

Nachtschicht in Namibia

Im Khomas Hochland von Namibia stehen fünf Cherenkov-Teleskope, die den Himmel nach Quellen hochenergetischer Gammastrahlung durchforsten.

Maike Pfalz

#) Für die Hintergründe und wissenschaftlichen Ergebnisse von H.E.S.S. vgl. auch die beiden Artikel von Werner Hofmann im Physik Journal, Januar 2008, S. 33 und August/September 2015, S. 51

Um 20 nach fünf am Nachmittag sitze ich auf den Stufen zu einem imposanten, 60 Meter hohen Teleskop, das zusammen mit vier kleineren Teleskopen mitten im Nirgendwo von Namibia steht. Der Sonnenuntergang ist eindrucksvoll: Während die Sonne hinter einem der kleinen Teleskope versinkt, färbt sie den Himmel rötlich-golden. Ein Vogel sitzt oben auf der Stahlkonstruktion und scheint dieses Schauspiel genauso zu genießen wie ich. Erst als der letzte Sonnenstrahl am Horizont verschwunden ist und es schlagartig dunkel wird, fliegt er davon. Für die Mitarbeiter auf der H.E.S.S.-Site beginnt nun die spannendste Phase des Tages, denn sobald es vollkommen dunkel ist, richten sich die Teleskope des High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.) zur Milchstraße aus. Sie suchen nach Gammaquellen.^{#)}

Die von einer kosmischen Quelle erzeugte hochenergetische Gammastrahlung kann die Erdatmosphäre nicht durchdringen. Aber sie reagiert mit den Atomkernen der oberen Atmosphäre und wandelt sich in Paare aus Elektronen und Positronen um. Letztlich entsteht dabei eine Kaskade von hochrelativistischen Teilchen, die Cherenkov-Licht emittieren. Der zugehörige Lichtkegel bildet auf der Erde einen Fleck mit einem Durchmesser von rund 250 Metern. Seine Spitze zeigt zurück auf die kosmische Quelle. Die vier kleinen H.E.S.S.-Teleskope stehen auf den Eckpunkten eines Quadrats mit einer



In der Residenz auf der H.E.S.S.-Site wohnen die Mitarbeiter. Auf der Terrasse in

der Mitte zwischen den zwei Gängen öffnet sich der Blick in die Hochebene.

Seitenlänge von 120 Metern – ein Kompromiss, um möglichst viele Signale aufzusammeln und um das Licht eines Schauers in mindestens zwei Teleskopen zu registrieren. Nur dann lässt sich zuverlässig auf den Ursprung der kosmischen Quelle schließen. Kürzlich ist es gelungen, im Galaktischen Zentrum die ersten Spuren

von Protonen mit einer Energie im Petaelektronenvoltbereich nachzuweisen.

Im Mai habe ich Gelegenheit, mir das Experiment vor Ort anzusehen. Dabei begleitet mich Michael Panter vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. Für ihn ist es etwa der fünfzigste Besuch in Namibia. 1997



reiste er mit Werner Hofmann, dem langjährigen Sprecher der Kollaboration, und mit Heinz Völk, damals Direktor am MPI für Kernphysik, nach Afrika, um sich zwei mögliche Standorte für die H.E.S.S.-Teleskope anzusehen: den Gamsberg in Namibia und Sutherland in Südafrika. Die Wahl fiel auf Namibia, doch nicht auf den über 2300 Meter hohen Gamsberg. „Die letzten 50 Meter hoch zum Plateau geht es über eine enge, unbefestigte Zickzack-Straße. Auf der Fahrt habe ich mir einen Hexenschuss geholt“, erinnert sich Werner Hofmann. Der Gamsberg gehört zwar der Max-Planck-Gesellschaft, doch der Bau einer Straße dorthin hätte mehr gekostet als die Teleskope. Daher haben sich Werner Hofmann, Michael Panter und Heinz Völk andere mögliche Standorte angesehen. Schlussendlich entschieden sie sich gemeinsam mit Christo Raubenheimer, damals Professor der North-West University in Südafrika, für die Farm Goellschau, die rund 100 Kilometer von Windhuk entfernt und in 1800 Metern Höhe im Khomas Hochland liegt.

