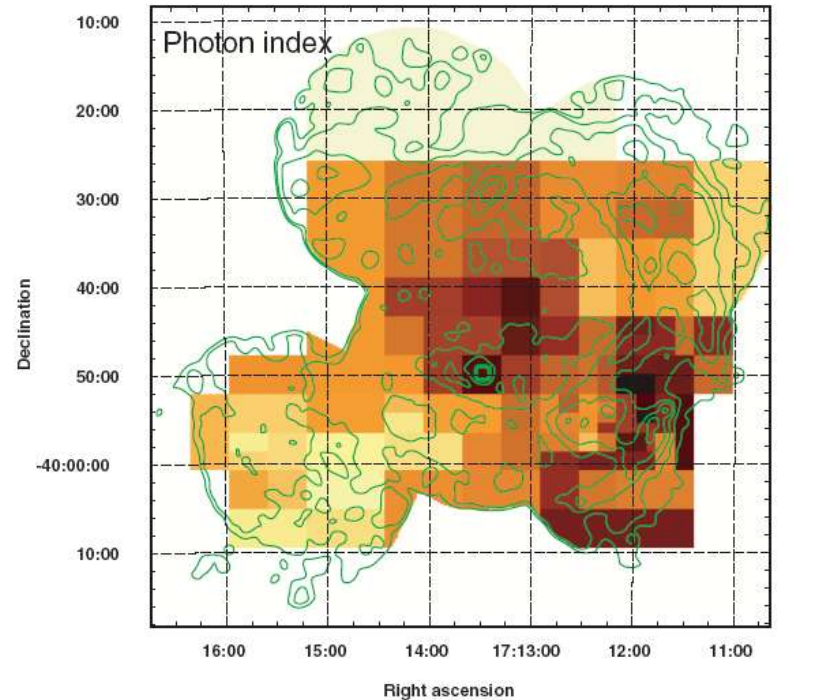
Ortsaufgelöste Energiespektren

TeV-Photonindex

Röntgen-Photonindex



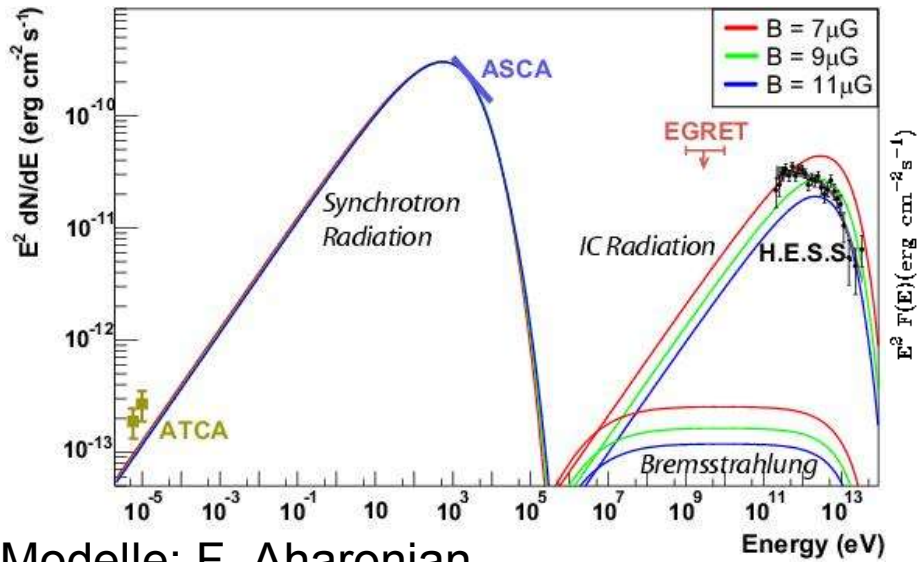
H.E.S.S.
preliminary



G. Cassam-Chenaï A&A 427, 199 (2004)

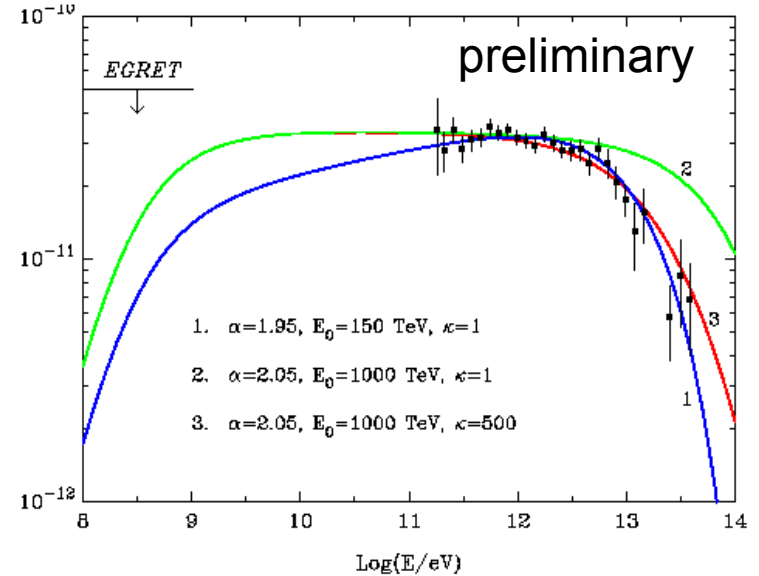
$\Gamma_{\text{TeV}} = \text{const.}$ schwer zu verstehen in Elektron-Szenario

Elektron- und Hadron szenario



Modelle: F. Aharonian

Elektron-Modell, $B \sim 10 \mu\text{G}$



Hadron-Modell

→ Beschreibung durch Hadronen bevorzugt



Binärsysteme (1/2): PSR B1259

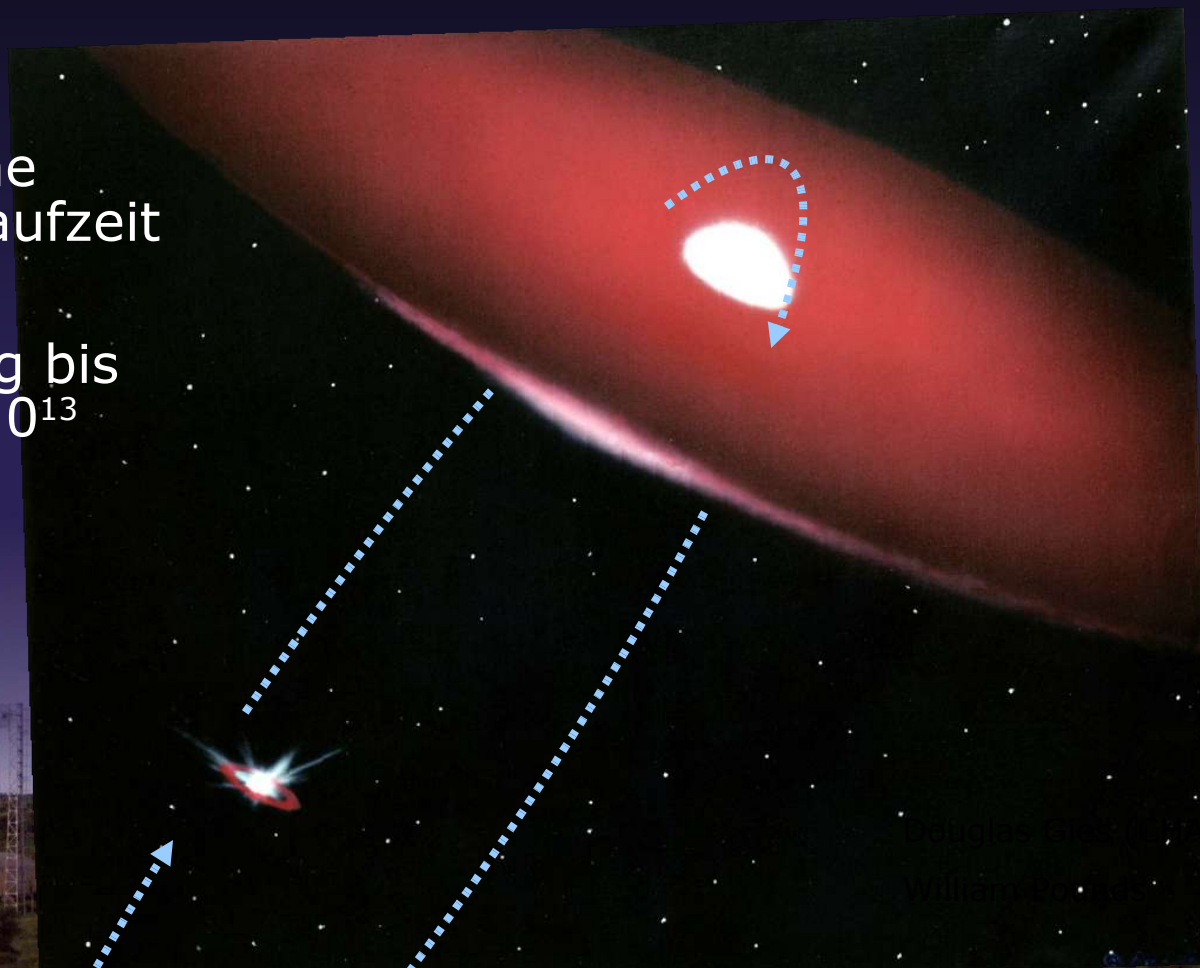
Mar 04

März 2004

Pulsar + $\sim 10 M_{\odot}$
Be Stern

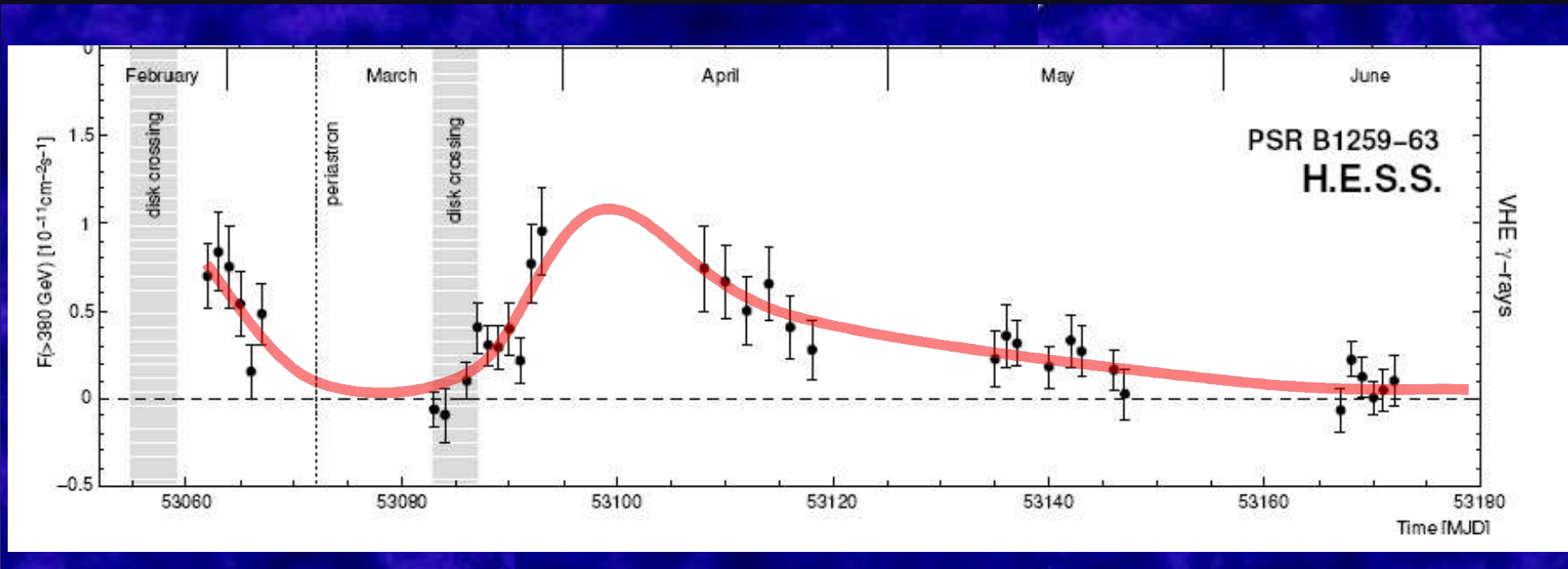
Stark
exzentrische
Bahn, Umlaufzeit
3.4 Jahre

Annäherung bis
auf $10 R_{*}$ (10^{13}
cm)



Binärsysteme (1/2): PSR B1259

Mechanismus: IC am Sternenwind?



