

Rätselhaftes Dunkel

Karlsruher Teilchenphysiker suchen –
und wagen mutige Thesen

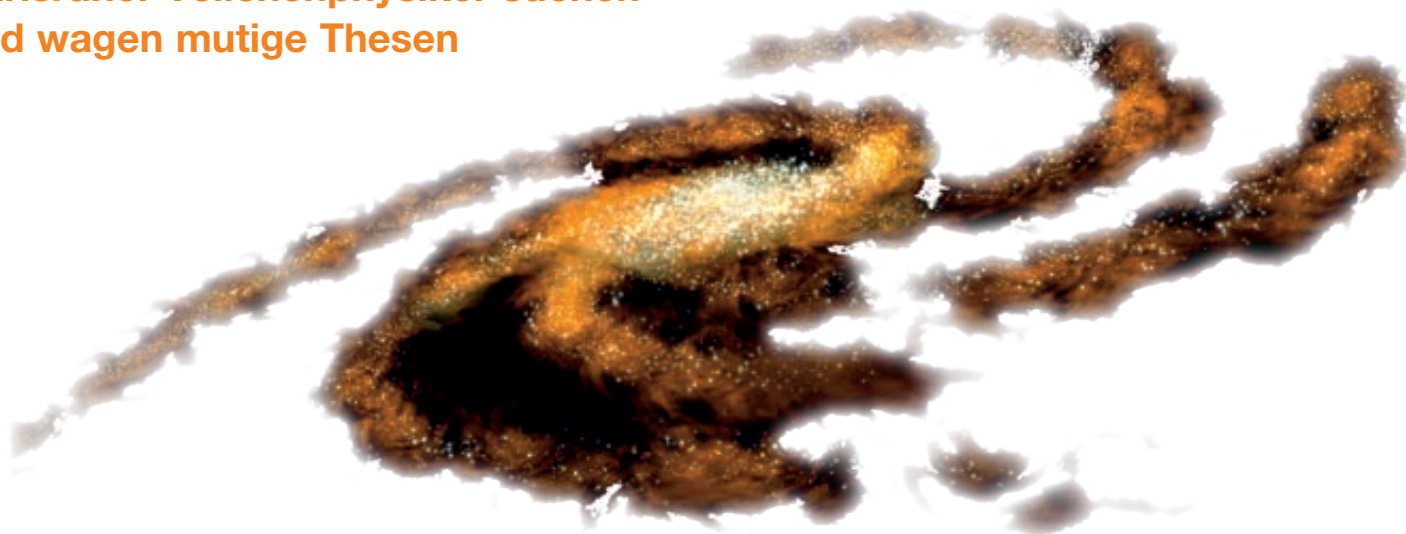


FOTO: NASA

Noch können Experimente die Suche nach Spuren der Dunklen Materie im All nicht ersetzen.

Dunkle Materie gilt als vollkommen unsichtbar und ist deshalb eines der größten Rätsel, vor dem Physiker heute stehen. Professor Dr. Wim de Boer vom Institut für Experimentelle Kernphysik behauptet, sie gesehen zu haben. „Keiner glaubt es, aber jeder ist fasziniert davon“, sagt er mit spitzbübischem Lächeln. Er deutet auf einen Kuchenchart, ähnlich dem, der nach der Sonntagsfrage im heute-journal gezeigt wird. In einem winzigen Stückchen, quasi anstelle von „Sonstige Parteien“, steht „Atome 4%“. Das ist der Teil der Welt, den die Physiker mit ihren Theorien beschreiben können. Über den großen Rest, 96% aller Materie und Energie im Universum, können sie bis jetzt nur spekulieren. Diese Große Koalition des Rätselhaften zerfällt wiederum in zwei Teile, den die Forscher Dunkle Materie und Dunkle Energie nennen.

In den Daten des NASA Weltraumteleskops Egret glaubt De Boer ein Signal der Dunklen Materie gefunden zu haben. Egret hielt eigentlich nach Gammastrahlenquellen im All Ausschau. Gammastrahlung ist vergleichbar mit Röntgenstrahlung. Als Nebenprodukt lieferte Egret Messdaten über die Untergrund-Gammastrahlung, die aus allen Richtungen des Alls auf die Erdatmosphäre trifft. De Boer hat mit den Augen eines Elementarteilchenphysikers auf den vermeintlichen Datenmüll geschaut und darin Muster entdeckt,

die auf ein mögliches Signal hindeuten könnten.

