

DER DUNKLE FLUSS

Myriaden von Galaxien bewegen sich in dieselbe Richtung. Wohin und warum ist ein großes Rätsel.

von Rüdiger Vaas

„PANTA RHEI“ – ALLES FLIESST. Vielleicht drücken diese auf Heraklit zurückgeführten Worte eine kosmische Wahrheit aus, die anders und viel umfassender ist, als es selbst die meisten Menschen des 21. Jahrhunderts ahnen. Denn falls einige amerikanische Astronomen mit ihrer wahrhaft mitreißenden Entdeckung Recht haben, fließt alles – zumindest im beobachtbaren Universum – auf ein mysteriöses Schwerkraftzentrum jenseits unseres kosmischen Horizonts zu. Das wäre eine der größten Entdeckungen aller Zeiten.

Millionen bis zu 2,5 Milliarden Lichtjahre ferne Galaxien, verteilt über den ganzen Himmel, streben mit rund 700 bis 1000 Kilometern pro Sekunde in dieselbe Richtung. Das hat Alexander Kashlinsky vom Goddard Space Flight Center der NASA in Greenbelt, Maryland, herausgefunden – „zu seiner großen Überraschung“, wie er selbst sagt. Mit seinen Kollegen Dale Kocevski von der University of California in Davis, Harald Ebeling von der University of Hawaii und Fernando Atrio-Barandela von der Universität Salamanca in Spanien hatte er eine neue Methode eingesetzt, um die Geschwindigkeiten Hunderter von Galaxienhaufen zu messen. Die Forscher erwarteten, dass sich weiter entfernte Galaxienhaufen langsamer bewegen – und vor allem uneinheitlich nach dem Zufallsprinzip. Stattdessen mussten sie feststellen: Die Galaxienhaufen rasen wie von Geisterhand geführt in Richtung des Sternbilds Centaurus. Bislang lässt sich die Richtung nur auf eine etwa 20 Grad große Himmelsregion eingrenzen – das entspricht 40 Vollmond-Durchmessern. Kashlinsky hat die kosmische Strömung „Dark Flow“ genannt. Was den Dunklen Fluss verursacht und wohin er zieht, ist ein großes Rätsel. Die Astronomen tapen hier wahrhaft im Dunkeln.

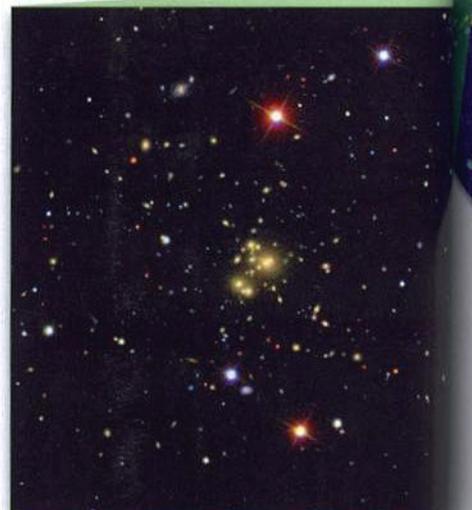
Die ersten Hinweise hatten Kashlinsky und seine Kollegen im Oktober 2008 im renommierten Astrophysical Journal veröffentlicht. Das Echo war enorm, und die Zeitschrift Astronomy kürte diese Publikation letztes Jahr zu den Top-Ten-Entdeckungen 2008. Die Astronomen hatten die Daten von 700 bis zu 650 Millionen Lichtjahre ferneren Röntgen-Galaxienhaufen und die dreijährigen Messungen der Raumsonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) der Kosmischen Hintergrundstrahlung aus-

UNERWARTETE ÜBERRASCHUNG

Die ersten Hinweise hatten Kashlinsky und seine Kollegen im Oktober 2008 im renommierten Astrophysical Journal veröffentlicht. Das Echo war enorm, und die Zeitschrift Astronomy kürte diese Publikation letztes Jahr zu den Top-Ten-Entdeckungen 2008. Die Astronomen hatten die Daten von 700 bis zu 650 Millionen Lichtjahre ferneren Röntgen-Galaxienhaufen und die dreijährigen Messungen der Raumsonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) der Kosmischen Hintergrundstrahlung aus-



Coma-Haufen im Sternbild Coma Berenices



Abell 667 im Sternbild Lynx

KOMPAKT

- Mit bis zu 1000 Kilometern pro Sekunde rasen ferne Galaxienhaufen auf etwas zu, das jenseits unseres kosmischen Beobachtungshorizonts liegt.
- Auch die Milchstraße und ihre Umgebung scheinen in diese Richtung zu streben.
- Kosmologen spekulieren über Urknall-Relikte und den Einfluss anderer Universen.

gewertet. Sie konnten ihre Ergebnisse erst selbst nicht glauben. „Wir haben unsere Resultate immer wieder überprüft, mehr als ein Jahr lang“, betont Kashlinsky.