→ Erste variable galaktische Quelle im TeV Bereich



Binärsysteme (2/2): LS 5039

HESS J1837-069

HESS J1813-178

HESS J1804-216

HESS J1825-137

HESS J1834-087

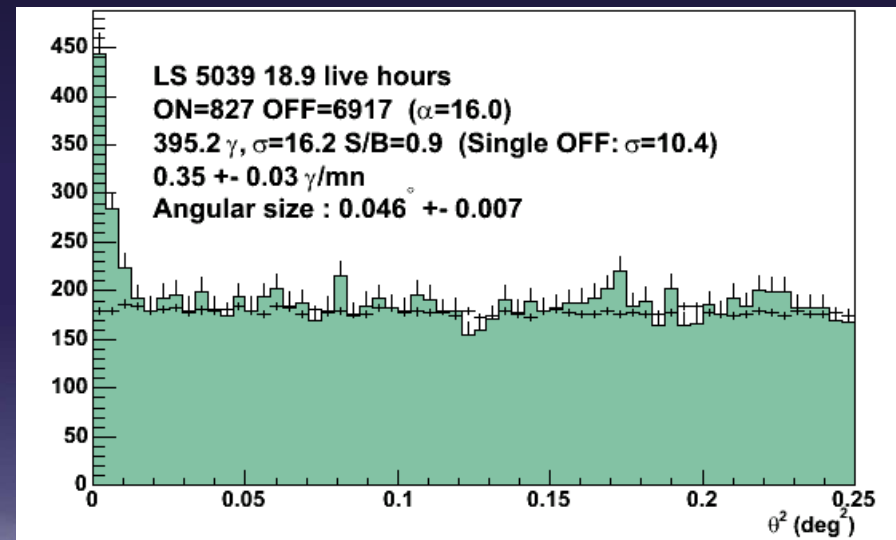
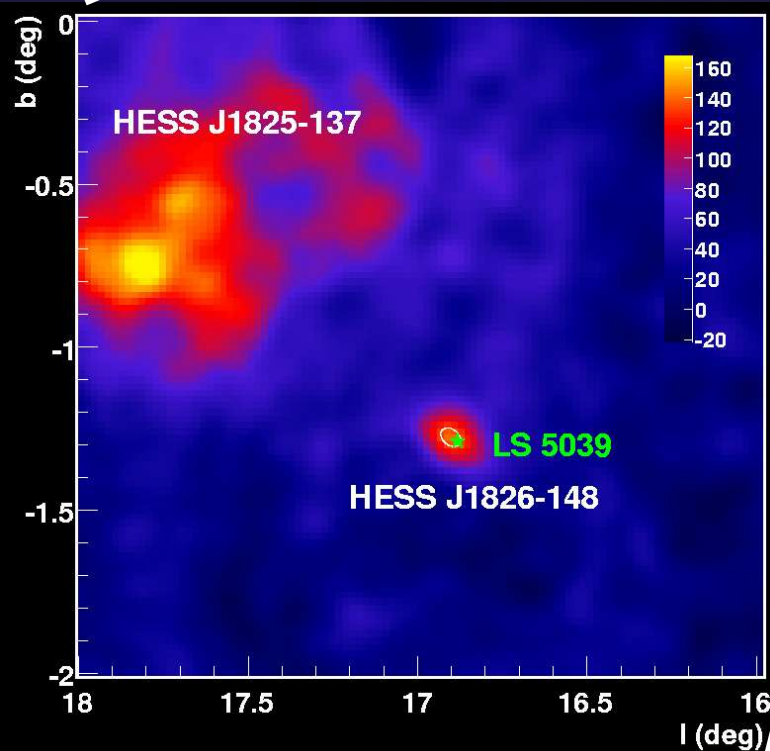
25

20

15

10

Galactic Longitude

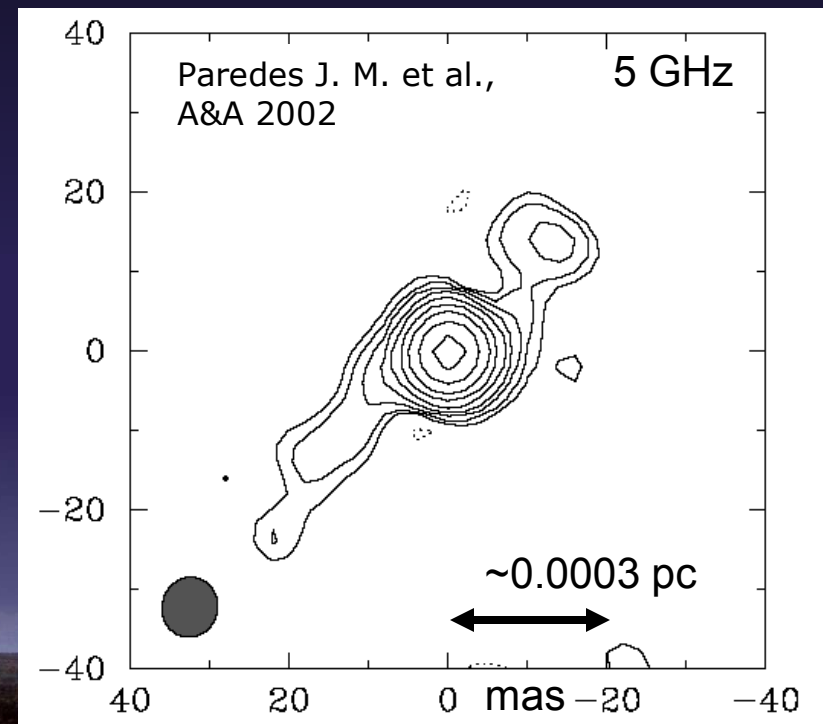


Binärsysteme (2/2): LS 5039

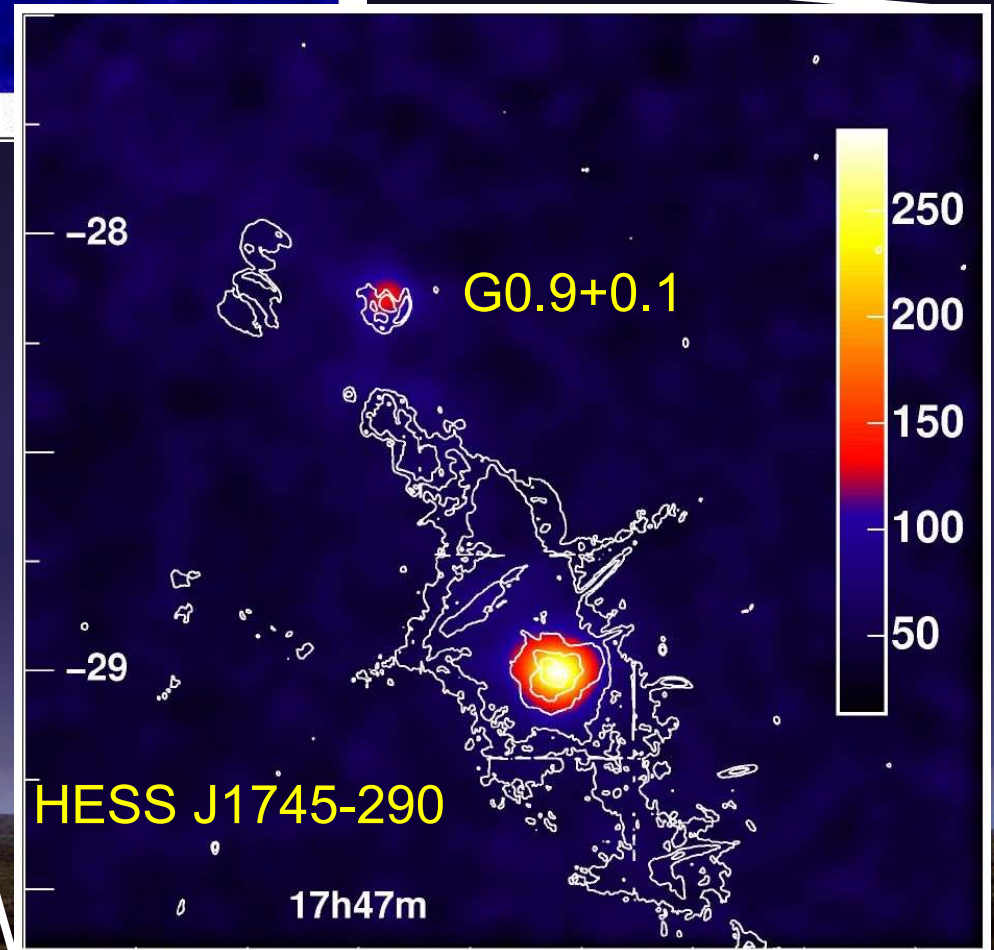
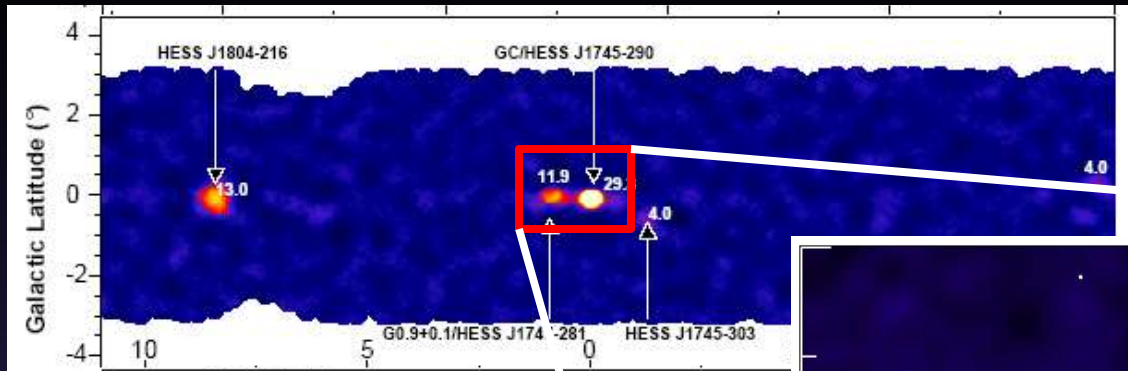
Kompaktes Object ($\sim 3.7 M_{\odot}$) in exzentrischer Umlaufbahn ($T=3.9$ d) um Stern ($23 M_{\odot}$), Annäherung bis auf $2 R_{*}$.

