



Das Luftbild von HAWC zeigt das Hauptdetektor-Array umgeben von der „Outrigger“ Hochenergie-Erweiterung.

neren und lockerer verteilten Wasser-Tscherenkow-Tanks nachweisen. Dies ist das Prinzip der Hochenergie-Erweiterung von HAWC: Das „Outrigger“-Array aus 350 kleineren Tanks (Titelbild) mit je einem Lichtsensor umgibt das Hauptdetektor-Array aus großen Tanks, was die Sammelfläche des Observatoriums um einen Faktor vier vergrößert.

Die Ausleseelektronik dazu basiert auf derjenigen, die am MPIK für FlashCam, eine Kamera für mittelgroße Teleskope des Cherenkov Telescope Array, entwickelt wurde. CTA wird ebenfalls den Hochenergie-Gammastrahlenhimmel beobachten, dazu aber das Tscherenkow-Licht messen, das die Teilchenschauer direkt in der Atmosphäre emittieren. Die Elektronik digitalisiert die von den Lichtsensoren im Outrigger-Array registrierten Signale mit einer Sammelrate von 250 MHz. Kommen von zwei oder mehreren benachbarten Tanks Signale innerhalb einer kurzen Zeitspanne, werden diese Daten zur Weiterverarbeitung gespeichert.

HAWC und das MPIK

Die Gruppe am MPIK wirkt an der Auswertung der gesammelten Daten des Observatoriums mit und spielte eine wichtige Rolle beim Bau der Erweiterung von HAWC, um dessen Leistungsfähigkeit bei höchsten Energien zu steigern. Neben der Ausleseelektronik hat die Gruppe auch Software zur Analyse der kombinierten Daten geliefert. Das Outrigger-Array wurde teilweise vom MPIK finanziert.

Das HAWC-Observatorium wird von einer Kollaboration von 34 Instituten aus Mexiko, den USA und Europa betrieben. Sein Hauptdetektor-Array mit einer Fläche von etwa 20 000 m² war im Frühjahr 2015 fertiggestellt. Das Outrigger-Array ging im Sommer 2018 in Betrieb.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Jim Hinton
Tel.: 06221 516140
E-Mail: jim.hinton@mpi-hd.mpg.de

Dr. Felix Werner
Tel.: 06221 516 143
E-Mail: felix.werner@mpi-hd.mpg.de

Dr. Harm Schoorlemmer
Tel.: 06221 516145
E-Mail: harm.schoorlemmer@mpi-hd.mpg.de



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

HAWC

Weitwinkelaussicht auf das nicht-thermische Universum



Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg

www.mpi-hd.mpg.de



Das Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) ist eines von 84 Instituten und Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft. Das MPIK betreibt experimentelle und theoretische Grundlagenforschung auf den Gebieten der Astroteilchenphysik und der Quantendynamik.



MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR KERNPHYSIK

HAWC

Weitwinkerblick auf das nicht-thermische Universum

Auf dem Sattel zwischen den Vulkanen Sierra Negra und Pico de Orizaba in Zentral-Mexiko beobachten zahlreiche Wassertanks den Himmel: das High Altitude Water Cherenkov Gammastrahlen-Observatorium HAWC. Die große Höhe von 4100 Meter über dem Meeresspiegel ermöglicht einen einzigartigen Blick auf die energiereichsten Gammastrahlen aus dem Universum. HAWC vermisst den nördlichen Himmel bei diesen höchsten Energien mit beispielloser Empfindlichkeit.

Das nicht-thermische Universum

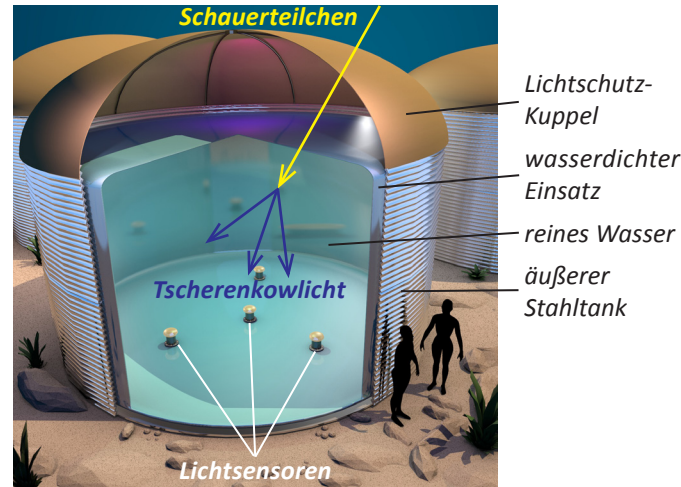
HAWC weist Gammalicht nach mit Energien über 10^{12} eV – eine Billion mal energiereicher als sichtbares Licht. Es kann nicht in normalen Sternen als thermische Strahlung erzeugt werden. Stattdessen muss es aus den extremsten Orten im Universum stammen, wie der Umgebung von schwarzen Löchern oder den Schockwellen explodierender Sterne – kosmischen Beschleunigern. Dort mäandern extrem beschleunigte – relativistische – elektrisch geladene Teilchen unter dem Einfluss kosmischer Magnetfelder durch das All. Höchstenergetische Gammastrahlen entstehen, wenn diese Teilchen mit interstellarem Gas oder Strahlungsfeldern wechselwirken. Anders als geladene Teilchen breiten sich Gammastrahlen auf geradem Weg aus, lassen sich also zu ihrer Quelle zurück verfolgen.



