



WOHIN GEHEN DIE GALAXIEN?

Forscher haben entdeckt, dass sich riesige Mengen von Sternen auf einen Punkt am Horizont des Alls hin bewegen. Vielleicht ist unser ganzes Universum in Bewegung geraten

DIE WELLEN DER RAUMZEIT

Die Raumzeit in unserem Universum kann man sich sehr glatt vorstellen. Doch jenseits unserer Universumsblase ist sie möglicherweise stark gewellt (rechts)

EINE MYSTERIÖSE KRAFT

Galaxienhaufen sind riesige Objekte, die Milliarden Sterne enthalten. Irgendetwas beschleunigt sie auf 800 km/s und scheint sie hinter den kosmischen Horizont zu ziehen

Unter Kosmologen herrscht Alarmstimmung: Sie haben eine mysteriöse Kraft entdeckt, die außerhalb des beobachtbaren Alls auf unser Universum einwirkt. Billionen Sterne bewegen sich auf den kosmischen Horizont zu. Jetzt öffnet sich ein Fenster, das uns zum ersten Mal einen Blick auf die rätselhaften Bereiche jenseits unseres sichtbaren Alls erlaubt

Die dunklen Flüsse des Universums

Gibt es einen Multiversumsschaum?

Eine Erklärung für den Dark Flow könnten Paralleluniversen sein. Sie wären von unserem Universum getrennt, lägen aber ganz in seiner Nähe, so wie Blasen in einem Schaum. Von den Paralleluniversen könnte eine Anziehungskraft auf unser Universum wirken. Alle Paralleluniversen zusammen bilden das Multiversum, das tatsächlich unendlich groß sein könnte

BIZARRE BLASEN

Im Inneren einer Universumsblase können Sterne und Galaxien entstehen. Aber nur wenn dort ähnliche Naturgesetze wie bei uns herrschen. Es kann auch viel bizarrere Universen geben

WO WERDEN UNIVERSEN GEBOREN?

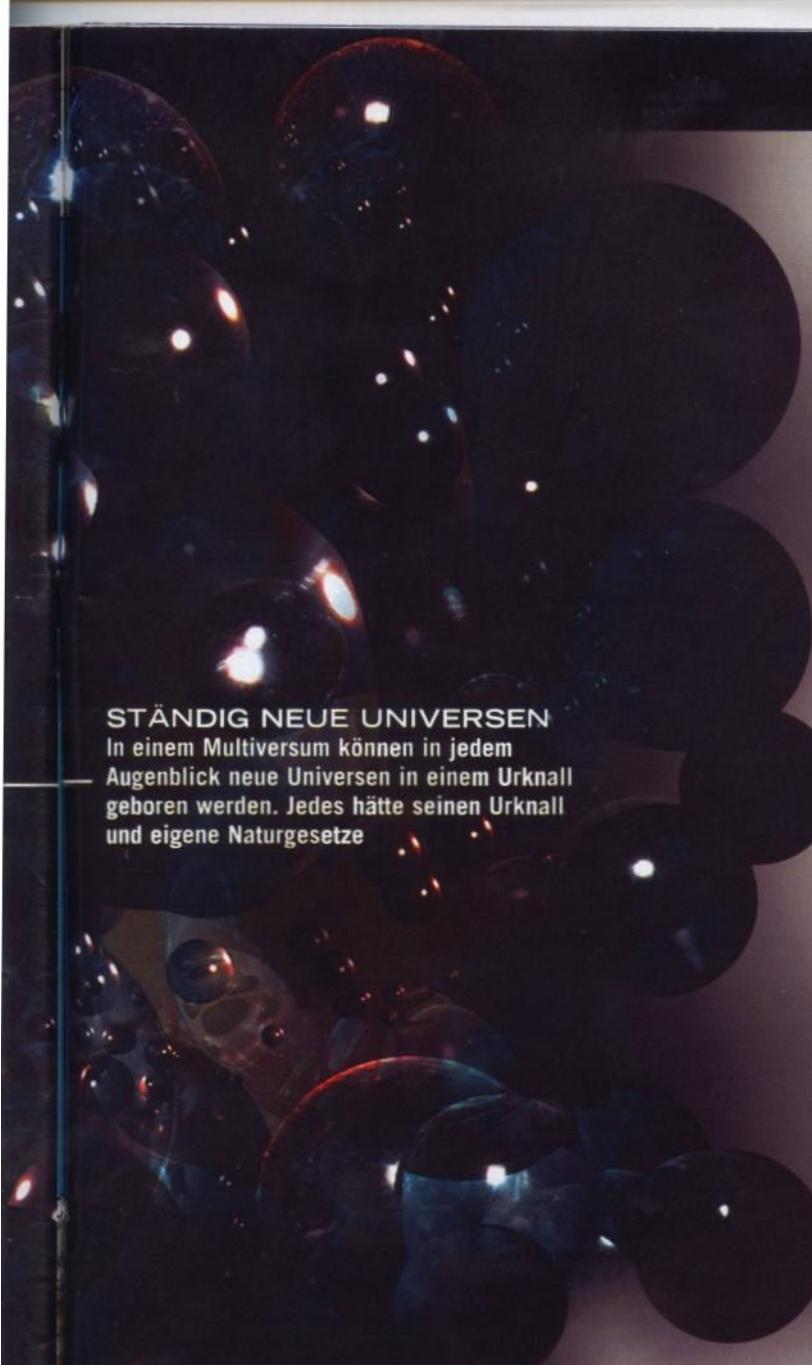
Eine Spiralgalaxie wie unsere Milchstraße ist nur ein winziger Teil eines Universums. Aber manche Forscher vermuten, dass im Inneren jedes schwarzen Lochs in den Galaxien neue Universen geboren werden