Optische Variabilität \rightarrow Suche nach Variabilität im TeV Bereich

Quelle der TeV Strahlung? \rightarrow Kombination mit anderen Wellenlängen



Das galaktische Zentrum

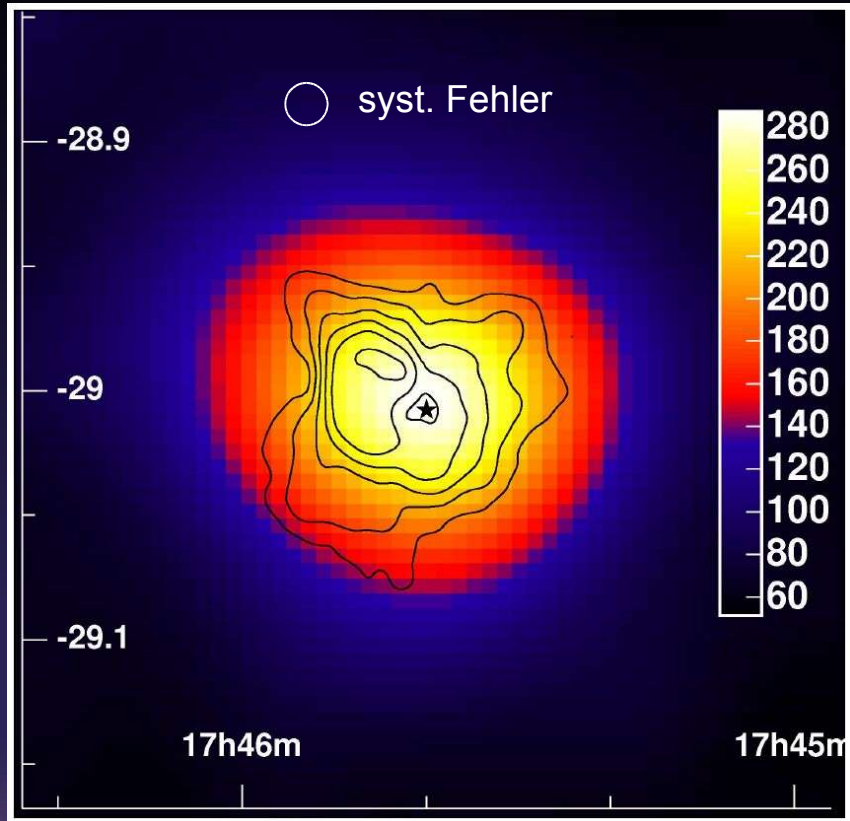


G0.9 ist SNR mit
Pulsarwind-Nebel

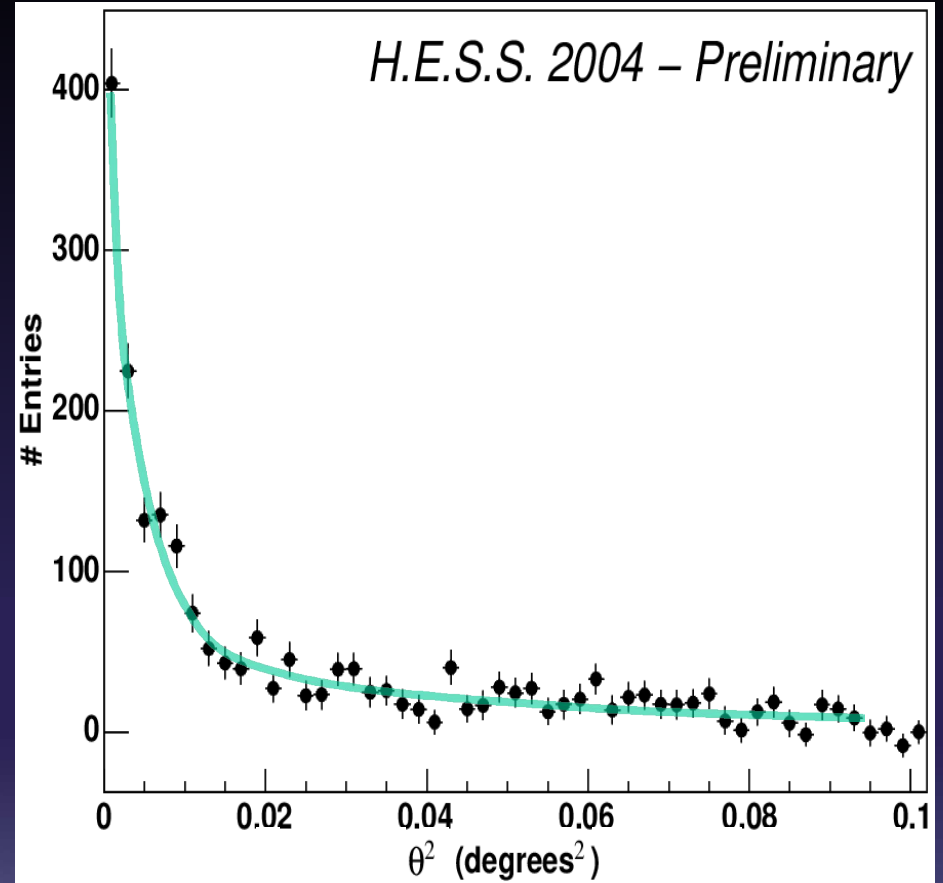
Starkes Signal vom
Galaktischen Zentrum



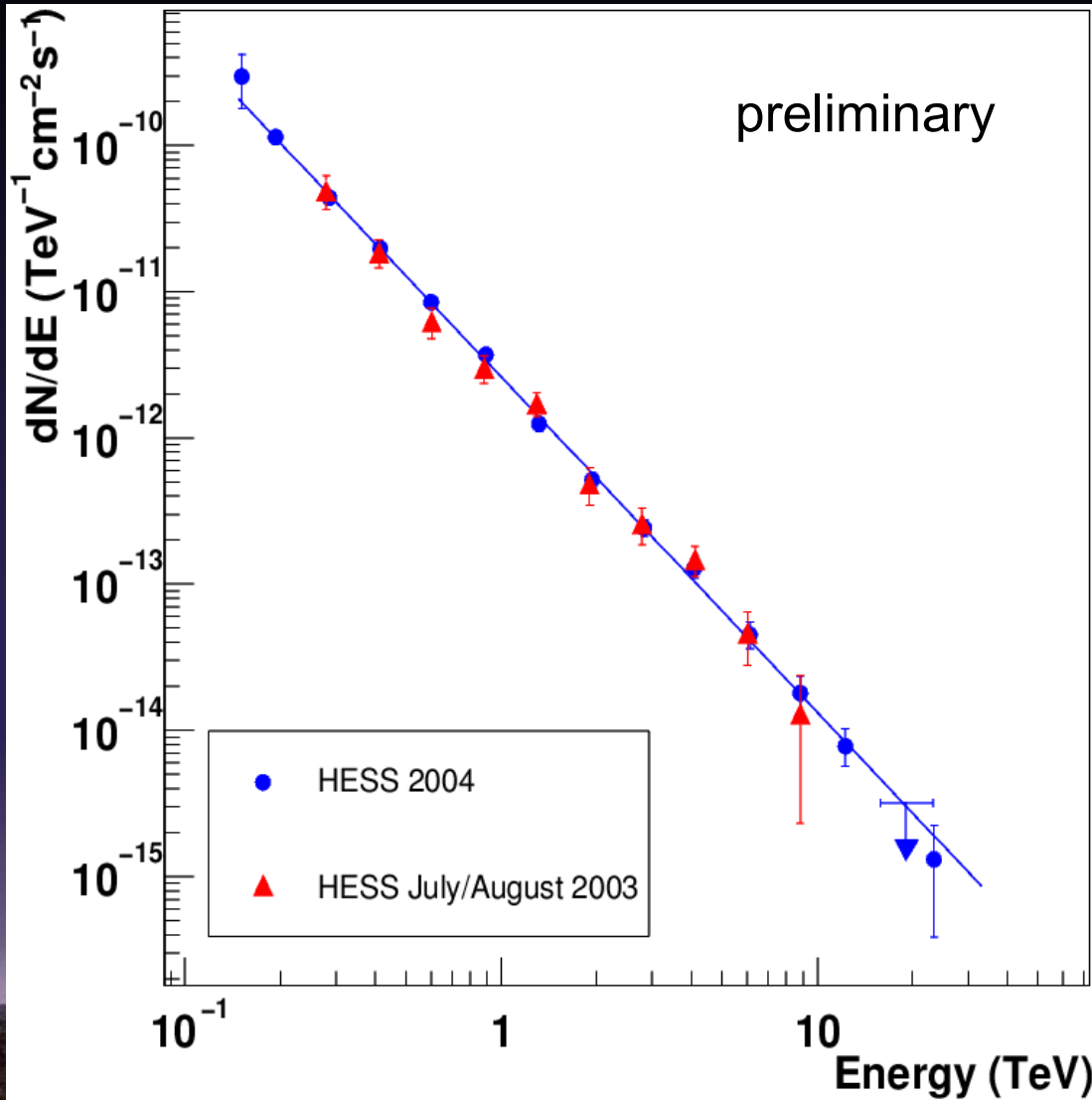
Sagittarius A



Konturen: Radiodaten



Energiespektrum



Potenzgesetz,
Photonindex 2.3

Keine signifikante
Variabilität auf
Skalen von

Jahren

Monaten

Tagen

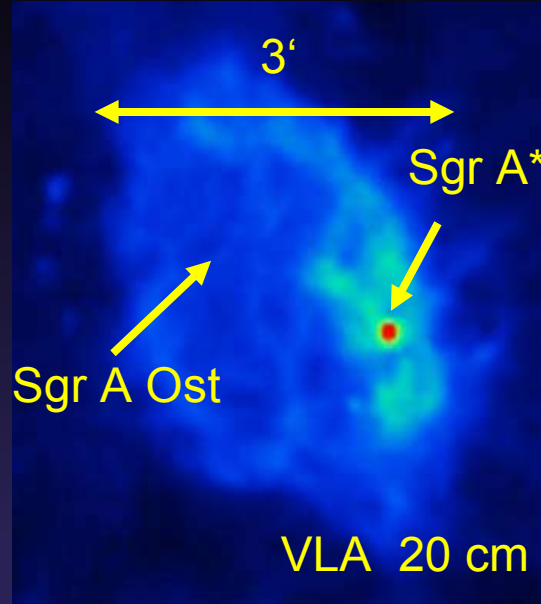
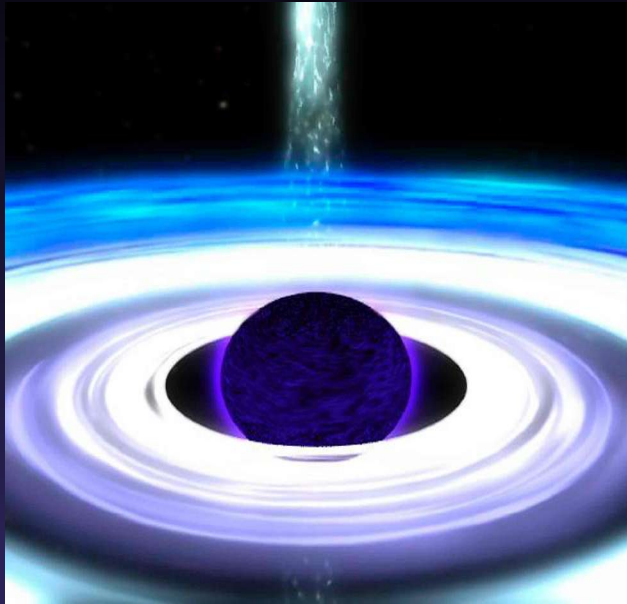
Stunden

