

WELTBILD IM WANDEL

Diskussion um das
kosmologische Standardmodell

Quantengravitation

Die Zählung des Unendlichen

Beschleunigte Expansion

Zweifel an der Dunklen Energie

Schwerkraft

Gibt es Dunkle Materie wirklich?



Robert Gast
E-Mail: r.gast@spektrum.de

Liebe Leserinnen und Leser,

haben Sie einen Tischtennisball zur Hand? Wenn ja, greifen Sie sich auch noch einen feinen Filzstift. Jetzt malen Sie den Äquator und die Umrisse der Kontinente auf die weiße Kugel. Fertig ist ein Modell unserer Erde. Mit ihm können Sie einem Kind zeigen, wo Australien liegt. Für viel mehr ist die bemalte Kugel wohl nicht zu gebrauchen. Das liegt in der Natur der Sache: Modelle sind immer eine Vereinfachung. Sie sollen die Realität aufs Wesentliche reduzieren. So weit wie möglich, aber nicht weiter.

Aber was, wenn Beobachtungen einem Modell widersprechen? Muss dann ein neues her? Oder sollte man das alte verbessern? Über diese Fragen streiten derzeit Astrophysiker. Sie haben in den vergangenen zwei Jahrzehnten das »kosmologische Standardmodell« ausgearbeitet. Es skizziert schlüssig, wie Dunkle Energie und Dunkle Materie das Weltall seit dem Urknall geprägt haben. Doch im Detail ergeben sich immer mehr Abweichungen von der Realität. Dieses Kompakt stellt die wichtigsten Streitpunkte vor – und wagt damit eine Prognose, wie sich unser Bild des Universums in Zukunft verändern könnte.

Eine spannende Lektüre wünscht

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 01.02.2021

CHEFREDAKTION: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

REDAKTIONSLEITUNG: Alina Schadwinkel (Digital),
Hartwig Hanser (Print)

CREATIVE DIRECTOR: Marc Grove

LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle

SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.),
Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

REDAKTION: Antje Findekle, Dr. Michaela Maya-Mrschtik

VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600,
Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,
UStd-Id-Nr. DE229038528

GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle

MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.),
Michaela Knappe (Digital)

LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser,
Ilona Keith, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer

ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an anzeigen@spektrum.de.

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2021 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Folgen Sie uns:



SEITE
04

BESCHLEUNIGTE EXPANSION
Zweifel an der Dunklen Energie

CLAUDIOVENTRELLA / GETTY IMAGES / ISTOCK



SEITE
30

ANTITEILCHEN
Rätselhafte Masse

DKOSIG / GETTY IMAGES / ISTOCK



BLACKRED / GETTY IMAGES / ISTOCK

STRINGTHEORIE
Vereint in vielen Dimensionen?

