

Attila Abramowski
Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg

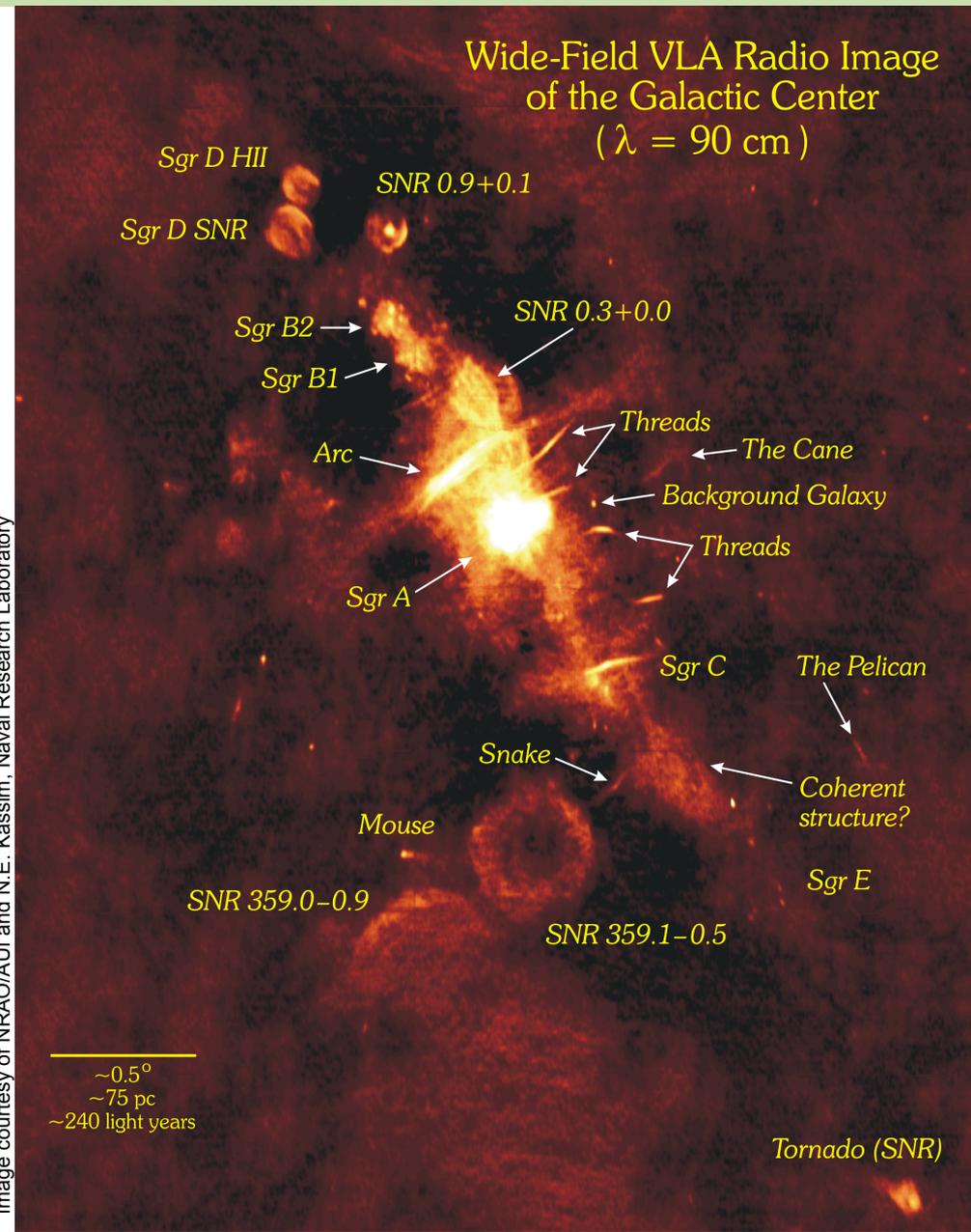
Zeitabhängige Absorption von sehr hochenergetischen Photonen aus dem galaktischen Zentrum

- Kurze Beschreibung des galaktischen Zentrums
 - Das galaktische Zentrum im TeV und Infrarot
- Absorption von TeV-Photonen durch Paarerzeugung
 - Simulation von Lichtkurven

