

Das Zentrum der Milchstrasse spuckt kosmische Strahlung [29. März]

Unser Planet wird ständig von hochenergetischen Teilchen [1] (Protonen, Elektronen und Atomkernen [1]) kosmischen Ursprungs bombardiert; diesen Teilchenbeschuss bezeichnet man als Kosmische Strahlung [1].

Die Teilchen der kosmischen Strahlung sind elektrisch geladen und werden von interstellaren Magnetfeldern [1] in unserer Galaxie abgelenkt. Der Weg der kosmischen Strahlung wird durch diese Ablenkung immer wieder verändert; daher ist es unmöglich zu sagen, welche astrophysikalischen Quellen für die Entstehung der kosmischen Strahlung verantwortlich sind.

Der Ursprung der kosmischen Strahlung ist eines der grössten Rätsel der Wissenschaft.

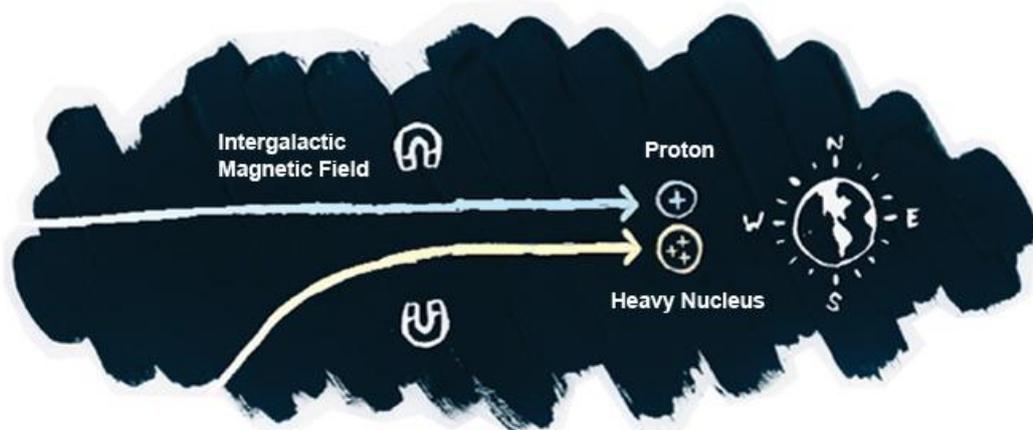


Abb. 1 Die Fortbewegung hochenergetischer kosmischer Strahlung.

Links: Die Trajektorien [1] der kosmischen Strahlung werden durch interstellare und intergalaktische Magnetfelder (Hufeisen) [1] abgelenkt. Die Fortbewegung der kosmischen Strahlung wird durch die Ladung und die Energie der Teilchen beeinflusst. Protonen (+, niedrige Ladung [1]) und sehr hoher Energie werden nur leicht abgelenkt. Dagegen werden schwere Atomkerne [1] (+++, hohe Ladung) stark abgelenkt.

Rechts: Der Planet Erde und die entsprechenden Himmelsrichtungen.

© symmetrymagazine

H.E.S.S.

Seit mehr als 10 Jahren beobachtet das H.E.S.S.-Observatorium (HESS) [1] (Abb. 1) in Namibia [1] das Zentrum der Milchstrasse [1] und sucht dort nach hochenergetischer Strahlung, sog. hochenergetischer Gammastrahlung [1].

Die Kollaboration besteht aus 42 Institutionen aus 12 Ländern; dabei stammen wesentliche Beiträge aus Deutschland und Frankreich. Das Observatorium (Abb. 2) besteht aus einer Anordnung von 5 Teleskopen.

