

Downloadmaterial zum Beitrag „Eine neue Ära der Astrophysik“ – MINT Zirkel 1-2020

Höchste Energien aus dem All

Der IceCube-Detektor unter dem Südpol misst seit 2008 hochenergetische Neutrinos aus dem All. Ihre Quellen müssen eine ungeheuerliche Leistung haben. Denn die energiereichsten dieser Neutrinos kommen auf mehr als ein Petaelektronenvolt – eine Billiarde (10^{15}) Elektronenvolt. Zum Vergleich: Die Protonen, die im Large Hadron Collider des Forschungszentrums CERN bei Genf auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, haben eine kinetische Energie von 6,5 Teraelektronenvolt – eine Billion (10^{12}) Elektronenvolt. Und er ist der leistungsfähigste Teilchenbeschleuniger überhaupt.

Die Herkunftsrichtungen der Neutrinos können allerdings auf bestenfalls 0,3 Grad genau gemessen werden. Diese Ungenauigkeit ist so groß, dass eine Identifikation der Quelle aus den IceCube-Daten allein nicht möglich ist. Da die Herkunftsrichtung nicht auf die Scheibe der Milchstraße konzentriert, sondern über den gesamten Himmel verteilt ist, haben die Neutrinos höchstwahrscheinlich einen extragalaktischen Ursprung.

Das Neutrino 170922A ist das erste, dessen Herkunftsort ermittelt werden konnte. Es stammt aus einer elliptischen Galaxie namens TXS 0506+056 im Sternbild Orion. Sie ist eines der leuchtkräftigsten Objekte im bekannten Universum und gehört zur Klasse der Blazare. Diese besitzen ultrahelle Zentren, weil dort riesige Mengen an Gas und Staub in ein supermassereiches Schwarzes Loch stürzen. Gebündelt von enormen Magnetfeldern, entweicht entlang der Rotationsachse des Monsters und der umgebenden Materiescheibe ein Strom energiereicher Teilchen und Strahlung. Weil er zufällig in Richtung Erde zeigt, erscheint das Objekt besonders hell.

Nach der Eilmeldung von IceCube wurden rund 20 Teleskope auf der Erde und im Orbit auf den vier Milliarden Lichtjahre entfernten Blazar gerichtet. Insgesamt beteiligten sich über 1.000 Astronomen an der konzertierten Beobachtungsaktion. Das Weltraumobservatorium Fermi maß am Folgetag – genau wie einige Tage vorher – einen Gammastrahlen-Ausbruch von der Galaxie. Das MAGIC-Teleskop (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescope)



Kosmische Teilchenspucker: Blazare sind Aktive Galaxien mit einem zentralen Schwarzen Loch, das große Mengen Materie verschlingt. Dabei entstehen in seiner Umgebung zwei durch starke Magnetfelder gebündelte Teilchenströme. Auch Neutrinos und Gammastrahlen schießen von dort aus weit ins All. Messungen zeigten, dass der Blazar TXS 0506+056 sowohl Neutrinos emittiert, wie sie vom IceCube-Observatorium am Südpol registriert werden, als auch Gammastrahlen, die Teleskope auf der Erde und im Orbit messen. Andere elektromagnetische Strahlung vom Radio- bis zum Röntgenbereich ist ebenfalls nachweisbar.

auf La Palma registrierte ebenfalls die enorme Aktivität: Gammastrahlen bis zu 400 Gigaelektronenvolt. Auch optische, Radio- und Röntgen-Teleskope nahmen den Blazar ins Visier.

Neutrinos entstehen aus dem Zerfall von Pionen als Nebenprodukte von Protonen-Wechselwirkungen. Die Messungen von TXS 0506+056 sind der erste definitive Hinweis, dass zumindest ein Teil der Gammaquanten der Kosmischen Strahlung von Blazaren aus der Beschleunigung von Protonen in der unmittelbaren Umgebung Schwarzer Löcher stammt. Hochrechnungen zufolge können Blazare allerdings nur etwa die Hälfte des extragalaktischen Neutrino-Flusses liefern. Somit müssen noch andere Arten von Quellen der hochenergetischen Kosmischen Strahlung existieren. Es gibt zahlreiche Spekulationen hierzu, aber noch keine definitiven Messungen. Daher warten die Astronomen gespannt auf neue extragalaktische Botschaften.

Rüdiger Vaas