Die Region um das galaktische Zentrum

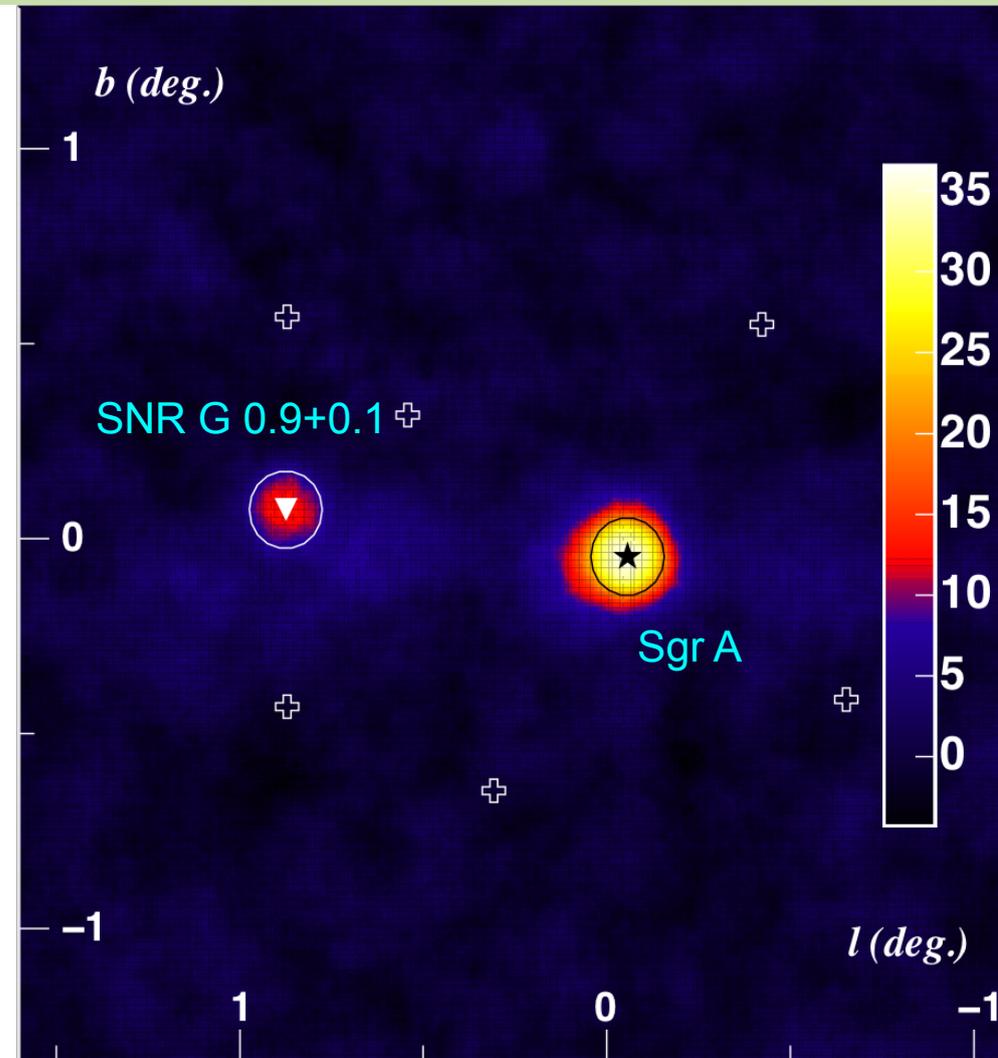
- Extreme Region
- Entfernung ~ 8 kpc
- Regionen von Sternentstehung
- SNR
- SMBH-Kandidat Sgr A*

Image courtesy of NRAO/AUI and N.E. Kassim, Naval Research Laboratory



Hochenergetische γ -Strahlung (TeV) aus der Richtung des GZ

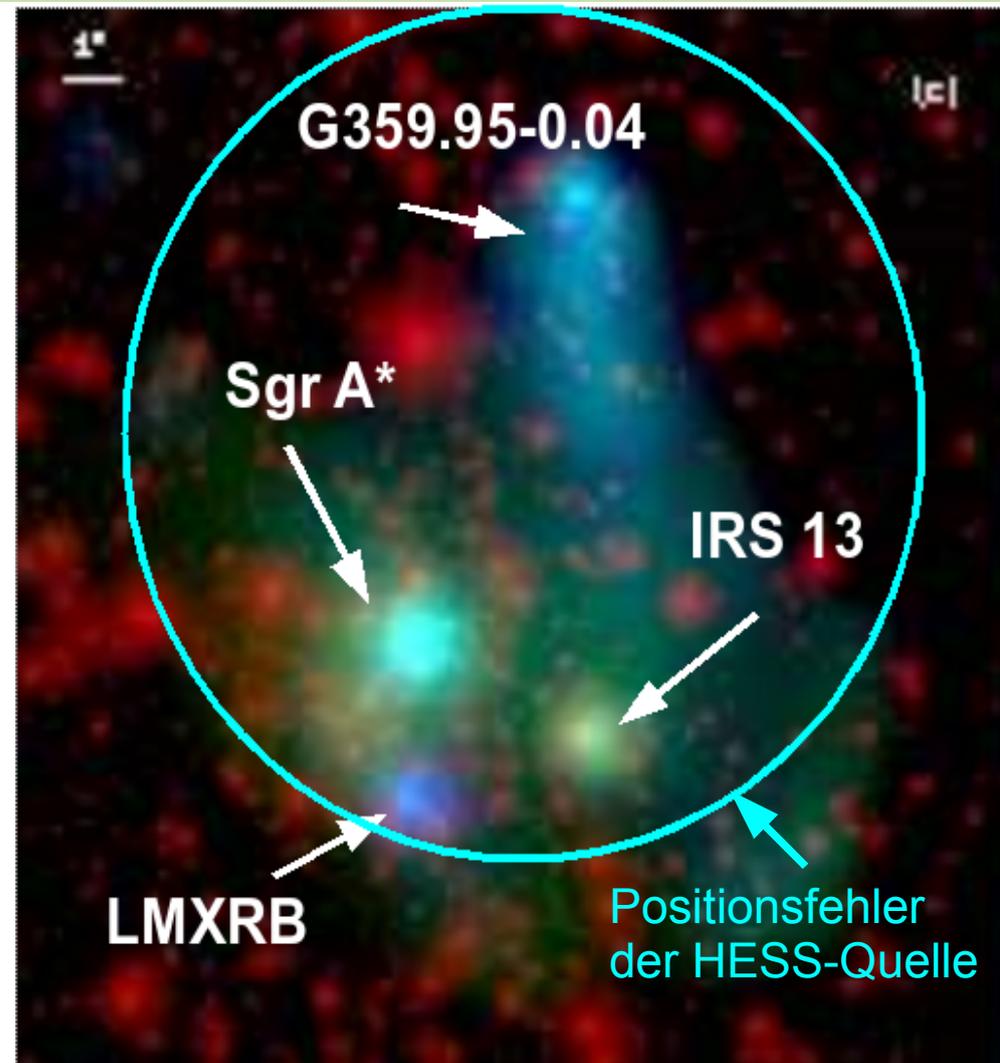
- 2 Regionen starker γ -Emission:
 - ◆ Composite - SNR G 0.9+0.1
 - ◆ Region um SMBH Kandidat Sgr A*