Minuten

40 h Daten, verteilt
über 2 Jahre



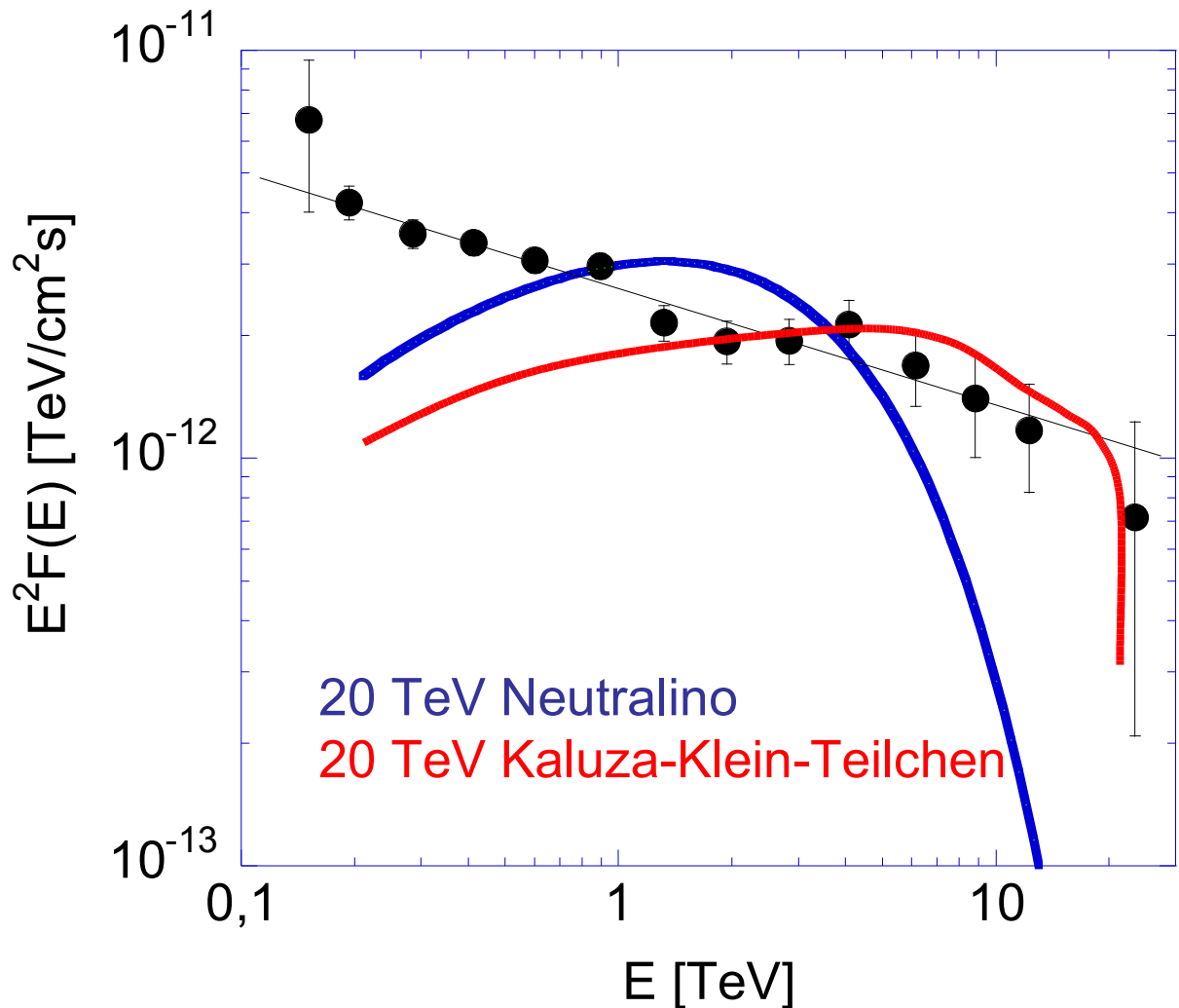
Interpretation



Prozesse in der
Nähe des
Schwarzen
Loches Sgr A* ?
Supernovarest
Sgr A Ost ?



Interpretation



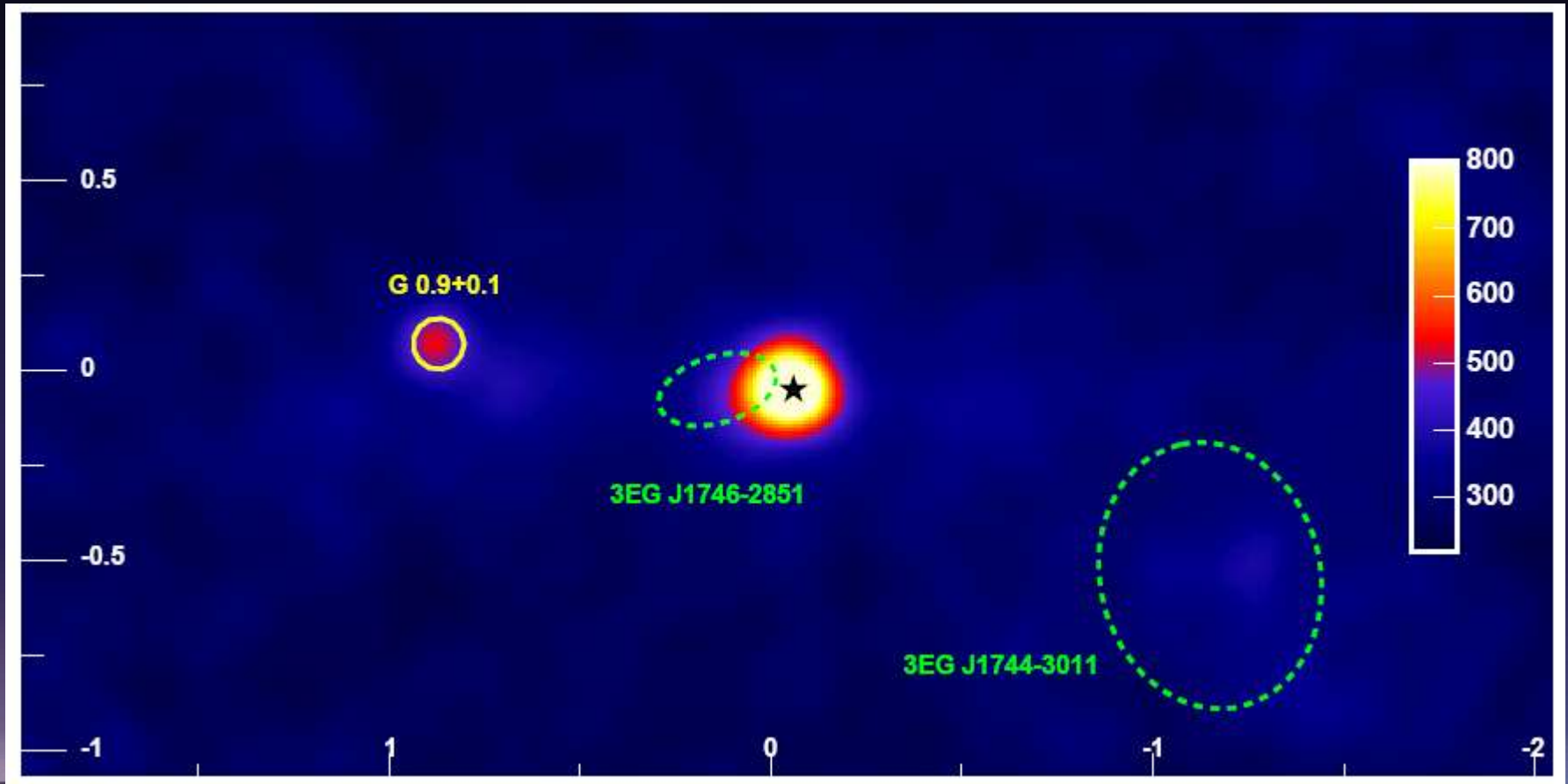
Prozesse in der
Nähe des
Schwarzen
Loches Sgr A* ?

Supernovarest
Sgr A Ost ?