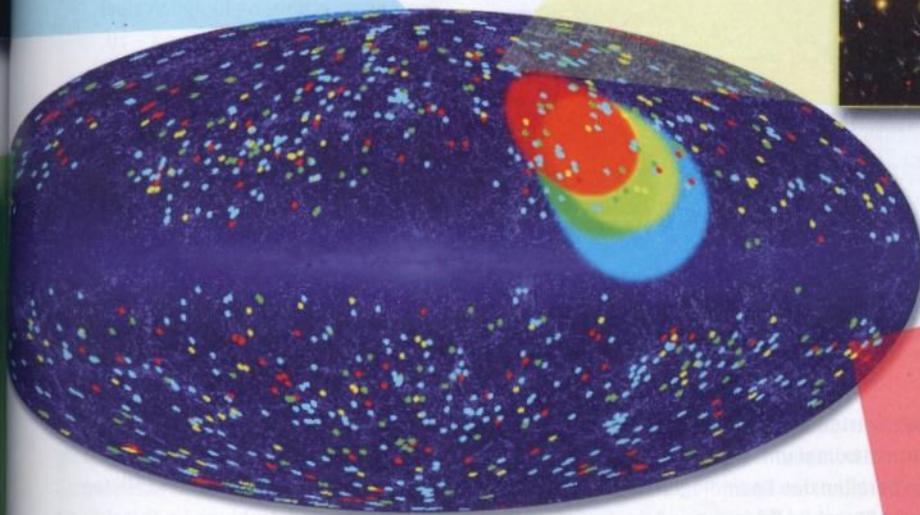
Etliche Kollegen ließen sich allerdings nicht überzeugen. „Diese Ergebnisse bedürfen einer unabhängigen Bestätigung. Ich habe einige Zweifel daran“, meinte beispielsweise David Spergel von der Princeton University. Und WMAP-Chefwissenschaftler Charles L. Bennett von der Johns Hopkins University in Baltimore, Maryland, hält die Daten bis heute nicht für signifikant. Auch Ryan Keisler von der University of Chicago konnte in einer noch unpublizierten Arbeit den Dark Flow nicht verifizieren. Allerdings hatte er weniger Galaxienhaufen analysiert und die Daten ungenauer ausgewertet, kritisieren Kashlinsky und seine Kollegen in einem ebenfalls noch nicht gedruckten Fachartikel. Inzwischen haben sie mögliche systematische Fehler in den Daten genauer abgeschätzt. Die statistische Signifikanz da-

für, dass der Dunkle Fluss real ist, beträgt nun über 99,95 Prozent. Auch ist es jetzt möglich, den sogenannten SZ-Effekt in der Kosmischen Hintergrundstrahlung genauer zu charakterisieren, auf dem die Messungen des Dunklen Flusses beruhen (siehe Kasten „Spuren im ersten Licht“). So können die Forscher jetzt den thermischen und den kinetischen SZ-Effekt klar unterscheiden, auch für vier Teilgruppen der Galaxienhaufen bei ähnlicher Distanz, und mit den Röntgenhelligkeiten korrelieren.

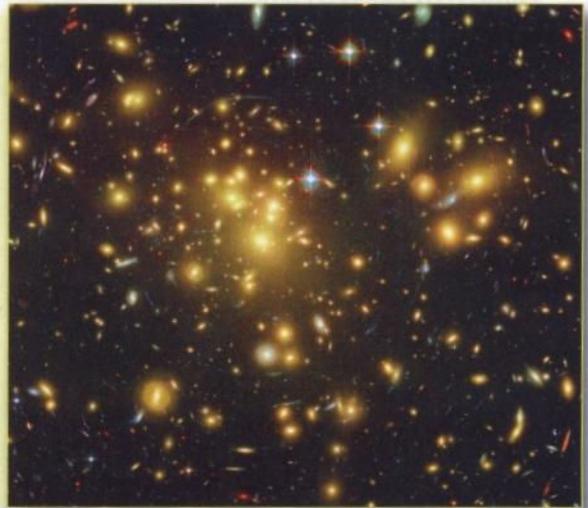
Das spricht gegen die Möglichkeit, dass ein anderer Effekt die Astronomen foppt. Außerdem haben die Forscher nun auch präzisere Daten der Hintergrundstrahlung analysiert – basierend auf den fünfjährigen WMAP-Messungen – und weitere Galaxienhaufen berücksichtigt: Mittlerweile sind es über 1000, wie Ende März im Astrophysical Journal berichtet. Der Dunkle Fluss aber verschwand

nicht, sondern zeigte sich sogar deutlicher. Freilich ist das letzte Wort dazu noch nicht gesprochen.