Statistical significance of the Galactic Centre region
derived from the 2004 dataset of H.E.S.S.
Credit: Aharonian et al. 2005

Hochenergetische γ -Strahlung (TeV) aus der Richtung des GZ

- Positionsgenauigkeit durch systematische Fehler auf 6" beschränkt
- Quellkandidaten:
 - SMBH-Kandidat Sgr A*
 - PWN-Kandidat G359.95-0.04
 - LMXRB-Kandidat J174540.0-290031
 - IRS 13
 - Annihilation dunkler Materie

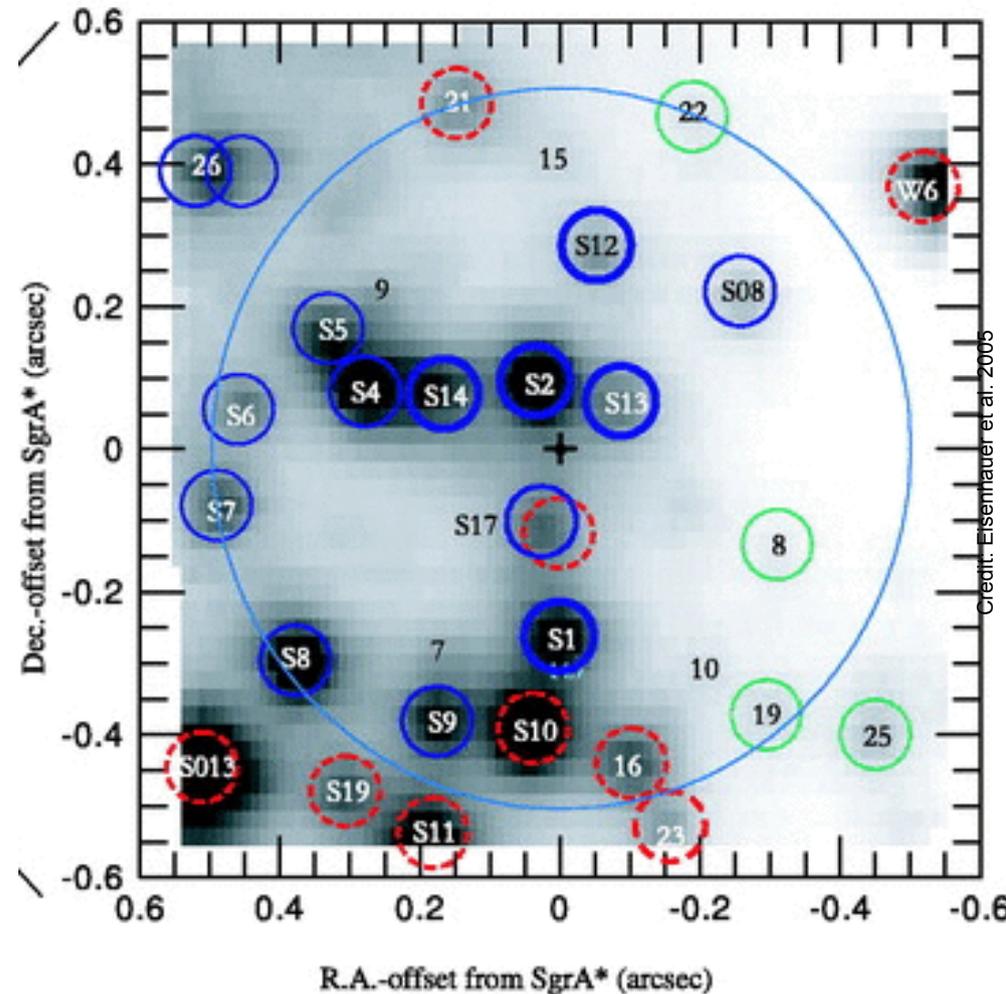


Chandra X-Ray and VLT (Naco) Near-IR Composite
from Wang et al. 2006

→ Keine eindeutige Zuordnung der TeV-Quelle möglich

Sterne in direkter Umgebung von Sgr A*: S-Sterne

- Innerhalb von 1" (0.038 pc) um Sgr A*
- Für $K < 16$ bisher ~ 30 Sterne entdeckt
- Spektralklasse: B-Hauptreihe
- Entstehung unklar
„Paradox of youth“