Zwei Jahre dauerte es, bis die Verträge zwischen Deutschland und Namibia unter Dach und Fach waren, sodass 2000 der Bau der vier Teleskope beginnen konnte. „Das verlief reibungslos, in der Erinnerung sowieso“, lacht Werner Hofmann. Bei allen kritischen Pha-



Der Spiegel von H.E.S.S. II setzt sich aus 25 Feldern von jeweils bis zu 42 sechseckigen Spiegeln zusammen. Dort spiegeln sich der Himmel und das Hochland. Auf Schienen ist der Koloss drehbar.

sen im Bau, beispielsweise bei der Vermessung und Befestigung der Schienen, auf denen sich die Teleskope drehen, war jemand aus der Kollaboration vor Ort. Häufig war es Michael Panter, der technische Koordinator des Projekts. Zweimal im Jahr besucht er die Site, um nach dem Rechten zu sehen, mit den Mitarbeitern zu sprechen oder Wartungsarbeiten durchzuführen. „Ohne unseren Site-Manager Toni

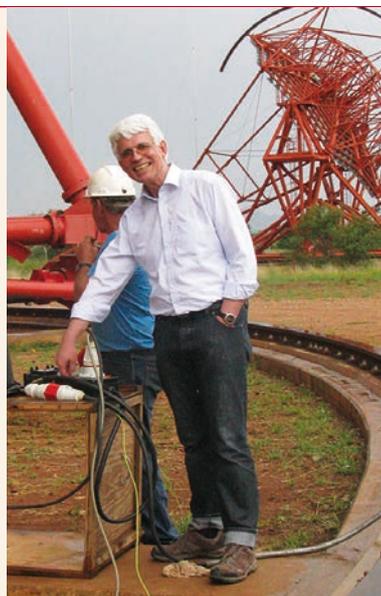
Hanke würde ich aber nicht am Teleskop schrauben“, erklärt er. „Toni's umfassendes Wissen und seine extreme Fähigkeit, Probleme zu lösen, haben uns schon oft geholfen!“ Dieses Mal soll Michael Panter nach der Schleppkette am großen Teleskop schauen, welche die Kabel führt, die von außen ins Teleskop gelangen und bei der Azimutdrehung kontrolliert mitlaufen sollen.

Nachdem wir uns in Windhuk mit Vorräten eingedeckt haben – bei H.E.S.S. herrscht Selbstverpflegung und der nächste Supermarkt ist über 90 Kilometer entfernt – starten wir in Richtung Goellschau. Die Fahrt dauert anderthalb Stunden, gut eine davon verbringen wir auf der Hauptstraße C26, nicht mehr als eine unbefestigte Schotterpiste. Kurz nachdem ich in der Ferne das große Teleskop entdeckt habe, taucht auf der rechten Seite ein kleines Schild auf, das die H.E.S.S.-Site ankündigt. Ein paar Kilometer weiter erreichen wir den Parkplatz der „Residenz“.

Dort herrscht wie meistens am Vormittag eine nahezu gespenstische Stille. Die „Schichter“ schlafen noch, weil sie nachts die Messungen überwacht haben. Die vier

STERN-GERLACH-MEDAILLE 2016

Werner Hofmann wurde mit der Stern-Gerlach-Medaille 2016 ausgezeichnet „in Würdigung seiner entscheidenden Beiträge zur Etablierung der TeV-Gammastrahlungsastronomie, basierend auf der Entwicklung abbildender Cherenkov-Teleskope in den Experimenten HEGRA und H.E.S.S.“ Er studierte Physik in Karlsruhe, wo er 1977 promovierte. Nach der Habilitation an der Uni Dortmund ging Hofmann 1982 an das Lawrence Berkeley National Lab in den USA. 1984 wurde er Assistant Professor an der UC Berkeley, 1985 Associate Professor und 1987 Professor. Seit 1988 ist er Direktor am MPI für Kernphysik in Heidelberg. 2000 bis 2012 war er Sprecher der H.E.S.S.-Kollaboration, seit 2008 ist er Sprecher der CTA-Kollaboration.