Zum einen sind mehr und bessere Röntgen-Daten nötig. „Wir müssen auch genauer wissen, wie das heiße Gas in den Galaxienhaufen verteilt ist“, sagt Atrio-Barandela. Er setzt auf die unermüdlich messenden Röntgensatelliten Chandra und XMM-Newton. „Wir werden unseren gesamten Katalog genauer analysieren, das dauert noch ein bis zwei Jahre. Und wir brauchen mehr und fernere Cluster-Daten“, ergänzt Kashlinsky. Die bestehenden systematischen Unsicherheiten schätzt er auf 30 Prozent. Außerdem muss der kinematische SZ-Effekt bei unterschiedlichen Frequenzen



Kosmische Dynamik: Eine Analyse der Bewegung von rund 1000 Galaxienhaufen (die Fotos zeigen vier typische) ergab, dass sie alle in eine bestimmte Himmelsrichtung streben – was womöglich für das gesamte beobachtbare All gilt. Die Farben markieren die ungefähre Entfernung der Galaxienhaufen (in Milliarden Lichtjahren: blau 0,8 bis 1,2, grün bis 1,7, gelb bis 2,1 und rot bis 2,5). Die entsprechend gefärbten Ellipsen rechts oben zeigen die ungefähre Bewegungsrichtung dieser Galaxienhaufen: von der Erde aus gesehen zum Sternbild Centaurus.



Abell 1689 im Sternbild Virgo

Abell 520 im Sternbild Orion



der Hintergrundstrahlung erfasst werden. Das geschieht bereits: Seit August 2009 kartiert der europäische Planck-Satellit das Restlicht des Urknalls mit höchster Präzision. Vor allem die Messungen bei 217 Gigahertz sollen der geheimnisvollen Strömung im All auf den Grund gehen. Die ersten Daten sind voraussichtlich 2012 ausgewertet.

GEHEIMNIS HINTER DEM HORIZONT

Noch weiß niemand, was den Dunklen Fluss anzieht. Natürlich kann man viel spekulieren – über kosmische Mahlströme, exotische Gravitationsfallen im Raum oder sogar Kollisionsfronten zwischen verschiedenen Universen. Fest steht: Die mysteriöse Schwerkraftquelle muss sich weit jenseits unseres kosmischen Beobachtungshorizonts

befinden, der gut 45 Milliarden Lichtjahre entfernt ist – vielleicht 500 Mal so weit, schätzen die Forscher. Im beobachtbaren All gibt es keine solche gigantische Materie-Ansammlung. Und wenn das kosmologische Standardmodell richtig ist, dürfte sie auch gar nicht entstanden sein. „Da wir uns auf Messungen konzentrieren, versuchen wir uns mit Erklärungen zurückzuhalten“, sagt Kashlinsky. „Aber wir sind scharf darauf, die Messungen so präzise wie möglich zu machen, um verschiedene Hypothesen überprüfen zu können.“

Vielleicht war das sehr frühe Universum extrem inhomogen, und etliche Irregularitäten konnten auch nicht von der Kosmischen Inflation ausgegügelt werden. Diese

hypothetische quasi-überlichtschnelle Ausdehnung des Weltraums in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall hat das beobachtbare Universum gleichsam „geglättet“ und im geometrischen Sinn „flach“ und groß gemacht – ähnlich wie man ein zusammengeknülltes feuchtes T-Shirt auseinanderzieht, um sich die Prozedur des Bügelns zu sparen. Die Kosmische Inflation sollte eigentlich viel weiter reichen. Doch vielleicht stockte sie, oder es kam an manchen Orten zu Störungen. Michael Turner von der University of Chicago hatte bereits 1991 spekuliert, dass es jenseits unseres kosmischen Horizonts überdichte Masse-Konzentrationen geben könnte. „Dieser Vor-schlag wurde damals als sehr exotisch angesehen“, sagt Kashlinsky, sieht darin nun

SPUREN IM ERSTEN LICHT

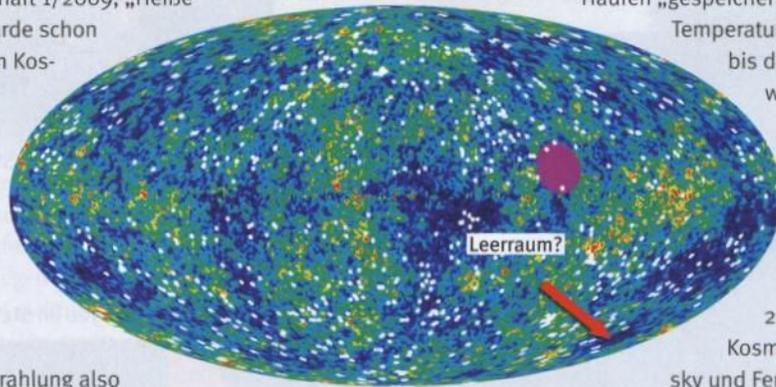
Der Dark Flow ist nicht direkt sichtbar, sondern macht sich in Form schwacher Temperaturerhöhungen in der Kosmischen Hintergrundstrahlung bemerkbar. Dieses heute minus 270 Grad Celsius kalte Restleuchten vom Fußballstadion des frühen Universums entstand 380 000 Jahre nach dem Urknall. Die Photonen bewegen sich die meiste Zeit völlig ungestört durchs All. Durchkreuzen sie jedoch einen Galaxienhaufen, können sie an den Elektronen des heißen ionisierten Gases gestreut werden, das sich im Raum zwischen den Galaxien befindet. Das Plasma macht die durchschnittlich zehn Millionen Lichtjahre großen Haufen zu starken Röntgenquellen (bild der wissenschaft 1/2009, „Heiße Haufen“). Die Streuung wurde schon 1969 von den sowjetischen Kosmologen Rashid Sunyaev und Yakov B. Zel'dovich vorausgesagt. Ihnen zu Ehren spricht man heute vom Sunyaev-Zel'dovich- oder SZ-Effekt: Das heiße Plasma in und um Galaxienhaufen überträgt den kühlen Photonen der Kosmischen Hintergrundstrahlung also etwas Energie.