SEITE
42

KASEZO / GETTY IMAGES / ISTOCK



QUANTEN-GRAVITATION
Die Zähmung des Unendlichen

SEITE
54

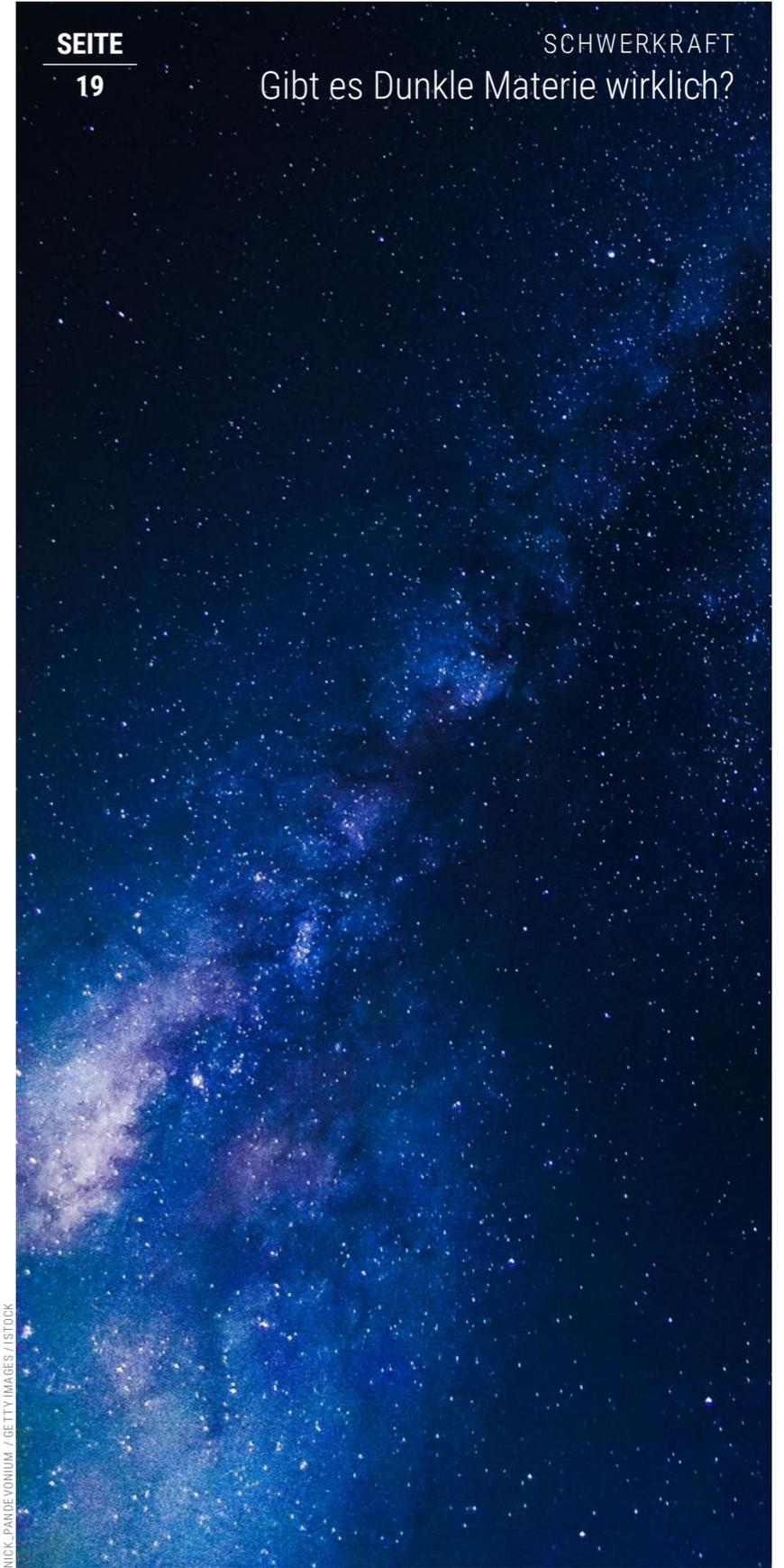
NICK_PANDEVONIUM / GETTY IMAGES / ISTOCK



SEITE
19

SCHWERKRAFT
Gibt es Dunkle Materie wirklich?

NICK_PANDEVONIUM / GETTY IMAGES / ISTOCK



BESCHLEUNIGTE EXPANSION

ZWEIFEL
AN DER
DUNKLEN
ENERGIE

von Robert Gast

Zwei Forscherteams stellen in Frage, ob sich das All tatsächlich immer schneller ausdehnt, wie viele Experten vermuten. Doch lässt sich das moderne Weltbild der Kosmologie wirklich so leicht aus den Angeln heben?

Am wichtigsten war Subir Sarkar, dass auch James Peebles von der Sache erfährt. »Jim hatte immer ein offenes Ohr für unsere Kritik«, sagt Sarkar. Er selbst ist Professor für Astrophysik an der ehrwürdigen University of Oxford, doch Jim Peebles steht noch eine Treppenstufe höher: 2019 erhielt der heute 85-Jährige den Physik-Nobelpreis. Peebles gilt als jemand, der sich nicht mit dem Status quo zufriedengibt – und immerzu nach Schwächen im Weltbild der Kosmologie sucht.