Volker, Frikkie und Michael (v. l.) besprechen die Arbeiten für den Tag. Frikkie van Greunen hat als Werkstatteleiter bei NEC bereits beim Bau der ersten Teleskope geholfen.



festen Mitarbeiter sind schon bei der Arbeit. Sie leben in Windhuk, wohnen aber während der Woche in der Residenz. Neben den Wohnräumen gibt es eine Küche, einen Waschraum und einen Gemeinschaftsraum mit Sofa, Tisch und Stühlen, Fernseher, einer Bibliothek und einer Tischtennisplatte.

Nachdem wir die Vorräte im Kühlschrank verstaut haben, schnappt sich Michael Panter einen Sonnenhut aus seinem Spind, und wir fahren weiter zu den rund einen Kilometer entfernten Teleskopen. Erst aus der Nähe zeigen sich die vier kleinen Teleskope. Ursprünglich waren 16 geplant, doch nach den ersten vier fiel die Entscheidung, statt weiterer kleiner Teleskope ein großes zu bauen. H.E.S.S. ist das erste stereoskopische System mit Teleskopen unterschiedlicher Größe. Während die kleinen Teleskope in einem Energiebereich von 100 GeV bis 100 TeV empfindlich sind, kann H.E.S.S. II schwächere Schauer bis 20 GeV detektieren.

