KOSMOLOGIE

Die Kraft der Schwächlinge

Seit langem suchen Astrophysiker nach der Dunklen Materie. Die unsichtbare Rätselsubstanz hält das Weltall im Innersten zusammen. Jetzt haben Würzburger Forscher eine neue Spur gefunden. Ob sie recht behalten, könnte sich schon bald bei Experimenten tief unter der Erde erweisen.

Der Nachwuchsforscher rechnete mit keiner Überraschung. Für seine Diplomarbeit durchforstete er die Messdaten eines ausgemusterten Nasa-Satelliten. Mehrere erfahrene Astrophysiker hatten die Signale aus den intergalaktischen Weiten bereits ausgewertet. „Ich kaute auf einem abgenagten Knochen herum“, sagt Dominik Elsässer, 24.

Und doch hatten alle vor ihm etwas übersehen.

In einer der Messkurven verbarg sich eine seltsame Beule, die mit den astrophysikalischen Modellen nur schwer erklärt werden konnte. Elsässer war elektrisiert. Immer wieder beriet er sich mit seinem Professor Karl Mannheim, der ihn auf diese Fährte gesetzt hatte.

Nach monatelangen Berechnungen sind sich die Himmelskundler von der Uni Würzburg jetzt sicher, auf eine Sensation gestoßen zu sein: auf eine Spur der Dunklen Materie – jener sagenhaften Schattensubstanz, die vermutlich das Rückgrat des ganzen Universums bildet.

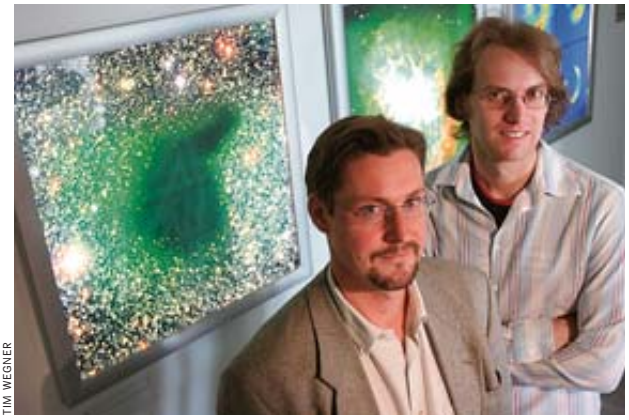
Das renommierte Fachblatt „Physical Review Letters“ hat die Arbeit von Elsässer und Mannheim soeben veröffentlicht. Bei den Kollegen sorgt der Artikel für Aufsehen. „Wir haben möglicherweise ins Schwarze getroffen und herausgefunden, was sich hinter der Dunklen Materie verbirgt“, sagt Mannheim.

Wenn sich das bewahrheitet, haben die beiden Forscher eines der größten Mysterien der Kosmologie entschleiert. Schon seit vielen Jahren wird nach der unsichtbaren Rätselsubstanz gefahndet. Obwohl niemand sie bislang zu Gesicht bekommen hat, zweifelt kaum noch ein Himmelskundler daran, dass gewaltige Mengen davon zwischen den Sternen herumwabern.

Das wichtigste Indiz: Es gibt stabile Galaxien. Die Anziehungskraft der sichtbaren Materie allein wäre viel zu schwach, um die rasend schnell rotierenden Sterneninseln beisammenzuhalten. Folglich muss eine Art kosmischer Kitt die Fliehkräfte bändigen und dafür sorgen, dass etwa die rund 400 Milliarden Sonnen unserer heimatlichen Milchstraße nicht wie die Scheiben eines Diskuswerfers in alle Richtungen davonrasen.

Aufgrund neuerer Beobachtungsdaten sind die Kosmologen inzwischen davon überzeugt, dass über 80 Prozent der Materie im All aus dem mysteriösen Dunkelstoff besteht. Alle sichtbaren Sonnen, Gaswolken, Planeten und Kometen bilden nach dieser Vorstellung nur Schaumkronen auf den unsichtbaren Materiewogen des Kosmos.