Grundlegende Erkenntnisse aus Experimenten an Teilchenbeschleunigern können helfen, die Botschaften des Universums, die die Erde in Form von Strahlung oder Teilchen erreichen, zu verstehen. Denn auch im All prallen Partikel aufeinander und reagieren miteinander. Wim de Boer skizziert den Stoß zweier Protonen auf einem Blatt Papier. Er zeichnet Wellenlinien, die vom Stoßpunkt wegführen. Sie stellen Gammastrahlung dar. Physiker kennen diesen Prozess sehr genau aus Beschleunigerexperimenten. „Die gleiche Reaktion spielt sich ab, wenn die Kerne von Wasserstoffatomen im All aufeinanderprallen. So entsteht der Untergrund von Gammastrahlung, den Egret gemessen hat.“ Mit ihrem Wissen konnten die Karlsruher Physiker die Form der Untergrund-Daten teilweise anpassen. Doch sie stellten fest, dass etwas fehlte. Was, wenn dieser Rest von der Dunklen Materie stammte, fragten sie sich. In der Tat ließ sich der Überschuss mit Gammastrahlen anpassen, wie sie nach theoretischen Modellen bei der gegenseitigen Vernichtung von Teilchen der Dunklen Materie entstehen.

Aufklärung erhoffen sich die Physiker von Messungen des Teilchendetektors AMS, der auf der Internationalen Raumstation ISS montiert werden soll. Er soll

dort, ungestört von der Erdatmosphäre, mindestens drei Jahre lang die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung mit bisher unerreichter Präzision vermessen.

Schon jetzt wird De Boers Hypothese unterstützt durch die beobachtete Bewegung von Sternen um das galaktische Zentrum. Mit Hilfe der Richtungsabhängigkeit der Egret-Daten konnten die Karlsruher Physiker die Verteilung der Dunklen Materie in unserem Sternensystem nachzeichnen. Sie fanden, dass sie sich zu Ringen um das Zentrum unserer Galaxis zusammenballt. Die sichtbaren Sterne werden von der Anziehungskraft dieser Ringe beschleunigt oder gebremst. Eine Arbeitsgruppe unter Leitung von Professor Dr. Karl Mannheim in Würzburg hat bei höheren Energien ebenfalls Hinweise auf mögliche Überschüsse in den Daten von Egret gefunden, deren Interpretation von Dunkler Materie aber zu anderen Schlussfolgerungen führt.

Um diese Unklarheiten und Widersprüche aufzuklären, „müssen wir die Ergebnisse des weltgrößten Teilchenbeschleunigers abwarten, des ‚Large Hadron Collider‘ oder LHC am CERN, der 2007 in Betrieb gehen wird“, erklärt Professor Dr. Thomas Müller. Eine etwa 30 Personen starke Karlsruher Arbeitsgruppe ist seit elf Jahren unter seiner Leitung mit der Konstruktion

eines Detektors für den LHC und an der Vorbereitung der Datennahme beschäftigt (siehe auch Beitrag auf den Seiten 10 und 11). Sollte die Hypothese de Boers oder Mannheims stimmen, würden diese Dunkle-Materie-Teilchen als Neutralinos am LHC künstlich hergestellt und in den Detektoren nachgewiesen werden. „Der LHC wird zur Klärung der letzten fundamentalen Fragen der Teilchenphysik beitragen. Hierzu gehören der Ursprung der Masse aller Teilchen und das Wesen der Dunklen Materie“, so Müller. „Wir müssen aber davon ausgehen, dass die Natur eventuell auch Überraschungen für uns bereit hält“.

Jeden Moment bewegt sich die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne durch ein Meer von Dunkler Materie, ohne den geringsten Widerstand zu erfahren. Ein kleiner Teil dieses Meeres sind Neutrinos. Pro Kubikzentimeter gibt es 336 dieser rätselhaften Partikel. Obwohl Neutrinos höchstens drei Prozent aller Materie ausmachen, können sie eine Rolle bei der Ausbildung der großräumigen Strukturen im All gespielt haben. Diese Strukturen bildeten die Keime für Galaxien und Sterne und damit für unsere Existenz. Welche Rolle genau die Neutrinos gespielt haben, hängt empfindlich von ihrer Masse ab.

