

■ Einweihung unter Tage

Im Gran-Sasso-Labor wurde das Experiment XENON1T zur Suche nach Dunkler Materie eingeweiht.

Mitten im Tunnel zwischen Teramo und Assergi und fast anderthalb Kilometer unter der Spitze des Gran-Sasso-Massivs befindet sich das weltgrößte Untergrundlabor für Astroteilchenphysik. Hinter einem großen Tor führt ein langer Tunnel an drei riesigen Hallen vorbei, in denen sich verschiedene Experimente befinden. In der mittleren steht seit Neuestem ein zehn Meter hoher Tank, daneben ein dreistöckiges Gebäude mit gläserner Front – das XENON1T-Experiment, das am 11. November feierlich im italienischen Nationallabor Gran Sasso eingeweiht wurde. Ziel des rund 13 Millionen Euro teuren Experiments ist es, Teilchen der Dunklen Materie aufzuspüren.

Inzwischen scheint unbestritten, dass Dunkle Materie existiert. Zahlreiche kosmologische und astrophysikalische Beobachtungen lassen sich mit ihrer Hilfe am elegantesten erklären: Beispielsweise kann nur die zusätzliche Schwerkraft von Dunkler Materie die Rotationskurven von Galaxien oder die Strukturentwicklung in unserem expandierenden Universum erklären. Auch die Gravitationslinsenbilder von Galaxienhaufen, Cluster-Kollisionen und diverse andere Effekte deuten in diese Richtung.

Ein möglicher Kandidat für Dunkle Materie sind Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs), die sich nach der Theorie ähnlich verhalten wie sehr schwere Neutrinos. Jede Sekunde durchqueren uns demnach Millionen von WIMPs, ohne dass sie wechselwirken. WIMPs aufzuspüren stellt deswegen eine besondere Herausforderung dar und erfordert äußerst empfindliche Detektoren, die sensitiv sind auf die Wechselwirkung mit WIMPs und einen extrem niedrigen Untergrund haben.

Die erfolgversprechendsten Experimente zur direkten Suche nach WIMPs basieren auf flüssigem Xenon, da dieses Edelgas aufgrund seiner hohen Dichte unerwünschte Strahlung abschirmt, aber gleich-



In einer der unterirdischen Hallen des Gran-Sasso-Labors steht der über zehn Meter hohe Tank mit dem XENON1T-Experiment.

zeitig empfindlich ist für schwache Wechselwirkung. „Mit unseren ersten Ergebnissen von XENON10 begann 2006 das Wettrennen um den Nachweis von WIMPs“, sagte Xenon-Sprecherin Elena Aprile von der Columbia University bei der Einweihungszeremonie stolz. Zu der Kollaboration gehören 126 Wissenschaftler aus 21 Institutionen weltweit. In Deutschland sind Gruppen der Universitäten Mainz und Münster sowie des Max-Planck-Instituts für Kernphysik (MPIK) in Heidelberg beteiligt.

Bei der feierlichen Einweihung unter Tage konnten aus Sicherheitsgründen nur 80 Gäste dabei sein – die leitenden Wissenschaftler und Vertreter der beteiligten Institutionen und Länder. Alle waren mit einem Helm ausgerüstet, als Elena Aprile formvollendet eine Sektflasche am Stahltank des Experiments zerschellen ließ. Dass direkt neben dem Experiment Sekt ausgeschenkt wurde, war eine Ausnahme und dem besonderen Anlass geschuldet, den die Vertreter der Länder und Förderinstitutionen in Ansprachen würdigten. Einer von ihnen war der Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft (MPG), Ferdi Schüth, der in seinem Grußwort unterstrich, dass die MPG stolz darauf ist, Teil der Kollaboration zu sein.

XENON1T ist eine Zeitprojektionskammer, die auf den Erfah-

rungen von zwei Vorgängerexperimenten aufbaut: Trifft ein WIMP im Detektor auf ein Xenonatom, entstehen Szintillationslicht und Elektronen. Oben und unten am Xenontank befinden sich zahlreiche empfindliche Photomultiplier-Tubes (PMTs), die das Szintillationslicht nachweisen. Zusätzlich driften die Elektronen in einem angelegten elektrischen Feld nach oben, wo sie einen zweiten Lichtblitz erzeugen, den die PMTs ebenfalls nachweisen. „Dass die Elektronen oben ankommen und nicht auf ihrem Weg mit anderen Atomen wechselwirken und verlorengehen, ist nicht selbstverständlich“, hebt Rafael Lang von der Purdue University hervor, der zu den leitenden Wissenschaftlern des Experiments zählt. Das Experiment verwendet rund 3500 kg flüssiges Xenon, von denen die innersten sehr sauberen 1000 kg das Herzstück des Detektors darstellen. Der Xenontank ist von einer vier Meter breiten Wassersäule umgeben. Diese verhindert, dass Myonen die Messung stören. Ziel ist eine Empfindlichkeit von $2 \times 10^{-47} \text{ cm}^2$ für den Wechselwirkungsquerschnitt von WIMPs mit Nukleonen.