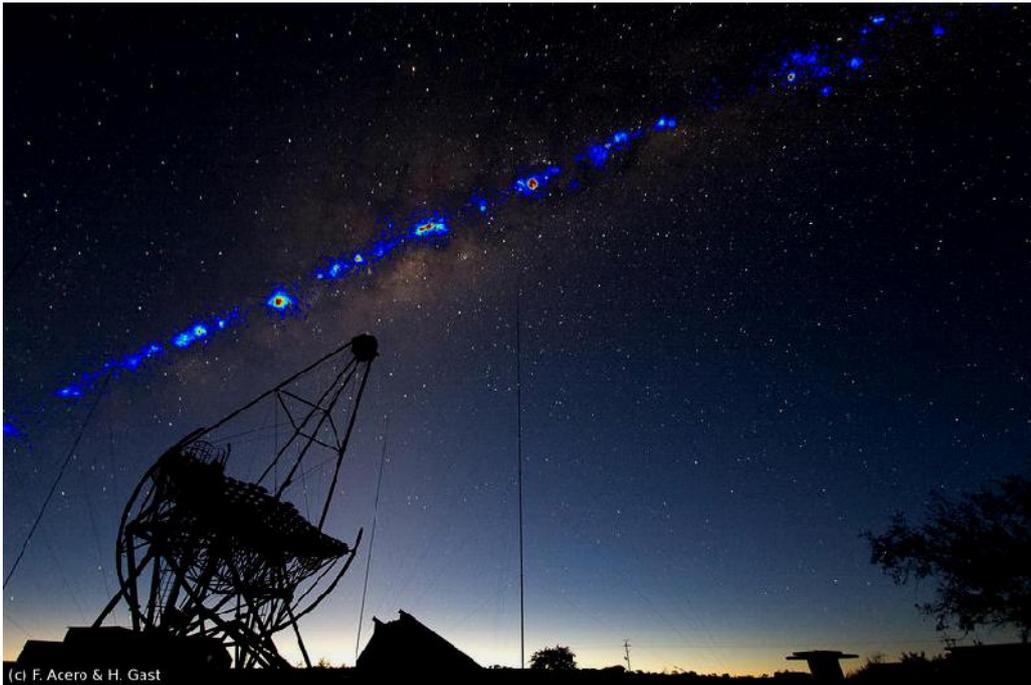


Abb. 2 Das Gammastrahlen-Observatorium HESS in Namibia.
Das HESS-Observatorium besteht aus 5 Teleskopen, die beispielsweise das Zentrum der Milchstrasse nach Gammastrahlung absuchen.
© HESS/F. Acero/H. Gast

Diese von HESS beobachtete Gammastrahlung wird durch kosmische Strahlung aus den innersten Bereichen der Milchstrasse erzeugt. Findet man heraus, woher diese Gammastrahlung stammt, findet man wahrscheinlich die Quelle bzw. Ursache der kosmischen Strahlung.

Die Analyse der neusten HESS-Daten zeigt erstmals die Quelle der kosmischen Strahlung aus dem galaktischen Zentrum, das supermassereiche Schwarze Loch Sgr A* [1] (Abb. 3) in Richtung des Sternbilds Schütze (Sgr) [1]. Dieses dichte und schwere Sternmonster scheint kosmische Strahlung bis auf Energien beschleunigen zu können, die 100 mal höher sind als die des grössten Teilchenbeschleunigers LHC [1] am CERN [1].