Der SZ-Effekt ist unabhängig von der Entfernung der Haufen und extrem schwer zu messen, weil er von anderen, viel früher entstandenen Temperaturvariationen überlagert wird, die erst herausgerechnet werden müssen. Sie betragen maximal etwa 4/100 000 Grad und gehen auf Dichteschwankungen in der Urmaterie zurück. Außerdem setzt sich der SZ-Effekt aus mehreren Komponenten zusammen. Der thermi-

sche SZ-Effekt ist am stärksten und wurde mit Radioteleskopen erstmals 1983 gemessen. Galaxienhaufen zeichnen sich gleichsam als „Schatten“ vor der Hintergrundstrahlung ab. Sogar unbekannte Haufen lassen sich so aufspüren, was 2008 mit dem South Pole Telescope zum ersten Mal gelang.

Hinzu kommt der zehnmal schwächere kinetische SZ-Effekt – eine Art Reibungshitze, die durch die Bewegung der Galaxienhaufen relativ zur Hintergrundstrahlung entsteht. In dieser winzigen Erwärmung der Hintergrundstrahlung sind also gleichsam die Informationen von den Bewegungsrichtungen der einzelnen Haufen „gespeichert“. Allerdings beträgt die Temperaturerhöhung lediglich zwei bis drei Millionstel Grad – zu wenig, um selbst mit den empfindlichsten Detektoren direkt gemessen zu werden. Daher hatte lange Zeit auch niemand nach dem kinetischen SZ-Effekt gesucht. Im Jahr 2000 zeigten die beiden Kosmologen Alexander Kashlinsky und Fernando Atrio-Barandela dann, dass eine kombinierte Analyse von möglichst vielen Präzisionsdaten der Galaxienhaufen und Hintergrundstrahlung im Prinzip statistisch signifikante Werte ergeben müsste.

Und genau das fanden die beiden zusammen mit Kollegen 2008 heraus – eine Entdeckung, die seither weiter erhärtet wurde. Wenn die Resultate stimmen, war das der erste – wenn auch noch indirekte – Nachweis des kinetischen SZ-Effekts.



Die Temperaturverteilung der Kosmischen Hintergrundstrahlung schwankt nur maximal um 4/100 000 Grad (blau: kühler). Zwei Entdeckungen bereiten den Kosmologen Kopfzerbrechen: ein großer Leerraum im Sternbild Eridanus und der Sog vieler Hundert Galaxienhaufen (weiße Punkte) in Richtung Sternbild Centaurus (lila).

NASA, WMAP, A. Kashlinsky et al.

aber einen guten Erklärungsansatz: „Der Dark Flow könnte uns einen Weg eröffnen, den Zustand des Kosmos vor der Inflation zu erkunden. Das hätte weitreichende Folgen für unser Verständnis von der globalen Struktur der Raumzeit und von unserem Platz im All.“

