



Pressemitteilung

Beschleuniger kosmischer Strahlung mit beispielloser Energie im Zentrum der Milchstraße

Wissenschaftlerteam identifiziert das supermassive schwarze Loch Sagittarius A* als wahrscheinliche Quelle

Dr. Karl Guido Rijkhoek
Leiter

Janna Eberhardt
Forschungsredakteurin

Telefon +49 7071 29-76788
+49 7071 29-77853

Telefax +49 7071 29-5566
karl.rijkhoek[at]uni-tuebingen.de
janna.eberhardt[at]uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/aktuell

Tübingen, den 17.03.2016

Einem internationalen Wissenschaftlerteam unter Beteiligung der Universität Tübingen ist es erstmals gelungen, eine Quelle kosmischer Strahlung zu identifizieren, die Elementarteilchen auf Energien von bis zu einem Petaelektronvolt beschleunigen kann. Die Strahlenquelle ist damit etwa hundertmal energiereicher als der größte von Menschen gebaute Teilchenbeschleuniger, der LHC am CERN. Als Beschleuniger fungiert offenbar das supermassive schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße. Ihre Analyse veröffentlichten die Wissenschaftler am 16. März 2016 im Fachjournal *Nature*.

Seit mehr als zehn Jahren kartografieren die H.E.S.S.-Teleskope in Namibia das Zentrum der Milchstraße in höchstenergetischer Gammastrahlung. Dieses Gammalicht wird von sogenannter kosmischer Strahlung im innersten Bereich unserer Galaxie erzeugt. Bei einer detaillierten Auswertung neuester H.E.S.S.-Daten identifizierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler jetzt das supermassive schwarze Loch Sagittarius A* als wahrscheinlichste Quelle. An der H.E.S.S.-Kollaboration sind von der Universität Tübingen Professor Andrea Santangelo und Dr. Gerd Pühlhofer vom Institut für Astronomie und Astrophysik beteiligt.

Unsere Erde ist ständig dem Bombardement hochenergetischer Teilchen aus dem Weltall ausgesetzt. Dabei handelt es sich um Protonen, Elektronen und Atomkerne, die gemeinhin als „kosmische Strahlung“ bezeichnet werden. Die Frage, welche astrophysikalischen Quellen die kosmische Strahlung produzieren, treibt die Wissenschaftler schon seit mehr als einem Jahrhundert um. Das Problem: Die Teilchen sind elektrisch geladen, weshalb sie in interstellaren Magnetfeldern von ihrer geraden Bahn abgelenkt werden. Aus diesem Grund zeigt ihre Ankunftsrichtung nicht auf ihren Produktionsort zurück. Zum Vorteil der Wissenschaftler treten die Teilchen der kosmischen Strahlung jedoch in der Nähe ihrer Quellen häufig mit interstellarem Gas oder Photonen in Wechselwirkung; dabei wird

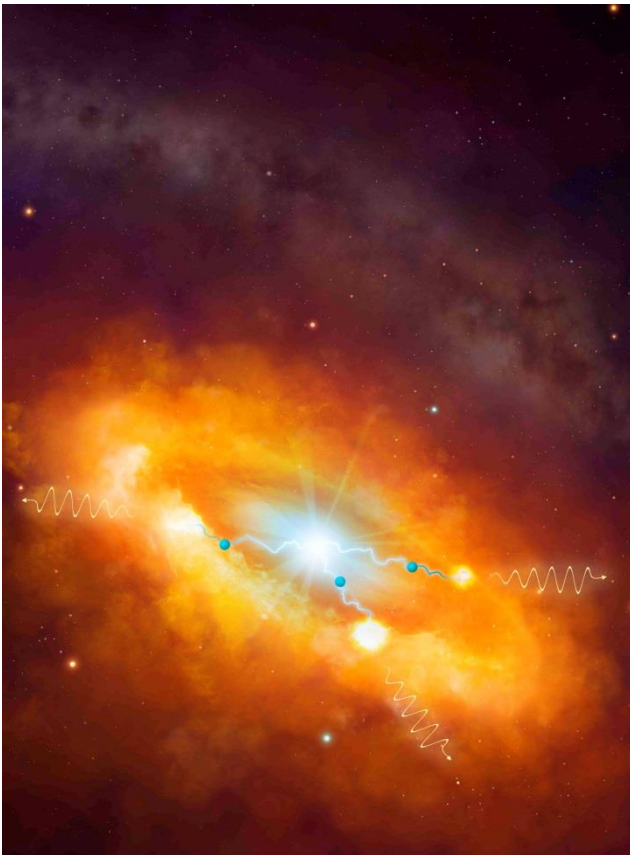
hochenergetische Gammastrahlung produziert, welche die Erde auf geradem Weg erreicht. Diese Gammastrahlung können die Forscher nutzen, um die Quellen der kosmischen Strahlung am Himmel sichtbar zu machen.