Wo liegt der Raumzeit-Himalaja?

In dem Teil des Universums, den wir beobachten können, ist die Raumzeit sehr eben (roter Kreis) und die Materie gleichmäßig verteilt. Doch jenseits unserer Universumsblase könnte die Raumzeit sehr unruhig sein und aufgetürmt wie ein Gebirge. Das würde eine Anziehung auf unseren Teil des Universums ausüben.

WOHIN FLIEGEN DIE GALAXIEN?

Alexander Kashlinsky (links) hat den Dark Flow in den Aufnahmen der Mikrowellenhintergrundstrahlung (rechts) entdeckt. Er vermaß die Bewegung von 700 Galaxienhaufen (weiße Punkte). Sie alle bewegen sich auf den violetten Bereich zu



STÄNDIG NEUE UNIVERSEN

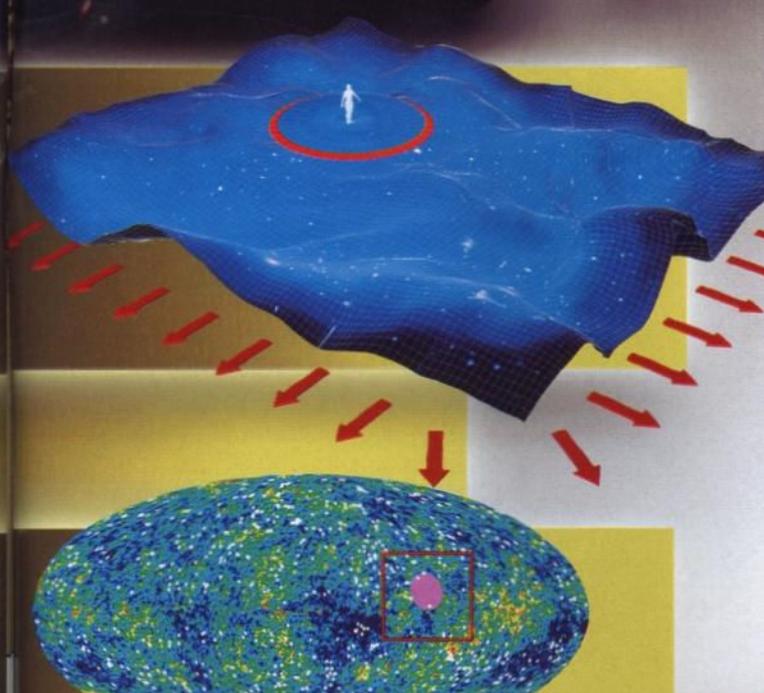
In einem Multiversum können in jedem Augenblick neue Universen in einem Urknall geboren werden. Jedes hätte seinen Urknall und eigene Naturgesetze