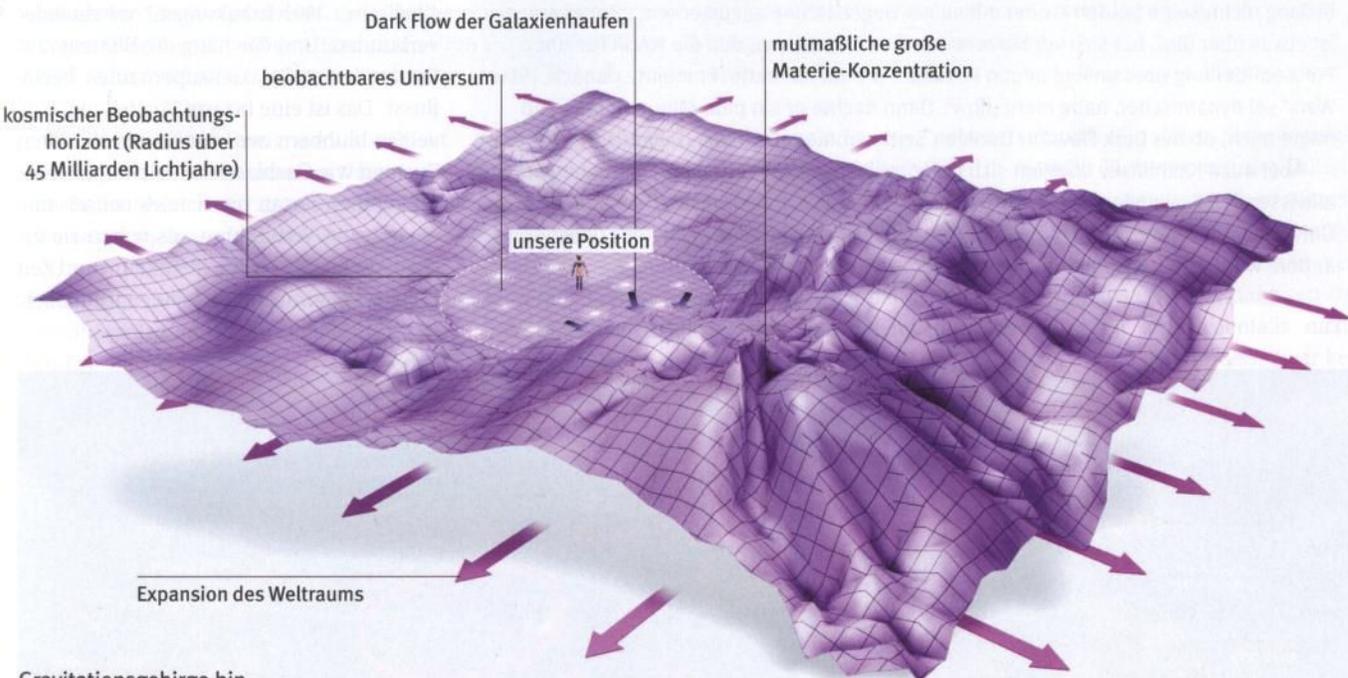
EIN ZERKNITTERTES UNIVERSUM?

Es ist also durchaus denkbar, dass das Universum im großen Maßstab nicht gleichförmig ist. Dann würde das Kosmologische Prinzip nicht gelten, das seit Albert Einsteins Pionierarbeit 1917 von den meisten Kosmologen vorausgesetzt wird. Vielleicht ist der Ort der Milchstraße mitsamt ihrem

weiten Umkreis untypisch: eine Region unterdurchschnittlicher Materiedichte (bild der wissenschaft 4/2010, „Dunkle Energie – alles Illusion?“). Wir könnten uns in einer großen Höhle des Alls befinden – ähnlich einem Loch, das von (unsichtbarem) Schweizer Käse umschlossen wird. Die Materie-Verteilung könnte aber auch „fraktal“ sein, wie Luciano Pietronero und Sylos Labini von der La Sapienza Universität in Rom spekuliert haben. Doch ein so irreguläres All wäre nicht mit dem Szenario der Kosmischen Inflation vereinbar. Gegenwärtig suchen Pietronero und Labini nach Indizien für eine fraktale Galaxien-Verteilung im Sloan Digital Sky Survey. Bei dieser

dadurch die Annahme einer Dunklen Energie – und vielleicht sogar einer Dunklen Materie – überflüssig werden könnte (siehe Kasten „Drei dunkle Geheimnisse“). Wenn es beispielsweise zusätzliche Raum-Dimensionen gibt – wie es die Stringtheorie fordert, der beste Kandidat für eine „Weltformel“ –, könnte Gravitation in die Extradimension(en) entweichen. Das würde unter Umständen eine stärkere Strukturbildung auf großen Skalen bewirken, spekulierten Justin Khoury und seine Kollegen am Perimeter-Institut für Theoretische Physik in Waterloo, Kanada. Vielleicht könnte eine „Theorie der modifizierten Schwerkraft“ – abweichend von der Allgemeinen

New Scientist



Gravitationsgebirge hinter Horizont: Selbst mit den besten Teleskopen können wir nur einen winzigen Teil des Universums sehen. Falls es jenseits davon eine riesige Materie-Konzentration gibt, könnte deren Schwerkraft alles um uns herum anziehen und den Dark Flow bewirken.

Himmelsdurchmusterung wurden die Positionen und Geschwindigkeiten von einer Million Galaxien vermessen.

SPIELT DIE SCHWERKRAFT VERRÜCKT?

Eine andere Möglichkeit ist, dass sich die Schwerkraft über weite Distanzen nicht so verhält, wie es die Allgemeine Relativitätstheorie – und schon Isaac Newtons Gravitationstheorie – beschreibt. Beispielsweise könnte sich die Gravitationskonstante mit der Zeit ändern. Oder die Schwerkraft könnte nicht stets umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands abnehmen, sondern stärker. Solche Modelle werden schon seit einigen Jahren diskutiert, weil

Relativitätstheorie – mit einem einzigen Befreiungsschlag alle drei Dunkelheiten im All ausleuchten und vertreiben. Auch eine hypothetische Wechselwirkung zwischen Dunkler Materie und Energie würde das kosmische Strukturwachstum verändern. Modelle einer solchen Extrakraft haben Physiker um Christof Wetterich von der Universität Heidelberg durchgerechnet. Wenn die Gravitationskonstante beispielsweise in einigen Milliarden Lichtjahren Entfernung die doppelte bis vierfache Stärke hätte, käme der Dunkle Fluss in Bewegung. „Das wäre ein starkes Indiz für eine Physik jenseits des herrschenden Modells der Kosmologie“, schreiben die Forscher.