Dunkle Materie
→ erscheint
wenig
wahrscheinlich



Die Region um das Galakt. Zentrum

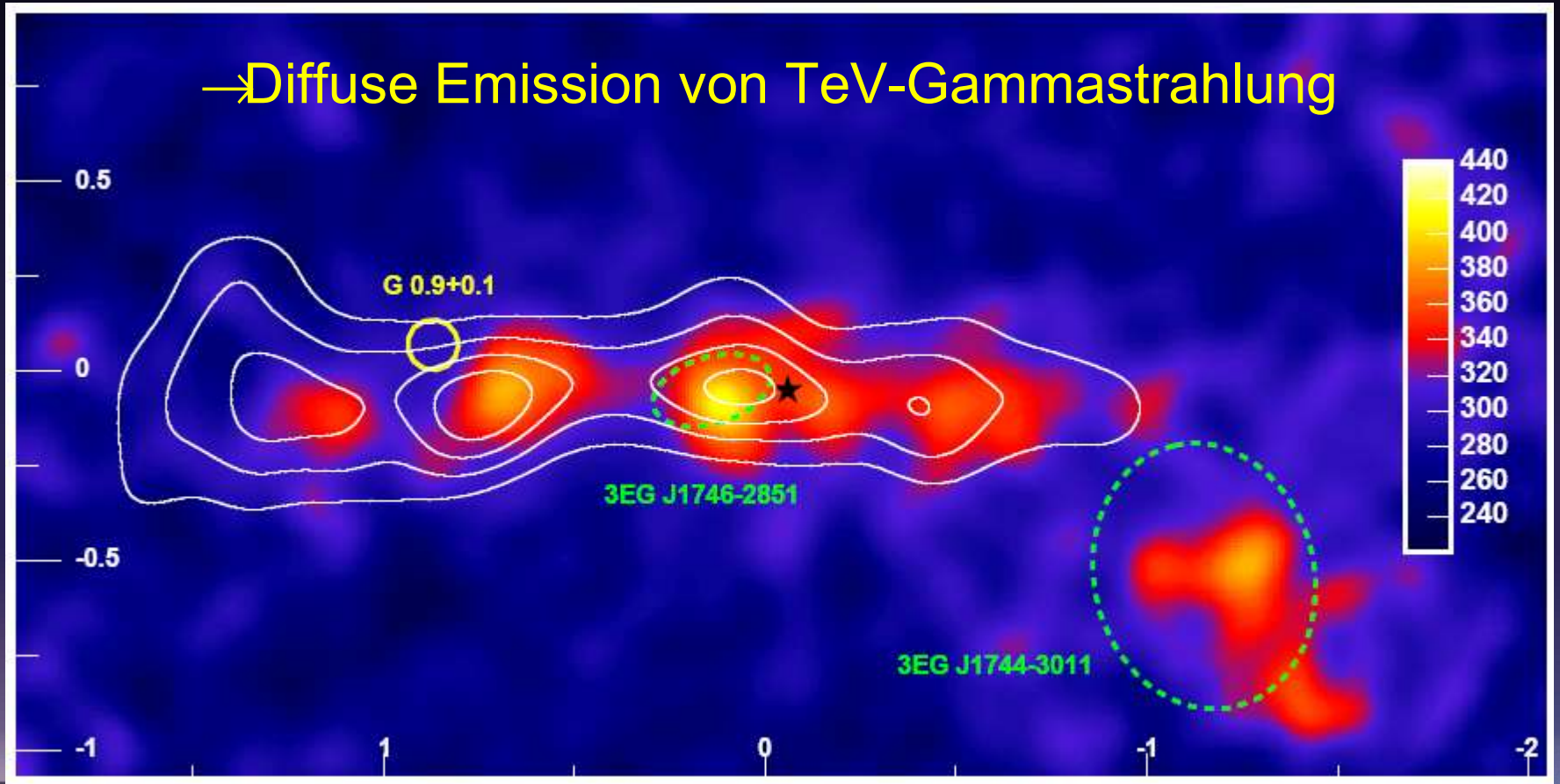


~150 pc



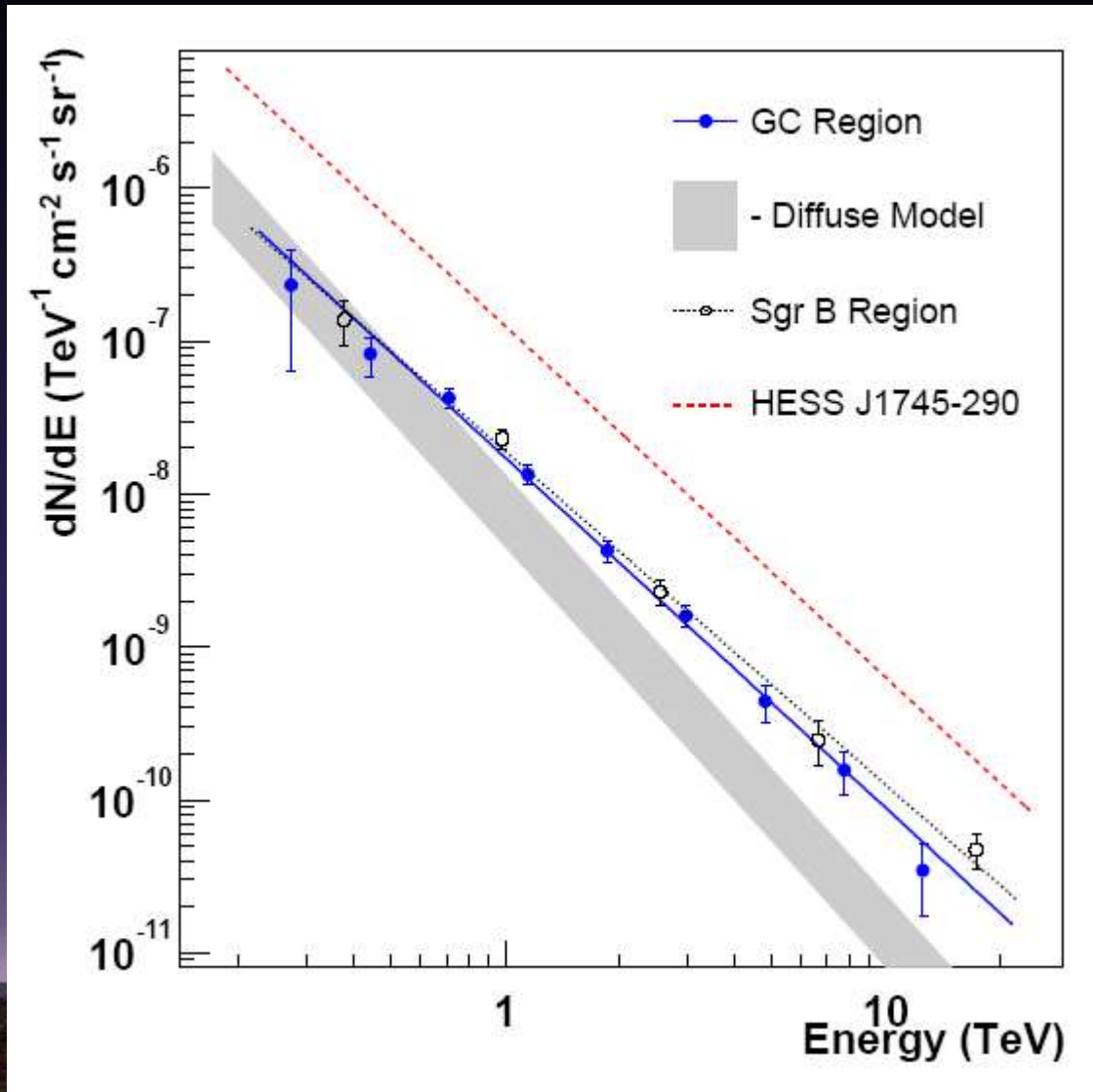
Die Region um das Galakt. Zentrum

...nach Subtraktion der zwei bekannten Punktquellen



~150 pc

Diffuse Emission vom GZ



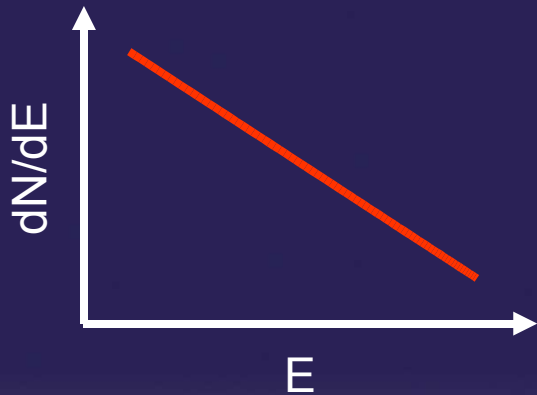
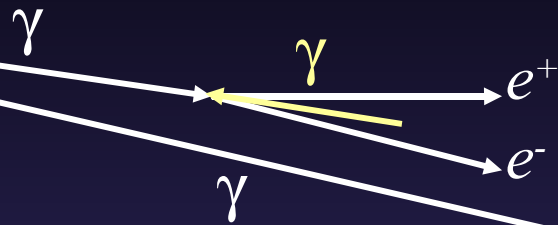
Photonindex $2.29 \pm 0.07 \pm 0.20$

Härteres Spektrum
und etwa dreimal
höhere Dichte
Kosmischer
Strahlung als in der
Nähe des
Sonnensystems \rightarrow
Nähe zu Quellen

Ursache:
Quellpopulation
oder dominante
Einzelquelle ?

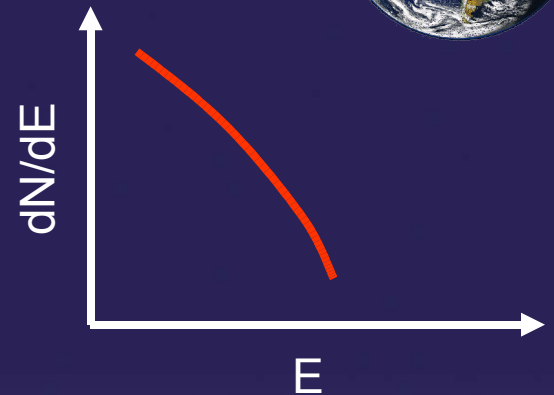


Extragalaktische Quellen - Blazare

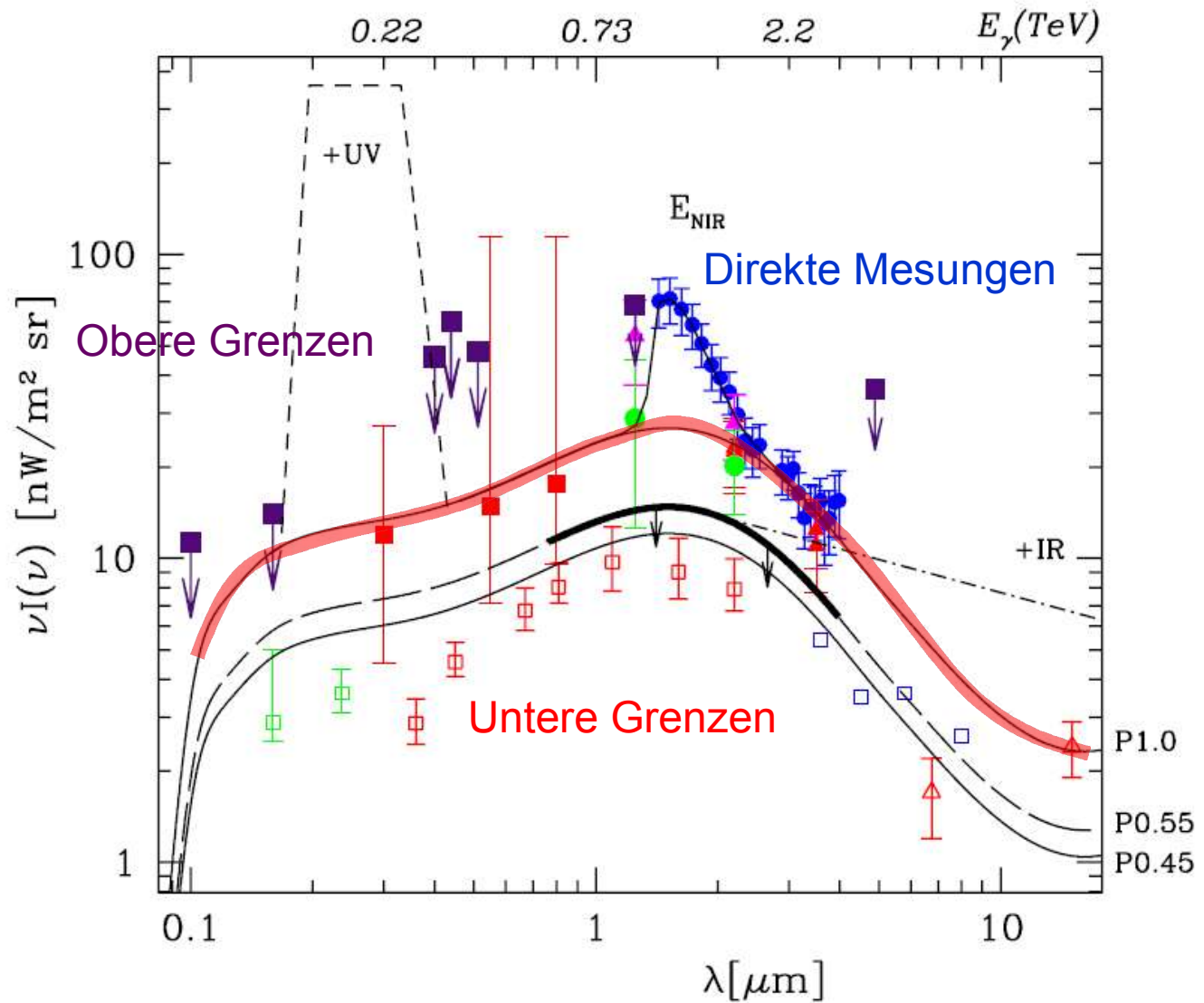


Absorption im (infraroten)
extragalaktischen
Untergrundlicht (EBL)
 $\gamma(\text{TeV}) + \gamma(\text{EBL}) \rightarrow e^+e^-$

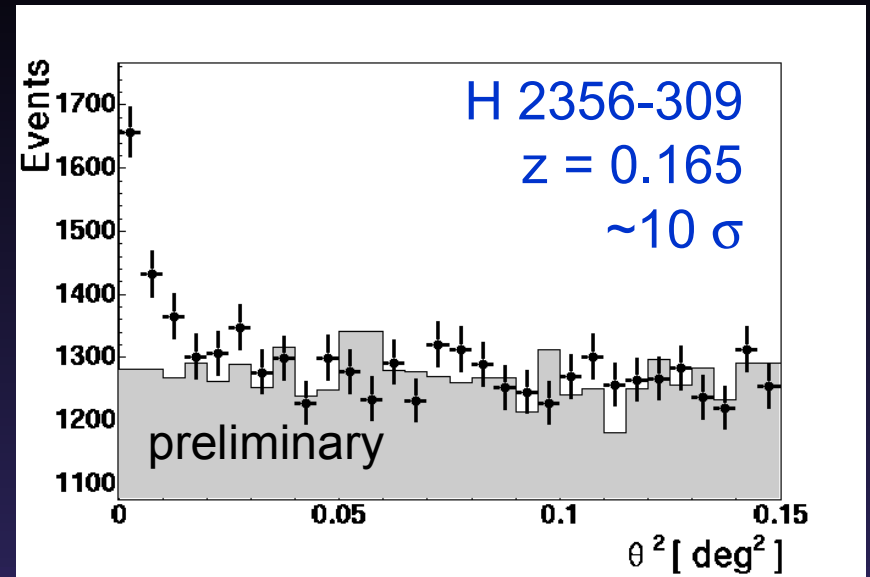
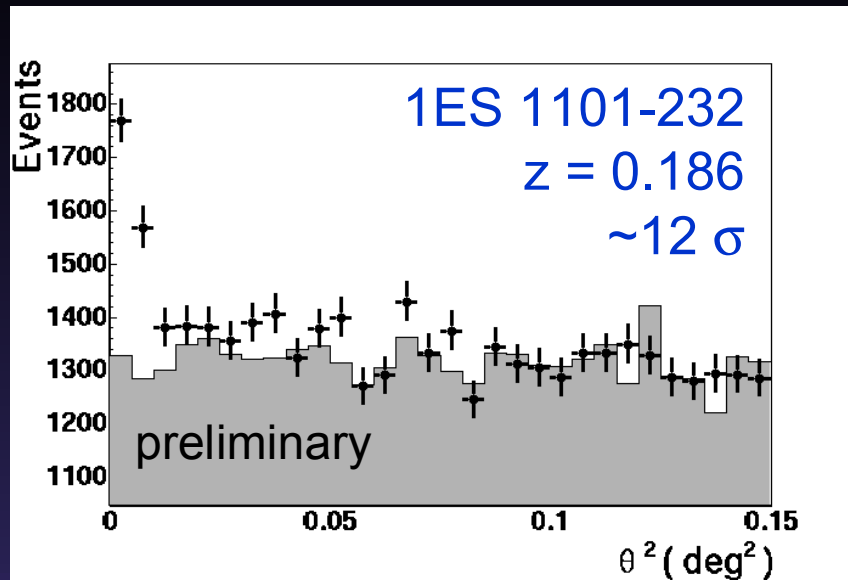
→ Kosmologie