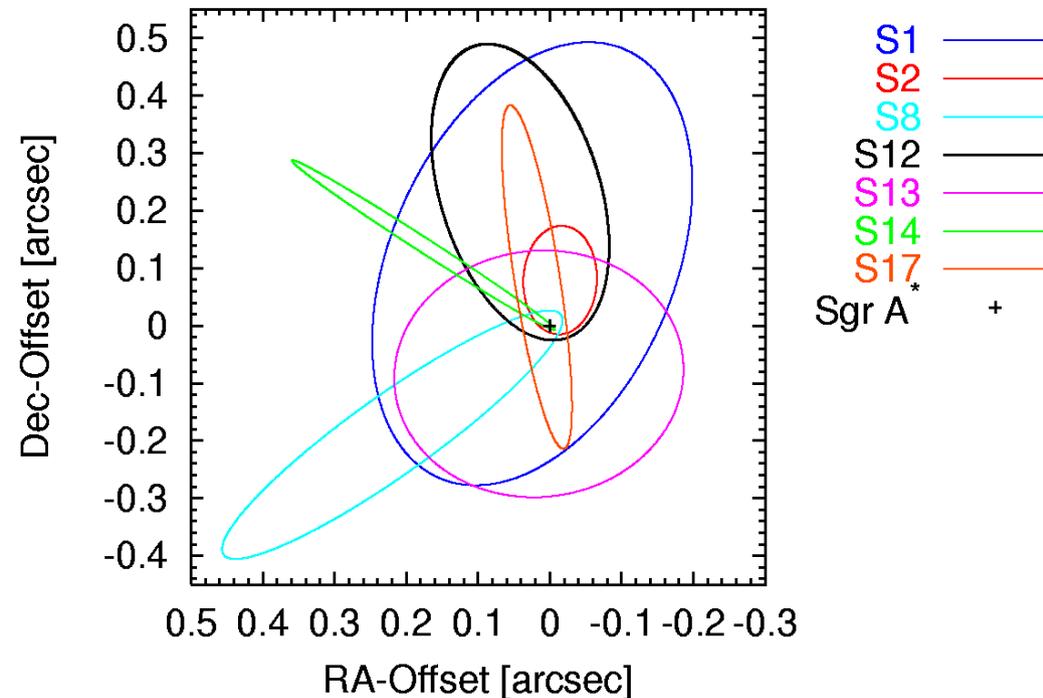


→ Für einige Sterne Spektralklassen bekannt

Sterne in direkter Umgebung von Sgr A*: S-Sterne

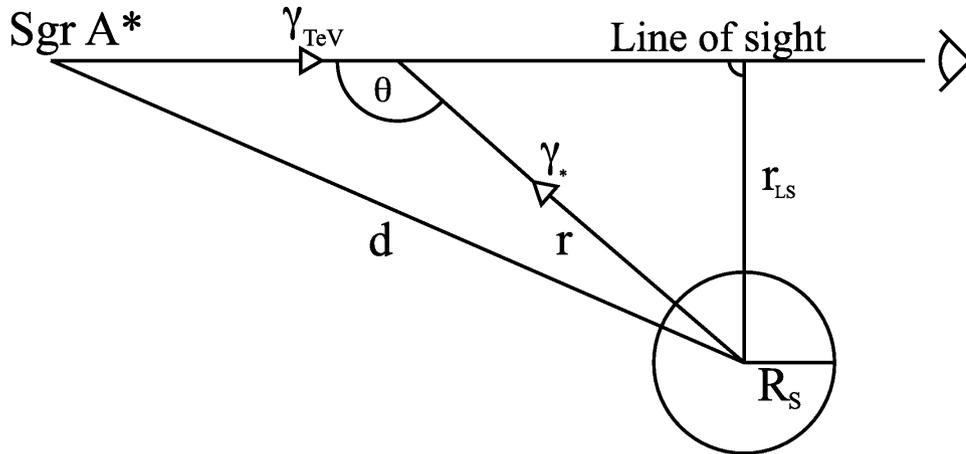
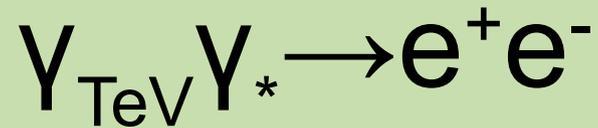
- Für 20 Sterne wurden alle Orbitalparameter bestimmt
 - Orbits sind zufällig im Raum angeordnet
 - Aus dem Orbit von S2:
 - $M_{\text{SMBH}} = 3.61 \pm 0.32 \times 10^6 M_{\odot}$
 - $R_{\text{GZ}} = 7.62 \pm 0.32 \text{ kpc}$