ALEXANDER KASHLINSKY



Foto: Privat

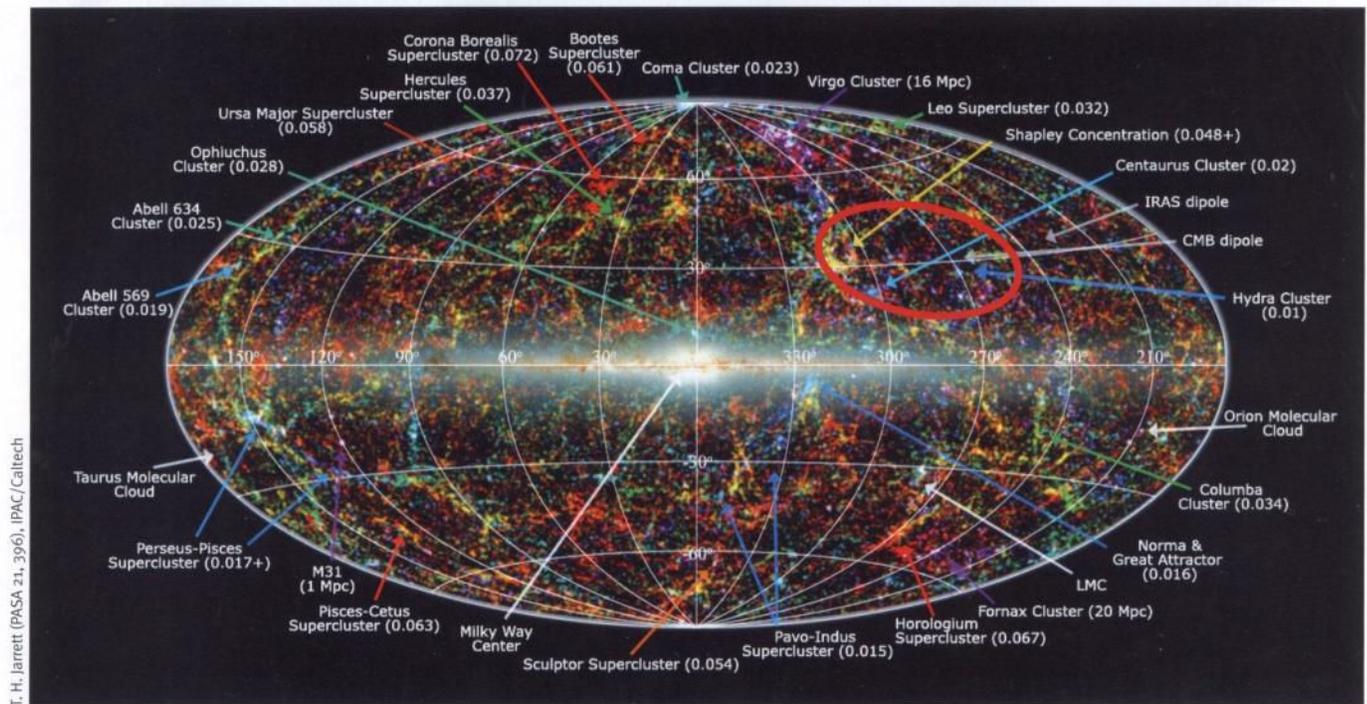
„In meiner Jugend habe ich viel Science-Fiction gelesen. Sie ist nicht länger mein Lieblingsgenre, aber ihr Keim hat Früchte getragen“, sagt Alexander („Sasha“) Kashlinsky. Die Lektüre hatte ihn zum Studium der Astrophysik motiviert – erst in Riga, wo er 1957 geboren wurde, ab 1976 in Tel Aviv und schließlich an der University of Cambridge, wo er bei dem heutigen Königlichen Astronom Martin Rees promovierte. Von ihm ließ er sich auch für die Idee

begeistern, dass es andere Universen geben könnte und unser eigenes nur zufällig lebensfreundlich ist. Kashlinsky, der sowohl die US-amerikanische als auch die israelische Staatsbürgerschaft hat, forscht seit 1991 am Goddard Space Flight Center der NASA. Zu seinen Arbeitsgebieten gehören die kosmische Strukturbildung, die großräumigen Bewegungen der Galaxienhaufen und die Infrarot-Hintergrundstrahlung, die heute noch das All durchflutet und von den ersten Sternen stammt (bild der wissenschaft 6/2006, „Wie entstanden die ersten Sterne?“).