Doch wie soll man etwas wiegen, das die Erde mühelos durchdringt? In Karlsruhe haben Wissenschaftler sich etwas einfallen lassen. „Die Karlsruher Neutrinowaage wird die größte und

gleichzeitig präziseste Waage der Welt“, sagt Professor Dr. Guido Drexlin. Der Physiker leitet das internationale Projekt KATRIN (Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment), an dem mehr als 100 Wissenschaftler und Ingenieure aus fünf Ländern beteiligt sind. Die Anzeige der Neutrinowaage soll um weniger als ein Millionstel der Masse eines Elektrons schwanken. Um dies zu erreichen, darf die Hochspannung von etwa 20.000 Volt, die die Elektronen bremst, nur um weniger als etwa 20 Millivolt schwanken. Das Ergebnis einer fünfjährigen Bau- und einer mehrjährigen Messzeit wird eine einzige Zahl, eben die Neutrinomasse, sein. Dieser Aufwand lohne sich, versichert Drexlin, „denn KATRIN nutzt die einzige Möglichkeit, die Neutrinomasse direkt zu messen“: Wenn schwere Wasserstoffmoleküle zu Helium zerfallen, senden sie ein Elektron und ein Neutrino aus. Die beiden Teilchen teilen sich die beim Zerfall freiwerdende Energie. Indem die Wissenschaftler die Energie der schnellsten Elektronen messen, können sie auf die Ruhemasse der mit diesen schnellen Elektronen ausgesendeten energiearmen Neutrinos schließen.

Um die Energie der schnellsten Elektronen möglichst genau zu bestimmen, müssen sie auf ausladenden magnetischen Bahnen gelenkt werden und gegen eine Hochspannung anlaufen. Das ist ein Grund, warum das Experiment auch eine besondere Herausforderung für Ingenieure darstellt: Zu der Waage

Info

Dunkle Materie und Dunkle Energie

96 Prozent aller Materie und Energie des Universums bestehen aus unsichtbarer Dunkler Materie (23 Prozent) und Dunkler Energie (73 Prozent). Die Dunkle Materie macht sich dadurch bemerkbar, dass unsere Galaxie schneller rotiert, als sie aufgrund der Anziehungskraft der beobachtbaren Materie eigentlich sollte.

Die zusätzliche Anziehungskraft kommt von der Dunklen Materie. Physiker rätseln bislang über ihre Natur. Sie nehmen an, dass sie aus verschiedenen Teilchenarten besteht, die nur sehr schwache Kräfte mit gewöhnlicher Materie austauschen. Deshalb ist Dunkle Materie auch unsichtbar. Eine dieser Teilchenarten sind die Neutrinos, die aber wegen ihrer winzigen Masse nur einen geringen Anteil an der Gesamtmasse der Dunklen Materie haben können. Dunkle Energie ist ein noch rätselhafteres Phänomen: Während Dunkle Materie mit gewöhnlicher Materie die anziehende Schwerkraft gemeinsam hat, hat Dunkle Energie eine abstoßende Schwerkraftwirkung und bläht das gesamte Universum immer schneller auf. Die Entfernungsmessung für bestimmte Supernovae, die immer gleich hell leuchten, hat dieses Phänomen bestätigt: Sie sind viel weiter von der Erde entfernt als es die anziehende Schwerkraft eigentlich erlauben würde. <cm>



Weite Teile des Universums sind bis heute ein dunkles Rätsel.

gehört der größte Edelstahltank, in dem je ein Ultrahochvakuum erzeugt wurde. Er hat die Ausmaße eines zweistöckigen Wohnhauses. Bei dieser Pionierarbeit müssen die Ingenieure zahlreiche Nebenbedingungen beachten, die von den Physikern mit Rücksicht auf ihr Experiment gefordert werden. So darf zum Beispiel der Stahl nur eine minimale Menge an Kobalt enthalten, damit radioaktive Strahlung die Messung nicht stört.

Die Problemlösungen der Ingenieure bergen möglicherweise auch praktischen Nutzen für die Industrie: Sie haben beispielsweise ein Verfahren zum luftdichten Verschweißen von Keramik mit Metall entwickelt – und damit an einem Puzzle mitgebaut, dem noch viele Teile fehlen. ■ <CHRISTIAN MEIER>