W

Was Alexander Kashlinsky über das Weltall zu erzählen hat, kann einem schon Angst machen: „Irgendetwas dort draußen zieht an unserem Universum. Fast so, als sei unser Universum ein Luftballon an einer Schnur, und jemand habe die Schnur an ein Auto gebunden“, sagt der Wissenschaftler in aller Ruhe. Was Kashlinsky am Goddard Space Flight Center der NASA entdeckt hat, sorgt derzeit für einige Unruhe unter Astronomen. Dark Flow, dunkler Fluss im Universum, so hat er seine Entdeckung genannt, und sie könnte zu einer wissenschaftlichen Sensation werden. Unser ganzes Universum scheint im Fluss zu sein, und diese Strömung kann uns auch etwas darüber verraten, was sich jenseits des für uns sichtbaren Universums befindet.

WIE ENTDECKT MAN DEN DUNKLEN FLUSS IM WELTALL?

Überraschend schnelle Galaxienhaufen verraten eine Anziehungskraft, die von außen auf das Universum wirkt



Wenn Astronomen mit ihren Instrumenten ganz weit in das All hineinblicken, endet das immer mit einer Enttäuschung. 45 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt erstreckt sich der kosmische Horizont. Dort endet der sichtbare Bereich des Universums. Alles Licht, das nach dem Urknall jenseits des Horizonts ausgestrahlt wurde, ist noch nicht lange genug unterwegs, um die Erde zu erreichen. Deshalb weiß niemand, was sich hinter dem Horizont befindet. Schlimmer noch: Niemand hat auch nur annähernd eine Ahnung, wie groß das gesamte Universum wirklich ist. Doch all das könnte sich nun ändern. Alexander Kashlinsky beschäftigt sich seit Jahren mit der Bewegung von Galaxienhaufen. In solchen Haufen sind ungefähr Tausend Galaxien zusammengefasst, ein Haufen enthält also mehrere Billionen Sterne. Um die Bewegung dieser Giganten zu erfassen, beobachtet Kashlinsky die Mikrowellenhintergrundstrahlung. Diese Strahlung erfüllt das ganze All und durchdringt auch die Galaxienhaufen. Und wenn sich die Haufen bewegen, hinterlässt das Spuren im Muster der Strahlung. Die Bewegung von 700 Haufen hat Kashlinsky nun vermessen. Das Erste, was ihm dabei auffiel: „Diese Haufen bewegen sich überraschend schnell, mit gut 800 Kilometern pro Sekunde. Unsere bisherigen Theorien hätten eine deutlich langsamere Bewegung vorhergesagt.“ Doch seine Entdeckung wird noch viel rätselhafter: All die Galaxien bewegen sich auf ein kleines Areal am Horizont des Universums zu. Auf den ersten Blick könnte man meinen, jemand habe ein Loch in den Horizont gebohrt und durch dieses Leck liefe das Universum aus. „Ganz so ist

Was vertrieb das Chaos aus dem Universum?

In den Anfangsmomenten des Universums herrschte das Chaos. Doch schon Sekundenbruchteile später setzte die kosmische Inflation ein. Sie blähte die Raumzeit mit Überlichtgeschwindigkeit auf und glättete so das Chaos. Heute ist unser Universum sehr homogen. Wohin man auch schaut, ist es ganz gleichmäßig mit Sternen und Galaxien gefüllt

BLICK IN DIE ZUKUNFT

In der Zukunft dehnt sich das Universum immer weiter aus. Irgendwann werden die Sterne verlöschen, Dunkelheit und Kälte herrschen dann im All

Seit wann leuchten die Sterne?