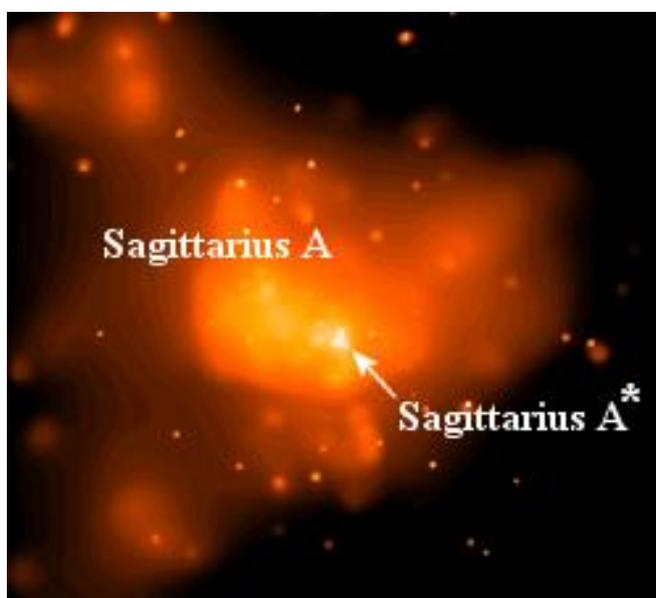


Abb. 3 Position des supermassereichen Schwarzen Lochs im Sternbild Schütze.
Das supermassereiche Schwarze Loch im Zentrum der Milchstrasse befindet sich
wahrscheinlich an der Position der Quelle Sagittarius A* (Sgr A*).

© HESS/F. Acero/H. Gast

Trifft kosmische Strahlung auf ihrem Weg durch das Universum auf Licht
(Photonen [1]) und Gasteilchen, wird Gammastrahlung erzeugt. Diese
Gammastrahlung bewegt sich gradlinig weiter und wird nicht von
Magnetfeldern abgelenkt. Daher ist es möglich, den Ursprung der
Gammastrahlung zurückzuverfolgen.

Trifft hochenergetische Gammastrahlung auf die Erde, wechselwirkt sie mit
Molekülen [1] der oberen Atmosphäre [1] und erzeugt einen Schauer sog.
Sekundärteilchen [1], die während ihrer Abbremsung in Richtung der
Erdoberfläche einen kurzen Lichtblitz erzeugen, die sog. Cherenkov-
Strahlung (Abb. 4).

Die Cherenkov-Strahlung kann mithilfe grosser Teleskope, empfindlicher
Photodetektoren und schneller Elektronik gemessen werden. Auf diese Art und
Weise konnten innerhalb der letzten drei Jahrzehnte bisher mehr als
100 Gammastrahlenquellen identifiziert werden. HESS gehört zu den
modernsten Detektoren für Cherenkov-Strahlung.