EBL: Messungen



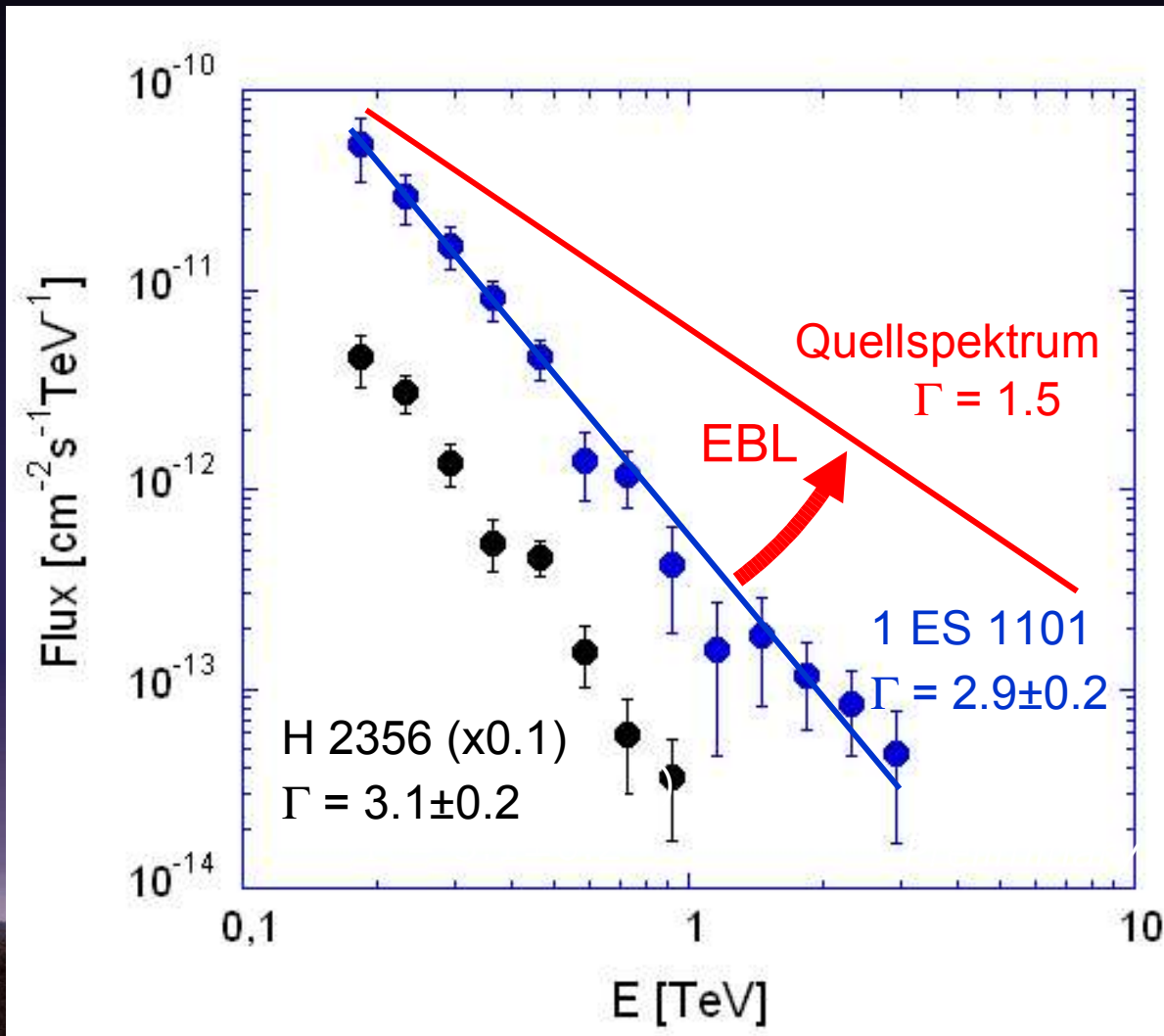
Zwei neue AGN bei hohem z



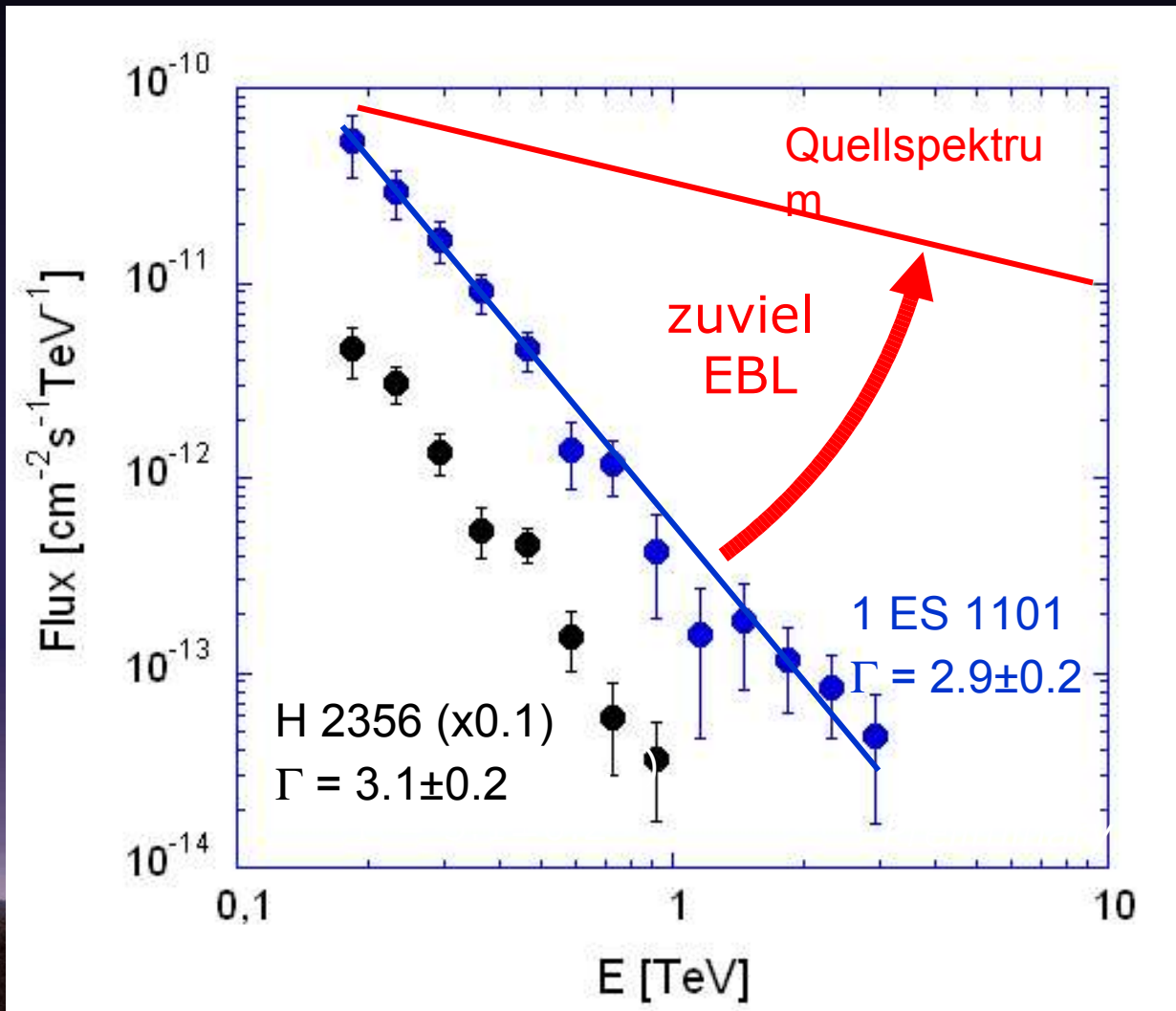
1ES 1101 ist TeV-Quelle mit bisher größter Rotverschiebung z
Spektren weniger steil abfallend als erwartet → weniger EBL als
angenommen ?



Energiespektren und das EBL



Energiespektren und das EBL

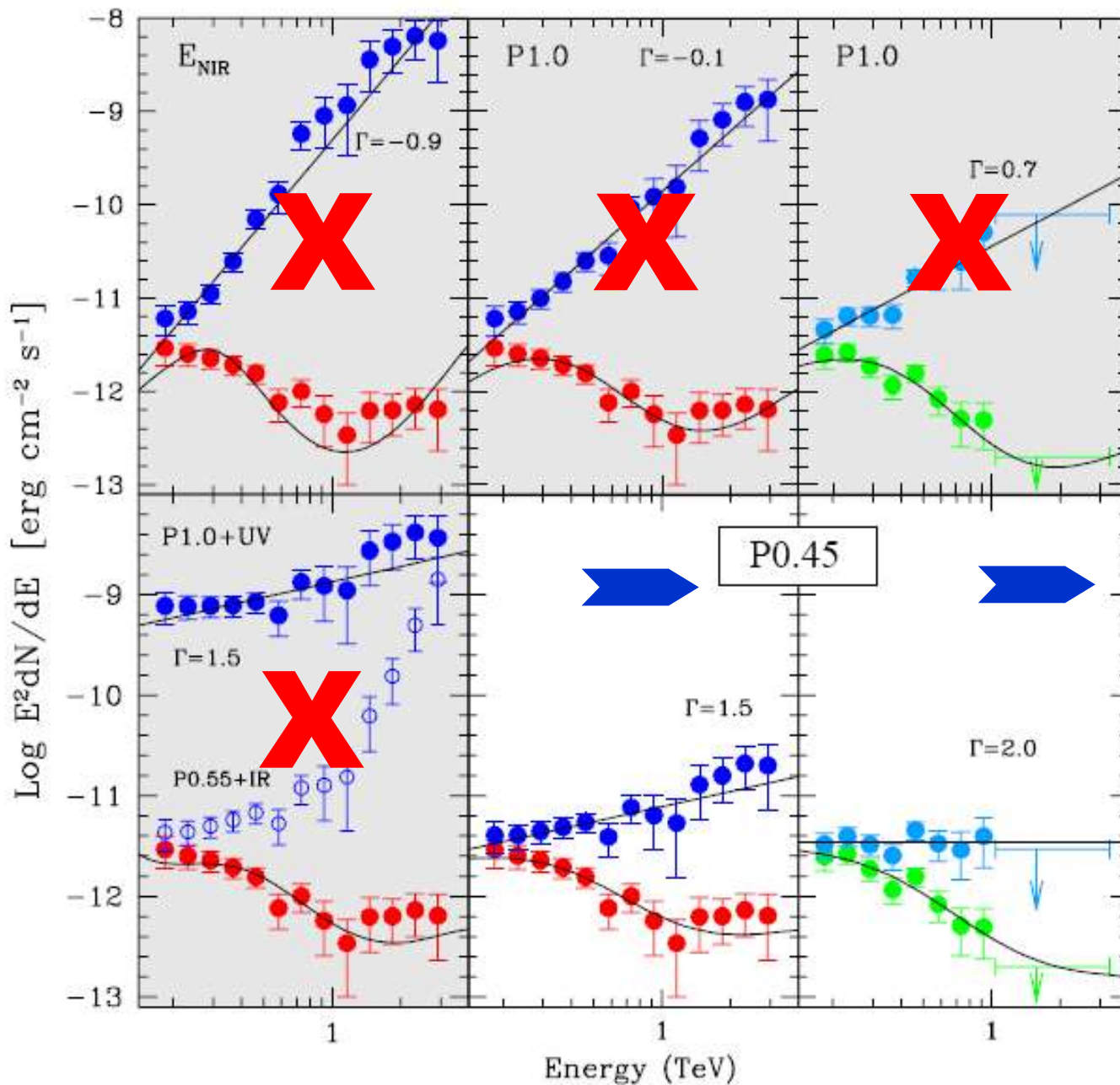


Obere Grenze auf den Fluss von EBL-Photonen unter der Annahme, dass intrinsische AGN-Spektren $\Gamma > 1.5$ haben