Nach dem Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren dauerte es 300 000 Jahre, bis das erste Licht das All erfüllte. Die ersten Sterne tauchten erst nach etwa 200 Millionen Jahren auf. Mit ihnen entstand auch immer mehr Materie

EXTREMES WACHSTUM

Eine der rätselhaftesten Phasen in der Entwicklung des Universums war die Inflation kurz nach dem Urknall. Das All dehnte sich besonders schnell aus



es nicht. Ich gehe davon aus, dass sich die beschleunigte Bewegung durch unser ganzes Universum erstreckt“, erklärt Kashlinsky. „Unsere Universumsblase selbst ist in Bewegung geraten. Sie wird von irgendetwas jenseits des Horizontes angezogen. Man kann sich das vorstellen wie eine Tischplatte, auf der ganz viele Kugeln liegen. Etwas ganz am Rand zieht an der Platte und kippt sie, dadurch rollen alle Kugeln in eine Richtung.“

WIE KANN EINE BIZARRE RAUMZEIT DEN DARK FLOW AUSLÖSEN?

In einem fernen Bereich des Universums hat sich die Raumzeit zu einem Gebirge getürmt

Noch kann Kashlinsky nicht erklären, was genau er da entdeckt hat. Deshalb gab er seinem Fund den Namen Dark Flow. Damit steht der dunkle Fluss in einer Reihe mit der dunklen Energie und der dunklen Materie – zwei weitere Phänomene, die den Kosmologen zurzeit viele Rätsel aufgeben. Trotzdem hat Kashlinsky eine Theorie. Um die zu verstehen, muss man zu den Geburtsmomenten des Universums zurückkehren – zum Big Bang vor 13,7 Milliarden Jahren. „In den allerersten Momenten war der Kosmos chaotisch“, erklärt der Wissenschaftler mit seinem russischen Akzent. „Dann entstand durch puren Zufall eine winzige Blase, die sehr homogen war, in ihr herrschte kein Chaos. Diese Blase enthielt viel Energie, dehnte sich dadurch enorm aus und wurde zu dem Universum, in dem wir heute leben.“ Diese Ausdehnung, Physiker sprechen von Inflation, verlief mit Überlichtgeschwindigkeit. Deshalb ist unsere Universumsblase schon größer als 13,7 Milliarden Lichtjahre. Im Großen und Ganzen ist unser Universum auch heute noch homogen: Sterne und die andere Materie sind recht gleichmäßig im Raum verteilt. Doch der Dark Flow wirkt der Homogenität entgegen.

Auch der chaotische Teil des Universums hat sich seit dem Urknall enorm ausgedehnt und ist zu etwas riesigem Unbekanntem geworden. „Jenseits des Horizontes liegt eine vollkommen bizarre Welt“, sagt Kashlinsky. Wahrscheinlich ist die Raumzeit an manchen Stellen in diesem schwarzen Universum ungeheuer verdichtet. Dadurch entsteht eine Art Gravitations-Himalaja mit einer ungeheuren Anziehungskraft. Es ist diese Anziehung, die den Dark Flow verursacht, davon ist Kashlinsky überzeugt. Sein Büro in Greenbelt, Maryland, ist nicht weit von der Atlantikküste entfernt, und so kam er auf einen gelungenen Vergleich: „Stellen Sie sich vor, Sie seien ein Schwimmer weit draußen im Atlantik. In welche Richtung Sie auch schauen, bis zum Horizont sieht der Ozean überall gleich aus. Genauso ist es in unserem homogenen Universum. Wenn Sie aber ein aufmerksa-

mer Schwimmer im Atlantik sind, werden Sie feststellen, dass Sie abtreiben. Dafür sorgt der Golfstrom hier vor unserer Küste. Und allein die Tatsache, dass es einen Strom im Ozean gibt, sagt Ihnen, dass es nicht überall gleich sein kann. Schließlich muss der Strom von irgendwoher kommen und irgendwohin gehen. Und der Dark Flow ist der Golfstrom des Universums.“

Der Wissenschaftler hat noch eine weitere Schlussfolgerung aus seiner Entdeckung gezogen: Zum ersten Mal haben wir Daten, die uns etwas über die wahre Größe des Universums verraten. Die verdichtete Raumzeit muss ungefähr 500-mal weiter von uns entfernt sein als der kosmische Horizont. Wäre sie noch weiter weg, wäre ihre Anziehung zu schwach, wäre sie näher, würde sie unsere Universumsblase viel mehr stören. Damit hat das gesamte Universum mindestens einen Radius von 22 500 Milliarden Lichtjahren. Wahrscheinlich ist es aber noch wesentlich größer.

