

Ist die Dunkle Energie nur eine kosmische Fata Morgana?

Eines der großen Welträtsel ist vielleicht gar keines: Relativistische Effekte in Verbindung mit der großräumigen Struktur des Universums täuschen die beobachtete Beschleunigung der kosmischen Expansion möglicherweise nur vor.

Vor zehn Jahren wurden unsere Vorstellungen, wie das Universum sich entwickelt, grundlegend verändert: 1998 stellten zwei Forschergruppen fest, dass die Supernovae vom Typ Ia in entfernten Galaxien deutlich schwächer erschienen, als man es aufgrund ihrer gemessenen Rotverschiebungen erwarten würde. Diese Abschwächung war durch systematische Unsicherheiten in den kalibrierten Leuchtkräften der Supernovae oder falsch korrigierte Extinktion durch Staub entlang des Sehstrahls nicht zu erklären.

Die einfachste Lösung dieser Diskrepanz war, dass die Rotverschiebungen der Supernovae etwas größer waren, als man mit dem damaligen Modell eines zwar expandierenden, aber durch die Gravitationsanziehung der Galaxien ständig abgebremsten Universums erklären konnte. Eine solche zusätzliche kosmische Beschleunigung hatte Einstein schon 1917 vorgesehen; sie wird beschrieben durch den konstanten Lambda-Faktor in seiner Gleichung für die zeitliche Entwicklung des Universums. Einstein hatte diesen Beschleunigungsterm damals benutzt, um einen stationären Kosmos zu erklären, denn die kosmische Expansion war noch unbekannt (Edwin Hubble veröffentlichte seine Messungen zur kosmischen Expansion erst 1929).

Das Standardmodell

Zur Deutung der Supernova-Ergebnisse von 1998 ließ sich der Lambda-Term als Zeichen einer überall vorhandenen Vakuumenergie interpretieren, und neuerdings sprießen die theoretischen Versuche, Verbindungen zu Effekten der Teilchen- und Quantenphysik sowie zu der ebenfalls mysteriösen Dunklen Materie herzustellen. Sobald die Kartierung der kosmischen Hintergrundstrahlung durch den Satelliten WMAP erschien und Studien über die großräumige Verteilung der Galaxien herangezogen werden konnten, wurde es möglich, die grundlegenden Parameter des Universums innerhalb des »Lambda-Cold-Dark-Matter«-Standardmodells festzustellen. Demnach besteht das heutige Universum zu vier Prozent aus normaler Materie, zu 23 Prozent aus Dunkler Mate-

rie, und zu 73 Prozent aus Dunkler Energie, das heißt, 96 Prozent des Universums scheinen uns fast völlig unbekannt zu sein (vergleiche SuW 8/07, S. 38, SuW 9/07, S. 36 und SuW 11/07, S. 42). Seit dieser Erkenntnis wurden viele Anstrengungen unternommen, um neue, zum Teil sehr aufwendige Experimente aufzubauen, welche die Eigenschaften der Dunklen Energie einschränken könnten.

Der vergessene Effekt

Eine Forschungsgruppe um David Wiltshire an der University of Canterbury in Neuseeland hat jetzt eine ganz andere Erklärung für die Dunkle Energie vorgeschlagen (B.M. Leith et al., *Astrophys. J. Letters*, im Druck). Auch wenn das Universum isotrop (in jeder Richtung gleich aussehend) und auf großen Längenskalen homogen ist – das sind die Grundannahmen aller modernen kosmologischen Modelle – ist das, was ein Beobachter im Kosmos sieht, nicht unbedingt repräsentativ. Die Beobachter sitzen in Galaxien, die in Gebieten erhöhter Massen- und Energiedichte entstanden sind. Nach Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie sind dies Gebiete stärkerer Raumzeitkrümmung, wo die Uhren langsamer laufen als für fiktive Beobachter, die mit dem einfach expandierenden Kosmos mitfliegen. Dieser Effekt der Zeitdilatation in Gravitationsfeldern führt zum Beispiel dazu, dass das Licht von der Sonne und anderen Sternen leicht rotverschoben ist: Der Nachweis dieses Effekts war sogar einer der zentralen Beweise für die Gültigkeit von Einsteins Theorie.