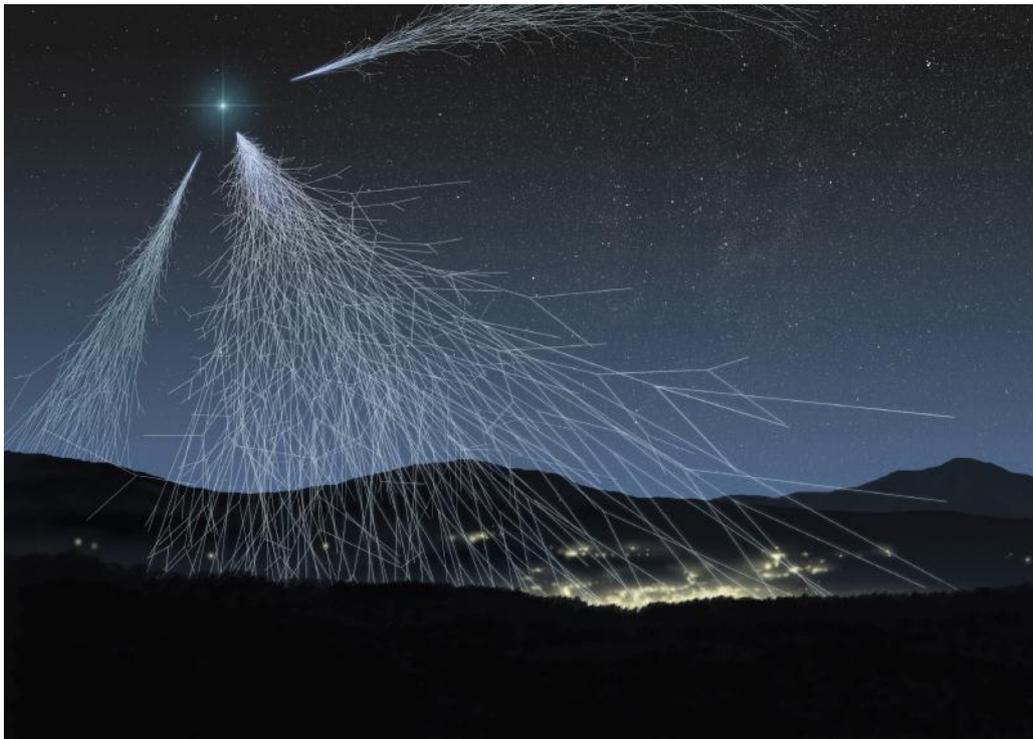


Abb. 4 Schematische Darstellung der Entstehung von Cherenkov-Strahlung.
Trifft hochenergetische Gammastrahlung auf Moleküle in der oberen Erdatmosphäre,
werden Sekundärteilchen erzeugt, die auf ihrem Weg zur Erde einen Lichtblitz
erzeugen, die sog. Cherenkov-Strahlung.

© geek.com

Wo misst man kosmische Strahlung?

Wir wissen, dass kosmische Strahlung mit Energien bis zu 100 TeV (Terra-Elektronenvolt) [1] in unserer Milchstrasse erzeugt wird, beispielsweise von Supernovaresten [1] und Pulsarwindnebeln [1].

Theoretische Argumente und direkte Messungen der kosmischen Strahlung weisen darauf hin, dass der Ursprung der hochenergetischen Strahlung innerhalb unserer Milchstrasse Teilchenenergien von mindestens einem Peta-Elektronenvolt (PeV*) erzeugen könnte.

Neue Messungen

Detaillierte Beobachtungen des galaktischen Zentrums innerhalb der letzten 10 Jahre geben nun mithilfe des HESS-Observatoriums einen ersten Hinweis auf die Existenz der Peta-Elektronenvolt-Energien.

Während der ersten drei Jahre entdeckte HESS eine gewaltige Gammastrahlen-Punktquelle im galaktischen Zentrum sowie eine diffuse Gammastrahlenemission aus Riesenmolekülwolken [1], die das Zentrum der Milchstrasse in einem Abstand von rund 500 Lichtjahren [1] umkreisen (Abb. 5).