Schon von Anfang an spielte die Dunkle Materie eine tragende Rolle auf der Himmelsbühne: Erst sie schuf überhaupt die Voraussetzung dafür, dass vor Jahrmilliarden Gaswolken zu Sternen und Galaxien verklumpen konnten – dazu fehlte der normalen Materie die nötige Anziehungskraft. „Ohne die Dunkle Materie“, sagt Mannheim, „säßen wir heute nicht hier.“



TIM WEGNER

Astrophysiker Mannheim, Elsässer
„Alles passt wunderbar zusammen“

In den ersten 400 000 Jahren nach dem Urknall war das rasch expandierende Universum von extrem heißer Strahlung erfüllt. In einer solchen Welt hätte sich die normale Materie allein nie ausreichend verklumpen können, weil jede Zusammenballung sofort wieder glattgebügelt worden wäre. Neben der gewöhnlichen Materie, so folgern die Himmelsforscher, muss direkt nach dem Urknall also noch eine andere, extrem schwere Form entstanden sein, die den nur schwachen Trend zur Verklumpung kraftvoll verstärkte – eben die Dunkle Materie.

Wie entscheidend diese verborgenen Schwerkraftzentren waren, zeigt eine Untersuchung, die vorige Woche im Magazin „Nature“ veröffentlicht wurde. Am Computer simulierte Volker Springel vom Garchinger Max-Planck-Institut für Astrophy-

sik, wie sich im frühen Universum erste Strukturen bildeten. Unter dem Einfluss der Dunklen Materie, so sein Befund, verschmolzen kleinere Gas- und Staubwolken zu größeren Gebilden, die schließlich erste Protogalaxien formten.

Doch was genau verbirgt sich dahinter? Viele Kandidaten sind in den vergangenen Jahren ausgeschieden. Als Favorit galten lange nichtleuchtende, aber große Himmelskörper, sogenannte Machos. Gemeint sind damit vor allem Schwarze Löcher, gewaltige Sternenschlucker, die bereits kurz nach dem Urknall entstanden sein müssten. Einige Forscher spekulierten, dass sie massenhaft durch die Milchstraße vagabundieren.

Aber es sind wohl weit weniger als gedacht. In einer Rasterfahndung untersuchten Astronomen das Licht weit entfernter Sterne. Sie hofften, Machos würden zuhauf als unsichtbare Stolpersteine im Weg liegen und das Sternenlicht verzerren. Das Ergebnis war enttäuschend: Nur wenige der schwarzen Riesen wurden auf diese Weise gefunden. Das reicht nicht, um zur fehlenden Masse im Universum nennenswert beizutragen.

Inzwischen gehen die meisten Forscher davon aus, dass die Dunkle Materie vor allem aus noch unentdeckten Elementarteilchen besteht: Nicht Riesen, sondern Zwerge halten offenbar das Weltall im Innersten zusammen.

„Irgendein Witzbold von der University of Chicago hat sie Wimps getauft, also zu Deutsch Schwächlinge, weil sie nach der Theorie so gut wie nie mit normaler Materie reagieren“, erzählt Mannheim. „Nun zeigt sich: Die Schwächlinge sind viel stärker als die Machos.“

Solange sie nicht zweifelsfrei nachgewiesen worden sind, bleiben die Wimps indes hypothetische Teilchen. Nach der Standardtheorie der Teilchenphysiker werden ihnen allerlei wundersame Eigenschaften zugeschrieben. Demnach sind die ominösen Wimps extrem schwer und träge – und lassen sich dennoch so gut wie nie einfangen. Ungehindert durchstreifen sie in Myriadenschwärmen das Weltall.

Und sie haben noch eine Eigenschaft, die sie von gewöhnlicher Materie unterscheidet: Wimps senden von sich aus niemals Strahlung aus und erscheinen deshalb vollkommen unsichtbar – und dennoch glauben die Würzburger Forscher, dass es ihnen gelungen sei, den geisterhaften Partikeln ihre Tarnkappe wegzuziehen.

Ausgangspunkt waren die Daten des „Compton Gamma Ray Observatory“. Im Jahre 1991 hatte die Nasa den Satelliten mit dem sperrigen Namen in eine Umlaufbahn geschossen. Außerhalb der schützenden Erdatmosphäre konnte das Weltraumobservatorium jahrelang den Himmel nach ultraharter Gammastrahlung absuchen, die permanent aus den Tiefen des Alls gegen die Lufthülle prasselt.

Eine derart energiereiche Strahlung wird etwa bei der Zündung von Atombomben freigesetzt. Und auch das kosmische Dauerfeuer kündet von bombastischen Vorgängen. So vermochten Forscher viele der Lichtblitze auf explodierende Sonnen zurückzuführen, auf Sternenkadaver oder auch auf Schwarze Löcher, die beim Verschlingen von Planeten und Gasmassen mächtige Strahlungsrülpser aussenden.