BEWEIST DER DARK FLOW DIE EXISTENZ VON PARALLELUNIVERSEN?

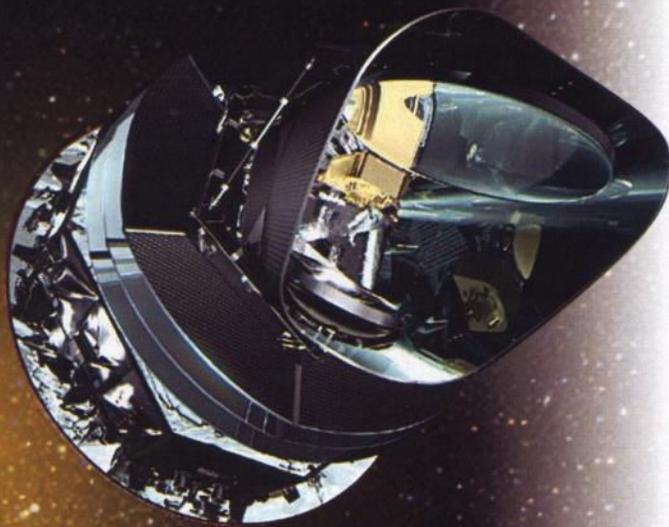
Vielleicht ist unser Universum von anderen Universen umgeben, die zusammen einen Multiversumsschaum bilden

Doch wie das so ist in der Wissenschaft: Kaum hat ein Forscher eine spannende Entdeckung gemacht und eine Theorie entwickelt, schon kommen weitere Forscher mit anderen Theorien, um diese Entdeckung zu erklären. Und die Konkurrenz-Ideen für den Dark Flow sind ebenso spannend wie die Vorstellungen von Kashlinsky. Eine der Theorien stammt von Laura Mersini-Houghton. Sie ist Professorin für Theoretische Physik an der University of North Carolina und beschäftigt sich schon lange mit Paralleluniversen. Sie ist davon überzeugt, dass es, getrennt von unserem Universum, sehr viele weitere Universen gibt, die alle gemeinsam ein Multiversum bilden. Das kann man sich vorstellen wie einen Schaum, der aus vielen einzelnen Blasen besteht. All diese Universen sind komplett voneinander getrennt und nicht Teil eines Ganzen wie bei Kashlinsky. Allerdings kann die Anziehungskraft der Gravitation auch diese Trennung überwinden. „Der Dark Flow kann sehr wohl verursacht werden durch eine Anordnung weiterer Universen jenseits unseres Universums, die alle gemeinsam an unserem Universum ziehen. Wir haben berechnet, wie viel Kraft auf die Galaxienhaufen in unserem Universum ausgeübt wird, und das passt sehr gut zu meiner Annahme“, sagt Mersini-Houghton.

Die Vorstellung von vielen Universumsblasen, jede mit ihrem eigenen Urknall, ist noch viel bizarrer als Kashlinskys Riesen-Universum. Das stellt immerhin eine Einheit dar und ist aus einem Urknall entstanden. Jede Univer-

Ein Superthermometer im Weltraum

Das Planck-Weltraumteleskop soll im April ins All fliegen und dort die Mikrowellenhintergrundstrahlung vermessen – das Echo des Urknalls. Eine absolute Präzisionsarbeit: Der 1800 Kilogramm schwere Satellit muss dabei Temperatur-Unterschiede von einem Millionstel Grad erfassen. Seine Daten werden auch unser Wissen über den dunklen Fluss verbessern



sumsblase jedoch hat ihren eigenen Urknall erlebt und kann ihre eigenen Naturgesetze haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach würden die Naturgesetze in den meisten Blasen stark von unseren abweichen. Dann würden dort wohl nicht einmal Sterne entstehen. Doch da möglicherweise unendlich viele Blasen im Multiversumsschaum existieren, wird es in sehr vielen davon auch Leben geben und sogar Intelligenz. Aber ob wir diese Parallelwelten jemals finden werden, wagt im Moment kein Forscher zu sagen.