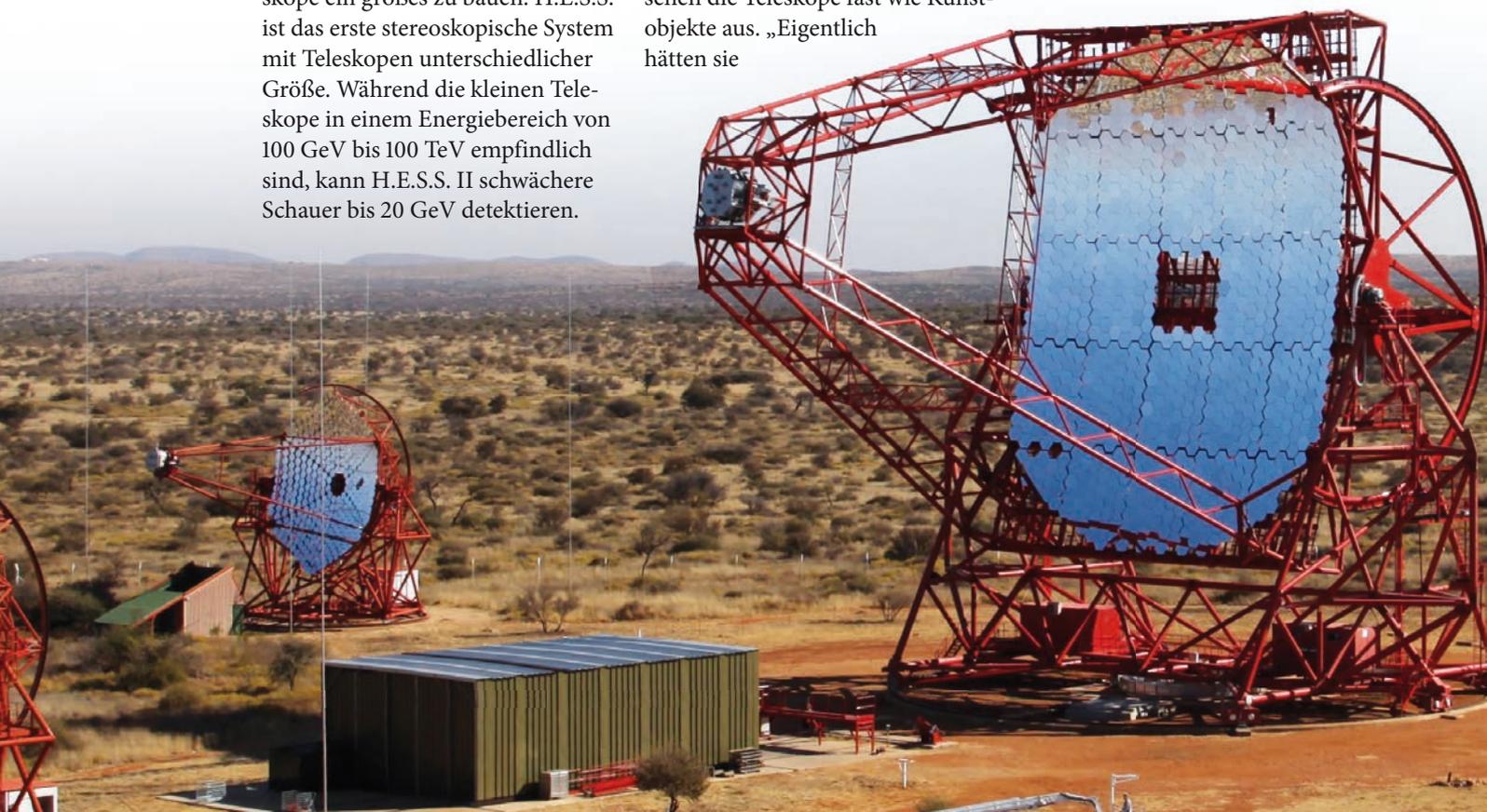
Das Kontrollzentrum nahe der Teleskope ist ein einstöckiger Bau, der aussieht wie jedes andere Physikinstitut mit Büros, einem IT-Raum, einer Küche, einer Werkstatt und natürlich dem Kontrollraum, von dem aus die Teleskope gesteuert werden. Von dort geht es durch eine Schleuse zu den Teleskopen – denn sobald eine Person auf dem mit einem Elektrozaun gesicherten Gelände ist, dürfen sich die Teleskope nicht mehr automatisch drehen – beispielsweise um sich nach einem Gamma-Ray-Burst-Alert zu einer speziellen Quelle auszurichten. Das könnte lebensgefährlich sein, weil sich die tonnenschweren Kolosse überraschend schnell drehen.

Mit ihrer korallenroten Farbe sehen die Teleskope fast wie Kunstobjekte aus. „Eigentlich hätten sie

schweinenrosa sein müssen“, erklärt mir Michael Panter. Zu diesem Ergebnis kam eine Doktorandin, als sie berechnet hat, welche Farbe der optimale Kompromiss zwischen wenig Albedolicht nachts und wenig Aufwärmung tagsüber ist. „Aber da hätten uns alle ausgelacht. Rot war die zweitbeste Wahl“, sagt er.

Obwohl die kleinen Teleskope immerhin eine Spiegelfläche von jeweils 100 Quadratmetern haben, wirken sie klein. Das große Teleskop in der Mitte des Arrays zieht sämtliche Blicke an. H.E.S.S. II ist ein Teleskop der Superlative: Es hat eine Spiegelfläche von stolzen 600 Quadratmetern, wiegt fast 600 Tonnen, besitzt 875 Spiegel und eine drei Tonnen schwere Kamera. „Beim Bau sind wir an unsere Grenzen geraten“, erinnert sich Michael Panter. Fast fünf Jahre hat das Unterfangen gedauert und sämtlichen Beteiligten alles abverlangt. Eine der Schwierigkeiten bestand darin, die riesigen Stahlteile der Konstruktion so zu verschweißen, dass keine Blasen oder Verzüge auftreten. „Über die Schweißnähte in unseren Teleskopen hat jemand seine Diplomarbeit geschrieben“, erzählt Michael Panter.