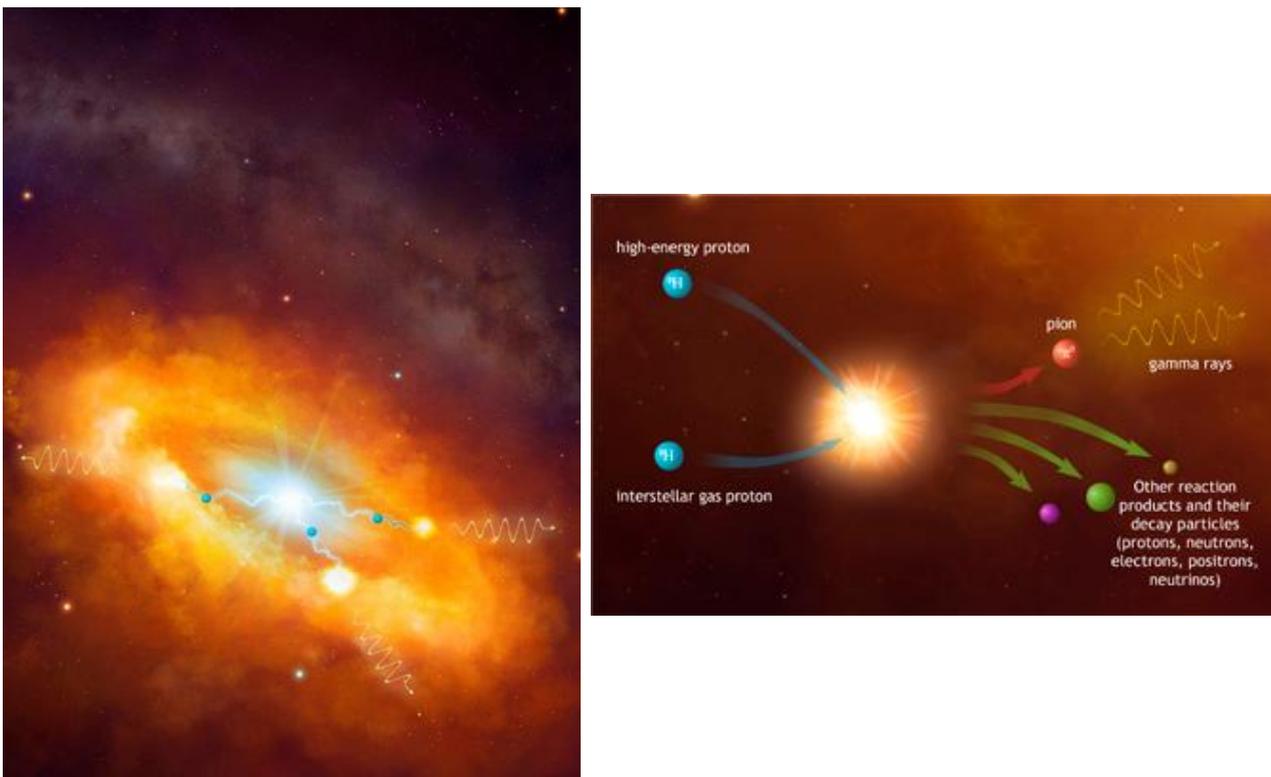


Abb. 5 Künstlerische Darstellung der Entstehung von Gammastrahlung.

Links: Künstlerische Darstellung einer Riesenmolekülwolke in der Nähe des Galaktischen Zentrums, die von sehr hochenergetischen Protonen bombardiert wird. Rechts: Diese Protonen werden in der Nähe des supermassereichen Schwarzen Lochs beschleunigt und senden Gammastrahlung aus. Dabei treffen ein hochenergetisches Proton und ein Proton des interstellaren Gases aufeinander. Nach der Kollision entsteht - neben anderen Teilchen - Gammastrahlung.

© M. A. Garlick/H.E.S.S. Collaboration

Die Molekülwolken im galaktischen Zentrum werden von kosmischer Strahlung mit Geschwindigkeiten von nahezu Lichtgeschwindigkeit [1] bombardiert; durch die Wechselwirkung mit der Materie in den Wolken entsteht Gammastrahlung (Abb. 5). Dabei kann ein Zusammenhang zwischen der beobachteten Gammastrahlung und der Materiedichte in den Molekülwolken festgestellt werden. Dennoch konnte die verantwortliche Quelle bisher nicht ermittelt werden.

Mithilfe weiterer Beobachtungen im Zeitraum 2004-2013 konnten die HESS-Forscher nun erstmals die Quelle der hochenergetischen Teilchen identifizieren: innerhalb von 33 Lichtjahren um das galaktische Zentrum befindet sich eine Quelle, die Protonen auf Energien von rund einem Peta-Elektronenvolt beschleunigen kann, und das seit mindestens 1.000 Jahren.

Wo steckt die Quelle?

Das Zentrum der Milchstrasse beherbergt zahlreiche Objekte, die für die Produktion kosmischer Strahlung verantwortlich sein können, darunter befinden sich ein Supernovarest, ein Pularwindnebel und ein kompakter Haufen massereicher Sterne.

Dennoch scheint das supermassereiche Schwarze Loch Sgr A* [1] die plausibelste Quelle der PeV-Protonen zu sein (Abb. 6). Ein Grossteil dieser Protonen erreicht später die Erde als kosmische Strahlung mit PeV-Energien, jedoch kollidieren einige Protonen mit Gasmolekülen in der Umgebung und erzeugen Gammastrahlung. Diese Gammastrahlung wird von HESS gemessen.

