

## Astronomie

# Wo Osvaldo und Priscilla Myonen ausgesetzt sind

## Argentiniens Observatorium für kosmische Strahlung

Milena und Priscilla heißen sie, Alpataco und Osvaldo, Ezequiel, Pipi und Pehucen. Und sie stehen in der Pampa Amarilla – der Gelben Prärie – im Westen Argentiniens, am Fuße der schneebedeckten Anden. Seit dem Juni sind alle rund 1660 Wassertanks, die man nach Schulkindern der Umgebung benannt oder für die man Namen gewählt hat, die von den Kindern vorgeschlagen wurden, für kosmische Messungen bereit. Über eine Fläche von 3000 Quadratkilometern verteilt, was mehr als der Fläche Luxemburgs entspricht, bilden die Tanks ein riesiges Observatorium, mit dem die Wissenschaftler dem Geheimnis der extrem energiereichen kosmischen Strahlung auf die Spur kommen wollen. Jetzt hat dieses von siebzehn Ländern betriebene Pierre Auger-Observatorium seinen Betrieb offiziell aufgenommen. Aus Deutschland ist maßgeblich das Karlsruhe Institute of Technology beteiligt, daneben arbeiten die Universitäten Aachen, Siegen und Wuppertal mit.

Über das Universum gibt bislang vor allem die elektromagnetische Strahlung Auskunft, unter anderem das Licht und die Radiostrahlung. Doch auch aus elektrisch geladenen Partikeln bestehende kosmische Strahlung erreicht vom All aus die Erde. Treffen die Teilchen – hauptsächlich Protonen, in geringerem Maße auch die Kerne von Atomen schwerer als Wasserstoff – die Atmosphäre, kommt es dort zu Zusammenstößen. Die Kollisionsprodukte stoßen mit weiteren Teilchen zusammen und so fort. Die gesamte Kaskade – ein sogenannter Luftschauer – umfasst schließlich Abermillionen von Teilchen, darunter Pionen und Kaonen, Myonen und Neutrinos.

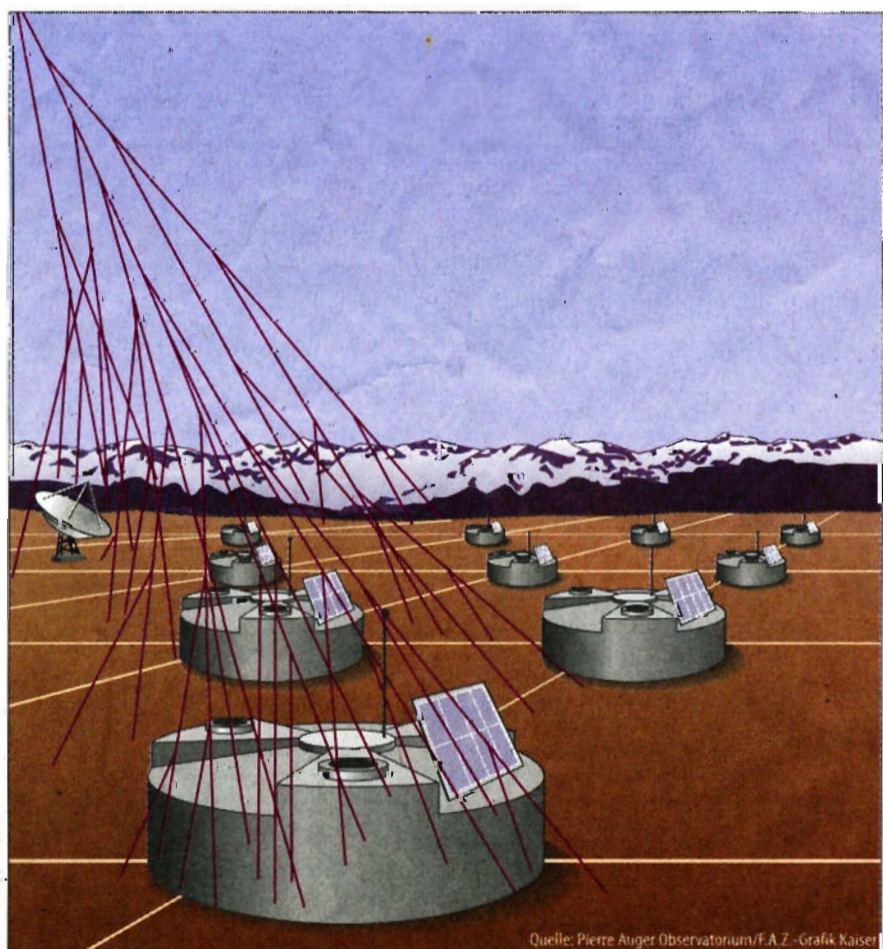
Die Teilchen der kosmischen Strahlung werden im Allgemeinen durch Magnetfelder beschleunigt. Für die energieärmeren kosmischen Strahlung sind die Zusammenhänge mit dem Sonnenwind oder den Überresten von Supernova-Explosionen mittlerweile zu einem guten Teil erforscht. Doch gelegentlich spüren die Forscher auch Partikeln der kosmischen Strahlung mit Energien auf, die alle Maßstäbe sprengen und für die bislang alle Erklärungsversuche versagen. Die Astronomen sind brennend an der Frage interessiert, wo und wie diese Teilchen der primären kosmischen Strahlung erzeugt und beschleunigt werden, um welche Partikeln es sich jeweils handelt und wie energiereich sie sind. Bislang gilt nur als sicher, dass die allzu exotischen Erklärungen für die Existenz der Partikeln – Topologische Defekte des Alls oder Reste vom Urknall – ausscheiden.