Nach Schwierigkeiten mit der Stahlbaufirma übernahm wieder Renate Schmidt – eine Deutsche, die seit über 30 Jahren in Namibia



lebt und die den Bau der kleinen Teleskope geleitet hatte. Aber auch die erfahrenen Stahlbauer standen vor unbekanntem Herausforderungen. Besonders heikel war es, den tonnenschweren Spiegeltisch in die „Gabel“ der Teleskopmontierung einzuhängen. „Dazu hatten wir einen Hilfsaufbau mit hohen Säulen, an denen wir die Konstruktion mit Hilfe von Litzenhebern angehoben haben“, sagt Michael Panter. „Die Alternative wären zwei riesige Kräne aus Johannesburg gewesen, aber die hätten 40 Sattelschlepper mit Gegengewichten gebraucht!“

Bis zu einer Höhe von rund zehn Metern können wir das Teleskop auf Treppen besteigen. Weiter nach oben geht es nicht. „Wer nicht ange-seilt ist, darf nicht hochsteigen“, sagt Michael Panter. Ab und an muss man aber beispielsweise die Elektrik an den Spiegeln kontrollieren. Diese sind fest verklebt und über zwei Aktuatoren präzise einstellbar. Eine weiße Masse schützt den Kleber vor UV-Licht. „Bislang haben alle Klebestellen gehalten, und bei der Befestigung ist kein Spiegel kaputt gegangen“, freut sich Michael Panter. Das ist auch gut so, denn die Produktion der Spiegel, die aus Armenien und Tschechien stammen, hat drei Jahre gedauert.

Tagsüber zeigen die Spiegel der Teleskope zum Boden, damit sie nicht „versehentlich“ Sonnenlicht auf einen Punkt fokussieren und zum Beispiel die Kamera verbrennen. Jetzt stehen Wartungsarbeiten und Tests auf dem Programm. Mal werden Spiegel getauscht, Kameras optimiert oder Kabel kontrolliert. „Die Tagesarbeit kann man kaum



An einem der vier kleinen Teleskope sind Spiegel mit einer neuartigen Beschich-

tung angebracht. Je nach Lichteinfall leuchten sie gelblich bis rötlich.

planen, weil wir häufig Aufträge aus der Kollaboration erhalten“, erzählt Volker Buchholz, der seit zwei Jahren bei H.E.S.S. arbeitet.