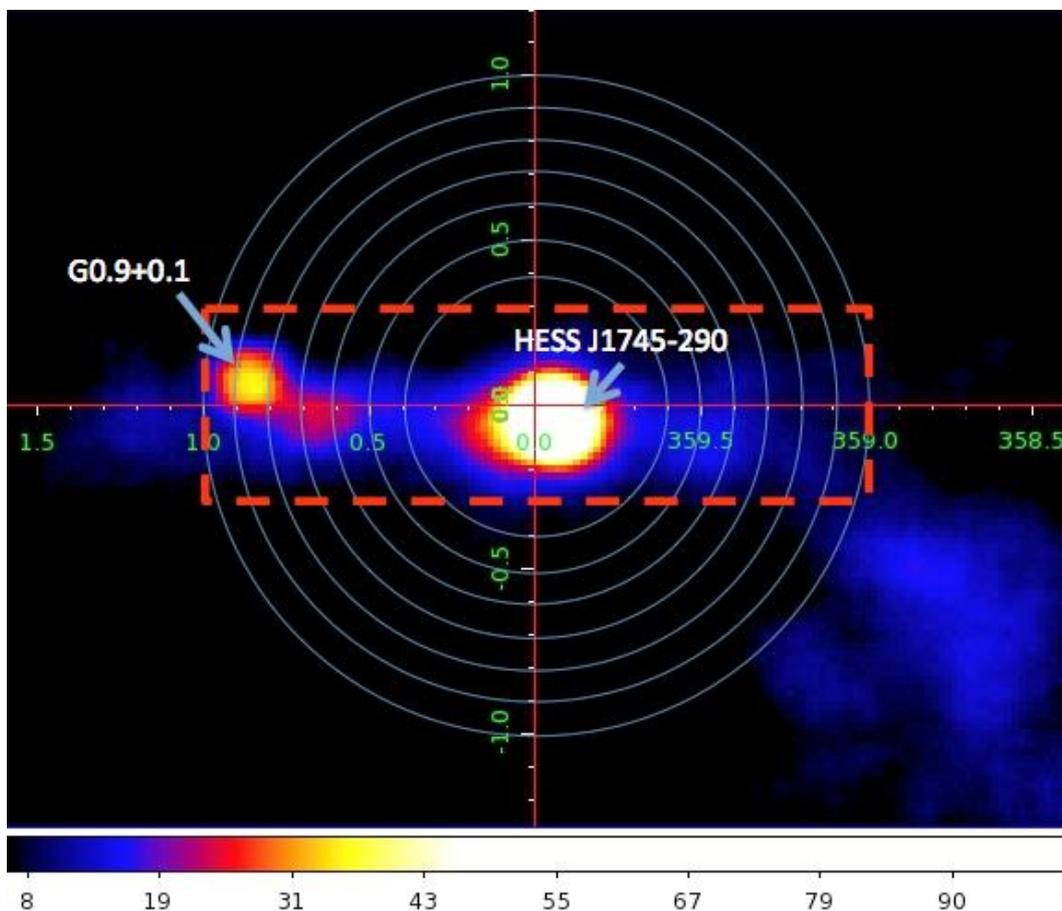


Abb. 6 Gammastrahlenquellen im Galaktischen Zentrum.

Die Abbildung zeigt die von HESS beobachtete Gammastrahlung der innersten rund 1.000 Lichtjahre um das galaktische Zentrum. Die Quelle HESS J1745-290 entspricht räumlich gesehen dem supermassiven Schwarzen Loch bei Sgr A*, dem Pulsarwindnebel des Supernovarests G0.9+0.1 [1] und einem Band diffuser Emission entlang der galaktischen Ebene [1].