Um diese hohe Sensitivität zu erreichen, müssen sämtliche Komponenten besonders rein und strahlungsarm sein. „Jede Flasche Xenon, jede Schraube und selbst

jedes kleinste Bauteil der Photomultiplier, die wir mit dem Hersteller entwickelt haben, mussten wir genau überprüfen, damit wir uns keine unerwünschten Verunreinigungen einfangen“, betont Manfred Lindner, Direktor am MPIK und Sprecher des XENONIT-Kollaboration-Boards. Die Reinheit aller Materialien hat er mit seiner Gruppe auf Herz und Nieren getestet. Das Xenon muss sogar weiter gereinigt werden, um aller kleinste Mengen des Isotops Kr-85 zu entfernen. Das ist ein wichtiger Beitrag des „Reinigungsteams“ von der Uni Münster. Die Gruppe von Christian Weinheimer hat neben einem Gasreinigungssystem eine einzigartige kryogene Destillationssäule beige-steuert.

Jetzt ist der Detektor fertig zusammen geschraubt. Im nächsten Schritt wird der Wassertank geflutet und getestet, bevor das flüssige (und kostbare) Xenon in den Detektor eingeleitet wird. Vermutlich Anfang 2016 startet die Datennahme. Aufgrund der viel besseren Empfindlichkeit sollte XENONIT seine Konkurrenzprojekte innerhalb kürzester Zeit hinter sich lassen: Eine Woche Datennahme mit XENONIT reicht aus, um die bislang beste Grenze für den Wechselwirkungsquerschnitt zu erzielen. „Die deutschen Partner wollen



Xenon-Kollaboration

Unter Tage schneidet Xenon-Sprecherin Elena Aprile in Anwesenheit von Kolleginnen, Kollegen und Gästen das rote Band durch.

hierzu entscheidend beitragen“, verspricht Uwe Oberlack von der Uni Mainz, der ebenfalls an der Kollaboration beteiligt ist. Erste Erfolgsmeldungen könnten aber ein paar Monate dauern, da es zuvor gilt, den Detektor zu kalibrieren und zu verstehen. „Wenn wir das bis zum nächsten Sommer geschafft haben, wäre das ein fantastischer Erfolg“, meint Christian Weinheimer.

Auch das Upgrade steht bereits in den Startlöchern: XENONnT mit sieben Tonnen flüssigen Xenons. Rund zwei Jahre soll das bestehende Experiment Daten sammeln, bevor die Wissenschaftler das aktive Volumen im Inneren des Xenontanks vergrößern. Vorbereitet ist alles: Die Kabel für die nächste Stufe des Experiments sind verlegt, die Photomultiplier werden recycelt und um rund 150 Stück ergänzt. Vier Millionen Euro wird diese Er-

weiterung etwa kosten, welche die Empfindlichkeit nochmals um den Faktor 10 steigern soll. Der Umbau ist keine große Sache, wie Rafael Lang verdeutlicht: „Wir haben alles modular aufgebaut und können das meiste vorbereiten, bevor wir den Tank öffnen. Mehr als vier bis sechs Wochen wird der Umbau nicht dauern.“

In den nächsten zwei bis drei Jahren wird XENONIT Maßstäbe setzen und braucht keine Konkurrenz durch andere Experimente zu fürchten. Dennoch ist Geduld gefragt, denn mehr als zwei oder drei Ereignisse pro Jahr sind nicht zu erwarten. Insofern wartet auf die Wissenschaftler der XENON-Kollaboration eine schwierigere Aufgabe als lediglich die Suche einer Nadel im Heuhaufen.

Maike Pfalz

■ Kosmische Teilchen im Klassenzimmer

Am 5. November 2015 fand der vierte International Cosmic Day statt.

Das Universum ist groß und voller Geheimnisse, aber um es zu untersuchen, reichen die kleinsten Teilchen. Beim „International Cosmic Day“ lernen Schülerinnen und Schüler rund um den Globus die Astroteilchenphysik und den Alltag internationaler Zusammenarbeit kennen. In Schulen, Forschungsinstituten und Universitäten bauen sie eigene Experimente zur kosmischen Strahlung auf. Dabei haben sie echte Forscher und Forscherinnen als Ansprechpartner.

Der hundertste Jahrestag der Entdeckung der kosmischen

Strahlung durch den Österreicher Victor Hess war für DESY und das Netzwerk Teilchenwelt in Deutschland sowie das Forschungszentrum Fermilab mit seinem Lehrernetzwerk QuarkNet in den USA der Anlass, zum ersten International Cosmic Day einzuladen. Schülerinnen und Schüler sollten erkennen, was kosmische Strahlung ist, wo sie herkommt, wie man sie misst und die Ergebnisse auswertet. In diesem Jahr beschäftigten sich rund 400 Schüler zwischen 12 und 18 Jahren an 39 Institutionen mit den Teilchenexperimenten.

Beim Cosmic Day geht es darum, die großen Experimente wie Auger oder IceCube im Kleinen nachzubilden. „Alle diese Aufbauten beinhalten einen Detektor, eine Datenauslese und einen Computer. In vereinfachter Form passt es auf einen Schultisch“, erklärt Carolin Schwerdt von DESY, die den International Cosmic Day federführend koordiniert.

Dieser Tag beginnt üblicherweise mit einem einführenden Vortrag über die Ursprünge kosmischer Strahlung, moderne Forschungsthemen oder die großen Experi-