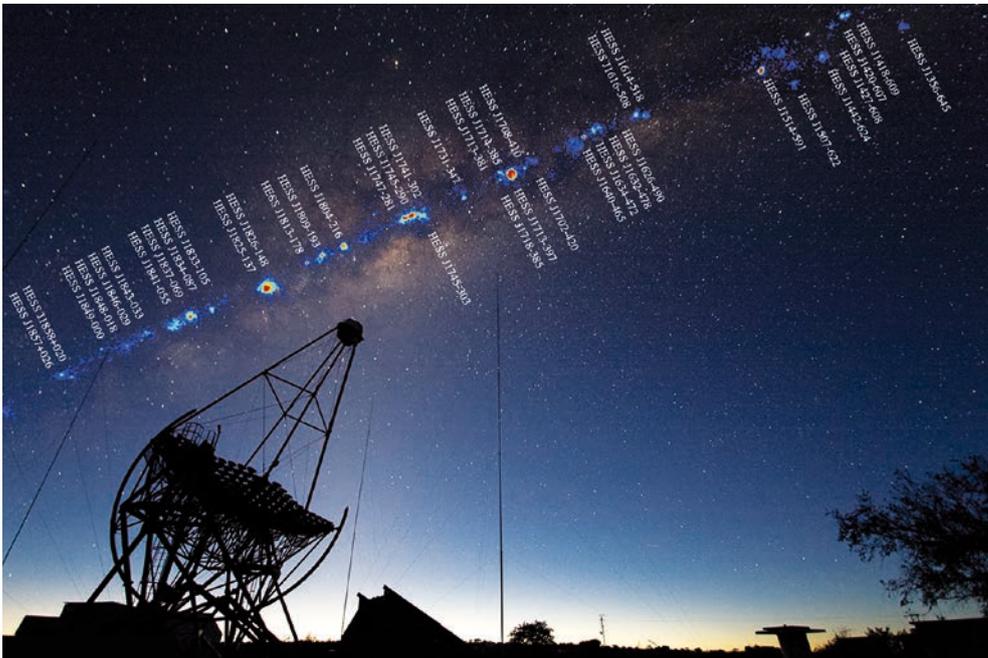
Countdown zur Nacht

Rund tausend Stunden im Jahr suchen die Teleskope nach kosmischen Quellen. Messpausen gibt es nur bei Vollmond und in den zwei Nächten zuvor und danach. „Die Sterne warten nicht auf uns“, sagt Volker Buchholz, der sich manchmal durchaus über Wolken und eine Nacht voll Schlaf freut.

Als ich kurz vor Schichtbeginn in den Kontrollraum komme, sitzt er mit drei Schichtern vor den Monitoren. Sogar frisches Popcorn gibt es, denn die Nacht wird lang: 8 Stunden und 50 Minuten werden die Teleskope messen können, bevor sie eine Stunde vor Sonnenaufgang in die sichere Parkposition fahren müssen. Die dichten Rollos sind herunter gelassen, damit kein Licht nach draußen dringt.

Als der Countdown zur „Darkness Time“ abgelaufen ist, startet der verantwortliche Schichter die Messung, allerdings zeichnet die Kamera von H.E.S.S. II kein Signal auf. Kurzerhand wird neu gestartet. „Das ließe sich prinzipiell auch von Deutschland aus steuern“, sagt Volker Buchholz, der zur Einweisung der Schichter in dieser Nacht dabei ist. „Aber wenn einmal der Strom ausfällt, muss man die Teleskope einparken können, notfalls manuell. Das geht eben nur vor Ort.“ Aus diesem Grund sind für jede dreiwöchige Messphase Schichter aus der Kollaboration auf der Site. Auf den Monitoren sehen sie die wichtigsten Parameter der Teleskope samt ihrer Kameras, die Trigger, das Messprogramm und die Wetterdaten – Wolken, Temperatur und Wind – alles wird genau vermessen. Droht Regen, parken die Teleskope ein, damit die Kameras nicht nass werden. „Bis wir die Kamera von H.E.S.S. II in ihrer Hütte haben, dauert es aber 40 Minuten. Also muss man





H.E.S.S.-Koll., F. Acero und H. Gast

das Wetter vorhersagen können“, scherzt Volker Buchholz.

Für jede Nacht gibt das Observationskomitee einen Messplan vor. Das erste Ziel des heutigen Abends ist Vela-Pulsar PSR B0833-45. Der Pulsar liegt im Sternbild Segel des Schiffs und ist ein Überrest der Vela-Supernova. Auf einem Monitor sieht man die Bilder der Kameras „zappeln“ – natürlich nicht in Echtzeit, denn die Signale dauern nur wenige Nanosekunden. Aufgezeichnet werden die Daten nur, wenn mindestens zwei Teleskope zeitgleich ein Signal aufnehmen. Von Zeit zu Zeit werden die Daten auf Bändern per Post zu den Kollaborationspartnern verschickt.