Eisenhauer et. al 2005



→ Sternorbits in der Umgebung von Sgr A* bekannt

Absorption durch Paarerzeugung



- Wirkungsquerschnitt: $\sigma(\varepsilon, E, \theta) = \frac{1}{2} \pi r_0^2 (1 - \beta^2) \left[(3 - \beta^4) \ln \frac{1 + \beta}{1 - \beta} - 2\beta(2 - \beta^2) \right]$

- Annahmen:

- Stern punktförmig
- Photonfeld eines schwarzen Strahlers

mit $\beta = \left(1 - \frac{2m_e^2 c^4}{E\varepsilon(1 - \cos(\theta))} \right)^{1/2}$

$$n(\varepsilon, r) = \frac{\varepsilon^2}{\hbar^3 c^3 \pi^2} \frac{1}{\exp(\varepsilon/kT_*) - 1} \frac{R_S^2}{4r^2}$$

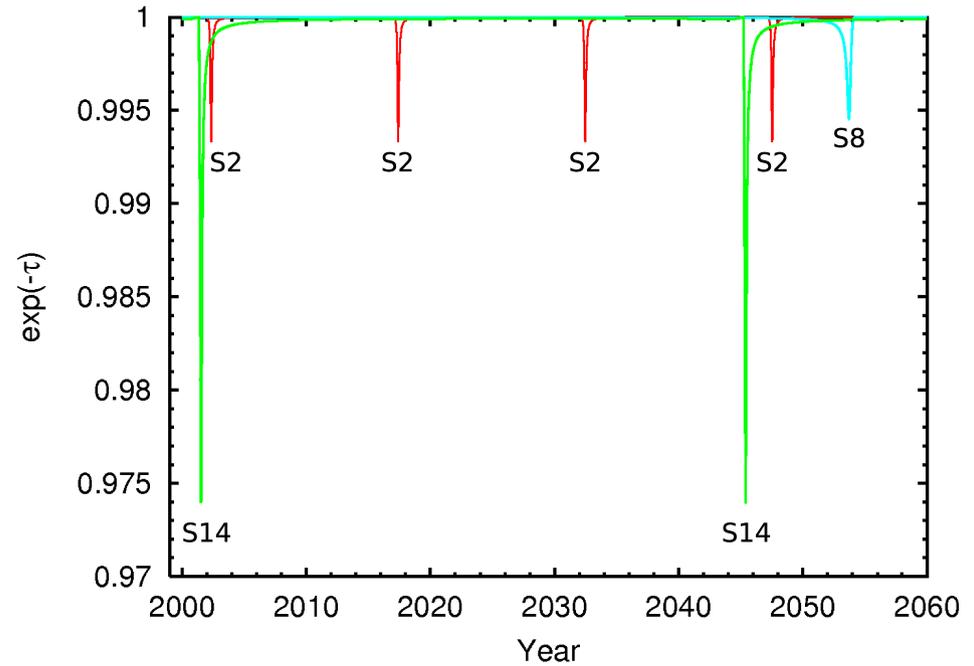
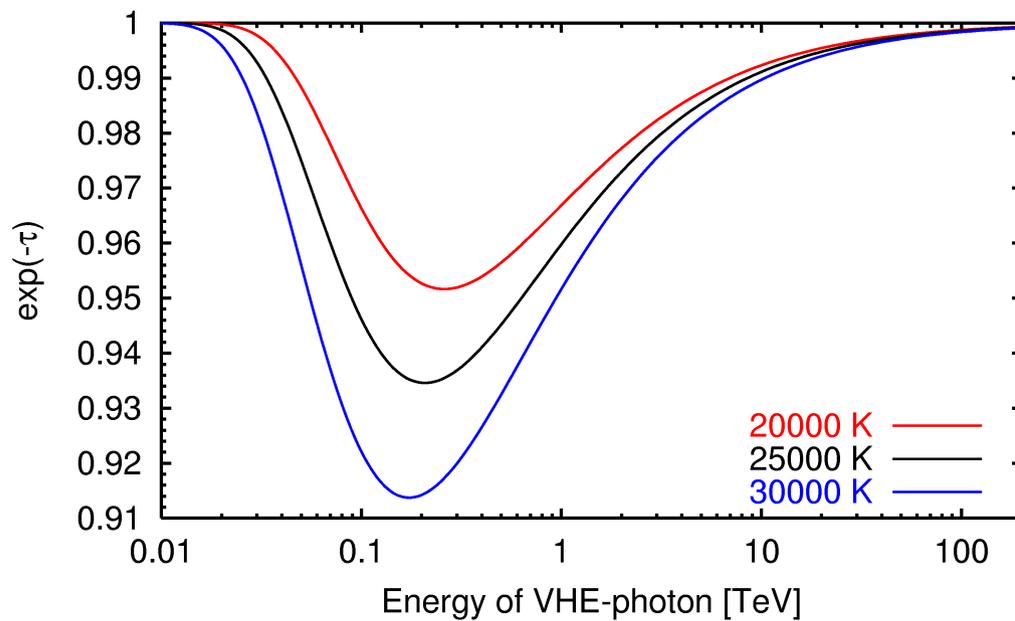
Abschwächungsfaktor

$$\tau(E) = \int_0^{R_{GZ}} dl \int_{\varepsilon_{\min}}^{\infty} d\varepsilon \sigma(\varepsilon, E, \theta) n(\varepsilon, r) (1 - \cos \theta)$$