Die überraschende Folge

Was hat diese altbekannte Tatsache mit der Dunklen Energie zu tun? Als vor Milliarden Jahren die Protonen und Elektronen sich zu neutralem Wasserstoff verbanden und damit die kosmische Hintergrundstrahlung entstand, gab es nur sehr geringe Verdichtungen, die heute als winzige Abweichungen von einer perfekten Schwarzkörperstrahlung sichtbar sind – damals liefen die Uhren des gemittelten Kosmos und die in Gebieten erhöhter Massendichte beinahe gleich. Mit zunehmenden Ver-

dichtungen liefen sie langsam auseinander und die Verbindung zwischen Entfernung, Rotverschiebung und Zeit entwickelte sich für beide Bezugssysteme unterschiedlich.

Statt unsere Beobachtungen direkt mit einem relativ einfachen kosmologischen Modell zu vergleichen, müssten wir deshalb die Effekte der intrinsischen Zeitverschiebungen berücksichtigen. In der Praxis ist dies sehr aufwendig, denn die Inhomogenität des Universums kann auf die Expansion rückwirken, und es ist nicht leicht, ein passendes Bezugssystem für geeignete Beobachter zu finden. Wiltshire et al. haben deshalb ein vereinfachtes Modell aufgestellt, bestehend aus »Voids« (leeren Räumen) und »Walls« (Wänden), in denen Galaxien entstehen und Beobachter sitzen, und sich Gedanken gemacht, wie man die Inhomogenitäten des Universums korrekt mitteln sollte. Sie konnten zeigen, dass sich das Universum nach diesem Modell genauso entwickelt wie eine formell homogene Raumzeit, aber auch, dass die Beobachter in den »Wänden« eine scheinbare Beschleunigung zu sehen bekommen, wenn Entfernungen und Rotverschiebungen ohne Berücksichtigung der integrierten Zeitdilatation interpretiert werden.

Ein erster Versuch, unter dieser Voraussetzung neue kosmologische Parameter an die Beobachtungen der Supernovae und der kosmischen Hintergrundstrahlung anzupassen, ergibt ganz neue Werte: eine Hubble-Konstante von 62 statt 73 km/s/Mpc (in Übereinstimmung mit den neuesten Analysen der HUBBLE-Beobachtungen zur Bestimmung der Hubble-Konstanten), ein Alter des Universums von 14,7 statt 13,7 Milliarden Jahren (also mehr Zeit für die Entwicklung der Galaxien) und ein Verhältnis von Dunkler zu normaler Materie von 3,1 statt 6,0 (Leith et al., *Astrophysical Journal*, im Druck).

Dieses Modell nutzt nur die bekannten Effekte von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie und die offensichtliche Tatsache, dass das Universum auf mittleren bis kleinen Skalen inhomogen ist. Falls das Modell weiteren Prüfungen standhält, wird es deshalb für die Verfechter der Dunklen Energie ganz plötzlich eng werden: Die astronomische Existenzberechtigung der Dunklen Energie liegt nur in der Erklärung für die Beobachtungen der Supernovae vom Typ Ia. Falls es eine viel einfachere Erklärung gibt, die ganz ohne neue Physik auskommt und die »Beschleunigung« des Universums als bloße Fata Morgana erklärt, wird man akzeptieren müssen, dass das Universum nur noch zu 75 statt zu 96 Prozent aus unbekanntem Stoff zu bestehen scheint – der Dunklen Materie ganz allein.

FREDERIC V. HESSMAN

ALS ABONNENT HABEN SIE VIELE VORTEILE!



Präsent
zur
Wahl!

ABONNIEREN

>>> Sie zahlen im Inland nur € 85,20 für das Jahresabonnement von **Sterne und Weltraum** (12 Ausgaben). Als Schüler, Student, Azubi, Wehr- oder Zivildienstleistender zahlen Sie auf Nachweis sogar nur € 64,-.

>>> Unter www.suw-online.de/archiv haben Sie freien Zugriff auf alle Heftartikel seit 2005.

>>> Für Ihre Bestellung bedanken wir uns mit einem Präsent Ihrer Wahl.

Weitere
Prämien
finden Sie im
Internet



Buch »Kosmische Doppelgänger«

Alex Vilenkin erklärt unterhaltsam, wie es zum Urknall kam und wie unzählige Universen entstehen.

Präsent
zur
Wahl!



Puzzle Kassiopeia

Dieses Puzzle zeigt den Supernova-Überrest Kassiopeia A, die hellste Radioquelle am Himmel. 1000 Teile; 66 x 47 cm



VERSCHENKEN

Verschenken Sie ein Jahr Lesevergnügen! Das erste Heft des Abonnements verschicken wir mit einer Grußkarte in Ihrem Namen.



Abonnieren und profitieren Sie gleich unter:

www.suw-online.de/abo

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Wissen aus erster Hand

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstraße 3-5 | 69126 Heidelberg | Tel 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751
service@spektrum.com