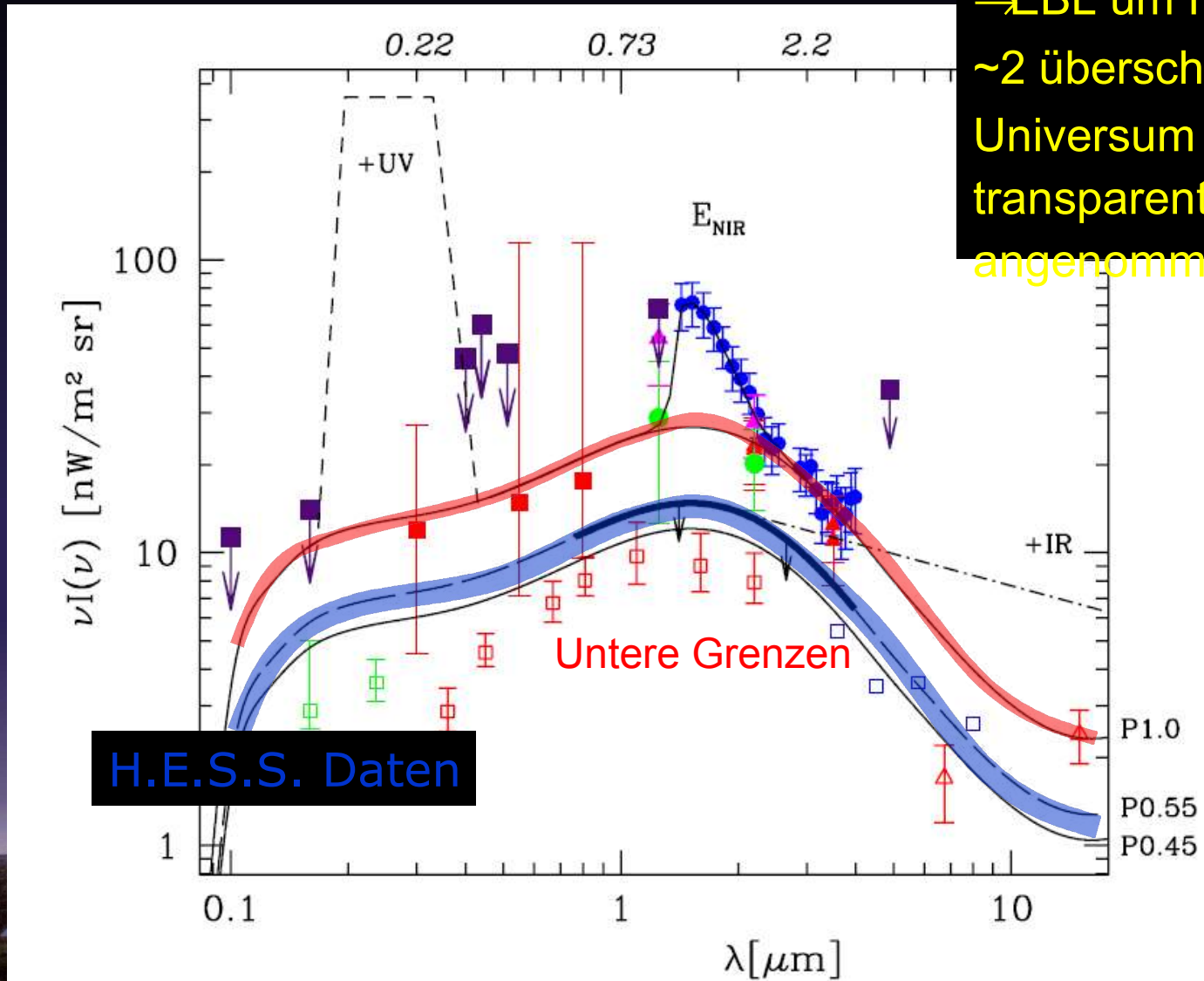


1ES 1101-232

H 2356-309



EBL: Neue obere Grenzen



→ EBL um Faktor
~2 überschätzt →
Universum
transparenter als
angenommen

Zusammenfassung und Ausblick

H.E.S.S. Phase I hat das Fenster zum Himmel im TeV-Bereich weit geöffnet

Sensitive Durchmusterung der Inneren Galaxie
Auflösung ausgedehnter Quellen

Zukunft: H.E.S.S. II

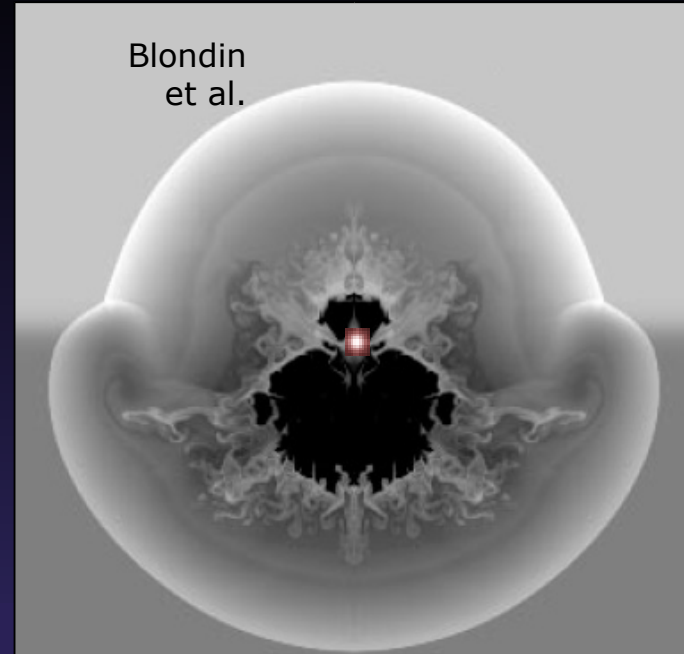
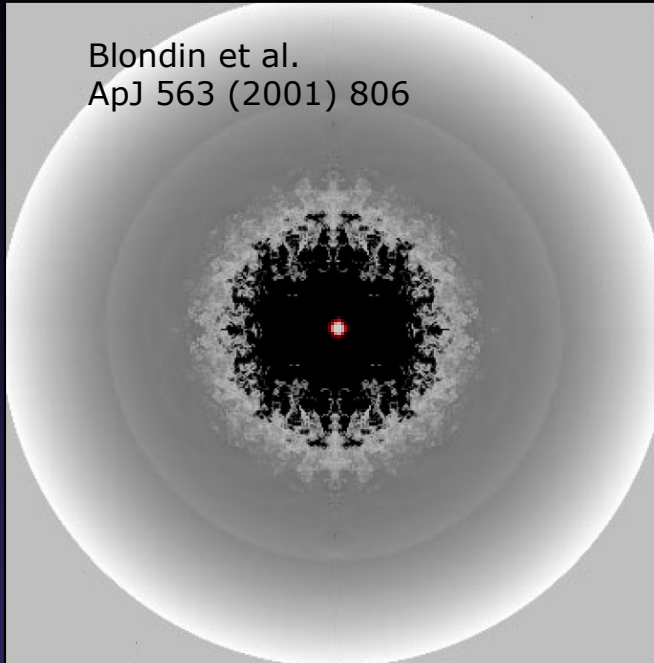
Bau eines großen Teleskops 2007/2008

Verbesserte Sensitivität (~ 8 H.E.S.S. I Teleskope) und niedrigere Schwelle ($O(20 \text{ GeV})$)



Backup Slides

Pulsarwind-Nebel



Dichte des ISM

Energieverlust durch e^{\pm} -Wind

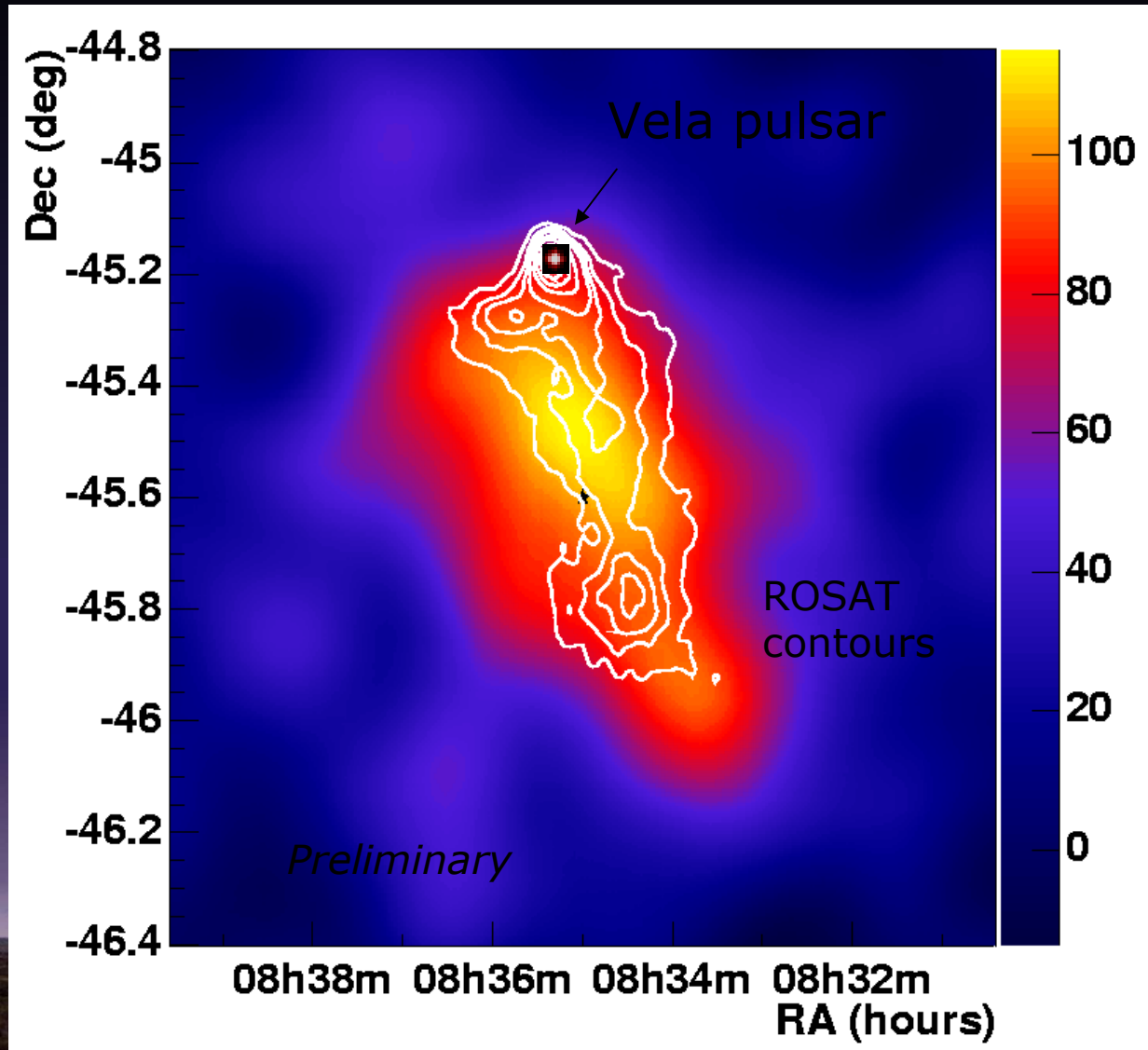
Umkehrschock kollidiert mit durch den Pulsarwind erzeugten Blase geringerer Dichte