Obwohl ihn der Dark Flow in den letzten Jahren in Bann zieht, gelang es Kashlinsky bislang nicht, seine beiden Kinder mit seiner Begeisterung anzustecken. „Der ältere, er ist etwas über fünf, hat sich vor Kurzem den Film angesehen, den die NASA für eine Pressemitteilung über unsere neuen Resultate produziert hatte. Er meinte danach, ‚Star Wars‘ sei dynamischer, habe mehr ‚flow‘. Dann dachte er ein paar Minuten nach und fragte mich, ob der Dark Flow zur Dunklen Seite ströme oder in die Gegenrichtung.“

Aber auch Kashlinsky überlegt sich tiefgründige Fragen. Welche drei würde er einer allwissenden Fee stellen, wenn er ihr begegnete? Er schmunzelt: „Sind wir allein im Universum? Sind Zeitreisen möglich? Gib es etwas jenseits des Universums? Alles andere würde ich lieber selbst herausfinden.“

Noch spektakulärer ist ein anderer Erklärungsversuch: Der Dark Flow könnte auf den Einfluss anderer Universen zurückgehen. Sind sie und unseres aus einem Quantenvakuum hervorgegangen – aus zufälligen Fluktuationen, die jeweils zu einem Urknall mit Inflation geführt haben –, dann wären sie noch immer durch quantenphysikalische Verschränkungen miteinander verbunden. Und das hätte die Bildung und Dynamik der Galaxiensuperhaufen beeinflusst. Das ist eine bizarre Vorstellung: Universen blubbern aus einem unbestimmten Zustand wie Gasblasen im Kochtopf hervor und stehen fortan quasi telekinetisch miteinander in Verbindung, als wären sie gespenstische Wesen, die über Raum und Zeit hinweg kommunizieren können. Und doch:



T. H. Jarrett (PASA 21, 396), IPAC/Caltech

Alles ist im Fluss: Die Milchstraße (Mitte) und ihre Nachbarn bewegen sich in Richtung Sternbild Centaurus (eingekreist). Dieses Panorama des gesamten Infrarot-Himmels zeigt Galaxien und Galaxienhaufen in unserer kosmischen Umgebung. Die Zahlen bedeuten Rotverschiebungen, ein Entfernungsmaß. Die Daten stammen aus dem 2MASS Extended Source Catalog der Himmelsdurchmusterung 2MASS (Two Micron All Sky Survey), bei der die Positionen von 1,5 Millionen Galaxien bei Wellenlängen von 1,25, 1,65 und 2,17 Mikrometer vermessen wurden. Die Farben geben die grobe Distanz der Galaxien an (blau bis 270, grün bis 550, rot über 550 Millionen Lichtjahre).

DREI DUNKLE GEHEIMNISSE

Die Geschichte wiederholt sich nicht, aber es gibt Ähnlichkeiten. Und so reiht sich der Dunkle Fluss zu zwei anderen düsteren Mysterien. Alle haben mit seltsamen Galaxienbewegungen zu tun. Das erste Rätsel ist die Dunkle Materie. Bereits 1937 stellte der in Kalifornien forschende Schweizer Astronom Fritz Zwicky fest, dass die Galaxien im 300 Millionen Lichtjahre fernen Coma-Haufen schneller um ihr gemeinsames Schwerkraftzentrum schwirren, als es gemäß der leuchtenden Materie – Gas und Sterne – eigentlich möglich ist. Bei vielen anderen Haufen wurde seither Ähnliches festgestellt. Außerdem rotieren die Außenbezirke einzelner Galaxien rascher, als es die Gesetze der Schwerkraft erlauben. Daher nehmen die meisten Forscher an, dass eine ominöse Dunkle Materie den Großteil der Masse in, um und zwischen den Galaxien liefert. Sie hat mindestens die fünffache Gesamtmasse der leuchtenden Materie und besteht vermutlich aus unbekanntem Elementarteilchen, die nicht der elektromagnetischen Wechselwirkung unterliegen. Hinzu kam 1998 ein weiteres fins-

teres Geheimnis: die Dunkle Energie. Mit ihr erklären Astronomen, warum der Weltraum seit etwa sechs Milliarden Jahren immer schneller expandiert. Dass er dies tut, schließen sie unter anderem aus den Messungen der Kosmischen Hintergrundstrahlung und von Sternexplosionen in fernen Galaxien. Was sich hinter der seltsamen antigravitativ wirkenden Kraft des Vakuums verbirgt, ist unbekannt. Fest steht, dass sie über 70 Prozent der Gesamtenergiedichte des Alls ausmacht und dessen Zukunft bestimmt.