Übrig blieb in den Satellitendaten jedoch eine aus allen Richtungen kommende, gleichmäßige Hintergrundstrahlung, die sich keinen bestimmten Himmelsobjekten zuordnen ließ. Den meisten Astrophysikern bereitet dies nur wenig Kopfzerbrechen. Das Gammarauschen stamme eben von so weit entfernten Sternen und Galaxien, so die Annahme, dass sich der Ursprung der Strahlungsquellen nicht mehr lokalisieren lasse. Doch Elsässer und Mannheim haben vorgerechnet, dass diese

ESO

Spiralgalaxie: *Kosmischer Kitt bändigt die Fliehkräfte in den rasend schnell rotierenden Sterneninseln*

Deutung nicht sehr plausibel ist – und präsentieren eine viel schlüssigere Erklärung für das Rauschen. Genau die beobachtete Art von Gammastrahlung, so zeigt ihre Analyse, wird bei der – äußerst seltenen – Vernichtung von Wimps freigesetzt.

„Alles passt wunderbar zusammen", sagt Elsässer. „Erstaunlich, dass nicht schon jemand anders darauf gekommen ist; aber auch Wissenschaftler sehen manchmal den Wald vor lauter Bäumen nicht."

An sich sind Wimps unsterblich, sie existieren bereits seit der Geburt des Universums. Gefährlich wird es für ein Wimp nur dann, wenn es mit einem Artgenossen zusammenstößt; bei einem solchen Billard im Mikrokosmos kann es passieren, dass sich die beiden Partikel gegenseitig zerstören. Durch den dabei abgestrahlten Lichtblitz werden die dunklen Materieteilchen – wenn auch indirekt – plötzlich doch sichtbar.

Aus den Daten des Nasa-Satelliten konnten die Würzburger Forscher sogar ableiten, dass die Wimps noch schwerer sind als von den meisten Theoretikern geschätzt. Jedes einzelne Phantomteilchen wiegt demnach doppelt so viel wie ein ganzes Goldatom – weit mehr als jedes andere bisher bekannte Elementarteilchen.

Das Universum ist voll von Wimps. Jeder Mensch wird in jeder Sekunde von 22 Millionen der ultraschweren Partikel durchquert. Ungehindert passieren sie sogar Berge und ganze Planeten. Elsässer: „Wir sind einem Dauerfeuer ausgesetzt – und merken nichts davon."

Was Laien wie Hexerei anmutet, ist für Physiker ein normaler Vorgang. Nur scheinbar bestehen Menschen, Tische oder Hochhäuser aus kompakter Materie. In Wahrheit enthalten auch feste Gegenstände vor allem eines: leeren Raum. Wenn man sich einen Atomkern auf die Ausmaße einer Erbse vergrößert vorstellt, kreisen die Elektronen in hundert Meter Entfernung herum – und dazwischen ist nichts.

Messgerät im Gran-Sasso-Labor*: *Krach im Kristall*

Selbst in einer Betonmauer wäre demnach genügend Platz, um einfach hindurchzuschlüpfen. Warum können Menschen trotzdem nicht durch Wände gehen? Verhindert wird das nicht durch die massereichen Atomkerne, sondern durch die ultraleichten Elektronen. Weil diese negativ geladen sind, stoßen sich Atome gegenseitig ab.

Wimps hingegen haben keine Ladung, nur Masse – nichts hält sie auf.

Genauer gesagt: fast nichts. Durch den äußerst unwahrscheinlichen Zusammenstoß mit einem anderen Wimp lässt sich ein solches Geisterteilchen stoppen. Im Prinzip können die unsichtbaren Partikel aber auch dann aus ihrer Bahn geworfen werden, wenn sie mit voller Wucht gegen normale Atomkerne prallen. Nur passiert das extrem selten.

Um ein solches Rumpel-Ereignis zu beobachten, haben Forschergruppen überall auf der Welt hochsensible Detektoren aufgebaut. Trotz jahrelanger Fahndung ist ihnen bis heute noch nicht ein einziges Wimp ins Netz gegangen.