Absorption für S-Sterne

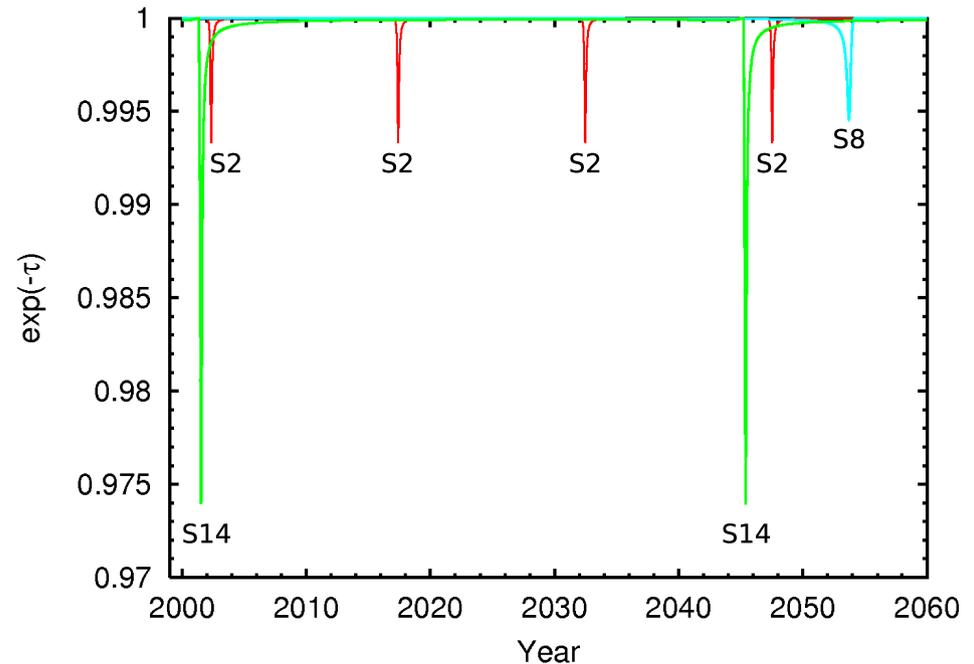
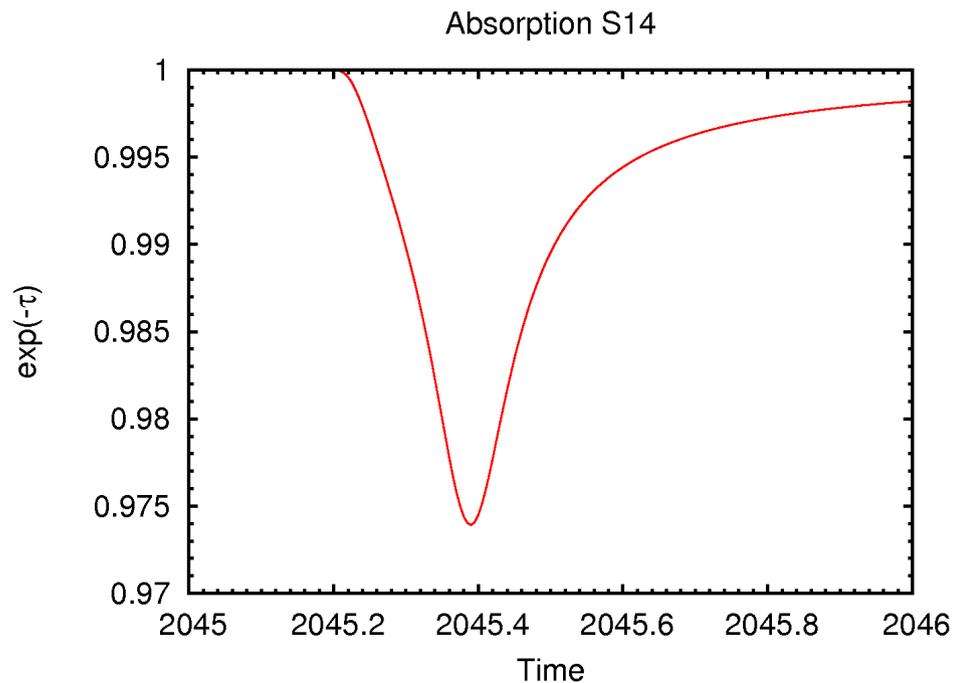
$$\tau(E, t) = \int_0^{\theta_{\max}(t)} d\theta \left[-r(t) \left(1 + \frac{1}{\tan^2 \theta} \right) \right] \int_{\varepsilon_{\min}}^{\infty} d\varepsilon \sigma(\varepsilon, E, \theta) n(\varepsilon, r) (1 - \cos \theta)$$