Das HAWC-Observatorium am Pico de Orizaba (Citlaltépetl).

Direkter Nachweis von Teilchenschauern

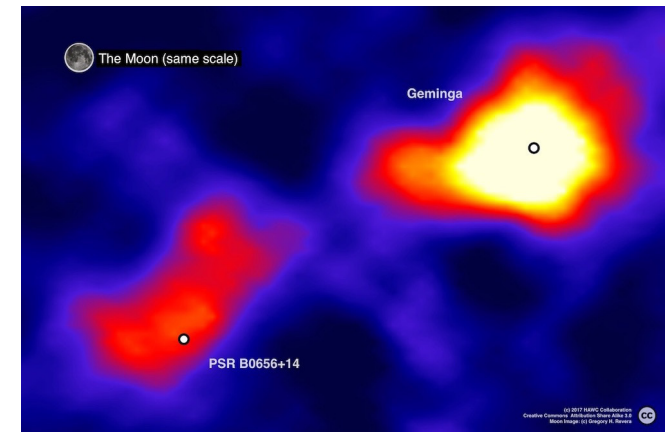
HAWC misst die Sekundärteilchen, die bei der Absorption eines hochenergetischen Gammaquants in der Atmosphäre entstehen. Dringt ein Teilchen in einen der 300 Tanks (7,3 m Durchmesser, 4,5 m hoch, gefüllt mit hochreinem Wasser) ein, erzeugt es einen kurzen Blitz sogenannten Tscherenkow-Lichts.



Skizze eines der Wasser-Tscherenkow-Detektoren von HAWC.

Vier große Lichtsensoren am Boden des Wassertanks registrieren diesen Lichtblitz. Aus der von allen Lichtsensoren im Observatorium gemessenen Helligkeit und der Eintreffzeit lassen sich die Eigenschaften des Teilchenschauers ableiten. Dies ermöglicht es, das den Teilchenschauer auslösende Primärteilchen – Gamma- oder kosmische Strahlung (d. h. geladenes Teilchen) – zu identifizieren sowie seine Energie und Ursprungsrichtung zu bestimmen.

Da die Richtung aller am Boden ankommenden Teilchenschauer bestimmbar ist, hat HAWC einen großen Blickwinkel und überwacht ständig ca. 15% des gesamten Himmels, was insgesamt täglich etwa zwei Drittel des Nordhimmels ausmacht. Dieser Weitwinkerblick macht HAWC besonders geeignet, um ausgedehnte Objekte zu studieren und bisher unbekannte Gam-



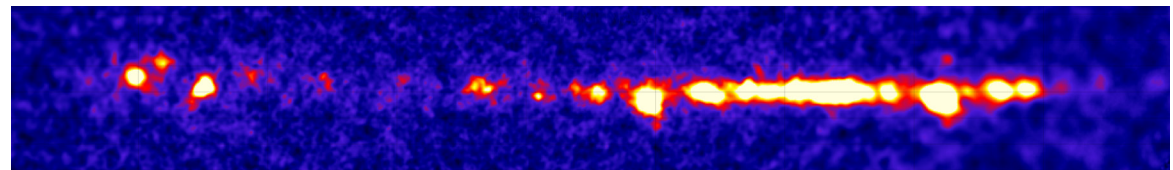
Weitwinkerbild von HAWC der Region um die beiden nahen Pulsare Geminga und PSR B0656+14.

mastrahlenquellen zu suchen. Alle Beobachtungen über die Betriebszeit des Observatoriums zusammen ergeben ein umfassendes Bild des Himmels bei höchsten Energien.

Schon die ersten Beobachtungsjahre lieferten wichtige Einblicke in das Universum bei höchsten Energien. Insgesamt hat HAWC bisher 40 Quellen höchstergetischer Gammastrahlen-Emission gefunden, von denen 14 vorher unbekannt waren. Darunter befinden sich zwei sehr ausgedehnte Emissionsregionen mit etwa der zehnfachen Größe des Vollmonds am Himmel. Ursache dafür sind wahrscheinlich sehr hochenergetische Elektronen, die von Pulsaren beschleunigt werden und in den interstellaren Raum entkommen. Die Datenanalyse zeigte, dass diese Elektronen aber deutlich langsamer sind als vorher angenommen.

Eine Erweiterung des Arrays

Weil die Anzahl von Gammaquanten mit zunehmender Energie stark abnimmt, sind für Beobachtungen bei höchsten Energien große Sammelflächen erforderlich. Andererseits produzieren energiereichere Gammaquanten bei ihrer Absorption in der Atmosphäre Schauer mit mehr Teilchen. Deshalb lässt sich energiereicheres Gammalicht mit klei-



Die Milchstraße aus der Sicht von HAWC: zahlreiche Quellen sind klar aufgelöst zu erkennen.