Von bisher bekannten Quellen wusste man, dass sie kosmische Strahlung mit Energien bis zu etwa hundert Teraelektronvolt ($\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$, das entspricht etwa dem tausendmilliardenfachen der Energie des sichtbaren Lichts) in der Milchstraße erzeugen können. Theoretische Berechnungen und die direkte Messung der kosmischen Strahlung legten nahe, dass diese Teilchen in unserer Galaxie bis zu Energien von mindestens einem Petaelektronvolt ($\text{PeV} = 1000 \text{ TeV} = 10^{15} \text{ eV}$) beschleunigt werden sollten. Die Suche nach den Beschleunigern bis zu diesen hohen Energien blieb jedoch bislang erfolglos.

Detaillierte Beobachtungen des Zentrums der Milchstraße, die mit den H.E.S.S.-Teleskopen während der letzten zehn Jahre durchgeführt wurden, liefern jetzt erste Antworten. Schon während der ersten Beobachtungsjahre hatte H.E.S.S. eine starke kompakte Quelle sowie ein ausgedehntes Band diffuser höchstenergetischer Gammastrahlung im Zentrum der Milchstraße nachgewiesen. Die diffuse Strahlung erstreckt sich über eine Region von etwa 500 Lichtjahren Durchmesser, die dichte Molekülwolken beinhaltet. Die Gammastrahlung entsteht, wenn kosmische Strahlung mit dem Material der Wolken in Wechselwirkung tritt. Der Nachweis dieser diffusen Strahlung mit H.E.S.S. war ein deutlicher Hinweis darauf, dass sich eine Quelle kosmischer Strahlung in dieser Region befinden muss, sie konnte jedoch zunächst nicht eindeutig identifiziert werden.

Neuere H.E.S.S.-Beobachtungsdaten aus den Jahren 2004 bis 2013 sowie verbesserte Analysetechniken haben die Ergebnisse jetzt erheblich verfeinert. „Zum ersten Mal konnten wir mit H.E.S.S. jetzt die Verteilung der kosmischen Strahlungsteilchen sowohl räumlich als auch gleichzeitig nach Energien aufgelöst vermessen“, erklärt Professor Andrea Santangelo, der Leiter der Arbeitsgruppe Hochenergieastrophysik an der Universität Tübingen. Erstmals lässt sich auch der Ursprung dieser Teilchen bestimmen: „Im Zentrum der Milchstraße sind Protonen auf Energien von bis zu einem Petaelektronvolt beschleunigt worden“, sagt Dr. Gerd Pühlhofer, der die Aktivitäten der Tübinger Arbeitsgruppe Hochenergieastrophysik für den hochenergetischen Gammabereich koordiniert. „Es muss dort einen Beschleuniger geben, der ununterbrochen mindestens tausend Jahre lang gearbeitet hat.“ Damit würde es sich um das erste „Pevatron“ handeln – so genannt in Analogie zum „Tevatron“, dem ersten Teilchenbeschleuniger auf der Erde, welcher eine Energie von 1 Teraelektronvolt erreicht hat.

Der Zentralbereich unserer Milchstraße beherbergt viele Objekte, die kosmische Strahlung großer Energie erzeugen können, unter anderem einen Supernovaüberrest, einen Pulsarwindnebel und einen kompakten Sternhaufen. „Dennoch ist das supermassive schwarze Loch im Galaktischen Zentrum, das Sagittarius A* genannt wird, die plausibelste Quelle der PeV-Protonen“, sagt Felix Aharonian vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg und Dublin Institute for Advanced Studies. Die Messungen zeigen aber auch, dass diese Quelle allein den auf der Erde gemessenen Fluss der kosmischen Strahlung nicht aufrechterhalten kann. „Wenn Sagittarius A* aber in der Vergangenheit aktiver war“, erläutert Christopher van Eldik von der Universität Erlangen, der Vizedirektor der H.E.S.S.-Kollaboration und Sprecher der deutschen Gruppen, das Argument der Forscher, „dann könnte es tatsächlich für die gesamte galaktische kosmische Strahlung verantwortlich sein.“