Im Jahr 1962 ist mit einem „Observatorium“ für kosmische Strahlung in New Mexico erstmals ein Teilchen mit einer Energie von mehr als  $10^{20}$  Elektronenvolt nachgewiesen worden. Die bisher

teilchen im Luftschauer mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Tauchen sie in einen Tank mit Wasser ein, in dem die Lichtgeschwindigkeit größer ist als in der Luft, bewegen sie sich dort gleichsam mit Überlichtgeschwindigkeit weiter, und dadurch wird Cherenkov-Strahlung erzeugt. Diese lässt sich mit Photovervielfachern nachweisen. Aus den Sekundärteilchen kann man mit Modellen, die mit den Messdaten irdischer Teilchenbeschleuniger ermittelt werden, Rückschlüsse auf die Primärteilchen ziehen. Man muss die Daten allerdings in einen Energiebereich extrapolieren, der von den Beschleunigern nicht mehr erfasst wird. Selbst mit dem neuen LHC („Large Hadron Collider“) des Cern wird sich die Situation nicht grundsätzlich verändern, nur verbessern.

Die „Väter“ des Pierre Auger-Observatoriums, der Physik-Nobelpreisträger Jim Cronin von der University of Chicago und Alan Watson von der University of Leeds, haben mit Erfolg dafür plädiert, dass in dieser für die Erforschung der besonders energiereichen kosmischen Strahlung errichteten Anlage beide Verfahren kombiniert wurden. Vier Stationen mit je sechs Ultraviolett-Teleskopen beobachten die Fluoreszenz, und in den 1660 Tanks mit je zwölftausend Litern Wasser werden die Sekundärteilchen registriert, die den Erdboden erreichen. Statistisch kommt zwar nur ein Teilchen pro Jahrhundert und Quadratkilometer an, aber das führt für das Observatorium wegen der großen Fläche immerhin zu rund dreißig Luftschauern pro Jahr, wobei jeder Schauer bei senkrechtem Einfall fünf oder sechs und bei schrägem Einfall sogar einige Dutzend Wassertanks trifft. Damit lässt sich die Herkunftsrichtung ermitteln.

In der Zeit, als das Observatorium noch nicht vollständig war, haben seine Messungen schon zwei wichtige Ergebnisse erzielt. Das eine betrifft das Phänomen, dass Primärteilchen mit Energien von mehr als  $5,6 \cdot 10^{19}$  Elektronenvolt auf dem Weg zur Erde einen Teil ihrer Energie durch Kollisionen mit den Photonen der vom Urknall zeugenden kosmischen Hintergrundstrahlung verlieren. Die Zahl der energiereichen Teilchen, die die Erde erreichen, ist also deutlich geringer, als sie ohne dieses Phänomen wäre. Insbesondere können uns die Partikeln aus Quellen, die mehr als 300 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt sind, gar nicht mehr erreichen. Messungen mit der Hires-Anlage in Utah hatten den 1966 errechneten Knick in der Verteilung registriert, andere Messungen mit einer japanischen Anlage, dem „Akeno Giant Air Shower Array“ (Agasa), hingegen nicht. Die genaueren Ergebnisse des Observatoriums in Argentinien mit der Kombination von zwei Messtechniken,



Quelle: Pierre Auger Observatorium/FAZ - Grafik Kaiser

höchste Energie hatte ein Teilchen, das Anfang der neunziger Jahre mit einem Ultraviolett-Teleskop der „High Resolution Fly's Eye“-Anlage (Hires) in Utah aufgespürt wurde. Damals entstand die Idee für das Pierre Auger-Observatorium, in dem zwei Verfahren zum indirekten Studium der kosmischen Strahlung miteinander vereint sind. Denn direkt lässt sie sich nicht beobachten.

Das eine der beiden in Argentinien genutzten Verfahren beruht darauf, dass die positiv geladenen Teilchen, wenn sie in der Atmosphäre an Stickstoff stoßen, diesen zum Fluoreszenzleuchten im Ultravioletten anregen. Die Leuchtspur kann mit Ultraviolett-Teleskopen beobachtet werden und gibt dann Auskunft über die Richtung, aus der die Teilchen kommen, aber auch über ihre Energie.

Das zweite Verfahren macht sich zunutze, dass sich die leichten Sekundär-

durch die eine bessere Kalibrierung möglich ist, weisen den Knick jetzt eindeutig nach.

Außerdem ist mit dem Observatorium anhand von 27 „Ereignissen“ nachgewiesen worden, dass die energiereichsten Teilchen nicht gleichmäßig aus allen Richtungen zur Erde kommen, sondern von ungleichmäßig verteilten Quellen. Eine Häufung in der Ebene der Milchstraße wurde jedoch nicht beobachtet. Die Quellen sind also extragalaktisch. Sie befinden sich am Himmel jeweils in der Nähe aktiver Galaxienkerne, von denen sie allerdings nicht genügend stark beschleunigt worden sein können. Es bleibt also noch viel zu tun – wobei die Forscher hoffen, in den kommenden Jahren in Colorado eine ähnliche Anlage wie das Pierre Auger-Observatorium für die Beobachtung des Nordhimmels zu bekommen. GÜNTER PAUL