Mit beiden Phänomenen hat der Dunkle Fluss wohl nichts zu tun. Die Dunkle Materie ist jedenfalls nicht seine Ursache. Denn von ihr gibt es schlicht nicht genug im beobachtbaren Universum. Der Dunkle Fluss reißt alles mit sich, auch die Dunkle Materie in den Galaxienhaufen. Die Dunkle Energie kann ebenfalls nicht für ihn verantwortlich sein, denn ihre Dichte ist überall exakt gleich. Allerdings wird der Dunkle Fluss von der beschleunigten Ausdehnung des Weltalls erfasst. Insofern könnte ihn die Dunkle Energie in ferner Zukunft gleichsam auflösen.

„Als wir abschätzten, wie stark der Effekt auf Galaxienhaufen in unserem Universum sein kann, stellten wir zu unserer großen Überraschung fest, dass der Wert erstaunlich gut zu dem passt, den Kashlinsky fand“, sagt Laura Mersini von der University of North Carolina in Chapel Hill. „Ich bin fest davon überzeugt, dass der Effekt von etwas hervorgerufen wird, das sich außerhalb unseres Universums befindet.“ Zusammen mit Richard Holman von der Carnegie Mellon University in Pittsburgh hatte sie 2006 den Effekt vorausgesagt und auch andere Auswirkungen wie die Existenz eines riesigen Leerraums. Tatsächlich scheint es WMAP- und Radioastronomie-Messungen zufolge einen solchen Leerraum im Sternbild Eridanus zu geben: rund 900 Millionen Lichtjahre im Durchmesser und acht Milliarden Lichtjahre entfernt (bild der wissenschaft 9/2008, „Das Loch“).

BENACHBARTE MOBILMACHUNG

Was auch immer den Dunklen Fluss antreibt – er weist darauf hin, dass unser Universum Teil eines Größeren ist. Auch wenn das All in großem Maßstab homogen erscheint wie ein riesiger Ozean, der von Horizont zu Horizont gleichförmig aussieht – der Dark Flow zeigt, dass dieser Eindruck täuscht. Es ist so, als würde man im Golfstrom schwimmen und irgendwann entdecken, dass man abtreibt. Und vielleicht reicht der Golfstrom des Alls sogar bis in die Milchstraße.

Noch ist zwar unklar, was alles zum Dunklen Fluss gehört und wie weit er sich erstreckt. Aber: Falls das beobachtbare Universum von der düsteren Dynamik beherrscht wird, könnte sie sich auch diesseits der fernen Röntgen-Haufen bemerkbar machen. Tatsächlich gibt es seit den ersten Messungen der amerikanischen Astronomin Vera Rubin 1976 viele Anstrengungen, die Dynamik der Galaxien in der weiteren Nachbarschaft zu erfassen und die regionalen Schwerkraft-Wechselwirkungen herauszurechnen. So bewegt sich die Lokale Gruppe der Galaxien – die Milchstraße, der Andromeda-Nebel und gut drei Dutzend gravitativ gebundene Zwerggalaxien – mit 600 Kilometern pro Sekunde gegenüber der Kosmischen Hintergrundstrahlung. Außerdem rast sie in Richtung eines knapp 200 Millionen Lichtjahre fernen Galaxien-Superhaufens, der deswegen Großer Attraktor heißt, sowie eines versetzt dahinter liegenden, noch massereichen Superhaufens, Shapley Supercluster genannt, der eine Distanz von 650 Millionen Lichtjahren hat.

Die Bewegungen reichen noch weiter, wie kürzlich ein Astronometeam um Hume A. Feldman von der University of Kansas in Lawrence und Richard Watkins von der Willamette University in Salem, Oregon, entdeckte. Alle Galaxien im Umkreis von etwa 500 Millionen Lichtjahren bewegen sich demnach mit 416 plus/minus 78 Kilometern pro Sekunde zum Sternbild Vela

neben Centaurus. Sie zielen also alle ungefähr in dieselbe Richtung wie der Dunkle Fluss, wenn auch nur etwa halb so schnell. Ob es einen Zusammenhang beziehungsweise Übergang gibt, ist unklar. Die verschiedenen voneinander unabhängigen Daten widersprechen sich jedenfalls nicht. Und: „Unsere Resultate erfordern zwar keine Verletzung des Kosmologischen Prinzips, aber sie setzen auch nicht seine Gültigkeit voraus“, sagt Feldmann. „Doch es muss stärkere Dichteunterschiede im All geben, als sie das Standardmodell vorsieht.“

Vermutlich erstreckt sich der Effekt über mindestens eine halbe Milliarde Lichtjahre. Was dann kommt, liegt jenseits der gegenwärtigen Reichweite selbst der empfindlichsten Teleskope. „Dort draußen scheint es mehr Strukturen zu geben, als wir dachten“, sagt Watkins. „Wenn sich die Gesamtbewegung bestätigt, könnte das auf bislang unbekannte Vorgänge im sehr frühen Universum hinweisen.“ ■

MEHR ZUM THEMA

LESEN

Kosmologische Hintergrundinformationen:
[bild der wissenschaft](#)
12/2001, 5/2002, 2/2009, 11/2009, 4/2010

INTERNET

Homepage von Alexander Kashlinsky:
www.kashlinsky.info