Absorption for different temperatures T of the Star



Absorption für S-Sterne

$$\tau(E, t) = \int_0^{\theta_{\max}(t)} d\theta \left[-r(t) \left(1 + \frac{1}{\tan^2 \theta} \right) \right] \int_{\varepsilon_{\min}}^{\infty} d\varepsilon \sigma(\varepsilon, E, \theta) n(\varepsilon, r) (1 - \cos \theta)$$



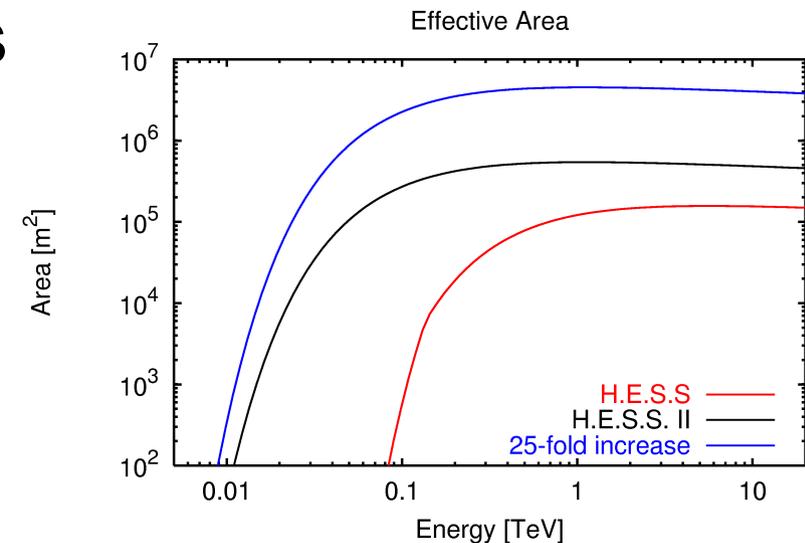
- Durch S-Sterne Abschwächung der γ -Strahlung
- Maximum der Absorption bei 200 GeV