Ein kosmisches Pevatron im Zentrum der Milchstraße. Künstlerische Darstellung der Prozesse, die zur Entstehung der Gammastrahlung beitragen. Protonen (dargestellt als blaue Kugeln), die von Sagittarius A* (helle Quelle im Zentrum) beschleunigt werden, wechselwirken mit Molekülwolken der Umgebung. Bei der Wechselwirkung werden unter anderem Pionen erzeugt, die fast sofort zu Gammastrahlungsphotonen zerfallen (gelbe Wellen). Im Hintergrund: Aufnahme der Milchstraße im sichtbaren Licht.

Illustration: Dr. Mark A. Garlick / H.E.S.S.-Kollaboration

Originalveröffentlichung:

Acceleration of Petaelectronvolt protons in the Galactic Centre, H.E.S.S. collaboration.
Corresponding authors: F. Aharonian, S. Gabici, E. Moulin and A. Viana, *Nature* (online), 16 March 2016 (DOI 10.1038/nature17147);
<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature17147.html>

Internationale Pressemitteilung der H.E.S.S.-Kollaboration: <http://www2.cnrs.fr/en/22.htm>

Kontakt:

Universität Tübingen
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Institut für Astronomie und Astrophysik/Kepler Center for Astro and Particle Physics
Prof. Dr. Andrea Santangelo
Telefon +49 7071 29-78128
Santangelo[at]astro.uni-tuebingen.de

Dr. Gerd Pühlhofer
Telefon +49 7071 29-74982
Gerd.Puehlhofer[at]astro.uni-tuebingen.de

Institut für Astronomie und Astrophysik: <http://www.uni-tuebingen.de/de/4656>

Weiterführende Links:

H.E.S.S. Homepage: www.mpi-hd.mpg.de/HESS

H.E.S.S.-Instrument: www.mpi-hd.mpg.de/HESS/pages/about/

H.E.S.S. II – Pressemitteilung der Universität Tübingen: [http://www.uni-tuebingen.de/en/1369?tx_ttnews\[tt_news\]=10160](http://www.uni-tuebingen.de/en/1369?tx_ttnews[tt_news]=10160)

Die H.E.S.S.-Teleskope

Die Kollaboration: Das High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.)-Team wird gebildet von Wissenschaftlern aus Deutschland, Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Namibia, Südafrika, Irland, Armenien, Polen, Australien, Österreich, Schweden und den Niederlanden. Über die Arbeitsgruppe Hochenergieastrophysik am Institut für Astronomie und Astrophysik (IAAT) gehört auch die Universität Tübingen zur H.E.S.S.-Kollaboration, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Deutschland ist führend auf dem Gebiet der bodengebundenen Gammaastronomie, zu den 42 Instituten, die an H.E.S.S. beteiligt sind, gehören das Max-Planck-Institut für Kernphysik (Heidelberg), DESY (Standort Zeuthen), die Universitäten Bochum, Hamburg, Erlangen, Potsdam, Heidelberg, Tübingen und die Humboldt-Universität zu Berlin.

Das Instrument: H.E.S.S. besteht aus vier Teleskopen von jeweils 13 Metern Durchmesser, die vor kurzem durch das riesige H.E.S.S. II 28-Meter-Teleskop ergänzt wurden. Das System ist eines der empfindlichsten Detektoren für sehr hochenergetische Gammastrahlen. Diese werden von der Erdatmosphäre absorbiert und lösen dabei einen kurzzeitigen Teilchenschauer aus. Die von diesen Teilchen ausgesandten kurzen bläulichen Lichtblitze (das sogenannte Cherenkov-Licht mit einer Leuchtdauer von wenigen Milliardstel Sekunden) werden von den H.E.S.S.-Teleskopen detektiert, indem das Licht mit großen Spiegeln gesammelt und auf extrem empfindliche Kameras reflektiert wird. Die H.E.S.S.-Teleskope sind seit Ende 2002 in Betrieb. Die meisten bekannten kosmischen Objekte, die sehr hochenergetische Gammastrahlen emittieren, wurden von H.E.S.S. entdeckt. In einer 2009 durchgeführten Studie wurde H.E.S.S. unter den zehn bedeutendsten Sternwarten der Welt aufgeführt.