Und just solch eine Macke meint Subir Sarkar aufgespürt zu haben. Es ist eine ziemlich große Macke, um nicht zu sagen eine gigantische. Es geht um das, was Kosmologen »Dunkle Energie« nennen. Sie soll dafür verantwortlich sein, dass das Weltall immer schneller expandiert –

eine Art Antischwerkraft, die benachbarte Ansammlungen von Galaxien auseinanderdrückt. Schätzungen zufolge macht sie dabei stolze 68 Prozent des kosmischen Energie-Materie-Haushaltes aus. Sie wäre damit weit häufiger als Dunkle Materie (27 Prozent) und jene gewöhnliche Materie, aus der Sterne, Planeten und Menschen bestehen (5 Prozent).

Sarkar, zwei Jahrzehnte jünger, glaubt nicht an dieses Weltbild. Dunkle Energie und beschleunigte Expansion sind aus seiner Sicht riesige Irrtümer. Verantwortlich sei eine falsche Interpretation von Messdaten. »Die Beschleunigung gibt es zwar, aber sie zerrt uns nur in eine Richtung«, sagt er. »Was wir beobachten, kann daher nicht die Dunkle Energie sein, denn diese müsste in alle Richtungen wirken.«

Sarkar läuft bereits seit Jahren Sturm gegen das beschleunigte Universum. Immer wieder hat er entsprechende Forschungsarbeiten veröffentlicht. Doch im Herbst 2019 sei ihm gemeinsam mit drei

AUF EINEN BLICK

Das rasende Universum

01 Einige Wissenschaftler melden Zweifel an der Dunklen Energie an, die das All beschleunigt expandieren lassen soll. Sie sei kein reales Phänomen, sondern eine Fehlinterpretation von Messdaten.

02 Die Analysen der Kritiker weisen Schwächen auf, nur die wenigsten Forscher schenken ihnen Glauben. Doch die Diskussion könnte dabei helfen, die Messunsicherheiten in der Kosmologie besser zu verstehen.

03 Eine der offenen Fragen ist, ob das Weltall tatsächlich in allen Blickrichtungen gleich aussieht – oder ob es in manchen weit entfernten Regionen des Alls andere Strukturen aufweist.

jüngeren Kollegen der entscheidende Durchbruch gelungen, erzählt der indischstämmige Theoretiker. Was ihm noch fehlte, war die Unterstützung einflussreicher Kosmologen. Also schickte Sarkar eine E-Mail an Experten in aller Welt, einer davon James Peebles. Dieser antwortete auch kurz und knapp: Er sei gerade auf dem Weg zur Nobelpreisverleihung in Stockholm und werde sich Sarkars Fachaufsatz im Flugzeug ansehen.

Seitdem herrscht Funkstille zwischen den beiden, und es steht eine große Frage im Raum: Kann der Oxford-Theoretiker mit seinem Vorstoß Recht haben? Ist die Dunkle Energie ein Trugschluss? Oder haben Sarkar und seine Mitstreiter selbst etwas übersehen?

Im Januar 2020 fachte ein weiteres Paper diese Zweifel an: Eine französisch-koreanische Forschergruppe nahm die

VICTOR M. BLANCO TELESCOPE AM CERRO TOLOLO OBSERVATORIUM | Das Vier-Meter-Teleskop der Dark Energy Survey behält große Ausschnitte des Nachthimmels über der chilenischen Wüste Atacama im Blick. So können die Forscher Supernovae entdecken.



Shapley

Coma

Perseus-Pisces

Laniakea

LANIAKEA | Unsere Milchstraße (blauer Punkt, Pfeil) ist Teil eines 520 Millionen Lichtjahre großen Gebildes namens Laniakea. Es umfasst rund eine Million Galaxien (weiße Punkte) und Regionen großer (rot) und mittlerer Dichte (grün). Die Expansion des Universums zeigt sich erst außerhalb der orange markierten Zone. Innerhalb von Laniakea folgen die Galaxien verschiedenen Strömungen, die durch weiße Linien angedeutet sind.