WIE GEFÄHRLICH KÖNNEN PARALLELUNIVERSEN WERDEN?

Wenn zwei Universumsblasen kollidieren, wird die eine von einer Wand aus purer Energie vernichtet

Kosmologen würden zwar gern einmal Kontakt mit einem Paralleluniversum aufnehmen, doch wenn solch ein Universum in direkten Kontakt mit dem unseren kommt, haben wir ein echtes Problem. Ein Zusammenstoß von zwei Universen mit den gleichen Naturgesetzen ist noch relativ unproblematisch: Es gibt einen Energieblitz, und die beiden vereinen sich, wie man es manchmal bei zwei

Seifenblasen sieht. Doch es ist recht unwahrscheinlich, dass in beiden Kollisionspartnern die gleichen Naturgesetze gelten. Wenn sich die Gesetze unterscheiden, entwickelt sich ein kosmischer „Ringkampf“. Am Ort des Crashes bildet sich eine Wand aus purer Energie, eine sogenannte Domänenwand. Sie trennt erst einmal die beiden Bereiche, die nicht zueinander passen. Nun unterscheiden sich die beiden Universumsblasen in ihrem Energiegehalt, und das Universum mit der geringeren Energiemenge beginnt, sich unaufhaltsam auszudehnen. Dabei schiebt dieses Universum die Domänenwand vor sich her, immer tiefer in das andere Universum hinein. Alles, was sich dieser Wand in den Weg stellt, wird gnadenlos ausgelöscht.

Genau so ein Crash könnte unserem Universum kurz nach dem Big Bang widerfahren sein – und es hätte den Ringkampf gewonnen. Allerdings hätte er Spuren hinterlassen. Die Raumzeit hätte sich in der Nähe des Einschlagsortes verzerrt, und damit verändert sich auch die Art, wie Licht oder die Mikrowellenhintergrundstrahlung durch dieses Areal unseres Universums rast. Das könnte eine weitere alternative Erklärung für den Dark Flow sein. Demnach wäre das Ganze keine Anziehung von außen, sondern eine optische Verzerrung durch die Beule des kosmischen Unfalls.

In jedem Fall kommt auf die Wissenschaftler noch sehr viel Arbeit zu. Alexander Kashlinsky ist nun vor allem damit beschäftigt, seine Daten zu verbessern. „Wir wollen mindestens doppelt so viele Galaxienhaufen untersuchen wie bisher. Das wird unsere Statistiken viel genauer machen. Für uns ist jetzt wichtig, präzise zu belegen, dass sich der Flow durch unser ganzes Universum erstreckt“, sagt Kashlinsky. Außerdem hofft er auf einen neuen Satelliten: das Planck-Weltraumteleskop. Es startet Anfang April mit einer Ariane-Rakete ins All. Dort soll „Planck“ die Mikrowellenhintergrundstrahlung genauer vermessen als bisher. „Die ‚Planck‘-Daten werden auch unsere Daten verbessern“, sagt Kashlinsky.

Die Kollegen des Wissenschaftlers sind in jedem Fall begeistert. So sagte Anthony Aguirre von der University of California in Santa Cruz dem Fachmagazin „New Scientist“: „Wenn das mit dem Dark Flow belegt wird, ist es unglaublich wichtig. Es wird uns auf jeden Fall verraten, dass etwas an dem Standardbild des Universums falsch ist. Und vielleicht verrät es uns sogar, ob es andere Universen gibt. Wäre das nicht unglaublich?“

MIRKO HERR

ALEXANDER KASHLINSKYS HOMEPAGE



www.kashlinsky.info/

MEHR ÜBER DEN UNFALL



www.weltderphysik.de/de/1092.php