Asymmetrischer Pulsarwind-Nebel durch Dichtegradient

Umkehrschock aus dichterem Medium trifft eher ein



Beispiel: Vela X



Pulsarwind-
Nebel innerhalb
des Vela SNR (\varnothing
 8°)

Keine gepulste
Emission vom
Vela-Pulsar
beobachtet

Pulsarwind-
Nebel aufgelöst
im TeV-Bereich

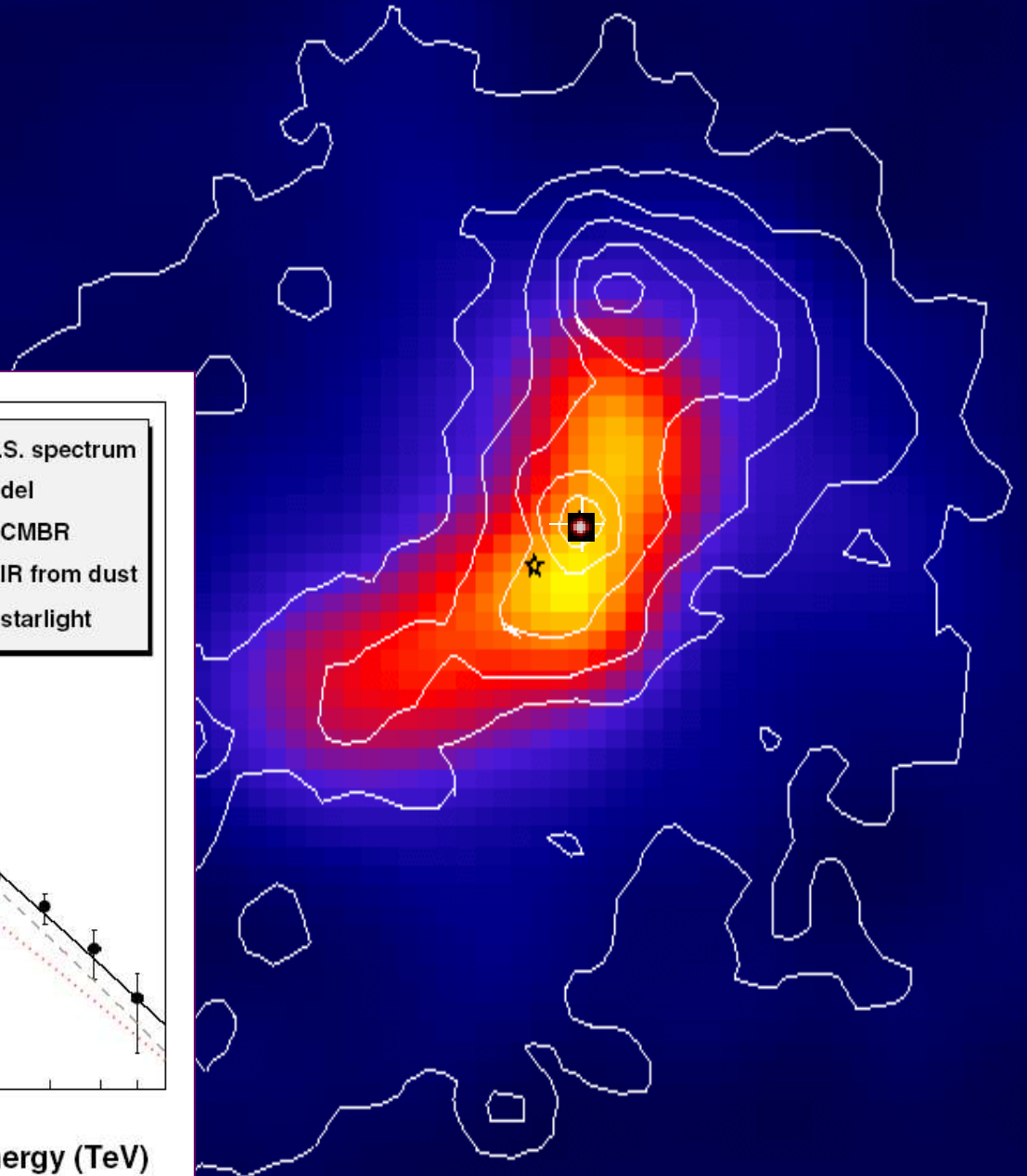
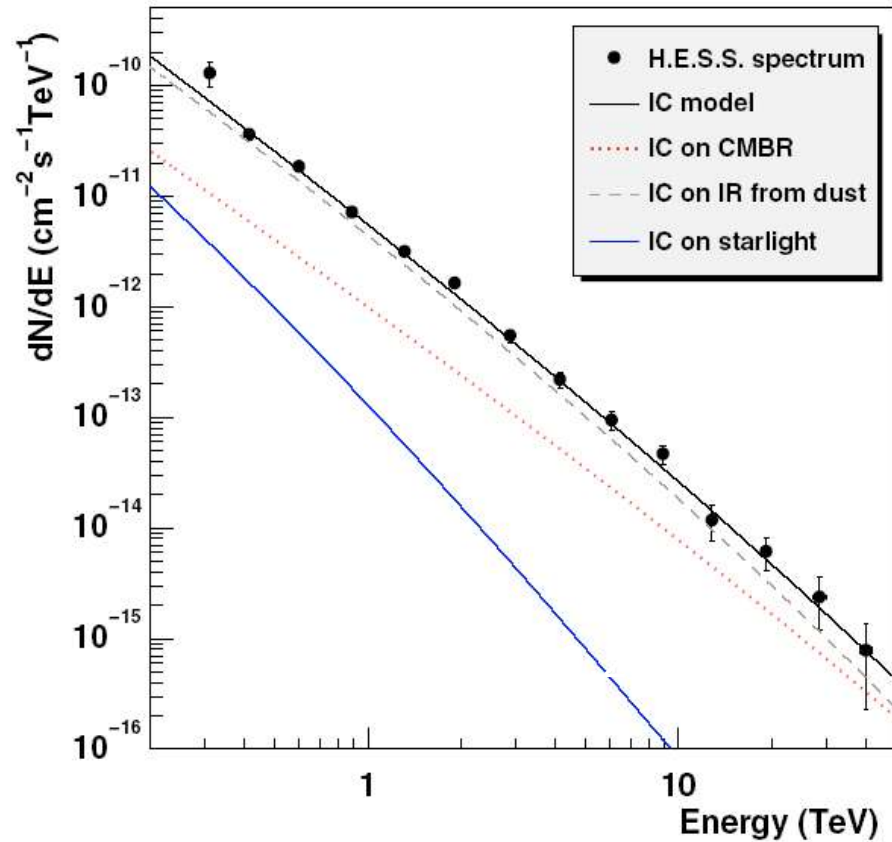
Hartes
Spektrum bis 50
TeV

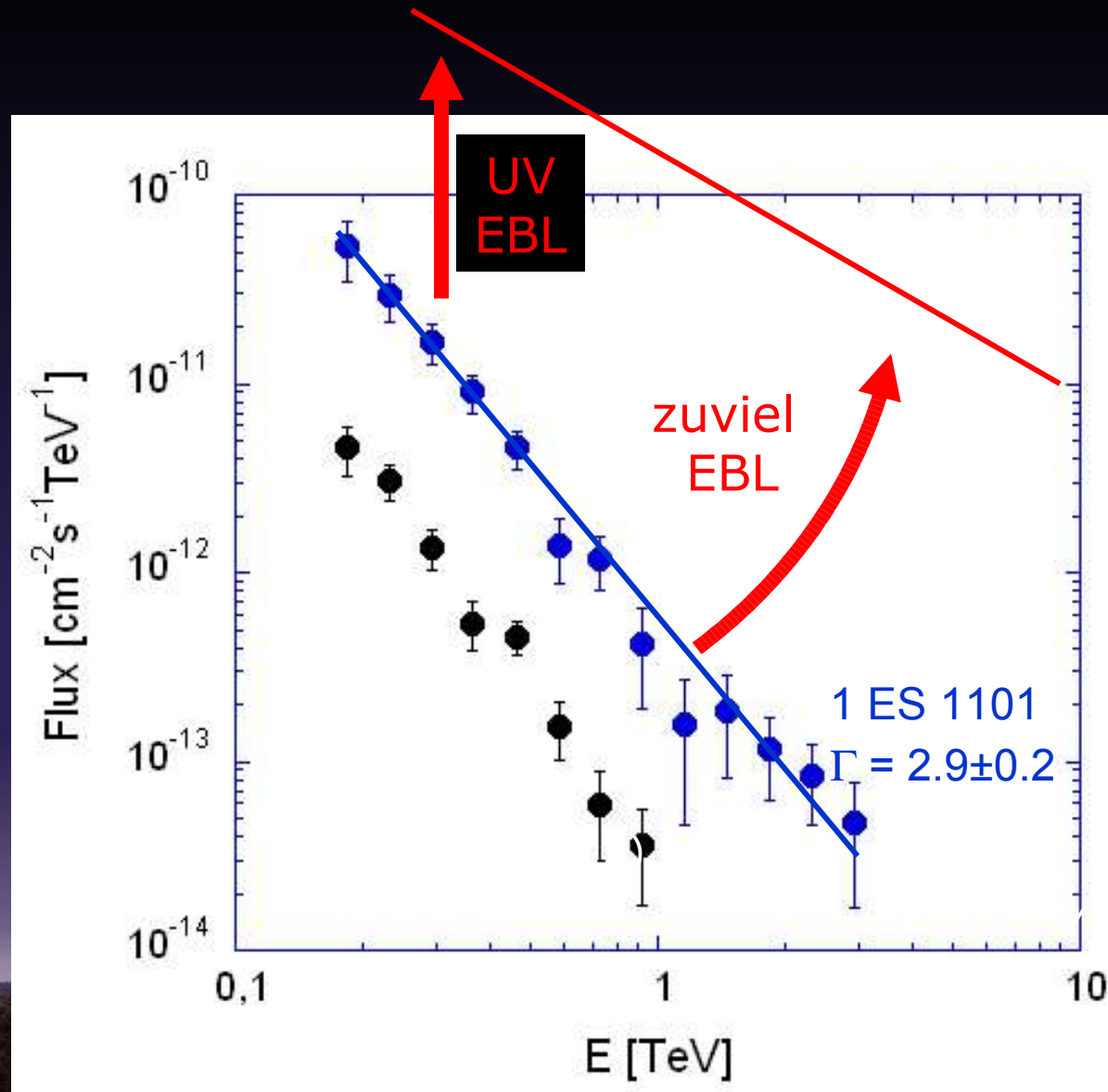
TeV-Gammas
machen e-
Population
direkt sichtbar



PWN: MHS 15-52

MHS 15-52
H.E.S.S.





Annahme einer
zusätzlichen UV-
Komponente
kaum verträglich
mit Energie-
bilanz der
Quellen