Der erste Run läuft ohne Komplikationen, und Volker Buchholz hat Zeit, mir vom Leben auf der Farm zu erzählen. Meist ist er zehn Tage dort, bevor er für ein verlängertes Wochenende heimfährt. Neben dem Tagesgeschäft beaufsichtigt er die Messungen. „Das

schlaucht ganz schön“, gibt er zu, „denn der Körper kann sich auf die Schichten nicht einstellen.“ Diese richten sich nämlich nach der Mondphase und variieren von Nacht zu Nacht.

Nach zwei Fehlermeldungen, die von einem lauten Alarmsignal und hektischer Betriebsamkeit begleitet sind, wird

es wieder ruhiger. Die Schichten beobachten entspannt die Monitore und essen Popcorn. Volker Buchholz geht an die frische Luft. Ich beschließe, in die Residenz zurückzukehren. Doch ich muss den Weg im Dunkeln finden, denn das Licht einer Taschenlampe könnte die Messung stören. Eine Viertelstunde dauert es, bis sich meine Augen an die fast vollkommene Dunkelheit gewöhnt haben. Dann erkenne ich die Teleskope als schwarze Schatten, und das Licht unzähliger Sterne lässt weiße Quarzsteine am Wegesrand schwach aufleuchten. Diese weisen den Weg zur Residenz. Immer wieder wandert mein Blick aber nach oben – deutlich zeigt sich das Band der Milchstraße am Himmel, zum ersten Mal in meinem Leben sehe ich das Kreuz des Südens. Zurück in der Residenz treffe ich Michael Panter, der auf der Terrasse die Sterne beobachtet. Alle paar Minuten können wir eine Sternschnuppe bewundern. Für die Messung ist das allerdings störend.

In den letzten zwölf Jahren hat H.E.S.S. die Hochenergie-Gammaastronomie revolutioniert: Während in den 1990er-Jahren nur zehn Gammaquellen bekannt waren, sind es inzwischen über 150 – die meisten von H.E.S.S. entdeckt. Zehn Jahre lang haben die Teleskope die Milchstraße durchmustert und gezeigt, dass diese voll mit Gammastrahlungsquellen ist. „An dieser

Die Fotomontage zeigt die Milchstraße im sichtbaren Licht über einem der Teleskope kombiniert mit der Gammakarte des zentralen Bereichs der Milchstraße, aufgenommen von H.E.S.S. Die Gammastrahlungsquellen sind mit ihrer astronomischen Kennzeichnung angegeben (HESS Jx-y, wobei x und y die Koordinaten der Quelle sind).

Durchmusterung hängt mein Herz besonders“, gibt Werner Hofmann zu. „Wir hatten nicht damit gerechnet, so viele Quellen zu finden.“

Vielleicht wird H.E.S.S. nur noch bis 2019 weiterarbeiten, denn mit dem Cherenkov Telescope Array (CTA) steht bereits das nächste Projekt in den Startlöchern. 2017 soll der Bau der ersten Teleskope beginnen, 2018 der Messbetrieb. Derzeit laufen Verhandlungen über die Standorte in Chile und auf La Palma. CTA wird aus über hundert Einzelteleskopen unterschiedlicher Größe bestehen und zehnmal empfindlicher sein als H.E.S.S. Werner Hofmann ist seit 2008 Sprecher der Kollaboration, zu der 1000 Wissenschaftler aus 30 Ländern gehören. Ausgesucht hat er sich diese Riesensprojekte nicht „Aber wenn man in der Astronomie weiterkommen will, muss man immer größer werden“, ist er überzeugt. Von CTA erhofft er sich „eine kleine Revolution“.

Beim Frühstück am letzten Morgen genieße ich auf der Terrasse der Residenz noch einmal den Blick über die Hochebene, wo am Horizont der Gamsberg zu sehen ist. Ein paar Strauße ziehen vorbei, in der Nähe sehe ich eine Familie Warzenschweine, am Boden sitzt ein kleiner Gecko. Auch die Stille ist paradiesisch. Kaum zu glauben, dass in dieser Idylle das derzeit modernste Projekt der Hochenergie-Gammaastronomie zu finden ist.