© H.E.S.S. Collaboration

Bei der Quelle der Gammastrahlung könnte es sich auch um die unmittelbare Nähe von Sgr A* handeln (Abb. 6) oder eine weiter entfernte Region, aus der Materie auf das Schwarze Loch fällt und dabei zurückgeschleudert wird; dieser Prozess könnte die Beschleunigung der Teilchen auslösen.

Dennoch ist unklar, ob es sich um die gleichen Protonen handelt, die später auf der Erde als kosmische Strahlung ankommen. Bei derart grossen Entfernungen besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die beschleunigten Teilchen in den Halo [1] der Milchstrasse diffundieren und aus der Ebene der Galaxis verschwinden.

Sgr A*

Zwar können diese Protonen die Gesamtmenge der kosmischen Strahlung aus der Richtung des galaktischen Zentrums nicht erklären, jedoch war Sgr A* in der Vergangenheit wesentlich aktiver. In diesem Fall könnte das Schwarze Loch sehr wohl für den Hauptteil der galaktischen kosmischen Strahlung verantwortlich sein, der gegenwärtig auf der Erde ankommt und gemessen wird.

Die wenigen Hinweise auf die Quelle der kosmischen Strahlung lassen nur wenige Möglichkeiten zu; eine davon deutet auf die direkte Umgebung von Sgr A*, eine Region, aus der Gas und Staub [1] durch die starke Schwerkraft in die unmittelbare Nähe des supermassiven Schwarzen Lochs gezogen wird. Möglicherweise könnten die dort herrschenden elektrischen und magnetischen Felder [1] des dort befindlichen superheissen Materials auch Protonen bis auf hohe Energien beschleunigen.

Zur Bestätigung dieser Theorie wird HESS das Galaktische Zentrum weiter nach Gammastrahlung absuchen und sich auf Änderungen der Leuchtkraft des Zentrums konzentrieren. Möglicherweise geben diese Helligkeitsänderungen einen Hinweis auf die Verteilung der Gammastrahlung um das Schwarze Loch.

Aussichten

Falls sich die neuen Ergebnisse als richtig erweisen, könnten sie dafür sorgen, dass die bisherigen Modelle zur Entstehung und Herkunft kosmischer Strahlung kräftig durchgerüttelt werden.

Deutlichere Hinweise erhoffen sich die Forscher durch die Konstruktion eines neuen Detektors, des Cherenkov Telescope Array (CTA) [1]. Das CTA soll mithilfe von 100 Spiegeln, die auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre der Erde aufgestellt werden, auch das Galaktische Zentrum mit einer verbesserten Auflösung beobachten. Die Forscher wollen sich dabei auf die

Frage konzentrieren, ob es sich bei der Quelle im Zentrum der Galaxis um eine Punktquelle oder eine ausgedehnte Quelle der Gammastrahlung handelt.

Diese Antworten könnten ebenfalls Hinweise auf die energiereichste Gammastrahlung des Universums geben, die man in sog. Aktiven Galaxienkernen (AGN) [1] misst. Bei diesen entfernten Objekten vermutet man, dass supermassereiche Schwarze Löcher die sie umgebende Materie so schnell verschlingen, dass das auf sie fallende Gas und Staub auf enorme Temperaturen aufgeheizt werden. Die heiße Materie wird dabei so hell, dass man das Leuchten selbst über grosse Entfernungen im Universum beobachten kann.

Falls das supermassereiche Schwarze Loch im Zentrum der Milchstrasse imstande ist kosmische Strahlung zu erzeugen, könnten aktive Galaxienkerne das Gleiche tun und extragalaktische kosmische Strahlung erzeugen.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

*

1 TeV = 10^{12} eV (Elektronenvolt [1])

(entspricht Energien, die Tausend Milliarden mal höher sind als sichtbares Licht)

1 PeV = 1.000 TeV = 10^{15} eV

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] H.E.S.S. Collaboration, Aharonian, F., et al., Nature (16 March 2016)

[3] <http://www2.cnrs.fr>

[4] Mehr Information zum HESS-Observatorium
<https://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/>