Vorzugsweise ermitteln die Teilchendetektive im Untergrund, denn dort sausen nicht so viele störende andere Partikel herum. Astrophysiker der TU München beispielsweise haben sich mit ihrer Spürmaschine „Cresst II" in einer Höhle unter dem italienischen Gran-Sasso-Gebirgsmassiv verschanzt.

Herzstück ihrer Anlage ist ein durchsichtiger Spezialkristall. Er wiegt nur 300 Gramm und hat die Größe einer Kinderhand. Kracht ein Wimp mit einem seiner Atome zusammen, wird der ultrareine Kristall in Schwingungen versetzt und erwärmt sich um ein millionstel Grad Celsius. Um eine so winzige Temperaturerhöhung registrieren zu können, muss die empfindliche Messapparatur bis nahe an den absoluten Nullpunkt heruntergekühlt werden.

„Unser größtes Problem sind die Verunreinigungen", erläutert der Astrophysiker Wolfgang Rau. „Überall um uns herum sind geringste Mengen radioaktiver Substanzen, deren Strahlung in dem Kristall ebenfalls eine Reaktion auslösen kann."

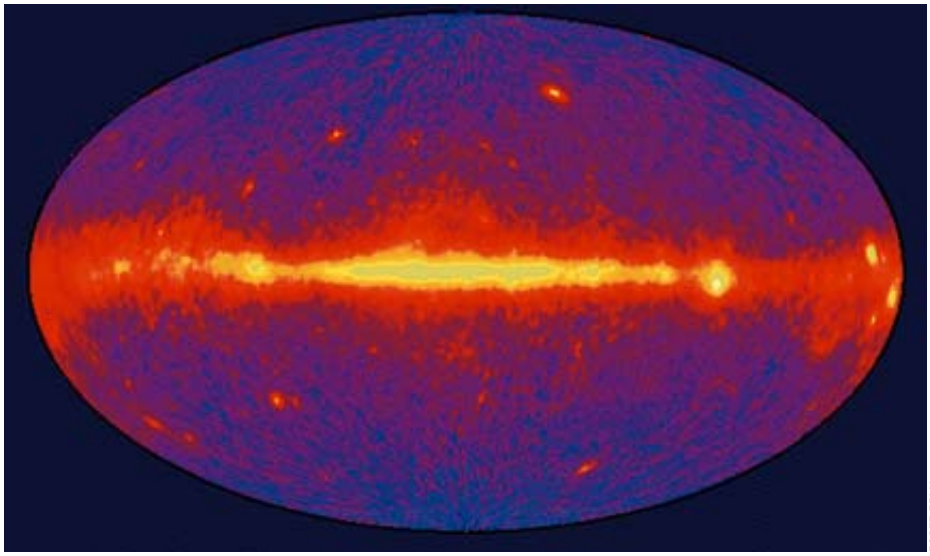
Die Münchner Wimp-Jäger liefern sich ein Kopf-an-Kopf-Rennen mit einem französischen und einem amerikanischen Team. Jede der drei Gruppen hat gute Chancen zu klären, ob es die Schattenteilchen tatsächlich gibt – und ob sie auch genau so beschaffen sind, wie es die Würzburger Astrophysiker meinen.

Unlängst mussten die Deutschen im Wettlauf einen Rückschlag hinnehmen. Bei einem anderen Experiment in dem Höhlenkomplex lief eine organische Flüssigkeit aus, sickerte ins Grundwasser und vergiftete angeblich in einem Gebirgsbach einen Fisch. Daraufhin musste das Abwassersystem zusätzlich abgedichtet werden. Und derzeit laufen gerade Umbauarbeiten, um die Messgenauigkeit von „Cresst II" noch weiter zu steigern. Spätestens im Herbst soll die Jagdsaison wieder beginnen.

„Wir werden alles versuchen, um die Dunkle Materie endlich einzufangen", kündigt Wimp-Fahnder Rau an. „Und es müsste schon mit dem Teufel zugehen, wenn uns das nicht auch sehr bald gelingt."

Olaf Stampf

* Oben: im gleichnamigen italienischen Gebirgsmassiv; unten: Die intensive Strahlung von Quellen der Milchstraße erscheint gelb oder rot; die violette Hintergrundstrahlung stammt möglicherweise von Wimp-Wimp-Kollisionen.



EGRET TEAM

Himmelsaufnahme des Compton-Teleskops*: *Prasselnde Strahlen aus den Tiefen des Alls*