Simulation von Lichtkurven

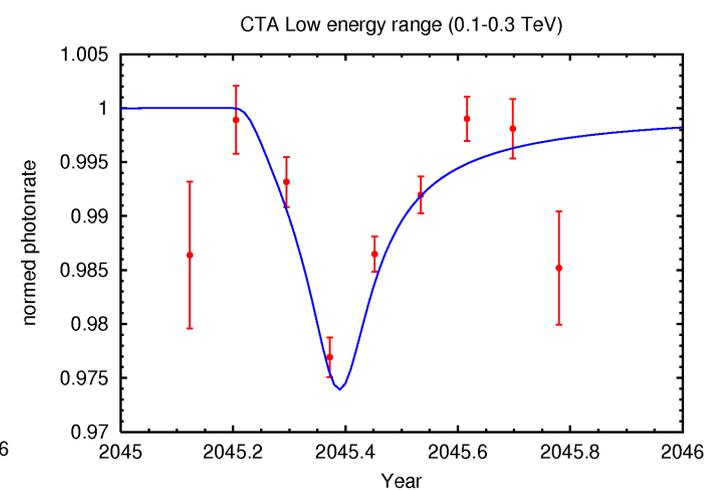
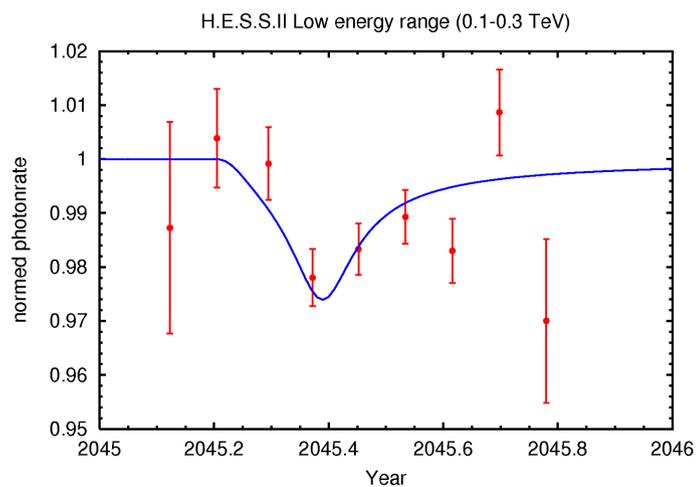
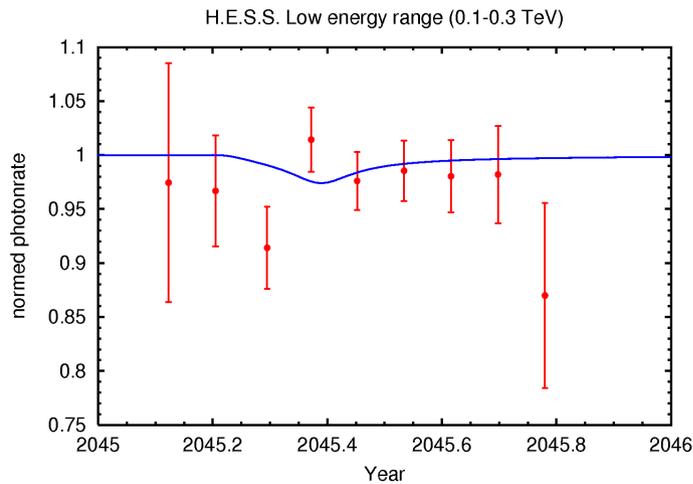
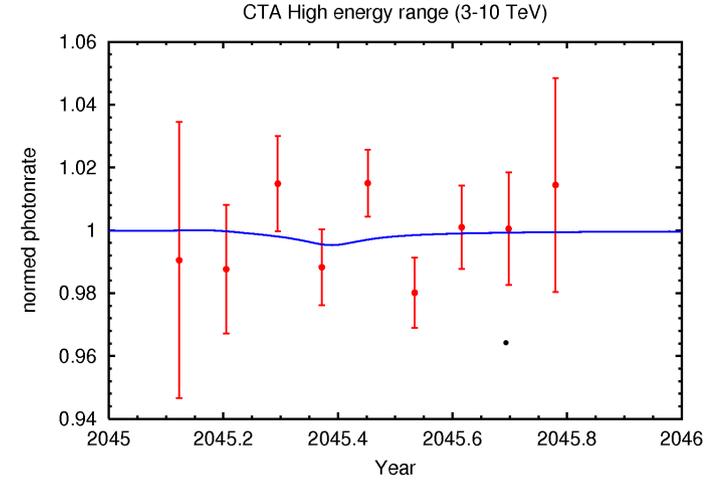
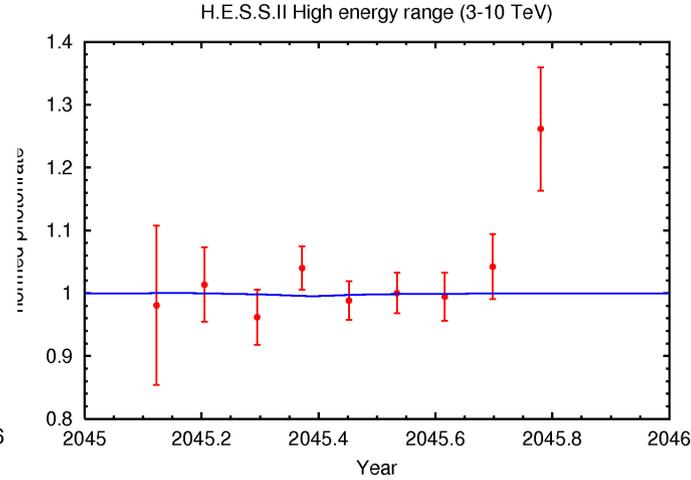
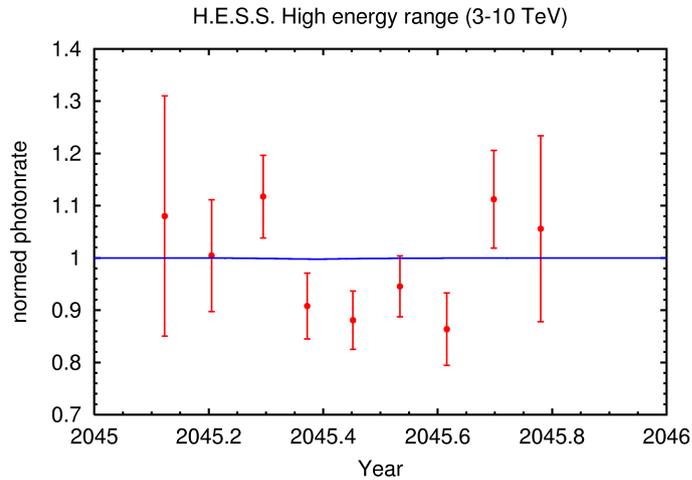
- Photonrate R :
$$R(t) = \int_{E_1}^{E_2} dE A_{eff}(E) \phi(E) \exp(-\tau(E, t))$$
- $\phi(E)$: Spektrum des Galaktischen Zentrums: Power Law mit Index 2.2
- A_{eff} : effektive Fläche des Teleskops
- Fehler \sqrt{R} Gauß-verteilt

TABLE 2. Derived photon rates R (without absorption)

	H.E.S.S. [Hz]	H.E.S.S. II [Hz]	CTA [Hz]
0.1-0.3 TeV energy band	7.8×10^{-3}	9.0×10^{-3}	7.5×10^{-1}
3-10 TeV energy band	6.5×10^{-4}	2.1×10^{-3}	1.8×10^{-2}



Simulation von Lichtkurven



CTA ist in der Lage einen Absorptionseffekt $\sim 3\%$ zu sehen!

Zusammenfassung

- Erwartete Absorption im TeV-Bereich durch Paarzeugung
 - Energieabhängig (Maximum bei ~ 200 GeV)
 - Zeitabhängig durch die Orbits der Sterne
 - Wenn der Effekt nachgewiesen werden kann, ist die direkte Umgebung des SMBH Sgr A* die Quelle der TeV-Strahlung